

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

558



PUUTAVARAN MITTAUKSEN
KEHITTÄMISTUTKIMUKSIA
1989-93

Erkki Verkasalo (toim.)



VANTAA 1995

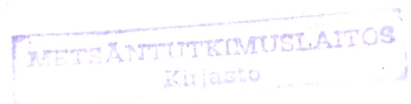
METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

PUUTAVARAN MITTAUKSEN KEHITTÄMISTUTKIMUKSIA 1989-93

Erkki Verkasalo (toim.)

Metsäntutkimuslaitos - Vantaan tutkimuskeskus

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 558
Vantaa 1995



Verkasalo, E. (toim.) 1995. Puutavaran mittauksen kehittämistutkimuksia 1989-93. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 558. 69 s. ISBN 951-40-1434-0, ISSN 0358-4283.

Puutavaran mittaus elää nopean muutoksen kautta. Tarve nopeuttaa puunhankintaketjua, vähentää mittauksen ihmistyötä, välttää moninkertaista mittausta ja alentaa kustannuksia on johtanut perinteisten pysty- ja jälkimittausmenetelmien merkityksen oleelliseen pienenemiseen. Tilalle ovat tulleet aluksi metsuri- ja hakkuukonemittaus ja viimeisen parin vuoden aikana myös tehdasmittaus. Kaikki merkit viittaavat siihen, että hakkuukonemittaus etenee edelleen lähivuosina ja kehittyä erityisesti runkojen lopputuotelähtöisen katkonnan apuvälineeksi. Tehdasmittaus yleistyy sekä mittauksen rationalisoinnin että puutavaran laatusurannan ja -hinnoittelun tarpeiden vuoksi.

METLAssa on tehty perusmittaajien aloitteista useita perinteisen metsässä mittauksen kehittämistutkimuksia vuosina 1989-93. Käsillä oleva julkaisu sisältää yhteenvedot neljästä tieteellisissä sarjoissa vielä julkaisemattomasta tutkimuksesta. Ensimmäisessä vertaillaan metsäpään mittausmenetelmien tarkkuutta. Toisessa laaditaan mallit hakkuutähteeseen jäävän latvuksen pituuden ennustamiseksi metsurimittausta varten. Kolmannessa tutkitaan pitkän kuitupuun pinomittausta ja tehdään esitys menetelmän käytöstä. Neljännessä tutkitaan mitta- ja laatuvaatimusten muutosten vaikutuksia mäntytukkien mittaukseen.

Mittaustarkkuus on näissä tutkimuksissa keskeisessä osassa, joskin mittauksen joustavuus ja taloudellisuus ovat myös tärkeitä puutavaran mittausmenetelmälle asetettavia vaatimuksia. Tarkkuus on tärkeä vaatimus paitsi itse mittaustuloksen myös eri menetelmillä saatavien tulosten vertailun, ts. mittaerojen ja niiden syiden analysoinnin vuoksi.

Esitettävissä tuloksissa lukijaa kehoitetaan kiinnittämään huomiota pysty- ja jälkimittauksen eräkohtaisen tarkkuuden epävarmuuteen. Epävarmuustekijät johtuvat menetelmien sisältämistä subjektiivisista arvioinneista sekä kaavamaisista mutta välttämättömistä yleistyksistä runkojen ja pölkkyjen keskimääräisestä muodosta. Kun runkojen apteeraussäännöt, jotka saattavat vaikuttaa pölkkyjen muotoon, vaihtelevat puumarkkinatilanteen, ostajan ja leimikon mukaan, ei jälkimittauksen rationaaliseksi kehittämiseksi ole nähtävissä paljoakaan mahdollisuuksia. Lisäksi pysty- ja jälkimittauksen merkitys on muutenkin vähenemässä. Tutkimusresurssit tuleekin ohjata leimikoiden ja pölkkyjen yksilölliset ominaisuudet havainnoivien tehdas- ja hakkuukonemittausmenetelmien kehittämiseen.

Avainsanat: mittaus, puutavaranmittaus, mittaustarkkuus, tukit, kuitupuuh.

Toimittajan yhteystiedot: Erkki Verkasalo, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, FIN-01301 Vantaa. Puhelin: 90-857 051, Telekopio: 90-857 05 361.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3145. Hyväksynyt: Aarne Reunala, va. tutkimusjohtaja 21.4.1995.

Jakelu: Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, Puhelin 90-857 051, Telekopio: 90-625 308.

PYSTYMITTAUKSEN, KESKUS- JA LATVAKIINTOMITTAUKSEN JA HAKKUUKONEMITTAUKSEN TARKKUUDEN VERTAILU

Antti Ihalainen

1 Taustaa

Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n 1990-91 tekemissä puutavaran vastaanottomittauksissa saatiin usein luovutus- tai työmittausta pienempi tulos. Erot olivat suurimmat pystymittauksilla puilla.

Kun yhtiön tarkastusosaston tekemät selvitykset tukivat määräerohavaintoja, päätti metsäosasto käynnistää mittaustutkimuksen syksyllä 1991. Tavoitteena oli selvittää menetelmien välisiä eroja ja ennen kaikkea pystymittauksen tarkkuutta, mutta samalla myös tuottaa taustatietoa mittaamenetelmien käyttöä koskevalle päätöksenteolle.

Yhtyneet Paperitehtaat Oy:ssä tutkimuksesta vastasi metsätalousinsinööri Urpo Sevon. Hän myös laski alustavat tulokset. Tutkimuksen suunnittelussa olivat yhtiöstä mukana hankintapäällikkö Jorma Solismaa ja aluemetsänhoitaja Jyri Schildt. Yhtiön metsäpiirien mittaushenkilöstö teki tutkimuksen kenttätyöt tarkastusosaston metsätarkastajien Tenho Kopperoisen, Rauno Niemisen ja Jorma Skaffarin valvonnassa. Maa- ja metsätalousministeriön virallinen mittaaja Veli-Pekka Vauhkonen teki pystymittauksen puidenluvun tarkastukset ja laski niitä ja koepuiden tarkastusmittauksia koskevat tulokset.

Niin maastotöiden kuin tulosten laskennan suunnitteluun osallistui kirjoittajan lisäksi Juhani Pöllänen pystymittauksen hoitokunnasta. Suunnittelussa oli mukana myös apulaisprofessori Jouko Laasasenaho Helsingin yliopistosta.

2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksessa verrattiin pystymittaustulosta hakkuukoneella tehdyn mittauksen tulokseen. Hakkuukoneiden mittalaitteet olivat yhtä leimikkoa lukuunottamatta ns. pätkittäin mittaavia. Mittausvirheiden vaikutusten eliminoimiseksi sekä pystymittauksen että hakkuukoneen mittaustulokset korjattiin tarkastusten perusteella. Pystymittauksessa tarkastettiin osassa leimikoita lukupuiden runkolukusarja ja kaikissa leimikoissa mitattiin uudestaan vähintään 30 kaadettua koepuuta. Hakkuukonemittauksen tarkastus perustui otantaerien tarkastusmittaukseen ja metsään jääneen käyttöpuukokoisen puun määrän selvitykseen.

3 Tutkimusaineisto

3.1 Perusmittaus

Tutkimusaineistoon valittiin 30 pystymitattua ja tutkimuksen kannalta sopivaan aikaan hakkuuvuoroon tullutta leimikkoa. Suurin osa leimikoista sijaitsi Päijänteen länsipuolella mutta joitakin myös Keski-Suomen pohjoisosissa ja Pohjois-Savossa. Lähes kaikki kohteet olivat päätehakkuita ja kolmea lukuunottamatta kuusivaltaisia. Tutkimusaineiston tilavuus oli kaikkiaan noin 23 000 m³. Yksittäisten leimikoiden puumäärät sekä puu- ja puutavaralajisuhteet on esitetty liitteessä 1.

Pystymittauksen tulokset laskettiin sekä kahdella että kolmella tunnuksella, eli ilman yläläpimittaa ja yläläpimitan kanssa. Aineiston keruussa käytetyt hakkuukoneiden mittalaitteet ja yrittäjät olivat yhtiön aikaisemman seurannan perusteella luotettavia. Kuljettajat tiesivät työskentelevänsä tutkimusleimikoissa.

3.2 Pystymittauksen tarkastus

Puiden luku tarkastettiin 10 leimikolla, yleensä vain osalla alueesta, mutta muutama leimikko tarkastettiin kokonaan. Tarkastuksessa mitattiin 10 679 puuta eli runsas kuudesosa kaikista puista. Puiden luvun erojen vaikutus tilavuuteen laskettiin pystymittauksen tarkastuksen ohjelmalla.

Koepuumittauksia tarkastettiin kaikilla leimikoilla. Tarkastettaviksi valittiin kustakin leimikosta vähintään 30 ja kaikkiaan 993 puuta. Tarkastettavat puut kaadettiin yläläpimitan ja pituuden mittaamista varten. Tarkastusmittausten tarkka suorituskohta määräytyi perusmittauksen yhteydessä tehdyn rinnankorkeusläpimitan korkeus- ja suuntamerkinnän avulla. Koepuumittauksien virheistä aiheutuva tilavuuden korjausprosentti laskettiin pystymittauksen tarkastuksen ohjelmalla.

3.3 Hakkuukonemittauksen tarkastus

Hakkuukoneen mittalaitteen tarkastuksia tehtiin jokaisessa leimikossa vähintään kolme, eli alussa, puolivälissä ja lopussa. Usein niitä tehtiin kuitenkin 4-6. Tarkastuksissa mitattiin kaikkiaan noin 1300 m³, eli lähes 6 % leimikoiden kokonaistilavuudesta.

Tarkastuserän koko oli noin 10 m³, ja siihen kuuluvat pölkyt mitattiin yhden metrin pätkissä. Mittalaite kalibroitiin, jos leimikon ensimmäinen tarkastus osoitti korjaustarvetta. Myöhemmin kalibrointeja ei enää tehty. Leimikon mittaustulos oikaistiin tukki- ja kuitupuutavaralajiryhmittäin leimikon kaikkien tarkastuserien perusteella saatujen eroprosenttien mukaisesti.

Pystymittauksen lisäksi tutkimuksessa selvitettiin tukkien latvaläpimittaan ja puutavarapölkyjen keskusläpimittaan perustuvien mittausten menetelmien

tarkkuutta. Sitä varten tehtiin hakkuukonemittauksen tarkastuksen otantaerissä näiden menetelmien edellyttämät mittaukset.

3.4 Metsähävikki

Metsähävikin mittauksen tavoitteena oli selvittää puumäärä, joka sisältyi pystymittaukseen mutta ei hakkuukoneen tekemään mittaukseen, tai päinvastoin. Mittauksessa otettiin huomioon kantoon jäänyt tai siitä "ylimääräisenä" sahattu puu, latvoihin jäänyt ainespuu ja muu metsähävikki sekä runkoluvut.

Hakkuukoneen tekemän kannon korkeus verrattuna pystymittauksessa oletettuun kannon korkeuteen selvitettiin pystymittauksen koepuihin tehtyjen rinnankorkeusmerkintöjen avulla. Vähintään 30 puusta mitattiin mainitun merkinnän ja kaatosahauksen välinen etäisyys sekä tyven pienin läpimitta. Juurenniskan ylä- tai alapuolisen puun määrä laskettiin positiivisen tai negatiivisen kannonkorkeuden perusteella tyven minimiläpimitan mukaisena lieriönä.

Latvojen ainespuun määrän laskentaa varten mitattiin tarkastuserien latvapölkkyjen latvaläpimitat sekä vähintään 30 satunnaisesti valitun latvakappaleen katkaisuläpimitta ja käyttämättä jääneen ainespuuosuuden pituus, eli pituus pystymittauksen laskennassa käytettyyn minimiläpimitaan asti. Latvakappaleeseen jääneen ainespuun määrä laskettiin leimikoittain osuuden keskimääräisen piteuden ja sen keskimääräisen tyvi- ja latvaläpimitan perusteella.

Muuta metsähävikkiä olivat murskaantuneet puun osat, hakkuukoneelta mittaamatta jääneet oksaiset ja mutkaiset osat sekä hylkylumpit. Näiden määrä pyrittiin selvittämään hakkuun jälkeen tehdyllä tarkastuksella. Tarkempi selvittäminen olisi vaatinut hakkuun jatkuvaa seurantaa. Hakkuukone- ja pystymittauksen runkolukujen erotus otettiin huomioon runkojen keskimääräisen järeyden perusteella.

4 Tulokset

4.1 Pystymittauksen tarkastus

Pystymittauksen puiden luvun tarkastus antoi tulokseksi 0,4 prosenttia pienemmän tilavuuden kuin perusmittaus. Yksittäisissä leimikoissa suurin aliarvio oli 2,3 % ja suurin yliarvio 4,4 %. Perusmittauksessa saatua tilavuutta korjattiin puiden luvun virheiden vuoksi vain tarkastetuilla leimikoilla. Liitteessä 2 on esitetty tarkastuksen tulokset leimikoittain.

Koepuutunnusten tarkastusmittauksen tulokset on esitetty taulukossa 1 (s. 6). Rinnankorkeusläpimitan ja piteuden mittaustuloksissa ei ollut suuria systemaattisia eroja, mutta yläläpimitan (kapeneminen) mittaustuloksissa oli selvä ero. Tarkastusmittaus antoi keskimäärin 0,4 cm pienemmän kapenemisen kuin perusmittaus. Leimikoittaiset koepuiden tarkastustulokset ovat liitteessä 3.

Taulukko 1. Pystymittauksen koepuutunnusten tarkastus- ja perusmittaustulokset.

Tunnus	Tarkastus	Perusmittaus	Keskimääräisen erotuksen vaihteluväli leimikoittain
d _{1,3} , cm	25,9	26,0	-0,29 - 0,12
d _{1,3-d_{6,0}} , cm	4,0	4,4	-1,5 - 0,2
Pituus, m	21,0	20,8	-1,2 - 0,7

Taulukko 2. Pystymittauksessa tarkastettujen koepuiden tilavuus perusmittaukseen verrattuna.

Mittaus-tunnusten määrä	Tarkastus		Perusmittaus		Keskimääräisen suhteellisen erotuksen vaihteluväli leimikoittain
	m ³	%	m ³	%	
2	619,8	99,7	619,4	99,7	-5,9 - 4,8
3	621,5	100,0	609,4	98,1	-2,1 - 9,1

Taulukosta 2 ilmenee koepuumittausten mittausvirheiden vaikutus mitaustulokseen. Vertailun helpottamiseksi kolmen tunnuksen tarkastusmittaukseen perustuvaa tilavuutta 621,5 m³ on taulukossa merkitty arvolla 100,0 %. Kahden tunnuksen mittauksessa, eli ilman yläläpimittaa, saatiin perusmittauksessa ja tarkastuksessa lähes täsmälleen sama tilavuus, joka oli 0,3 % pienempi kuin kolmen tunnuksen tarkastusmittauksen tulos. Lähinnä yläläpimitan mittausvirheiden vuoksi kolmen tunnuksen perusmittaus antoi 1,9 % liian pienen tuloksen. Nämä tulokset on esitetty leimikoittain liitteessä 4.

Pystymittauksen tilavuuksien korjausta varten laskettiin puiden luvun ja koepuiden tarkastusten tuottamat erosadannekset yhteen. Näin tehty korjaus lisäsi koko tutkimusaineiston puumäärää kahden tunnuksen mittauksessa 0,3 % ja kolmen tunnuksen mittauksessa 2,1 %. Kokonaiskorjauksen vaihteluväli leimikoittain oli kahden tunnuksen mittauksissa -7,3 - 9,3 % ja kolmen tunnuksen mittauksissa -2,1 - 9,1 % (liite 5).

Yli neljän prosentin korjauksia piti tehdä yllättävän paljon, kahden tunnuksen mittauksissa neljä ja kolmen tunnuksen mittauksissa jopa seitsemän. Jos puiden lukua olisi tarkastettu kaikissa leimikoissa, olisi suurien virheiden määrä todennäköisesti vielä lisääntynyt. Normaalisissa pystymittauksen tarkastuksessa on neljän prosentin virherajan ylittäviä tapauksia ollut vain noin 4 %.

Taulukko 3. Hakkuukonemittauksen tarkkuus.

Puutavaralaji	Tarkastus		Hakkuukone		Keskimääräisen suhteellisen erotuksen vaihteluväli leimikoittain %
	m ³	%	m ³	%	
Tukki	915,6	100,0	920,4	100,5	-5,1 - 6,0
Kuitu	401,1	100,0	403,8	100,6	-7,6 - 10,2
Yhteensä	1316,7	100,0	1324,1	100,6	-3,6 - 6,3

Taulukko 4. Yhteenvedo metsähävikin vuoksi tehdyistä korjauksista.

Hävikki	Keskimääräinen tilavuus- korjaus %	Korjausprosentin vaihteluväli leimikoittain %
Kantokorjaus	-0,2	-1,4 - 1,9
Latvuskorjaus	1,3	0,5 - 3,5
Muu hävikki	0,1	0,0 - 1,5
Runkoluku	0,2	-0,5 - 2,9

4.2 Hakkuukonemittauksen tarkastus

Hakkuukonemittaus antoi keskimäärin 0,6 % suuremman tuloksen kuin otantaerien tarkastusmittaus. Tukki- ja kuitupuutavaralajiryhmien välillä ei ollut suurta eroa. Tarkastuksen tulokset ovat taulukossa 3. Ne on esitetty leimikoittain liitteessä 6. Neljää prosenttia suurempia eroja oli tukeilla kolmella, kuitupuulla kuudella ja kokonaismäärässä kahdella leimikolla.

Leimikoiden hakkuukonemittautulokset korjattiin puutavaralajiryhmittäin tarkastuksen perusteella. Korjauksen tavoitteena oli saada pystymittauksen vertailussa käytetty tilavuus mahdollisimman luotettavaksi. Koko tutkimusaineiston hakkuukoneella mitattu tilavuus pieneni korjauksen vuoksi 163,5 m³ eli 0,7 %.

4.3 Metsähävikki

Metsähävikkimittausten tulokset ovat taulukossa 4. Kannonkorkeusmittausten mukaan puut oli kaadettu keskimäärin 0,5 cm juurenniskan alapuolelta. Rungoista valmistettiin siten keskimäärin 0,8 dm³ enemmän puutavaraa kuin pystymittauksessa oli oletettu. Se oli yhteensä 0,2 % tutkimusleimikoiden tilavuudesta.

Taulukko 5. Pystymittauksen perus- ja tarkastusmittauksessa saatu tilavuus tarkastuksen perusteella korjattuun hakkuukonemittaukseen verrattuna.

Mittaustapa	Tilavuus		Suhteellisen tilavuuden vaihteluväli leimikoittain
	m ³	%	
Hakkuukone	22 400	100,0	
PMP2, perusmittaus	23 074	103,0	96,6 - 115,3
PMP3, perusmittaus	22 820	101,9	93,2 - 109,6
PMP2, tarkastus	23 145	103,3	96,9 - 108,8
PMP3, tarkastus	23 293	104,0	97,9 - 109,4

Taulukko 6. Keskus- tai latvaläpimitaan perustuvan mittauksen tarkkuus.

Mittaustapa ja puutavaralaji	Tarkastus		Perusmittaus		Suhteellisen tilavuuden vaihteluväli leimikoittain
	m ³	%	m ³	%	
Keskusläpimita					
Tukki	915,6	100,0	920,0	100,5	95,7 - 103,0
Kuitu	367,5	100,0	373,4	101,6	97,4 - 109,4
Latvaläpimita					
Tukki	915,6	100,0	926,2	101,2	97,0 - 105,5

Latvan katkaisuläpimita oli keskimäärin 83 mm kuoren päältä. Pystymittauksen laskennassa oletettiin latvaläpimitaksi 6 cm kuoren alta. Latvoihin jäi puuta siten keskimäärin 5,0 dm³/runko, joka sisältyi pystymittauksen tuloksiin. Puumäärä vastaa 1,3 % tutkimusleimikoiden tilavuudesta.

Muuta metsähävikkiä löytyi seurannan perusteella 0,1 % puumäärästä. Pystymittauksen ja hakkuukoneella tehdyn mittauksen runkolukuerojen perusteella lisättiin hakkuukonemittauksen tulosta keskimäärin 0,2 %. Kunkin leimikon hakkuukonemittauksen tulosta on korjattu näiden tekijöiden yhteenlasketun vaikutuksen mukaisesti. Korjaus lisäsi koko tutkimusaineiston puumäärää noin 1,4 %. Metsähävikin eri osatekijöiden suuruus leimikoittain on esitetty liitteessä 7.

4.4 Pystymittauksen tarkkuus

Pystymittauksen perus- ja tarkastusmittauksen sekä hakkuukonemittauksen tarkastusmittauksen tulosten vertailu on esitetty taulukossa 5. Perusmittauksessa kahden tunnuksen pystymittaus antoi 3,0 % ja kolmen tunnuksen mittaus 1,9 % suuremman tuloksen kuin oikeana pidetty, tarkastuksen perusteella korjattu hakkuukonemittaus. Tarkastusmittauksessa vastaavat tilavuuden yliarviot olivat

kahden tunnuksen pystymittauksessa 3,3 % ja kolmen tunnuksen mittauksessa 4,0 %.

Liitteessä 8 on vastaavat tilavuudet esitetty leimikoittain. Perusmittauksessa hakkuukonemittauksen tarkastusmittaukseen verrattuna neljää prosenttia suurempia eroja oli kahden tunnuksen mittauksissa 12 ja kolmen tunnuksen mittauksissa 11 leimikossa. Tarkastusmittauksessa tällaisia eroja oli vastaavasti kahden tunnuksen mittauksessa 13 ja kolmen tunnuksen mittauksessa 15 leimikossa.

4.5 Keskus- ja latvakiintomittauksen tarkkuus

Hakkuukonemittauksen tarkastuksen otantaerissä selvitettiin myös pölkkyjen keskusläpimitaan ja tukkien latvaläpimitaan perustuvien mittausten menetelmien tarkkuutta. Tulosten yhteenveto on taulukossa 6. Molemmat menetelmät antoivat keskimäärin hieman suuremman tilavuuden kuin tarkastusmittaus, eli mittaus pätkittäinen. Nämä tulokset on esitetty leimikoittain liitteessä 9.

Kuitupuun keskusläpimitaan perustuvaa mittausta ei tutkittu kaikilla leimikoilla. Siinä tilavuus poikkesi niin tukki- kuin kuitupuuerien osalta yhdessä leimikossa yli 4 % tarkastusmittauksen tuloksesta. Tukiin latvaläpimitaan perustuvan tilavuuden virhe ylitti neljän prosentin rajan neljässä leimikossa.

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Pystymittaus

Tutkimuksen mukaan pystymittauksen tulos oli keskimäärin 2-4 % suurempi kuin vertailumenetelmänä käytetyn, ja siis tarkkana tilavuutena pidetyn hakkuukonemittauksen tulos. Lisäksi satunnaiserot pystymittauksen ja hakkuukonemittauksen välillä olivat useissa leimikoissa melko suuria.

Kolmen tunnuksen pystymittauksessa perusmittaus antoi keskimäärin pienemmän tilavuuden yliarvion mutta suuremman virheen vaihtelun leimikoiden välillä kuin tarkastusmittaus. Kahden tunnuksen pystymittauksessa ei perus- ja tarkastusmittauksen välillä ollut eroa keskimääräisessä mittausvirheessä, mutta leimikoiden välinen vaihtelu oli tässäkin perusmittauksessa suurempi kuin tarkastusmittauksessa.

Pystymittauksen tarkastuksessa todettiin normaaliin pystymittauksen tarkastukseen verrattuna huomattavasti enemmän kriittisenä pidetyn neljän prosentin rajan ylittäviä mittausvirheitä. Tähän saattoi olla syynä tarkastettujen koepuiden suhteellisen pieni lukumäärä.

Systemaattiseen eroon on olemassa useita selityksiä:

1. Hakkuukonemittauksen tarkastuksessa yhden metrin pätkien tilavuus lasketaan lieriön kaavalla. Siitä seuraa tutkimusaineistossa noin puolen prosentin tilavuuden aliarvio. Hakkuukonemittauksen tarkastuksessa on aiemmin tehty muutokorjaus.
2. Kaikkea "muuta metsähävikkiä" ei havaita seurannassa. Sen todellinen osuus voi olla jopa 0,5 % tilavuudesta, kun osuudeksi havaittiin seurannassa vain 0,1 %.
3. Hakkuukone poistaa puusta kuorta. Mittauksen tarkastuksessa tämä ei tule näkyviin. Jos kuoren ohentuminen pienentää läpimittaa esim. 2 mm, pienenee tilavuus 30 cm:n läpimittaluokassa noin 1,5 %, 20 cm:n luokassa 2 % ja 10 cm:n luokassa 4 %. Kuorellisen tilavuuden käsite hakkuukonemittauksen yhteydessä kaivannee tarkentamista.

Tällaisten korjausten huomioon ottamisen jälkeen pystymittauksen tulos ei enää poikennut kovin paljoa hakkuukonemittauksen tuloksesta.

5.2 Keskus- ja latvakiintomittaus

Hakkuukonemittauksen tarkastuksen otantaerissä tehty latva- ja keskuskiintomittauksen tarkastus osoitti menetelmien antavan keskimäärin lähes saman tuloksen kuin tarkastus. Etenkin keskusläpimittaan perustuva tilavuus oli erittäin tarkka, sillä erien yhteistulos poikkesi vain yhdessä leimikossa enemmän kuin 4 % tarkastusmittauksen tuloksesta.

Liite 1. Puuston perustiedot tutkimusleimikoissa kahden tunnuksen pysty-
mittauksen mukaan.

Leimikko	Puuston tilavuus m ³	Mänty %	Puu- ja puutavaralajisuhteet			
			Kuusi %	Koivu %	Tukki %	Kuitu %
1 Hankasalmi	456	10	78	12	73	27
2 Leivonmäki	1 280	13	84	3	69	31
3 Jämsänkoski	443	97	2	1	71	29
4 Ruovesi	882	30	65	5	68	32
5 Lapinlahti	716	3	91	6	66	34
6 Uurainen	855	10	90	0	73	27
7 Jyväskylän mlk	662	11	89	0	72	28
8 Kuhmoinen	493	19	72	10	72	28
9 Jämsä	763	7	90	3	73	27
10 Pälkäne	773	10	90	0	86	14
11 Jämsänkoski	669	7	92	1	89	11
12 Kuopio	1 117	27	69	4	74	26
13 Sysmä	1 227	22	78	0	78	22
14 Pihtipudas	677	1	94	5	84	16
15 Viitasaari	536	2	87	11	70	30
16 Juupajoki	570	76	20	4	71	29
17 Juupajoki	757	16	77	6	57	43
18 Kuhmoinen	1 097	6	90	4	79	21
19 Lapinlahti	1 134	1	96	3	69	31
20 Jämsänkoski	1 363	22	74	4	66	34
21 Längelmäki	921	8	91	1	78	22
22 Jämsä	474	1	99	0	72	28
23 Korpilahti	867	3	88	9	78	22
24 Kuhmoinen	137	58	42	0	60	40
25 Sahalahti	402	1	98	1	71	29
26 Orivesi	524	43	54	3	64	36
27 Tuulos	946	31	67	1	74	26
28 Valkeakoski	909	1	88	10	56	44
29 Kangasala	809	0	94	6	65	35
30 Hauho	617	34	61	6	88	12
Yhteensä	23 074	17	79	44	72	28

Liite 2. Pystymittauksen tarkastus: Puiden luvun virheiden vaikutus leimikoiden mittaustulokseen

Tarkastuksessa mitattujen leimikoiden tai leimikon osien puiden lukumäärä ja tilavuus sekä puiden luvun virheistä aiheutunut tilavuuden suhteellinen virhe ($100 * (\text{tarkastus-perusmittaus}) / \text{perusmittaus}$). Tilavuus on laskettu runkolukusarjojen perusteella pystymittauksen tarkastuksen ohjelmalla.

Leimikko	Perusmittaus		Tarkastusmittaus		Tilavuuksien erotus %
	Runkoja kpl	Tilavuus m ³	Runkoja kpl	Tilavuus m ³	
3 Jämsänkoski	576	233	574	231	-0,9
4 Ruovesi	335	132	333	133	1,1
5 Lapinlahti	956	344	957	359	4,4
9 Jämsä	1 860	790	1 842	772	-2,3
14 Pihtipudas	304	236	304	235	-0,6
15 Viitasaari	892	274	884	270	-1,2
18 Kuhmoinen	908	468	903	474	1,3
23 Korpilahti	769	489	767	482	-1,4
26 Orivesi	1 630	550	1 624	551	0,1
29 Kangasala	2 493	803	2 491	795	-1,0
Yhteensä	10 723	4 318	10 679	4 302	-0,4

Liite 3. Pystymittauksen tarkastus: Koepuutunnusten mittausvirheet leimikoittain.

Pystymittauksen koepuiden tarkastuksessa mitattujen puiden rinnankorkeusläpimittojen keskimääräinen virhe (tarkastus-perusmittaus), sekä tarkastuksessa ja perusmittauksessa saatu keskimääräinen kapeneminen ja pituus ja niiden erotukset. T = tarkastus ja P = perusmittaus.

Leimikko	Puita kpl	d _{1,3} - erotus cm	Kapeneminen			Pituus		
			T cm	P cm	Erotus cm	T m	P m	Erotus m
1 Hankasalmi	31	-0,16	3,7	3,6	0,1	20,2	20,1	0,2
2 Leivonmäki	45	-0,07	4,4	4,4	0,0	20,7	20,7	0,0
3 Jämsänkoski	31	-0,16	4,6	5,1	-0,5	19,6	19,1	0,5
4 Ruovesi	32	-0,25	4,0	4,5	-0,5	18,8	18,5	0,3
5 Lapinlahti	26	0,08	4,7	4,8	-0,1	19,7	19,2	0,5
6 Uurainen	40	-0,10	3,4	4,1	-0,7	20,3	19,8	0,5
7 Jyväskylän mlk	32	-0,09	4,3	5,1	-0,8	20,3	19,7	0,6
8 Kuhmoinen	30	-0,13	3,8	3,7	0,1	23,9	23,4	0,5
9 Jämsä	30	-0,20	4,2	4,8	-0,6	21,8	21,9	-0,1
10 Pälkäne	30	-0,23	4,0	4,7	-0,7	24,5	23,8	0,7
11 Jämsänkoski	30	-0,03	3,2	3,7	-0,5	23,1	22,8	0,3
12 Kuopio	32	-0,09	3,6	4,0	-0,4	20,4	20,4	0,0
13 Sysmä	43	0,12	4,3	4,3	0,0	22,5	22,7	-0,2
14 Pihtipudas	36	-0,11	4,7	4,7	0,0	23,2	23,3	-0,1
15 Viitasaari	60	-0,12	5,1	5,8	-0,7	19,7	20,3	-0,6
16 Juupajoki	35	-0,09	4,2	4,5	-0,3	18,9	18,7	0,2
17 Juupajoki	34	-0,15	3,6	3,7	-0,1	19,1	18,8	0,3
18 Kuhmoinen	35	-0,06	3,5	3,3	0,2	22,1	21,6	0,5
19 Lapinlahti	30	-0,13	3,4	4,0	-0,6	20,4	19,8	0,6
20 Jämsänkoski	49	-0,22	3,6	4,1	-0,5	18,2	18,1	0,1
21 Längelmäki	32	-0,09	3,5	3,5	0,0	22,6	22,5	0,1
22 Jämsä	30	0,00	3,0	3,4	-0,4	21,6	20,9	0,7
23 Korpilahti	30	-0,03	3,3	4,0	-0,7	23,3	24,5	-1,2
24 Kuhmoinen	20	-0,10	4,9	5,0	-0,1	19,1	19,3	-0,2
25 Sahalahti	23	-0,04	3,5	3,9	-0,4	20,2	20,0	0,2
26 Orivesi	27	0,07	4,7	5,0	-0,3	17,9	17,7	0,2
27 Tuulos	33	0,06	4,7	5,6	-0,9	21,3	21,2	0,1
28 Valkeakoski	31	-0,10	3,1	3,5	-0,4	20,8	20,8	0,0
29 Kangasala	31	-0,29	3,8	4,6	-0,8	20,5	20,0	0,5
30 Hauho	25	-0,08	4,3	5,8	-1,5	26,6	26,4	0,2
Yhteensä	993	-0,10	4,0	4,4	-0,4	21,0	20,8	0,2

Liite 4. Pystymittauksen tarkastus: Koepuiden mittausvirheiden vaikutus leimikoiden mittaustulokseen.

Tarkastettujen koepuiden tilavuus perusmittauksessa ja tarkastuksessa sekä tilavuuksien suhteellinen erotus, eli $100 * (T-P)/P$. T = tarkastus ja P = perusmittaus.

Leimikko	2 tunnusta			3 tunnusta		
	P m ³	T m ³	Erotus %	P m ³	T m ³	Erotus %
1 Hankasalmi	15,9	15,7	-1,4	16,1	15,8	-2,1
2 Leivonmäki	29,8	29,7	-0,4	29,8	29,7	-0,3
3 Jämsänkoski	16,5	16,7	0,8	16,2	16,7	3,0
4 Ruovesi	14,5	14,4	-0,7	14,2	14,5	2,2
5 Lapinlahti	17,7	18,6	4,8	17,9	18,5	3,2
6 Uurainen	19,8	20,1	1,7	19,5	20,5	5,1
7 Jyväskylän mlk	18,3	18,8	2,7	17,3	18,4	6,3
8 Kuhmoinen	21,9	22,2	1,4	22,1	22,1	-0,1
9 Jämsä	23,4	23,0	-1,7	23,3	23,6	1,3
10 Pälkäne	26,1	26,4	1,2	25,0	26,0	4,0
11 Jämsänkoski	22,1	22,3	1,1	21,9	22,7	3,8
12 Kuopio	16,4	16,3	-0,6	16,1	16,2	0,9
13 Sysmä	33,3	33,3	-0,3	33,4	33,3	-0,3
14 Pihtipudas	36,4	35,9	-1,3	37,4	37,0	-1,1
15 Viitasaari	40,0	38,4	-4,2	38,0	38,1	0,2
16 Juupajoki	16,3	16,6	2,0	16,3	16,6	1,5
17 Juupajoki	14,5	14,7	1,1	14,5	14,7	1,3
18 Kuhmoinen	22,9	23,4	2,3	23,7	23,7	0,3
19 Lapinlahti	17,7	18,2	3,0	18,2	19,0	4,2
20 Jämsänkoski	20,1	19,9	-1,4	19,9	20,0	0,8
21 Längelmäki	21,0	21,0	0,2	20,9	20,9	0,1
22 Jämsä	17,9	18,7	4,6	18,4	19,4	5,5
23 Korpilahti	23,6	22,2	-5,9	22,6	22,5	-0,6
24 Kuhmoinen	10,0	9,8	-2,0	9,4	9,3	-1,4
25 Sahalahti	10,9	10,9	0,4	10,7	11,0	2,5
26 Orivesi	10,0	10,1	1,0	9,4	9,7	3,2
27 Tuulos	23,5	23,5	-0,2	21,9	23,0	5,2
28 Valkeakoski	14,4	14,4	-0,2	13,7	14,0	2,0
29 Kangasala	17,0	17,1	0,8	16,2	16,9	4,2
30 Hauho	27,5	27,8	0,8	25,3	27,6	9,1
Yhteensä	619,4	619,8	0,1	609,4	621,5	2,0

Liite 5. Pystymittauksen tarkastus: Tarkastuksen vaikutus leimikoiden mittaus-
tulokseen.

Leimikko	2 tunnusta			3 tunnusta		
	Perus- mittaus m ³	Tarkastus m ³	Korjaus %	Perus- mittaus m ³	Tarkastus m ³	Korjaus %
1 Hankasalmi	456	450	-1,4	466	457	-2,1
2 Leivonmäki	1 280	1 275	-0,4	1 291	1 287	-0,3
3 Jämsänkoski	443	442	0,0	444	454	2,2
4 Ruovesi	882	885	0,4	882	910	3,2
5 Lapinlahti	716	782	9,3	716	770	7,7
6 Uurainen	855	870	1,7	825	868	5,1
7 Jyväskylän mlk	662	680	2,7	639	679	6,3
8 Kuhmoinen	493	499	1,4	500	500	-0,1
9 Jämsä	763	733	-4,0	750	742	-1,1
10 Pälkäne	773	782	1,2	758	788	4,0
11 Jämsänkoski	669	676	1,1	655	680	3,8
12 Kuopio	1 117	1 111	-0,6	1 101	1 111	0,9
13 Sysmä	1 227	1 224	-0,3	1 255	1 251	-0,3
14 Pihtipudas	677	664	-1,9	675	664	-1,7
15 Viitasaari	536	507	-5,3	492	487	-0,9
16 Juupajoki	570	581	2,0	572	581	1,5
17 Juupajoki	757	766	1,1	751	761	1,3
18 Kuhmoinen	1 097	1 137	3,7	1 121	1 139	1,6
19 Lapinlahti	1 134	1 168	3,0	1 167	1 215	4,2
20 Jämsänkoski	1 363	1 344	-1,4	1 355	1 366	0,8
21 Längelmäki	921	922	0,2	918	919	0,1
22 Jämsä	474	496	4,6	482	509	5,5
23 Korpilahti	867	804	-7,3	825	809	-2,0
24 Kuhmoinen	137	135	-2,0	134	132	-1,4
25 Sahalahti	402	403	0,4	413	424	2,5
26 Orivesi	524	530	1,1	510	527	3,3
27 Tuulos	946	945	-0,2	885	931	5,2
28 Valkeakoski	909	907	-0,2	890	909	2,0
29 Kangasala	809	807	-0,2	776	801	3,3
30 Hauho	617	622	0,8	572	623	9,1
Yhteensä	23 074	23 145	0,3	22 820	23 293	2,1

Liite 6. Hakkuukonemittauksen tarkastuserät.

Perusmittauksen suhteellinen tilavuus = 100 * tarkastus/perusmittaus

Leimikko	Otantaerien tilavuudet					
	Tarkastusmittaus			Perusmittaus		
	Tukki m ³	Kuitu m ³	Yhteensä m ³	Tukki %	Kuitu %	Yhteensä %
1 Hankasalmi	21,5	9,3	30,8	99,5	99,9	99,6
2 Leivonmäki	47,5	19,9	67,4	99,8	102,0	100,4
3 Jämsänkoski	26,7	7,6	34,3	102,3	94,8	100,6
4 Ruovesi	23,2	12,3	35,5	101,2	101,6	101,3
5 Lapinlahti	24,3	14,0	38,3	96,5	94,6	95,8
6 Uurainen	30,2	15,9	46,1	99,3	100,4	99,7
7 Jyväskylän mlk	28,7	18,9	47,5	99,4	100,6	99,8
8 Kuhmoinen	35,6	9,8	45,4	103,5	104,2	103,6
9 Jämsä	38,6	13,9	52,5	102,0	107,6	103,4
10 Pälkäne	32,4	10,8	43,2	100,3	96,9	99,4
11 Jämsänkoski	30,6	7,2	37,8	100,1	100,4	100,1
12 Kuopio	26,6	11,5	38,1	98,6	101,6	99,5
13 Sysmä	39,0	17,0	56,1	99,4	99,7	99,5
14 Pihtipudas	35,8	12,5	48,4	103,1	100,5	102,4
15 Viitasaari	27,4	15,7	43,1	101,5	96,9	99,8
16 Juupajoki	29,5	10,3	39,9	99,2	101,4	99,7
17 Juupajoki	19,6	16,3	36,0	95,6	100,9	97,9
18 Kuhmoinen	48,8	10,4	59,2	97,8	98,5	97,9
19 Lapinlahti	35,5	12,3	47,7	98,5	100,4	99,0
20 Jämsänkoski	42,7	16,2	58,9	98,7	93,8	97,3
21 Längelmäki	31,1	12,0	43,1	101,4	103,7	102,0
22 Jämsä	22,8	10,3	33,1	101,0	102,4	101,4
23 Korpilahti	40,1	10,2	50,3	96,2	98,5	96,6
24 Kuhmoinen	11,6	8,8	20,3	100,7	100,7	100,7
25 Sahalahti	15,6	14,8	30,4	105,1	100,7	102,9
26 Orivesi	21,9	11,6	33,5	98,6	96,7	97,9
27 Tuulos	24,8	11,6	36,4	94,0	93,0	93,7
28 Valkeakoski	29,2	37,6	66,8	98,7	99,5	99,1
29 Kangasala	25,5	13,7	39,2	100,2	98,6	99,6
30 Hauho	48,7	8,8	57,4	97,2	89,8	96,0
Yhteensä	915,6	401,1	1 316,7	99,5	99,4	99,4

Liite 7. Metsähävikki leimikoittain.

- = hakkuukonemittauksen tulosta pienennetty
 + = hakkuukonemittauksen tulosta suurennettu

Leimikko	Kantokorjaus			Latvuskorjaus			Muu hävikki	Runko- luku
	1 cm	2 dm ³ /r	3 %	4 mm	5 dm ³ /r	6 %		
1 Hankasalmi	-4,5	-3,0	-0,9	75	3,2	0,9	0,3	-0,3
2 Leivonmäki	-0,6	-0,6	-0,2	81	5,3	1,7	0,2	0,4
3 Jämsänkoski	1,0	1,0	0,3	72	1,9	0,5	0,0	0,0
4 Ruovesi	-2,3	-2,0	-0,6	88	5,1	1,4	0,0	-0,2
5 Lapinlahti	2,3	2,2	0,7	74	2,2	0,7	1,5	0,1
6 Uurainen	-1,4	-0,3	-0,1	82	3,6	0,9	0,1	-0,3
7 Jyväskylän mlk	0,0	0,3	0,1	82	4,8	1,3	0,1	0,0
8 Kuhmoinen	3,4	3,1	1,4	85	6,6	1,4	0,1	-0,5
9 Jämsä	-0,3	-1,1	-0,3	87	5,9	1,6	0,0	2,7
10 Pälkäne	-4,7	-5,7	-0,7	80	5,1	0,7	0,0	-0,3
11 Jämsänkoski	-5,0	-5,6	-0,7	87	6,6	0,8	0,0	0,2
12 Kuopio	-0,3	-0,5	-0,1	77	3,6	0,8	0,0	0,0
13 Sysmä	-0,7	-0,9	-0,2	79	3,6	0,8	0,0	-0,3
14 Pihtipudas	-2,8	-3,6	-0,6	96	9,4	1,6	0,5	2,9
15 Viitasaari	-1,1	-3,9	-1,2	88	7,6	2,4	0,3	0,3
16 Juupajoki	-4,3	-3,8	-1,0	93	7,5	1,9	0,0	0,1
17 Juupajoki	-3,2	-2,2	-0,9	89	8,7	3,5	0,0	0,2
18 Kuhmoinen	0,4	0,4	0,1	79	3,8	0,8	0,0	-0,1
19 Lapinlahti	-4,4	-4,8	-1,4	88	6,8	2,0	0,0	0,4
20 Jämsänkoski	0,3	-0,1	-0,2	79	3,0	1,0	0,1	0,3
21 Längelmäki	-1,8	-1,8	-0,4	85	6,8	1,5	0,0	0,6
22 Jämsä	3,9	3,5	0,9	75	2,3	0,6	0,0	0,1
23 Korpilahti	-2,3	-3,0	-0,6	75	2,7	0,6	0,2	0,2
24 Kuhmoinen	6,2	4,0	1,8	78	3,6	1,6	0,0	-0,2
25 Sahalahti	1,4	0,5	0,1	76	2,8	0,7	0,0	0,0
26 Orivesi	3,4	1,7	0,5	77	3,3	1,0	0,0	-0,2
27 Tuulos	-1,0	-1,4	-0,4	91	7,4	2,3	0,0	0,1
28 Valkeakoski	7,2	5,4	1,9	89	6,3	2,3	0,0	0,2
29 Kangasala	0,1	0,4	0,1	87	5,2	1,7	0,0	-0,2
30 Hauho	-3,0	-3,6	-0,4	87	6,1	0,7	0,2	0,0
Yhteensä	-0,5	-0,8	-0,2	83	5,0	1,3	0,1	0,2

- Kanto: 1 Kannonkorkeuden ero
 2 Korkeuseron vaikutus tilavuuteen/runko
 3 Korkeuseron vaikutus tilavuuteen leimikossa
- Latvus: 4 Keskimääräinen latvaläpimitta
 5 Latvaläpimittaeron vaikutus tilavuuteen/runko
 6 Latvaläpimittaeron vaikutus tilavuuteen leimikossa
- Muu hävikki: 7 Vaikutus tilavuuteen leimikossa
- Runkoluku: 8 Erojen vaikutus tilavuuteen leimikossa

Liite 8. Pystymittauksen perus- ja tarkastusmittauksen sekä hakkuukonemittauksen tarkastettujen tulosten erot leimikoittain.

HKT = hakkuukonemittauksen tarkastettu tulos

PMP2A = kahden tunnuksen pystymittauksen perusmittauksen tulos

PMP3A = kolmen tunnuksen pystymittauksen perusmittauksen tulos

PMP2B = kahden tunnuksen pystymittauksen tarkastettu tulos

PMP3B = kolmen tunnuksen pystymittauksen tarkastettu tulos

	HKT		PMP2A		PMP3A		PMP2B		PMP3B	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
1 Hankasalmi	438,1		456,1	104,1	466,3	106,4	449,7	102,7	456,5	104,2
2 Leivonmäki	1 258,4		1 279,6	101,7	1 290,8	102,6	1 274,5	101,3	1 286,9	102,3
3 Jämsänkoski	450,4		442,6	98,3	443,7	98,5	442,4	98,2	453,5	100,7
4 Ruovesi	868,8		881,6	101,5	881,8	101,5	885,1	101,9	910,0	104,7
5 Lapinlahti	726,5		715,5	98,5	715,6	98,4	782,0	107,6	770,2	106,0
6 Uurainen	828,8		855,4	103,2	825,4	99,6	870,4	105,0	867,7	104,7
7 Jyväskylän mlk	654,7		661,9	101,1	639,0	97,6	679,8	103,8	679,3	103,8
8 Kuhmoinen	507,0		492,6	97,2	500,4	98,7	499,3	98,5	500,0	98,6
9 Jämsä	707,2		763,1	107,9	750,4	106,1	732,6	103,6	742,4	105,0
10 Pälkäne	796,2		773,2	97,1	757,6	95,2	782,5	98,3	787,9	99,0
11 Jämsänkoski	627,4		668,6	106,6	654,9	104,4	675,8	107,7	679,8	108,3
12 Kuopio	1 104,3		1 117,2	101,2	1 100,7	99,7	1 110,5	100,6	1 110,6	100,6
13 Sysmä	1 233,4		1 227,3	99,5	1 255,1	101,8	1 223,6	99,2	1 251,3	101,5
14 Pihtipudas	644,6		677,1	105,0	675,1	104,7	664,2	103,0	663,6	102,9
15 Viitasaari	497,5		535,6	107,7	491,7	98,8	507,0	101,9	487,3	97,9

Liite 8 (jatkoa).

	HKT		PMP2A		PMP3A		PMP2B		PMP3B	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
16 Juupajoki	561,5	101,5	569,7	101,5	572,0	101,9	581,1	103,5	580,6	103,4
17 Juupajoki	735,4	103,0	757,4	103,0	750,9	102,1	765,7	104,1	760,7	103,4
18 Kuhmoinen	1 073,1	102,2	1 096,7	102,2	1 121,1	104,5	1 136,7	105,9	1 139,0	106,1
19 Lapinlahti	1 161,7	97,6	1 134,3	97,6	1 166,5	100,4	1 168,3	100,6	1 215,5	104,6
20 Jämsänkoski	1 282,5	106,3	1 362,8	106,3	1 355,0	105,7	1 343,7	104,8	1 365,9	106,5
21 Längelmäki	860,8	106,9	920,6	106,9	918,1	106,7	922,0	107,1	919,0	106,8
22 Jämsä	465,2	101,9	474,0	101,9	482,5	103,7	495,8	106,6	509,0	109,4
23 Korpilahti	752,4	115,3	867,3	115,3	825,0	109,6	804,0	106,9	808,5	107,5
24 Kuhmoinen	129,1	106,3	137,2	106,3	134,3	104,0	134,5	104,1	132,5	102,6
25 Sahalahti	416,0	96,6	401,7	96,6	413,3	99,4	403,3	96,9	423,6	101,8
26 Orivesi	517,1	101,3	523,8	101,3	510,0	98,6	529,6	102,4	526,8	101,9
27 Tuulos	891,5	106,2	946,4	106,2	885,4	99,3	944,6	106,0	931,4	104,5
28 Valkeakoski	833,3	109,1	908,8	109,1	890,4	106,9	907,0	108,8	908,5	109,0
29 Kangasala	763,9	809,0	809,0	105,9	775,5	101,5	807,4	105,7	801,1	104,9
30 Hauho	613,4	100,6	616,9	100,6	571,5	93,2	621,8	101,4	623,5	101,6
Yhteensä	22 400,3	103,0	23 074,0	103,0	22 820,1	101,9	23 145,0	103,3	23 292,5	104,0

Liite 9. Keskus- tai latvaläpimitaan perustuva tilavuus verrattuna yhden metrin pätkissä mitattuun eli hakkuukonemittauksen tarkastuksessa saatuun tilavuuteen.

HKT = tilavuus hakkuukonemittauksen tarkastuksen perusteella

KLPM = tilavuus keskusläpimitan perusteella

LLPM = tilavuus latvaläpimitan perusteella

Suhteellinen tilavuus (%) = 100 * ao. mittausten menetelmä / tarkastus

	HKT		Tukki			Kuitu		
	m ³	m ³	KLPM	LLPM		HKT	KLPM	
	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	%
1 Hankasalmi	21,5	21,7	101,0	21,3	99,1	9,3	9,6	103,1
2 Leivonmäki	47,5	48,0	101,1	47,4	99,7	19,9	20,1	100,9
3 Jämsänkoski	26,7	26,8	100,4	26,8	100,4			
4 Ruovesi	23,2	23,3	100,4	23,7	102,0	12,3	12,6	102,2
5 Lapinlahti	24,3	24,6	101,4	24,3	99,8			
6 Uurainen	30,2	30,4	100,8	31,4	104,2	15,9	16,3	102,4
7 Jyväskylän mlk	28,7	28,7	100,2	28,8	100,3	18,9	19,4	102,6
8 Kuhmoinen	35,6	35,9	100,8	26,9	103,6	9,8	9,6	97,7
9 Jämsä	38,6	38,8	100,6	38,7	100,4	13,9	14,2	101,9
10 Pälkäne	32,4	33,2	102,3	34,1	105,3	10,8	11,0	101,8
11 Jämsänkoski	30,6	30,9	100,9	31,1	101,6	7,2	7,0	98,5
12 Kuopio	26,6	26,7	100,4	27,6	103,7	11,5	11,8	102,0
13 Sysmä	39,0	39,1	100,2	38,8	99,3	17,0	16,9	98,9
14 Pihtipudas	35,8	36,0	100,3	35,5	98,9	12,5	12,6	101,0
15 Viitasaari	27,4	27,6	100,7	36,6	97,0	15,7	15,9	101,4
16 Juupajoki	29,5	29,2	98,9	30,3	102,6	10,3	10,1	98,1
17 Juupajoki	19,6	19,3	98,4	20,0	101,9	16,3	15,9	97,4
18 Kuhmoinen	48,8	49,2	100,8	48,7	99,8	10,4	10,5	101,1
19 Lapinlahti	35,5	36,0	101,3	35,4	99,7	12,3	12,4	101,5
20 Jämsänkoski	42,7	42,6	99,9	43,2	101,2	16,2	16,4	101,6
21 Längelmäki	31,1	31,6	101,7	32,3	104,1			
22 Jämsä	22,8	23,0	100,8	23,3	102,2	10,3	10,5	102,5
23 Korpilahti	40,1	40,3	100,4	41,1	102,4	10,2	10,4	102,3
24 Kuhmoinen	11,6	11,7	101,3	11,5	98,9	8,8	8,8	101,0
25 Sahalahti	15,6	15,4	98,7	15,7	100,6	14,8	15,1	102,5
26 Orivesi	21,9	21,9	100,0	21,7	99,1	11,6	11,8	102,0
27 Tuulos	24,8	25,5	103,0	25,0	100,9	11,6	11,6	100,2
28 Valkeakoski	29,2	30,1	103,0	30,8	105,5	37,6	38,9	103,3
29 Kangasala	25,5	25,9	101,3	25,6	100,3	13,7	15,0	109,4
30 Hauho	48,7	46,6	95,7	48,7	100,0	8,8	8,8	100,0
Yhteensä	915,6	920,0	100,5	926,2	101,2	367,5	373,4	101,6

LATVAN HUKKAOSAN PITUUSMALLIT MÄNNYLLE, KUUSELLE JA KOIVULLE METSURIMITTAUSTA VARTEN

Jari Varjo

1 Taustaa

Kehitettäessä puiden käyttöosan mittauksiin perustuvaa metsurimittausmenetelmää koepuiden pituustunnuksena ei voitu käyttää puun koko pituutta tarkastusmittausten vaikeutumisen takia (Ihalainen ym. 1992). Tällöin koepuiden pituustunnukseksi valittiin käyttöosan pituus, ja kokonaispituus estimoitii tilavuuden laskentaa varten lisäämällä käyttöosan pituuteen lineaarisella regressiomallilla estimoitu latvan hukkaosan pituus. Latvan hukkaosan pituusmallit laadittiin olettaen käyttöosan päättyvän kaikilla puulajeilla kuorettoman läpimitan alittaessa 6 cm. Tämä rajoite osoittautui kuitenkin käytännössä ongelmalliseksi, koska heti menetelmän esittelyn jälkeen puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset alkoivat nopeassa tahdissa muuttua. Tällöin tarvittiin uudet latvan hukkaosan pituusmallit metsurimittausmenetelmän soveltamiseksi erilaisilla käyttöosan päättymisläpimitoilla.

2 Aineisto ja menetelmät

Aineistona latvan hukkaosan pituusmallien kehittämisessä käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen keräämää koko maan kattavaa koepuuaineistoa (Laasasenaho 1982). Valittaessa uutta mallia harkittiin kahta vaihtoehtoa: 1) mallit voitaisiin estimoida erikseen jokaiselle käytettävälle päättymisläpimitalle, 2) päättymisläpimita voitaisiin ottaa mukaan malliin. Ensimmäisessä vaihtoehdossa mallin keskivirhe olisi säilynyt samalla tasolla kuin aiemmin esitetyillä malleilla (Ihalainen ym. 1992). Hankaluutena olisi kuitenkin ollut mallien määrän kasvu. Toisessa vaihtoehdossa käyttöosan päättymisläpimitan lisääminen selittäjäksi lineaariseen regressiomalliin lisäsi heteroskedastisuutta voimakkaasti ja samalla myös hukkaosan pituusmallien keskivirheet kasvoivat. Käyttöosan päättymisläpimitan sisällyttämistä malliin pidettiin kuitenkin menetelmän käytettävyyden kannalta parempana ratkaisuna. Uudeksi hukkaosan pituusmalliksi valittiin lineaarisen mallin sijasta eksponentiaalinen malli (kaava 1), joka linearisoitiin logaritmuunnoksella (kaava 2).

$$Y = e^{f(x)} \quad (\text{kaava 1})$$

$$\text{Ln}(y) = F(x) \quad (\text{kaava 2})$$

Tällöin mallin parametrit voitiin estimoida harhattomasti lineaarisella regressiolla (Lappi 1993). Sovellusvaiheessa on kuitenkin huomattava, että ennustettaessa latvan hukkaosan pituuksia on tehtävä muunnoksesta johtuva virhekorjaus (Lappi 1993):

$$\hat{Y} = e^{\hat{F}(x) + \frac{1}{2}\sigma^2} \quad (\text{kaava 3})$$

3 Tulokset ja niiden käyttökelpoisuus

Latvan hukkaosan pituusmallin keskivirheen pitämiseksi hyväksyttävissä rajoissa kiinteän käyttöosan päättymisläpimitan tapaukseen verrattuna rajoitettiin mallin käyttöaluetta käytännön kannalta todennäköisimpiin tapauksiin. Tällöin mallin estimointiaineistossa asetettiin seuraavat rajoitukset:

- minimi käyttöosan pituus on 1,5 m
- käyttöosan päättymisläpimita on 5,0 - 10,0 cm
- kannonkorkeus on 10 cm

Niiden oletettiin kattavan mallien yleisimmät sovellustilanteet. Lisäksi keskimääräisen kuorenpakkuuden on oletettu olevan käyttöosan päättymiskorkeudella:

- männyllä 1,5 mm
- kuusella 2,5 mm
- koivulla 2,0 mm

Latvan hukkaosan mallit parametreineen ovat puulajeittain seuraavat:

$$H_u = e^{F(x)} \quad (\text{kaava 4})$$

$$F(\text{mänty}) = 1,126102 + 0,043296 * H_k + 0,059077 * D_p + 0,051911 * \text{LN}(H_k) - 0,943063 * \text{LN}(D_{13}) + 0,896216 * \text{LN}(D_p) + 0,024255.$$

$$F(\text{kuusi}) = 0,463881 + 0,006171 * H_k + 0,034721 * D_p + 0,120016 * \text{LN}(H_k) - 0,608647 * \text{LN}(D_{13}) + 1,036332 * \text{LN}(D_p) + 0,014675.$$

$$F(\text{koivu}) = 2,101541 + 0,019110 * D_{13} + 0,035259 * H_k + 0,052128 * D_p - 1,067814 * \text{LN}(D_{13}) + 0,744091 * \text{LN}(D_p) + 0,015735.$$

H_u	=	latvan hukkaosan pituus, m
D_{13}	=	rinnankorkeusläpimita, cm
H_k	=	käyttöosan pituus, m
D_p	=	käyttöosan kuoreton päättymisläpimita, cm
LN	=	luonnollinen logaritmi

Kun latvan hukkaosan pituusmallin keskivirheitä (taulukko 1) verrataan kiinteää 6 cm:n käyttöosan päättymisläpimitaa varten estimoituihin malleihin (Ihalainen ym. 1992), virheet ovat luonnollisesti suurempia. Erot eivät kuitenkaan etenkään kuusella ja koivulla ole kovin suuria. Kiinteällä käyttöosan päättymisläpimitalla estimoidun mallin suhteellinen keskivirhe on männyllä suurempi kuin kuusella tai koivulla.

Mikäli sovellustilanne poikkeaa edellä asetetuista rajoista oleellisesti, suositellaan esitettävien parametrien uudelleen estimoimista tilannetta vastaavilla rajoitteilla. Jos näin ei menetellä, kasvavat keskivirheet taulukossa 1 esitetyistä.

Taulukko 1. Latvan hukkaosan pituusmallin kesquivirheet.

	RMSE	
	cm	%
Mänty	73	27,1
Kuusi	69	21,2
Koivu	103	21,5

Kirjallisuus

Ihalainen, A., Korhonen, K.T. & Varjo, J. 1992. Puiden käyttöosan mittauksiin perustuva metsurimittaus. Summary: Estimation of harvested timber volume using tree-wise measurements made during felling. *Folia Forestalia* 786. 18 s.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.

Lappi, J. 1983. Metsäbiometrian menetelmiä. *Silva Carelica* 24. 182 s.

PITKÄN KUITUPUUN PINOMITTAUS TIENVARSIVARASTOISSA

Pentti Sairanen

1 Johdanto

Puuhuollon ja puunkorjuun nopea kehitys ovat aiheuttaneet huomattavia muutoksia kuitupuun mittauksessa. Valtaosa kuitupuusta mitataan vielä metsässä mutta enenevässä määrin tehtaalla auto- tai junakuormissa (esim. Mikkonen 1993). Selvästi yleisin metsäpään mittausten menetelmä on hakkuukonemittaus (Ahonen & Marjomaa 1994). Miestyönä hakatun kuitupuun mittauksessa ovat käytössä pino- ja metsurimittaus, joita korvaavaksi on kehitteillä kuormainvaa'alla tapahtuvaan punnitukseen perustuva mittaus (Sikanen & Marjomaa 1992). Pinomenetelmä tulee kuitenkin pitkään säilymään ainakin metsäpään varamittausmenetelmänä, joten siitä kokonaan luopuminen ei ole realistista.

Tämän tutkimuksen taustat juontavat 1980-luvun alkupuolelta, jolloin kuitupuun teossa oltiin siirtymässä 2 tai 3 metrin kuitupuusta yli 3,6-metriseen, pitkään kuitupuuhun. Kuitupuutavaralajien piteneminen johtui tarpeesta alentaa korjuukustannuksia ja tehostaa kuljetuskaluston käyttöä. Pitkä kuitupuu oli aluksi varsin vaihtelevan pituista. 1980-luvun lopulla yleisin pituus oli noin 5 m, millä pituudella voidaan parhaiten hyödyntää puutavara-autojen kantavuus (Pennanen 1985). Lisäksi käytettiin 4 ja 6 metrin pituuksia. Nytemmin pituudet ovat vakiintuneet 4-5 metriin. Tehtaiden kuitupuun kuorintatekniikka asettaa omat vaatimuksensa pölkyn pituudelle. Varsinkin 5-metriset ja sitä pitemmät koivupölkkyt kuoriutuvat huonosti.

Pitkän kuitupuun osuus kuitupuuta käyttävissä yhtiöissä on tällä hetkellä 55 - 75 % (Airavaara ym. 1995). Useimpien yhtiöiden omien hakkuiden kuitupuu on 80 - 90 prosenttisesti 4,5 - 5 metristä. Tutkimusaineistoa kerättyä 1986 - 1988 pitkän kuitupuun osuus pystykaupoista oli n. 50 % (Sairanen 1987). Yksityismetsien hankintakauppojen kuitupuusta on kuitenkin ainakin 90 % lyhyttä, pääasiassa 3-metristä kuitupuuta.

Pitkän kuitupuun yleistymistä on hidastanut jälkimittausmenetelmän puuttuminen. Tämä on vaikuttanut kuitupuun pituusvaihtoehtoihin tapauksissa, joissa kuitupuu on täytynyt mitata varastopinoissa.

Pitkän kuitupuun pinomittaus on vaikeampaa 2 - 3 metrin kuitupuuhun verrattuna. Suurin vaikeus on pinon tarkan kehystilavuuden määrittäminen, mikä johtuu hankaluudesta määrittää pinon leveys eli pölkyn keskipituus tarkasti. Syynä on suuri pituusvaihtelu, mikä johtuu sekä vapaanpituiseksi katkonnasta että tukkirungoista katkottavien lyhyiden tyvipölkkyjen ja apumitalla katkottavien latvapölkkyjen vaihtelevasta osuudesta. Lyhyitä pölkkyjä on myös vaikeaa havaita pinon ala- ja sisäosista. Tosin nykyään tyveykset kasataan yleensä omiksi pinoikseen, mikä vähentää pinon pölkkyjen pituusvaihtelua ja helpottaa täten pinon leveyden määrittämistä.

Toinen vaikeus liittyy pinotiiviuden määritykseen. Oletettavasti pitkä kuitupuun on keskeisten pinotiiviystekijöiden osalta vaihtelevampaa kuin 2 - 3 metrin kuitupuun, joten pinotiiviuden korjauskertoimien löytäminen saattaa olla vaikeaa. Lisäksi keskeiset pinotiiviystekijät ovat todennäköisesti yhteydessä toisiinsa. Täten tyydyttävään pinokohtaiseen mittaustarkkuuteen ei välttämättä päästä, vaikka keskimääräinen tarkkuus olisikin hyvä. Maa- ja metsätalousministeriön puutavaran mittaushojeet edellyttävät hyväksyttäviltä menetelmiltä ± 4 prosentin mittaustarkkuutta (Pinomittaushoje 1991).

METLA sai jo 1980-luvulla usealta taholta pyyntöjä selvittää mahdollisuudet pinomenetelmän käyttöön pitkän kuitupuun jälkimittauksessa. Keväällä 1985 käynnistettiin esitutkimus, jolla testattiin tutkimusmenetelmiä (Sairanen 1987). Kokemusten perusteella käynnistettiin varsinaisen tutkimuksen aineiston keruu kesällä 1986. Tutkimustulokset ja mittaushojon ensimmäinen, Etelä-Suomesta kerättyyn aineistoon perustunut ohjeluonnos raportoitiin Mittausneuvostolle 1989 (Sairanen 1989a). Lisäaineistoa kerättiin Pohjois-Suomesta talvella 1989 - 1990. Varsinainen ohjeluonnos laadittiin yhdistetyn aineiston perusteella keväällä 1990 (Sairanen 1989b). Sen tarkkuutta testattiin käytännön mittausoloissa 1989 - 1990 (Sairanen 1989c, 1990).

Käsillä olevassa artikkelissa esitetään yhteenveto tuloksista sekä aineiston uusintakäsittelyn esiintuomat muutokset. Tämä tarkoittaa lähinnä pinotiiviyksmallien tarkennuksia, joilla tiivydeltään äärevien pinojen tuloksia voidaan jonkin verran tarkentaa. Tulosten keskiarvoihin toimenpiteet eivät juurikaan vaikuta. Mittaustarkkuus parantuu lievästi, varsinkin koivulla mutta myös havupuulla, koska männylle ja kuuselle ehdotetaan käytettäväksi erillisiä malleja.

Tämä tutkimus käsittelee pitkän kuitupuun mittausta ainoastaan varastopinoissa. Tulosten soveltaminen mittaukseen ajoneuvokuormissa ei ole suositeltavaa. Ajoneuvokuormat ovat paremman ladonnan ansiosta huomattavasti tiiviimpiä kuin varastopinot ja tiiviuden vaihtelu on niissä vähäisempää. Kuormien pinomittauksessa tuleekin käyttää menetelmää, jonka pinotiiviyksmallit perustuvat kuorma-aineistosta saatuihin tuloksiin. Tällainen tutkimus on aloitettu METLAssa keväällä 1994 (Nevalainen 1994).

2 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää käytäntöön soveltuva pinomittaushojon yli 3 metrin kuitupuulle varastopinoissa. Tätä varten tutkitaan menetelmiä pinon kehystilavuuden ja erityisesti leveyden mahdollisimman tarkaksi määrittämiseksi sekä pinotiiviyttä, sen vaihtelua ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tulosten perusteella laaditaan malleja pinotiiviuden ennustamiseksi ja tutkitaan malleilla määritetyn tilavuuden tarkkuutta sekä aineiston kokonaistilavuuden että yksittäisen pinon tilavuuden osalta. Tulosten perusteella laaditaan ehdotus pitkän kuitupuun varastopinon kiintomittaushojeksi.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Aineisto

Tavoitteena oli tutkia kaikkiaan 300 pinoa koko Suomesta. Aineiston tiheys suhteutettiin puulajeittain ja alueittain ainespinopuun hankinnan määrään (Repo 1986). Otantaa ei tutkimuksessa voitu käyttää käytännön syistä, joskin satunnaisesti saatavilla olleet pinot lienevät toteuttaneet riittävästi satunnaisotannan periaatetta. Taulukossa 1 on esitetty suunnitellut ja toteutuneet pinokiintiöt puulajeittain ja metsälautakunnittain. Taulukossa 2 on esitetty aineiston kokonaismäärä puulajeittain. Aineistoa kertyi kaikkiaan 235 pinoa, 91 029 pölkkyä ja 4805 m³.

Esitutkimuksen antaman kokemuksen perusteella pinojen koko pyrittiin rajaamaan välille 25 - 50 m³. Pinojen keskikoko oli 35 m³ ja se vaihteli välillä 5 - 115 m³. Pinot jakautuivat tilavuuden mukaan taulukon 3 (s. 28) mukaisesti ja pölkyn nimellispiteuden (pinon leveyden) mukaan taulukon 4 (s. 28) mukaisesti.

3.2 Menetelmät

Pinot mitattiin tienvarsivarastoilla. Pölkyttäiset tiedot kerättiin joko hakkuupaikalla tai tehtaan kentällä. Jälkimmäiseen menettelyyn pyrittiin kustannussyistä. Pinot mitattiin kuitupuupinojen kiintomittausohjeen mukaisesti (Kuitupuun... 1981). Pinon leveys määritettiin ohjeen mukaisen menettelyn lisäksi mittaamalla silmävaraisesti tasoitettujen pinonosien keskileveydet. Pinon reunat arvioitiin tasoitetuiksi siten, että yli jäävät pätkät täyttäisivät pinon sisään jäävien pölkkyjen tyhjäksi jättämän tilan mahdollisimman tarkasti. Tasaus tehtiin sekä pinon etu- että takareunasta kullekin pinonosalle erikseen. Tasauksen väli mitattiin yhden senttimetrin tarkkuudella. Koko pinon leveys saatiin pinonosien tilavuuksilla painotettujen, mitattujen leveyksien keskiarvona.

Pinotiiviystekijöistä määritettiin useat tekijät subjektiivisin arvioin. Eräät tekijät määritettiin laskennallisesti aineistosta kerätyistä tiedoista. Suoranaisesti mitattuja tai arvioituja, pinotiiviyteen vaikuttavaksi katsottuja tekijöitä olivat: puulaji, puutavaran pituus, pääasiallinen sijainti rungossa (runko-/latvuspino tavara), karsintatapa (hakkuukone/metsuri), läpimittaluokka, karsinta- ja oksaisuusluokka, mutkaisuusluokka, alustaluokka, ladontaluokka, pinon korkeus ja pinon koko. Laskettuja tekijöitä olivat: pölkyn keskimääräinen pituus ja läpimitta, tyvipölkkyjen osuus, alamittaisten pölkkyjen (pituus <3,5 m) osuus sekä pituuden ja läpimitan keskihajonnat. Pinon tiiviyteen vaikuttavista tekijöistä tutkittiin järeyden, karsinnan ja oksaisuuden, mutkaisuuden, ladonnan, alamittaisten pölkkyjen osuuden, tyvipölkkyjen osuuden, pinon koon, aluspuiden käytön, karsintatavan (hakkuukone/metsuri) sekä pääasiallisen sijainnin (runko-/latvuspino tavara) vaikutusta.

Pölkkyttäisin mittauksin selvitettiin pinojen tarkat kiintotilavuudet. Pölkyn halkaisija mitattiin todellisen pituuden puolivälistä kuoren päältä vaakasuorassa suunnassa yhden millimetrin tarkkuudella. Pölkyn pituus mitattiin sahauspintojen välisenä etäisyytenä yhden senttimetrin tarkkuudella.

Taulukko 1. Toteutuneet ja suunnitellut (sulkeissa) pinokiintiöt puulajeittain ja metsälautakunnittain.

Metsälautakunta	Pinoja, kpl			Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Koivu	
1 Helsingin	- (4)	- (3)	- (2)	- (9)
2 Lounais-Suomen	2 (3)	8 (4)	- (1)	10 (8)
3 Satakunnan	4 (4)	10 (4)	- (1)	10 (8)
4 Uudenmaan-Hämeen	3 (3)	4 (5)	3 (2)	10 (10)
5 Pirkka-Hämeen	5 (4)	10 (8)	1 (2)	16 (14)
6 Itä-Hämeen	2 (3)	5 (5)	- (3)	7 (11)
7 Etelä-Savon	8 (7)	6 (7)	6 (6)	20 (20)
8 Etelä-Karjalan	- (5)	- (7)	- (3)	- (15)
9 Itä-Savon	1 (4)	1 (5)	2 (4)	4 (13)
10 Pohjois-Karjalan	10 (10)	6 (11)	4 (6)	20 (27)
11 Pohjois-Savon	2 (5)	14 (12)	6 (6)	12 (23)
12 Keski-Suomen	7 (7)	12 (11)	6 (5)	25 (23)
13 Etelä-Pohjanmaan	7 (8)	1 (5)	1 (2)	9 (15)
14 Vaasan	2 (3)	3 (5)	- (3)	5 (11)
15 Keski-Pohjanmaan	9 (3)	6 (3)	5 (3)	20 (9)
Etelä-Suomi	62 (73)	76 (95)	34 (50)	172 (218)
16 Kainuun	5 (7)	6 (9)	3 (3)	14 (19)
17 Pohjois-Pohjanmaan	4 (7)	5 (5)	3 (3)	12 (15)
18 Koillis-Suomen	7(9)	6 (6)	2 (2)	15 (17)
19 Lapin	10 (18)	6 (7)	6 (5)	22 (31)
Pohjois-Suomi	26 (41)	23 (27)	14 (14)	63 (82)
Koko maa	88 (114)	99 (122)	48 (64)	235 (300)

Taulukko 2. Tutkimusaineisto.

Puulaji	Pinoja, kpl	Pölkkyjä, kpl	Tilavuus, m ³
Mänty	88	34 362	1 759
Kuusi	99	42 066	2 277
Koivu	48	14 601	769
Yhteensä	235	91 029	4 805

Taulukko 3. Pinojen jakauma puulajeittain ja kehystilavuusluokittain.

Kehystilavuus, m ³	Pinoja, kpl			Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Koivu	
- 10	3	-	-	3
10-20	6	7	5	18
20-30	33	29	15	77
30-40	21	22	15	58
40-50	10	19	8	37
50-60	8	14	2	9
60-70	6	1	2	9
70-80	1	5	1	7
80-90	-	-	-	-
90-100	-	1	-	1
100-	-	1	-	1
Yhteensä	88	99	48	235

Taulukko 4. Pinojen jakauma puulajeittain ja leveysluokittain.

Pinon leveys, m	Pinoja, kpl (%)			Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Koivu	
3,5	-	-	1 (0,4)	1 (0,4)
4,0	16 (6,8)	8 (3,4)	12 (5,1)	36 (15,3)
4,5	58 (24,7)	65 (27,7)	20 (8,5)	143 (60,9)
5,0	13 (5,5)	24 (10,2)	13 (5,5)	50 (21,2)
5,5	-	1 (0,4)	2(0,9)	3(1,3)
6,0	1(0,4)	1(0,4)	-	2(0,9)
Yhteensä	88 (37,4)	99 (42,1)	48 (20,4)	235 (100)

Pölkyn tilavuus saatiin keskusläpimitan perusteella lasketun poikkipinta-alan ja pituuden tulona. Pinon tilavuus saatiin kertomalla pölkkyjen tilavuuksien summa pinon keskimääräisellä keskusmuotoluvulla. Pinon keskusmuotoluku määritettiin otoksesta, jota varten joka kymmenennestä pölkystä mitattiin useita läpimittoja. Tyvipölkkyistä mitattiin kuvassa 1 esitetyt läpimitat. Muista pölkkyistä mitattiin tyvi-, keskus- ja latvaläpimitat. Pölkkyjen tarkat tilavuudet laskettiin tämän jälkeen splini-funktiolla.

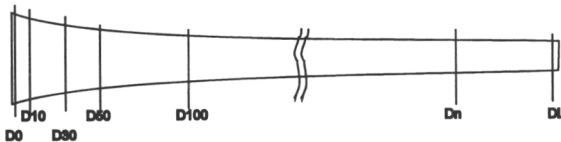
Taulukossa 5 on lueteltu pölkkyjen ja pinojen keskimääräisiä ominaisuuksia puulajeittain.

Taulukko 5. Tutkimusaineiston keskimääräisiä ominaisuuksia puulajeittain.

Ominaisuus	Mänty		Kuusi		Koivu	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
<u>Pölkkyjen ominaisuudet</u>						
Arvioitu läpimittaluokka, cm *	13,0	2,2	12,9	2,1	13,4	2,6
Mitattu läpimittaluokka, cm*	12,1	2,0	12,0	1,3	12,1	2,0
Keskusläpimitta, mm*	121,0	20,6	119,6	12,8	121,1	18,6
Läpimitan hajonta, %	33,7	11,0	34,4	8,2	40,7	10,2
Karsinta- ja oksaisuusluokka **	2,0	2-4	3,0	2-4	3,0	2-4
Mutkaisuusluokka **	2,0	2-3	2,0	1-3	3,0	2-4
Arvioitu pinon leveys, m *	4,51	0,34	4,50	0,29	4,44	0,44
Mitattu pölkyn pituus, m *	4,52	0,30	4,57	0,28	4,51	0,40
Pituuden hajonta, %	76,6	28,2	78,7	22,7	78,3	15,1
Tyvipölkkyt, % *	40,9	22,8	45,3	19,7	57,7	18,5
Alipituiset pölkkyt, %	22,3	9,5	21,0	8,2	21,2	10,9
<u>Pinojen ominaisuudet</u>						
Ladontaluokka **	2,0	1-3	2,0	1-3	2,5	2-4
Keskusmuotoluku *	1,032	0,027	1,020	0,015	1,027	0,023
Kehystilavuus, m ³ *	40,66	15,16	46,05	19,71	39,90	15,04
Pituuskorjattu kehystilavuus, m ³ *	40,76	15,20	46,85	20,44	40,45	15,13
Kiintotilavuus, m ³	19,99	8,62	21,93	11,06	15,86	6,99
Pinotiiviys, % *	58,2	5,0	59,3	4,3	46,7	5,6

* Pinon kiintotilavuudella painotettu

** Pölkkyjen mediaani ja vaihteluväli



Kuva 1. Koepölkyn läpimittojen mittauskohdat.

4 Tulokset

4.1 Kehystilavuuden mittaustarkkuus

4.1.1 Yleistä

Kehystilavuuden mittaustarkkuus riippuu pinon pituuden, korkeuden ja leveyden mittausten harhattomuudesta. Varsinkin korkeuden ja leveyden mittaaminen ovat silmävaraisten tasoitusten vuoksi alttiita virheille.

4.1.2 Pinon pituuden ja korkeuden mittaus

Pinon pituuden mittausta voidaan pitää suhteellisen tarkkana. Siinä syntyviä virheitä ei huomioitu tutkimuksessa.

Pinon korkeuden määrittäminen on jonkin verran pituuden määrittästä epätarkempaa. Tarkkuuteen vaikuttaa pinon muoto, joka vaihtelee mm. pinon koosta, alustan tasaisuudesta sekä ladonnan laadusta riippuen. Korkeuden mittavirhettä voidaan pienentää jakamalla pino pienempiin osiin. Lyhyellä kuitupuulla vakiintunutta käytäntöä mitata alle 10 m pitkät pinot metrin osissa ja tätä pitemmät pinot kahden metrin osissa ei katsottu aiheelliseksi muuttaa tässä tutkimuksessa. Subjektiiivisuudestaan huolimatta pinon ylä- ja alareunojen tasoituksen silmävaraisesti katsottiin riittävän tarkaksi menetelmäksi tehtävänsä tottuneiden mittaryhmien ansiosta. Myös tältä osin mittavirheet oletettiin pieniksi eikä niitä huomioitu tutkimuksessa.

4.1.3 Pinon leveyden mittaus

4.1.3.1 Otantamittaus

Pinon leveyden määrittämistä tutkittiin aluksi pölkkyotannalla pinon päältä. Näin tehtiin ainoastaan Etelä-Suomen aineiston osalta, koska silmävarainen arviointi oli tässä keskimäärin otannalla määritettyä tarkempaa.

Pinon päältä pyrittiin mitattaamaan vähintään 30 pölkyn otos (keskimäärin 37 pölkkyä, vaihteluväli 21-54 pölkkyä). Tämä merkitsi useilla pinoilla lähes jokaisen päällimmäisen pölkyn mittaamista. Pienillä pinoilla ei kaikkien päällimmäisten pölkkyjen mittaus edes riittänyt 30 pölkyn otokseen, jolloin pinon leveys määritettiin näiden pölkkyjen keskimääräisenä pituutena.

Mikäli otoksen pölkkyjen pituushajonta on suuri, kuten pitkällä kuitupuulla on varsin tavallista, ei 30 pölkyn erä takaa riittävää tarkkuutta. Esimerkiksi 4 m:n kuitupuulla pölkkyotoksen tulisi olla 114 kpl ja 5 m:n kuitupuulla 51 kpl pituuden vaihteluvälin ollessa 2 metriä, jotta pituusvirhe olisi korkeintaan 2 % (Kärkkäinen 1978). Otoksen kasvattaminen johtaisi useissa tapauksissa otantaan pinon sisältä, mikä olisi käytännössä hankalaa ja saattaisi johtaa menetelmän huonoon noudattamiseen.

Taulukko 6. Otantaan perustuvan sekä silmävaraisesti määritetyn pinonleveyden suhteelliset erot pölkkyjen tarkasta tilavuudella painotusta keskipituudesta.

Puulaji	Ero pölkkyjen tilavuudella painotettuun keskipituuteen, %					
	Otanta		Silmävarainen			
	Etelä-Suomi		Etelä-Suomi		Koko maa	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Mänty	-3,5	3,5	-0,9	4,1	-0,2	4,1
Kuusi	-4,6	3,0	-2,2	3,6	-1,6	3,7
Havupuu	-4,1	3,3	-1,6	3,9	-1,3	3,8
Koivu	-3,0	3,5	-2,5	5,0	-1,5	4,4

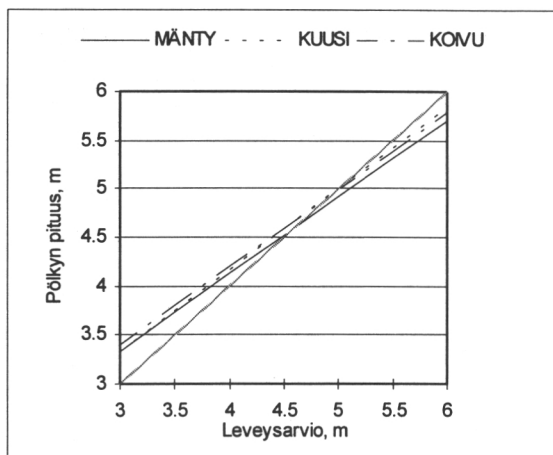
Pölkkyotannalla lasketun pinoleveyden ja pölkkyjen tarkan tilavuudella painotetun keskipituuden suhteellinen ero on esitetty taulukossa 6.

4.1.3.2 Silmävaraisesti tasoitettujen pinonosien mittaus

Pinon leveyden määrittämistä tutkittiin myös mittaamalla silmävaraisesti tasoitettujen pinonosien leveydet. Tätä pidettiin etukäteen huomattavasti otantamittausta vaikeampana tehtävänä kokeneellekin mittaajalle. Pölkkyjen pituuden pinon sisäinen hajonta on pitkällä kuitupuulla usein varsin suuri. Kuitenkin pinon leveyden keskimääräinen arviointivirhe oli silmävaraisessa tasoituksessa selvästi pienempi mutta virheen hajonta hieman suurempi kuin otannassa (taulukko 6).

Pölkyn pituuden ollessa yli 4,5 m pinon leveys yliarvioitiin ja tätä pienemmillä pituuksilla aliarvioitiin (kuva 2, s. 32). Arvioidun ja todellisen pituuden erotus oli koko maan aineistossa keskimäärin -4,9 cm vaihdellen välillä -84 - +44 cm. Erotus oli myös esitutkimuksessa samaa suuruusluokkaa (Sairanen 1987). Koko maan aineistosta laskettu pinon leveyden määrittämisen tarkkuus oli jonkin verran parempi kuin Etelä-Suomen aineistosta laskettu (taulukko 6).

Tämä johtui ilmeisesti työryhmien tutkimuksen aikana saamasta kokemuksesta. Myös aiemmissa tutkimuksissa pitkän kuitupuun keskipituutta on aliarvioitu (Leinonen 1972). On ilmeistä, että mittaaja keskimäärin aliarvioi pinon pisimpien pölkkyjen vaikutuksen keskipituuteen. Alipituisten pölkkyjen lukumäärällä ja pituuden hajonnalla ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta keskipituuden arviointivirheeseen. Toisaalta mikään muukaan tutkituista tekijöistä ei osoittautunut hyväksi keskipituuden mittausvirheen selittäjäksi.



Kuva 2. Pinon leveysarvion ja todellisen pölkyn pituuden välinen riippuvuus.

4.1.4 Kehystilavuuden mittaaminen

Koska pinon pituuden ja korkeuden mittavirheitä ei huomioitu niiden oletetun pienuuden takia, voitaneen pinon leveyden mittavirhettä pitää kehystilavuuden määrittämisen minimivirheenä. Leveysvirhe siirtyy luonnollisesti samansuuruisena kehystilavuuteen. Näin ollen kehystilavuuden määrittämisen tarkkuutta voidaan tulkita pinon leveyden määrittämisen tarkkuuden avulla.

Tällä perusteella kehystilavuuden virhe korjattiin tutkimuksessa korvaamalla pinon arvioitu leveys pölkkyjen tilavuudella painotetulla keskimääräisellä pituudella. Saatua tilavuutta nimitetään tässä tarkaksi kehystilavuudeksi.

4.2 Keskimääräinen pinotiivisyys

Pinotiivisyys eli kiintotilavuusprosentti ilmaistaan pinon kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhteena. Kiintotilavuusprosentin keskiarvo, keskihajonta sekä variaatiokerroin on esitetty taulukossa 7 puulajeittain. Koska pinojen koko vaihteli tutkimusaineistossa, on aritmeettisia keskiarvoja oikeampina tuloksina pidettävä pinon kiintotilavuudella painotettuja keskiarvoja.

Pinotiiviyden vaihtelu kuvaa kiintotilavuuden määrittämisen tarkkuutta. Tässä tutkimuksessa pitkän kuitupuun pinotiiviyden hajonta oli samalla tasolla kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Leinosen (1972) mukaan vapaanpituisen 4 m:n havukuitupuun pinotiiviyden variaatiokerroin oli 7-8 %, kun se tässä tutkimuksessa oli keskimäärin 7,9 %. Koivulla pinotiiviyden variaatiokerroin oli tässä tutkimuksessa 12,1 %. Lyhyellä kuitupuulla pinotiiviyden variaatiokerroin on selvästi pienempi kuin pitkällä kuitupuulla ollen männyllä 6,3 %, kuusella 6,1 % ja lehtipuulla 7,8 % (Nikkilä ym. 1974).

Taulukko 7. Pinotiivyyden aritmeettinen ja pinon kiintotilavuudella painotettu keskiarvo, keskihajonta ja variaatiokerroin puulajeittain.

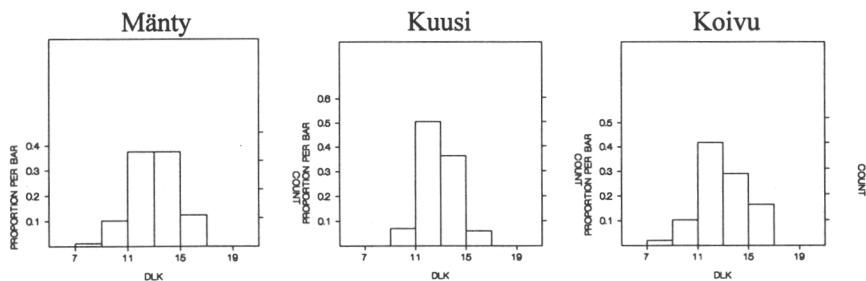
Puulaji	n	Pinotiiviyys, %					
		Aritmeettinen			Pinon kiintotilavuudella painotettu		
		\bar{x}	s	CV	\bar{x}	s	CV
Mänty	88	56,5	5,2	9,2	58,2	5,0	8,6
Kuusi	99	58,0	4,5	7,8	59,3	4,3	7,3
Havupuu	187	57,4	4,9	8,5	58,8	4,7	7,9
Koivu	48	46,2	6,3	13,6	46,7	4,6	12,1

4.3 Pinotiivystekijät

4.3.1 Pölkkyjen ominaisuudet

4.3.1.1 Keskiläpimitta

Pinon pölkkyjen keskiläpimitta arvioitiin käyttäen tasaavaa kahden senttimetrin luokitusta. Kun verrataan arviota mitattuun pinokohtaiseen keskiläpimittaluokkaan, saadaan käsitys arvion tarkkuudesta. Pinojen jakauma mitatun keskiläpimittaluokan mukaan ilmenee kuvasta 3. Arvioidun ja mitatun keskiläpimittaluokan vertailun tulokset on esitetty taulukossa 8 (s. 34) ja kuvassa 4 (s. 35). Pinon läpimittaluokka aliarvioitiin keskimäärin noin puoli luokkaa, koivulla enemmän kuin havupuulla. Yli kahden luokan arviointivirheitä ei tutkimuksessa esiintynyt.



Kuva 3. Mitatun keskiläpimittaluokan (DLK) suhteellinen frekvenssijakauma puulajeittain.

Taulukko 8. Arvioidun ja mitatun keskiläpimittaluokan erotus puulajeittain.

Puulaji	Erotus, luokkaa		Erotuksen suhteellinen frekvenssijakauma, %			
	\bar{x}	s	-1	0	1	2
Mänty	-0,43	0,62	10,2	45,5	40,9	3,4
Kuusi	-0,46	0,73	6,1	56,6	30,3	7,1
Koivu	-0,60	0,75	4,2	39,6	43,8	12,5

Arvioitu ja mitattu läpimittaluokka korreloivat kohtalaisen hyvin:

Puulaji	r	p
Mänty	0,750	0,000
Kuusi	0,718	0,000
Koivu	0,808	0,000

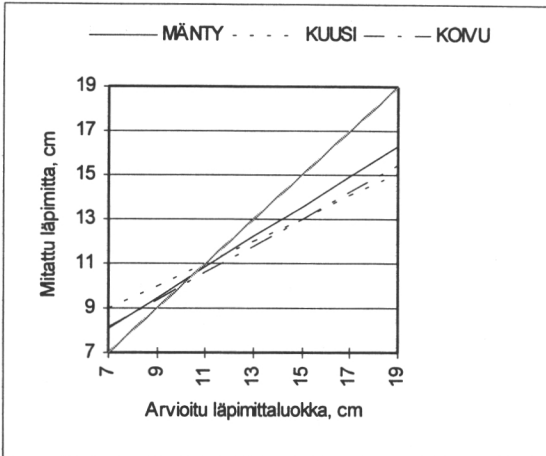
Tämän sekä taulukoissa 5 (s. 29) ja 8 esitettyjen tulosten perusteella läpimittaluokka arvioitiin keskimäärin suhteellisen tarkasti.

Pölkkyjen läpimitta sinänsä ei vaikuta pinon tiiviyteen, mutta järeyteen liittyvien välillisten vaikutusten vuoksi sitä voidaan käyttää pinotiiviyden vaihtelun selittämiseen (Nikkilä ym. 1974). Varsinkin tyvipölkkyjen osuuden vaikutusta voidaan selittää järeyden avulla, mikä käy ilmi arvioidun läpimittaluokan ja tyviosuuden välisistä korrelaatioista:

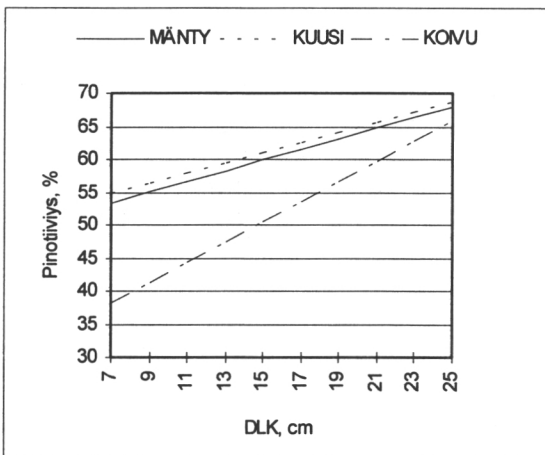
Puulaji	r	p
Mänty	-0,548	0,000
Kuusi	-0,082	0,420
Koivu	-0,695	0,000

Läpimitan kasvaessa tyvipölkkyjen osuus vähenee, mikä on ymmärrettävää, koska järeämpää kuitupuuta sisältävät pinot tulevat päätehakuista, joissa latvuspinotavara on vallitsevana. Ensiharvennusleimikoista saatava kuitupuu on puolestaan pieniläpimittaista runkopinotavaraa.

Läpimitan pinotiiviyttä kohottava vaikutus oli männyllä ja koivulla selvä. Kuusella tällainen vaikutus oli heikko (kuva 5, s. 35; taulukko 9, s. 36).



Kuva 4. Mitatun läpimitan ja arvioidun läpimittaluokan vastaavuudet puulajeittain.



Kuva 5. Keskiläpimittaluokan (DLK) vaikutus pinotiiviyteen.

4.3.1.2 Läpimitan hajonta

Läpimitan hajonnalla voitiin selittää pinon tiiviyttä ainoastaan koivulla, jolla riippuvuus oli hyvin selvä ja erittäin merkitsevä (taulukko 9, s. 36). Männyllä ja kuusella riippuvuutta ei juuri ollut. Toisaalta läpimitan hajonta korreloi voimakkaasti mitatun läpimittaluokan kanssa:

Puulaji	r	p
Mänty	0,798	0,000
Kuusi	0,692	0,000
Koivu	0,849	0,000

Taulukko 9. Pinotiiviuden ja pinotiivystekijöiden väliset korrelaatiokertoimet (r) sekä niiden riskitasot (p).

Tekijä	Mänty		Kuusi		Koivu	
	r	p	r	p	r	p
<u>Pölkkytekijät</u>						
Arvioitu läpimittaluokka, cm	0,381	0,002	0,036	0,757	0,535	0,001
Mitattu keskusläpimitta, cm	0,390	0,001	0,175	0,129	0,533	0,001
Keskusläpimitan hajonta, cm	0,150	0,236	-0,061	0,596	0,573	0,001
Karsinta- ja oksaisuusluokka	0,198	0,118	-0,122	0,290	0,118	0,491
Mutkaisuusluokka	-0,221	0,079	-0,184	0,104	-0,092	0,593
Arvioitu pinon leveys, m	0,216	0,087	-0,185	0,108	0,018	0,918
Mitattu pölkyn pituus, m	0,216	0,087	-0,185	0,108	0,018	0,918
Pituuden hajonta, %	-0,096	0,451	-0,338	0,003	-0,197	0,251
Tyvipölkkyjen osuus, %	-0,311	0,012	-0,138	0,232	-0,433	0,008
Alipituisten pölkkyjen osuus, %	-0,347	0,005	-0,069	0,550	-0,201	0,240
<u>Pinotekijät</u>						
Alustaluokka	0,065	0,608	0,282	0,013	0,257	0,130
Ladontaluokka	-0,320	0,010	-0,383	0,001	-0,544	0,001
Korkeus, m	-0,090	0,482	0,385	0,001	0,289	0,087
Kehystilavuus, m ³	0,113	0,374	0,159	0,168	0,146	0,394
Kiintotilavuus, m ³	0,271	0,030	0,284	0,012	0,395	0,017

Mikäli läpimittaa käytetään pinotiiviuden selittäjänä, sen hajontaa ei voida käyttää, koska läpimitta kuluttaa huomattavan osan läpimitan hajonnan selitysvuimasta.

4.3.1.3 Karsinta ja oksaisuus

Pinon pölkkyjen keskimääräinen karsinta ja oksaisuus arvioitiin kuitupuun pinomittausohjeen mukaisesti neljässä luokassa (Kuitupuun... 1981). Karsinta- ja oksaisuusluokan mediaani oli kaikilla puulajeilla 3 eli luokkaa huonompi kuin 3-metrisellä kuitupuulla. Pinnanmyötäisesti karsittua puuta vastaavaa luokkaa 1 ei aineistossa ollut lainkaan. Pinojen karsinta- ja oksaisuusluokkajakauma on esitetty taulukossa 10.

Karsinta- ja oksaisuusluokan avulla ei pinotiiviyttä voitu juurikaan selittää (taulukko 9). Oletusten vastaisesti karsintaluokan parantuessa pinotiiviyys pieneni (taulukko 11). Syynä näihin saattoi olla luokkien suhteellisen pienen hajonta. Esitutkimuksessa, jossa luokkien hajontaa pyrittiin laajentamaan simuloinnein, karsinnalla oli selvä vaikutus pinotiiviyteen (Sairanen 1987).

Taulukko 10. Pinojen jakauma puulajeittain ja karsinta- ja oksaisuusluokittain, kpl (%).

Puulaji	Karsinta- ja oksaisuusluokka				Yhteensä
	I	II	III	IV	
Mänty	-	45 (51,1)	35 (39,8)	8 (9,1)	88 (100)
Kuusi	-	48 (48,5)	41(41,4)	10 (10,1)	99 (100)
Koivu	-	19 (39,5)	20 (41,7)	9 (18,8)	48 (100)
Yhteensä	-	112 (47,7)	96 (40,9)	27 (11,5)	235 (100)

Taulukko 11. Keskimääräinen pinotiiviyys puulajeittain ja karsinta- ja oksaisuusluokittain.

Karsinta- ja oksaisuusluokka	Mänty		Kuusi		Koivu	
	Pinotiiviyys, %					
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
I	-	-	-	-	-	-
II	56,8	5,6	59,2	4,5	44,8	5,3
III	58,3	4,7	58,4	4,5	46,8	6,9
IV	58,0	5,3	56,1	3,0	46,0	4,8

Taulukko 12. Keskimääräinen pinotiiviyys puulajeittain ja karsintatavoittain sekä karsinta- ja oksaisuusluokan mediaani.

Puulaji	Karsinta-tapa	Pinotiiviyys, %			Karsinta- ja oksaisuusluokka Mediaani
		n	\bar{x}	s	
Mänty	Hakkuukone	27	59,6	4,3	3
	Metsuri	60	57,5	5,2	2
Kuusi	Hakkuukone	63	60,2	4,1	3
	Metsuri	35	57,2	4,3	2
Koivu	Hakkuukone	25	47,0	6,5	3
	Metsuri	22	46,4	4,3	2

4.3.1.4 Karsintatapa

Hakkuukoneella karsittua kuitupuuta sisältävät pinot olivat kaikilla puulajeilla metsurin karsimia tiiviimpiä (taulukko 12). Ristiriitaista oli kuitenkin se, että karsinta oli hakkuukoneella hieman metsurin tekemää huonompaa. Tämä viittaisi siihen, että hakkuukonetyömailla pinot olivat pääasiassa latvuspinotavaraa (vrt. luku 4.3.1.7), eikä karsintatavalla sinänsä olisi merkittävää vaikutusta pinotiiviyteen. Näin ollen muiden tekijöiden vaikutus peitti karsintatavan vaikutuksen.

Taulukko 13. Pinojen jakauma puulajeittain ja mutkaisuusluokittain, kpl (%).

Puulaji	Mutkaisuusluokka				Yhteensä
	I	II	III	IV	
Mänty	-	78 (88,6)	10 (11,4)	-	88 (100)
Kuusi	4 (4,0)	91 (92,0)	4 (4,0)	-	99 (100)
Koivu	-	23 (47,9)	21 (43,8)	4 (8,3)	48 (100)
Yhteensä	4 (1,7)	192 (81,7)	35 (14,9)	4 (1,7)	235 (100)

Taulukko 14. Keskimääräinen pinotiiviys puulajeittain ja mutkaisuusluokittain.

Mutkaisuusluokka	Mänty		Kuusi		Koivu	
	Pinotiiviys, %					
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
I	-	-	60,6	2,5	-	-
II	57,8	5,3	58,5	4,5	47,2	7,1
III	55,8	4,7	58,0	4,3	44,9	4,3
IV	-	-	-	-	42,8	4,5

Hakkuukoneleimikoissa pinojen suurempi tiiviys johtui metsurin tekemiä leimikkoja suuremmasta kuitupuun järeydestä ja lievemmästä mutkaisuudesta, mikä on ominaista latvuspinojen tavaralle. Lisäksi havupuulla tyvipölkkyjen osuus oli pienempi, ladonta parempi ja läpimitan hajonta suurempi hakkuukoneella karsittua kuitupuuta sisältävissä pinoissa. Männyllä ja koivulla näissä oli myös alipituisia pölkkyjä vähemmän.

4.3.1.5 Mutkaisuus

Pinon pölkkyjen keskimääräinen mutkaisuus arvioitiin kuitupuun pinomittausohjeen mukaisesti viidessä luokassa (Kuitupuun... 1981). Mutkaisuusluokan mediaani oli kaikilla puulajeilla 2 vastaten täten 3-metrisen kuitupuun keskimääräistä mutkaisuusluokkaa. Erittäin mutkaista, V-luokan Pohjois-Suomen koivua ei aineistossa ollut lainkaan. Pinojen mutkaisuusluokkajakauma on esitetty taulukossa 13. Mutkaisuus ei selittänyt millään puulajilla pinotiiviyttä merkitsevästi (taulukko 9, s. 36), vaikka keskimääräinen pinotiiviys aleneekin loogisesti mutkaisuuden kasvaessa (taulukko 14). Tämä saattoi johtua äärimmäisten mutkaisuusluokkien vähäisyydestä aineistossa.

4.3.1.6 Tyvipölkkyjen osuus

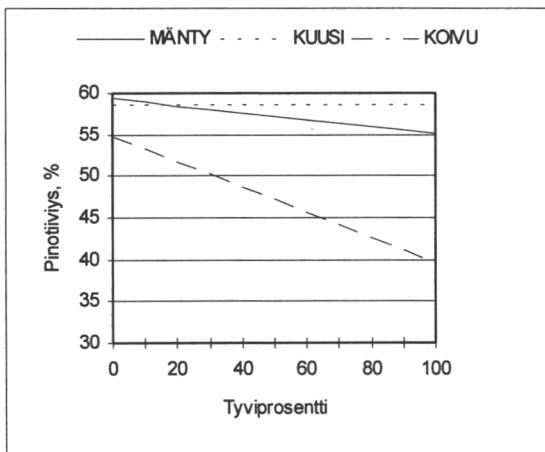
Tyvipölkkyjen osuutta ei aineiston keruuvaiheessa arvioitu, vaan se laskettiin pölkkytäisten mittausten pohjalta. Pinojen keskimääräiset puulajikohtaiset tyviprosentit on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Pinon keskimääräinen tyvipölkkyjen osuus kappalemäärästä ja tilavuudesta puulajeittain.

Puulaji	Tyvipölkkyjen osuus, %			
	Kappalemäärästä		Tilavuudesta	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Mänty	36,1	21,8	40,9	22,8
Kuusi	40,7	17,1	45,3	19,7
Koivu	49,9	18,1	57,6	18,5

Männyllä ja varsinkin koivulla tyviprosentti korreloi merkitsevästi ja negatiivisesti pinotiiviuden kanssa (taulukko 9, s. 36). Kuusella riippuvuussuhde ei ollut merkitsevä, joskin vaikutuksen suunta oli pinotiiviyttä lievästi pienentävä (kuva 6). Mikäli huomioon otetaan tyviprosentin ohella myös pölkkyjen keskiläpimitta, tyviprosentin selityskyky alenee näiden tekijöiden voimakkaan korrelaation vuoksi. Nuorissa harvennusleimikoissa pieniläpimittaisen runkokuutupuun ja täten myös tyvien osuus on suuri. Päätehakkuleimikoissa järeämmän latvuspinotavaran osuus on suurempi ja pinotiiviydet myös suurempia, kuin harvennuskohteissa. Tyviprosentin korrelaatiot mitatun läpimitan ja sen hajonnan kanssa olivat seuraavat:

Puulaji	Mitattu läpimitta		Läpimittojen hajonta	
	r	p	r	p
Mänty	-0,391	0,000	-0,568	0,000
Kuusi	-0,137	0,176	-0,285	0,012
Koivu	-0,722	0,000	-0,610	0,000



Kuva 6. Pinotiiviyden riippuvuus tyvipölkkyjen osuudesta.

Taulukko 16. Keskimääräinen pinotiiviyys puulajeittain ja pölkyn aseman mukaan.

Puutavara- laji	Mänty			Kuusi Pinotiiviyys, %			Koivu		
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
Runko- pinotavara	20	56,3	5,0	31	60,3	4,7	29	45,2	6,5
Latvus- pinotavara	11	59,0	5,3	2	59,4	5,1	2	46,3	0,1
Runko+ latvus- pinotavara	57	57,7	5,3	66	57,8	4,1	17	46,8	5,1

4.3.1.7 Pölkyn asema rungossa

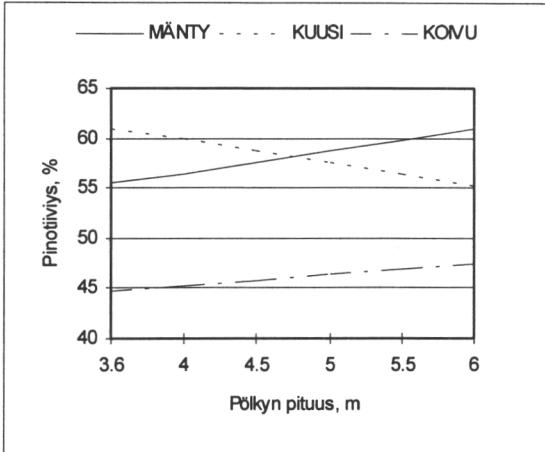
Pinot luokiteltiin kolmeen ryhmään sen mukaan koostuivatko ne runko-, latvus- vai runko- sekä latvuspinotavarasta. Latvustavarapinot olivat kaikilla puulajeilla keskimäärin runkotavarapinoja tiiviimpiä (taulukko 16). Kuusen ja koivun osalta päätelmät ovat epävarmoja, koska molemmilla puulajeilla latvustavarapinoja oli ainoastaan kaksi kappaletta. Valtaosa pinoista oli kaikilla puulajeilla sekapinoja.

Latvuspinotavara oli keskimäärin järeämpää kuin runkopinotavara ja läpimittojen hajonta oli sillä suurempi, joten latvuspinotavaran runkopinotavaraa suurempi pinotiiviyys oli odotettua. Myös pituuden hajonta ja tyviosuus olivat latvuspinotavaralla runkopinotavaraa pienempiä. Kuusella tämä yhteys ei ollut yhtä selvä kuin koivulla ja varsinkaan männyllä. Tämä saattoi johtua latvuspinotavaran pienestä osuudesta kuusiaineistossa.

4.3.1.8 Pölkyn pituus

Puutavaran järeydellä painotetulla, mitatulla pölkyn keskipituudella oli havupuulla heikko, ei merkittävä korrelaatio pinotiiviyden kanssa (taulukko 9, s. 36). Kuusella yhteys oli odotetusti negatiivinen mutta männyllä yllättävästi positiivinen (kuva 7). Koivulla pölkyn pituus ei selittänyt pinotiiviyttä.

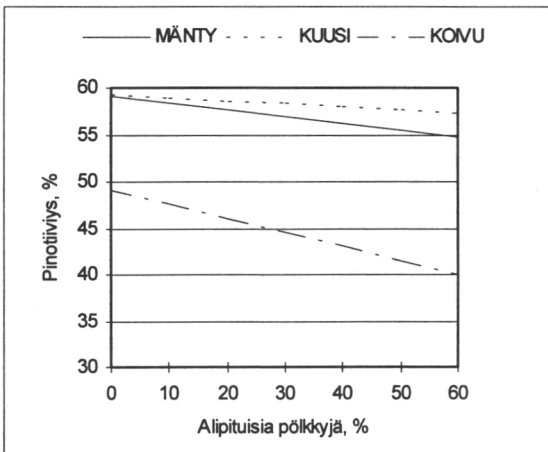
Pölkyn pituuden ei sinänsä ole todettu vaikuttavan pinotiiviyteen vaan pituuteen liittyvien muiden tekijöiden, varsinkin mutkaisuuden (Nikkilä ym. 1974). Voidaanhan olettaa mutkaisen puun "suoristuvan" sitä lyhennettäessä. Kun tässä tutkimuksessa mutkaisuuden vaikutusta ei sen vähäisen hajonnan vuoksi saatu esille, se ei myöskään heijastunut pituuteen.



Kuva 7. Pölkyn mitatun, tilavuudella painotetun pituuden vaikutus pinotiiviyteen.

Pituuden vähäistä vaikutusta pinotiiviyteen tässä tutkimuksessa selittivät ehkä järeyden, pituuden ja pinotiiviyden suhteet. Lämpimitan ja pituuden välinen korrelaatio oli kaikilla puulajeilla positiivinen, ts. pitkät pölkkyt olivat myös lyhyitä järeämpiä. Männyllä voisi täten ajatella, että koska sen läpimitalla oli selvä pinotiiviyttä kohottava vaikutus, pituuden vaikutus tiiviyteen oli sidoksissa nimenomaan järeyteen. Kuusella puolestaan järeyden ja pinotiiviyden yhteys oli heikko, joten pituus ei heijastanut sisältämäänsä läpimitan vaikutusta pinotiiviyteen. Pituuteen saattoi läpimitan lisäksi liittyä muita, järeyden vaikutuksen kumoavia tekijöitä.

Koska pituudella oli eri puulajeilla näinkin erilaiset vaikutukset pinotiiviyteen ja useat havupuupinot sisälsivät sekä mäntyä että kuusta, pituuden tiiviyttä selittävä vaikutus oli epäselvä. Tämä voitiin todeta myös mallien testauksen yhteydessä (vrt. luku 4.4.2).



Kuva 8. Alipituisien pölkkyjen osuuden vaikutus pinotiiviyteen.

4.3.1.9 Pölkyn pituuden hajonta

Pölkkyaineiston perusteella laskettu pituuden hajonta vaikutti ainoastaan kuusella pinotiiviyteen merkitsevästi (taulukko 9, s. 36). Vaikutus oli kaikilla puulajeilla negatiivinen. Kuusella keskiläpimitta näytti olevan voimakas ja erittäin merkitsevä pituuden hajonnan kautta pinotiiviyteen vaikuttava tekijä. Pituuden hajonnan ja keskiläpimitan korrelaatiokerroin oli sillä 0,602 ($p=0,000$).

4.3.1.10 Alipituisten pölkkyjen osuus

Keskimääräiset alipituisten pölkkyjen osuudet pinon tilavuudesta eri puulajeilla olivat seuraavat:

Puulaji	Alipituisia pölkkyjä, %	
	\bar{x}	s
Mänty	22,3	9,5
Kuusi	21,0	8,2
Koivu	21,2	10,8

Ainoastaan männyllä alipituiset pölkkyt vaikuttivat merkitsevästi pinotiiviyteen sitä alentaen (taulukko 9, s. 36; kuva 8, s. 41). Kuusella ja koivulla alipituisten pölkkyjen ja pinotiiviyden välinen riippuvuus ei ollut merkitsevä. Tämä oli varsinkin kuusen osalta hämmäntävää, koska alipituisten pölkkyjen osuus korreloi erittäin merkitsevästi pölkkyjen pituuden hajonnan kanssa ($r=0,658$, $p=0,000$).

Alipituisten pölkkyjen osuus vaikutti männyn pinotiiviyteen ladontaluokan sekä osaksi karsinta- ja oksaisuusluokan ja mutkaisuusluokan kautta. Alipituisten pölkkyjen yhteys huonontuvaan ladontaluokkaan oli männyllä koivusta ja kuusesta poiketen erittäin merkitsevä ($r=0,413$, $p=0,001$).

4.3.2 Pinon ominaisuudet

4.3.2.1 Alustaluokka

Pinot luokiteltiin alustan mukaan kahteen luokkaan: I = pinossa oli aluspuut tai alusta oli tasainen, II = alusta oli epätasainen. Pinojen lukumäärä puulajeittain ja alustaluokittain on esitetty taulukossa 17.

Ainoastaan kuusella alustaluokka vaikutti pinotiiviyteen merkitsevästi joskaan ei voimakkaasti ($r=0,282$, $p=0,013$). Oletusten vastaista oli, että pohjaltaan epätasaiset pinot olivat keskimäärin aluspuullisia ja tasapohjaisia pinoja tiiviimpiä. Havupuulla ero oli kuitenkin varsin pieni. Koska aluspuuta ei käytetty jos alusta oli tasainen, on ymmärrettävää, ettei eri alustaluokilla ollut mainittavaa vaikutusta pinotiiviyteen.

Taulukko 17. Pinotiiviys puulajeittain ja alustaluokittain.

Puulaji	Aluspuulliset			Aluspuuttomat		
	n	Pinotiiviys, %		n	Pinotiiviys, %	
		\bar{x}	s		\bar{x}	s
Mänty	76	57,6	5,3	12	57,3	4,8
Kuusi	78	58,3	4,6	21	59,8	3,6
Koivu	42	45,3	4,9	6	49,2	10,8

4.3.2.2 Ladonta

Pinot luokiteltiin kuitupuun pinomittausohjeen mukaisesti neljään ladontaluokkaan (Kuitupuun... 1981). Pinojen jakauma puulajeittain ja ladontaluokittain on esitetty taulukossa 18 (s. 44). Ladontaluokan mediaani oli männyllä ja kuusella 2 ja koivulla 3.

Huonon ladonnan pinotiivyyttä alentava vaikutus oli kaikilla puulajeilla selvä (taulukko 19, s. 44). Männyllä ladonnan ja pinotiivyyden korrelaatio oli merkitsevä, kuusella ja koivulla erittäin merkitsevä (taulukko 9, s. 36).

Männyllä pölkkyjen mutkaisuuden lisääntyminen ($r=0,295$, $p=0,018$) ja alipituisten pölkkyjen osuuden kasvaminen ($r=0,413$, $p=0,001$) huononsivat merkitsevästi ladontaa ja pinon korkeuden kasvaminen ($r=-0,377$, $p=0,021$) paransi ladontaa. Kuusella pölkkyjen karsinta- ja oksaisuusluokan huononeminen ($r=0,318$, $p=0,005$) ja tyvipölkkyjen osuuden kasvaminen ($r=0,187$, $p=0,104$) huononsivat ladontaa. Pinon korkeuden kasvaminen vaikutti kuusella ja koivulla samalla tavalla kuin männyllä ($r=0,453$ ja $0,282$, $p=0,000$ ja $0,096$).

4.3.2.3 Korkeus

Pinot olivat aineistossa keskimäärin matalia, mikä on otettava huomioon johtopäätöksiä tehtäessä:

Puulaji	Pinon korkeus, m	
	\bar{x}	s
Mänty	1,16	0,41
Kuusi	1,27	0,47
Koivu	1,17	0,30

Pääsääntöisesti pinon korkeuden kasvaessa myös pinotiiviys kasvaa. Ainoastaan männyllä korkeudeltaan yli kaksimetristen pinojen tiiviys laskee hieman, mikä saattaa johtua aineiston pienuudesta kyseisessä luokassa (taulukko 20, s. 44). Korkeita pinoja oli enimmäkseen hakkuukonetyömailla, jotka keskittyivät päätehakkuisiin. Näissä pinotavara oli myös keskimäärin hieman järeämpää kuin miestyönä tehdyissä harvennuskohteissa. Hakkuukoneleimikoissa

havukuitupuupinot olivat keskimäärin kaksi prosenttiyksikköä ja koivupinot yhden prosenttiyksikön miestyönä tehtyjen leimikkojen pinoja tiiviimpiä. Täten pinon korkeus oli sidoksissa leimikkotyyppeihin sekä korjuumenetelmään. Lisäksi pinon korkeus korreloi kaikilla puulajeilla ladonnan kanssa (luku 4.3.2.3). Näin ollen ladontaluokka pitää sisällään osan pinon korkeuden vaikutuksesta eikä ole mielekästä käyttää molempia tekijöitä pinotiiviuden hajonnan selittäjinä.

Lumi ja jää sekä muut vieraat aineet otettiin huomioon vähennyksinä pinon korkeuksia mitattaessa. Menetelmä on tuttu lyhyen kuitupuun mittauksesta, missä se on todettu käytännölliseksi tavaksi huomioida ko. tekijät (Kuitupuun...1981). Vähennysten johdosta näiden tekijöiden vaikutusta voidaan pitää eliminoituna. Vaikeasti todettavaa ohutta lumi- ja jääkerrosta pölkkyjen pinnalla, joka alentaa tiiviyyttä ei voitu ottaa huomioon. Osa pinotiiviuden selittämättömästä hajonnasta johtui oletettavasti kyseisestä tekijästä.

Taulukko 18. Pinojen jakauma puulajeittain ja ladontaluokittain, kpl (%).

Puulaji	Ladontaluokka				Yhteensä
	I	II	III	IV	
Mänty	3 (3,4)	68 (77,3)	17 (19,3)	-	88 (100)
Kuusi	16 (16,2)	69 (69,7)	14 (14,1)	-	99 (100)
Koivu	-	24 (50,0)	21 (43,8)	3 (6,2)	48 (100)
Yhteensä	19 (8,1)	161 (68,5)	52 (22,1)	3 (1,3)	235 (100)

Taulukko 19. Keskimääräinen pinotiiviyys puulajeittain ja ladontaluokittain.

Ladonta- luokka	Mänty		Kuusi Pinotiiviyys, %		Koivu	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
	I	63,3	-	60,2	5,5	-
II	58,2	4,7	59,0	4,1	47,9	6,2
III	53,9	5,7	54,8	2,9	44,9	4,1
IV	-	-	-	-	36,2	-

Taulukko 20. Keskimääräinen pinotiiviyys puulajeittain ja pinon korkeusluokittain.

Pinon korkeus- luokka, m	Mänty			Kuusi Pinotiiviyys, %			Koivu		
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
	- 1	27	55,8	4,8	21	56,8	4,2	15	45,4
1-2	59	58,4	5,2	70	58,7	4,5	33	46,0	6,2
2 -	2	57,4	-	8	62,3	2,2	-	-	-

4.4 Pinotiivyyden vaihtelua selittävät mallit

4.4.1 Mallien rakentaminen

Pitkän kuitupuun pinotiivyyden vaihtelu oli kaikilla puulajeilla varsin suurta (taulukko 7, s. 33). Täten pinokohtainen kiintotilavuusprosentti on korjattava pinotiiviystekijöiden vaikutuksilla lyhyen kuitupuun tapaan kiintotilavuutta määritettäessä.

Pinotiivyyden vaihteluun vaikuttavia tekijöitä tutkittiin kaksisuuntaisella askeltavalla regressioanalyysillä. Selittävinä tekijöinä käytettiin seuraavia tekijöitä: alustaluokka, karsintatapa, pölkyn asema rungossa, puulaji, todellinen läpimittaluokka, läpimitan hajonta, karsinta- ja oksaisuusluokka, mutkaisuusluokka, ladontaluokka, pölkyn tilavuudella painotettu keskimääräinen pituus, pituuden hajonta, alipituisten pölkkyjen osuus, tyvipölkkyjen osuus, pinon korkeus (etusivu) ja tarkalla pinon leveydellä korjattu kehystilavuus. Karsintatapa, alustaluokka, pölkyn asema rungossa ja puutavaralaji olivat mukana valemuuttujina.

Taulukossa 21 on lueteltu puulajeittain pinotiivyyttä selittävät tekijät selitysasteen mukaisessa paremmuusjärjestyksessä sekä tekijöiden yhteisvaikutus. Pinotiiviystekijöiden selitysasteet vaihtelivat huomattavasti puulajeittain. Männylle ja kuuselle ei juuri löytynyt yhteisiä merkitseviä pinotiivyyden selittäjiä. Tämä hankaloitti yhteisen havupuumallin muodostamista, mitä kuitenkin pidettiin tarpeellisena käytäntöä silmällä pitäen.

Taulukko 21. Keskeisten pinotiiviystekijöiden * selitysasteet ($R^2 \times 100$) puulajeittain.

Selitys- järjestys	Mänty		Kuusi		Koivu	
	Selittäjä	$R^2 \times 100$	Selittäjä	$R^2 \times 100$	Selittäjä	$R^2 \times 100$
1	LALK	14,8	ETUKORK	12,6	DHAJ	26,4
2	KESKD	9,3	PITHAJ	11,4	KESKD	24,4
3	TYVI%	3,7	LALK	10,6	TYVI%	22,5
4	DHAJ	2,3	KESKD	10,5	LALK	20,5
5	ALAM%	2,3	KORKEH	4,1	ALAM%	8,3
6	PAINPIT	2,1	KOLK	3,5	MULK	5,8
7	ETUKORK	1,8	PAINPIT	2,9	ALUSTA	4,9
8	MULK	1,5	ALUSTA	2,0	PITHAJ	3,9
9	KOLK	1,4	MULK	0,7	ETUKORK	3,9
10	PITHAJ	0,9	DHAJ	0,4	KOLK	1,1
11	KORKEH	0,6	ALAM%	0,4	KORKEH	0,7
12	ALUSTA	0,0	TYVI%	0,0	PAINPIT	0,5
Yhteisvaikutus		25,8			33,5	57,3

*Lyhenteet on selitetty muuttujaluettelossa (liite 1)

Kaikille puulajeille kohtalaisen hyviä yhteisiä selittäjiä olivat ainoastaan läpimittaluokka ja ladontaluokka. Näiden lisäksi kuusella ja koivulla oli muitakin hyviä pinotiiviyden selittäjiä, mutta ne eivät olleet yhteisiä eri puulajeille. Täten tekijärakenteeltaan yhtenäisen mallin muodostaminen ei ollut mahdollista niiden pohjalta. Lisäksi nämä tekijät korreloivat joko järeyden tai ladonnan kanssa ja niiden vaikutus pinotiiviyteen oli merkitsevyydestään huolimatta vähäinen tekijöiden koko vaihteluvälillä.

Yllämainituista käytännön syistä tarkastelussa keskityttiin erillisiin puulajikohtaisiin malleihin. Männyllä selitysasteeltaan merkitseviä pinotiiviyttä selittäviä tekijöitä olivat ainoastaan ladontaluokka 14,8 % ($p=0,000$) ja todellinen keskusläpimittaluokka 9,3 % ($p=0,004$). Kuusella vastaavasti: pinon korkeus 14,8 % ($p=0,000$), pituuden hajonta 11,4 % ($p=0,000$), ladontaluokka 10,6 % ($p=0,001$), todellinen keskusläpimittaluokka 10,5 % ($p=0,001$) ja pölkyn todellisella pituudella korjattu kehystilavuus 4,1 % ($p=0,044$). Koivulla selitysasteeltaan parhaimpia yksittäisiä selittäjiä olivat: läpimitan hajonta 26,4 % ($p=0,000$), todellinen keskusläpimittaluokka 24,4 % ($p=0,000$), tyvipölkkyjen osuus 22,5 % ($p=0,001$), ladontaluokka 20,5 % ($p=0,001$) ja alipituisten pölkkyjen osuus 8,3 % ($p=0,047$).

Askeltavan kaksisuuntaisen regressioanalyysin avulla saadut parhaat pinotiiviyttä selittävät mallit puulajeittain on esitetty taulukossa 22 ja pelkästään läpimitta- ja ladontaluokkaan perustuvat mallit taulukossa 23.

Taulukko 22. Pinotiiviyttä selittävät puulajikohtaiset regressiomallit.

Selittäjät	Regressio-kerroin	Selitysaste, %	Estimaatin keskivirhe
MÄNTY		21,2	4,684
Vakio	57,945		
Ladontaluokka	-4,074		
Läpimittaluokka	0,696		
KUUSI		26,2	3,896
Vakio	56,453		
Ladontaluokka	-1,598		
Etukorkeus	2,809		
Pölkyn pituus	-2,123		
Läpimittaluokka	0,963		
HAVUPUU		22,3	4,298
Vakio	50,429		
Ladontaluokka	-2,525		
Etukorkeus	2,365		
Läpimittaluokka	0,831		
KOIVU		43,8	4,571
Vakio	45,163		
Ladontaluokka	-3,667		
Läpimittaluokka	1,282		
Mutkaisuusluokka	-2,020		

Taulukko 23. Pinotiivyyttä selittävät keskiläpimitaan ja ladontaluokkaan perustuvat puulajeittaiset regressiomallit.

Selittäjät	Regressio- kerroin	Selitys- aste, %	Estimaatin keskivirhe
MÄNTY		21,2	4,684
Vakio	57,945		
Ladontaluokka	-4,074		
Läpimittaluokka	0,696		
KUUSI		17,0	4,090
Vakio	54,522		
Ladontaluokka	-2,656		
Läpimittaluokka	0,787		
HAVUPUU		19,2	4,369
Vakio	56,119		
Ladontaluokka	-3,283		
Läpimittaluokka	0,733		
KOIVU		38,9	4,711
Vakio	39,184		
Ladontaluokka	-3,606		
Läpimittaluokka	1,328		

Mallien selitysasteet jäivät havupuulla verraten pieniksi, mutta koivulla ne olivat kohtalaisia. Havupuumalli, jossa selittäjinä olivat läpimita- ja ladontaluokka, selitti 19,2 % pinotiivyyden hajonnasta. Lisättäessä malliin askeltavan regressioanalyysin mukaan kolmas merkitsevä tekijä, pinon korkeus, nousi selitysaste 22,3 prosenttiin. Männyllä ainoat merkitsevät selittäjät olivat läpimita- ja ladontaluokat, joiden yhteinen selitysaste oli 21,2 %. Kuusella läpimita- ja ladontaluokka selitti 17,0 % pinotiivyyden hajonnasta. Lisättäessä malliin askeltavan regressioanalyysin mukaiset muut merkitsevät tekijät, pinon korkeus ja tilavuudella painotettu pölkyn pituus, nousi selitysaste 26,2 prosenttiin. Koivulla yksittäisetkin tekijät selittivät pinotiivyyden vaihtelua miltei yhtä hyvin kuin kaikki selittäjät havupuulla. Merkitseviä selittäjiä olivat regressioanalyysin mukaan läpimitan hajonta sekä ladonta- ja mutkaisuusluokat, joiden yhteinen selitysaste oli 44 %.

Se, ettei malleihin sisällytetty muita yksittäisinä selittäjinä hyviä tekijöitä johtui siitä, että ne korreloivat malleihin valikoituneiden tekijöiden kanssa voimakkaasti. On mielekästä korvata selitysasteeltaan hyvä tekijä hieman huonommalla, mikäli tekijät korreloivat keskenään ja jälkimmäisen vaikutus selitettävään tekijään on edellistä tekijää selvempi. Merkitseviä mallien selittäjiä olivat myös pinon korkeus ja pölkyn pituuden hajonta kuusella ja havupuulla ja läpimittojen hajonta koivulla. Pinon korkeus korreloi kuitenkin ladonnan kanssa ja läpimitan sekä pituuden hajonnat korreloivat järeyden kanssa. Ladonnalla ja järeydellä oli muita em. tekijöitä selvempi vaikutus pinon tiivyyteen, minkä vuoksi ne olivat käyttökelpoisimpia mallin selittäjinä.

Yllämainittuun viitaten koivun mallissa läpimitan hajonta oli mielekästä korvata läpimittaluokalla. Tästä huolimatta selitysaste pysyi 43,8 prosentissa. Todelliseen keskusläpimittaluokkaan ja ladontaluokkaan perustuva koivumalli selitti 38,9 % pinotiiviyden hajonnasta. Jos kaikki tekijät olisi huomioitu, selitysaste olisi ollut männyllä 25,8 %, kuusella 33,5 % ja koivulla 57,3 % (taulukko 21, s. 45).

4.4.2 Mallien testaus

4.4.2.1 Mittausneuvoston ohje

Ennen tätä tutkimusta sovellettu pitkän kuitupuun pinomittausmenetelmä perustui Mittausneuvoston suosittelemiin pölkyn nimellispituuden mukaisiin, määrämittaisen kuitupuun keskimääräisiin pinotiiviyksiin (Eripituisten...1973):

Pölkyn pituus, m	Pinotiiviyys, %	
	Havupuu	Lehtipuu
4	61	52
5	60	50
6	59	49

Näitä korjattiin nykyisen kuitupuun mittausohjeen (Pinomittausohje 1991) mukaisilla pinotiiviystekijöillä. Kun tämän tutkimuksen aineistoon sovellettiin kyseistä menetelmää, sekä koko aineiston että yksittäisten pinojen kiintotilavuutta yliarvioitiin selvästi puulajista riippumatta (taulukko 24 ja kuva 9, s. 50). Yliarvio oli selvästi suurin koivulla, ja männyllä suurempi kuin kuusella. Pinokohtaisen virheen hajonta oli myös huomattavan suuri, mikä merkitsi huonoa yksittäisen pinon mittaustarkkuutta. Tilavuus voitiin määrittää pinomittausohjeen edellyttämän ± 4 prosentin tarkkuudella vain 40 prosentista mäntypinoja, 57 prosentista kuusipinoja ja 23 prosentista koivupinoja (kuva 9, s. 50).

Tulosten perusteella on selvää, että tätä mallia ei ole syytä soveltaa pitkän kuitupuun pinomittaukseen käytännössä.

Taulukko 24. Kokonaistilavuusvirhe,% (A) sekä pinokohtainen tilavuusvirhe ja sen keskihajonta,% (B) puulajeittain eri malleilla.

Puulaji	Mittausneuvoston ohje		Puulajikohtaiset mallit		Kahden tekijän malli	
	A	B	A	B	A	B
Mänty	+5,6	6,3 (9,9)	-0,4	-0,2 (8,2)	+0,7	1,1 (8,3)
Kuusi	+2,7	3,3 (8,2)	-1,6	-1,3 (6,4)	-0,9	-0,3 (6,8)
Havupuu	+3,9	4,7 (9,1)	-1,1	-0,6 (7,4)	-0,2	0,4 (7,6)
Koivu	+11,0	12,5 (12,9)	-1,8	-1,1 (9,6)	+2,0	2,6 (10,4)

4.4.2.2 Puulajikohtaiset parhaiden tekijöiden mallit

Puulajikohtaiset mallit muodostettiin taulukon 21 (s. 45) mukaisella regressioyhtälöllä. Testauksissa käytettiin silmävaraisesti arvioituja ladonta-, mutkaisuus- ja läpimittaluokkia, mitattua keskimääräistä pinon etukorkeutta ja silmävaraisesti tasoitettua pinon keskimääräistä leveyttä. Muuntolukuina käytettiin tämän tutkimuksen mukaisia keskimääräisiä, pinon tilavuudella painotettuja pinotiivyyksiä, jotka pölkyn pituudesta riippumatta olivat seuraavat:

Keskimääräinen pinotiivys, %	
Mänty	58
Kuusi	59
Havupuu	59
Koivu	47

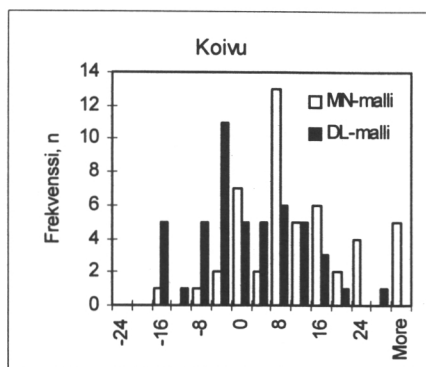
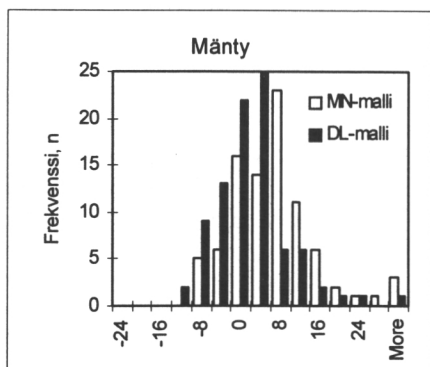
Näitä lukuja korjattiin askeltavalla regressioanalyysillä saatujen tekijöiden vaikutuksin. Näin saatujen pinotiivyyksien perusteella sekä aineiston kokonaistilavuutta että yksittäisten pinojen kiintotilavuutta aliarvioitiin lievästi (taulukko 24). Puulajien erot olivat tässä suhteessa pienet. Aliarvio oli koivulla ja kuusella kuitenkin hieman suurempi kuin männyllä. Pinokohtaisen virheen hajonta oli jonkin verran pienempi kuin Mittausneuvoston ohjeen mukaisessa mallissa. Täten pinokohtainen mittaustarkkuus oli viimeksimainittua mallia parempi mutta ei silti hyvä.

4.4.2.3 Puulajikohtaiset kahden tekijän mallit

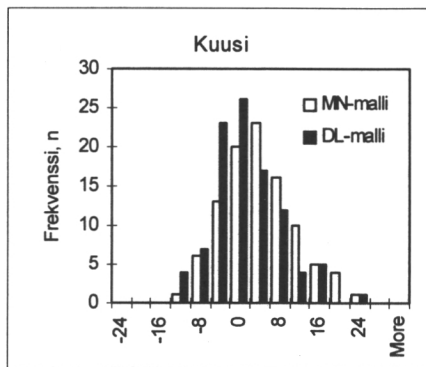
Kahden tekijän mallissa selittäjinä olivat läpimittaluokka ja ladontaluokka. Testauksissa käytettiin arvioituja läpimitta- ja ladontaluokkia sekä samoja keskimääräisiä pinotiivyyksiä kuin parhaat tekijät sisältäneissä malleissa.

Aineiston kokonaistilavuutta ja yksittäisten pinojen kiintotilavuutta voitiin näin arvioida suunnilleen samalla tarkkuudella, mutta tulokset olivat puulajista riippuen 1-4 % korkeampia kuin parhaat tekijät sisältävällä mallilla (taulukko 24). Tilavuutta yliarvioitiin männyllä ja koivulla, mutta aliarvioitiin kuusella. Pinokohtainen mittaustarkkuus oli samalla tasolla kuin parhaat tekijät sisältävällä mallilla mutta ei silti hyvä. Tilavuus voitiin määrittää pinomittausohjeen (1991) edellyttämällä ± 4 prosentin tarkkuudella edelleenkin vain 68 prosentista mäntypinoja, 66 prosentista kuusipinoja ja 44 prosentista koivupinoja (kuva 9, s. 50).

T-testi osoitti, että havupuumallin ja männyn ja kuusen erillismallien antamat tilavuudet poikkesivat toisistaan merkitsevästi, mikä ei puoltanut yhtenäisen havupuumallin soveltamista.



Kuva 9. Erän tilavuusvirheen frekvenssijakaumat puulajeittain Mittausneuvoston suositusten mukaisilla (MN-malli) ja kahden tekijän malleilla (DL-malli)



5 Suositukset

Vertailtaessa eri pinotiiviysmalleja (taulukko 24, s. 48) voidaan todeta, että käytettäessä kyseiselle aineistolle Mittausneuvoston antamia ohjeellisia pitkän kuitupuun muuntolukuja virheet olivat huomattavasti suurempia kuin tässä esitettyjen mallien virheet. Puulajikohtaisten parhaiden tekijöiden ja kahden tekijän mallien välillä ei ollut merkitsevää eroa tuloksen tarkkuudessa huolimatta ensimmäisten paremmista selitysasteista (taulukot 22, s. 46 ja 23, s. 47). Käytännön kannalta on täten yksinkertaisinta soveltaa kahden tekijän mallia sen yhtenäisen ja yksinkertaisen rakenteen vuoksi. On kuitenkin huomattava, että pitkän kuitupuun pinomittaukseen sisältyy kaikkia malleja sovellettaessa huomattava virheriski yksittäisen pinon tilavuuden määrittämisessä (kuva 9).

Kuitupuun pinomittausmenetelmää sovellettaessa on huomioitava, että pinon korkeutta rajoittavat käytännössä työturvallisuuslain 9a§ ja 28§. Laki ei suoranaisesti määrittele sallittuja korkeusrajoja, mutta se määrää työnantajan järjestämään työolot siten, että tehtävät voidaan suorittaa turvallisesti (Metsä- ja uittoalaa...1989).

Liitteessä 2 esitetään kahden tekijän malliin perustuva kiintotilavuuden määrittämissuositus.

Kirjallisuus

- Ahonen, O.-P. & Marjomaa, J. 1994. Hakkuukonemittauksen tarkkuus. Metsätehon katsaus 10. 9 s.
- Eripituisten kuitupuutavaroiden mittaaminen pinomenetelmällä. Mittausneuvoston pöytäkirja 1973-01-15, 3 §. 2 s.
- Kuitupuun kiintomittaus. 1981. Mittausneuvoston hyväksymä ohje. 13 s.
- Kärkkäinen, M. 1978. Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi. Folia Forestalia 336. 17 s.
- Leinonen, E. 1972. Puutavaran mittaaminen kuorma- ja otantamenetelmällä. Folia Forestalia 144. 38 s.
- Mikkonen, K. 1993. Tehdasmittaus. Esitelmä Puutavaran mittaus-seminaarissa. Kullaa 20.-21.4.1993. 5 s.
- Metsä- ja uittoalaa koskevat työsuojelun erityismääräykset ja -ohjeet. 1989 Metsäalan turvallisuustyön työalatoimikunta. Työturvallisuuskeskus. Helsinki. 199 s.
- Nevalainen, M. 1994. 3,6-metrinen ja sitä pidemmän puutavaran pinomittaus ajoneuvokuormissa. Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto. Moniste 30.9.94. 36 s.+liitt.
- Nikkilä, H., Rikkinen, P. & Heiskanen, V. 1974. Suomalaisen kuitupuun pinotiheys ja siihen vaikuttavat tekijät. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 82.1. 96 s.
- Pennanen, O. 1985. Puutavaran pituus autokuljetuksen kannalta. Metsätehon katsaus 13:1-2.
- Pinomittausohje. 1991. Maa- ja metsätalousministeriö. 7 s.
- Repo, S. 1986. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984 - 1986. Folia Forestalia 675. 48 s.
- Sairanen, P. 1987. Pitkän kuitupuun pinomittaus tutkimus. Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.2.1987. Metsäteknologian teemapäivä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 250: 86-113.
- 1989a. Pitkän kuitupuun pinomittaus tutkimus. Etelä-Suomen aineisto. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 5 s.
 - 1989b. Lyhyt yhteenvedo pitkän kuitupuun pinomittaus tutkimuksesta. Koko maan aineisto. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 5 s.
 - 1989c. Pitkän kuitupuun pinomittausohjeluonnoksen kokeilu. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 4 s.
 - 1990. Pitkän kuitupuun pinomittausmenetelmän tarkkuus. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 12 s.
- Sikanen, L. & Marjomaa, J. 1992. Metsätraktorin kuormainvään käyttöön perustuva puutavaran tilavuuden mittaaminen. Metsätehon katsaus 14. 9 s.

Suullisia tiedonantoja

- Airavaara, H. (Tehdaspuu Oy), Korteniemi, S. (Veitsiluoto Oy), Lipponen, P. (Enso-Gutzeit Oy), Mikkonen, K. (Osuskunta Metsäliitto), Paananen, S. (Yhtyneet Paperitehtaat) ja Sunabacka, S. (Pohjanmaan Puu Oy). 1995.

Liite 1. Muuttujaluettelo.

ALAM%	Alipituisten pölkkyjen osuus, %
ALUSTA	Alustaluokka
DHAJ	Läpimittojen hajonta, mm
ETUKORK	Pinon etusivun korkeus, m
KESKD	Mitattu pölkyn läpimitta, mm
KOLK	Karsinta- ja oksaisuusluokka
KORKEH	Pölkyn tilavuudella painotetulla keskipituudella korjattu kehystilavuus
LALK	Ladontaluokka
MULK	Mutkaisuusluokka
PAINPIT	Pölkyn tilavuudella painotettu keskipituus, m
PITHAJ	Pinon pölkkyjen pituuksien hajonta, m
TYVI%	Tyvipölkkyjen osuus, %

Liite 2. Kahden tekijän malli.

Pitkän kuitupuun läpimittaluokkaan ja ladontaluokkaan perustuva kiintotilavuuden määrittäminen.

Keskimääräiset kiintotilavuusprosentit puulajeittain, pitkän kuitupuun pituudesta riippumatta:

Mänty	58
Kuusi	59
Havupuu	59
Koivu	47

Kiintotilavuusprosentin määrittäminen:

PINOTIIVIYSTEKIJÄ	VAIKUTUS KIINTOTILAVUUSPROSENTTIIN			
	MÄNTY	KUUSI	HAVUPUU	KOIVU
LÄPIMITTALUOKKA, CM				
<7	-4	-4	-5	-7
9	-3	-3	-3	-5
11	-1	-1	-2	-2
13	0	0	0	0
15	2	2	1	+3
17	3	4	3	+6
19	4	5	4	+8
21	6	7	6	+11
23	7	8	7	+13
>25	9	10	9	+16
LADONTALUOKKA				
I	4	2	3	4
II	0	0	0	0
III	-4	-3	-4	-3
IV	-8	-6	-7	-6
(V)				-10

MITTA- JA LAATUVAATIMUSTEN MUUTOSTEN VAIKUTUS ETELÄ-SUOMEN MÄNTYTUKKIEN MITTAUKSEEN

Erkki Verkasalo

1 Taustaa

Käytössä olevat havutukkien jälkimittauksen tilavuusluvut on laadittu vuosina 1983-84 kerättyjen aineistojen perusteella (Rikkonen 1987). Sitten tukinostajat kiristivät erityisesti mäntytukkien mitta- ja laatuvaatimuksia, eniten kesällä ja syksyllä 1991. Muutokset tapahtuivat sekä nimellisinä että vaatimusten tulkinnan kautta. Markkinatilanteen parantuessa useimmat ostajat lievensivät taas vaatimuksia syksyllä 1993.

Mitta- ja laatuvaatimusten muutokset ovat olleet yhtiökohtaisia, joten yleisistä tukkien laatuvaatimuksista ei enää voida puhua. Laatuvaatimusten kiristäminen kohdistui erityisesti kuiviin ja lahoihin oksiin sekä mutkiin. Lisäksi useimmat ostajat nostivat tukin vähimmäispituusvaatimusta, minkä vuoksi mahdollisuudet välttää tukin lenkous ja mutkaisuus lyhyitä tukkeja katkomalla vähentyivät. Koska tukkien keskimääräinen muoto (kapeneminen, tyvekkyyys) ja pituus täten saattoivat muuttua, oli mahdollista, että Rikkosen (1987) tilavuuslukujen ja keskipituuskorjauskertoimien käyttö johti systemaattisiin virheisiin tukkien tilavuuden määrittämisessä.

Tehdaspuu Oy:n (Pitkälähti 1991) ja Metsätehon (Marjomaa 1991) syksyllä 1991 tekemissä selvityksissä havaittiin virheitä tukkien tilavuuden määrittämisessä. Metsätehon selvityksessä Rikkosen (1987) tilavuusluvut johtivat kiristyneiden laatuvaatimusten mukaan tehtyjä mäntytukkeja mitattaessa Etelä-Suomessa keskimäärin 1,8 prosentin ja Pohjois-Suomessa 0,7 prosentin yliarvioon tukkierän tilavuudessa. Tukkerittäin virhe vaihteli Etelä-Suomessa välillä -6,0 - +10,5 % ja Pohjois-Suomessa välillä -6,4 - +7,9 %.

Kokonaisuutena virheen arvioitiin olevan merkittävä lähinnä Saimaan alueen keskimääräistä solakammiksi tiedettyjen mäntytukkien mittauksessa. Täällä tosin tukkien tilavuuden yliarviointia on tiedetty tapahtuvan Rikkosen (1987) tilavuuslukuja käytettäessä jo ennen laatuvaatimusten kiristymistä. Nimittäin Mittausneuvoston päättäessä nykyisten tilavuuslukujen käytöstä v. 1984 Etelä-Suomi jaettiin kahteen havutukkien mittauksen osa-alueeseen, joilla oli omat tilavuuslukunsa. Aluejaon jälkeenkin ilmeni metsälautakuntien välisiä eroja tukkien mittauksen tarkkuudessa, vaikka keskimääräinen tarkkuus oli osa-alueiden sisällä hyvä. Suurimmat tilavuuden yliarvot tapahtuivat juuri Saimaan alueeseen luettavissa Itä- ja Etelä-Savon metsälautakunnissa, 1,2 ja 0,9 %. Systemaattista yliarviota esiintyi lisäksi Etelä-Pohjanmaan, Satakunnan ja Etelä-Karjalan metsälautakunnissa. Suurimmat tilavuuden aliarviot olivat puolestaan Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsälautakunnissa, 2,2 ja 1,0 %.

Metsikköominaisuudet sivuuttavia keskimääräisiä tilavuuslukuja käytettäessä ei ole mahdollista kokonaan välttyä eräkohtaisilta virheiltä. Vanhojen Järvi-Suomen laatuvaatimustenkin mukaan tukkien tilavuuden realistinen mittaustarkkuus oli eräkohtaisesti vain $\pm 8-9\%$ (Rikkonen 1987). Suuressa aineistossa kokonaisvirheen tulisi kuitenkin olla suunnilleen ± 0 .

2 Tavoitteet ja organisointi

Metsäntutkimuslaitos ryhtyi Puutavaran mittauksen neuvottelukunnan esityksestä tutkimaan mäntytukkien mittauksessa Etelä-Suomessa epäiltyä ongelmatilannetta keväällä 1992. Tavoitteena oli mittauksen keskimääräisen tarkkuuden saattaminen oikealle tasolle. Tämän vuoksi oli varauduttava uusien tilavuuslukujen laadintaan ja aluejaon tarkistamiseen. Koska tukin metsikkökohtaisten muototekijöiden, kuten keskimääräisen kapenemisen tai tyvitukkiosuuden, käyttöä ei pidetä realistisena vaihtoehtona käytännön mittauksessa, ei tätä mahdollisuutta tutkittu.

Tutkimusaineiston keruun suunnittelua varten perustettiin kesäkuussa 1992 tukiryhmä, jonka jäseninä olivat tutkimuksen vastuututkija Erkki Verkasalo METL:stä, tutkija Jari Marjomaa Metsätehosta, metsätalousinsinööri Aarni Pitkälähti Tehdaspuu Oy:stä, metsätalousinsinööri Urpo Sevon Yhtyneet Paperitehtaat Oy:stä ja virallinen mittaaja Veli-Pekka Vauhkonen Maa- ja metsätalousministeriöstä. Erkki Verkasalo teki tutkimus- ja aineistonkeruusuunnitelman, jota täydennettiin tukiryhmän jäsenten kommenttien mukaisesti ennen varsinaista aineiston keruuta.

Aineiston keruusta huolehtivat Maa- ja metsätalousministeriön viralliset mittaajat Lauri Hjelm, Touko Putkonen ja Veli-Pekka Vauhkonen ministeriön kustantamana ja Metsäntutkimuslaitoksen ohjeiden mukaisesti. Metsäntutkimuslaitos huolehti mittausten vaatimasta koulutuksesta. Koe-erät tiedusteltiin suoraan useiden metsäyhtiöiden ja Metsähallituksen piiri- ja hoitoaluekonttoreista. Aineiston keruussa käytettiin elektronisia mittasaksia ja tiedonkeruuyksiköitä. Mittaustiedot tallennettiin tiedonkeruuyksiköstä mikrotietokoneen välityksellä levykkeille ja toimitettiin Metsäntutkimuslaitokseen edelleen käsiteltäviksi. Tulokset laski suunnittelija Hannu Aaltio ja loppuraportin laati Erkki Verkasalo.

3 Tutkimusaineisto ja menetelmät

3.1 Aineiston määrä ja alueellinen jakautuminen

Tavoitteena oli mitata kaikkiaan 100 kpl 40-50 mäntytukin erää Etelä-Suomen alueelta. Etelä-Suomella tarkoitetaan tässä muiden kuin Ahvenanmaan, Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien alueita. Eri metsälautakuntien alueilta mitattaviksi tulevien koe-erien lukumäärät laskettiin käyttäen perusteena metsälautakuntien osuuksia mäntytukin kolmen viimeisen kalenterivuoden (1989-91) markkinahakuista Etelä-Suomessa (taulukko 1, s. 56).

Taulukko 1. Mäntytukkien koe-erien kiintiöinti metsälautakunnittain vuosien 1989-91 markkinahakkuiden perusteella.

Metsälautakunta	Hakkuut		Koe-eriä kpl
	1000 m ³	Osuus, %	
Helsinki	410	2,2	2
Lounais-Suomi	756	4,0	4
Satakunta	1 124	6,0	6
Uusimaa-Häme	668	3,6	4
Pirkka-Häme	1 244	6,6	7
Itä-Häme	1 166	6,2	6
Etelä-Savo	1 994	10,6	11
Etelä-Karjala	1 498	8,0	8
Itä-Savo	1 311	7,0	7
Pohjois-Karjala	2 551	13,5	13
Pohjois-Savo	1 478	7,9	8
Keski-Suomi	2 250	12,0	12
Etelä-Pohjanmaa	1 320	7,0	7
Österbotten	427	2,3	3
Keski-Pohjanmaa	598	3,1	5
Yhteensä	18 795	100,0	100

Myöhemmin päätettiin mitata myös yksi koe-erä Ahvananmaan maakunnan alueelta. Koko aineistoon pyrittiin saamaan noin 200 tukkia kustakin mäntytukkisuman vallitsevasta läpimittaluokasta. Niiksi arvioitiin kahden senttimetrin luokat 17-33 cm.

Yhden metsälautakunnan sisällä pyrittiin koe-erät kustannussyistä keskittämään muutamien kuntien alueille. Viralliset mittajaajat määrättivät arpomalla kunnat, joiden alueella koe-eriä mitattiin:

Koe-erien lukumäärä metsälautakunnan alueella	Kohdekuntia kpl
- 5	3
6 - 10	4
10 +	5

Arvotusta kohdejaosta jouduttiin kuitenkin poikkeamaan, mikäli sopivia tukkierä ei ollut saatavilla arvoituista kunnista. Pohjois-Karjalassa olivat Lieksa ja Ilomantsi automaattisesti mukana kohdekuntien joukossa suuren mäntytukkien hakkuumäärän vuoksi.

Kohdekunnan sisällä voitiin koe-eräksi valita periaatteessa mikä hyvänsä vastaantuleva mäntytukkien hakkuutyömaa, joka ajoittui siten, että mittaus välittömästi hakkuun jälkeen oli mahdollista. Koe-erät mitattiin hakkuupalstalla, jotta tukkien kuivumisesta ja puun käsittelystä johtuvasta kuoren irtoilusta, kulumisesta ja kutistumisesta aiheutuvat haitat voitiin minimoida. Kuoren eheys ja kulumattomuus kaikissa läpimitan mittauskohdissa oli tärkeää, jotta tutkimusaineiston tilavuuden määrittämisessä voitiin päästä todelliseen kuorelliseen tilavuuteen ja tutkimuksen tuloksia tarvittaessa vertailla pystymittauksen tuloksiin.

3.2 Mittaukset ja määritykset koe-eristä

Mittauksissa ja arvioinneissa käytettiin täsmälleen samoja menetelmiä kuin nykyisten tilavuuslukujen perustana olevassa Rikkosen (1987) tutkimuksessa, jotta tulosten vertailukelpoisuus olisi varma.

Kerättävät tiedot koostuivat koe-erän (hakkuutyömaan) yleistiedoista ja tukkikohtaisista tiedoista. Yleistiedot tarkoitettiin koe-erien paikallistamiseen ja avuksi eräkohtaisten tulosten tarkasteluun. Tukkikohtaiset tiedot tähtäsivät yksittäisen tukin todellisen tilavuuden tarkkaan laskentaan splini-funktiolla sekä muototunnusten ja yksikkötilavuuslukujen määrittämiseen. Lisäksi mukana oli tukin laatua kuvaavia tekijöitä luokittelumuuttujilla kuvattuina. Näiden kirjaamisen tarkoituksena oli mahdollistaa aineiston käyttö uusien tilavuuslukujen laskentaan tulevaisuudessa, jos laatuvaatimukset jälleen kerran muuttuvat. Kerättävän aineiston suunniteltiin siis palvelevan eräänlaisena tietopankkina.

Tukkien otannassa pyrittiin satunnaisuuteen. Käytännössä tämä tarkoitti kaikkien etenemislinjalla vastaantulevien tukkien mittausta kunnes työmaakohtainen tukkitavoite saavutettiin. Niitä tukkeja, joiden laatu alitti selvästi työmaakohtaiset laatuvaatimukset, ei otettu aineistoon. Lenkousrajoitusten osalta oltiin jonkin verran suurpiirteisiä.

Yksityiskohtainen esitys kerätyistä tiedoista ja mittausmenetelmistä on liitteenä.

4 Tulokset ja johtopäätökset

4.1 Aineiston laatu

Aineiston keruu ajoittui lokakuuhun 1992 - helmikuuhun 1993. Nykyisten tilavuuslukujen perustana oleva Rikkosen (1987) aineisto kerättiin samana vuodenaikana, joten sääolosuhteet olivat osapuilleen samat. Kaikkiaan mitattiin 4365 tukkia 102 työmaalta, kokonaistilavuudeltaan 1027 m³. Työmaaverkko peitti hyvin koko tutkimusalueen (kuva 1, s. 58). Työmaiden jakautuminen eri metsälautakuntiin toteutui suunnitellusti sillä poikkeuksella, että Ahvenanmaalta ja Pohjois-Savosta mitattiin kummastakin yksi ylimääräinen työmaa.



Kuva 1. Koe-erien sijainti metsälautakunnittain.

Puolet työmaista hakattiin miestyönä ja puolet hakkuukoneilla, kun Rikkosen (1987) aineistossa konehakkuun osuus oli vain 3 %. Tulos kuvastaa konehakkuun yleistymistä Etelä-Suomen tukkileimikoissa viimeisen 10 vuoden aikana. Etelä-Suomen koko mäntytukkisumasta konehakkuun osuus on tällä hetkellä todellisuudessa suurempi kuin tässä aineistossa, sillä koneellisen hakkuun osuus kaikista metsäteollisuuden toteuttamista hakkuista oli 80 % vuonna 1994. Miestyö- ja konehakkuutyömaiden yhtä suuri osuus ei kuitenkaan ole tämän tutkimuksen kannalta haitaksi, koska tilavuuslukuja käytetään ensisijaisesti miestyönä hakattavien työmaiden tukkien jälkimittauksessa. Konehakkuutyömailla käytetään luonnollisesti hakkuukonemittausta, joskin osalla hakkuukonetyömaista tukit edelleen jälkimitataan.

Työmaista oli 75 % päätehakuuleimikoita, 16 % ylispuuleimikoita ja 9 % harvennusleimikoita. Vastaavat osuudet olivat Rikkosen (1987) aineistossa 58, 19 ja 24 %. Päätehakuuleimikoiden painottuminen tässä aineistossa johtui silloisesta puukauppatilanteesta, jossa harvennusleimikoiden kysyntä oli vähäinen.

Työmaista oli 56 % tuoreelta ja lehtomaiselta kankaalta, 39 % kuivahkolta kankaalta ja 5 % turvemailta. Rikkosen (1987) aineistossa vastaavat osuudet olivat 43, 48 ja 9 %. Runsaspuustoisten leimikoiden suosiminen heijastui ilmeisesti tässä jakaumassa.

Työmaista oli 60 % yksityismetsien pystyleimikoita. Aineiston puutteena voidaan pitää yksityismetsien hankintaleimikoiden vähyttä, sillä niitä oli hankintakauppojen vähäisyyden vuoksi vain 8 % leimikoista. Metsäyhtiöiden omien metsien työmaita oli sen sijaan runsaasti, 23 %. Metsähallituksen toimituskauppatyömailta oli 9 %. Rikkosen (1987) aineistossa pystykauppojen ja metsäyhtiöiden omien metsien työmaiden osuus oli 61 % ja hankintakauppojen ja metsähallituksen toimituskauppojen osuus 31 %.

Työmailta meni tukkeja 16 eri ostajalle, joten aineiston kattavuutta voidaan tässäkin suhteessa pitää hyvänä. Suurten, sekä tukkia että kuitupuuta käyttävien ostajien osuus työmaista oli 83 % (Enso-Gutzeit Oy, Osuuskunta Metsäliitto, Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Tehdaspuu Oy ja Pohjanmaan Puu Oy). Itsenäisten pienten ja keskisuurten sahojen osuus oli 17 %. Näitä olivat Vierumäen Teollisuus Oy, Koskisen Oy, Alavuuden Puunjalostustehdas Oy, Aureskoski Oy, Oy Asko Ab, Vapo Oy, Haapajärven Saha Oy ja Carl Rundberg Ab.

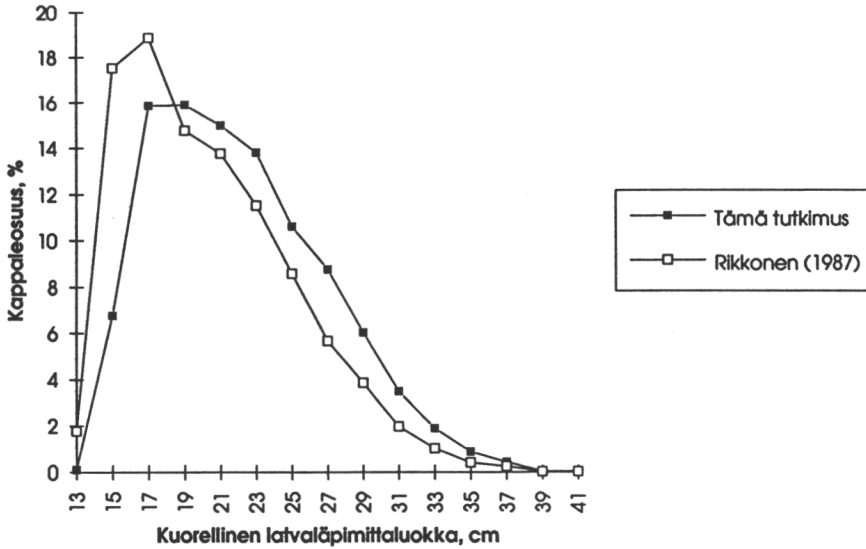
Mitta- ja laatuvaatimuksia oli 92 prosentilla työmaista noudatettu hyvin. Neljällä työmaalla oli havaittavissa tukkien apteeraamista kauppasopimuksen ehtoja tiukempien laatuvaatimusten mukaan. Neljällä työmaalla oli mitta- ja laatuvaatimuksia noudatettu väljästi.

4.2 Tukkien ominaisuudet

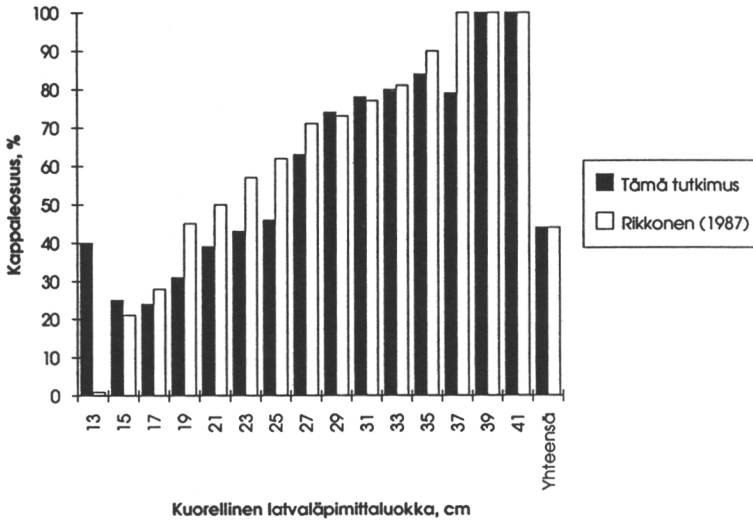
Tukkien arimeettisina keskiarvoina lasketut keskimääräiset dimensiot olivat tässä aineistossa ja voimassaolevien tilavuuslukujen laskentaan käytetyssä Rikkosen (1987) aineistossa seuraavat:

Ominaisuus	Tämä tutkimus	Rikkonen (1987)
Kuorellinen latvaläpimitta, cm	21,5	20,3
Pituus, cm	467	471
Tilavuus, dm ³	235	209
Tyvitukkeja, %	44	44

Muutokset tukkien järeydessä eivät viitanneet tilavuuslukujen tai keskipituuskorjauskertoimien muutoksiin. Mäntytukit olivat tosin kuluneen kahdeksan vuoden aikana selvästi järeytyneet, mutta niiden pituus ja tyvitukkiisuus olivat pysyneet entisellään. Aikaisempaa suurempi järeyys johtui harvennustukkien osuuden pienemisestä. Tukkien järeytyminen ilmeni myös läpimittajakauman painottumisena aikaisempaa paksumpiin luokkiin (kuva 2, s. 60). Tukkien keskipituuden olisi voitu olettaa kasvaneen, koska tukkien minimipituusvaatimuksia oli kiristetty. Ilmeisesti laatuvaatimusten kiristäminen oli johtanut pisimpien tukkien osuuden pienemiseen. Tukkien keskipituuden vaihtelu työmaiden välillä oli edelleen varsin suurta: variaatiokerroin oli 5,4 ja ääriarvot 398 cm ja 525 cm.



Kuva 2. Mäntytukkien latvaläpimittaluokkajakauma tässä ja Rikkosen (1987) tutkimuksessa.



Kuva 3. Mäntytukkien tyviosuus tässä ja Rikkosen (1987) tutkimuksessa.

Tyvitukkiosuuden olisi voitu olettaa pienentyneen tukkien minimipituus- ja lenkoursajoitusten kiristämisen seurauksena. Näin kävikin latvaläpimittaluokissa 17-27 cm, mutta päinvastainen muutos muissa läpimittaluokissa johti keskimääräisen tyvitukkiosuuden pysymiseen ennallaan (kuva 3). Mikäli hakattava tukkipuusto olisi ollut täsmälleen samankokoista kuin Rikkosen (1987) tutkimuksessa, olisi keskimääräinenkin tyvitukkiosuus saattanut pienentyä.

Taulukko 2. Mäntytukkien laatuluokkajakauma tämän tutkimuksen ja Rikkosen (1987) aineistoissa Heiskasen & Siimeksen (1960) laatuluokkien ja työmaakohhtaisten minimiläätuvaatimusten perusteella (IV = raakittukit). Latvaläpimitta kuoren päältä.

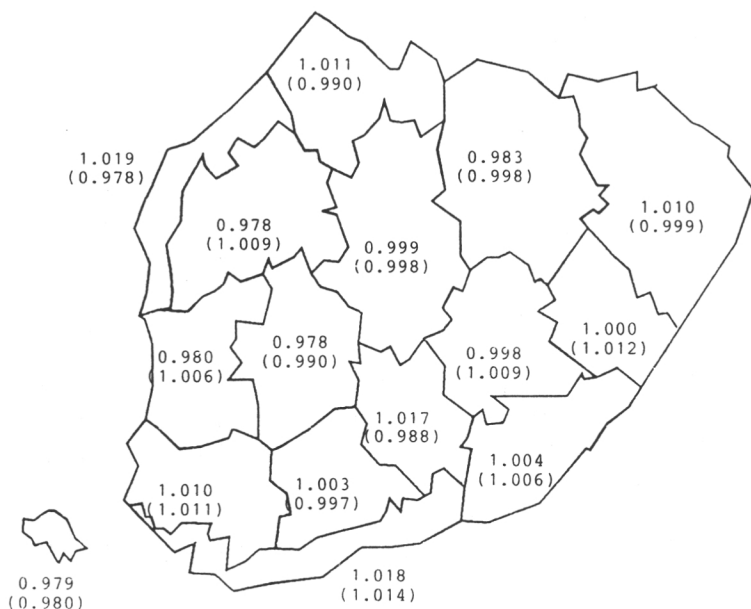
Latvaläpimitta- luokka, cm	Tyvitukit				Muut tukit Laatuluokka				Kaikki tukit						
	Kpl	I	II	III %	IV	Kpl	I	II	III %	IV	Kpl	I	II	III %	IV
13-19	455	40	28	28	4	1229	5	21	71	3	1684	14	23	59	2
21-25	768	61	25	14	...	973	14	31	54	1	1741	34	28	36	1
27+	670	76	15	9	0	270	24	26	49	1	940	61	18	21	...
Yhteensä	1893	61	22	16	1	2472	10	25	62	3	4365	32	24	42	2
<u>Tämä tutkimus</u>															
<u>Rikkonen (1987)</u>															
13-19	858	48	41	9	2	2034	4	32	58	6	2982	17	35	43	5
21-25	1031	69	27	4	...	821	12	51	34	3	1852	44	37	18	1
27+	541	80	15	5	...	3039	8	38	49	5	5469	33	34	30	3
Yhteensä	2430	64	29	6	1	3039	8	38	49	5	5469	33	34	30	5

Tukkien laatuluokkajakauma oli Rikkosen (1987) aineistoon verrattuna taulukon 2 (s. 61) mukainen. Muutokset eivät viitanneet selviin tilavuuslukujen muutoksiin. Laatuluokkien I ja II osuuden olisi voitu olettaa kasvaneen kireämpien laatuvaatimusten ja järeemmän puuston vuoksi. Näin ei kuitenkaan ollut tapahtunut, sillä luokan I osuus oli entisellä tasolla ja luokka II oli päinvastoin menettänyt osuuttaan luokalle III. Raakkitukkien osuus oli toki pienentynyt. Ilmeisesti yhtiö- ja työmaakohtaiset laatuvaatimukset poikkeavat niin paljon toisistaan ja aikaisemmista yleisistä vaatimuksista, etteivät tämän ja Rikkosen (1987) tutkimuksen tulokset ole vertailukelpoisia. Toisaalta konehakattujen tukkien osuus oli tässä aineistossa moninkertainen Rikkosen (1987) aineistoon verrattuna. Tukkirunkojen jako saattaa konehakkuussa olla epätarkempaa kuin miestyöhakkuussa ja tiettyjen tukkipituuksien suosiminen vaikeuttaa laatuvaatimusten huomioimista. Lisäksi tunnetusti keskimääräistä huonompaa laatua tuottavien viljavien kasvupaikkojen tukkien osuus oli tässä aineistossa suurempi kuin Rikkosen (1987) aineistossa.

4.3 Käytössä olevien tilavuuslukujen taso ja aluejako

Käytössä olevat tilavuusluvut ja keskipituuskorjauskertoimet johtivat hyvään tulokseen nykyisten mäntytukkien kokonaistilavuuden arvioinnissa. Koko Etelä-Suomen tukkisuman kokonaistilavuutta aliarvioitiin 0,15 %. Virhe oli samansuuntainen Pohjanlahden rannikkoalueella (0,33 %) ja muun Etelä-Suomen alueella (0,11 %). Näin ollen mitta- ja laatuvaatimusten kiristäminen ei antanut aihetta muutoksiin tilavuuslukujen tasossa. Muutokset olisivat saattaneet olla tarpeellisia, mikäli keskimääräistä enemmän kapenevien ja keskimääräistä tyvekkäämpien tyvitukkien osuus olisi pienentynyt. Käytännössä tukit olivat kuitenkin päinvastoin muuttuneet keskimäärin aikaisempaa kapenevimmiksi. Tämä tarkoitti sitä, että vähän kapenevien väli- ja latvatukkien osuus oli pienentynyt suhteellisesti enemmän kuin tyvitukkien osuus.

Kuten voimassa olevien tilavuuslukujen perustana olevassa Rikkosen (1987) aineistossa, esiintyi tämänkin tutkimuksen aineistossa eroja tukkien tilavuuden määrityksen tarkkuudessa eri metsälautakuntien välillä (kuva 4). Metsälautakunnittaiset virheet olivat kuitenkin varsin pieniä ja suurimmillaankin vain hitusen suurempia kuin Rikkosen (1987) aineistossa. Suurimmat tilavuuden yliarviot esiintyivät rannikkoalueilla Österbottenin, Helsingin ja Keski-Pohjanmaan metsälautakunnissa. Aineisto oli näillä alueilla kuitenkin varsin pieni. Österbottenin ja Keski-Pohjanmaan alueilla ero Rikkosen (1987) tutkimuksessa havaittuun virheeseen oli suhteellisen suuri, joten mitta- ja laatuvaatimusten kiristäminen oli täällä todellakin johtanut tukkisuman solakoitumiseen. Tämä olikin odotettavissa, koska mäntytukkipuuston laatu lienee täällä vaatimattomimmasta päästä Suomessa (tyvilenkous, latvatukkiosan paksuoksaisuus). Toisaalta ilmiö ei kuitenkaan ollut maantieteellisesti yleistettävä, koska Ahvenanmaalla, Helsingissä ja Lounais-Suomessa ei vastaavaa muutosta havaittu. Muualla Länsi-Suomessa (Etelä-Pohjanmaa, Satakunta, Pirkka-Häme), josta aineistoa oli runsaasti, tukkisuma oli päinvastoin selkeästi kapenevampaa ja tyvekkäämpää kuin Rikkosen (1987) aineistossa. Keski-Suomessa ja Uusimaa-Hämeessä ei eroja ilmennyt.



Kuva 4. Lasketun ja todellisen tilavuuden suhteet metsälautakunnittain (suluissa Rikkosen (1987) aineiston tulokset).

Tähän tutkimukseen ryhtymisen varsinaisena perusteena olleet epäilyt voimassa olevien tilavuuslukujen liian korkeasta tasosta Saimaan alueella osoittautuivat liioitelluiksi. Itse asiassa näillä tilavuusluvuilla Rikkosen (1987) aineistossa saadut systemaattiset tilavuuden yliarviot vaihtuivat lähestulkoon virheetömiksi tuloksiksi. Tulokset olivat erityisen hyviä Etelä-Savossa, Itä-Savossa ja Etelä-Karjalassa. Pohjois-Savossa tilavuuden määritystarkkuuden muutos oli samansuuntainen. Tukat olivat siis täälläkin muuttuneet aikaisempaa keskimäärin kapenevammiksi ja tyvekkäämmiksi. Päinvastaisia tuloksia saatiin vain Pohjois-Karjalassa ja Itä-Hämeessä.

Tulokset eivät myöskään antaneet perusteita mäntytukkien tilavuuslukujen aluejaon muuttamiseksi, sillä muutokset tilavuuden määrittämisen tarkkuudessa olivat maantieteellisesti epäyhtenäisiä. Naapurimetsälautakuntien välillä havaittuihin eroihin ei voitu löytää maantieteellisiä tai puuston ominaispiirteisiin liittyviä syitä.

Taulukko 3. Koe-erien keskimääräinen lasketun ja todellisen kokonaistilavuuden suhde (tilavuussuhde) metsälautakunnittain.

Metsä- lautakunta	Koe-eriä, kpl	Tilavuus- suhde	Keski- hajonta	min	max
Ahvenanmaa	1	0,9786
Helsinki	2	1,0145	...	0,9790	1,0507
Lounais- Suomi	4	1,0103	...	0,9828	1,0263
Satakunta	6	0,9838	0,0323	0,9442	1,0299
Uusimaa- Häme	4	1,0024	0,0323	0,9762	1,0269
Pirkka- Häme	7	0,9775	0,0294	0,9423	1,0269
Itä-Häme	6	1,0181	0,0281	0,9820	1,0211
Etelä-Savo	11	0,9977	0,0261	0,9664	1,0322
Etelä- Karjala	8	1,0039	0,0256	0,9603	1,0192
Itä-Savo	7	1,0014	0,0415	0,9446	1,0390
Pohjois- Karjala	13	1,0125	0,0246	0,9827	1,0553
Pohjois- Savo	9	0,9839	0,0175	0,9681	1,0235
Keski- Suomi	12	0,9982	0,0355	0,9155	1,0471
Etelä- Pohjanmaa	7	0,9830	0,0417	0,9518	1,0700
Österbotten	3	1,0231	...	0,9979	1,0616
Keski- Pohjanmaa	3	1,0094	...	0,9556	1,0404
Yhteensä	102	0,9989	0,0364	0,9155	1,0700

4.4 Tarkkuus yksittäisen tukkierän tilavuuden määrittämisessä

Taulukossa 3 on esitetty metsälautakunnittain, minkälaiseen yksittäisen tukkierän tilavuuden määrittämisessä tarkkuuteen tässä aineistossa päästiin nykyisiä tilavuuslukuja ja keskipituuskorjauskertoimia käytettäessä. Eräkohtaisten tarkkuuksien keskiarvot olivat lähes samat kuin tukkien kokonaistilavuuden määrittämisessä tarkkuudet. Tarkkuuden erien välinen hajonta oli hieman pienempi kuin Rikkosen (1987) aineistossa: lasketujen ja todellisten tilavuuksien suhteiden variaatiokerroin oli 2,9 (Pohjanlahden rannikkoalue 3,6, muu Etelä-Suomi 2,7), kun se Rikkosen (1987) aineistossa oli 3,2. Erän tilavuuden määrittämisvirheen vaihteluväli, -8,5 - +7,0 %, oli niinkään pienempi kuin Rikkosen (1987) aineistossa.

Tukkierän tilavuuden määritystarkkuuden voidaan täten sanoa jopa parantuneen niistä ajoista, kun voimassa olevia tilavuuslukuja laadittiin. Täten mitta- ja laatuvaatimusten kiristäminen oli homogenisoinut tukkieriä niiden muodon suhteen, vaikka ostaja- ja työmaakohtaisten vaatimusten yleistymisen olisi voitu olettaa johtaneen päinvastaiseen lopputulokseen.

5 Lopuksi

Tutkimus osoitti mäntytukkien mitta- ja laatuvaatimusten kiristämisen vaikuttaneen hyvin vähän niiden keskimääräiseen muotoon ja täten tilavuuslukujen tasoon. Vaikutukset olivat pikemminkin tukkierien muotovaihtelua pienentäviä ja täten eräkohtaisen mittauksen tarkkuutta parantavia. Käytännössä toteutuvien mitta- ja laatuvaatimusten voidaan jatkossa odottaa elävän lähinnä markkinatilanteen mukaan: tukkien tarjonnan pienentyessä ja/tai sahatavaran kysynnän lisääntyessä laatuvaatimukset saattavat lieventyä ja päinvastaisten muutosten seurauksena vastaavasti kiristyä.

Muutenkaan ei yleisiksi arveltuja mitta- ja laatuvaatimusten muutoksia voida pitää riittävänä perusteena tilavuuslukujen muutoksille, kun niiden "yleisyydestä" ei ostaja- ja työmaakohtaisten mitta- ja laatuvaatimusten yleistyessä voida enää puhua. Lisäksi keskimääräisiin muoto-oletuksiin perustuvat kappaleittaiset mittausten menetelmät ovat jo perusteiltaan epä tarkkoja yksittäisen puutavaraerän tilavuuden tarkkaa määrittämistä varten. Täten mittausten kehittämisen on jatkossa keskityttävä mitattavaa pölkkyä, runkoa, puutavaranippua jne. yksilönä tarkasteleviin menetelmiin, joissa mieluiten sovelletaan automaattista mittauksia, tiedon rekisteröintiä ja laskentaa. Tämä tarkoittaa käytännössä hakkuukone- ja tehdasmittauksen eteenpäin viemistä.

Tämän tutkimuksen ja Metsätehon ja Tehdaspuu Oy:n selvitysten tulokset erosivat systemaattisesti toisistaan. Varmaa selitystä eroihin ei löydetty. Seuraavassa on kuitenkin lueteltu mahdollisia syitä:

1. Tässä tutkimuksessa määritettiin joka tukin tarkka todellinen, kuorellinen tilavuus, joka perustui rikkoonumattomaan ja kutistumattomaan kuoreen. Myös kappaleittaisessa mittausten menetelmässä on perusteena samat kuorioletukset. On mahdollista, että aiemmissa tutkimuksissa kontrollimittana käytetty tukkinippujen upotus-punnitusmenetelmä oli antanut systemaattisen aliarvion hakkuukoneella hakattujen tukkierien tilavuudesta, jos niistä oli irronnut kuorta hakkuun aikana. Lisäksi upotus-punnituksessa syntyy pieni systemaattinen aliarvio tilavuuden määrittämisessä, jos kuoren onkaloihin tunkeutuu vettä. Tämä virhelähde voi tulla kysymykseen lähinnä kaarnaisilla tyvitukeilla. Jäisten tukkinippujen tilavuus tulee vastaavasti yliarvioitua.
2. Muutenkin on ilmeistä, että korjuussa ja kuljetuksessa tapahtuu kuoren kulumista ja kutistumista, jolloin tehtaalla tapahtuvassa kontrollimittauksessa saadaan systemaattinen aliarvio kuorellisesta tilavuudesta, vaikka mittaukset tehdäänkin täysin oikein.

3. Tässä tutkimuksessa tukkien läpimitat mitattiin tyvitukkien tyviosasta erityisen tihein välein (10, 30, 50, 100, 200, jne. cm päästä tyvileikkauksesta), jolloin tyvilaajentuman vaikutus tilavuuteen saatiin otettua tarkasti huomioon. Aiemmissä tutkimuksissa kontrollimittana käytetyssä yhden metrin pätkissä kuutioinnissa on erityisesti tyvitukkien tilavuuden määrittämisessä syntynyt systemaattinen aliarvio, mikäli tuloksiin ei ole tehty muotokorjauksesta aiheutuvaa lisäystä. Suomalaisilla havupuilla se on suunnilleen yksi prosentti ja runkojen tyviosassa tätäkin suurempi.
4. Erot tukkierien otannassa. Aiemmat selvitykset on tehty Etelä-Suomessa neljän ostajan tukkieristä, kun tässä tutkimuksessa oli aineistoa 16 ostajalta. On mahdollista, että tukkien toteutuneet mitta- ja laatuvaatimukset ovat olleet erilaiset ja/tai tukkierien valinta aineistoon ei ole tapahtunut yhteneväisillä kriteereillä.

Kirjallisuus

- Heiskanen, V. & Siimes, F.E. 1960. Ehdotus mänty- ja kuusisahatukkien laatuluokitukseksi. Suomen Puutalous 10.
- Marjomaa, J. 1991. Mäntysahatukkien latvakiintomittaus. Moniste. 29 s. Metsäteho.
- Pitkälähti, A. 1991. Latvamuotolukuun perustuvan jälkimittauksen ja tehtaalla suoritettun upotusmittauksen tulosten keskinäinen vertailu. Moniste. 4 s. Tehdaspuu Oy.
- Rikkonen, P. 1987. Havutukkien kuorelliseen latvaläpimittaan perustuva tilavuuden määrittäminen. Folia Forestalia 684. 47 s.
- Verkasalo, E. & Aaltio, H. 1993. Mäntytukkien tilavuuslukujen tarkistus Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto. Loppuraportti. 21 s.

Liite. Määritykset ja mittaukset aineiston keruussa (pääosin kuten Rikkonen 1987).

A. Kohteen yleistiedot

Puulaji	1 = Mänty
Metsälautakunta	00 (1.1.1992 virallisen numeroinnin mukaan, ks. esim. Metsätalastollinen vuosikirja)
Kunta	000 (1.1.1992 virallisen numeroinnin mukaan, ks. tilastolliset vuosikirjat)
Mittaaja	1 = Hjelm 2 = Vauhkonen 3 = Putkonen 4 = Muu
Työmaa nro	000 Juokseva numerointi 1 - 100 = Hjelmin työmaat 101 - 200 = Vauhkonen työmaat 201 - 300 = Putkonen työmaat
Myyjä	1 = Yksityismetsänomistaja, yhteismetsä, perikunta 2 = Kunta, seurakunta 3 = Metsähallitus 4 = Metsäyhtiön omat metsät 5 = Metsäyhtiö myy toiselle metsäyhtiölle 6 = Muu
Ostaja	00, numerot eri yhtiöille sovitaan myöhemmin
Kauppatapa	1 = Pystykauppa 2 = Hankintakauppa 3 = Metsähallituksen, yhteismetsän ym. toimituskauppa
Tukkien luovutus- mittaustapa työmaalla	1 = Jälkimittaus kappaleittain 2 = Hakkuukonemittaus 3 = Pystymittaus 4 = Tehdasmittaus 5 = Muu
Hakkuumenetelmä	1 = Hakkuu miestyönä 2 = Hakkuukone
Työmaan kokonais- hakkukertymä, 100 m ³	00
Tukkiosuus 1, %	000 = Mäntytukkia, m ³ / Työmaan koko hakkukertymä, m ³
Tukkiosuus 2, %	000 = Mäntytukkia, m ³ / Männyn koko hakkukertymä, työmaalla, m ³

Tukkien minimi- läpimitta työmaalla (ml. pikkutukit), cm	00
Työmaalla hakattu erikoispuuta	0 = Ei 1 = Kyllä, pylvääitä 2 = Kyllä, pikkutukkia tai parrunaiheita 3 = Kyllä, pylvääitä ja pikkutukkia/parrunaiheita 4 = Runkojen apteeraustapa työmaalla muuten poikkeuksellinen
Kuitupuun ohje- pituus työmaalla, dm	00
Hakkuutapa	1 = Avohakkuu 2 = Siemen- tai suojuspuuhakkuu 3 = Ylispuuhakkuu 4 = Harvennushakkuu 5 = Muu
Metsätyyppi	1 = OMT tai vast. 2 = MT tai vast. 3 = VT tai vast. 4 = CT tai vast., tai huonompi kivennäismaatyypin 5 = Turvemaa
Tukkipuiden ikäluokka, v.	000 (kymmenen vuoden tarkkuudella)
Metsikön puulaji- suhteet ennen hakkuuta	000, mänty, kuusi, lehtipuu (kukin kymmenen tilavuusprosentin tarkkuudella)

B. Tukkikohtaiset tiedot

Tukin asema	1 = Tyvitukki 2 = Korkeintaan 2 m tyvileikon jälkeen tehty ensimmäinen tukki 3 = Välitukki 4 = Latvatukki 5 = Tunnistamaton (= väli- tai latvatukki)
Tukin pituus, cm (aleneva luokitus)	000 (tyvi- ja latvaleikkauksen lyhin etäisyys)
Tukin läpimitat, mm (aleneva luokitus)	Mitataan mittasaksilla vaakasuorassa suunnassa siinä asennossa missä tukki on hakkuutyön jäljiltä. Jos mittauskohdalla on oksa- tai muu paksunnos, mitataan läpimitat paksunnoksen kummaltakin puolelta ja kirjataan niiden keskiarvo.

PUUTAVARAN MITTAUKSEN
KEHITTÄMISTUTKIMUKSIA
1989 - 93

Sisällys

Antti Ihalainen: Pystymittauksen, keskus- ja latvakiintomittauksen ja hakkuukonemittauksen tarkkuuden vertailu.	3-4
Jari Varjo: Latvan hukkaosan pituusmallit männylle, kuuselle ja koivulle metsurimittausta varten.	21-23
Pentti Sairanen: Pitkän kuitupuun pinomittaus tienvarsivarastoissa	24-53
Erkki Verkasalo: Mitta- ja laatuvaatimusten muutosten vaikutus Etelä-Suomen mäntyukkien mittaukseen	54-69