

Puutavaralajien tuoretiheyden alueellinen vaihtelu mittausasemien vastaanotto-mittauksessa

Jouni Kainulainen & Jari Lindblad

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmää ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä. Kirjoitukset luokitellaan Metlan julkaisutoiminnassa samaan ryhmään monisteiden kanssa.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>
ISSN 1795-150X

Toimitus

Unioninkatu 40 A
00170 Helsinki
puh. 010 2111
faksi 010 211 2101
sähköposti julkaisutoimitus@metla.fi

Julkaisija

Metsäntutkimuslaitos
Unioninkatu 40 A
00170 Helsinki
puh. 010 2111
faksi 010 211 2101
sähköposti info@metla.fi
<http://www.metla.fi/>

Tekijät Kainulainen, Jouni & Lindblad, Jari			
Nimeke Puutavaralajien tuoretiheyden alueellinen vaihtelu mittausasemien vastaanottomittauksessa			
Vuosi	Sivumäärä	ISBN	ISSN
2005	29	951-40-1981-4 (PDF)	1795-150X
Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet Joensuun toimintayksikkö / PKM-tutkimusohjelma / 3359 Puutavaran määrän ja laadun mittauksen uudet menetelmät, 7181 Valtakunnalliset puutavaran tuoretiheystaulukot			
Hyväksynyt Erkki Verkasalo, PKM-tutkimusohjelman koordinaattori, 15.11.2005			
Tiivistelmä <p>Puutavaran kaukokuljetusmaksujen perusteena käytetään sekä massan että tilavuuden mittausta. Puutavaran tehdasvastaanotoissa tilavuus on lähes aina mitattavissa. Massan mittaukseen on hyvät valmiudet puumassa- ja paperitehtaiden puuvastaanotoissa, sen sijaan sahalaitoksilla ja vaneritehtailta monissa tapauksissa ei ole käytettävissä vaakalaitteita.</p> <p>Tilavuuden muuntamiseen massaksi ja päinvastoin käytetään tarvittaessa tuoretiheystaulukoissa esitettyjä muuntolukuja. Käytössä olevat tuoretiheysluvat on laadittu vuonna 1990. Tämän jälkeen puunhankinnan toimintatavoissa ja nopeudessa sekä puutavaralajeissa on tapahtunut muutoksia. Nykyisiä tuoretiheystaulukoita on ollut syytä olettaa osin paikkansa pitämättömiksi.</p> <p>Tässä tutkimuksessa tutkittiin toimitustilassa eri puutavaralajien tuoretiheyksien vuodenajoittaista ja alueellista vaihtelua. Aineistoina käytettiin puutavaran tehdasmittaajien vuosina 2000-2005 keräämiä otantamittausaineistoja (yhteensä 94 597 havaintoa). Lopullisena tavoitteena oli tuottaa päivityshedotus mänty-, kuusi- ja koivukuitupuun ja mänty-, kuusi- ja koivutukin tuoretiheystaulukoille. Lisäksi tavoitteena oli tutkia tuoretiheyskertoimien tarvetta puolikuivalle kuitupuulle ja pikkutukille.</p> <p>Otantamittausaineistoista laskettiin puutavaralajeittain tuoretiheyden regressiomallit ja kuukausittaiset keskiarvot, joita verrattiin nykyisten tuoretiheystaulukoiden arvoihin. Aluejakoon ei tehty muutoksia ja tulokset laskettiin viidelle maantieteelliselle suuralueelle. Yhteisenä piirteenä oli tuoretiheyden aiempaa pienempi vuodenajoittainen vaihtelu tässä tutkimuksessa liki kaikilla puutavaralajeilla, erityisesti kuitupuulla. Mänty- ja kuusitukilla tämän tutkimuksessa tuoretiheydet olivat talvella ja keväällä alempia kuin käytössä olevissa tuoretiheystaulukoissa. Männyllä ja kuusella kuitupuun tuoretiheydet olivat tässä tutkimuksessa korkeampia kesällä ja syksyllä, mitä voidaan pitää seurauksena lyhentyneestä metsävarastoinnista. Sen sijaan koivukuitupuulla tuoretiheydet olivat tässä tutkimuksessa läpi vuoden alempia tai samalla tasolla kuin nykyisissä tuoretiheystaulukoissa. Tuoretiheysluvat laskettiin lisäksi mäntyä ja kuusta sisältävälle havukuitupuulle ja selluloosakuuselle. Havukuitupuun tuoretiheydet vastasivat kohtalaisen hyvin mäntykuitupuuta ollen hieman alempia. Selluloosakuusella tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli huomattavasti suurempaa kuin hiomokuusikuitupuulla.</p> <p>Aineistojen epätasaisesta jakautumisesta johtuen kaikille puutavaralajeille ja alueille ei pystytty laskemaan tuoretiheyslukuja. Kokonaan tulosten laskennan ulkopuolelle jäivät pikkutukit ja puolikuiva kuitupuu. Ehdotusta ei voitu tehdä myöskään puolikuivan ja tuoreen kuitupuun määrittelyyn. Edellisten puutteiden täydentäminen on tärkein jatkotutkimustarve.</p>			
Asiasanat puutavaran mittaus, tuoretiheys, muuntoluvut, puutavaralajit, kaukokuljetus			
Julkaisun verkko-osoite http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp019.htm			
Tämä julkaisu korvaa julkaisun			
Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla			
Yhteydenotot Jari Lindblad, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti jari.lindblad@metla.fi			
Muita tietoja			

Alkusanat

Metsäteollisuus ry teki talvella 2005 aloitteen tutkimuksesta, jossa tuotettaisiin ehdotus ajantaisista, puutavaran mittayksiköiden muuntamiseen käytettävistä tuoretiheystaulukoista. Hanke muodostui Metsäteollisuus ry:n ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteisrahoitteiseksi tutkimukseksi, joka toteutettiin kevään ja kesän 2005 aikana. Metsäntutkimuslaitos asetti Jari Lindbladin Joensuuun toimintayksiköstä vastaamaan hankkeen toteutuksesta.

Tutkimukselle muodostettiin ohjausryhmä, johon kuuluivat Harri Rumpunen Metsäteollisuus ry:stä, Samuli Hujo Metsäteho Oy:stä, Toivo Paloneva Visuvesi Oy:stä, Heikki Parkkonen Metsäalan kuljetusyrittäjät ry:stä, Liisa-Maija Perävainio Mittaportti Oy:stä, Hannu Tolonen Metsähallituksesta, Eero Vitikainen Stora Enso Oyj:stä ja Kurt Åkerblom UPM-Kymmene Oyj:stä. Metsäntutkimuslaitoksesta ohjausryhmään kuuluivat Erkki Verkasalo ja tekijät.

Metsäteollisuus ry:n ja Suomen Sahat ry:n jäsenyritykset, sekä puutavaran mittaukseen erikoistuneet yritykset vastasivat tutkimuksen aineistona käytettyjen puutavaran otantamittausaineistojen toimittamisesta. Metsäntutkimuslaitoksen puunäyteaineistojen analyysit tehtiin Sallan toimipaikassa. Kainulainen ja Lindblad vastasivat aineistojen kokoamisesta, tulosten laskennasta ja raportoinnista.

Esitämme parhaat kiitokset ohjausryhmän jäsenille sekä kaikille muille työn valmistumiseen työpanoksellaan myötävaikuttaneille.

Jouni Kainulainen

Jari Lindblad

Sisällys

1 Taustaa	6
2 Aineistot ja menetelmät	7
2.1 Aineistot	7
2.2 Menetelmät	8
3 Eri puutavaralajien alueittainen ja kuukausittainen tuoretiheyden vaihtelu otantamittausaineistoissa	9
3.1 Mäntytukki, mäntykuitupuu ja havukuitupuu	9
3.2 Kuusitukki, kuusikuitupuu ja selluloosakuusi	12
3.3 Koivutukki ja koivukuitupuu	14
3.4 Haapakuitupuu	16
4 Tuoretiheyden taso ja vaihtelu kiekkonäyteaineistoissa	16
5 Päätelmät	19
Lähteet	24
Liitteet	

1 Taustaa

Puutavaran kaukokuljetusmaksujen perusteena käytetään tällä hetkellä sekä tilavuuden (todellinen kuorellinen tilavuus) että massan mittausta. Karkeasti jakaen voidaan todeta suuryhtiöiden käyttävän selluloosa- ja paperitehtaille sekä sahoille kuljetettavalle puutavaralle massaperusteista mittausta, sen sijaan useimmat yksityiset sahat ja erikoispuun käyttäjät maksavat puutavaran kuljetuksesta tilavuuden perusteella. Massaperusteiseen mittaukseen alettiin siirtyä 1990-luvun alussa. Sittemmin kehitys on ollut vaihtelevaa, joissakin tapauksissa on jopa palattu tilavuusperusteiseen kuljetusmaksujen määrittämiseen.

Puutavaran tehdasvastaanotossa todellinen kuorellinen tilavuus on lähes aina mitattavissa. Selluloosa- ja paperitehtailla on valmiudet myös puutavaran massan mittaukseen muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Sen sijaan sahalaitoksilla ja vaneritehtailla puutavaran massan mittaukseen soveltuvia vaakalaitteita ei monissa tapauksissa ole käytettävissä. Mikäli puutavaran massan mittaaminen ei ole mahdollista tai punnitut tuoremassat halutaan muuntaa tilavuudeksi ilman erillistä tilavuuden mittausta, käytetään mittasuureiden muuntamiseen tuoretiheystaulukoissa esitettyjä muuntolukuja. Kyseiset taulukot on esitetty mm. maa- ja metsätalousministeriön vahvistamassa puutavaran kuormainvaakamittauksen menetelmäohjeessa.

Käytössä olevat valtakunnalliset puutavaran tuoretiheystaulukot laadittiin vuonna 1990. Työn toteuttaja professori Matti Kärkkäinen arvioi taulukoiden perustuvan jo tuolloin epätodellisiin ja osittain vanhentuneisiin tutkimuksiin ja tilastoihin. Puutavaravirta metsästä jalostuslaitoksiin on edellä mainitusta ajankohdasta yhä nopeutunut ja puutavaran tienvarsivarastointiajat lyhentyneet. Puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset ovat myös osin muuttuneet. Erikoispuutavaralajien (pikkutukki, sahakuitu, parru, pylvää) hankinta on paitsi luonut tarpeen kyseisten tavaralajien omille tuoretiheystaulukoille, myös mahdollisesti vaikuttanut pääpuutavaralajien tuoretiheyteen. Edellä mainituista syistä on syytä olettaa alkuperäisten tuoretiheystaulukoiden olevan osin paikkaansa pitämättömiä.

Tämän työn tavoitteet olivat seuraavat:

- 1) Laatia päivitysehdotus tuoretiheystaulukoista, joita voidaan käyttää puutavaran todellisen kuorellisen tilavuuden muuntamiseen tuoremassaksi ja tarvittaessa päinvastoin (mänty-, kuusi- ja koivutukki, mänty-, kuusi- ja koivukuitupuun).
- 2) Tutkia tuoretiheyden vaihtelua ottaen huomioon alueittainen ja taustatekijöissä hakkuuvuodenajan ja kuljetus- ja varastointiajan mukainen vaihtelu.
- 3) Varmentua nykyisten taulukoiden paikkansa pitävyydestä tuoreen ja puolikuivan kuitupuun määrittelyssä ja tarvittaessa laatia uudet taulukot puolikuivalle kuitupuulle männyn ja koivun osalta.
- 4) Tutkia erikoispuutavaralajien (pikkutukki, sahakuitu ja parru) tuoretiheyttä ja tarvittaessa määrittää omat tuoretiheystaulukot näille puutavaralajeille.
- 5) Arvioida erikoispuutavaralajien vaikutusta pääpuutavaralajien tuoretiheyteen.

2 Aineistot ja menetelmät

2.1 Aineistot

Lähtökohtana oli käyttää tutkimusaineistoina pääasiassa metsäteollisuusyritysten puutavaran vastaanottomittauksen tilavuus- ja massamittaus tietoja. Tavoitteena oli saada hankkeen käyttöön mahdollisimman kattavasti eri toimijoiden keräämät, soveltuvat mittausaineistot, joissa tilavuus ja massa voitiin katsoa mitatun luotettavasti. Aineistojen kartoitusta tehtiin keskitetysti suuryhtiöiden puutavaran mittauksesta vastaavien henkilöiden kautta ja lisäksi ottamalla suoraan yhteyttä Metsäteollisuus ry:n ja Suomen Sahat ry:n jäsenyrityksiin sekä puutavaran mittaukseen erikoistuneisiin yhtiöihin. Kaikki tahot, joilla oli soveltuvaa puutavaraerien tuoretiheysaineistoa, luovuttivat aineistoa hankkeen käyttöön.

Sahojen ja vaneritehtaiden osalta kysymykseen tulivat optisilla tukkimittareilla tai manuaalisella saksimittauksella mitatut tilavuudet yhdistettynä vastaaviin punnitustuloksiin. Tukeilla massan mittaukseen oli käytetty lähes kaikilla mittausasemilla siltavaakoja ja yhdessä tapauksessa kurottajavaakaa. Tilavuudet oli mitattu yhdellä sahalla manuaalisella saksimittauksella, muutoin oli käytetty optisia, kappaleittain mittaavia tukkimittareita. Mittaukset oli tehty pääosin tietojärjestelmien arpomille otantanipuille tai -kuormille, yhden sahan toimittama aineisto oli perusmittausaineistoa. Tällä ei kuitenkaan ollut merkitystä aineistojen yhteensopivuuteen, sillä käytetyt tilavuuden ja massan mittausmenetelmät olivat periaatteiltaan samat. Kyseinen perusmittausaineisto voitiin tässä katsoa totaaliotannalla valituksi otantamittausaineistoksi.

Selluloosa- ja paperitehtaiden käyttämän kuitupuun osalta aineistot koostettiin tehtaalla tapahtuvan perusmittauksen otantamittausaineistoista (paino-otanta- ja paino-ositemittaus). Näissä menetelmissä kaikki tehtaalle saapuva puutavara oli punnittu tavallisesti siltavaakaa'alla. Puutavara-kuormista oli valittu satunnaisesti painokollektiivikohtaiset otantaniput. Otantaprosentin suuruus oli käänteisessä suhteessa toimitettuihin puutavaramääriin ja vaihteli painokollektiivikohtaisesti. Otantanippujen tilavuudet oli mitattu upotusmittauksella, manuaalisella saksimittauksella tai optisesti mitta- ja laatuasemalla. Eri mittausasemien toimintatavoissa oli eroja lumen ja jään huomiointiottamisessa, mikä huononsi aineistojen yhteensopivuutta. Joissakin tapauksissa lumen ja jään osuus pystyttiin vähentämään sekä massan että tilavuuden mittaustuloksesta. Tämä oli mahdollista silloin, kun mittausasemalla käytettiin upotusallasta, jolloin sekä tilavuus että massa voitiin mitata lumen ja jään sulattamisen jälkeen. Myöskin mittausasemilla, joissa oli käytössä optinen mitta- ja laatuasema, päästiin likimain kuorellisen puuaineen tiheyden antavaan tulokseen. Tämä edellytti lumen ja jään varisemista kuljetuksessa ja kuljettimilla ennen mittausta. Niissä tapauksissa, joissa otantanippujen massan mittaukseen käytettiin esimerkiksi siltavaakaa, ja tilavuudet mitattiin manuaalisella saksimittauksella, saattoi massan mittaustulos sisältää lunta ja jäätä.

Kuitupuun osalta oli saatavissa laajat otantamittausaineistot puutavaran mittausyhtiöiltä ja selluloosa- ja paperitehtaiden puuvastaanotoista. Sen sijaan saha- ja vaneritukkien soveltuvia mittausaineistoja oli olemassa selvästi vähemmän. Tämä johtui silta- ja kurottajavaakalaitteistojen vähäisyydestä PK-sahoilla. Lisäksi useissa tapauksissa sekä tukkien punnitus- että tilavuusmittaukset oli tehty, mutta puuvastaanoton toimintavoista ja sisäisesti logistiikasta johtuen niiden yhdistäminen ei ollut jälkeinpäin mahdollista. Kaikkiaan aineisto koostui 31 mittausaseman aineistoista, yhteensä 94 597 havaintoa. Aineiston määrät alueittain ja puutavaralajeittain on esitetty liitteessä 1.

Kuukausittaisten ja alueittaisten tuoretiheyslukujen laskemiseksi tarvittiin taustatiedot mittausajankohdasta ja puutavaraerän alkuperästä. Leimikon sijainti pystyttiin selvittämään tarkasti suuresta osasta tietokantatulosteita kuntatunnistetietojen perusteella. Tieto hankintapiiristä oli riittävä silloin, kun kyseisen piirin alue sopi laskennassa käytettyyn aluejakoon. Silloin kun piiri ulottui useammalle alueelle, kyseinen aineisto jätettiin laskennan ulkopuolelle. Tuontipuuai-

neistoja, kuten myöskään todennäköisesti puulajien sekakuormia sisältäviä aineistoja ei käytetty tuoreiheyslukujen laskennassa. Vuosien välisen vaihtelun huomioon ottamiseksi sekä aineiston ajantasaisuuden varmistamiseksi tarkasteluajajaksoksi rajattiin vuodet 2000–2005. Aineistoa saatiin eri toimittajilta vähintään kahden vuoden ajalta kyseisellä aikavälillä. Aineistot sisälsivät lähes aina tarkan mittausajankohdan. Sen sijaan hakkuuajankohtaa ei ollut lopulta mahdollista selvittää, minkä vuoksi tutkimuksessa ei pystytty ottamaan kantaa puutavaran tuoreiheyden muuttumiseen metsävarastoinnin aikana.

Aineistoja täydennettiin Metsäntutkimuslaitoksen viime vuosina keräämillä puunäyteaineistoilla. Käynnissä olevassa tutkimuksessa (Pohjoisen männyn erityisominaisuudet ja jatkojalostus) on kerätty laajahkot kiekkonäyteaineistot. Tutkimuksessa on kerätty leimikoiden pystymittaus- ja kiekkonäyteaineistoja koko Pohjois-Suomen alueelta ja vastaavat vertailuaineistot Keski-Suomesta ja Saimaan alueelta. Pystymittausaineisto ja sen perusteella tehdyt apteeraussimuloinnit mahdollistivat kiekkonäytteistä määritetyn tuoreiheyden vertailun eri puutavaralajeille. Hankkeissa kerätyistä, pakkasvarastoiduista kiekkonäyteaineistoista mitattiin tämän tutkimuksen aikana tuoreiheys Metlan Sallan toimipaikassa. Näiden lisäksi laskennassa käytettiin Hakkilan ym. (2003) laajaa, kiekkonäytteisiin perustuvaa aineistoa eteläsuomalaisista männyn ja kuusen harvennus- ja päätehakuuleimikoista sekä koivun harvennusleimikoista.

2.2 Menetelmät

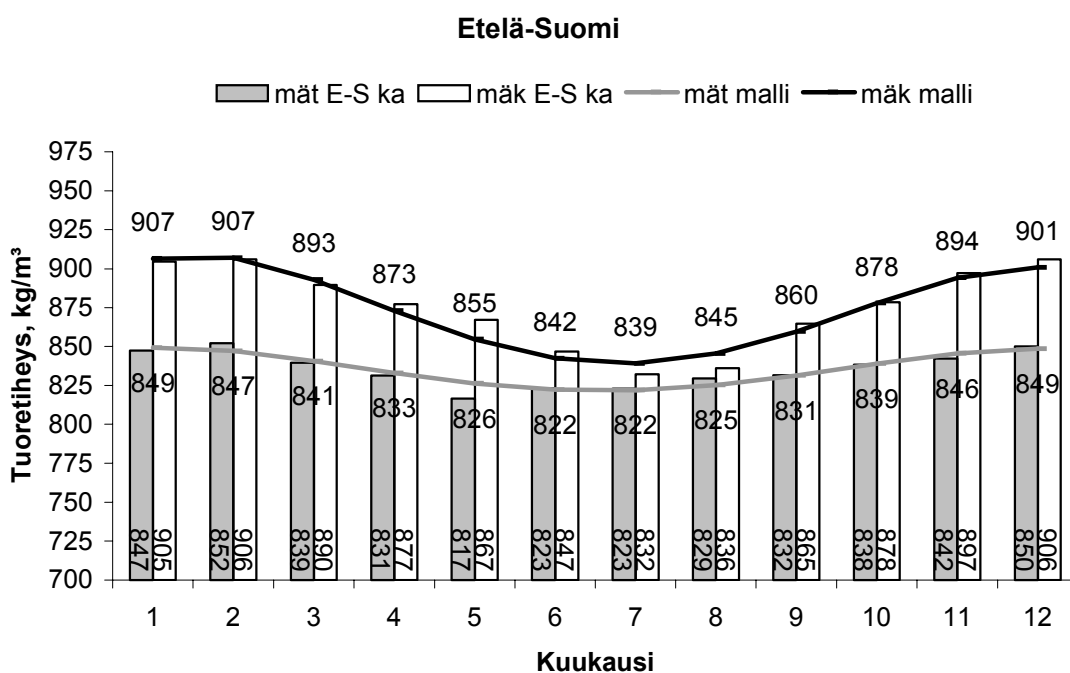
Lähtökohtana tuoreiheyslukujen muodostamisessa oli säilyttää sama maantieteellinen aluejako kuin nykyisissä, 1990-luvun alussa lasketuissa tuoreihestaulukoissa, ellei aineiston perusteella ilmene selvää tarvetta aluejaon muuttamiselle. Kartta aluejaosta on esitetty liitteessä 2.

Aineistosta laskettiin alueittaiset kuukausittaiset tuoreiheyden keski- ja hajontaluvut. Tuoreiheyden alueellisen vaihtelun merkitevyttä testattiin varianssianalyysillä. Havaintoparvitar kastelulla tunnistettiin ja tarvittaessa poistettiin selvästi epänormaalit arvot. Aineistosta ei kuitenkaan suodatettu poikkeavia arvoja kiinteillä raja-arvoilla.

Aineiston määrä oli Etelä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Kainuussa suurempi kuin Pohjois-Suomessa. Etelä-Suomen alueella aineiston määrä olisi mahdollistanut osalle puutavaralajeista keskiarvoon perustuvat kuukausikohtaiset tuoreiheydestimaatit. Pohjois-Suomessa kesäkuukausien vähäistä aineiston määrää ja tuoreiheyden kuukausien välistä vaihtelua tasattiin mallinnuksen keinoin. Tämän vuoksi kaikille puutavaralajeille ja alueille sovitettiin polynomimuotoiset mallit kuukausikohtaiseen tuoreiheysaineistoon. Mikäli aineisto oli riittämätön aluekohtaisen mallin laskemiseen tai vaihtelu aineistossa oli liian suurta, ei mallia käytetty tulosten esittämisessä. Menetelmänä mallien laskennassa käytettiin epälineaarista regressiota. Alkuperäiseen suuraluejako perustuen kuukausikohtaiseen tuoreiheysaineistoon sovitettiin neljännen asteen polynomifunktiot side-ehdolla. Side-ehto muutti mallin muotoa siten, että tuoreiheys joulukuun ja tammi-kuun vaihteessa oli yhtenevä. Mallien antamia kuukausikohtaisia tuoreiheydestimaatteja verrattiin aineistosta laskettuihin keskiarvoihin. Mallin yleinen muoto on esitetty kaavassa 1.

$$Y = a_4 \left(t^4 - \frac{12,5^4 - 0,5^4}{12} \times t \right) + a_3 \left(t^3 - \frac{12,5^3 - 0,5^3}{12} \times t \right) + a_2 \left(t^2 - \frac{12,5^2 - 0,5^2}{12} \times t \right) + a_0 \quad (1)$$

, jossa Y = tuoreiheys, kg/m³
 a_x = regressiokertoimet
 t = kuukausi



Kuva 1. Mäntytukin ja mäntykuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Etelä-Suomessa.

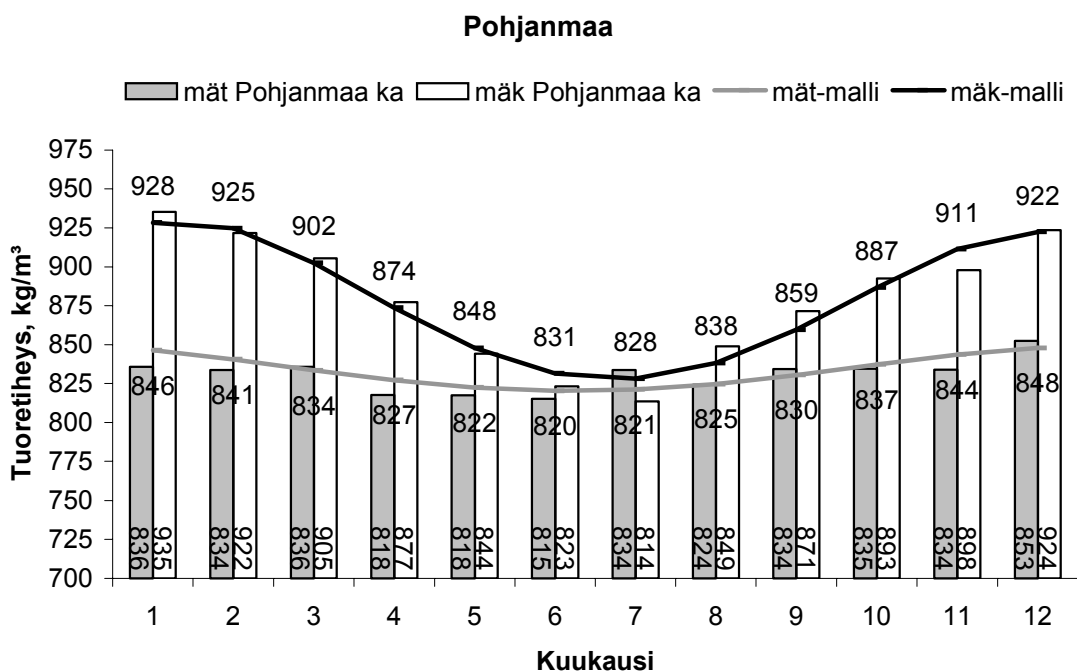
3 Eri puutavaralajien alueittainen ja kuukausittainen tuoretiheyden vaihtelu otantamittausaineistoissa

3.1 Mäntytukki, mäntykuitupuu ja havukuitupuu

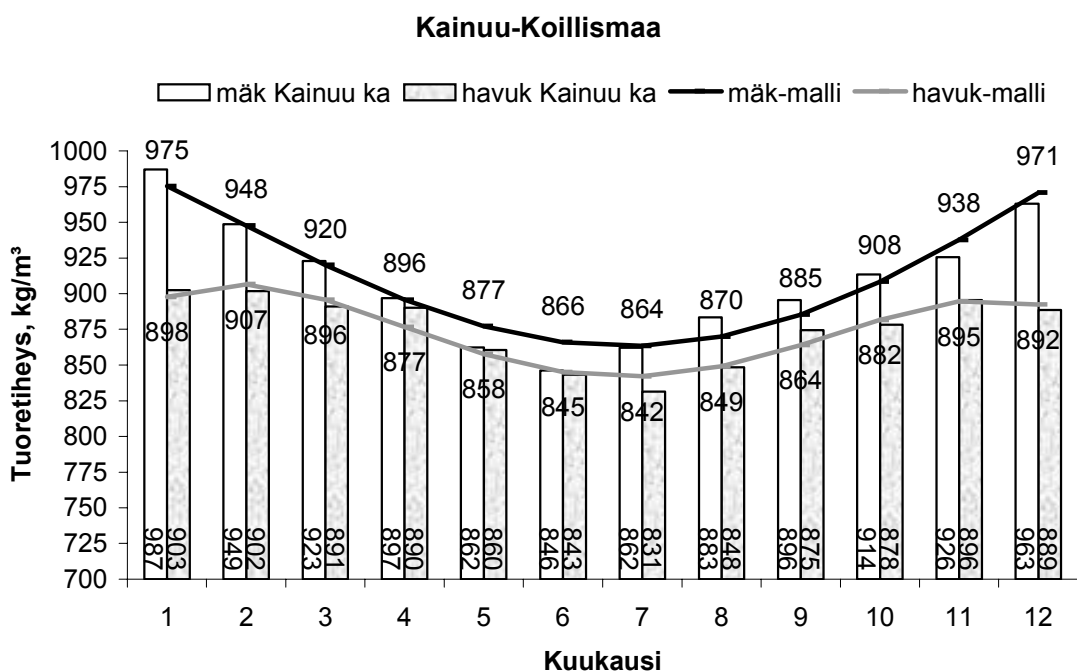
Mäntytukin tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli Etelä-Suomen ja Pohjanmaan alueilla suurimmillaan noin 25 kg/m³ ja siten melko vähäistä (kuvat 1 ja 2). Otoskeskiarvo oli Etelä-Suomessa 6 kg/m³ suurempi kuin Pohjanmaalla. Varianssianalyysin perusteella ero oli tilastollisesti merkitsevä 5% riskitasolla. Alueille laskettiin omat mäntytukkipuun tuoretiheysmallit, jotka noudattivat varsin hyvin tuoretiheyden kuukausikeskiarvoja. Alueittaiset aineistomäärät ja keskitunnukset puutavaralajeittain on esitetty liitteessä 1.

Mäntytukkiaineistot eivät olleet riittäviä luotettavien tuoretiheyslukujen laskentaan Kainuu-Koillismaan (56 havaintoa) ja Etelä-Lapin (41 havaintoa) alueilla. Lisäksi kyseiset aineistot olivat painottuneet talvikuukausille, mikä osaltaan vääristi alueiden koko vuoden tuoretiheyden keskiarvoa (liite 1). Myös Pohjois-Lapin mäntytukkiaineisto oli melko pieni ja perustui vain yhden sahalaitoksen tuoretiheysmittauksiin Inarin kunnan alueella (kuva 5). Kyseinen aineisto sisälsi tuoretiheysmittauksia myös kesäkuukausilta ja on näiltä osin edustava, mutta luotettavien, koko Pohjois-Lappia edustavien tuoretiheyslukujen laskentaan havaintojen määrä oli liian pieni. Pohjois-Lapin mäntytukkiaineistoon sovitettujen mallien antamia tuloksia on syytä käyttää ainoastaan suuntaa-antavina lukuina.

Mäntykuitupuulla tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli Etelä-Suomen (60–70 kg/m³) ja Pohjanmaan alueilla (90–100 kg/m³) huomattavasti suurempaa kuin mäntytukilla (kuvat 1 ja 2). Otoskeskiarvo oli 7 kg/m³ suurempi kuin Pohjanmaalla, ja ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Alueille laskettiin omat mäntykuitupuun tuoretiheysmallit. Kuvaajista nähdään, että mäntykuitupuun tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli Pohjanmaalla äärevämpää verrattuna

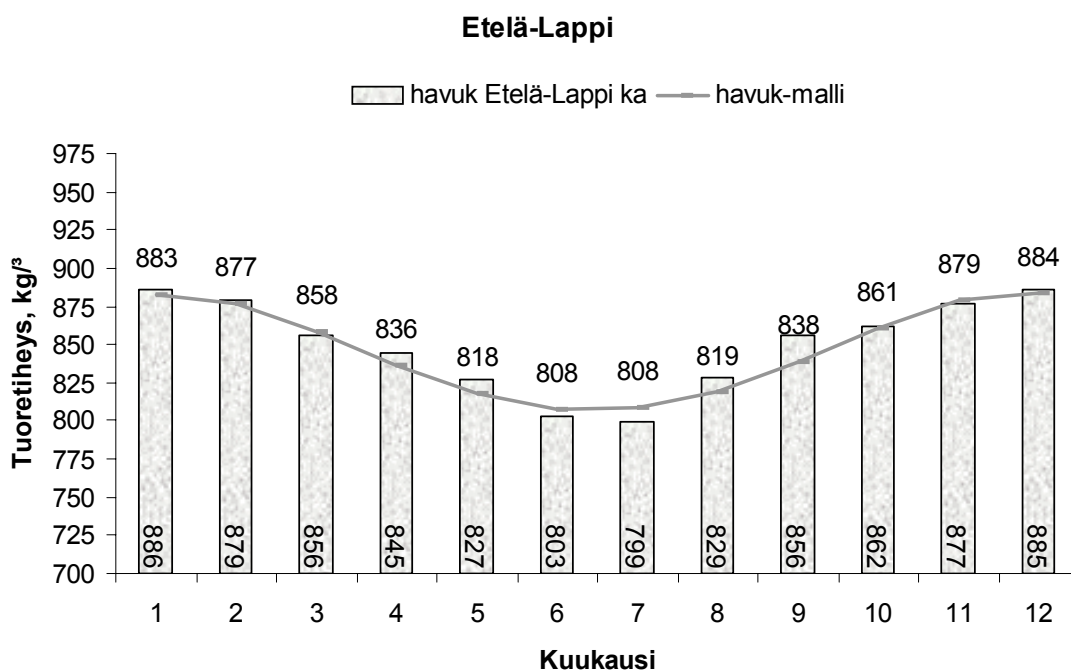


Kuva 2. Mäntytukin ja mäntykuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Pohjanmaalla.

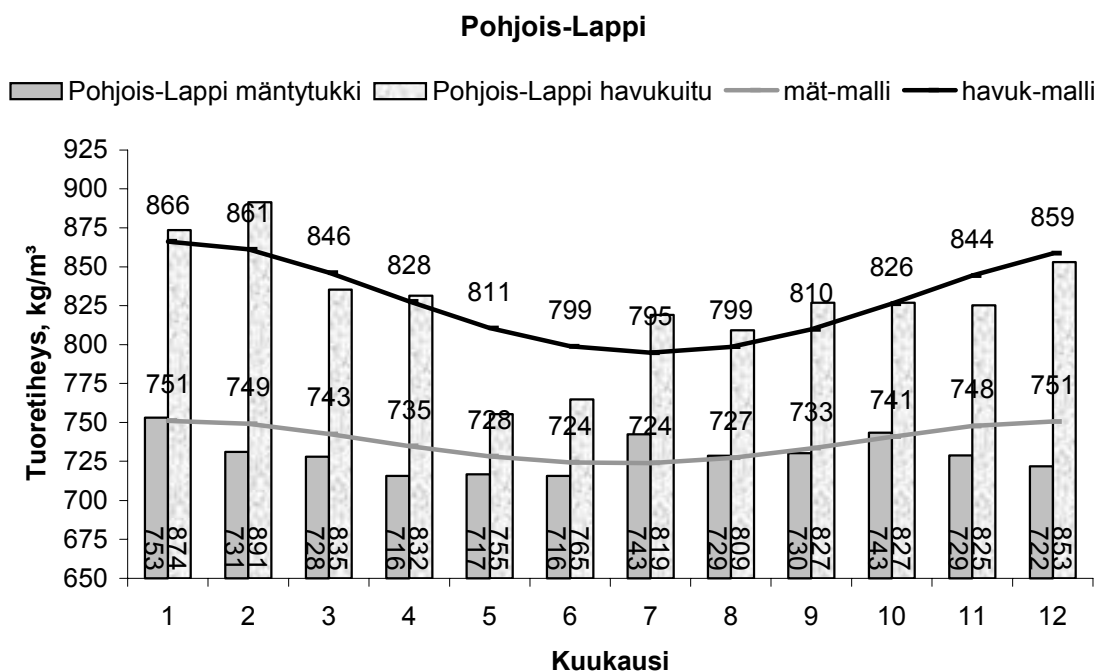


Kuva 3. Mänty- ja havukuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Kainuu-Koillismaan alueella.

Etelä-Suomeen. Mäntykuitupuun tiheys oli korkein Kainuu-Koillismaan alueella, erityisesti talvella (kuva 3). Havukuitupuun tuoretiheyden otoskeskiarvo oli Pohjanmaan ja Kainuu-Koillismaan alueilla lähes samalla tasolla eron ollessa vain 1,5 kg/m³, ja vuodenaikojen vaihtelu noudatti alueilla samanlaista muotoa. Näin ollen Pohjanmaan ja Kainuu-Koillismaan alueilla on perusteltua käyttää samoja havukuitupuun tuoretiheyslukuja. Kuvassa 3 on verrattu Kainuu-Koillismaan alueella mäntykuitupuun ja havukuitupuun kuukausittaisia keskiarvoja ja kuvaajia. Eriyisesti talvella tiheys oli mäntykuitupuulla melko paljon suurempi kuin havukuitupuulla.



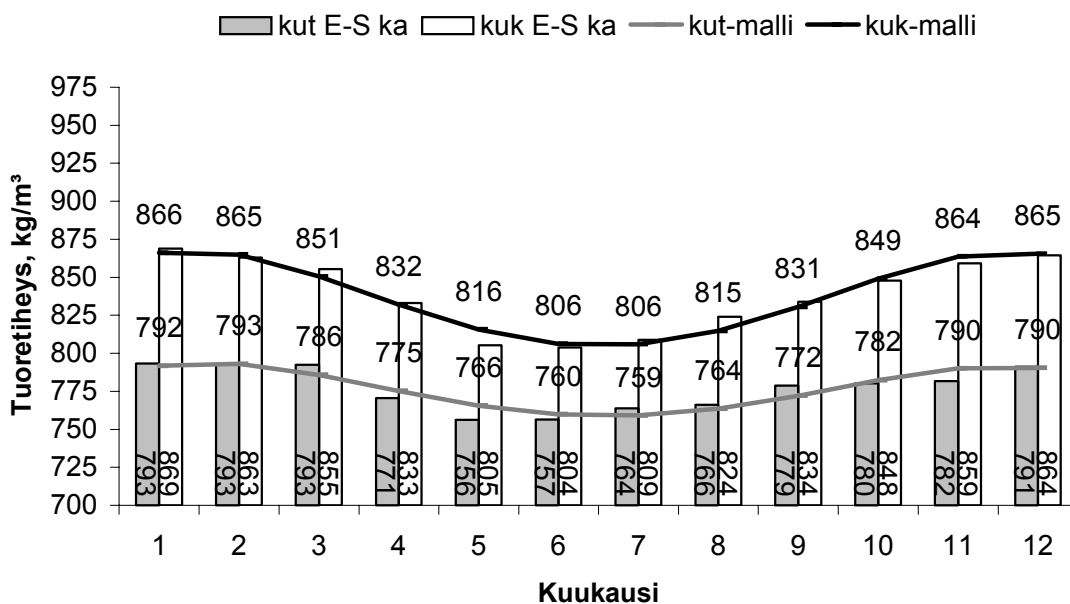
Kuva 4. Havukuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomalli Etelä-Lapissa.



Kuva 5. Mäntytkin ja havukuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Pohjois-Lapissa.

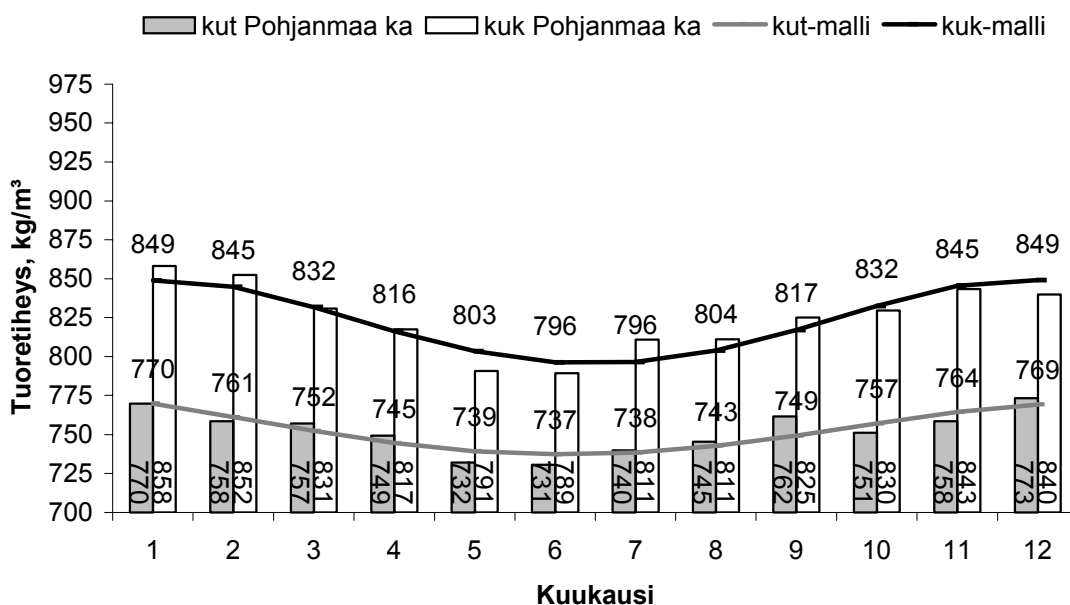
Etelä- ja Pohjois-Lapin osalta ei pystytty saamaan puutavaralajipuhtaita mänty- tai kuusikuitupuun aineistoja, koska mänty- ja kuusikuitupuuta hakataan Pohjois-Suomessa enimmäkseen yhtenä puutavaralajina ja kuljetetaan sekakuormissa havusellun raaka-aineeksi. Näin ollen Pohjois-Suomen alueille laskettiin ainoastaan havukuitupuun tuoretiheysluvut (kuvat 4 ja 5). Havukuitupuun tuoretiheyden otoskeskiarvo Etelä-Lapissa oli 21 kg/m³ suurempi kuin Pohjois-Lapissa ja ero oli tilastollisesti merkitsevä. Vuodenajoittainen vaihtelu oli molemmissa samalla tasolla (70–80 kg/m³). Etelä- ja Pohjois-Lappiin muodostettiin omat tuoretiheyden regressiomallit.

Etelä-Suomi



Kuva 6. Kuusitukin ja kuusikuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Etelä-Suomessa.

Pohjanmaa

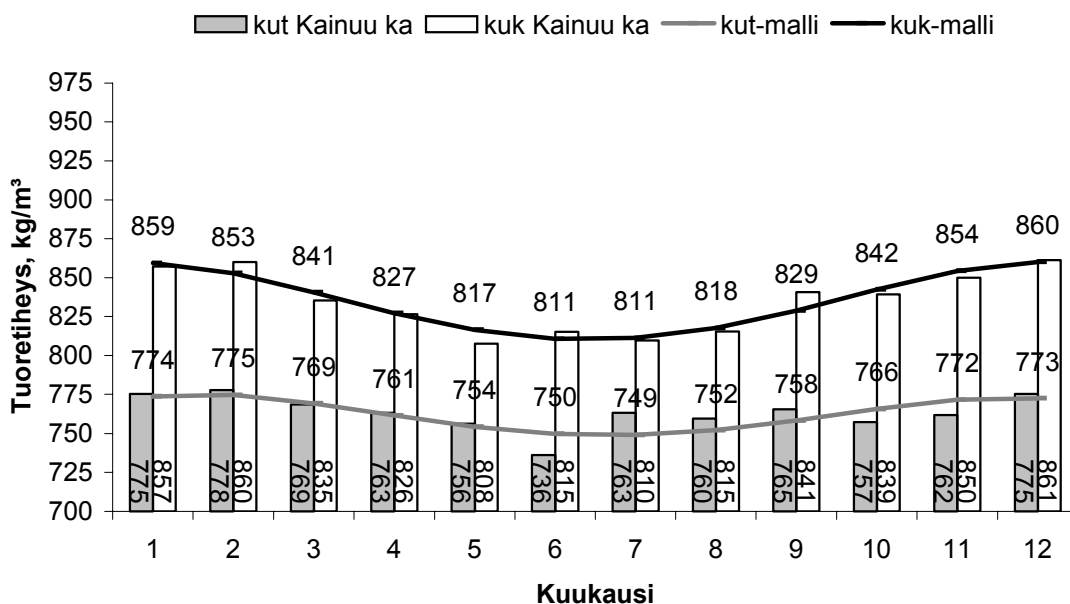


Kuva 7. Kuusitukin ja kuusikuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Pohjanmaalla.

3.2 Kuusitukki, kuusikuitupuu ja selluloosakuusi

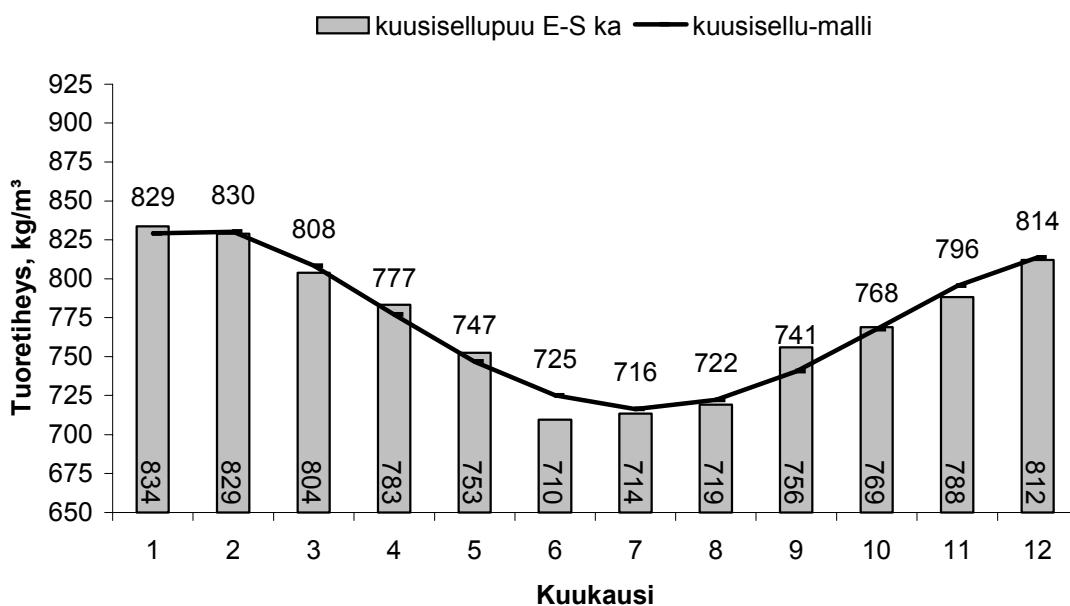
Kuusitukin otantamittausaineistoista oli mahdollista laskea tuoretiheysluvat Etelä-Suomen, Pohjanmaan ja Kainuu-Koillismaan alueille (kuvat 6–8). Erot alueiden tuoretiheyksien otoskeskiarvojen välillä olivat tilastollisesti merkitseviä. Kuusitukin tuoretiheys oli korkeimmalla tasolla

Kainuu-Koillismaa



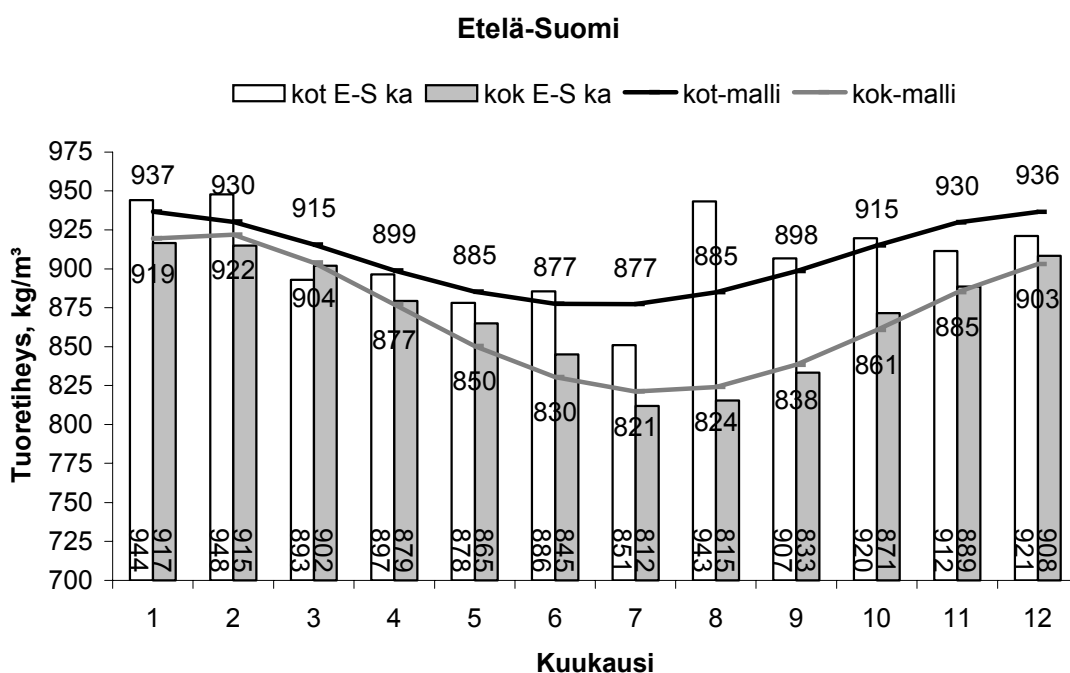
Kuva 8. Kuusitukin ja kuusikuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Kainuu-Koillismaan alueella.

Etelä-Suomi



Kuva 9. Selluloosakuusen tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Etelä-Suomessa.

Etelä-Suomen alueella ja alimmalla tasolla Pohjanmaalla. Vuodenajoittainen vaihtelu oli Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla on noin 30–35 kg/m³ ja Kainuu-Koillismaan alueella hieman vähäisempää, 20–25 kg/m³. Alueittaisen keskiluvut on esitetty liitteessä 1. Kuusikuitupuulla tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli suurempaa kuin kuusitukilla, 50–60 kg/m³ eri aluille (kuvat 6–8). Kuusikuitupuun tuoretiheys oli korkein Etelä-Suomessa ja Kainuu-Koillismaan alueella. Näiden alueiden otoskeskiarvojen ero oli vain 4 kg/m³, eikä ero ollut myöskään tilastollisesti



Kuva 10. Koivutukin ja koivukuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Etelä-Suomessa.

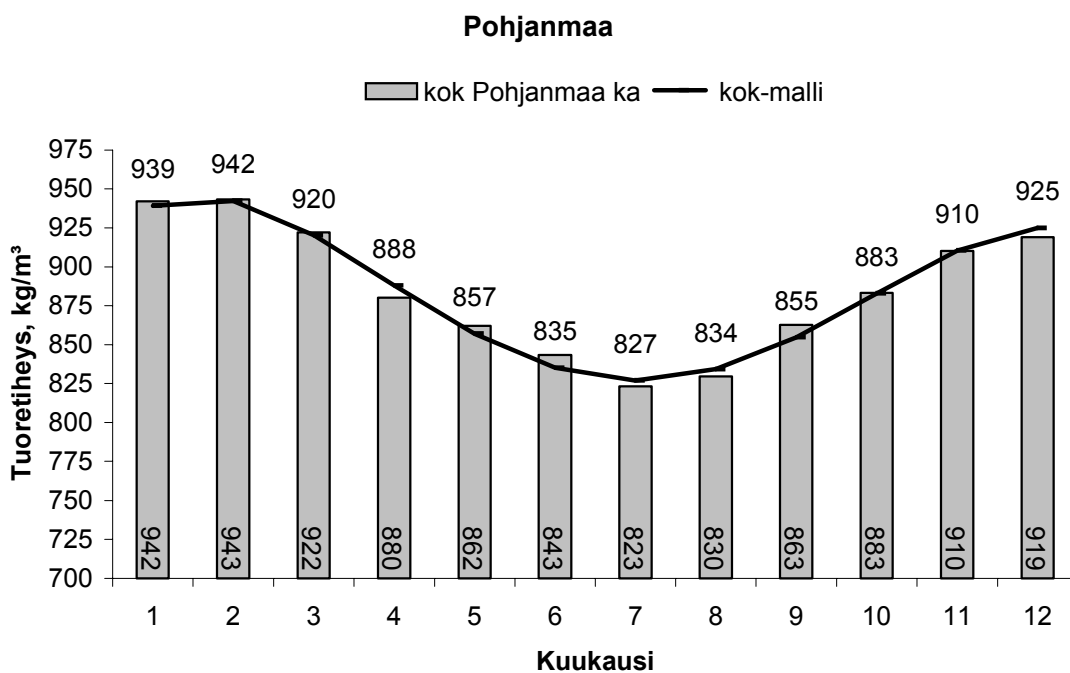
merkitsevä. Kainuu-Koillismaan tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli kuitenkin vähäisempää verrattuna Etelä-Suomeen, joten alueille laskettiin omat tuoretiheysmallit. Pohjanmaalla kuusikuitupuun tuoretiheys oli vajaat 20 kg/m³ alhaisempi kuin Etelä-Suomessa ja Kainuu-Koillismaan alueella. Etelä-Lapin alueelta kuusikuitupuun otantamittausaineisto koostui vain 190 havainnosta. Aineisto painottui lisäksi talvikuukausille vääristäen osaltaan alueen koko vuoden tuoretiheyden keskiarvoa. Aineisto ei ollut riittävä luotettavien tuoretiheyslukujen laskentaan Etelä-Lapin kuusikuitupuulle.

Selluloosakuusikuitupuun aineistoa oli ainoastaan Etelä-Suomen alueelta. Selluloosakuusen tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli suurta, yli 100 kg/m³. Koko vuodelle laskettu tuoretiheyden keskiarvo oli selvästi pienempi kuin hiomokuusikuitupuulla ja lähellä kuusitukin tuoretiheyttä (liite 1). Edellisestä voidaan päätellä, että kesäkuukausien aikana toimitettu selluloosakuusi on jo huomattavasti kuivunutta.

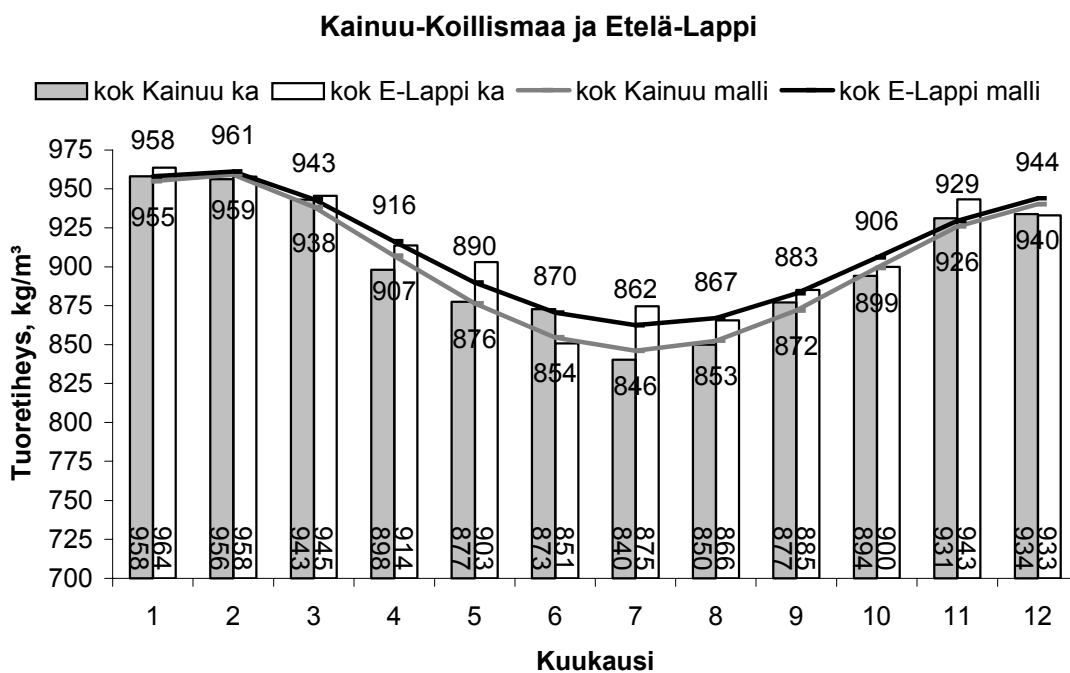
3.3 Koivutukki ja koivukuitupuu

Koivutukin aineistoa oli ainoastaan Etelä-Suomen alueelta, pääosin Lappeenrannan vaneritehtaalta. Aineiston tuoretiheyshavainnot jakautuivat kaikille vuodenajoille, mutta luotettavien tuoretiheyslukujen laskentaan aineisto oli liian pieni. Tuloksia voidaan pitää suuntaa-antavana (kuva 10).

Koivukuitupuun tuoretiheys oli sitä korkeampi, mitä pohjoisemmasta maantieteellisestä alueesta oli kysymys (kuvat 10–12). Etelä-Suomen koivukuitupuun tuoretiheys oli siten matalin. Etelä-Suomen ja Pohjanmaan otoskeskiarvojen ero oli 25 kg/m³ ja myöskin tilastollisesti merkitsevä. Vuodenajoittainen tuoretiheyden vaihtelu oli Etelä-Suomessa 90–100 kg/m³ ja Pohjanmaalla 100–110 kg/m³. Kainuu-Koillismaan alueella tuoretiheys oli keskimäärin 18 kg/m³ korkeampi kuin Pohjanmaalla, ja ero oli tilastollisesti merkitsevä. Kainuu-Koillismaan alueella tuoretiheyden vuodenajoittainen vaihtelu oli 100–110 kg/m³. Etelä-Lapin otoskeskiarvo oli vain 2 kg/m³ korkeampi kuin Kainuu-Koillismaan alueen, eikä ero ollut tilastollisesti merkitsevä. Etelä-Lapis-



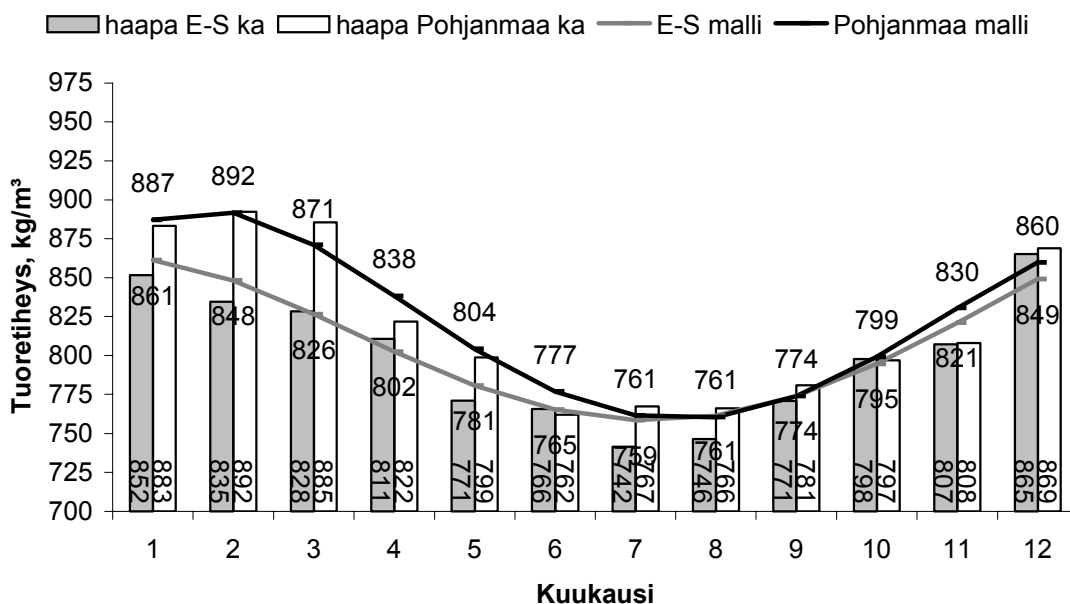
Kuva 11. Koivukuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomalli Pohjanmaalla.



Kuva 12. Koivukuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Kainuu-Koillismaan ja Etelä-Lapin alueilla.

sa koivukuitupuun tuoretiheyden vuodenaajoittainen vaihtelu oli kuitenkin hieman vähäisempää (90–100 kg/m³), joten alueille muodostettiin omat regressiomallit tuoretiheydelle. Aineistot olivat myös riittävän suuria luotettavien mallien laatimiselle.

Pohjanmaa ja Etelä-Suomi



Kuva 13. Haapakuitupuun tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot ja regressiomallit Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla.

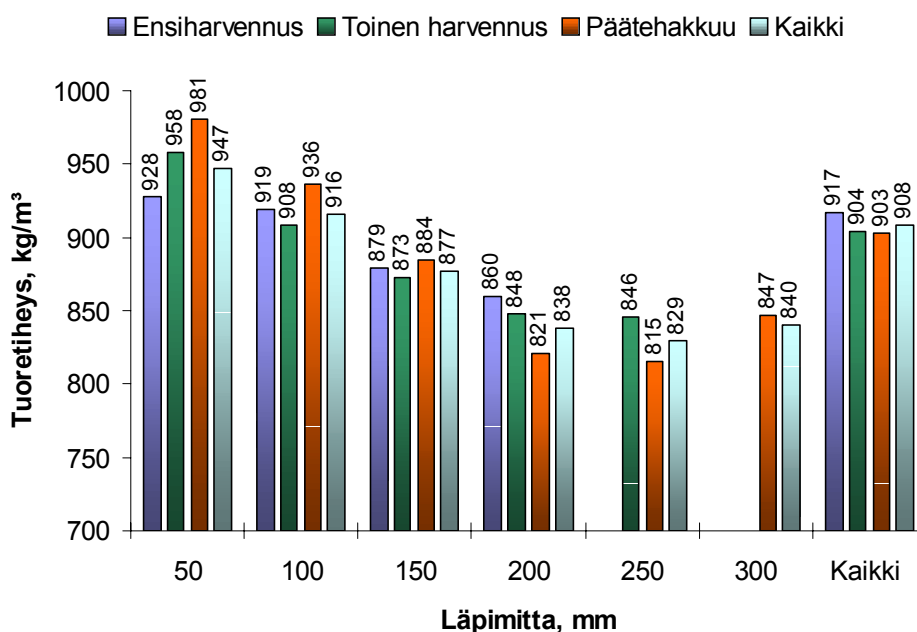
3.4 Haapakuitupuu

Haapakuitupuulle laskettiin erilliset tuoretiheyden regressiomallit Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla (kuva 13). Pohjanmaalla tuoretiheys oli keskimäärin 25 kg/m³ korkeampi kuin Etelä-Suomessa. Ero oli suurimmillaan talvi- ja kevätkuukausina. Tuoretiheyden vuodenajoinnainen vaihtelu Etelä-Suomessa oli 90–100 kg/m³ ja Pohjanmaalla 110–120 kg/m³.

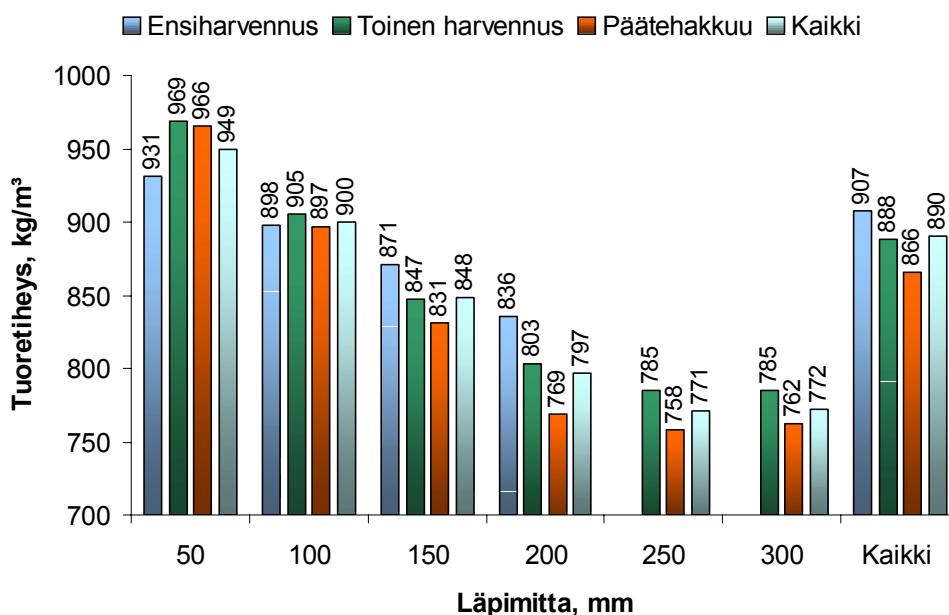
4 Tuoretiheyden taso ja vaihtelu kiekkonäyte-aineistoissa

Hakkilan ym. (2003) Metsäntutkimuslaitoksessa keräämien runkojen kiekkonäyteaineistojen perusteella tarkasteltiin tuoretiheyksiä läpimitan ja vuodenaajan mukaan, sekä rajoitetussa määrin puutavaralajin mukaan. Kuvassa 14 on tarkasteltu männyn tuoretiheyttä läpimitan ja hakkuutavan mukaan Etelä-Suomessa. Aineisto jakautui kohtalaisen tasaisesti kaikille vuodenaajoille. Vaikka männyn kuiva-tuoretiheys kasvaa läpimitan kasvaessa, käyttäytyi tuoretiheys täsmälleen päinvastaisesti. Tämä johtui pääosin kuivan sydänpuun osuuden lisääntymisestä läpimitan kasvaessa, mutta todennäköisesti myös pintapuun suuremmasta kosteudesta pienillä läpimitoilla. Kuusella tuoretiheyden vaihtelu läpimitan mukaan oli hyvin männyn kaltainen (kuva 15). Kuusen tuoretiheys oli keskimäärin noin 20 kg/m³ alhaisempi kuin männyn, mutta yksittäisissä läpimittaluokissa ero vaihteli muutamista kiloista aina lähes 70 kg/m³ saakka. Eri hakkuutapojen välillä ei tässä havaittu johdonmukaisia eroja kummallakaan puulajilla.

Kuvassa 16 on esitetty eri puutavaralajien tuoretiheydet vuodenajoinnain Etelä-Suomessa Hakkilan ym. (2003) aineistossa. Vuodenaikojen väliset erot tuoretiheydessä olivat eri puutavaralajeilla melko vähäisiä huomioon ottaen keskihajonnan suuruus. Aineiston voitiin katsoa sovel-



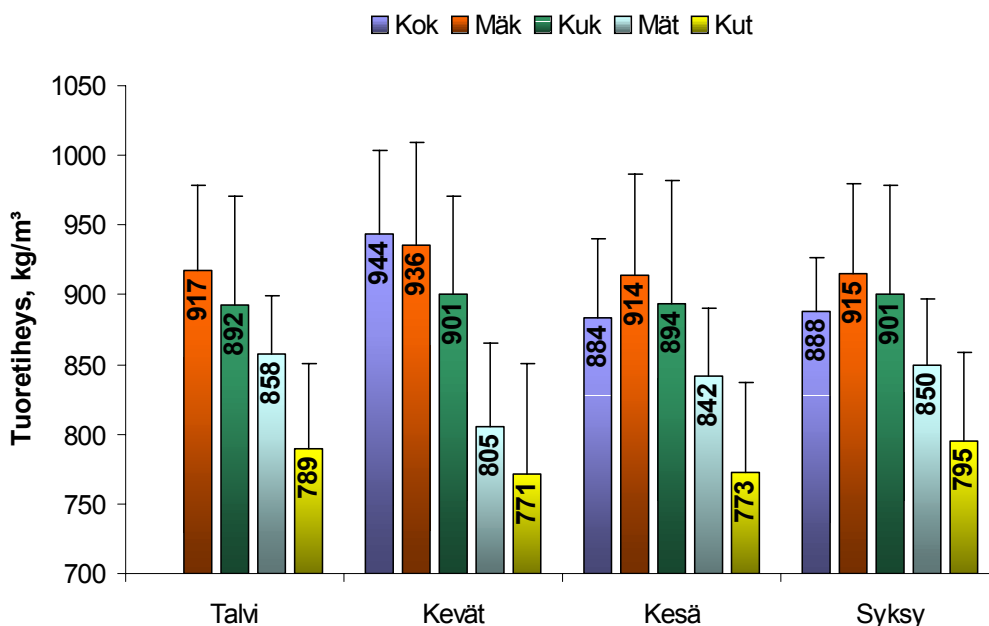
Kuva 14. Mäntykiekkonäytteiden tuoretiheyden keskiarvot läpimitan ja hakkuutavan mukaan Hakkilan ym. (2003) kiekkonäyteaineistossa Etelä-Suomessa.



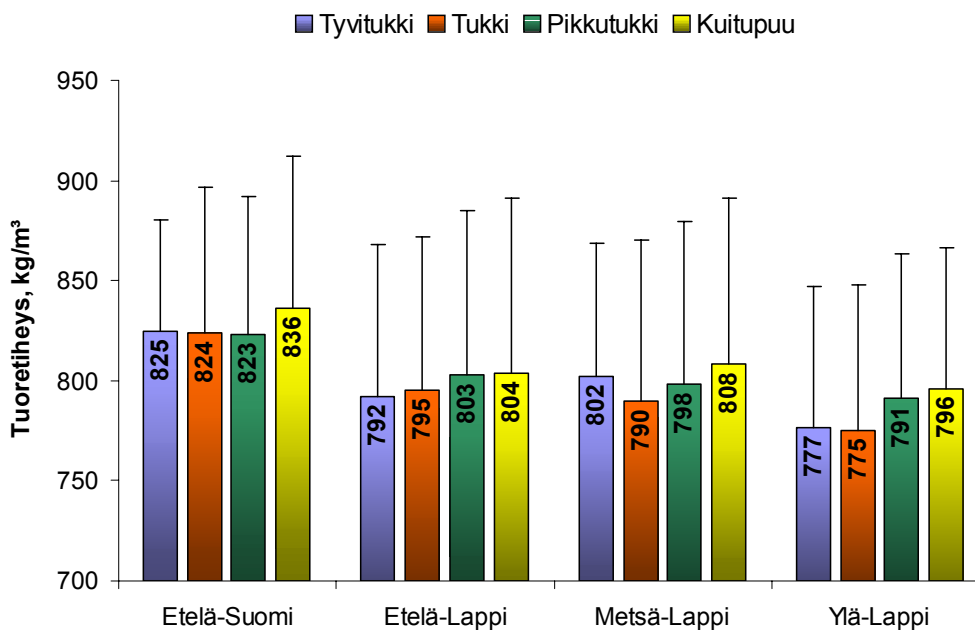
Kuva 15. Kuusikiekkonäytteiden tuoretiheyden keskiarvot läpimitan ja hakkuutavan mukaan Hakkilan ym. (2003) kiekkonäyteaineistossa Etelä-Suomessa.

tuvan huonosti vuodenaikojen välisten erojen tarkasteluun, sen sijaan puutavaralajien väliset erot ja tuoretiheyden taso ilmentyivät melko hyvin.

Grekinin Metsäntutkimuslaitoksessa keräämän kiekkonäyteaineiston perusteella tarkasteltiin männyn tuoretiheyden vaihtelua alueittain puutavaralajin (kuva 17) ja läpimitan (kuva 18) mukaan. Aineisto koostui kesällä ja syksyllä kerätyistä kiekkonäytteistä. Kuitupuun tuoretiheys oli kaikilla alueilla korkein. Sen sijaan tyvitukkien, muiden tukkien ja pikkutukkien väliset erot

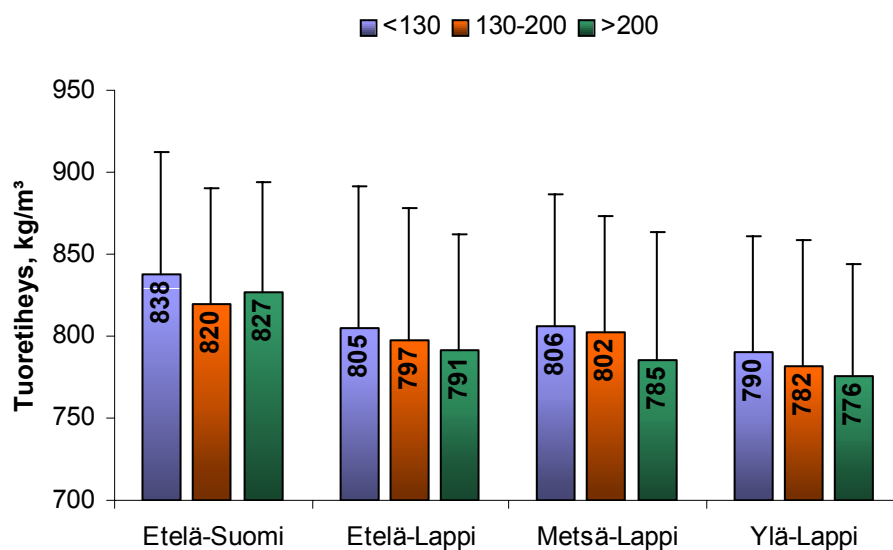


Kuva 16. Tuoretiheyden keskiarvot ja keskihajonnat puutavaralajeittain ja vuodenajoittain Etelä-Suomessa. Tulokset on laskettu Hakkilan ym. (2003) kiekkonäyteaineistosta.



Kuva 17. Männyn tuoretiheyden keskiarvot ja keskihajonnat alueittain ja puutavaralajeittain kesällä ja syksyllä. Tulokset on laskettu Grekinin kiekkonäyteaineistosta (Metsäntutkimuslaitos).

olivat vähäisiä ja osin epä johdonmukaisia. Varmoja päätelmiä pikkutukkien tuoretiheyden tasosta verrattuna normaalitukkeihin ja kuitupuuhun ei pystytty tekemään. Pikkutukit olivat aineistossa peräisin lähes pelkästään runkojen latvaosista, mikä myös vaikeuttaa tulosten soveltamista harvennusleimikoissa runkojen tyvi- ja välisosista peräisin oleviin pikkutukkeihin. Lapissa yleisilmiönä oli (latva) pikkutukkien korkeampi tiheys normaalitukkiin verrattuna.



Kuva 18. Männy tuoretiheyden keskiarvot ja keskihajonnat alueittain ja läpimittaluokittain kesällä ja syksyllä. Tulokset on laskettu Grekinin kiekkonäyteaineistosta (Metsäntutkimuslaitos).

5 Päätelmät

Nykyisin käytössä olevat tuoretiheysluvat on määritetty 1990-luvun alussa. Jo tuolloin niiden laatija arvioi kyseisten taulukoiden perustuvan puutteellisiin ja osin myös vanhentuneisiin aineistoihin. Sitten puunhankinnan toimintatavat ovat muuttuneet ja nopeutuneet siten, että puutavara kuljetetaan käyttöpaikalle aiempaa lyhyemmän aikavälin kuluttua hakkuusta. Toisaalta puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimusten voidaan olettaa muuttaneen apteerausta ja puutavaralajien kohdentumista eri rungon osiin ja siten vaikuttaneen myös tuoretiheyslukuihin. Erityisesti yleistyneet ns. erikoispuutavaralajit (pikkutukki, sahakuitu, ym.) ovat mahdollisesti vaikuttaneet perinteisten pääpuutavaralajien tuoretiheyksiin niillä leimikoilla, joilla ao. erikoispuutavaralajeja hakataan.

Tämän hankkeen keskeisenä tavoitteena oli tuottaa päivitysehdotus käytössä oleville tuoretiheystaulukoille sekä tutkia tuoreen ja puolikuivan kuitupuun ja erikoispuutavaralajien tuoretiheyttä. Tuoretiheyden vuodenajoittaisen ja kuukausittaisen vaihtelun ilmentäminen luotettavasti kullakin puutavaralajilla ja maantieteellisellä alueella vaati suuria aineistoja. Tuoretiheyslukujen laskennassa käytetyt puutavaran tehdasmittaajien otanta-mittausaineistot olivat erityisesti kuitupuun osalta riittäviä, tosin alueellista ja puutavaralajien välistä vaihtelua aineistojen määrässä oli paljon. Käytännössä kyseiset aineistot olivat kuitenkin ainoa keino hankkia riittävän suuria ja toisaalta tutkimusongelmaa kuvaavia ja edustavia, kuorma- tai nippukohtaisia tuoretiheysaineistoja.

Otantamittausaineistoa toimittaneiden mittausasemien määrää voitiin pitää kohtalaisen suurena ja kattavana. On kuitenkin todettava, että monien mittausasemien kohdalla otantamittausaineistot olivat pieniä, ja niiden hyödynnettävyys jäi heikoksi. Erityisesti tukeille pystyttiin laskemaan tuoretiheysluvat vain osalle maantieteellisistä alueista, mutta myöskään kuitupuulla ei täysin päästy maantieteelliseen kattavuuteen. Pikkutukkien ja muiden erikoispuutavaralajien otantamittausaineistoja ei ollut saatavissa tutkimuksen käyttöön. Tukkiaineistojen kuitupuuhun nähden vähäisempi määrä ja pikkutukkiaineistojen puuttuminen kokonaan johtui vaakalaitteiden vähäisyydestä erityisesti pikkutukkeja käyttävien sahalaitosten mittausasemilla. Silloinkin kun vaakalaitteita käytettiin, ei tilavuuden ja massan mittauksen tietoja aina ollut mahdollista kohdentaa

jälkeenpäin. Lisäksi pikkutukkeja kuljetetaan osin samoissa sekakuormissa järeämpien normaali-tukkien kanssa, jolloin erillisiä punnitustuloksia ei synny.

Tutkimuksen aikana kartoitettiin mahdollisuutta hankkia ja saada käyttöön eri toimijoiden paikallisissa erillisselvityksissä kerättyjä pikkutukkiaineistoja. Tuoretiheyden vaihtelua erikois-puutavaralajien osalta ei ole kuitenkaan laajemmalti selvitetty ja ongelmia aiheuttivat erillisselvi-tysten osalta puutteelliset ja dokumentoimattomat koejärjestelyt ja muuttujat sekä vanhentuneet tiedostoformaatit. Näin ollen mahdolliset aineistot eivät olleet jäljitettävissä. Johtopäätöksenä voidaan pitää, että alueellisesti ja ajallisesti edustavia pikkutukkiaineistoja on mahdollista saada ainoastaan erillisillä koejärjestelyillä.

Kuitupuun paino-ositemittauksessa puutavaraerälle määritetään painoluokka, jonka voi-massa olevaa tuoretiheyslukua käytetään erän tilavuuden laskennassa. Painoluokkien määritelmät vaihtelevat puutavaralajien ja toimijoiden mukaan, mutta perusteena voi olla esimerkiksi puutavaran kuivuusaste. Mihin painoluokkaan puutavaraerä asetetaan, määräytyy karkeasti kuor-man massan ja ns. pikakehystyksellä tehtävän tilavuuden mittauksen perusteella. Tämän tutki-muksen tuoretiheyslukujen laskennassa käytettiin pääosin tuoreeksi määritellyn kuitupuun otan-tamittaus tuloksia, mutta yhden mittausaseman kohdalla otantamittausaineistosta ei ollut mahdol-lista erotella puolikuivaksi tai tuoreeksi määriteltäviä havaintoja. Kuitupuun tuoretiheyksien tar-kastelu kuivumisasteen perusteella olisi vaatinut otantamittauksen ajankohdan lisäksi tiedon hak-kuuajankohdasta. Tämä olisi mahdollistanut tuoretiheyksien tarkastelun eri vuodenaikoina kui-vumisajan suhteen ja antanut perusteita tuoreen ja puolikuivan kuitupuun määrittelylle. Hakkuu-ajankohdan selvittäminen jälkeenpäin ei kuitenkaan ollut mahdollista.

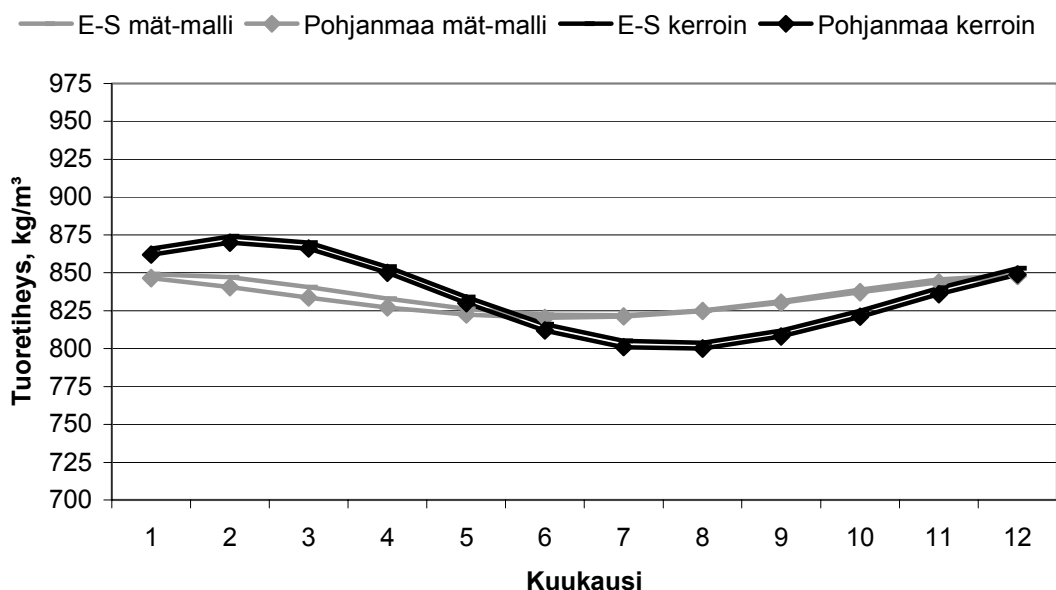
Otantamittausaineistot soveltuivat kohtalaisen hyvin tämän tutkimuksen tarpeisiin. Koska kyseessä olivat pitkän aikavälin takautuvasti kerätyt aineistot, ei toimintatapojen yhtenäistämistä, yhtenäistä ohjeistamista, valvontaa tai ylipäänsä tutkimuksen tavoitteiden huomioon ottamista voitu toteuttaa aineistojen keruussa. Tämän vuoksi kunkin tehdasmittauksen toimintamallit selvi-tettiin mahdollisimman tarkoin ennen tulosten laskentaa. Mahdollisia virhelähteitä ja aineistojen yhteensopivuutta estäviä tekijöitä olivat lähinnä puutavaralajien sekakuormien sisältyminen puu-lajipuhtaisiin aineistoihin sekä erilaiset käytännöt otantamittausnippujen ja –pölkkyjen lumivä-hennyksissä ja kuorilisäyksissä. Viime mainittuja tekijöitä ei täysin pystytty sulkemaan pois, mutta niiden vaikutusta laskettuihin alueittaisiin tuoretiheyslukuihin voidaan pitää vähäisenä.

Otantamittausaineistoista laskettiin tuoretiheyden kuukausittaiset keskiarvot. Lisäksi las-kettiin tuoretiheyden regressiomallit, joilla tasoitettiin aineistosta johtuvaa kuukausittaista keski-arvojen vaihtelua. Suurissa aineistoissa kuukausittaiset tuoretiheyden keskiarvot vakiintuivat ka-pealle luottamusvälille ja olivat lähellä regressiomallien tuottamia tuoretiheyslukuja. Tämän pe-rusteella valittu mallin muoto vastasi hyvin tuoretiheyden vuodenajoittaista vaihtelua. Regressio-malleilla laskettuja tuoretiheyslukuja voidaan pitää edustavampina keskiarvoihin nähden etenkin silloin, kun aineisto ei ole suuri. Toisaalta voidaan ajatella, että kuukausittaiset keskiarvot ottaisi-ivat malleja paremmin huomioon puunhankinnan ajalliset saumakohtat, joissa tehtaille toimitetun puutavaran ominaisuudet muuttuvat jyrkästi (mm. hakkuuajankohta, kuivumisaika).

Käytössä olevia ja tässä tutkimuksessa laskettuja tuoretiheyslukuja on verrattu kuvissa 19–23. Yhteisenä piirteenä oli pienempi vuodenajoittainen vaihtelu tässä tutkimuksessa liki kaikilla puutavaralajeilla. Tämä voi osittain johtua malleihin valittujen funktioiden muodoista. Tasoerot käytössä olevien ja tässä laskettujen tuoretiheyksien välillä olivat kuitenkin ilmeisiä.

Mäntytukilla tämän tutkimuksen tuoretiheydet olivat talvella ja keväällä alhaisempia kuin nykyisissä tuoretiheystaulukoissa, kesällä ja syksyllä erot olivat päinvastaisia (kuva 19). Vuosita-solla tuoretiheyden keskiarvot olivat samalla tasolla. Lasketut mäntytukin tuoretiheysluvat vasta-sivat myös kohtalaisen hyvin Hakkilan ym. (2003) aineistoista laskettuja tuloksia Etelä-Suomen mäntytukille. Pohjois-Lapin mäntytukille laskettiin tuoretiheydet yhdeltä sahalta kerätystä pie-nehköstä aineistosta. Kyseiset tuoretiheysluvat olivat huomattavasti alhaisempia kuin Grekinin

Etelä-Suomi ja Pohjanmaa



Kuva 19. Mäntytukin nykyisin käytössä olevat ja regressiomalleilla lasketut tuoretiheysluvat Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla.

(Metsäntutkimuslaitos) kiekkonäyteaineistoista lasketut tuoretiheydet. Pohjois-Lapin tuoretiheyslukuja voidaan pitää vain suuntaa-antavina.

Mäntykuitupuulle voitiin laskea tuoretiheysluvat Etelä- ja Pohjois-Lappia lukuun ottamatta, joista ei saatu puulajipuhtaita otantamittausaineistoja (kuva 20). Kolmella eteläisemmällä alueella erot nykyisiin tuoretiheystaulukoihin olivat odotettuja. Tässä lasketut tuoretiheydet olivat kesällä ja syksyllä selvästi korkeampia, minkä voidaan olettaa johtuvan lyhentyneistä puutavaran varastointi- ja kuivumisajoista.

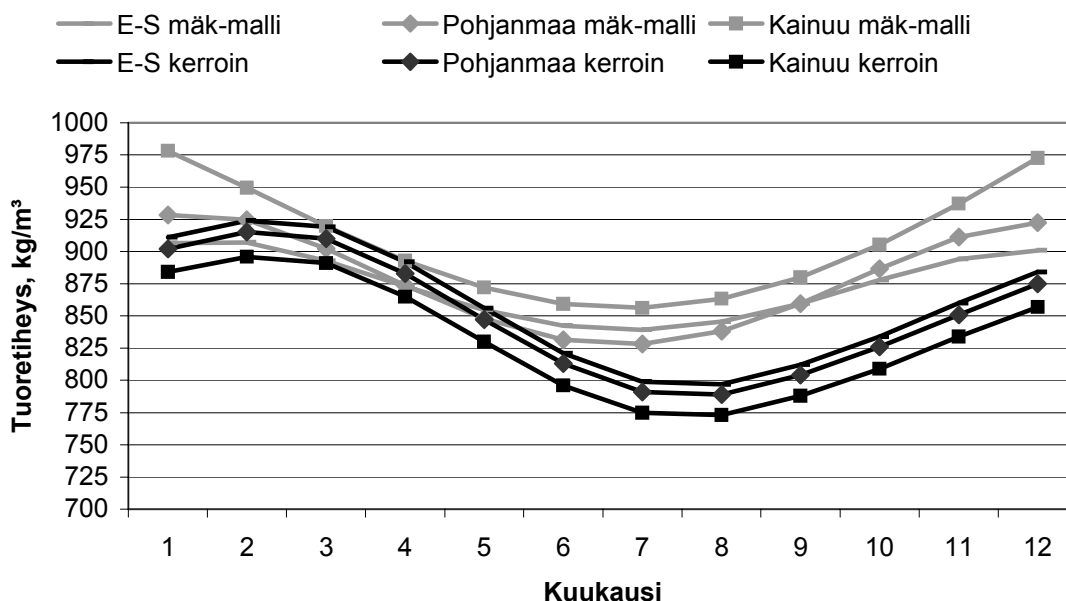
Kuusitukilla huomattavin poikkeama nykyisiin tuoretiheystaulukoihin oli selvästi alhaisemmat tuoretiheysluvat erityisesti talvella, mutta myös keväällä (kuva 21). Laskennassa käytetyt otantamittausaineistot sisälsivät sekä saha- että vaneritukkeja, joten ero ei johtunut eri käyttötarkoituksiin tarkoitettujen pölkkyjen ominaisuuksista ja epätasaisesta jakautumisesta aineistossa. Kiekkonäyteaineistoista lasketut tuoretiheydet olivat samalla tasolla kuin regressiomalleilla lasketut tuoretiheydet.

Samoin kuin kuusitukilla, kuusikuitupuulle lasketut tuoretiheysluvat olivat talvella ja keväällä selvästi alemmalla tasolla kuin nykyisissä tuoretiheystaulukoissa (kuva 22). Vastaavasti kesällä kuusikuitupuun tuoretiheys oli tässä tutkimuksessa korkeampi. Kuusikuitupuun vuodenaikainen vaihtelu oli melko vähäistä, mikä johtunee hiomokuusikuitupuun tiukoista tuoreusvaatimuksista. Tämä voitiin päätellä myös Etelä-Suomen alueelle laaditusta selluloosakuusikuitupuun tuoretiheysmallista, jossa vuodenaikainen vaihtelu oli kaksinkertaista hiomokuusikuitupuuhun verrattuna (kuva 9).

Koivutukilla on ollut käytössä yhdet tuoretiheysluvat koko maassa. Tässä tutkimuksessa koivutukin otantamittausaineistoa saatiin vain Etelä-Suomesta, eikä kiekkonäyteaineistoja ollut käytettävissä lainkaan. Näin ollen tulokset koivutukin osalta jäivät puutteellisiksi. Etelä-Suomen alueelle lasketut tuoretiheysluvat olivat kauttaaltaan käytössä olevia tuoretiheyslukuja alhaisempia.

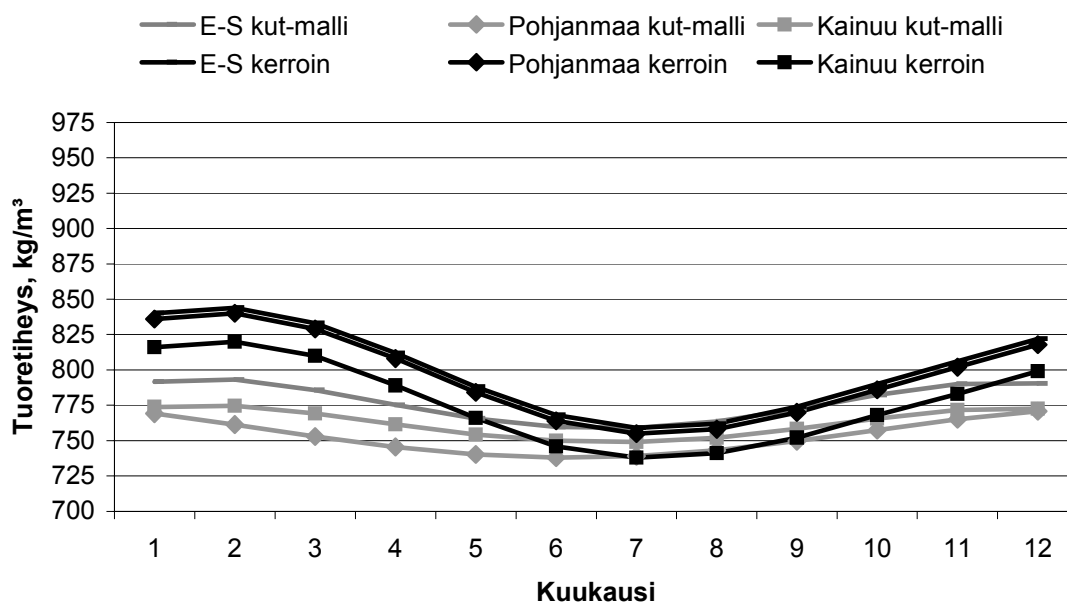
Tässä laskettujen tuoretiheysmallien muoto noudatti koivukuitupuulla kohtalaisen hyvin käytössä olevien tuoretiheysmalleja (kuva 23). Kuitenkin Etelä-Suomessa koko vuonna ja Poh-

Etelä-Suomi, Pohjanmaa ja Kainuu



Kuva 20. Mäntykuitupuun nykyisin käytössä olevat ja regressiomalleilla lasketut tuoretiheysluvut Etelä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Kainuussa.

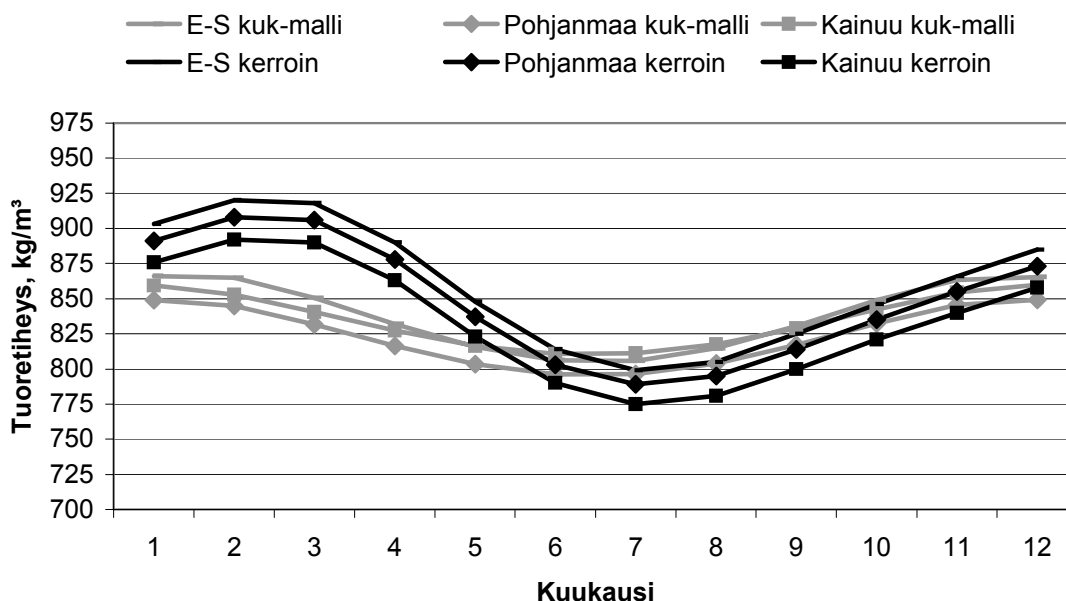
Etelä-Suomi, Pohjanmaa ja Kainuu



Kuva 21. Kuusitukin nykyisin käytössä olevat ja regressiomalleilla lasketut tuoretiheysluvut Etelä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Kainuussa.

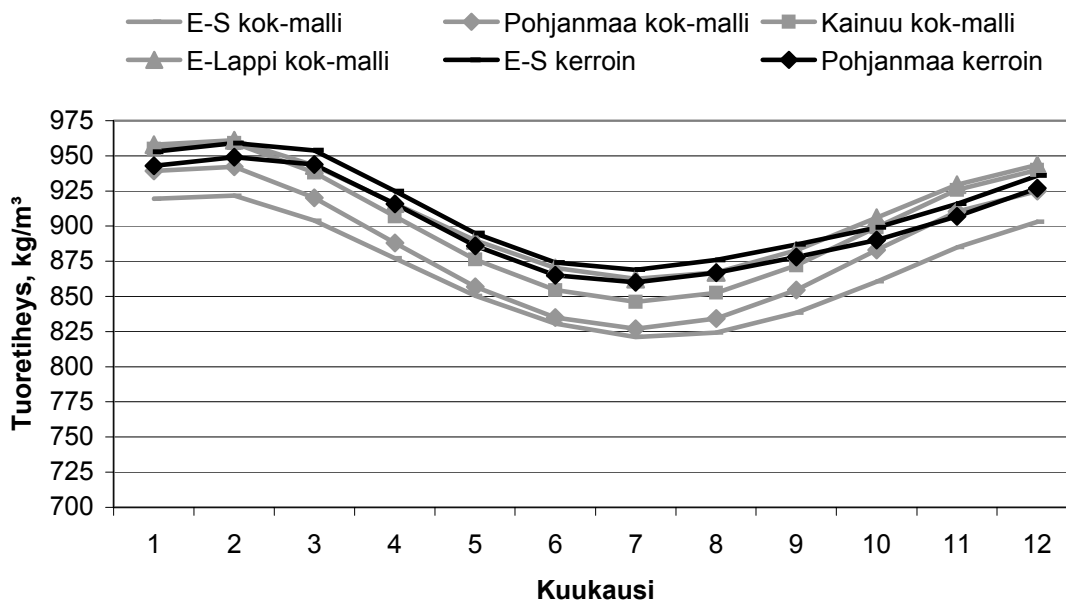
janmaalla keväällä ja kesällä tuoretiheysluvut olivat selvästi alempia kuin nykyisissä tuoretiheystaulukoissa. Poikkeamia oli myös eri alueiden välisissä tuoretiheyksissä, sillä tässä tutkimuksessa alhaisimmat tuoretiheysluvut saatiin Etelä-Suomessa ja korkeimmat Etelä-Lapissa. Ilmeisimmät erot koivukuitupuun ominaisuuksissa eri alueiden välillä ovat hies- ja rauduskoivun osuuksissa ja edelleen puuaineen keskimääräisessä kuiva-tuoretiheydessä sekä kuitupuun järeydessä. Nämä tekijät eivät kuitenkaan välttämättä tukeneet edellistä tulosta.

Etelä-Suomi, Pohjanmaa ja Kainuu



Kuva 22. Kuusikuitupuun nykyisin käytössä olevat ja regressiomalleilla lasketut tuoretiheysluvat Etelä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Kainuussa.

Etelä-Suomi, Etelä-Lappi, Pohjanmaa ja Kainuu



Kuva 23. Koivukuitupuun nykyisin käytössä olevat ja regressiomalleilla lasketut tuoretiheysluvat Etelä-Suomessa, Pohjanmaalla ja Kainuussa.

Metsäntutkimuslaitoksen keräämistä kiekkonäyteaineista laskettiin vertailuarvoja otantamittausaineistoista lasketuille tuoretiheysluvuille. Kyseiset kiekkonäyteaineistot eivät soveltuneet parhaalla mahdollisella tavalla tämän tutkimuksen tarpeisiin, sillä ne oli kerätty tavoitteiltaan erilaisissa puutieteen tutkimuksissa. Tulosten perusteella saatiin kuitenkin käsitys kaatotuoreen puutavaran tuoretiheyden tason vaihtelusta eri alueilla vuodenajoinnain. Eräiden puutavarylajien (ml.

pikkutukit) tuoretiheyksistä ei saatu luotettavia tuloksia. Kiekkonäyteaineistojen perusteella lasketut keskiluvut vastasivat kokonaisuudessaan melko hyvin otantamittausaineistoista laskettuja tuoretiheyksiä ja tukivat siten saatuja tuloksia.

Otantamittausaineistot eivät mahdollistaneet alueellisesti kattavien tuoretiheyslukujen laskemista. Oleellimmat puutteet jäivät koivutukin ja tietyillä alueilla mäntytukin ja mäntykuitupuun tuoretiheyslukuihin. Joissakin tapauksissa tulokset olivat vain suuntaa-antavia tai niissä esiintyi epäjohdonmukaisuutta. Tutkimussuunnitelmassa määritettyjen tehtävien lisäksi laskettiin havukuitupuun ja haapakuitupuun tuoretiheysluvut, joita arveltiin voitavan käyttää esimerkiksi puutaravaihdon apuvälineinä eri toimijoiden kesken.

Tuoreen ja puolikuivan kuitupuun määrittely jäi puutteelliseksi ja puolikuivalle kuitupuulle ei aineiston perusteella pystytty esittämään omia tuoretiheyslukuja. Tulokset koskivat nimenomaisesti tuoreeksi luokiteltua kuitupuuta. Muutamista pienistä osa-aineistoista laskettiin vertailuarvoja puolikuivaksi luokitellulle kuitupuulle. Näissä tuoreen ja puolikuivan kuitupuun ero tuoretiheydessä oli koivukuitupuulla keskimäärin noin 50 kg/m³ ja mäntykuitupuulla noin 80 kg/m³. Puolikuivan kuitupuun tuoretiheyksien laskeminen vähentämällä em. ero tuoreen kuitupuun tuoretiheysluvuista johtaa todennäköisesti vääriin lopputuloksiin ainakin joinakin vuodenaikoina. Koska painoluokan määräytyminen on ainakin osittain mittaaja- ja määrittelykohtaista, ei edellisistä arvioista ollut syytä tehdä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä tuoreen ja puolikuivan kuitupuun eroista.

Keskeiset jatkotutkimustarpeet ovat tässä raportissa esitetyjen taulukoiden täydentäminen siten, että alueellinen kattavuus saavutetaan eri puutavaralajeilla. Tärkeänä voidaan pitää myös tuoreen ja puolikuivan kuitupuun määrittelyn täsmentämistä ja puolikuivan kuitupuun tuoretiheyslukujen laskemista, vaikka puolikuivan kuitupuun osuus tullee edelleen pienenemään. Lisäksi tarve pikkutukkien ja mahdollisesti muiden erikoispuutavaralajien omille tuoretiheyslukuille on ilmeinen. Aluejakoon ja sen mahdolliseen uudelleen järjestelyyn tulisi palata; erityisesti Pohjois-Lapin alue on liian suuri aluekokonaisuus samojen tuoretiheyslukujen soveltamiselle. Näiden tietotarpeiden tyydyttämiseksi mahdollisesti tehtävien jatkotutkimusten tulee perustua yhtenäisen ennakkosuunnittelun ja ohjeistuksen mukaisesti kerättyihin seuranta-aineistoihin. Riittävien mittaus- ja taustatietojen saaminen edellyttää erityisjärjestelyjä tehdasmittaajien otantamittauksissa tai mahdollisesti täysin erillisiä koejärjestelyjä.

Lähteet

Hakkila, P., Saranpää, P., Kalaja, H. & Repola, J. 2003. Suomalainen havukuitupuun - laadun vaihtelu ja hallinta. Käsikirjoitus. 90 s.

Kärkkäinen, M. 1990. Puutavaran autokuljetusmaksut. Jaakko Pöyry Oy. Moniste 21 s.

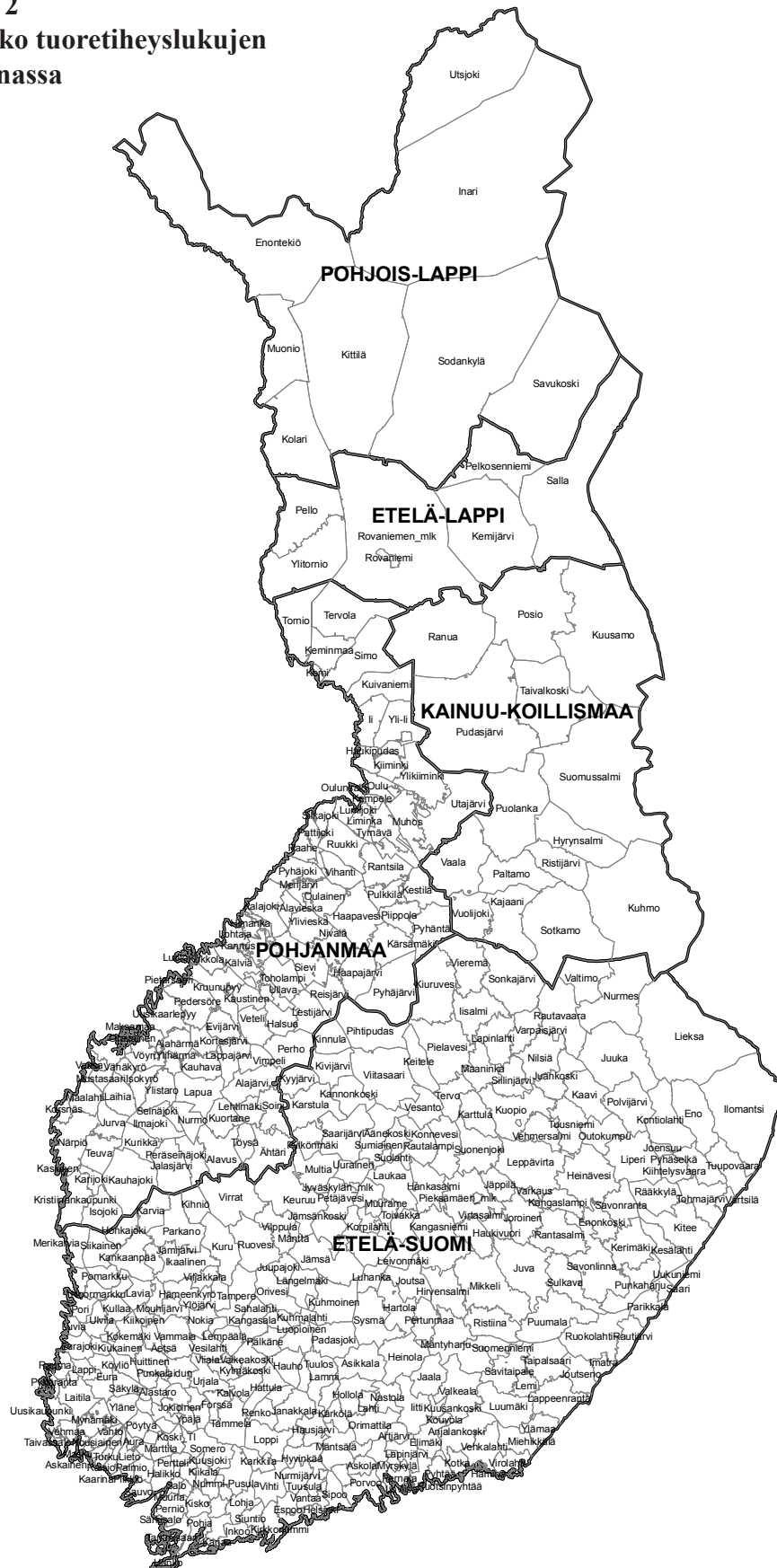
LIITE 1

Otantamittausaineistojen havaintojen määrät ja keskiluvut puutavaralajeittain ja alueittain.

	Puutavaralaji	lkm	Keskiarvo	Keskihajonta	%-osuus
Pohjois-Lappi	mäntytukki	117	731	47,8	1,8
	mäntykuitu	3	928	51,9	0,0
	kuusitukki	8	817	57,5	0,1
	kuusikuitu	2	878	1,4	0,0
	havukuitu	867	834	76,1	2,7
	koivukuitu	19	974	51,2	0,1
	yhteensä	1016	825	82,5	1,1
Etelä-Lappi	mäntytukki	41	868	61,8	0,6
	mäntykuitu	5	870	67,3	0,0
	kuusitukki	6	857	46,4	0,0
	kuusikuitu	190	828	51,8	2,8
	havukuitu	3056	856	72,2	9,4
	koivukuitu	1144	919	62,8	0,0
	yhteensä	4442	871	74,7	4,7
Kainuu-Koillismaa	mäntytukki	56	901	46,9	0,9
	mäntykuitu	385	916	66,4	3,6
	kuusitukki	1652	764	29,3	11,4
	kuusikuitu	677	841	49,1	9,9
	havukuitu	13861	879	70,6	42,6
	koivukuitu	3220	916	67,8	14,9
	haapa	11	921	103,6	1,0
yhteensä	19862	875	76,6	21,0	
Pohjanmaa	mäntytukki	2669	831	33,9	41,2
	mäntykuitu	5481	887	72,5	51,9
	kuusitukki	5171	754	35,0	35,8
	kuusikuitu	1857	828	51,0	27,0
	kuusikuitu sellu	75	787	93,8	8,0
	havukuitu	14713	881	77,7	45,3
	koivutukki	2	924	60,8	1,4
	koivukuitu	11290	898	69,8	52,4
	haapa	388	831	76,7	35,0
yhteensä	41646	864	81,8	44,0	
Etelä-Suomi	mäntytukki	3598	837	33,1	55,5
	mäntykuitu	4690	879	64,8	44,4
	kuusitukki	7597	779	36,5	52,6
	kuusikuitu	4144	845	55,1	60,3
	kuusikuitu sellu	867	789	90,8	92,0
	havukuitu	4	751	87,9	0,0
	koivutukki	138	926	46,8	98,6
	koivukuitu	5884	872	63,1	27,3
	haapa	709	809	82,0	64,0
yhteensä	27631	835	67,7	29,2	

Yhteensä 94 597 havaintoa.

LIITE 2
Aluejako tuoretiheyslukujen
laskennassa



LIITE 3 Ehdotus puutavaralajien uusiksi tuoretiheystaulukoiksi alueittain ja kuukausittain.**Mäntytukki**

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	849	846	–	–	751
2	847	841	–	–	749
3	841	834	–	–	743
4	833	827	–	–	735
5	826	822	–	–	728
6	822	820	–	–	724
7	822	821	–	–	724
8	825	825	–	–	727
9	831	830	–	–	733
10	839	837	–	–	741
11	846	844	–	–	748
12	849	848	–	–	751

Mäntykuitupuu

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	907	928	978	–	–
2	907	925	949	–	–
3	893	902	920	–	–
4	873	874	893	–	–
5	855	848	872	–	–
6	842	831	859	–	–
7	839	828	856	–	–
8	845	838	863	–	–
9	860	859	880	–	–
10	878	887	905	–	–
11	894	911	937	–	–
12	901	922	973	–	–

Havukuitupuu

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	–	901	901	883	866
2	–	914	914	877	861
3	–	901	901	858	846
4	–	878	878	836	828
5	–	854	854	818	811
6	–	837	837	808	799
7	–	832	832	808	795
8	–	840	840	819	799
9	–	857	857	838	810
10	–	879	879	861	826
11	–	895	895	879	844
12	–	892	892	884	859

LIITE 3 b**Koivutukki**

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	937	–	–	–	–
2	930	–	–	–	–
3	915	–	–	–	–
4	899	–	–	–	–
5	885	–	–	–	–
6	877	–	–	–	–
7	877	–	–	–	–
8	885	–	–	–	–
9	898	–	–	–	–
10	915	–	–	–	–
11	930	–	–	–	–
12	936	–	–	–	–

Koivukuitupuu

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	911	939	955	958	–
2	912	942	959	961	–
3	895	920	938	943	–
4	871	888	907	916	–
5	847	857	876	890	–
6	828	835	854	870	–
7	820	827	846	862	–
8	822	834	853	867	–
9	835	855	872	883	–
10	855	883	899	906	–
11	878	910	926	929	–
12	896	925	940	944	–

Haapakuitupuu

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	861	887	–	–	–
2	848	892	–	–	–
3	826	871	–	–	–
4	802	838	–	–	–
5	781	804	–	–	–
6	765	777	–	–	–
7	759	761	–	–	–
8	761	761	–	–	–
9	774	774	–	–	–
10	795	799	–	–	–
11	821	830	–	–	–
12	849	860	–	–	–

LIITE 3 c**Kuusitukki**

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	792	769	774	–	–
2	793	761	775	–	–
3	786	753	769	–	–
4	775	745	761	–	–
5	766	740	754	–	–
6	760	738	750	–	–
7	759	739	749	–	–
8	764	743	752	–	–
9	772	750	758	–	–
10	782	757	766	–	–
11	790	765	772	–	–
12	790	771	773	–	–

Kuusikuitupuu

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	866	849	859	–	–
2	865	845	853	–	–
3	851	832	841	–	–
4	832	816	827	–	–
5	816	803	817	–	–
6	806	796	811	–	–
7	806	796	811	–	–
8	815	804	818	–	–
9	831	817	829	–	–
10	849	832	842	–	–
11	864	845	854	–	–
12	865	849	860	–	–

Selluloosakuusi

Kuukausi	tuoretiheys, kg/m ³				
	Etelä-Suomi	Pohjanmaa	Kainuu-Koillismaa	Etelä-Lappi	Pohjois-Lappi
1	829	–	–	–	–
2	830	–	–	–	–
3	808	–	–	–	–
4	777	–	–	–	–
5	747	–	–	–	–
6	725	–	–	–	–
7	716	–	–	–	–
8	722	–	–	–	–
9	741	–	–	–	–
10	768	–	–	–	–
11	796	–	–	–	–
12	814	–	–	–	–