

Eetu Orsjoki

Eukalyptuspuiden kehämittäus kou- rakasoista

Stora Enso Guangxi, Kiina

Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma




Huhtikuu 2012

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 4.4.2012
Tekijä Eetu Orsjoki		Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous
Nimeke Eukalyptuspuiden kehämittaus kourakasoista		
Tiivistelmä Stora Enso Guangxi (SEGX) on muodostunut tarve kehittää kiintotilavuuden määrittämenetelmä, jota voidaan käyttää palstalla olevien puutavaran kourakasojen mittauksessa. Tutkimuksessa kehitettiin pienille eukalyptuspuun kourakasoille soveltuvaa mittausmenetelmää. Aineisto kerättiin Stora Enson Guangxi yksikössä Kiinassa. Tutkimus suoritetaan otantamenetelmänä. Tutkimuksessa mitattiin kourakasasta pölkkyjen pituus, minkä jälkeen mitattiin kehän pituus kasan keskeltä. Kehän pituuden mittaamisen jälkeen kasa hajotetaan yksittäisiksi pölleiksi. Jokaisen pöllin tilavuus mitataan, jotta saadaan oikea kiintotilavuus. Pöllien kiintotilavuuden mittaamiseksi mitattiin yksittäisestä pöllistä kolme läpimittaa. Kun pöllit on kuutioitu ja laskettu yhteen, saadaan kasan todellinen kiintotilavuus. Tällöin voidaan kaavan avulla laskea yhden kasan tilavuuskerroin. Tutkimuksessa mitattiin 105 kourakasaa ja yli 4000 pölkkyä. Tilavuuskertoimeksi saatiin 0,085, kun halutaan katkaistun sylinterin mukainen tilavuus ja 0,086 kun halutaan kiinalainen kuorettoimaan latvaläpimittaan perustuva tilavuus.		
Asiasanat (avainsanat) Eukalyptuspuu, Kehämittaus		
Sivumäärä 19s. + liitt. 7s.	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2012A6639
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Timo Leinonen		Opinnäytetyön toimeksiantaja Stora Enso Guangxi

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 4.4.2012
Author Eetu Orsjoki	Degree programme and option Degree Programme in Forestry	
Name of the bachelor's thesis Ringmeasurement of eucalyptus trees in grapple heap size piles		
Abstract <p>Stora Enso Guangxi (SEGX) needs to develop a method for the determination solid volume, which can be used to measurement of grapple heap size piles of wood. A future study will develop a measurement method for a small eucalyptus grapple heap size piles on the harvesting site. The data will be collected in Stora Enso Guangxi unit in China.</p> <p>The research is carried out in the sampling method. The study measures the length of the logs in grapple heap size piles and then the circumferential length in the middle of the pile. When the length of the circumference is measured the heap will be broken into individual logs. The volume of each log will be measured, in order to obtain the correct solid volume. To measure the solid volume of the logs there will be three measuring's of the diameter of one log. When the logs are measured and calculated, it's obtained a grapple heap size pile real solid volume. This will allow the formula to calculate the coefficient factor of a single grapple heap size pile. The study measured 105 grapple heap size piles, and more than 4,000 pieces of logs. Volume of Volumetric coefficient of 0.085 was obtained when you want cut cylinder, and 0.086 when you want a Chinese volume.</p>		
Subject headings, (keywords) Eucalyptustree, Ringmeasurement		
Pages 19p. + app. 7 p.	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2012A6639
Remarks, notes on appendices		
Tutor Timo Leinonen	Bachelor's thesis assigned by Stora Enso Guangxi	

SISÄLTÖ

KUVAILULEHDET

1	JOHDANTO	1
2	KEHÄMITTAUS	2
	2.1 Johdanto	2
	2.2 Kehämittauksen ajanmenekki	2
3	EUKALYPTUS PUU	3
4	MENETELMÄN TEOREETTISET PERUSTEET	5
	4.1 Kehän pituuden mittaaminen	5
	4.2 Pituuden luottamusväli ja otanta	6
	4.3 Kourakasan kiintotilavuuden laskenta	7
5	AINEISTON KERÄÄMINEN	9
6	TULOKSET	12
	6.1 Tulokset kuoren kanssa	12
	6.2 Kiinalainen tilavuuden laskenta	14
7	POHDINTA	17
	LÄHTEET	19
	LIITTEET	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE 1. Kaikki kourakasat	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE2. Kourakasat kehän pituuden mukaan	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE 3. Kaikki kourakasat kiinalaisen tilavuuden mukaan	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE 4. Kaikki kourakasat laskettuna kiinalaisen mallin mukaan ja jaoteltuna kehän pituuden mukaan	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE 5. Kourakasojen mittausohjeet. ...	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE 6. Tuloksien keräyslomake ja laskentalomake	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	LIITE 7. Maastossa kerättävien tuloksien lomake ja Excel laskentapohja	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa kehitettiin eukalyptuspuutavaran kourakasojen kiintotilavuuden mittausmenetelmä, jota voidaan käyttää metsurien palkan laskennassa. Menetelmänä käytetään kehämittausta, jonka ensimmäisenä kehitti Suomessa Matti Kärkkäinen vuonna 1979. Tuohon aikaan oli tarve nopealle ja tarkalle hakkuualueella tapahtuvalle mittaukselle, jota hakkuumiehet pystyivät käyttämään. Kehämittausmenetelmää tarvittiin metsurien urakkapalkkojen maksuun, kun puutavara jäi metsävarastoon odottamaan metsäkuljetusta. Maa- ja metsätalousministeriö vahvisti kehämittauksen mittausmenetelmäksi vuonna 1991. Kehämittaus on nykyisin Suomessa vähän käytetty mutta edelleen voimassa oleva menetelmä.

Tutkimuksessa tutkittiin kehämittaus nimisen mittausmenetelmän käyttömahdollisuutta Stora Enso Guangxi olosuhteissa. Kiinassa puuta korjataan vielä huomattava määrä manuaalisesti ja erittäin vaikeissa olosuhteissa. Toimijat haluavat tietää paljonko puuta hakkuualueilta korjataan. Tutkimuksen tuloksien kerääminen suoritettiin Stora Enso Guangxi yksikön hakkuualueilta Kiinassa ja tuloksien keräämisestä ja laskennasta vastasi opinnäytetyön tekijä.

Kehämittausmenetelmässä jokaisesta kourakasasta mitataan pölkkyjen keskeltä kourakasan kehän pituus. Kehän pituus mitataan reunimmaisen pölkyn alapinnan tasosta kourakasan toisella puolella olevan reunimmaisen pölkyn alapinnan tasoon. Kertomalla saatu kehän pituuden neliö tutkimuksessa saadulla kertoimella saadaan alue, joka vastaa kourakasan poikkileikkauspintaa. Kun poikkileikkauspinta-ala kerrotaan pölkkyjen otannalla todettavalla keskipituudella, saadaan kourakasan kiintotilavuus. Tutkimuksen kertoimet ovat laskettu 105 kourakasan perusteella, jotka sisältävät 4057 pölkkyä. Tutkimuksessa testattiin myös ulkoisten tekijöiden vaikutusta, kuten pölkyn koon ja kasan koon vaikutusta kehäkertoimeen.

2 KEHÄMITTAUS

2.1 Johdanto

Kuitupuun luovutusmittauksessa käytetään pinomittausmenetelmää. Mutta toisinaan halutaan tietää puutavaran tilavuus jo aikaisemmin, jotta metsureille voidaan maksaa tehdystä työstä palkka. Ennen kehämittausta puutavaraa mitattiin pölkky menetelmällä mutta se on todettu työlääksi ja sen mittaustarkkuutta on epäilty. Kehämittaus korvasi myöhemmin pölkky menetelmän. (Halinen 1985, 2.)

Vuonna 1979 Markku Kärkkäinen kehitti kehämittauksen metsäpalstalla oleville kourakasoille. Tiettävästi tuohon aikaan on yritetty soveltaa pinomittausmenetelmää kourakasoille. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu tällaista käyttöä varten.

2.2 Kehämittauksen ajanmenekki

Halinen (1985) tutki kehämittauksen ajanmenekkiä Enso-Gutzeit Oy:n työmailla. Tutkimuksessa mitattiin 197 kasaa, jotka sijaitsivat harvennushakkuilla ja puutavara tehtiin n. 3 metrin pituuteen.

Halisen (1985) tutkimuksessa huomattiin, että kasan koon kasvaessa myös ajanmenekki kasaa kohti kasvaa. Syyksi huomattiin kehän mittauksen hidastuminen. Kuitenkin puutavaran tilavuutta kohti ajan menekki laskee, sillä yhdellä kehän pituuden mittauksella saatiin enemmän puutavarantilavuutta. Tutkimuksessa myös selvitettiin, montako prosenttia metsurin työajasta kuluu kehämittauksen suorittamiseksi. Tulos oli, että metsurin työajasta n. 10 % kului mittaukseen.

Eukalyptuskourakasojen keskimääräinen koko oli $755 \text{ dm}^3/\text{kasa}$. Vaihteluväli oli $75 - 3728 \text{ dm}^3/\text{kasa}$. Mikäli kourakasan keskimääräinen koko on $755 \text{ dm}^3/\text{kasa}$, niin Halisen tutkimuksen mukaan kuutio voidaan mitata n. 2,5 minuutissa. Tulos ei ole suoraan verrattavissa tämän tutkimuksen tuloksiin, sillä Halisen (1985) tutkimuksessa kourakasasta mitattavia tunnuksia oli enemmän.

3 EUKALYPTUS PUU

Maailmassa on yli 700 eukalyptuslajia(*Eucalyptus*) ja se on yksi vanhimmista puulajiryhmistämme. Sen tiedetään kasvaneen jo 50 miljoonaa sitten. Eukalyptus esiintyy luonnonvaraisena Australiassa ja Tasmaniassa, jossa sitä kutsutaan kumipuuksi. Laji on kestävä ja se viihtyy subtrooppisilla ja trooppisilla alueilla, joilla on kosteat talvet ja kuivat kesät. Laji tunnetaan nykyisin plantaasipuuna, jota viljellään tuottavimmin Etelä-Amerikassa. (Eucalyptus tree.)

Puuplantaasien määrän on arvioitu kasvavan joka vuosi noin miljoonan hehtaarin verran. Puuplantaasien pääalueet sijoittuvat maantieteellisesti monilta osin samoille alueille, joilla sijaitsee merkittäviä luonnon monimuotoisuusarvoja. Näitä alueita ovat, Brasilian sademetsät, Sumatran-alanko- ja vuoristometsät sekä Kaakkois-Kiinan trooppiset ja subtrooppiset ikivihreät lehtimetsät. Puuviljelmiin ja niiden tuotantolaitoksiin liittyy monesti myös maanomistuskiiostoja, kiistoja alkuperäisasukkaiden maa- oikeuksista tai paikallisasukkaiden kokemia erilaisia ympäristöhaittoja. (WWF, Suomen raportti metsäteollisuusyritysten yritys vastuusta.)

Eukalyptus voi kasvaa matalana pensaana tai hyvinkin suurena puuna. Eukalyptuspuut voidaan jakaa neljään kokoluokkaan ja kolmeen tapaan kasvaa. Metsäpuut ovat yksirunkoisia ja muodostavat ikään kuin kruununmuotoisen latvuksen aivan puun latvaan. Maapuut ovat yksirunkoisia mutta erotuksena metsän puihin voivat muodostaa oksia koko rungon matkalta. Malleesit ovat monirunkoisia puita, eli pensaita. Malleesit ovat alle 10 m korkeita ja muodostavat kruunun runkojen kärkiin. Marlock puut ovat malleesien tavoin pienikokoisia mutta muodostavat paksun rungon kuin malleesit. Erona malleeseihin on myös se, että ne eivät muodosta myöskään eräänlaista juuripaukkua, niin kuin pensaillla on tapana. (Gruett, eucalyptus trees.)

Eukalyptuspuut kasvavat n. 10 m – 60 m pitkiksi luonnossa. On kuitenkin tavattu yli 100m pitkiä eukalyptuspuita, eukalyptus onkin yksi maailman pisimmistä puulajeista. (Eucalyptus trees.)

Eukalyptuslehdet ovat kenguruiden ja koalakarhujen pääsääntöistä ravintoa. Eukalyptuslehtiä voidaan myös käyttää hyväksi aromaterapiassa, minkä vuoksi niistä valmistetaan saippuaa ja hajuvettä. Eukalyptuksen öljyä käytetään deodoranteissa ja hyönteis-

karkotteissa. Lehdistä voidaan myös uuttaa lääkitteollisuuden hyödykkeitä ja muodostaa tuotteita, kuten kurkkulääkettä ja särkyvoiteita. Voiteet parantavat haavat, taistelevat infektiota vastaan ja rauhoittavat kipeitä lihaksia. Tuotteilla voidaan myös lievittää tulehdusta ja kuumetta. Suurina määrinä nautittuna eukalyptus voi olla keholle myrkyllistä. Eukalyptus voi aiheuttaa myös allergisia reaktioita. (Eucalyptus trees.)

Eukalyptuspuun kukat ovat valkoisia, vaaleanpunaisia, punaisia ja keltaisia riippuen lajista. Kukat kasvavat ryhmissä, joka muistuttaa puuterihuiskua. Eukalyptuskukat tuottavat mettä, jota käytetään pääasiallisena lähteenä Australialaiselle hunajalle. Puu houkuttelee vahvalla aromillaan ja värikkäillä kukillaan lintuja ja perhosia luokseen. Lehdet tuottavat vahamaista öljyä, joka estää kuumina kesinä lehtiä haihduttamasta liikaa vettä. Sama vahan tuoksu houkuttelee paikalle myös mehiläisiä.

(Eucalyptus trees.)

Maailman sellumarkkinoilla eri puulajit kilpailevat keskenään. Eukalyptusmassalla on etuna koivuun verrattuna suurempi saanto mikä johtuu eukalyptuksen suuresta selluloosapitoisuudesta ja pienestä hemiselluloosapitoisuudesta. Eukalyptus sellua käytetään hienopapereihin, sekä koivun tapaan taivekartonkeihin. (Kokkonen 2011, 36.) Eukalyptuksen puuaineen pääsääntöinen käyttökohde on selluteollisuus. Teknisiltä ominaisuuksiltaan eukalyptus on parempaa sellupuuta kuin esimerkiksi koivu tai mänty, koska eukalyptuksen saanto on näitä puulajeja korkeampi. Useat yritykset ovatkin siirtäneet tehtaitaan lähemmäs eukalyptusplantaasialueita. Onkin oletettavissa että paperiteollisuus keskittyy tulevaisuudessa kehittyville alueille Etelä-Amerikkaan ja Aasiaan, joissa paperin kulutus on kasvanut jo vuosien ajan. (Kokkonen 2011, 36.) Viimeisimpänä vahvistuneena investointina on Stora Enson 1,6 miljardia maksava sellu- ja kuluttajakartonkitehdas eteläiseen kiinaan Beihain kaupunkiin. Investointiin kuuluu 450 000 tonnia vuodessa valmistava kartonkikone ja 900 000 tonnia valmistava sellutehdas. Tehdas aloittaa tuotantonsa vuoden 2014 lopulla.

(Kauppalehti, Kiina imee: Stora Ensolta miljarditehdas Aasiaan.)

Eukalyptusöljyä saadaan tislaamalla lehdet. Sen öljyssä olevan aromin avulla voidaan tuottaa kolmentyyppisiä jatkotuotteita. Tuotteita ovat lääkkeet, hajurvedet ja teollisuuden tuotteet. Näistä tuotannollisesti ja kaupallisesti suurin on lääkkeet. Lääketyypin öljyä voidaan myydä sellaisenaan mutta yleensä siitä tuotetaan suihkeita, imeskelytabletteja, kurkkupastilleja ja lihaksia rentouttavia voiteita. Eukalyptuksesta valmistetaan

myös hengitysvaikeuksista kärsiville ihmisille inhalaattoreita tai rintaan hierottavia voiteita, jotka helpottavat hengitysvaikeuksista kärsiviä ihmisiä. Lehdistä saatavan öljyn viimeisin valtaus on suuhygieniä. Markkinoille tulleita tuotteita ovat hammas-tahnat ja suuvedet. Eukalyptuksen käyttöhajuveteollisuudessa vähenee tulevaisuu-
dessa. (FAO, eucalyptus oil.)

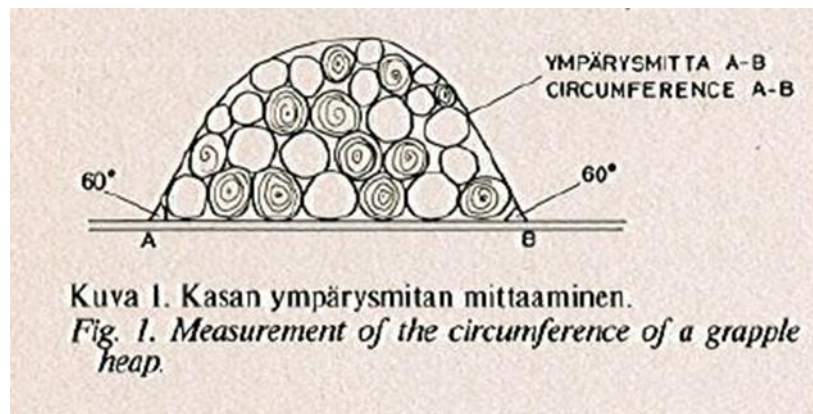
Eukalyptus hunajaa valmistetaan pääsääntöisesti Australiassa ja Yhdysvalloissa. Eukalyptus puu on tuotu Australiasta Yhdysvaltoihin ja nykyään maassa onkin yli 500 eri eukalyptuslajia. Eukalyptuslajikkeiden runsauden vuoksi on hyvin vaikeaa seurata, minkä puun mettä mehiläinen kerää ja näin kuvailla hunajan koostumusta Yleensä eukalyptushunajaa kuvaillaan maultaan hieman yrttimäiseksi, siinä mukana on ripaus mentolia. Se ei ole yhtä makea ja karamellimainen kuin muut hunajamaut. Hunaja soveltuu hyvin käyttäväksi mustan teen ja yrttiteen makeutusaineena. Hunajalla on arveltu olevan terveydellisiä vaikutuksia, vaikka niitä ei ole pystytty todistamaan. Monet ihmiset käyttävät eukalyptus hunajaa reumatismin, noidannuolen, nyrjähdysten ja lihasjäykkyyden lääkkeenä. (Eucalyptus Honey.)

4 MENETELMÄN TEOREETTISET PERUSTEET

Kehämittauksen lähtökohtana on olla tarkka, nopea ja helposti käytettävä. Menetelmän tarkkuus luodaan jo tutkimusvaiheessa, jossa määritetään tarkat kertoimet poikkipinta-alan laskemiseksi. Nopeus ja helppous tulevat lähtökohdasta, että kehämittauksessa ei mitata kuin kourakasaa kohti vain yksi tunnus ja pituus määritellään otannalla.

4.1 Kehän pituuden mittaaminen

Kehämittaus perustuu puoliympyrän muotoisen alueen määrittämiseen kehän pituuden ja tilavuuskertoimen perusteella, joka kerrotaan otannassa saadulla pölkkyjen keskimääräisellä pituudella. Eli toisinsanoin puolikkaan lieriön tilavuus kerrotaan tilavuuskertoimella, joka määritetään tutkimuksessa.



KUVA1. Kasan ympärysmittan mittaaminen (Kärkkäinen 1979, 6).

Kehämittauksessa suuruutta kuvaava tunnus mitataan kourakasan keskeltä. Kärkkäinen kirjoittaa (1974b) mukaan tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvassa männytpölkkyjen kuutioinnissa, on edullisempaa mitata pölkyn läpimitta keskeltä kuin molemmista päistä ja käyttää lukujen keskiarvoa yksittäisen pölkyn tilavuuden laskennassa. Näin ollen sopiva kehämittauksen tunnus olisi myös kourakasan keskikohdasta mitattava kehän pituus kuin molemmista päistä mitattavat tunnuksat ja näiden keskiarvo. (Kärkkäinen, 5.) Kehämittauksessa kasan muoto ja tiiviys voivat vaihdella, mikä on tämän mittausmenetelmän heikkous. Onkin oletettava, että kun Kiinassa puut ladotaan käsin asettuvat ne toistensa lomiin ja muodostavat täten kiinteän puoliympyrämäisen muodon. Metsäntutkimuslaitos (1975) on tutkinut kehittäessään pinomittaus-ta pinon ominaisuuksien vaikutusta. Yksi pinoon vaikuttava ominaisuus on ladontatapa. Käsin ladottujen pinojen pinotiheys oli männyllä 65,4 %; kuusella 66,5 % ja koivulla 56,5 %. Eukalyptuskourakasojen pinotiheys oli keskimäärin 53,7 %, eli hieman pienempi kuin suomalaisella koivulla.

4.2 Pituuden luottamusväli ja otanta

Kiinassa puu pääsääntöisesti katkotaan 2,6 m pituuteen. Ainoastaan yhdellä työmaalla puut hakattiin 2 m pituuteen. Metsurilla on käytössä pituuden mittaamista varten määrämittaan katkottu keppi. Kepin avulla metsuri mittaa pöllin pituuden katkonnan yhteydessä. Otantakoon määrittystä varten mitattiin ensimmäiseltä työmaalta 555 pölkyn pituus ja laskettiin keskiarvo ja keskihajonta. Keskiarvoksi saatiin 2,61 ja keskihajonaksi saatiin 0,04.

Luottamusväli lasketaan seuraavasti (Heikkilä 1998, 105):

$$\pm t * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \approx \bar{x} \pm t * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- \bar{x} = Keskiarvo
- t = valittua luotettavuustasoa vastaava t-jakauman arvo (95 % = 1,96)
- σ = Keskihajonta
- n = Otoskoko

Kaava 1. Luottamusvälin laskenta. (Tilastollinen tutkimus, 105)

95 %:n luotettavuustasolla saadaan luottamusväliksi 2,60907 \bar{x} 2,616443. Voidaan huomata, että pituuden vaihtelu on erittäin vähäistä. Näin ollen voidaan käyttää 2,6 m pölkkyjen keskiarvona laskettaessa kourakasan tilavuutta. Oletettavaa on, että katkottaessa 2 m pituuteen pituuden vaihtelu on yhtä pientä.

Otoskoko lasketaan seuraavasti (Heikkilä 1998)

$$n = \frac{t^2 * s^2}{d^2}$$

- n = Otoskoko
- t = valittua luotettavuustasoa vastaava t-jakauman arvo (95 % = 1,96)
- d = sallittu otantavirhe
- s = mitattavan tunnuksen keskihajonta

Kaava 2. Otoskoon laskenta.

4.3 Kourakasan kiintotilavuuden laskenta

Oletetaan siis, että kourakasan poikkileikkaus on puoliympyrän muotoinen, joten sen pinta-ala on seuraavan kaavan 3 mukainen. Kaavassa A on poikkileikkauksen pinta-ala ja r on puoliympyrän säde.

Puoliympyrän pinta-ala lasketaan seuraavasti (Kärkkäinen 1979, 5):

$$A = \frac{\pi r^2}{2}$$

- A = Pinta-ala
- π = Pii
- r = Säde

Kaava 3. Puoliympyrän pinta-alan laskenta

Kun ympyrän kehän puolikas x on πr , säde r on x/π . Kun tämä sijoitetaan kaavaan 3, saadaan puoliympyrän pinta-ala kehän puolikkaan avulla laskettuna:

$$A = \left(\pi \left(\frac{x}{\pi} \right)^2 \right) / 2$$

Kaava 4. Puoliympyrän pinta-ala kehän puolikkaan avulla.

Poistetaan sulut, niin saadaan lopullinen kaava:

$$A = \frac{x^2}{2\pi}$$

- A = Pinta-ala
- π = Pii
- r = Säde

Kaava 5. Poikkileikkaus pinta-alan laskenta kehän pituuden avulla.

Kaavasta 5 voidaankin päätellä, että kasan kiintotilavuutta vastaava poikkipinta-ala saadaan kertomalla kehänpituuden neliö otoksesta estimoidulla kertoimella I . (Kärkkäinen 1979, 5)

5 AINEISTON KERÄÄMINEN

Kesällä 2011 kerättiin aineisto Stora Enso Guangxi hakkuutyömailta. Aineistoa oli tarkoitus hyödyntää uuden mittausjärjestelmän kehittämisessä. Aineisto kerättiin 4:ltä eri työmalta, jotka kaikki olivat avohakkuita. Kaikkiaan 105 kuormakasaa ehdittiin mittaamaan aikavälillä 27.4–31.8.2011 ja näiden joukossa oli 4 eri eukalyptuskloonina, jotka kaikki sijaitsivat eri hakkuualueilla. 80 kuormakasaa olivat DH32-29 kloonina ja nämä oli mitattu Zhakoussa. 16 kuormakasaa oli Urophylla x Grandista ja nämä kloonit sijaitsivat Guipinissa. 6 kuormakasan kloonina oli 201 ja nämä olivat mitattu Taoyuanissa. 3 kuormakasan eukalyptusklooneja ei tunnustettu, nämä sijaitsivat Shivanissa. Kaikkien työmaiden pölkyt oli katkottu 2,6 m:n pituisiksi.

Jokaisesta kuormakasasta mitattiin pituus, jotta kuormakasan keskeltä voitiin mitata kehän pituus. Pituuden mittaamiseksi kasasta määritetään pölkyjen pää kummastakin kuormakasan päästä. Alla olevissa kuvissa kuvataan kuormakasan pituuden mittausta.



KUVA 2. Kuormakasan pään määrittäminen tyvipäästä.



KUVA 3. Kuormakasan pään määrittys latvapäästä.

Kuormakasan pituuden mittaamisen jälkeen voitiin kuormakasan puolesta välistä mitata kehän pituus. Kehän mittaamisen aloituspiste ja lopetuspiste sijaitsevat reunimmaisena puun alapinnan tasolla kuvan 1. osoittamalla tavalla.



KUVA 3. Kasan ympäysmitan mittaaminen.

Kun kehä oli mitattu, niin määritettiin kasan absoluuttinen kiintotilavuus. Absoluuttisen kiintotilavuuden määrittämiseksi kuormakasa täytyi purkaa, jotta jokainen pölli voitiin yksitellen mitata. Kuormakasan mittausta suoritettiin metsurinmitalla ja jokaisen pöllin läpimitta mitattiin millimetrijaollisilla mittasaksilla. Mittaamisessa yleensä toimittiin työpareittain. Toinen mittasi arvoja ja toinen keräsi tuloksia lomakkeelle.

Tuloksien kerääminen oli suhteellisen hidasta ja työtunteja vievää, koska mittaustuloksien keruussa vaadittiin kaksi henkilöä. Tuloksien keräämisestä nopeampaa olisi tehnyt esimerkiksi elektroniset mittasakset, jolloin työn olisi voinut suorittaa yksi henkilökin. Tulokset kerättiin lomakkeelle (liite 6.), joka oli tehty ja tulostettu ennen metsään lähtemistä. Päivän/mittauksen lopuksi lomakkeeseen kerätyt tiedot siirrettiin Excel-taulukkoon, joka laskee jokaiselle kourakasalle tilavuuden ja tilavuuskertoimen.

Oikean kiintotilavuuden laskennassa käytettiin katkaistun ympyräkartion kaavaa jossa mitattiin jokaisesta pöllistä kolmesta kohtaa läpimitta (tyveltä, keskeltä ja latvasta). Kaava 6. kuvaa katkaistun ympyräkartion kaavaa. Kaavassa V kuvaa tilavuutta, L pituutta, D_1 läpimittaa tyveltä, D_2 läpimittaa keskeltä ja D_3 latvasta. Tulokset laskettiin myös kiinalaisen mittaustekniikan, eli kuorettoman latvaläpimitan mukaisiksi. Stora Enso Guangxi on olemassa kuoriprosentti muutamille eukalyptuslajeille. Lopuille laskettiin otannalla kuoriprosentti mittaamalla kuorellinen ja kuoreton latvaläpimitta. Näitä käyttämällä saatiin jokaiselle pölkylle kuoreton latvaläpimitta.

Katkaistun ympyräkartion tilavuus lasketaan seuraavasti (Matematiikan tietosanakirja)

$$V = \frac{\pi L(D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2)}{3} + \frac{\pi L(D_2^2 + D_2 D_3 + D_3^2)}{3}$$

- V = Tilavuus
- L = Pituus
- D_1, D_2, D_3 = Läpimitta tyveltä, keskeltä ja latvasta

Kaava 6. Katkaistun ympyräkartion kaava.

6 TULOKSET

Kuten edellä on jo todistettu, kertomalla kehän pituuden neliö tilavuuskertoimella, voidaan laskea kourakasan poikkileikkauspinta-ala, joka kerrotaan pölkkyjen keskipituudella, jolloin saadaan kourakasan kiintotilavuus. Keskimääräinen pöllin pituus saadaan korjuualueelta otannalla. Tutkimuksessa laskettiin eukalyptuskourakasoille tilavuuskerroin. Tulokset ovat kahdessa muodossa, kuorellisena ja kuorettomana. Kuoreton tulos tarvitaan kiinalaisen tilavuuden mittausta varten.

6.1 Tulokset kuoren kanssa

Seuraavat tulokset mitattiin kuoren kanssa:

- Liitteessä 1 näkyvät tutkimuksen kaikki kourakasat.
- Liitteessä 2 tulokset on jaettu keskimääräisen pöllin koon mukaan.

Liitteessä 1 on ilmoitettu kaikki kourakasat ja niiden mittaustulokset. Ensimmäisessä sarakkeessa on kourakasan koodi, jonka perusteella voitiin jäljitellä kyseinen kasa paperille kerätyistä tuloksista. Toisessa sarakkeessa on kourakasan pituus. Pituutena käytetään määrämittaista 2,6m tulosta. Kolmannessa sarakkeessa on kehän pituus, joka jokaisesta kourakasasta on mitattu. Neljännessä sarakkeessa on absoluuttinen tilavuus, joka on saatu laskemalla kaikkien kourakasassa olevien pöllien tilavuus yhteen. Viidennessä sarakkeessa on kourakasalle saatu tilavuuskerroin. Kymmenennessä sarakkeessa on kehämittausten menetelmällä saatu kourakasan tilavuus.

Taulukossa 1 on liitteen 1 yhteenveto. Tuloksista nähdään, että tilavuuskerroin on 0,085. Verrattuna Kärkkäisen (1979) laskemiin tuloksiin, on tulos lähellä havupuun kehäkerrointa, joka on 0,086. Keskihajonnaksi tuli 0,013, joka taas verrattuna Kärkkäisen tulokseen on hieman suuri, koska Kärkkäisen laskema keskihajonta koivulle on 0,011. Tilavuuden ero kehämittausten menetelmän ja yksittäisten pölkkyjen välillä on 3,9 %. Kun käytetään kaavaa 2, jolla voidaan määrittää otoskoko kuormakasoille 95 % todennäköisyydellä ja 3 % virheellä. (Metla – Otantamittaus). Otokooksi saadaan 100 kourakasaa ja kun tutkimuksessa on mitattu 105 kourakasaa, niin voidaan todeta että tutkimus on laajuudeltaan riittävä. Käyttämällä kaavaa 1 voidaan selvittää kertoimen luottamusväli. 95 % todennäköisyydellä voidaan sanoa, että kerroin on välillä 0,083 ja 0,087.

TAULUKKO 1. Kaikki tulokset.

	Tilavuus	k	Pöllien koko	Latvaläpimitta	Kehämittaustilavuus	Pöllien määrä	Pinoteheys
Keskiarvo	0,755	0,085	0,0218	9,0651		38,64	54 %
Summa	79,298				82,351	4057	
Erotus					3,9 %		
Keskihajonta		0,013		0,0012729			

Kärkkäinenkin (1979) huomasi tutkimuksessaan tehdessään regressioanalyysiä 633 kourakasalle, että vahvasti tuloksiin vaikuttavaa ulkoista selittäjää ei ole. Tässä tutkimuksessa suoritettiin myös 105 eukalyptuskourakasalle regressioanalyysi. Selittävinä tekijöinä käytettiin kehän pituutta, keskimääräistä latvaläpimittaa ja keskimääräistä pölkyn kokoa. Vahvasti tuloksiin vaikuttavaa ulkoista selittäjää ei myöskään tässä tutkimuksessa havaittu. Alla on mainittu Pearsonin korrelaatiokertoimen tuloksia.

TAULUKKO 2. Ulkoisten tekijöiden riippuvuus.

k ja keskimääräinen latvaläpimitta	0,26
k ja keskimääräinen pölkyn koko	0,29
k ja kehän pituus	-0,24

Tarkasteltaessa tuloksia erilaisissa jaotelmissa, voidaan kuitenkin huomata, että tulokset parantuvat, kun tulokset jaetaan kehän pituuden mukaan. Kourakasat jaettiin alle 1 metrin luokkaan, 1 - 2 metrin luokkaan, 2 - 3 m luokkaan ja 3 - 4 m:n luokkaan ja yli 4m luokkaan. Tilavuuksien ero kehämittauksella saadun tilavuuden ja yksittäisten pölkkyjen tilavuuden välillä on 1,4 %. Painotetulla keskiarvolla laskettaessa kaikkien luokkien keskihajonnat saadaan keskihajonnaksi 0,0122. Keskihajonta on hieman pienempi kuin kaikkien kourakasojen yhteisen tilavuuskertoimen.

Kuitenkaan tilavuuskertoimien käyttö erikokoisilla kourakasoilla ei ole soveliaista. Kun 105 kourakasa jaettiin 5 luokkaan, niin valitettavasti otos ei ole kyllin kattava luotettavan tilavuuskertoimen määrittämiseen. Kuitenkin tulokset antavat viitteitä siitä, että kyseisillä kertoimilla on mahdollisuus laskea tarkemmin ja luotettavammin, kuin

pelkällä yhdellä kertoimella. Esimerkkinä jos lasketaan luokan $k = 2 - 3$ m, jossa on 51 kourakasaa ja jonka keskihajonta on 0,012, otannan koko kaavalla 2, niin saadaan otoskooksi 94 kourakasaa.

	Absoluuttinen tilavuus (m^3)	k	Tilavuus kehämittaus menetelmällä (m^3)
Summa	79,3		80,5
Erotus %			1,4 %
Keskihajonta		0,012	

TAULUKKO 3. Kehän pituuden mukaan jaettujen tulosten yhteenveto.

$k < 1$ m	0,094
$k 1-2$ m	0,083
$k 2 - 3$ m	0,084
$k 3 - 4$ m	0,084
$k > 4$ m	0,076

TAULUKKO 4. kehäkertoimet kehän pituuden mukaan.

6.2 Kiinalainen tilavuuden laskenta

Kiinalaisen kuorettoman latvaläpimitan tulokset seuraavissa liitteissä:

- Liitteessä 3. Kaikki kourakasat kiinalaisen tilavuuden mukaan.
- Liitteessä 4. Kaikki kourakasat laskettuna kiinalaisen mallin mukaan ja jaoteltuna kehän pituuden mukaan

Koska yritys työskentelee Kiinassa, niin tulokset tarvitaan myös kiinalaisella kuoretomaan latvaläpimitaan perustuvalla mittausmenetelmällä laskettuna. Kiinalaiset käyttävät yksittäisen pöllin laskennassa kuoretonta latvaläpimitaa ja laskevat tilavuuden käyttäen heidän omaa kaavaansa. Aineiston mittaamisessa asia huomioitiin siten, että niistä hakkuutyömaista joiden eukalyptuslajikkeista Stora Ensolla ei ollut tietoa kuoriprosentista, mitattiin osasta pölkyistä kuorellinen ja kuoreton latvaläpimita. Näin ollen voitiin laskea kuoriprosentti, jolla laskea kuorivähennys kuorelliseen läpimitaan.

Liitteestä löytyvät tulokset kiinalaiselle tilavuudenlaskentamallille. Kiinalaisen tilavuuden laskentamallin tilavuuskerroin on 0,086. Kaava 7 on kiinalaisen tilavuuden laskukaava, jos läpimitta on yli 12cm ja kaava 8 on laskukaava, jos läpimitta on alle 12cm. Kiinalaisen tilavuuden laskukaavan mukaan myös läpimitan lähtöarvot on pyöristettävä 1 cm ja pituuden lähtöarvot 20cm tarkkuuteen. Kaavat ovat peräisin kiinalaisesta puutavaran tilavuuden laskentakirjasta. Kaava 9 on kuorivähennyksen kaava. Kuorivähennyksen kaava toimii siten, että tietyllä kuoriprosentilla ja tietyllä läpimitalla voidaan laskea kuorellisesta latvaläpimitasta kuoriosuus, joka vähennetään kuorellisesta latvaläpimitasta, jolloin saadaan kuoreton latvaläpimitta. Kaava 9 on peräisin Stora Enso Guangxi arkistosta.

Kiinalainen yksittäisen pöllin tilavuuden laskentakaava läpimitan ollessa yli 12cm (Puutavaran mittauksen käsikirja):

$$V = 0,7854 * L * D + 0,5 * L + 0,005 * L^2 + 0,000125 * L * 14 - L^2 * (D - 10)^2$$

- L = Pölkyn pituus
- D = Pölkyn kuoreton latvaläpimitta

Kaava 7. Tilavuuden laskentakaava, kun latvaläpimitta on yli 12 cm.

Kiinalainen yksittäisen pöllin tilavuuden laskentakaava läpimitan ollessa alle 12cm (Puutavaran mittauksen käsikirja):

$$V = 0,7854 * L * (D0,45 * D + 0,2)^2/10000$$

- L = Pölkyn pituus
- D = Pölkyn kuoreton latvaläpimitta

Kaava 8. Tilavuuden laskentakaava, kun latvaläpimitta on alle 12 cm.

Kuorivähennys lasketaan seuraavasti:

$$D_k = D - (D - \sqrt{D^2 * 0,01 * (100 - K)})$$

- D_k = Pölkyn kuoreton latvaläpimitta
- D = Pölkyn kuorellinen latvaläpimitta
- K = Kuoriprosentti

Kaava 9. Kuorivähennyksen kaava

Taulukossa 4. On liitteen 3 yhteenveto. Tuloksista nähdään, että tilavuuskerroin on 0,086. Verrattuna tässä tutkimuksessa katkaistun sylinterin laskettuihin tuloksiin, on tulos hieman suurempi. Keskihajonnaksi tuli sama 0,013, joka taas verrattuna Kärkkäisen tulokseen on hieman suuri, koska Kärkkäisen laskema keskihajonta koivulle on 0,011. Tilavuuden ero absoluuttisen tilavuuden ja kehämittausten välillä on 3,8 %.

TAULUKKO 4. Kaikkien tuloksien yhteenveto

	Absoluuttinen tilavuus (m ³)	k	Tilavuus kehämittausten menetelmällä (m ³)
Keskiarvo	0,76	0,086	
Summa	80,3		83,3
Erotus			3,8 %
Keskihajonta		0,013	

Tulokset jaettuna kehän pituuden mukaan. Erotus absoluuttisen tilavuuden ja kehämittausten menetelmän välillä pienenee, samoin kun k kertoimen keskihajonta. Edelleen kuitenkin on mainittava, että otoskoon pienuuden vuoksi menetelmää ei voi suositella käytettäväksi.

TAULUKKO 5. Kehän pituuden mukaan jaettujen tulosten yhteenveto.

Keskiarvo	Absoluuttinen tilavuus (m ³)	k	Tilavuus kehämittaustavalla (m ³)
Summa	80,3		81,1
Erotus			1,0 %
Keskihajonta		0,009	

TAULUKKO 6. kehäkertoimet kehän pituuden mukaan.

k < 1 m	0,096
k 1-2 m	0,085
k 2 - 3 m	0,085
k 3 – 4 m	0,081
k > 4 m	0,076

7 POHDINTA

Tuloksien luotettavuutta arvioidessa on huomioitava kuinka tulokset on kerätty ja niihin mahdollisesti vaikuttavat ulkoiset tekijät. Tulokset kerättiin neljältä eri työmaalta ja mitattavana oli 4 eri eukalyptuskloonina. Yhteensä mitattiin 105 kourakasaa, jossa oli yhteensä yli 3500 pölkkyä. Tilastollisesti laskettaessa 105 kourakasaa ylittää tarvittavan luotettavuuden 5 kourakasalla, kun määritellään vain yksi tilavuuskerroin.

Katkaistun kartion menetelmässä yhdellä tilavuuskertoimella tilavuuden heitto yksittäisen pöllin laskentamenetelmään oli vain 3,9 %, kun huomioidaan kaikki mitatut kasat. Tällöin menetelmän mittauksessa käytettävä kerroin on 0,085. Tulos antaisi viitteitä siitä, että menetelmällä pystytään mittaamaan luotettavuudella, jonka metsäntutkimuslaitoskin hyväksyisi. Metsäntutkimuslaitos käyttää kehämittauksen tarkkuutena 4 %. Luottamusväliksi voitiin määritellä 0,083 - 0,087. Kehämittauksen käyttöä yhden kasan mittauksessa tulisi välttää. Tuloksista on huomattavissa suurtakin prosentuaalista vaihtelua yhden kasan mittauksissa. Esimerkiksi kasa Z25 antaa 30 % suuremman tuloksen kehämittauksella kuin yksittäisinä pöleinä mitattuna.

Vaikka heikko menestys regressioanalyysistä tukeekin käsitystä, että tilavuuskerroin on likimain vakio, niin tuloksien jaottelussa on huomattava tuloksien paranemista kun kehän kourakasat jaotellaan kehän pituuden mukaan. Kärkkäinenkin (1979) huomasi, koloisuus voi lisääntyä kasan koon suuretessa. (Kärkkäinen 1979, s9)

Tuloksien parantaminen voidaan havaita mahdolliseksi, kun kourakasat jaotellaan kehän pituuden mukaan. Kuitenkaan laskentaa kehäkertoimilla, jotka on laskettu erikokoisille kasoille, ei voida pitää luotettavana tutkimuksen otoksen pienen koon takia. Jatkotutkimuksen aiheena voisi ollakin mittausmäärien lisääminen erikokoisilla kasoilla. Esimerkkinä mainittu luokka k 2 – 3 m tarvitsisi mitata 94 kourakasaa 95 % luotettavuudella ja 3 % virheellä. Vaikka otoksen määrä on pieni, niin on muistettava että keskimäärin kourakasassa on yli 40 pölkyä ja kehän pituuden kasvaessa myös pölkyjen määrä kasassa kasvaa. Ei voi pitää ajallisesti edullisena mitata tilavuuskertoimia yli 4 m kehänpituudella oleville kasoille. Tutkimuksessa mitattiin yksi yli 4 m kehän pituudella varustettu kasa, jossa esiintyi 169 pölliä. Luotettavien kehäkertoimien olemassaololla voidaan kuitenkin itse varsinainen mittaus suorittaa erittäin edullisesti. Itse mittaus kun on varsin nopea ja helppo.

LÄHTEET

Eucalyptus Honey - Everything You Need to Know About Eucalyptus Honey. WWW-dokumentti. <http://ezinearticles.com/?Eucalyptus-Honey---Everything-You-Need-to-Know-About-Eucalyptus-Honey&id=3751477>. Päivitetty 12.2.2010. Luettu 2.10.2012.

Eucalyptus Trees – Eucalyptus tree. WWW-dokumentti. <http://www.eucalyptustree.org/>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.10.2012.

FAO – Eucalyptus oil. WWW-dokumentti. <http://www.fao.org/docrep/v5350e/v5350e07.htm>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.10.2012.

Gruett - Eucalyptus Trees. WWW-dokumentti. <http://gruett.com/eucalyptus-trees/>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.10.2012

Halinen, Markku 1985. Kehämittauksen ajanmenekki. Metsäteho. Helsinki

Heikkilä, Tarja 1998. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: OY Edita ab.

Kauppalehti - Kiina imee: Stora Ensolta miljarditehdas Aasiaan. WWW-dokumentti. <http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/etusivu/uutinen.jsp?oid=201203137073&xt=rss>. Päivitetty: 27.3.2012. Luettu 27.3.2012.

Kiinalainen puutavaran tilavuuden laskentakirja.

Kokkonen, Ulla 2011. Eri puulajeista valmistettujen massojen vaikutus paperiteknisiin ominaisuuksiin. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Metsä- ja puutalouden markkinointi. Opinnäytetyö.

Kärkkäinen, Matti 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Folia Forestalia 410. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Lukiotason matematiikan tietosanakirja – WWW-dokumentti. <http://matta.hut.fi/matta2/isom/html/avkaavat3.html>. Päivitetty 10.8.2000. Luettu 2.5.2011.

Metla – Kehämittaus. WWW-dokumentti. <http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/kehamittaus.htm>. Päivitetty: 2.11.2010. Luettu 21.4.2011.

Metla – Otantamittaus. WWW-dokumentti. <http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/otantamittaukset.htm>. Päivitetty 2.11.2010. Luettu 21.4.2011.

Nikkilä, Heikki; Rikkonen, Pentti, Heiskanen, Veijo. 1975. Suomalaisen kuitupuun pinotiheys ja siihen vaikuttavat. Helsinki: Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 82.

WWF - Suomalaiset paperijätit nopeakasvuisilla puuplantaaseilla yritys vastuun uudet globaalit haasteet. WWW-dokumentti. http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/metsateollisuusraportti_final_maaliskuu08.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 2.10.2012