

UUDEN TUKKIMITTARIN
MITTAUSTRARKKUUDEN TUTKIMINEN
SÖDRA WOOD OY:N HAMINAN SAHALLA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Prosessi- ja materiaalitekniikka
Puutekniikka
Syksy 2019
Jari Lahti

Tiivistelmä

| | | |
|---|---|-------------------------------|
| Tekijä Lahti, Jari | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 39 + 8 liitesivua | Valmistumisaika Syksy 2019 |
| Työn nimi Uuden tukkimittarin mittaustarkkuuden tutkiminen Södra Wood Oy:n Haminan sahalla | | |
| Tutkinto Insinööri (AMK), prosessi- ja materiaalitekniikka | | |
| Tiivistelmä <p>Tukkien oikein lajittelu on tärkeä perusta sahausliiketoiminnalle. Tukkien mahdollisimman tarkalla lajittelulla voidaan tukit hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, jolloin puuraaka-aineesta saatu kate on mahdollisimman korkea. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Södra Wood Oy:n Haminan sahalla olevaa uutta tukkimittaria. Opinnäytetyössä tutkittiin uuden tukkimittarin mittaustarkkuutta tilavuuden, pituuden, lajitteluhalkaisijan ja latvaläpimitan osalta. Lisäksi tutkittiin mittarin lenkouden määritelmää ja yritettiin keksiä raja-arvoja tukeille lenkouden osalta, että automaattinen raakkaus olisi mahdollista ottaa käyttöön.</p> <p>Tutkimuksessa valittiin neljästä eri tukkiluokasta 30 - 45 kappaletta tukkeja, joista otettiin mitat kuorellisina sekä kuorettomina käsin, 3D-mittarilla sekä röntgenmittarilla. Kyseisiä tuloksia verrattiin tämän jälkeen toisiinsa.</p> <p>Tutkimuksen vertailussa huomattiin, että mitoissa sekä lokeroihin lajittelussa oli eroa riippuen siitä, mitä mittausten menetelmää käytettiin. Suurin tekijä lokeroon lajittelussa sekä lajitteluhalkaisijan mitassa oli kuoren puuttuminen latvasta, minkä takia varsinkin 3D-mittauksessa osa tukeista lajiteltiin pienempään tukkiluokkaan.</p> <p>Mahdollisimman tarkka mittaustarkkuus on sahan kannattavuuden kannalta tärkeää, sillä erityisesti suurempien tukkien sahaaminen pienemmässä tukkiluokassa vähentää kannattavuutta.</p> | | |
| Asiasanat tukkimittari, 3D-mittari, tukkiröntgen, tukkilajittelu, lajittelu | | |

Abstract

| | | |
|--|--|--------------------------|
| Author(s) Lahti, Jari | Type of publication Bachelor's thesis | Published Autumn 2019 |
| | Number of pages 39 + 8 | |
| Title of publication Study of the measurement accuracy of the new log scanners at Södra Wood Oy's Hamina Sawmill | | |
| Name of Degree Bachelor of Materials Engineering | | |
| <p>Abstract</p> <p>Properly sorting logs is an important foundation for the sawmill business. Accurate log sorting allows the most efficient use of logs, thus ensuring the highest possible yield of raw-wood material. The purpose of this thesis was to study the new log scanner at Södra Wood Oy's Hamina Sawmill. The thesis investigated the measurement accuracy of the new log scanner in terms of volume, length, sorting diameter and top diameter. In addition, the definition of crookedness was further examined, and attempts were made to establish thresholds for automatic rejection of too crooked logs.</p> <p>In the study, 30 - 45 logs were selected from four different log grades, from which the measurements were taken by hand, with a 3D scanner and an X-ray scanner. The logs were measured with and without bark. These results were then compared against each other.</p> <p>The comparison showed that there was a difference in dimensions and sorting into pockets, depending on which measurement method was used. The biggest factor in pocket sorting and in the size of the sorting diameter was the lack of bark at the top of the log, which is why, especially in 3D measurement, some of the logs were sorted into a lower log grade.</p> <p>Accurate measurement accuracy is important for the profitability of the sawmill because cutting larger logs in a lower log grade reduces profitability.</p> | | |
| Keywords log scanner, 3D scanner, X-ray scanner, log sorting, sorting | | |

SISÄLLYS

| | | |
|-------|-------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | SÖDRA WOOD OY | 2 |
| 2.1 | Södra Wood..... | 2 |
| 2.2 | Haminan saha | 3 |
| 3 | MITTAUSMENETELMÄT | 5 |
| 3.1 | Käsin mittaus | 5 |
| 3.2 | 3D-mittari | 7 |
| 3.3 | Tukkiröntgen..... | 7 |
| 4 | MITTAUSTULOKSET | 9 |
| 4.1 | Kuorelliset tukit | 9 |
| 4.1.1 | 3D-mittaus | 9 |
| 4.1.2 | Röntgenmittaus | 18 |
| 4.1.3 | Vertailu | 22 |
| 4.2 | Kuorettomat tukit | 26 |
| 4.2.1 | Käsin mittaus | 27 |
| 4.2.2 | 3D-mittaus | 27 |
| 4.2.3 | Vertailu | 33 |
| 5 | RAAKKITUKIT | 36 |
| 6 | YHTEENVETO | 38 |
| | LÄHTEET | 39 |
| | LIITTEET | 40 |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Södra Wood Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Södra Wood Oy:n Haminassa sijaitsevan sahalaitoksen uuden tukkimittarin mittaustarkkuutta.

Työssä käsitellään kuorellisten ja kuorettomien tukkien oikeisiin lajittelulokeroihin osuminen latvaläpimitan mukaan sekä vertaillaan käsin-, 3D- ja röntgenmitattujen tukkien mitaustuloksia. Työssä mitattiin neljästä eri tukkiluokasta 30 - 45 kappaletta tukkeja. Ensimmäiseksi otettiin valmiiksi 3D-tukkimittarilla lajiteltuja tukkeja neljästä eri tukkiluokasta. Nämä tukit mitattiin ensin käsin, minkä jälkeen ne lajiteltiin uudelleen tukkimittarin lävitse. Ensimmäisellä kerralla tukit lajiteltiin 3D-tukkimittaria käyttäen ja toisella kerralla tukkiröntgeniä käyttäen. Tämän jälkeen tarkasteltiin käsin-, 3D- ja röntgen mitattujen tukkien mitaustuloksia sekä tarkasteltiin, lajitelivatko tukkimittarit tukit samoihin lokeroihin kuin mihin ne oli alun perin lajiteltu.

Tämän jälkeen tukit kuorittiin ja mitattiin uudelleen käsin. Kuoritut tukit lajiteltiin 3D-tukkimittarin läpi samalla tavalla kuin kuorellisina, minkä jälkeen tukkien kuorettomia mittoja verrattiin kuorettomiin käsin mittauksiin sekä kuorellisiin 3D- ja röntgenmittauksiin. Työn materiaali kerättiin syksyllä 2019 sahantyöntekijöiden avustuksella.

Tukki on suurin yksittäinen menoerä, ja se voi olla jopa yli 2/3 lopputuotteen hinnasta. Tämän takia tukkien optimaalinen käyttö nostaa sahan kannattavuutta. Uuden tukkimittarin mittaustarkkuuden tutkiminen onkin tärkeää, sillä sen oikeanlainen toiminta antaa hyvän perustan koko sahausprosessille. Uusi 3D-tukkimittari on Remasawco Oy:n asentama RS-3D log scanner, joka mittaa joka tukista sen oikean muodon. Lenkous, mutkaisuus, vauriot ja oksat otetaan mittauksessa huomioon, jolloin tukista saadaan maksimituotto. (Remasawco 2019.)

2 SÖDRA WOOD OY

2.1 Södra Wood

Södra Wood Oy on vuonna 1938 perustettu ruotsalainen metsänomistajayhdistys mihin kuuluu noin 52 000 metsänomistajaa. Yritys on maailmanlaajuinen metsäteollisuuskonserni, jonka menestys perustuu sen jäsenien metsien hyödyntämiseen. Södran yritystoiminta on jaettu kolmeen eri liiketoiminta-alueeseen. Södra Skog tarjoaa metsänhoitopalveluita sekä ostaa jäseniltään hakkuuoikeuksia ja metsätuotteita ja kuljettaa ne Södran sahoille. (Södra 2019a.)

Södra Wood on jaettu kahteen erilliseen osaan: sahatavaraan sekä rakennuspuutavaraan. Södra Wood omistaa seitsemän sahaa. Sahoista kuusi sijaitsee Ruotsissa: Mönsterås, Värö, Kinda, Unnefors, Längsjö ja Orrefors ovat ruotsalaisten sahojen kotikaupungit. Yksi sahoista sijaitsee Suomessa Haminassa (kuva 1). Sahojen yhteenlaskettu tuotto vuodessa on noin 1,8 miljoonaa kuutiometriä, josta 1,4 miljoonaa kuutiometriä jatkojalostetaan. (Södra 2019b.)

Södra Cell puolestaan koostuu kolmesta sellutehtaasta, jotka kaikki sijaitsevat Ruotsissa. Södra Cell on yksi Euroopan johtavista sellunvalmistajista. (Södra 2019c.)



Kuva 1. Ilmakuva Haminan sahasta (Tomi Liikkanen 2019.)

2.2 Haminan saha

Haminassa sijaitseva saha sahaa ja jatkojalostaa rakennuspuutavaraa Iso-Britannian markkinoille. Sahalla sahataan pelkästään kuusitukkia. Lujuusluokaltaan kaikki sahan tuotteet kuuluvat TR-26- tai CLS-lujuusluokkaan. Kyseisten luokkien tuotteen kuuluvat SFS-EN 14081-standardin alaisuuteen. Standardin mukaan tuotteissa sallitaan vajaasärmää maksimissaan yksi kolmasosa särmän tai lappeen mitasta. Tästä syystä on tärkeää, että jokainen tukki sahataan optimaalisella asetteella, että niistä saadaan maksimituotto. Tämän takia tukkien lajittelu on sahoille erittäin tärkeää. Jos tukki lajitellaan väärin, siitä saatava kate pienenee. Haminan saha tuottaa vuodessa 160 000 kuutiometriä sahatavaraa. Tukkilajittelun läpi kulkee noin 400 000 kuutiometrin edestä tukkeja, joka tarkoittaa noin 1,7 miljoonaa tukkia vuodessa.

Työntekijöitä tehtaalla on 41, ja se toimii kahdessa vuorossa. Liikevaihto vuonna 2018 oli 47 miljoonaa euroa ja tulosprosentti 9,73 %. (Kauppalehti 2019.)



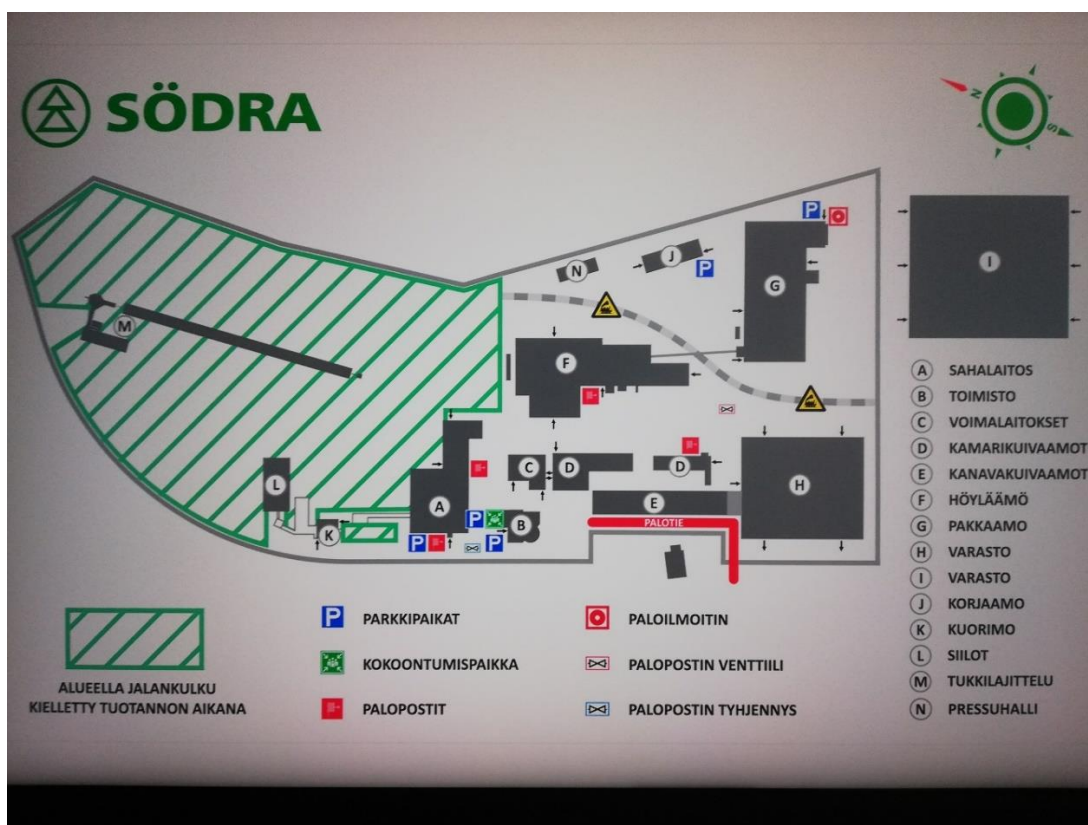
Kuva 2. Haminan sahan tukkipiha

Kuvassa 2 on Haminan sahan tukkipiha mihin tukit aluksi saapuvat tukkirekoilla tai juna-lastina. Tämän jälkeen tukit puretaan suoraan lajittelupöydälle, jos mahdollista muuten ne nostetaan säilöön tukkipihalle odottamaan lajittelua. Tukkipihat ovat sahan tuotannon

työpisteitä, joissa tapahtuu tukkilajittelu ja säilytys. Kun tukit saadaan nostettua lajittelu-pöydälle, kulkevat ne tukkimittarin lävitse yksitellen. Mittari mittaa tukeista tärkeitä tietoja, joista tärkeimpiä ovat pituus, tilavuus ja latvaläpimita. Tukkien visuaalisen lajittelun hoitaa tukkilajittelija. Tukit, jotka ovat liian lenkoja, mutkaisia tai sisältävät muita virheitä, kuten monivääryttä, eivät kelpaa sahalle ja ovat käyttökelvottomia. Kun tukista on saatu mitat, niin se lajitellaan sille tarkoitettuun lokeroon, jonka mittakriteerit se täyttää pituuden ja latvaläpimitan osalta. (Varis 2017, 64 - 65.)

Lokeroiden lukumäärä mahdollistaa tukkien tarkemman lajittelun. Sahoilla onkin yleensä 30 - 80 lokeroa, mutta suurilla sahoilla lokeroita voi olla jopa 120. Haminan sahalla lokeroita on 40. Tarkempi lajittelu mahdollistaa myös pientukkien vastaanoton normaalitukkien kanssa. Kun erän tukit on saatu lajiteltua oikeisiin lokeroihinsa, nostetaan ne säilöön odottamaan sahausta. (Varis 2017, 65 - 67.)

Seuraavaksi tukit menevät kuorittaviksi. Kuorinnan tarkoituksena on erottaa kuori tukista, jolloin tukit ovat puhtaita. Tämä johtuu siitä, että näin pystytään pitämään sahatavara puhtaana. Tämän jälkeen tukki on valmis sahattavaksi. Haminassa tukit kulkevat suoraan kuorimolta sahalinjalle, jossa ne sahataan. Kun tukki on sahattu, lajitellaan sahatut tuotteet. Tuotteet, jotka vaativat jatkokäsittelyä, menevät höyläämölle. Viimeisenä tuotteet menevät pakkaamolle, jossa ne paketoidaan. Kuvassa 3 näkyy sahan layout.



Kuva 3. Haminan Sahan layout (Södra 2019.)

3 MITTAUSMENETELMÄT

3.1 Käsini mittaus

Käsini mittauksessa käytettiin mittasaksia (kuva 4) sekä metsurinmittaa. Mittasaksina toimi Excaliper-nimiset Masser Oy:n valmistamat mittasakset. Metsurinmitalla mitattiin ensin tukin pituus lähimpään senttiin, minkä jälkeen tukin tilavuus ja latvanhalkaisija mitattiin mittasaksilla. Tukista otetaan ristimitat niin kauan kuin niitä on mahdollista mitata. Kohdat, joissa on vaurioita, oksia tai jos niistä puuttuu kuorta, otetaan huomioon silmämääräisesti ja yritetään ottaa mitta mahdollisimman läheltä kohtaa, jossa kyseisiä haittoja ei ole. Esimerkiksi jos tukin pituus on 610 senttimetriä, otetaan aluksi ristimitta 50 senttimetrin kohdalta ja tämän jälkeen metrin välein niin kauan kun on mahdollista, tässä tapauksessa viimeinen ristimitta otetaan 550 sentin kohdalta. Tämän jälkeen syötetään tukin pituus 610 senttimetriä ja otetaan viisi senttiä latvasta eli 605 senttimetrin kohdalta ristimitta.

Tukin ensimmäisen metrin tilavuus lasketaan lieriön tilavuuden kaavalla 1.

$$V = \pi * h * r^2$$

jossa

V = tilavuus

π = pii

h = pituus

r = säde

Loput yhden metrin pätkät tukista lasketaan halkaistun kartion tilavuuden kaavalla 2.

$$V = \pi * h * (r_1^2 + r_1 * r_2 + r_2^2)$$

jossa

V = tilavuus

π = pii

h = tukin pituus

r_1 = tyvenpuoleinen säde

r_2 = latvanpuoleinen säde

Yhteensä tukkeja mitattiin 148 kappaletta ja ne mitattiin kuorellisena ja kuorettomana. Keskimäärin yhdestä tukista otettiin käsin 28 eri mitta, joten käsin mitattuja mittoja otettiin noin 4200 kappaletta. Käsin mitattujen tukkien mittaustulokset löytyvät liitteistä numero 1 - 8.



Kuva 4. Masser Oy:n valmistamat Excaliper-mittasakset

Ensimmäinen erän tukit olivat 5,5-tuumaisia, ja ne otettiin lokerosta numero kahdeksan, joka sisältää tukkeja, jotka ovat 145,0 - 163,9 millimetriä lajitteluhalkaisijaltaan ja 605,0 - 650,0 senttimetriä pitkiä. Tästä lokerosta otettiin 40 tukkia, joista tukki numero 10 katkesi myöhemmin kuljetuksen aikana.

Toinen erä sisälsi 7-tuumaisia tukkeja, jotka olivat lokerosta numero neljä. Lokeron neljä tukit ovat lajitteluhalkaisijaltaan 199,0 - 214,9 millimetriä ja pituudeltaan 545,0 - 574,9 senttiä. Kyseisestä erästä mitattiin 33 tukkia.

Kolmannessa erässä oli 8-tuumaisia tukkeja 31 kappaletta, jotka oli otettu lokerosta numero 40. Lokeron 40 tukit ovat lajitteluhalkaisijaltaan 215,0 - 234,9 millimetriä sekä 484,0 - 650,0 senttimetriä pitkiä.

Neljännessä erässä 11-tuumaisia tukkeja oli 45 kappaletta. Tukit olivat otettu lokerosta numero 30. Lokeron numero 30 lajittelukriteerit ovat lajitteluhalkaisijan kannalta 275,0 - 294,9 millimetriä ja pituuden osalta 545,0 - 574,9 senttimetriä.

3.2 3D-mittari

3D-tukkimittarin toimintaperiaate perustuu laservaloihin sekä kameroihin (kuva 5). Tukit kuljetetaan mittarin mittauskehikon ja lasersäteiden muodostaman tason lävitse. Kamerat kuvaavat koko tukin kehän sekä lasersäteiden heijastuman tukin pinnasta. Näin tukista saadaan tehtyä tarkka kolmiulotteinen malli, josta voidaan tarkasti laskea tukin tilavuus ja dimensiot. Tukista otetaan läpimitat 1 - 2 senttimetrin välein kolmesta tai neljästä eri suunnasta yhden millimetrin tarkkuudella. Tukista mitataan myös pituus 1 millimetrin tarkkuudella valokennon ja pulssianturin avulla. Tukki kuutioidaan lyhyinä pätkinä, jolla lasketaan koko tukin tilavuus. Tilavuuden mittaaminen onkin tukkimittareilla erittäin tarkkaa. (Puuhuolto 2018a.)



Kuva 5. Näkymä 3D-mittarin sisältä

3.3 Tukkiröntgen

Tukkiröntgenillä (kuva 6) saadaan tukista enemmän tietoja mitä perinteisillä tukkimittareilla. Niillä pystytään tilavuuden ja dimensioiden ohella mitata latvanläpimitta kuoren alta, tiheys, sydänpuun osuus, oksat ja vierasaineet kuten naulat tai muut metalliesineet. Tukkiröntgenien tietoja hyödynnetään tukkien laatuluokkiin luokittelussa, suurien oksien- ja

vieras esineiden tunnistuksessa. Tukkiröntgeneitä käytetään harvoin yksinään vaan ne ovat yleisesti yhdistetty muihin tukkimittari tyyppeihin, jolloin tukkimittarin ja röntgenin tietoja yhdistelemällä saadaan tukista mahdollisimman tarkka kuva sekä mahdollisimman paljon tietoa. (Puuhuolto 2018b.)



Kuva 6. Näkymä tukkiröntgenin sisältä

4 MITTAUSTULOKSET

4.1 Kuorelliset tukit

Aluksi tukit mitattiin kuorellisina. Tällä haluttiin tutkia lajiteleeko tukkimittari kuorelliset tukit samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu. Kuorelliset tukit mitattiin kolmeen kertaan. Ensimmäisenä tukit mitattiin käsin, tämän jälkeen ne mitattiin 3D-tukkimittarilla ja viimeisenä tukit mitattiin röntgenmittarilla. Kun tukit oli mitattu, verrattiin kolmen eri mittaustavan tuloksia keskenään. Tässä tutkittiin kuinka paljon tukeissa oli eroa pituuden, tilavuuden, lajitteluhalkaisijan ja latvaläpimitan osalta riippuen mittaustavasta. 3D- ja röntgenmittauksissa vertailtiin myös lokeroon osumistarkkuutta sekä haluttiin nähdä, lajiteleeko molemmat mittarit samat tukit samoihin lokeroihin. Käsin mitattujen tukkien tulokset löytyvät liitteistä numero 1 – 4. Käsin mittauksista ei voitu tehdä yksinään mitään johtopäätöksiä oikein lajittelun perusteluiksi, mutta ne toimivat hyvänä pohjana vertailussa muiden mitaustuloksien kanssa.

4.1.1 3D-mittaus

Kun kuorellisista tukeista oli otettu mitat käsin, lajiteltiin ne tämän jälkeen uudelleen 3D-tukkimittarin (kuva 7) läpi, joka lajitteli ne uudelleen lokeroihin. Tässä haluttiin nähdä, lajiteleeko tukkimittari tukit samaan lokeroon, johon se oli ne aikaisemmin lajitellut. Samalla vertailtiin 3D-tukkimittarin ja käsin mitattujen tukkien eroa pituuden, tilavuuden ja latvaläpimitan osalta.



Kuva 7. Uusi 3D-tukkimittari

3D-mittari mittaa tukista monia eri mittoja, mutta vertailussa keskitytään pituuteen, tilavuuteen, lajitteluhalkaisijaan sekä vastaanottohalkaisija FIN. Lajitteluhalkaisija on halkaisija, jonka mittari mittaa viiden sentin päästä latvasta. Tästä mitasta mittari tekee kuorivähennyksen, ja tämä mitta on mitta, jolla varsinainen lajittelu latvaläpimitan osalta tapahtuu. Vastaanottohalkaisija FIN on sama mitta kuin lajitteluhalkaisija, mutta siitä ei ole tehty kuorivähennystä. Tätä mitta käytetään, kun verrataan käsin mitattujen tukkien ja mittaerien mittaamien tukkien latvaläpimittaa.

Ensimmäisessä erässä 39 kuorellista tukkia lajiteltiin 3D-tukkimitarilla (taulukko 1). Tukki numero kymmenen katkesi kuljetuksen aikana. Nämä kaikki tukit olivat alun perin lokeroista kahdeksan. Uudelleen lajittelun jälkeen 37 tukkia meni samaan lokeroon ja yksi lokeroon seitsemän ja yksi lokeroon kuusi. Prosentuaalisesti 95 % erän tukeista lajiteltiin samaan lokeroon kuin alun perin.

Taulukko 1. 5,5" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset

| 5,5" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) |
| 1. | 608,2 | 179,2 | 155,4 | 165,4 |
| 2. | 609,6 | 165,0 | 157,2 | 167,2 |
| 3. | 610,2 | 180,6 | 151,9 | 161,9 |
| 4. | 609,7 | 167,7 | 158,6 | 168,6 |
| 5. | 609,0 | 161,9 | 156,7 | 166,7 |
| 6. | 608,3 | 161,1 | 162,1 | 172,1 |
| 7. | 618,9 | 230,0 | 163,1 | 173,1 |
| 8. | 607,4 | 163,0 | 153,2 | 163,2 |
| 9. | 609,1 | 188,5 | 158,2 | 168,2 |
| | | | | |
| 11. | 608,8 | 190,7 | 159,8 | 169,8 |
| 12. | 611,0 | 180,9 | 160,6 | 170,6 |
| 13. | 608,0 | 185,8 | 159,2 | 169,2 |
| 14. | 609,1 | 178,4 | 158,7 | 168,7 |
| 15. | 608,2 | 170,0 | 153,0 | 163,0 |
| 16. | 606,1 | 166,7 | 158,6 | 168,6 |
| 17. | 608,7 | 171,3 | 155,1 | 165,1 |
| 18. | 608,1 | 179,0 | 160,0 | 170,0 |
| 19. | 611,1 | 194,5 | 154,5 | 164,5 |
| 20. | 607,8 | 174,6 | 158,6 | 168,6 |
| 21. | 608,0 | 165,4 | 161,7 | 171,7 |
| 22. | 606,9 | 176,8 | 156,0 | 166,0 |
| 23. | 609,9 | 189,5 | 157,1 | 167,1 |
| 24. | 607,7 | 185,8 | 150,9 | 160,9 |
| 25. | 608,2 | 186,8 | 158,3 | 168,3 |
| 26. | 611,4 | 178,2 | 157,3 | 167,3 |
| 27. | 608,8 | 165,9 | 155,8 | 165,8 |
| 28. | 609,0 | 159,9 | 150,9 | 160,9 |

| | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| 29. | 604,8 | 169,9 | 155,2 | 165,2 | lokero nro.7 |
| 30. | 607,1 | 236,5 | 157,0 | 167,0 | |
| 31. | 609,3 | 185,2 | 154,8 | 164,8 | |
| 32. | 610,7 | 181,9 | 160,9 | 170,9 | |
| 33. | 607,1 | 155,7 | 144,7 | 154,5 | lokero nro. 6 |
| 34. | 607,5 | 180,9 | 160,3 | 170,3 | |
| 35. | 609,6 | 172,2 | 160,7 | 170,7 | |
| 36. | 608,9 | 218,9 | 161,8 | 171,8 | |
| 37. | 608,0 | 183,5 | 163,8 | 173,8 | |
| 38. | 608,2 | 176,1 | 154,1 | 164,1 | |
| 39. | 610,7 | 183,7 | 150,2 | 160,0 | |
| 40. | 611 | 164,5 | 156,0 | 166,0 | |
| Yhteensä | 23749,9 | 7006,2 | 6122 | 6511,6 | |

Tukki numero 29 lajiteltiin lokeroon numero seitsemän. Lokero numero seitsemän sisältää tukit, jotka ovat lajitteluhalkaisijaltaan 152,0 - 163,9 millimetriä ja pituudeltaan 0 - 999,9 senttimetriä. Koska tukkimittari mittasi tukin 604,8 senttiseksi ei se lajitellut sitä lokeroon numero kahdeksan, sillä lokerossa numero kahdeksan pituuden minimiraja on 605,0 senttiä.

Tukki numero 33 lajiteltiin lokeroon numero 6, joka sisältää lajitteluhalkaisijaltaan 50,0 - 144,9 millimetriä olevat tukit. Pituuden osalta lokeron tukeilla ei ole rajoja, kunhan ne pysyvät 0 - 999,9 senttimetrin välillä. Kyseisen tukin latvasta puuttui kuorta. Tämän takia sen lajitteluhalkaisija oli pienentynyt juuri lokeron kahdeksan lajitteluhalkaisijarajan alapuolelle (kuva 8).

3D-tukkimittauksella tukkien kokonaistilavuudeksi tuli 7,01 kuutiometriä kun käsin mitattuna kokonaistilavuus oli 7,29 kuutiometriä. Käsin mittauksissa tilavuus oli siis 1,33 % korkeampi mitä 3D-tukkimittarilla mitattuna. Kokonaispituuden ero oli 23,1 senttimetriä eli käsin mittauksessa oli kokonaispituus 0,1 % suurempi. Keskimäärin 3D-tukkimittarilla mitatuissa tukeissa latvaläpimitta oli 1,1 millimetriä suurempi kuin käsin mitatuissa.



Kuva 8. Esimerkki kuljetuksessa syntyneestä vaurioista

Toisessa erässä kuorellisia tukkeja lajiteltiin 3D-tukkimitarilla 33 kappaletta (taulukko 2). Tukit olivat alun perin otettu lokeroista neljä. Näistä tukeista 29 kappaletta meni samaan lokeroon, josta ne oli alun perin otettu, ja neljä kappaletta menivät eri lokeroihin. Kaksi tukkia lajiteltiin lokeroon 39 ja kaksi kappaletta lokeroon 18. Tukeista 88 % lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu.

Taulukko 2. 7" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset

| 7" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset | | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 547,7 | 259,3 | 209,3 | 221,1 | |
| 2. | 547,8 | 299,9 | 211,2 | 223,0 | |
| 3. | 549,1 | 238,2 | 204,8 | 215,9 | |
| 4. | 547,2 | 257,0 | 205,5 | 216,6 | |
| 5. | 546,5 | 255,8 | 208,4 | 219,5 | |
| 6. | 550,6 | 230,0 | 204,5 | 215,6 | |
| 7. | 550,1 | 249,4 | 206,2 | 217,3 | |
| 8. | 549,2 | 225,8 | 195,7 | 206,8 | Lokero 18. |
| 9. | 548,8 | 223,2 | 201,7 | 212,8 | |
| 10. | 550,3 | 231,9 | 202,0 | 213,1 | |
| 11. | 547,7 | 229,9 | 203,7 | 214,8 | |

| | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|-------------|---------------|------------|
| 12. | 547,6 | 260,6 | 209,6 | 221,4 | |
| 13. | 547,8 | 255,5 | 209,9 | 221,0 | |
| 14. | 550,0 | 234,1 | 203,9 | 215,0 | |
| 15. | 547,1 | 257,3 | 210,1 | 221,9 | |
| 16. | 546,0 | 221,3 | 201,7 | 212,8 | |
| 17. | 544,2 | 262,6 | 210,5 | 222,3 | Lokero 39. |
| 18. | 547,8 | 250,7 | 213,0 | 224,8 | |
| 19. | 544,3 | 234,1 | 200,5 | 211,6 | Lokero 39. |
| 20. | 550,4 | 262,2 | 209,4 | 221,2 | |
| 21. | 548,5 | 283,4 | 211,2 | 223,0 | |
| 22. | 548,1 | 254,1 | 209,8 | 221,6 | |
| 23. | 546,7 | 249,1 | 209,0 | 220,1 | |
| 24. | 547,9 | 270,9 | 206,7 | 217,8 | |
| 25. | 545,2 | 259,5 | 206,9 | 218,0 | |
| 26. | 545,5 | 264,9 | 206,6 | 217,7 | |
| 27. | 545,6 | 244,7 | 205,9 | 217,0 | |
| 28. | 547,7 | 277,8 | 213,4 | 225,2 | |
| 29. | 545,8 | 246,5 | 209,1 | 220,2 | |
| 30. | 546,0 | 268,7 | 200,1 | 211,2 | |
| 31. | 548,5 | 227,7 | 200,1 | 211,7 | |
| 32. | 548,5 | 270,9 | 213,7 | 225,5 | |
| 33. | 550,3 | 218,2 | 197,7 | 208,8 | Lokero 18. |
| Yhteensä | 18074,5 | 8275,2 | 6812 | 7186,3 | |

Tukit numero 8 sekä 33 lajiteltiin lokeroon 18, joka sisältää tukit, joiden lajitteluhalkaisija on 188,0 - 198,9 millimetriä ja pituus 545,0 - 574,9 senttimetriä. Kyseisien tukkien latvasta oli irronnut kuorta (kuva 9), minkä takia niiden lajitteluhalkaisija oli pienentynyt ja tästä syystä ne oli lajiteltu pienempään tukkiluokkaan.

Tukit numero 17 ja 19 puolestaan lajiteltiin lokeroon numero 39. Lokero 39 sisältää tukit, jotka ovat lajitteluhalkaisijaltaan 199,0 - 214,9 millimetriä ja pituudeltaan 484,0 - 544,9 senttimetriä. Molemmat tukit lajiteltiin eri lokeroon, sillä niiden pituus jäi alle 545 senttimetrin, joka on alaraja lokerolle neljä, johon tukit oli alun perin lajiteltu.

Toisen erän 3D-tukkimitauksen kokonaistilavuus oli 8,28 kuutiometriä ja käsin mitattujen kokonaistilavuus oli 8,44 kuutiometriä. Käsin mitatuissa tukeissa kokonaistilavuus oli siis 1,99 % suurempi. Kokonaispituuden ero erässä oli 43,5 senttimetriä eli käsin mitatuissa tukeissa kokonaispituus oli 0,24 % suurempi. Latvaläpimitta oli keskimäärin 0,5 millimetriä suurempi käsin mitatuissa tukeissa.



Kuva 9. Tukin latvasta puuttuvaa kuorta

Kolmas erä, joka oli alun perin otettu lokeroista 40 sisälsi 31 tukkia. Näistä tukeista 26 kappaletta lajiteltiin samaan lokeroon ja 5 kappaletta muihin lokeroihin. Kyseisen erän tukeista 84 % lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu (taulukko 3).

Taulukko 3. 8" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset

| 8" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset | | | | | |
|--|-------------|-----------------------------|----------------|-------------------|------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm ³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 605,7 | 379,0 | 225,6 | 237,4 | |
| 2. | 547,4 | 350,0 | 223,5 | 235,3 | |
| 3. | 553,3 | 262,9 | 212,0 | 223,8 | Lokero 4. |
| 4. | 486,5 | 262,1 | 221,2 | 233,0 | |
| 5. | 493,1 | 235,8 | 218,3 | 230,1 | |
| 6. | 488,6 | 217,0 | 212,8 | 224,6 | Lokero 39. |
| 7. | 608,9 | 352,8 | 229,0 | 240,8 | |
| 8. | 545,6 | 287,6 | 220,1 | 231,9 | |
| 9. | 490,0 | 277,0 | 219,0 | 230,8 | |
| 10. | 545,2 | 278,0 | 219,2 | 231,0 | |
| 11. | 489,1 | 245,7 | 217,4 | 229,2 | |
| 12. | 548,6 | 304,1 | 233,0 | 245,4 | |

| | | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|------------|--|
| 13. | 546,7 | 278,5 | 216,9 | 228,7 | | |
| 14. | 545,4 | 270,9 | 221,5 | 233,3 | | |
| 15. | 487,1 | 233,2 | 215,7 | 227,5 | | |
| 16. | 546,9 | 276,1 | 217,1 | 228,9 | | |
| 17. | 550,3 | 263,1 | 213,2 | 225,0 | Lokero 4. | |
| 18. | 489,0 | 259,8 | 219,3 | 231,1 | | |
| 19. | 551,5 | 274,9 | 211,1 | 222,9 | Lokero 4. | |
| 20. | 600,2 | 315,4 | 219,8 | 231,6 | | |
| 21. | 545,3 | 301,1 | 230,4 | 242,8 | | |
| 22. | 579,3 | 312,3 | 223,2 | 235,0 | | |
| 23. | 485,9 | 237,6 | 215,4 | 227,2 | | |
| 24. | 544,7 | 293,3 | 230,1 | 241,9 | | |
| 25. | 548,8 | 292,2 | 225,1 | 236,9 | | |
| 26. | 486,3 | 242,4 | 218,1 | 229,9 | | |
| 27. | 544,7 | 343,8 | 232,2 | 244,6 | | |
| 28. | 547,6 | 299,0 | 227,5 | 239,3 | | |
| 29. | 488,5 | 251,3 | 213,6 | 225,4 | Lokero 39. | |
| 30. | 545,5 | 310,2 | 230,2 | 242,6 | | |
| 31. | 489,8 | 249,8 | 221,0 | 232,8 | | |
| Yhteensä | 16525,5 | 8756,9 | 6852,5 | 7220,7 | | |

Kolmannessa erässä tukit numero 3, 17 ja 19 lajiteltiin lokeroon numero 4 ja tukit numero 6 ja 29 lokeroon 39.

Lokero numero 4 sisältää tukit, jotka ovat lajitteluhalkaisijaltaan 199,0 - 214,9 millimetriä ja pituudeltaan 545,0 - 574,9 senttimetriä. Tukit numero 3, 17 ja 19 ovat niiden lajitteluhalkaisijaltaan pienempiä mitä muut tukit. Tämä johtuu jälleen latvasta puuttuvasta kuoresta.

Lokero 39 (kuva 10) pitää sisällään tukkeja, joiden lajitteluhalkaisija on 199,0 - 214,9 millimetriä ja pituudeltaan 484,0 - 544,9 senttimetriä. Tukeissa numero 6 ja 29 oli vaurioita latvassa, minkä takia ne lajiteltiin kyseiseen lokeroon.

Kolmannen erän kokonaistilavuus 3D-tukkimittarilla mitattuna oli 8,76 kuutiometriä, ja käsin mittauksessa 8,94 kuutiometriä. Käsin mitatuissa tukeissa kokonaistilavuus oli 2,04 % suurempi. Kokonaispituuden ero erässä oli 15,5 senttimetriä. Käsin mitatut tukit oli siis las-kettu 0,1 % pidemmiksi. Latvaläpimitta oli käsin mitatuissa tukeissa keskimäärin 0,4 millimetriä suurempi.



Kuva 10. Erä kolme lokero numero 39 ja niihin lajiteltujen tukkien latvat

Neljännessä erässä oli 45 kappaletta tukkeja, jotka olivat alun perin lajiteltu lokeroon numero 30. Tukeista 44 kappaletta lajiteltiin 3D-tukkimittarin lävitse (taulukko 4), sillä kyseisessä erässä tukit lajiteltiin ensin röntgenmittarilla, jonka jälkeen tukki numero 44 unohtui lokeroon ja sitä ei tästä syystä lajiteltu 3D-tukkimittarilla. Näistä 44 tukista 35 tukkia lajiteltiin samaan lokeroon ja 9 kappaletta muihin lokeroihin. 80 % tukeista lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu.

Taulukko 4. 11" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset

| 11" kuorellisten tukkien 3D-mittarin tulokset | | | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 547,2 | 431,2 | 280,5 | 294,2 | |
| 2. | 547,0 | 416,3 | 275,3 | 289,0 | |
| 3. | 548,0 | 420,9 | 275,8 | 289,5 | |
| 4. | 548,8 | 442,6 | 286,7 | 300,4 | |
| 5. | 547,3 | 437,7 | 282,2 | 295,9 | |
| 6. | 548,0 | 443,9 | 293,1 | 307,1 | |
| 7. | 550,9 | 454,6 | 282,2 | 295,9 | |
| 8. | 548,6 | 447,1 | 280,7 | 294,4 | |
| 9. | 547,4 | 438,5 | 270,4 | 284,1 | Lokero 28. |
| 10. | 546,1 | 461,3 | 289,2 | 302,9 | |

| | | | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 11. | 551,2 | 400,8 | 272,8 | 286,5 | Lokero 28. |
| 12. | 543,7 | 400,7 | 276,9 | 290,6 | Lokero 29. |
| 13. | 544,7 | 472,2 | 276,2 | 289,9 | |
| 14. | 545,8 | 416,0 | 276,8 | 290,5 | |
| 15. | 549,1 | 428,6 | 285,0 | 298,7 | |
| 16. | 552,3 | 433,9 | 273,8 | 287,5 | Lokero 28. |
| 17. | 550,3 | 443,4 | 288,8 | 302,5 | |
| 18. | 547,7 | 425,3 | 283,8 | 297,5 | |
| 19. | 545,2 | 460,2 | 280,3 | 294,0 | |
| 20. | 551,6 | 403,8 | 275,1 | 288,8 | |
| 21. | 547,9 | 453,5 | 288,7 | 302,4 | |
| 22. | 545,3 | 411,5 | 280,8 | 294,5 | |
| 23. | 545,6 | 407,4 | 276,6 | 290,3 | |
| 24. | 548,2 | 414,9 | 278,7 | 292,4 | |
| 25. | 550,3 | 440,8 | 280,2 | 293,9 | |
| 26. | 545,9 | 438,1 | 290,9 | 304,9 | |
| 27. | 553,6 | 486,6 | 288,8 | 302,5 | |
| 28. | 548,0 | 464,4 | 292,3 | 306,3 | |
| 29. | 549,6 | 464,7 | 281,5 | 295,2 | |
| 30. | 550,0 | 405,3 | 275,2 | 288,9 | |
| 31. | 547,8 | 436,4 | 283,8 | 297,5 | |
| 32. | 547,8 | 437,1 | 287,0 | 300,7 | |
| 33. | 548,3 | 403,4 | 272,6 | 286,3 | Lokero 28. |
| 34. | 549,8 | 428,9 | 288,3 | 302,0 | |
| 35. | 547,1 | 425,5 | 287,5 | 301,2 | |
| 36. | 545,6 | 417,3 | 276,2 | 289,9 | |
| 37. | 547,8 | 436,7 | 273,2 | 286,9 | Lokero 28. |
| 38. | 548,0 | 433,0 | 276,6 | 290,3 | |
| 39. | 551,3 | 423,2 | 274,1 | 287,8 | Lokero 28. |
| 40. | 553,0 | 414,9 | 272,6 | 286,3 | Lokero 28. |
| 41. | 551,3 | 428,9 | 279,5 | 293,2 | |
| 42. | 548,5 | 455,9 | 289,0 | 302,7 | |
| 43. | 547,8 | 418,6 | 271,4 | 285,1 | Lokero 28. |
| 44. | | | | | |
| 45. | 548,7 | 430,1 | 279,2 | 292,9 | |
| Yhteensä | 24128,1 | 19056,1 | 12350,3 | 12954,0 | |

Tukki numero 12 lajiteltiin lokeroon numero 29, joka sisältää tukit, joiden lajitteluhalkaisija on 275,0 - 294,9 millimetriä ja pituus 0 - 999,9 senttimetriä. Kyseiseen lokeroon lajitellaan tukit, jotka eivät täytä alkuperäisen lokeron pituus-kriteereitä. Tukki jää lokeron 30 pituus-kriteereistä vähän yli senttimetrin päähän ja on tästä syystä siis lajiteltu toiseen lokeroon.

Tukit numero 9, 11, 16, 33, 37, 39, 40 ja 43 olivat puolestaan lajiteltu lokeroon numero 28, joka sisältää tukit, joiden lajitteluhalkaisija on 256,0 - 274,9 millimetriä ja pituus 545,0 - 574,9 senttimetriä. Kuten aikaisemmissa erissä tukkien latvasta puuttui kuorta, minkä takia 3D-tukkimittari mittasi lajitteluhalkaisijan pienemmäksi.

11 tuumaisten tukkien kokonaistilavuus oli 3D-tukkimittarilla mitattuna 19,06 kuutiometriä, ja käsin mitattuna kokonaistilavuudeksi oli saatu 19,45 kuutiometriä. Kokonaistilavuus oli siis käsin mitatuissa tukeissa 2,01 % suurempi. Kokonaispituudessa eroa oli 17,9 senttimetriä eli käsin mitatut tukit olivat keskimäärin 0,07 % pidempiä. Latvaläpimitta oli keskimäärin 2,2 millimetriä suurempi käsin mitatuissa tukeissa.

4.1.2 Röntgenmittaus

Kaikki paitsi ensimmäisen erän tukit lajiteltiin myös kuorellisina röntgenmittarin lävitse. Ensimmäisen erän kuorellisia tukkeja ei ajettu röntgenmittarin lävitse, sillä ne lajiteltiin viikkoa aiemmin 3D-tukkimittarilla ja tällöin röntgenmittari ei ollut vielä käytössä. Tukit menivät suoraan kuorintaan 3D-tukkimittauksen jälkeen, joten niitä ei voitu enää sen jälkeen ajaa kuorellisina röntgenmittarin lävitse.

Tukkeja ei ollut alun perin lajiteltu käyttäen röntgenmittaria, mutta tuloksia verrataan alkuperäisen lokeron kriteereihin lajitteluhalkaisijan ja pituuden osalta. Tuloksia verrataan myös käsin- ja 3D-mitattujen tukkien tuloksiin ja tarkastellaan, lajitteleeko röntgenmittari tukit samaan lokeroon kuin 3D-mittari.

Taulukko 5. 7" kuorellisten tukkien röntgenmittarin tulokset

| 7" kuorellisten tukkien röntgenmittarin tulokset | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) |
| 1. | 550,5 | 262,3 | 202,4 | 221,2 |
| 2. | 550,4 | 302,7 | 215,1 | 223,9 |
| 3. | 548,2 | 240,3 | 207,0 | 217,5 |
| 4. | 547,4 | 258,6 | 209,1 | 218,4 |
| 5. | 546,4 | 259,4 | 210,7 | 221,4 |
| 6. | 551,0 | 231,9 | 208,7 | 217,0 |
| 7. | 547,6 | 249,9 | 212,2 | 220,3 |
| 8. | 548,5 | 228,3 | 200,9 | 209,5 |
| 9. | 548,0 | 224,8 | 204,7 | 214,2 |
| 10. | 551,9 | 234,0 | 206,8 | 214,7 |
| 11. | 550,7 | 232,6 | 205,7 | 215,2 |
| 12. | 549,6 | 262,8 | 214,2 | 221,8 |
| 13. | 551,9 | 258,6 | 213,8 | 222,4 |
| 14. | 549,9 | 234,6 | 206,2 | 215,2 |
| 15. | 550,5 | 260,1 | 211,7 | 223,1 |
| 16. | 546,1 | 222,3 | 205,7 | 214,3 |
| 17. | 547,2 | 264,5 | 212,3 | 222,8 |
| 18. | 549,9 | 252,4 | 214,3 | 226,0 |
| 19. | 545,1 | 235,6 | 202,0 | 213,1 |
| 20. | 549,4 | 263,2 | 213,0 | 221,5 |

Lokero 40.

| | | | | | |
|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| 21. | 547,9 | 284,8 | 212,9 | 225,7 | |
| 22. | 550,9 | 258,4 | 213,7 | 222,6 | |
| 23. | 549,9 | 252,1 | 212,0 | 220,9 | |
| 24. | 546,7 | 271,5 | 212,2 | 218,6 | |
| 25. | 547,4 | 262,3 | 208,6 | 219,4 | |
| 26. | 545,5 | 265,9 | 209,9 | 218,4 | |
| 27. | 547,1 | 246,3 | 208,3 | 217,7 | |
| 28. | 545,5 | 277,2 | 215,2 | 224,5 | |
| 29. | 548,3 | 248,2 | 211,3 | 219,9 | |
| 30. | 546,0 | 269,9 | 203,9 | 212,8 | |
| 31. | 550,3 | 229,9 | 203,3 | 213,2 | |
| 32. | 549,4 | 273,5 | 215,9 | 226,1 | Lokero 40. |
| 33. | 552,6 | 221,2 | 199,2 | 209,8 | |
| Yhteensä. | 18107,7 | 8340,1 | 6902,9 | 7223,1 | |

Erän kaksi tukit lajiteltiin ensimmäisenä röntgenmittarilla (taulukko 5). Erän tukeista 94 % lajiteltiin alkuperäiseen lokeroon. Tukeista kaksi kappaletta lajiteltiin eri lokeroon. Röntgenmittari lajitteli molemmat tukit lokeroon numero 40. Röntgenmittari lajitteli tukit suuremmiksi mitä 3D-mittari ja lajitteli ne näin suurempaan tukkiluokkaan. Verrattaessa 3D-mittarin tuloksiin, lajitteli röntgenmittari kuusi kappaletta tukkeja eri lokeroon mitä 3D-mittari. Röntgenmittari lajitteli tukit keskimäärin suuremmiksi mitä 3D-mittari.

Erän kaksi kuorellisten tukkien kokonaistilavuus oli röntgenmittarilla mitattuna 8,34 kuutiometriä, joka on 0,78 % enemmän mitä 3D-tukkimitarilla ja 1,22 % vähemmän mitä käsin mitatuissa tukeissa. Kokonaispituus oli 0,18 % enemmän kuin 3D-mitatuissa ja 0,06 % vähemmän kuin käsin mitatuissa. Latvanhalkaisija oli keskimäärin 1,1 millimetriä suurempi mitä 3D-mitatuilla ja 0,6 millimetriä suurempi mitä käsin mitatuilla. Lajitteluhalkaisija oli keskimäärin 3,2 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa tukeissa.

Taulukko 6. 8" kuorellisten tukkien röntgenmittarin tulokset

| 8" kuorellisten tukkien röntgenmittarin tulokset | | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 607,3 | 381,8 | 225,4 | 238,0 | |
| 2. | 546,2 | 351,3 | 224,4 | 237,7 | |
| 3. | 553,7 | 264,6 | 213,8 | 224,5 | Lokero 4. |
| 4. | 486,1 | 263,8 | 222,9 | 233,4 | |
| 5. | 493,4 | 237,5 | 221,7 | 231,7 | |
| 6. | 488,7 | 218,7 | 216,6 | 226,6 | |
| 7. | 609,2 | 354,2 | 231,3 | 242,1 | |
| 8. | 547,1 | 290,1 | 222,2 | 232,0 | |
| 9. | 490,7 | 277,7 | 219,2 | 231,3 | |
| 10. | 545,5 | 278,8 | 219,4 | 231,6 | |
| 11. | 487,2 | 245,1 | 220,4 | 229,9 | |
| 12. | 549,9 | 305,7 | 237,7 | 246,7 | |

| | | | | |
|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 13. | 548,7 | 281,2 | 221,1 | 231,5 |
| 14. | 546,5 | 272,9 | 225,2 | 233,2 |
| 15. | 486,3 | 232,8 | 219,6 | 228,2 |
| 16. | 548,5 | 278,2 | 221,3 | 229,4 |
| 17. | 552,2 | 264,8 | 215,7 | 224,9 |
| 18. | 490,0 | 261,4 | 222,6 | 231,9 |
| 19. | 548,8 | 275,6 | 218,1 | 224,9 |
| 20. | 602,8 | 318,3 | 220,8 | 232,1 |
| 21. | 546,2 | 303,2 | 234,0 | 243,7 |
| 22. | 578,6 | 312,8 | 225,4 | 235,2 |
| 23. | 484,6 | 237,7 | 217,3 | 228,5 |
| 24. | 543,9 | 293,1 | 228,2 | 240,9 |
| 25. | 548,2 | 294,3 | 227,9 | 239,1 |
| 26. | 486,8 | 243,7 | 219,0 | 231,3 |
| 27. | 547,3 | 346,7 | 228,8 | 244,0 |
| 28. | 544,5 | 298,7 | 229,2 | 240,0 |
| 29. | 488,0 | 252,8 | 218,4 | 226,1 |
| 30. | 549,1 | 312,6 | 232,1 | 243,1 |
| 31. | 489,3 | 251,5 | 223,7 | 235,2 |
| Yhteensä. | 16535,3 | 8801,6 | 6923,4 | 7248,7 |

Erän kolme tukeista vain yksi kappale lajiteltiin eri lokeroon (taulukko 6). Tämä tarkoittaa että 97 % tukeista lajiteltiin alkuperäiseen lokeroon. Tukki numero kolme lajiteltiin lokeroon numero neljä. Kyseinen lokero on lajitteluhalkaisijaltaan pienemmän tukkiluokan lokero. Tukki numero kolme lajiteltiin molemmilla mittareilla lokeroon numero neljä.

Erän kolme kuorellisten tukkien kokonaistilavuus oli röntgenmittarilla mitattuna 8,80 kuutiometriä. Tämä on 0,49 % enemmän mitä 3D-tukkimitarilla ja 1,54 % vähemmän kuin käsin mitatuissa tukeissa. Kokonaispituus oli 0,06 % enemmän kuin 3D-mitatuissa ja 0,03 % vähemmän. Latvanhalkaisija oli keskiarvoltaan 0,9 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa ja 0,5 millimetriä suurempi kuin käsin mitatuissa tukeissa. Lajitteluhalkaisija oli keskiarvoltaan 2,3 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa tukeissa.

Taulukko 7. 11" kuorellisten tukkien röntgenmittarin tulokset

| 11" kuorellisten tukkien röntgenmittarin tulokset | | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) |
| 1. | 547,1 | 435,5 | 281,9 | 296,2 |
| 2. | 549,0 | 421,0 | 278,5 | 291,6 |
| 3. | 550,0 | 425,5 | 279,0 | 292,2 |
| 4. | 548,2 | 443,8 | 290,1 | 301,7 |
| 5. | 549,1 | 443,8 | 284,6 | 297,2 |
| 6. | 545,5 | 442,1 | 291,7 | 305,9 |
| 7. | 553,9 | 462,1 | 282,2 | 298,9 |
| 8. | 549,1 | 449,6 | 283,7 | 297,5 |
| 9. | 551,0 | 444,0 | 273,4 | 285,7 |
| 10. | 545,3 | 461,3 | 291,5 | 304,6 |

Lokero 28.

| | | | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 11. | 551,6 | 403,9 | 274,2 | 288,3 | Lokero 28. |
| 12. | 547,4 | 408,5 | 280,6 | 292,7 | |
| 13. | 547,8 | 473,9 | 275,1 | 290,1 | |
| 14. | 547,9 | 422,6 | 280,7 | 293,6 | |
| 15. | 550,1 | 432,7 | 289,3 | 301,7 | |
| 16. | 551,5 | 434,9 | 275,8 | 288,9 | |
| 17. | 554,4 | 450,9 | 291,1 | 305,2 | |
| 18. | 547,1 | 429,8 | 288,2 | 300,8 | |
| 19. | 549,0 | 467,0 | 280,2 | 294,7 | |
| 20. | 551,3 | 411,9 | 280,1 | 291,6 | |
| 21. | 549,7 | 456,8 | 290,8 | 303,1 | |
| 22. | 547,7 | 414,0 | 282,9 | 295,5 | |
| 23. | 546,8 | 411,1 | 281,1 | 292,8 | |
| 24. | 550,5 | 422,7 | 283,7 | 296,2 | |
| 25. | 550,0 | 442,7 | 284,4 | 296,0 | |
| 26. | 548,9 | 443,5 | 290,5 | 305,6 | |
| 27. | 550,0 | 486,3 | 292,1 | 303,8 | |
| 28. | 546,1 | 464,0 | 295,0 | 306,9 | Lokero 32. |
| 29. | 548,0 | 468,3 | 282,0 | 298,3 | |
| 30. | 549,6 | 407,5 | 276,5 | 290,4 | |
| 31. | 544,3 | 435,7 | 284,4 | 298,2 | Lokero 29. |
| 32. | 549,0 | 439,9 | 289,4 | 302,9 | |
| 33. | 549,5 | 406,6 | 272,7 | 287,5 | Lokero 28. |
| 34. | 546,3 | 429,1 | 285,7 | 302,1 | |
| 35. | 549,2 | 428,4 | 289,4 | 302,9 | |
| 36. | 544,8 | 419,7 | 276,1 | 291,1 | Lokero 29. |
| 37. | 548,6 | 441,6 | 273,2 | 286,8 | Lokero 28. |
| 38. | 547,8 | 442,8 | 280,2 | 293,5 | |
| 39. | 548,1 | 423,3 | 274,4 | 288,9 | Lokero 28. |
| 40. | 553,1 | 417,7 | 273,8 | 287,2 | Lokero 28. |
| 41. | 548,7 | 429,3 | 283,4 | 293,8 | |
| 42. | 547,7 | 458,6 | 292,8 | 304,8 | |
| 43. | 546,3 | 420,7 | 272,4 | 287,0 | Lokero 28. |
| 44. | 544,8 | 407,8 | 274,1 | 286,4 | Lokero 27. |
| 45. | 548,6 | 430,4 | 279,6 | 294,5 | |
| Yhteensä. | 24690,4 | 19613,3 | 12712,5 | 13315,3 | |

Erän neljä tukeista 11 kappaletta lajiteltiin eri lokeroon (taulukko 7). Tukeista 75 % lajiteltiin alkuperäiseen lokeroon. Tukeista seitsemän kappaletta lajiteltiin lokeroon numero 28, joka on lajitteluhalkaisijaltaan pienempi lokero. Tukki numero 28 lajiteltiin lokeroon numero 32, joka puolestaan on lajitteluhalkaisijaltaan suurempi lokero. Kaksi tukeista lajiteltiin lokeroon numero 29 minne lajitellaan tukit, jotka eivät täytä lokeron 30 pituuskuoreja. Lokeroon 27 lajiteltiin tukki numero 44 (kuva 11). Lokero 27 on pienemmän tukkiluokan lokero, joka ei täytä pituuden eikä lajitteluhalkaisijan puolesta lokeron 30 kuoreja. Kuusi tukkia enemmän lajiteltiin eri lokeroon mitä 3D-mittarilla.

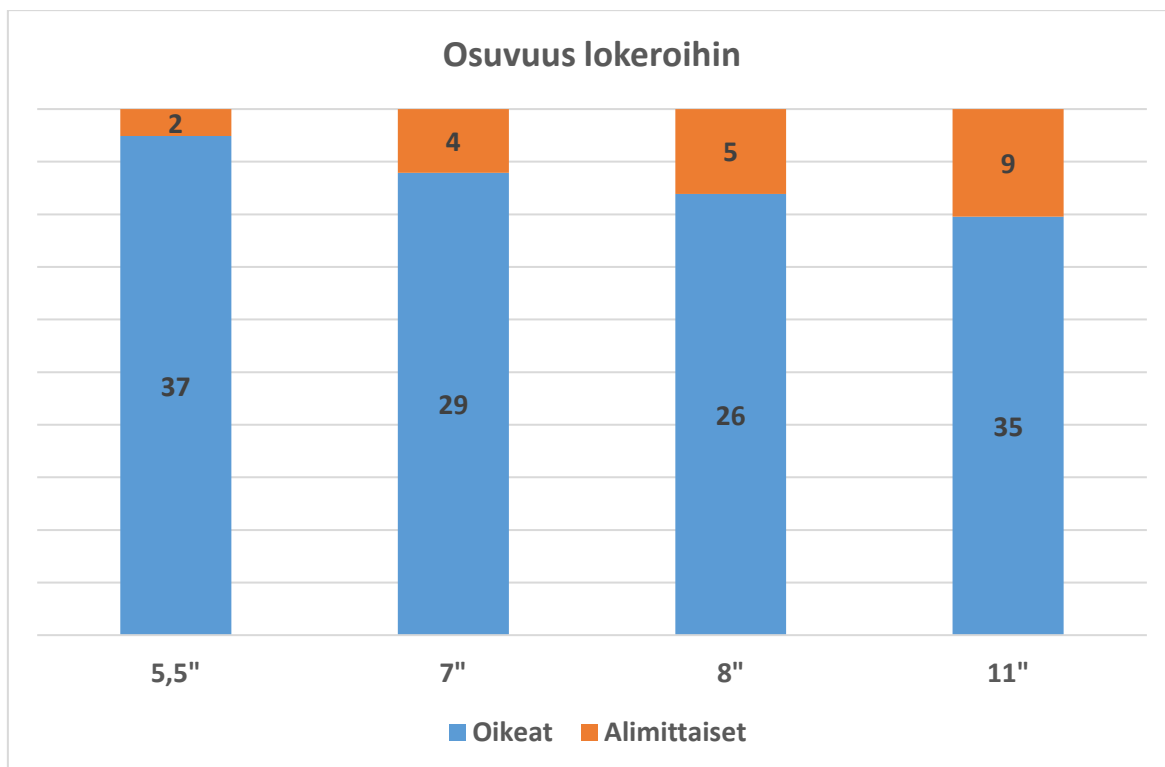
Erän 4 kuorellisten tukkien kokonaistilavuus oli 19,61 kuutiometriä. Se on 0,78 % enemmän mitä 3D-mitatuilla ja 1,27 % vähemmän mitä käsin mitatuilla tukeilla. Röntgenmitatut tukit olivat keskiarvoltaan 0,7 % pidempiä mitä 3D-mitatut ja 0,01 % pidempiä mitä käsin mitatut. Latvaläpimitta oli keskimäärin 1,5 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa ja 0,5 millimetriä pienempi kuin käsin mitatuissa.



Kuva 11. Erä neljä tukkinumero 44 olevaa vaurioita

4.1.3 Vertailu

3D-tukkimitarilla lajiteltiin 147 kuorellista tukkia joista 127 kappaletta lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu ja 20 kappaletta lajiteltiin eri lokeroihin. 86 % prosenttia tukeista lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne ole alun perin lajiteltu (kuva 12).

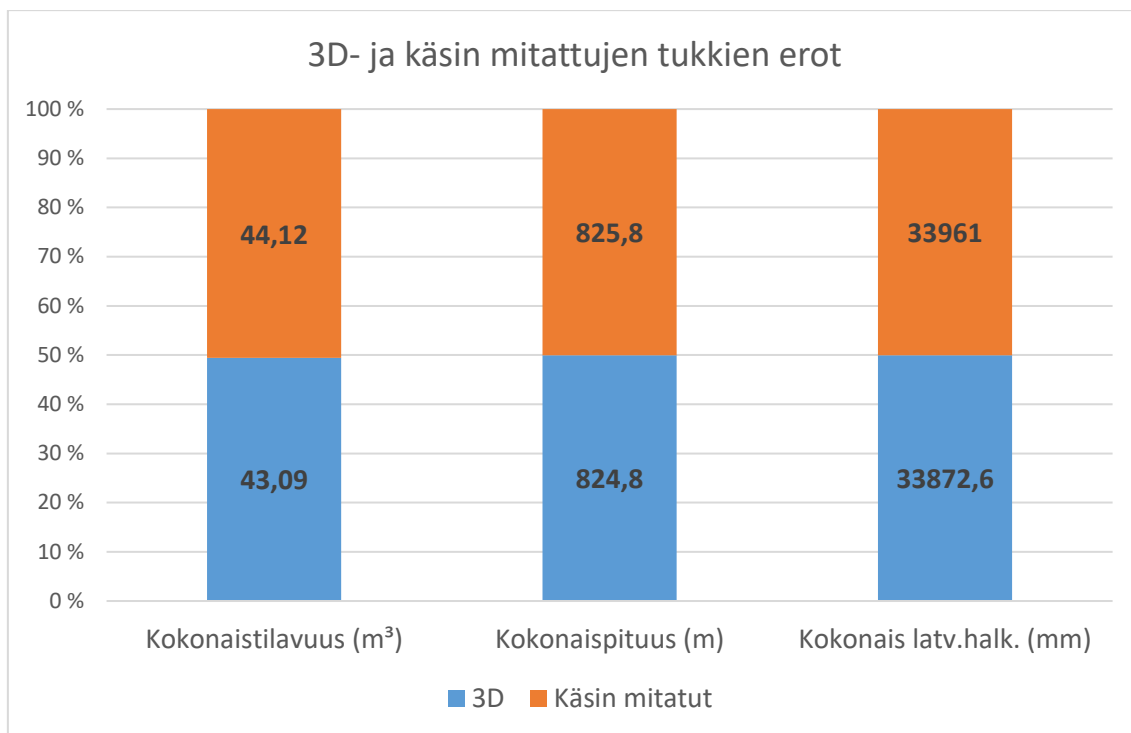


Kuva 12. Kuorellisten tukkien osuvuus lokeroihin 3D-mittarilla

Eri lokeroihin lajitelluissa tukeista neljä kappaletta lajiteltiin eri lokeroon, sillä niiden pituus oli vähemmän mitä alkuperäisen lokeron alaraja. Kyseiset tukit jäivät keskimäärin seitsemän millimetriä alkuperäisen lokeron pituusrajasta.

16 kappaletta tukeista taas lajiteltiin eri lokeroon, sillä niiden latvahalkaisija jäi alle alkuperäisen lokeron alaraja. Keskimäärin tukit jäivät 2,3 millimetriä alkuperäisten lokeroitten minimi lajitteluhalkaisijasta. Tämä johtuu latvassa sijaitsevista vaurioista tai kuoren puuttumisesta. Tukkien siirtely aiheuttaa pinnallisia vaurioita tukeissa. Tämän takia niiden latvasta lähtee usein kuorta ja paloja, minkä takia niiden latvaläpimitta pienenee hiukan.

Yhtäkään tukkia ei lajiteltu pituuden tai lajitteluhalkaisijan puolesta suurempaan tukkiluokkaan mistä se oli alun perin otettu.

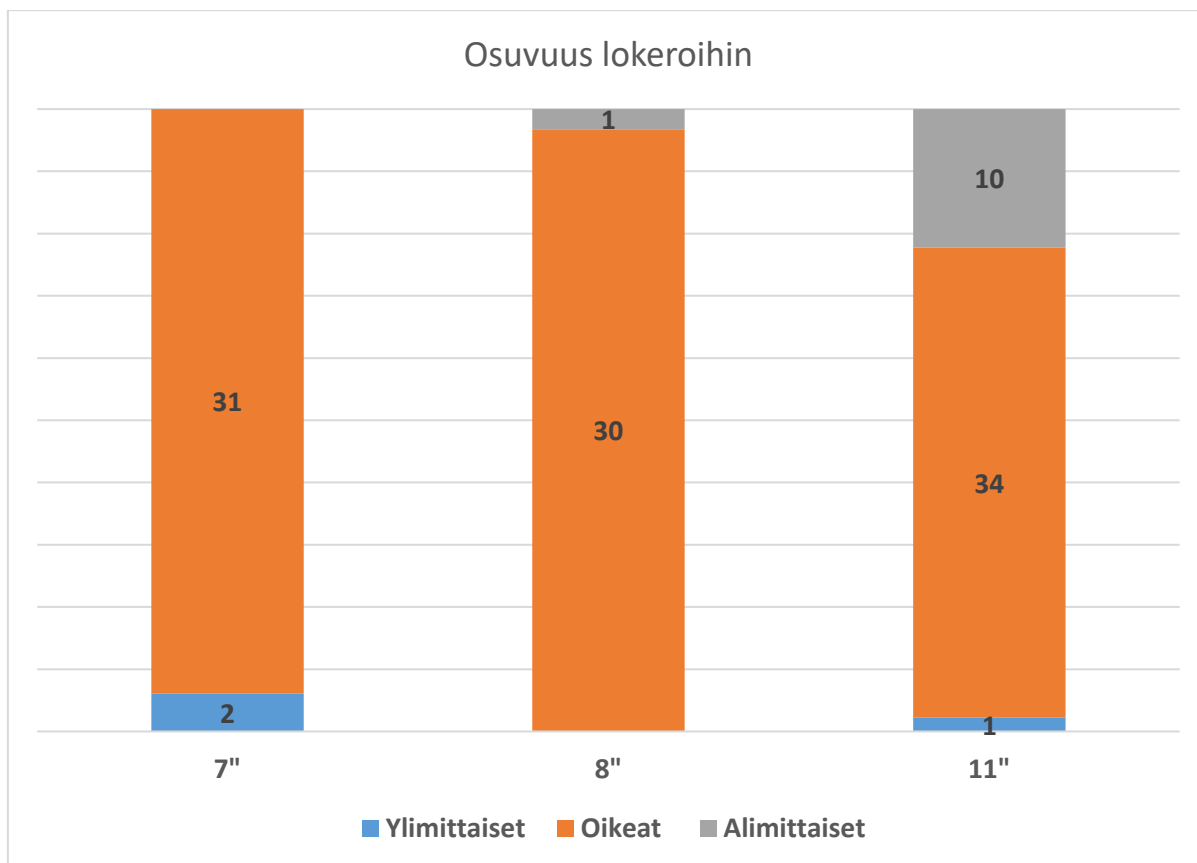


Kuva 13. Kuorellisten tukkien 3D- ja käsin mitattujen tukkien erot

Kuvassa 13 näkyy 3D- ja käsin mitattujen tukkien erot. 3D-tukkimitarilla lajiteltujen tukkien kokonaistilavuus oli 43,09 kuutiometriä ja käsin mitattujen tukkien kokonaistilavuus 44,12 kuutiometriä. Eroa siis käsin mitattujen ja 3D-mitattujen välillä oli 2,32 %. Kokonaispituudessa eroa oli 100 senttimetriä eli käsin mitatut tukit oli mitattu 0,12 % pidemmiksi. Latvaläpimitta oli keskimäärin 0,6 millimetriä suurempi käsin mitatuissa tukeissa, jolloin kokonaislatvanhalkaisija on 0,26 % suurempi mitä 3D-mitatuissa.

Röntgenmittarin vertailussa ei oteta huomioon 5,5” tukkeja, sillä erän tukkeja ei lajiteltu kuorellisina röntgenmittarilla. Röntgenmittarilla lajiteltiin 109 tukkia. 14 tukeista lajiteltiin eri lokeroon mistä ne oli alun perin otettu tämä tarkoittaa että 87 % tukeista lajiteltiin puolestaan samaan lokeroon mistä ne oli alun perin otettu. Tulos oli sama kuin 3D-mittarilla, mutta röntgenmittarilla lajiteltiin pienempi tukkimäärä.

93 tukkia lajiteltiin samaan lokeroon kuin 3D-mittarilla ja 15 tukkia lajiteltiin eri lokeroon. Tämä tarkoittaa että 16 % tukeista lajiteltiin eri lokeroon röntgenmittarilla kuin 3D-mittarilla.



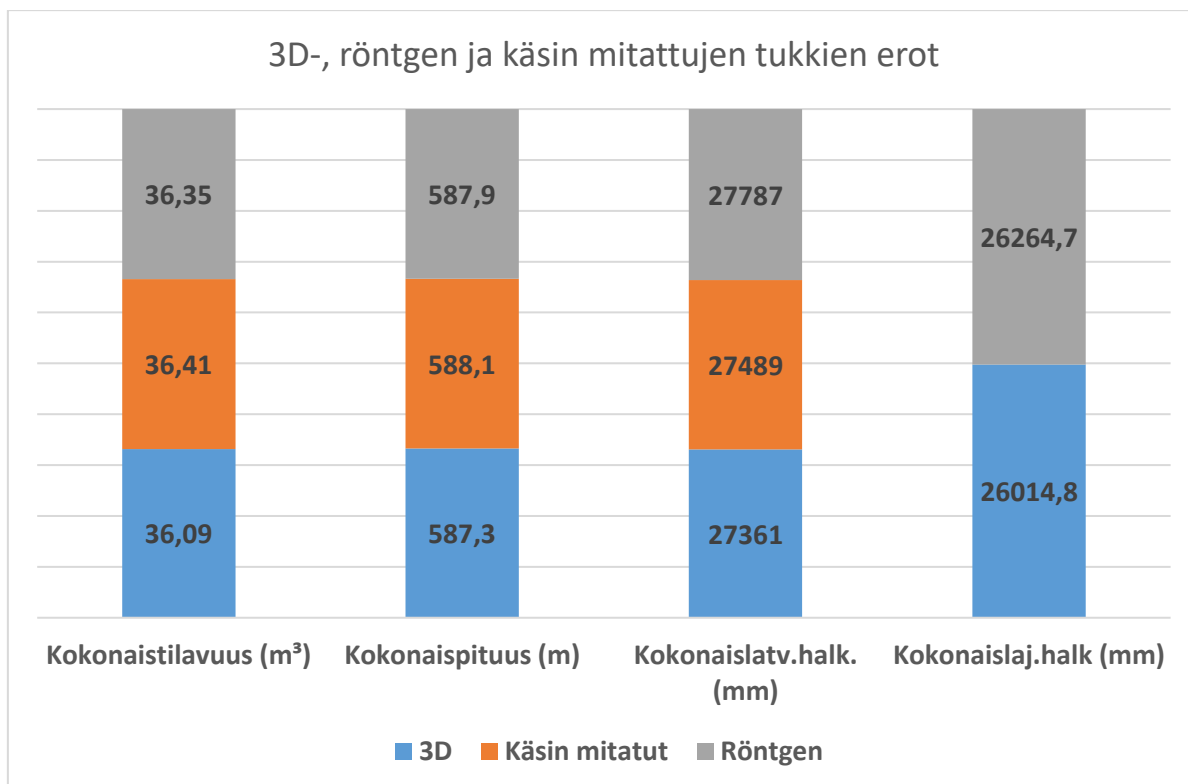
Kuva 14. Kuorellisten tukkien osuvuus lokeroihin röntgenmittarilla

Kuvassa 14 näkyy tukkien osuvuus lokeroihin röntgenmittarilla. Kaksi tukeista lajiteltiin eri lokeroon siitä syystä, että niiden pituus jäi alle alkuperäisen lokeron minimipituusrajan. Kyseiset tukit jäivät keskimäärin 4 millimetriä liian lyhyiksi.

11 tukkia lajiteltiin eri lokeroihin johtuen niiden lajitteluhalkaisijasta. Kahdeksan näistä tukeista lajiteltiin pienempään tukkiluokkaan koska niiden lajitteluhalkaisija jäi keskimäärin 1,5 millimetriä liian pieneksi alkuperäisen lokeroitten minimirajoista. Kolme tukeista taas lajiteltiin suurempaan tukkiluokkaan ja niiden lajitteluhalkaisija oli keskimäärin 0,4 millimetriä suurempi kuin alkuperäisten lokeroitten maksimi lajitteluhalkaisija.

Yksi tukeista taas lajiteltiin eri lokeroon, sillä se lajiteltiin pituuden sekä lajitteluhalkaisijan puolesta pienempään tukkiluokkaan. Kyseessä on erän neljä tukkinumero 44. Tukki jäi lajitteluhalkaisijan puolesta 0,9 millimetriä liian pieneksi ja 2 millimetriä lyhyeksi pituutensa puolesta.

Verrattuna 3D-mittariin röntgenmittari lajitteli tukit keskimäärin suuremmiksi, joka näkyy esimerkiksi siinä, että 3D-mittarilla yhtäkään tukeista ei lajiteltu suurempaan tukkiluokkaan.



Kuva 15. Kuorellisten tukkien 3D-, röntgen ja käsin mitattujen tukkien erot

Kuvassa 15 näkyy kuorellisten tukkien 3D-, röntgen- ja käsin mitattujen tukkien erot. Röntgenmittarilla lajiteltujen kuorellisten tukkien kokonaistilavuus oli 36,76 kuutiometriä, joka on 0,72 % suurempi kuin 3D-mitattujen tukkien kokonaistilavuus ja 0,16 % vähemmän kuin käsin mitatuissa. Kokonaispituudessa röntgenmitatut tukit olivat 0,10 % pidempiä kuin 3D-mitatut ja 0,03 % lyhyempiä kuin käsin mitatut. Latvanhalkaisija oli keskiarvoltaan 1,3 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa ja 0,1 millimetriä suurempi kuin käsin mitatuissa. Lajitteluhalkaisija oli keskiarvoltaan 2,3 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa tukeissa.

4.2 Kuorettomat tukit

Kun tukit oli mitattu kuorellisina, mitattiin ne sen jälkeen vielä kuorettomina. Tällä haluttiin selvittää lajitteleeko tukkimittari kuorettomat tukit samaan lokeroon kuin kuorelliset tukit ja samalla vertailla niiden mittaustuloksia.

Tuloksia verrattiin kuorellisiin 3D- ja röntgenmittauksiin sekä kuorettomiin käsin mittauksiin. Kuoren osuus säädettiin nolnaan, kun tukit lajiteltiin 3D-mittarilla. Jos näin ei olisi tehty tekisi 3D-mittari tukeista kuorivähennyksen, jolloin mittatulokset vääristyisivät. Lajitteluhalkaisija ja vastaanottohalkaisija FIN arvot ovat samoja koska tukit ovat kuorettomia. Kun kuorettomia ja kuorellisia tukkeja verrataan tilavuuden osalta, tehdään kuorettomien

tukkien kokonaistilavuuteen kuorilisäys. Kuorilisäysprosentti tehtiin metsäntutkimuslaitoksen kuorilisäystaulukolla. (Puuhuolto 2018c.)

Kuorettomat tukit lajiteltiin myös röntgenmittarilla, mutta tuloksiin ei voida luottaa johtuen tukkeihin jääneestä ”karvaisesta” kuorintajäljestä ja puuaineksen irtoamisesta kuorinnan aikana. Röntgenmittari tunnistaa kuoren sen tiheyden perusteella ja kuorettomiin tukkeihin jäänyt ”karvainen” kuorintajälki ja irronnut puuaines aiheuttaa tiheyseroja, joka vääristää tukkiröntgenillä saatuja mittaustuloksia. Tämän takia tuloksia ei tarkastella tässä työssä.



Kuva 16. 11” tukit kuorittuina

4.2.1 Käsin mittaus

Kuorettomien tukkien käsin mittaustuloksia käytetään vertailussa muihin kuorettomien tukkien mittaustuloksiin. Kuorettomien tukkien käsin mittauksien tulokset löytyvät liitteistä numero 5 - 8.

4.2.2 3D-mittaus

Ensimmäisessä erässä kaksi tukeista lajiteltiin eri lokeroon (taulukko 8). Molemmat tukeista olivat lajitteluhalkaisijaltaan suurempia mitä alkuperäisen lokeroon lajitteluhalkaisija,

jolloin ne lajiteltiin suurempaan tukkiluokkaan. Tukit olivat keskimäärin 0,5 millimetriä alkuperäisen lokeron maksimi lajitteluhalkaisijasta. Tukeista 95 % lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu.

Taulukko 8. 5,5" kuorettomien tukkien 3D-mittarin tulokset

| 5,5" kuorettomien tukkien 3D-mittarin tulokset | | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 608,2 | 160,9 | 153,9 | 153,9 | |
| 2. | 608,8 | 149,4 | 158,9 | 158,9 | |
| 3. | 610,9 | 161,8 | 150,3 | 150,3 | |
| 4. | 606,5 | 151,4 | 158,8 | 158,8 | |
| 5. | 607,5 | 148,0 | 158,3 | 158,3 | |
| 6. | 609,8 | 144,4 | 160,8 | 160,8 | |
| 7. | 621,4 | 208,3 | 162,7 | 162,7 | |
| 8. | 608,0 | 145,2 | 152,2 | 152,2 | |
| 9. | 611,3 | 167,8 | 156,4 | 156,4 | |
| | | | | | |
| 11. | 609,9 | 174,3 | 160,4 | 160,4 | |
| 12. | 609,2 | 163,3 | 160,4 | 160,4 | |
| 13. | 611,1 | 168,2 | 158,5 | 158,5 | |
| 14. | 607,3 | 160,7 | 157,8 | 157,8 | |
| 15. | 607,8 | 150,9 | 150,2 | 150,2 | |
| 16. | 609,5 | 151,8 | 160,4 | 160,4 | |
| 17. | 610,7 | 155,6 | 155,2 | 155,2 | |
| 18. | 609,1 | 162,0 | 160,2 | 160,2 | |
| 19. | 608,4 | 169,1 | 151,8 | 151,8 | |
| 20. | 609,3 | 156,2 | 159,0 | 159,0 | |
| 21. | 607,5 | 150,8 | 164,0 | 164,0 | Lokero 9. |
| 22. | 608,7 | 160,1 | 156,5 | 156,5 | |
| 23. | 608,1 | 159,2 | 156,9 | 156,9 | |
| 24. | 608,7 | 164,6 | 150,8 | 150,8 | |
| 25. | 608,3 | 171,1 | 157,9 | 157,9 | |
| 26. | 609,6 | 158,0 | 156,1 | 156,1 | |
| 27. | 611,5 | 150,6 | 157,1 | 157,1 | |
| 28. | 607,3 | 142,1 | 150,5 | 150,5 | |
| 29. | 606,3 | 167,5 | 155,5 | 155,5 | |
| 30. | 609,3 | 211,7 | 155,0 | 155,0 | |
| 31. | 609,6 | 152,4 | 156,6 | 156,6 | |
| 32. | 610,8 | 164,0 | 161,5 | 161,5 | |
| 33. | 607,4 | 140,2 | 146,3 | 146,3 | |
| 34. | 609,8 | 166,3 | 160,9 | 160,9 | |
| 35. | 608,3 | 159,2 | 162,8 | 162,8 | |
| 36. | 609,5 | 195,0 | 157,6 | 157,6 | |
| 37. | 610,9 | 167,9 | 164,8 | 164,8 | Lokero 9. |
| 38. | 610,4 | 156,8 | 152,1 | 152,1 | |
| 39. | 609,8 | 167,3 | 149,7 | 149,7 | |
| 40. | 609,8 | 166,0 | 153,6 | 153,6 | |
| Yhteensä | 23766,3 | 6320,1 | 6112,4 | 6112,4 | |

Ensimmäisen erän kuoreton kokonaistilavuus 3D-mittarilla mitattaessa oli 6,32 kuutiometriä, joka on 1,1 % vähemmän kuin käsin mitatuissa ja kuorilisäyksen jälkeen 0,31 % enemmän kuin kuorellisissa 3D-mitatuissa. Lajitteluhalkaisija oli keskimäärin 0,2 millimetriä pienempi kuin kuorellisissa 3D-mitatuissa tukeissa. Latvanhalkaisija oli keskimäärin 0,3 millimetriä suurempi kuin käsin mitatuissa kuorettomissa tukeissa.

Taulukko 9. 7" kuorettomien tukkien 3D-mittarin tulokset

| 7" kuorettomien tukkien 3D-mittarin tulokset | | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 551,0 | 237,4 | 209,0 | 209,0 | |
| 2. | 547,7 | 270,6 | 212,3 | 212,3 | |
| 3. | 554,8 | 214,3 | 203,4 | 203,4 | |
| 4. | 548,0 | 233,2 | 204,6 | 204,6 | |
| 5. | 551,2 | 237,0 | 206,8 | 206,8 | |
| 6. | 547,9 | 213,7 | 207,1 | 207,1 | |
| 7. | 548,5 | 230,7 | 210,3 | 210,3 | |
| 8. | 549,4 | 209,0 | 199,5 | 199,5 | |
| 9. | 550,4 | 209,1 | 207,0 | 207,0 | |
| 10. | 554,6 | 218,7 | 206,2 | 206,2 | |
| 11. | 548,3 | 215,1 | 207,0 | 207,0 | |
| 12. | 548,1 | 238,1 | 210,5 | 210,5 | |
| 13. | 549,1 | 237,1 | 211,2 | 211,2 | |
| 14. | 548,8 | 212,3 | 203,4 | 203,4 | |
| 15. | 550,3 | 238,3 | 210,1 | 210,1 | |
| 16. | 549,4 | 204,1 | 202,1 | 202,1 | |
| 17. | 549,4 | 239,0 | 213,3 | 213,3 | |
| 18. | 550,3 | 233,6 | 214,7 | 214,7 | |
| 19. | 548,0 | 219,2 | 202,9 | 202,9 | |
| 20. | 551,6 | 250,1 | 215,4 | 215,4 | Lokero 40. |
| 21. | 545,2 | 251,2 | 209,2 | 209,2 | |
| 22. | 549,7 | 241,8 | 216,2 | 216,2 | Lokero 40. |
| 23. | 546,8 | 235,1 | 213,1 | 213,1 | |
| 24. | 548,2 | 247,9 | 207,9 | 207,9 | |
| 25. | 545,8 | 233,1 | 205,3 | 205,3 | |
| 26. | 547,0 | 236,5 | 201,7 | 201,7 | |
| 27. | 546,4 | 224,2 | 207,0 | 207,0 | |
| 28. | 549,4 | 252,7 | 210,9 | 210,9 | |
| 29. | 547,4 | 227,1 | 209,8 | 209,8 | |
| 30. | 546,7 | 245,0 | 200,7 | 200,7 | |
| 31. | 550,8 | 217,9 | 206,5 | 206,5 | |
| 32. | 548,6 | 252,2 | 216,3 | 216,3 | Lokero 40. |
| 33. | 551,4 | 201,3 | 199,3 | 199,3 | |

| | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Yhteensä | 18120,2 | 7626,6 | 6860,7 | 6860,7 |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|

Erän kaksi tukeista kolme kappaletta lajiteltiin eri lokeroon (taulukko 9). 91 % tukeista lajiteltiin samaan lokeroon, johon ne oli alun perin lajiteltu. Tukit numero 20, 22 ja 32 lajiteltiin lokeroon numero 40. Lokero numero 40 sisältää tukit, jotka ovat lajitteluhalkaisijaltaan suuremman tukkiluokan tukkeja. Tukit olivat keskimäärin 0,7 millimetriä yli alkuperäisen lokeron maksimi lajitteluhalkaisijan.

Erän kaksi kuoreton kokonaistilavuus 3D-mittarilla mitattaessa oli 7,63 kuutiometriä, joka on 0,8 % vähemmän kuin käsin mitatuissa ja kuorilisäyksen jälkeen 1,98 % enemmän kuin kuorellisessa 3D-mittauksessa ja 1,21 % enemmän kuin kuorellisessa röntgenmittauksessa. Tukkien lajitteluhalkaisija oli keskimäärin 1,1 millimetriä suurempi kuin käsin mitatuissa, 1,9 millimetriä suurempi kuin 3D-mitatuissa kuorellisissa tukeissa ja 1,3 millimetriä pienempi kuin kuorellisissa röntgenmittauksissa.

Taulukko 10. 8" kuorettomien tukkien 3D-mittarin tulokset

| 8" kuorettomien tukkien 3D-mittausten tulokset | | | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 606,1 | 350,9 | 225,6 | 225,6 | |
| 2. | 549,0 | 316,6 | 221,3 | 221,3 | |
| 3. | 550,4 | 244,7 | 213,5 | 213,5 | Lokero 4 |
| 4. | 488,7 | 243,3 | 219,7 | 219,7 | |
| 5. | 494,4 | 220,9 | 221,6 | 221,6 | |
| 6. | 490,7 | 201,5 | 215,2 | 215,2 | |
| 7. | 609,8 | 324,0 | 228,7 | 228,7 | |
| 8. | 546,7 | 264,1 | 220,8 | 220,8 | |
| 9. | 491,5 | 252,0 | 219,5 | 219,5 | |
| 10. | 547,3 | 261,4 | 221,9 | 221,9 | |
| 11. | 490,2 | 229,0 | 221,5 | 221,5 | |
| 12. | 548,7 | 283,7 | 236,6 | 236,6 | Lokero 22 |
| 13. | 547,0 | 257,8 | 220,0 | 220,0 | |
| 14. | 548,5 | 256,5 | 223,3 | 223,3 | |
| 15. | 486,5 | 219,1 | 220,6 | 220,6 | |
| 16. | 546,8 | 253,8 | 218,3 | 218,3 | |
| 17. | 544,8 | 234,0 | 209,0 | 209,0 | Lokero 17 |
| 18. | 488,6 | 237,1 | 218,2 | 218,2 | |
| 19. | 551,7 | 256,8 | 214,8 | 214,8 | Lokero 4 |
| 20. | 600,8 | 287,4 | 217,8 | 217,8 | |
| 21. | 549,0 | 274,2 | 226,1 | 226,1 | |
| 22. | 580,0 | 284,7 | 220,4 | 220,4 | |
| 23. | 486,0 | 218,5 | 216,2 | 216,2 | |
| 24. | 543,8 | 266,5 | 227,9 | 227,9 | |
| 25. | 548,5 | 270,2 | 226,3 | 226,3 | |

| | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| 26. | 486,0 | 221,3 | 222,1 | 222,1 | |
| 27. | 544,3 | 314,4 | 230,4 | 230,4 | |
| 28. | 546,0 | 278,6 | 227,5 | 227,5 | |
| 29. | 490,0 | 228,8 | 210,6 | 210,6 | Lokero 39 |
| 30. | 546,3 | 281,5 | 228,1 | 228,1 | |
| 31. | 489,6 | 229,1 | 223,0 | 223,0 | |
| Yhteensä | 16537,7 | 8062,4 | 6866,5 | 6866,5 | |

Erän kolme tukeista viisi kappaletta lajiteltiin eri lokeroihin (taulukko 10). Tukit numero 3 ja 19 lajiteltiin lokeroon numero neljä, joka on lajitteluhalkaisijaltaan pienempi lokero. Kyseiset tukit jäivät keskimäärin 0,9 millimetriä pieniksi alkuperäisen lokeron lajitteluhalkaisija kriteeristä. Tukki numero 12 lajiteltiin lokeroon numero 22, joka on lajitteluhalkaisijaltaan suuremman tukkiluokan lokero. Tukki ylitti rajan 1,6 millimetrillä. Tukit numero 17 ja 29 lajiteltiin lokeroihin, joiden lajitteluhalkaisija on pienempi kuin alkuperäisen lokeron minimikriteeri. Tukeista 84 % lajiteltiin samoihin lokeroihin.

Erän kolme kuorettomien tukkien kokonaistilavuus oli 3D-mittarilla mitattaessa 8,06 kuutiometriä, joka on 0,78 % pienempi kuin käsin mitatuissa tukeissa. Kuorilisäyksen jälkeen erän kokonaistilavuus oli 1,71 % suurempi kuin kuorellisessa 3D-mittauksessa ja 1,2 % suurempi kuin kuorellisessa röntgenmittauksessa. Lajitteluhalkaisija oli keskimäärin 2 millimetriä suurempi kuin käsin mitatuissa. Kuorellisiin 3D-mitattuihin verrattuna lajitteluhalkaisija oli 0,5 millimetriä suurempi ja 1,8 millimetriä pienempi kuin kuorellisissa röntgenmittauksissa.

Taulukko 11. 11" kuorettomien tukkien 3D-mittarin tulokset

| 11" kuorettomien tukkien 3D-mittausten tulokset | | | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Laj.halk. (mm) | Vast.ott.FIN (mm) | |
| 1. | 544,5 | 394,1 | 277,1 | 277,1 | Lokero 29. |
| 2. | 544,8 | 387,7 | 277,5 | 277,5 | Lokero 29. |
| 3. | 547,1 | 376,7 | 277,0 | 277,0 | |
| 4. | 547,1 | 394,7 | 287,6 | 287,6 | |
| 5. | 548,1 | 392,7 | 275,5 | 275,5 | |
| 6. | 544,6 | 383,3 | 282,5 | 282,5 | Lokero 29. |
| 7. | 545,4 | 379,9 | 283,9 | 283,9 | |
| 8. | 550,0 | 374,5 | 278,5 | 278,5 | |
| 9. | 546,4 | 428,1 | 281,8 | 281,8 | |
| 10. | 551,4 | 418,2 | 287,2 | 287,2 | |
| 11. | 548,6 | 413,0 | 278,5 | 278,5 | |
| 12. | 544,5 | 377,0 | 281,7 | 281,7 | Lokero 29. |
| 13. | 549,6 | 391,0 | 270,3 | 270,3 | Lokero 28. |
| 14. | 545,4 | 402,5 | 281,7 | 281,7 | |
| 15. | 548,7 | 400,8 | 286,8 | 286,8 | |

| | | | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 16. | 546,3 | 432,1 | 284,9 | 284,9 | |
| 17. | 546,1 | 410,8 | 283,2 | 283,2 | |
| 18. | 545,3 | 405,7 | 274,4 | 274,4 | Lokero 28. |
| 19. | 546,8 | 436,7 | 277,8 | 277,8 | |
| 20. | 548,8 | 406,2 | 285,9 | 285,9 | |
| 21. | 546,4 | 382,3 | 274,6 | 274,6 | Lokero 28. |
| 22. | 547,7 | 406,2 | 289,5 | 289,5 | |
| 23. | 553,3 | 386,5 | 277,8 | 277,8 | |
| 24. | 551,2 | 422,7 | 286,7 | 286,7 | |
| 25. | 547,7 | 391,7 | 282,7 | 282,7 | |
| 26. | 551,9 | 404,6 | 278,8 | 278,8 | |
| 27. | 551,3 | 407,3 | 289,9 | 289,9 | |
| 28. | 550,1 | 416,1 | 288,3 | 288,3 | |
| 29. | 549,5 | 415,9 | 290,2 | 290,2 | |
| 30. | 551,2 | 393,0 | 285,7 | 285,7 | |
| 31. | 549,6 | 411,7 | 291,2 | 291,2 | |
| 32. | 551,8 | 404,6 | 286,1 | 286,1 | |
| 33. | 552,6 | 426,7 | 289,2 | 289,2 | |
| 34. | 548,0 | 392,1 | 287,3 | 287,3 | |
| 35. | 555,1 | 453,5 | 288,0 | 288,0 | |
| 36. | 548,8 | 429,4 | 291,9 | 291,9 | |
| 37. | 549,2 | 436,2 | 292,4 | 292,4 | |
| 38. | 546,3 | 405,0 | 293,4 | 293,4 | |
| 39. | 546,2 | 415,5 | 294,7 | 294,7 | |
| 40. | 549,8 | 390,6 | 279,2 | 279,2 | |
| 41. | 550,3 | 419,4 | 289,0 | 289,0 | |
| 42. | 548,3 | 427,1 | 289,4 | 289,4 | |
| 43. | 554,0 | 391,4 | 273,6 | 273,6 | Lokero 28. |
| 44. | 545,1 | 378,1 | 274,8 | 274,8 | Lokero 28. |
| 45. | 549,1 | 378,7 | 277,7 | 277,7 | |
| Yhteensä | 24684,0 | 18192,0 | 12755,9 | 12755,9 | |

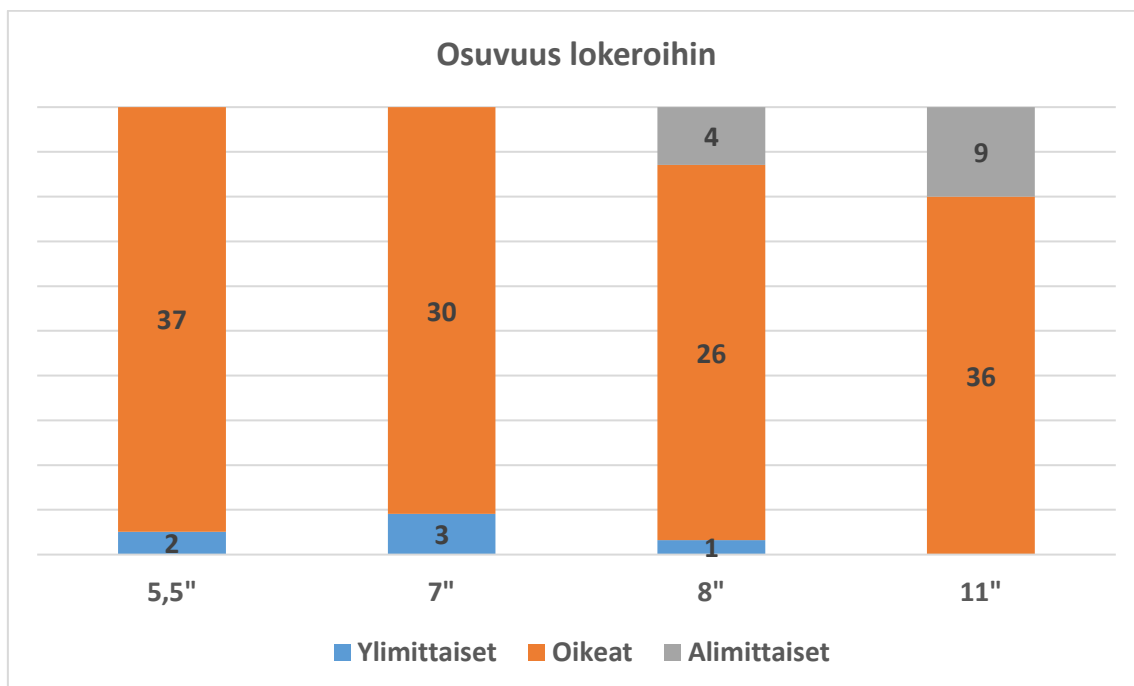
Erän neljä tukeista 36 lajiteltiin samaan lokeroon (taulukko 11). Yhdeksän tukeista lajiteltiin eri lokeroon. Neljä tukeista lajiteltiin lokeroon numero 29 ja viisi lokeroon numero 28. Molemmat lokerot ovat pituuden tai lajitteluhalkaisijan osalta pienemmän tukkiluokan lokeroita. Lokeron 29 tukit eivät täytä pituuden osalta alkuperäisen lokeron kriteereitä, kun taas lokeron 28 tukit eivät täytä lajitteluhalkaisijan kriteereitä.

Erän neljä kuorettomien tukkien kokonaistilavuus oli 3D-mittarilla mitattaessa 18,19 kuutiometriä, joka on 0,62 % vähemmän kuin käsin mitatuissa. Kuorilisäyksen jälkeen kokonaistilavuus oli 2,93 % suurempi kuin 3D-mitatuissa kuorellisissa tukeissa ja 2,17 % suurempi kuin kuorellisissa röntgenmittauksissa. Latvanhalkaisija oli käsin mitattuihin verrattuna 2,9 millimetriä suurempia. Kuorellisiin 3D-mittarin mittoihin verrattuna

lajitteluhalkaisija oli 2,8 millimetriä suurempi ja kuorellisiin röntgenmittoihin verrattuna 1 millimetrin suurempi.

4.2.3 Vertailu

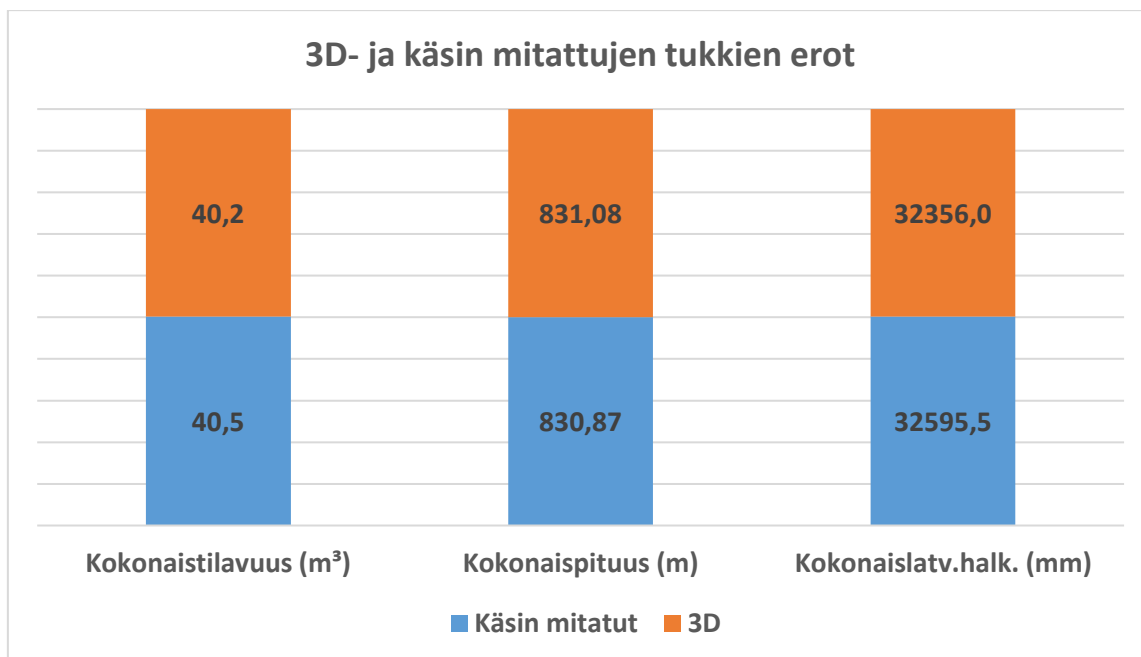
Kuorettomia tukkeja lajiteltiin yhteensä 3D-mittarin lävitse 148 kappaletta. Näistä tukeista samaan lokeroon lajiteltiin 129 kappaletta ja 19 kappaletta eri lokeroon (kuva 17). Kuorettomien tukkien osuvuus samaan lokeroon oli 87 %.



Kuva 17. Kuorettomien tukkien osuvuus lokeroihin 3D-mittarilla

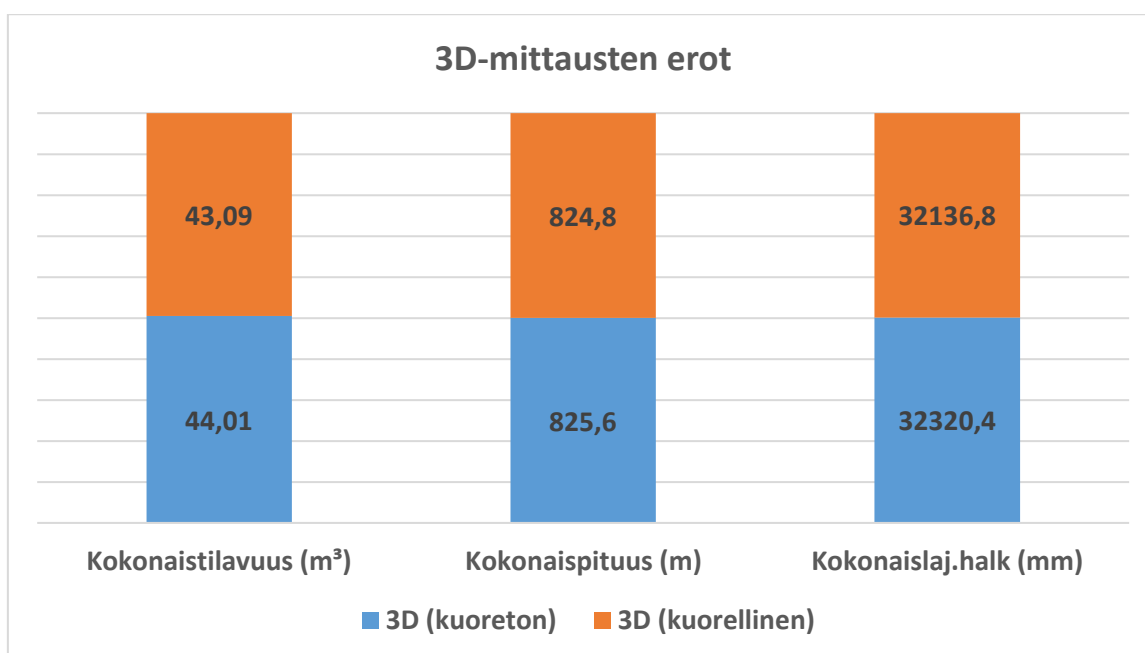
Alimittaisista tukeista neljä lajiteltiin eri lokeroon niiden pituuden osalta. Nämä tukit jäivät keskimäärin 0,4 millimetriä liian lyhyiksi alkuperäisen lokeron minimipituusrajaan. Loput alimittaisista tukeista lajiteltiin eri lokeroihin johtuen niiden liian pienestä lajitteluhalkaisijasta. Keskimäärin kyseiset tukit jäivät alkuperäisen lokeron minimi lajitteluhalkaisijasta 2,14 millimetriä.

Ylimittaisia tukkeja lajiteltiin kuusi kappaletta, joista kaikki olivat lajitteluhalkaisijaltaan suuremman tukkiluokan tukkeja. Keskimäärin tukit ylittivät alkuperäisen lokeron maksimirajan 0,97 millimetrillä.



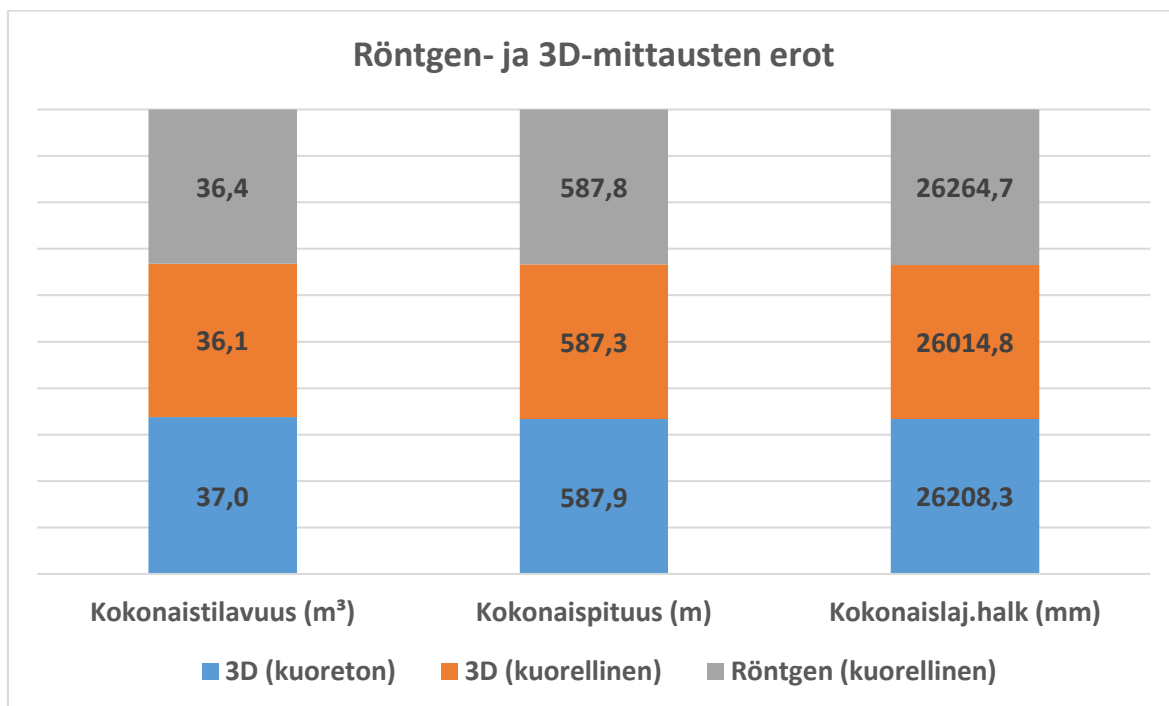
Kuva 18. Kuorettomien tukkien 3D- ja käsin mitattujen tukkien erot

Kuorettomien tukkien kokonaistilavuus oli 40,2 kuutiometriä 3D-mittarilla mitattaessa ja käsin mitattaessa 40,5 kuutiometriä (kuva 18). Käsin mitatut tukit olivat mitattu 0,74 % suuremmiksi tilavuuden osalta. Kokonaispituudessa 3D-mittarilla mitatut tukit olivat mitattu 21 senttimetriä pidemmiksi eli kokonaispituus oli 0,03 % pidempi kuin käsin mitatuissa tukeissa. Kokonaislatvanhalkaisija oli 3D-mitatuissa kuorettomissa tukeissa 0,73 % pienempi mitä käsin mitatuissa. Eli keskimäärin käsin mitattujen tukkien latvanhalkaisija oli 1,6 millimetriä suurempi.



Kuva 19. Kuorettomien ja kuorellisten tukkien 3D-mittausten erot

Kuvassa 19 näkyy kuorellisten ja kuorettomien tukkien 3D-mittausten erot. Kuorilisäyksen jälkeen tukkien kokonaistilavuuden ero oli 2,09 %. Kokonaispituudessa eroa oli vain 0,8 metriä, joka tarkoittaa 0,1 % erotusta. Kokonaislajitteluhalkaisija oli 0,57 % suurempi kuorettomassa 3D-mittauksessa. Tämä tarkoittaa, että keskimäärin tukit olivat 1,25 millimetriä suurempia lajitteluhalkaisijaltaan kuorettomassa 3D-mittauksessa.



Kuva 20. Erot röntgen- ja 3D-mittauksissa.

Kuvan 20 tarkastelussa ei olla otettu huomioon ensimmäisen erän tukkeja, sillä tukkeja ei lajiteltu kuorellisina tukkiröntgenillä.

Kuorilisäyksen jälkeen kuorettoman 3D-mittauksen kokonaistilavuus oli 2,43 % suurempi kuin kuorellisessa 3D-mittauksessa ja 1,62 % suurempi kuin kuorellisessa röntgenmittauksessa. Kokonaispituudessa eroa kuorelliseen 3D-mittaukseen oli 60 senttimetriä eli 0,10 % ja kuorelliseen röntgenmittaukseen 10 senttimetriä eli 0,02 %. Kokonaislajitteluhalkaisijassa eroa kuorelliseen 3D-mittaukseen oli 0,74 % eli keskimäärin kuorettomassa 3D-mittauksessa tukkien lajitteluhalkaisija oli 1,3 millimetriä suurempi. Kuorelliseen röntgenmittaukseen verrattuna kuorellisen 3D-mittauksen kokonaislajitteluhalkaisija oli 0,21 % pienempi, joka on keskimääräisesti 0,4 millimetriä

5 RAAKKITUKIT

Viimeisenä tarkasteltiin uuden tukkimittarin lenkouden mittausta. Raakkitukkikasasta valittiin 10 lenkoa tukkia, jotka lajiteltiin kolme kertaa kuorellisina röntgenmittarilla. Tukeista oli myös mitattu maksimilenkous käsin linjalangan, naulojen ja rullamitan avulla, mutta kyseisiä tuloksia ei voitu verrata röntgenmittarin tuloksiin, sillä mittari mittaa maksimilenkouden huonoimman metrin kohdalta, kun taas käsin mittauksissa mitattiin maksimilenkous koko tukin pituudelta (kuva 21). Vertailussa verrataankin kolmen eri lajittelu kerran lenkouden röntgenmittarintuloksia ja tarkastellaan kuinka paljon niissä on eroa ja tämän pohjalta yritetään keksiä, onko niistä mahdollista saada mahdollisia raja-arvoja automaattiraakkaukselle. Taulukon 12 lenkouden mitat ovat 0,1mm/m tukin huonoimmasta kohdasta.

Taulukko 12. Lenkouden mittaustulokset

| Lenkojen tukkien mittaustulokset | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-----------|
| Tukki nro. | Laj.1 | Laj.2 | Laj.3 | max.% ero |
| 1. | 68 | 71 | 73 | 6,85 % |
| 2. | 121 | 109 | 118 | 9,92 % |
| 3. | 111 | 113 | 109 | 3,54 % |
| 4. | 65 | 62 | 58 | 10,77 % |
| 5. | 104 | 104 | 110 | 5,45 % |
| 6. | 84 | 85 | 84 | 1,18 % |
| 7. | 132 | 134 | 134 | 1,49 % |
| 8. | 136 | 146 | 138 | 6,85 % |
| 9. | 83 | 81 | 82 | 2,41 % |
| 10. | 101 | 97 | 105 | 7,62 % |

Lenkoudelle ei ole virallista maksimirajaa vaan kyseinen raja on sahakohtainen. Tukkilajittelija hoitaa tukkien visuaalisen lajittelun, johon kuuluu myös lengot tukit. Tämän takia raakkaus johtuu myös erittäin paljon lajittelijasta sekä hänen kriteereistään. Automaattinen raakkaus helpottaisikin tukkilajittelijan työtä sekä vähentäisi raakkauksen vaihtelua. Yleinen määritelmä lengolle tukille on, että tasaista lenkoutta saisi olla senttimetri jokaista pituusmetriä kohti. Tällöin huonoimmalla metrillä lenkoutta saisi olla maksimissaan sentti, joka olisi röntgenmittarin mitoissa 100.

Taulukosta 12 nähdään että kolmessa lajittelukerrassa on suuri prosentuaalinen ero lenkouden mitoissa. Tämä vaikeuttaa raja-arvojen määrittelyä huomattavasti, sillä jo näin pienessä otannassa maksimi ero on lähes 11 % ja pienimmillään vähän yli 1 %. Kaikki testin tukit olivat selvästi lenkoja, mutta silti keskimäärin vain 57 % tukeista ylitti 100 rajan. Raja-arvojen määrittely onkin hankalaa, sillä tukkien visuaalisessa lajittelussa moni muukin asia

on otettava huomioon. Raja-arvon löytäminen edellyttää erilaisten raja-arvojen kokeilemistä ja seuraamista. Ajan kanssa raja-arvot varmasti löytyvät, mutta kyseisestä testistä niitä on vaikea saada suuren vaihtelevuuden takia.



Kuva 21. Raakkitukki mittauksessa

6 YHTEENVETO

Tämän työn aiheena oli tutkia uuden tukkimittarin mittaustarkkuutta Södra Wood Oy:n Haminan sahalla. Tarkoituksena oli tutkia 3D- ja röntgenmittausten eroja kuorettomissa ja kuorellisissa tukeissa. Lisäksi yritettiin keksiä mahdollisia lenkouden raja-arvoja raakituksille.

Tutkimusten perusteella huomattiin, että tukkien mitoissa on eroja riippuen mittaustavasta. Kuorellisissa tukeissa lajittelu röntgenmittarilla oli sahan kannalta kannattavampaa, sillä se lajitteli vähemmän tukkeja pienempiin tukkiluokkiin ja osan tukeista suurempiin tukkiluokkiin. Tämä johtui suurimmaksi osaksi latvasta puuttuvan kuoren takia. 3D-mittari ei osaa ottaa huomioon mitoissaan kuorettomia kohtia, minkä takia sen mittaamat lajitteluhalkaisijat olivat keskimäärin pienempiä. Tukkiröntgenin kanssa mittaaminen onkin kannattavampaa, sillä se tunnistaa kuorettomat kohdat, jolloin lajitteluhalkaisija on tarkempi ja tukit lajitellaan tarkemmin oikeisiin kokoluokkiin.

Kuorettomassa 3D-mittauksessa oli sama lokeroon osuvuus prosentti kuin kuorellisessa röntgenmittauksessa, mutta se lajitteli enemmän tukkeja suurempaan kokoluokkaan, joka on kannattavampaa. Vertailuja ei tehty kuorettomiin röntgenmittaustuloksiin, sillä kyseisiä tuloksia ei voitu pitää luotettavina johtuen ”karvaisesta” kuorintajäljestä sekä tiheyden vaihtelevuudesta. Näin suppean vertailun vuoksi on vaikea sanoa onko kuoreton mittaus kannattavampaa sahalle, mutta yleisesti sahoilla tukit mitataan kuorellisina, joten on erittäin harvinaista, että tukkeja joudutaan lajittelemaan kuorettomina.

Raakkitukkien raja-arvojen löytäminen olisi vaatinut enemmän tutkimista, mutta kiireellisyiden vuoksi enempää testejä ei tehty. Testeistä huomattiin, että lenkouden mitoissa on suurta heittoa, joka hankaloittaa raja-arvojen määrittelyä. Kyseistä aihetta voisikin tutkia enemmän ja siinä on potentiaalia uudelle opinnäytetyölle.

Testeistä huomattiin, että uuden tukkimittarin mittaustarkkuus oli erittäin hyvä. Tukkimittari mahdollistaa tukkien tarkemman lajittelun, joka nostaa sahan kannattavuutta. Uusi tukkimittari luokin varmuutta sahaukseen ja luo näin hyvän perustan koko sahan tuotannolle.

LÄHTEET

Kauppalehti 2019. Yrityshaku [viitattu 21.10.2019]. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/sodra+wood+ab/25716101>

Puuhuolto 2018a. Tukkien mittaus sahalla [viitattu 12.11.2019]. Saatavissa: <http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-tehtaalla/tukkien-mittaus-sahalla/>

Puuhuolto 2018b. Tukkiröntgenit [viitattu 12.11.2019]. Saatavissa: <http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-tehtaalla/tukkirontgenit/>

Puuhuolto 2018c. Tukkien kuorilisäys [viitattu 12.11.2019]. Saatavissa: http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/wp-content/uploads/sites/9/2017/05/luke_mannyn_kuoriprosentti_17_ ja_kuusen_kuoriprosentti_18.pdf

RemaSawco 2019. RS-3D Log Scanner [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa: https://www.remasawco.se/wp/custom/uploads/2019/05/RS-3DLogScanner_eng.pdf

Södra Wood Ab 2019a. Organisation and management [viitattu 19.10.2019]. Saatavissa: <https://www.sodra.com/en/about-sodra/this-is-sodra/Organisation-and-management/>

Södra Wood Ab 2019b. Our facilities [viitattu 19.10.2019]. Saatavissa: <https://www.sodra.com/en/wood/about-us/our-facilities/>

Södra Wood Ab 2019c. Our mills [viitattu 19.10.2019]. Saatavissa: <https://www.sodra.com/en/pulp/our-mills/>

Varis, R. 2017. Sahateollisuus. Saarijärvi: Saarijärven offset Oy.

LIITTEET

Liite 1. 5,5" kuorellisten tukkien käsin mittaustulokset

| <i>5½" kuorellisten tukkien käsimittaukset</i> | | | |
|--|--------------|-----------------------------|-----------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm ³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 609 | 181,0 | 162,0 |
| 2. | 609 | 164,1 | 163,0 |
| 3. | 610 | 183,7 | 161,0 |
| 4. | 609 | 169,0 | 167,0 |
| 5. | 608 | 167,9 | 169,0 |
| 6. | 609 | 163,4 | 172,0 |
| 7. | 620 | 237,0 | 169,0 |
| 8. | 609 | 168,2 | 160,0 |
| 9. | 610 | 189,7 | 167,0 |
| 10. | | | |
| 11. | 610 | 198,1 | 166,0 |
| 12. | 610 | 181,9 | 168,0 |
| 13. | 610 | 186,7 | 174,0 |
| 14. | 609 | 182,0 | 170,0 |
| 15. | 610 | 172,7 | 160,0 |
| 16. | 609 | 170,4 | 168,0 |
| 17. | 610 | 173,7 | 164,0 |
| 18. | 610 | 180,1 | 171,0 |
| 19. | 611 | 194,1 | 164,0 |
| 20. | 608 | 175,2 | 164,0 |
| 21. | 608 | 167,4 | 172,0 |
| 22. | 609 | 179,8 | 166,0 |
| 23. | 609 | 196,0 | 173,0 |
| 24. | 608 | 183,8 | 155,0 |
| 25. | 609 | 187,6 | 167,0 |
| 26. | 610 | 178,9 | 164,0 |
| 27. | 610 | 166,3 | 164,0 |
| 28. | 608 | 161,3 | 162,0 |
| 29. | 607 | 173,9 | 166,0 |
| 30. | 610 | 235,0 | 166,0 |
| 31. | 608 | 188,2 | 164,0 |
| 32. | 610 | 183,4 | 174,0 |
| 33. | 608 | 159,8 | 151,0 |
| 34. | 610 | 184,3 | 168,0 |
| 35. | 611 | 175,0 | 171,0 |
| 36. | 609 | 223,3 | 165,0 |
| 37. | 610 | 188,9 | 177,0 |
| 38. | 609 | 176,8 | 166,0 |
| 39. | 610 | 187,1 | 157,0 |
| 40. | 610 | 167,2 | 165,0 |
| | 23773 | 7102,9 | 6472 |

Liite 2. Toisen erän kuorellisten tukkien käsin mittaustulokset

| 7" kuorellisten tukkien käsimitaukset | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 550 | 263,8 | 218,0 |
| 2. | 550 | 301,7 | 226,0 |
| 3. | 551 | 244,0 | 215,5 |
| 4. | 550 | 266,1 | 217,0 |
| 5. | 549 | 262,7 | 221,5 |
| 6. | 550 | 236,0 | 219,0 |
| 7. | 549 | 254,7 | 221,0 |
| 8. | 550 | 231,9 | 211,5 |
| 9. | 549 | 227,0 | 213,0 |
| 10. | 551 | 234,0 | 217,0 |
| 11. | 549 | 236,5 | 216,5 |
| 12. | 550 | 265,8 | 220,0 |
| 13. | 550 | 255,1 | 217,0 |
| 14. | 549 | 240,5 | 214,0 |
| 15. | 549 | 262,8 | 223,0 |
| 16. | 549 | 226,0 | 211,5 |
| 17. | 546 | 264,2 | 218,0 |
| 18. | 549 | 258,2 | 228,0 |
| 19. | 546 | 239,2 | 213,5 |
| 20. | 551 | 269,6 | 222,5 |
| 21. | 546 | 284,7 | 221,0 |
| 22. | 550 | 262,7 | 223,0 |
| 23. | 549 | 255,2 | 218,5 |
| 24. | 549 | 269,7 | 218,0 |
| 25. | 547 | 258,8 | 216,0 |
| 26. | 548 | 264,9 | 212,5 |
| 27. | 548 | 255,6 | 225,0 |
| 28. | 549 | 281,9 | 220,0 |
| 29. | 547 | 251,9 | 221,0 |
| 30. | 548 | 275,8 | 211,0 |
| 31. | 548 | 235,6 | 214,5 |
| 32. | 550 | 280,2 | 223,0 |
| 33. | 552 | 226,3 | 217,0 |
| | 18118 | 8443,1 | 7204 |

Liite 3. Kolmannen erän kuorellisten tukkien käsin mittaustulokset

| 8" kuorellisten tukkien käsimitaukset | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 609 | 385,7 | 246,5 |
| 2. | 548 | 352,3 | 238,0 |
| 3. | 552 | 269,3 | 227,0 |
| 4. | 486 | 265,3 | 230,5 |
| 5. | 492 | 240,2 | 230,0 |

| | | | |
|-----|--------------|---------------|---------------|
| 6. | 489 | 222,0 | 221,0 |
| 7. | 611 | 366,2 | 244,5 |
| 8. | 547 | 298,2 | 234,5 |
| 9. | 490 | 279,0 | 229,0 |
| 10. | 547 | 292,3 | 239,0 |
| 11. | 489 | 251,0 | 228,5 |
| 12. | 548 | 313,3 | 246,5 |
| 13. | 548 | 286,2 | 228,0 |
| 14. | 547 | 281,8 | 233,0 |
| 15. | 486 | 235,7 | 234,5 |
| 16. | 548 | 274,9 | 224,5 |
| 17. | 550 | 265,3 | 220,0 |
| 18. | 490 | 267,9 | 227,0 |
| 19. | 550 | 282,1 | 223,5 |
| 20. | 603 | 319,7 | 236,0 |
| 21. | 547 | 308,2 | 239,5 |
| 22. | 580 | 313,8 | 232,0 |
| 23. | 486 | 245,0 | 227,5 |
| 24. | 546 | 304,7 | 240,5 |
| 25. | 548 | 296,9 | 238,0 |
| 26. | 486 | 249,6 | 231,0 |
| 27. | 546 | 347,5 | 243,5 |
| 28. | 546 | 302,5 | 238,0 |
| 29. | 488 | 252,3 | 223,0 |
| 30. | 548 | 314,6 | 240,5 |
| 31. | 490 | 255,4 | 238,5 |
| | 16541 | 8938,9 | 7233,5 |

Liite 4. Neljännän erän kuorellisten tukkien käsin mittaustulokset

| <i>11" kuorellisten tukkien käsimittauksset</i> | | | |
|---|-------------|-----------------------------|-----------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm ³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 549 | 443,2 | 302,0 |
| 2. | 548 | 417,1 | 291,0 |
| 3. | 548 | 427,1 | 294,0 |
| 4. | 548 | 444,5 | 294,5 |
| 5. | 549 | 445,2 | 299,0 |
| 6. | 547 | 448,2 | 300,5 |
| 7. | 550 | 468,6 | 305,0 |
| 8. | 548 | 446,8 | 297,5 |
| 9. | 548 | 443,7 | 289,0 |
| 10. | 546 | 464,9 | 304,0 |
| 11. | 551 | 408,1 | 285,0 |

| | | | |
|-----|--------------|----------------|----------------|
| 12. | 545 | 410,3 | 294,0 |
| 13. | 548 | 484,9 | 297,0 |
| 14. | 547 | 427,6 | 295,0 |
| 15. | 550 | 438,3 | 301,5 |
| 16. | 550 | 437,7 | 287,5 |
| 17. | 552 | 450,0 | 300,0 |
| 18. | 550 | 434,0 | 298,5 |
| 19. | 548 | 471,9 | 305,5 |
| 20. | 551 | 419,4 | 291,0 |
| 21. | 550 | 459,8 | 296,0 |
| 22. | 548 | 414,9 | 292,5 |
| 23. | 547 | 415,4 | 296,5 |
| 24. | 550 | 430,8 | 292,0 |
| 25. | 551 | 448,5 | 296,5 |
| 26. | 547 | 443,7 | 302,5 |
| 27. | 549 | 484,1 | 300,0 |
| 28. | 548 | 477,3 | 308,5 |
| 29. | 549 | 479,4 | 290,0 |
| 30. | 552 | 414,1 | 295,0 |
| 31. | 547 | 446,2 | 303,0 |
| 32. | 547 | 442,1 | 298,5 |
| 33. | 550 | 410,5 | 286,0 |
| 34. | 549 | 434,0 | 299,5 |
| 35. | 548 | 438,4 | 312,0 |
| 36. | 546 | 428,9 | 292,5 |
| 37. | 547 | 454,7 | 295,5 |
| 38. | 550 | 457,8 | 296,5 |
| 39. | 550 | 428,0 | 288,0 |
| 40. | 552 | 422,6 | 288,5 |
| 41. | 550 | 435,6 | 296,5 |
| 42. | 548 | 476,6 | 307,5 |
| 43. | 547 | 429,8 | 290,0 |
| 44. | 544 | 417,3 | 284,5 |
| 45. | 551 | 443,1 | 296,5 |
| | 24146 | 19447,8 | 13051,5 |

Liite 5. Ensimmäisen erän kuorettomien tukkien käsin mittaustulokset

| <i>5,5" kuorettomien tukkien käsimittauokset</i> | | | |
|--|-------------|-----------------------------|-----------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm ³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 608,0 | 164,7 | 156,5 |
| 2. | 609,0 | 152,5 | 155,0 |
| 3. | 610,0 | 163,8 | 150,5 |
| 4. | 609,0 | 153,9 | 155,0 |
| 5. | 608,0 | 149,2 | 159,0 |

| | | | |
|-----|----------------|---------------|---------------|
| 6. | 609,0 | 146,3 | 161,0 |
| 7. | 620,0 | 211,1 | 161,5 |
| 8. | 609,0 | 148,8 | 151,0 |
| 9. | 610,0 | 164,9 | 153,0 |
| 10. | | | |
| 11. | 610,0 | 175,7 | 157,5 |
| 12. | 610,0 | 164,0 | 158,0 |
| 13. | 610,0 | 166,8 | 166,5 |
| 14. | 608,0 | 164,5 | 159,5 |
| 15. | 610,0 | 153,0 | 149,5 |
| 16. | 608,0 | 156,6 | 157,0 |
| 17. | 609,0 | 154,9 | 154,5 |
| 18. | 609,0 | 163,0 | 160,5 |
| 19. | 611,0 | 167,9 | 148,5 |
| 20. | 608,0 | 158,6 | 157,0 |
| 21. | 608,0 | 152,7 | 164,0 |
| 22. | 608,0 | 163,4 | 156,0 |
| 23. | 609,0 | 174,8 | 166,5 |
| 24. | 608,0 | 162,3 | 144,0 |
| 25. | 609,0 | 173,4 | 158,5 |
| 26. | 610,0 | 157,8 | 156,0 |
| 27. | 610,0 | 154,6 | 155,5 |
| 28. | 609,0 | 147,1 | 155,5 |
| 29. | 607,0 | 161,9 | 154,5 |
| 30. | 610,0 | 212,5 | 157,0 |
| 31. | 608,0 | 166,3 | 153,0 |
| 32. | 610,0 | 165,1 | 162,5 |
| 33. | 608,0 | 141,2 | 145,5 |
| 34. | 610,0 | 168,2 | 161,0 |
| 35. | 610,0 | 161,2 | 161,0 |
| 36. | 609,0 | 196,1 | 153,5 |
| 37. | 610,0 | 169,7 | 168,0 |
| 38. | 608,0 | 158,4 | 153,0 |
| 39. | 610,0 | 168,5 | 149,0 |
| 40. | 610,0 | 151,5 | 155,5 |
| | 23766,0 | 6386,9 | 6100,5 |

Liite 6. Toisen erän kuorettomien tukkien käsin mittaustulokset

| <i>7" kuorettomien tukkien käsimittauokset</i> | | | |
|--|-------------|-----------------------------|-----------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm ³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 550,0 | 240,5 | 208,5 |
| 2. | 549,0 | 272,1 | 217,5 |
| 3. | 550,0 | 212,7 | 202,5 |

| | | | |
|-----|----------------|---------------|---------------|
| 4. | 549,0 | 233,1 | 202,0 |
| 5. | 548,0 | 234,7 | 208,5 |
| 6. | 549,0 | 219,9 | 204,5 |
| 7. | 548,0 | 236,4 | 210,5 |
| 8. | 550,0 | 211,2 | 194,5 |
| 9. | 548,0 | 206,8 | 199,5 |
| 10. | 550,0 | 215,1 | 209,0 |
| 11. | 549,0 | 217,1 | 205,5 |
| 12. | 549,0 | 237,2 | 211,5 |
| 13. | 550,0 | 237,9 | 211,0 |
| 14. | 549,0 | 218,0 | 202,0 |
| 15. | 549,0 | 236,1 | 208,5 |
| 16. | 548,0 | 204,7 | 198,0 |
| 17. | 547,0 | 237,5 | 206,5 |
| 18. | 549,0 | 239,8 | 218,5 |
| 19. | 546,0 | 223,2 | 199,5 |
| 20. | 550,0 | 250,8 | 214,5 |
| 21. | 547,0 | 256,2 | 208,0 |
| 22. | 549,0 | 242,9 | 212,5 |
| 23. | 549,0 | 235,4 | 214,5 |
| 24. | 546,0 | 251,0 | 204,0 |
| 25. | 548,0 | 235,4 | 199,5 |
| 26. | 548,0 | 240,2 | 200,0 |
| 27. | 548,0 | 229,2 | 214,0 |
| 28. | 548,0 | 253,5 | 207,0 |
| 29. | 548,0 | 232,5 | 209,0 |
| 30. | 548,0 | 248,7 | 197,0 |
| 31. | 548,0 | 221,2 | 203,5 |
| 32. | 550,0 | 257,0 | 218,0 |
| 33. | 552,0 | 200,4 | 204,0 |
| | 18106,0 | 7688,4 | 6823,5 |

Liite 7. Kolmannen erän kuorettomien tukkien käsin mittaustulokset

| 8" kuorettomien tukkien käsimittauokset | | | |
|--|--------------------|----------------------------------|------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 608,0 | 350,2 | 225,5 |
| 2. | 547,0 | 315,8 | 223,5 |
| 3. | 552,0 | 247,1 | 211,5 |
| 4. | 487,0 | 240,9 | 216,0 |
| 5. | 492,0 | 224,1 | 218,0 |
| 6. | 488,0 | 203,5 | 215,0 |
| 7. | 610,0 | 339,4 | 229,0 |
| 8. | 546,0 | 268,7 | 225,0 |

| | | | |
|-----|----------------|---------------|---------------|
| 9. | 490,0 | 248,0 | 216,5 |
| 10. | 547,0 | 271,1 | 216,0 |
| 11. | 489,0 | 230,4 | 218,5 |
| 12. | 547,0 | 290,9 | 235,0 |
| 13. | 548,0 | 259,2 | 214,5 |
| 14. | 547,0 | 258,6 | 220,5 |
| 15. | 486,0 | 219,1 | 223,5 |
| 16. | 547,0 | 248,5 | 211,5 |
| 17. | 550,0 | 222,1 | 207,0 |
| 18. | 490,0 | 242,0 | 214,0 |
| 19. | 550,0 | 258,8 | 211,0 |
| 20. | 602,0 | 289,9 | 221,0 |
| 21. | 547,0 | 275,0 | 220,5 |
| 22. | 581,0 | 291,9 | 215,0 |
| 23. | 486,0 | 222,1 | 214,5 |
| 24. | 546,0 | 273,6 | 219,0 |
| 25. | 548,0 | 268,0 | 218,0 |
| 26. | 486,0 | 220,4 | 223,0 |
| 27. | 545,0 | 315,7 | 228,5 |
| 28. | 546,0 | 282,3 | 222,0 |
| 29. | 489,0 | 227,1 | 210,5 |
| 30. | 548,0 | 290,8 | 228,5 |
| 31. | 490,0 | 230,9 | 231,0 |
| | 16535,0 | 8126,1 | 6803,0 |

Liite 8. Neljän erän kuorettomien tukkien käsin mittaustulokset

| <i>11" kuorettomien tukkien käsimitaukset</i> | | | |
|---|--------------------|----------------------------------|------------------------|
| Tukki nro. | Pituus (cm) | Tilavuus (dm³) | Latv.halk. (mm) |
| 1. | 548,0 | 411,2 | 285,0 |
| 2. | 548,0 | 385,6 | 271,0 |
| 3. | 550,0 | 385,9 | 277,0 |
| 4. | 547,0 | 415,8 | 284,0 |
| 5. | 549,0 | 420,0 | 285,0 |
| 6. | 547,0 | 417,4 | 287,0 |
| 7. | 550,0 | 427,6 | 291,0 |
| 8. | 547,0 | 406,5 | 276,5 |
| 9. | 550,0 | 422,4 | 277,0 |
| 10. | 547,0 | 437,5 | 294,0 |
| 11. | 550,0 | 379,9 | 273,5 |
| 12. | 545,0 | 380,9 | 280,0 |
| 13. | 547,0 | 448,3 | 279,0 |
| 14. | 546,0 | 389,3 | 278,0 |
| 15. | 549,0 | 405,7 | 287,5 |

| | | | |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 16. | 550,0 | 394,2 | 262,0 |
| 17. | 551,0 | 415,2 | 286,5 |
| 18. | 549,0 | 402,5 | 283,0 |
| 19. | 548,0 | 429,8 | 288,0 |
| 20. | 551,0 | 386,1 | 274,0 |
| 21. | 550,0 | 428,8 | 278,0 |
| 22. | 547,0 | 380,0 | 280,5 |
| 23. | 547,0 | 389,9 | 278,0 |
| 24. | 550,0 | 399,2 | 276,0 |
| 25. | 551,0 | 429,6 | 285,0 |
| 26. | 547,0 | 406,9 | 293,0 |
| 27. | 551,0 | 447,6 | 278,5 |
| 28. | 547,0 | 428,8 | 295,5 |
| 29. | 548,0 | 425,8 | 276,0 |
| 30. | 551,0 | 379,1 | 279,5 |
| 31. | 547,0 | 406,8 | 276,5 |
| 32. | 547,0 | 411,4 | 282,5 |
| 33. | 550,0 | 375,7 | 269,5 |
| 34. | 549,0 | 395,7 | 282,0 |
| 35. | 548,0 | 403,1 | 297,0 |
| 36. | 546,0 | 390,6 | 276,5 |
| 37. | 547,0 | 403,6 | 280,0 |
| 38. | 549,0 | 407,2 | 281,5 |
| 39. | 549,0 | 401,8 | 267,0 |
| 40. | 553,0 | 395,2 | 267,5 |
| 41. | 550,0 | 402,8 | 282,0 |
| 42. | 547,0 | 436,3 | 293,0 |
| 43. | 546,0 | 402,9 | 280,5 |
| 44. | 544,0 | 385,2 | 271,0 |
| 45. | 550,0 | 409,3 | 283,5 |
| | 24680,0 | 18305,1 | 12629,0 |