

Vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaadun tutkimus

Södra Wood Oy

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Jaakko Sillanpää	Opinnäytetyö, AMK	2025 kevät
	Sivumäärä	
	25 + 12 Liitesivua	
Työn nimi		
Vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaadun tutkimus		
Södra Wood Oy		
Tutkinto ja koulutusala		
Insinööri (AMK), Puutekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)		
Södra Wood Oy		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin Södra Wood Oy:n Haminan sahan vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaatua ja sen vaikutuksia tuotantoon sekä lopputuotteen laatuun. Tutkittavia asioita olivat kuivauksen tasaisuus, kosteuden vaihtelun vaikutus tuotannon tehokkuuteen, kuivauslaadun yhteys tuotantoprosessin seisakkeihin sekä kuivauksen vaikutus visuaaliseen lajitteluun ja lopputuotteen arvoon. Työn tavoitteena oli tuottaa tietoa vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaadusta ja sen merkityksestä tuotantoprosessiin.</p> <p>Työn teoreettisessa osuudessa perehdyttiin sahatavaran kuivauksen perusteisiin ja tarkasteltiin kuivauslaitteistojen vaikutusta lopputulokseen. Käytännön osuudessa tietoa kerättiin hyödyntämällä kosteusmittaustuloksia, tuotannon seurantaraportteja sekä työntekijöiden ja työnjohdon haastatteluja. Saatua aineistoa analysoitiin kuivauslaadun vaihtelun, tuotantotehokkuuden ja lopputuotteen laadun näkökulmista.</p> <p>Tutkimuksen perusteella havaittiin, että vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauksessa esiintyy merkittävää vaihtelua, mikä vaikuttaa sekä tuotannon sujuvuuteen että lopputuotteen laatuun. Tulosten perusteella voidaan todeta, että kuivauksen kehittäminen on tarpeellista, joko uusilla laiteinvestoinneilla tai nykyisten kuivaamoiden parannustoimenpiteillä. Opinnäytetyön tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää tulevaisuuden investointipäätöksiä tehtäessä.</p>		
Asiasanat		
puutekniikka, Södra Wood Oy, puun kuivaus, kamarikuivaamo		

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Jaakko Sillanpää	Thesis, UAS	2025 Spring
	Number of Pages	
	25 + 12	
Title of Publication		
The Drying Quality of Old Chamber Kilns		
Södra Wood Oy		
Degree, Field of Study		
Engineer (UAS), Wood technology		
Organisation of the client		
Södra Wood oy		
Abstract		
<p>The thesis examined the drying quality of old chamber kilns at Södra Wood Oy's sawmill in Hamina and its effects on production and the quality of the final product. The study focused on the uniformity of drying, the impact of moisture variation on production efficiency, the connection between drying quality and production stoppages, as well as the effect of drying on visual grading and the value of the final product. The objective of the study was to produce data on the drying quality of old chamber kilns and its significance for the production process.</p> <p>The theoretical part of the thesis explored the fundamentals of wood drying and examined the impact of drying equipment on the final outcome. In the practical part, data was collected using moisture measurement results, production monitoring reports, and observations from employees and management. The gathered data was analyzed in terms of drying quality variation, production efficiency, and final product quality.</p> <p>The study found that significant variation exists in the drying quality of old chamber kilns, affecting both production flow and final product quality. Based on the results, it can be concluded that improving the drying process is necessary, either through investments in new equipment or by implementing improvements to the existing kilns. As major investments are a long-term process, the study also considered short-term solutions for improving drying quality. The data produced in this thesis can be utilized in future investment decisions.</p>		
Keywords		
wood technology, Södra Wood Oy, wood drying, chamber kiln		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Södra.....	2
2.1	Södra	2
2.2	Södra Wood	2
2.3	Södra Wood Oy.....	2
3	Puutavaran kuivaus	4
3.1	Syitä puutavaran kuivaukselle	4
3.2	Puun kuivausmenetelmät	4
3.3	Puun kuivauksen vaiheet.....	5
3.4	Kuivauksen laadun vaikutus tuotteen hintaan.....	6
3.5	Käytettävät kuivaamotyypit.....	6
4	Virheet kuivauksessa	8
4.1	Muotovääryydet.....	8
4.2	Halkeamat.....	8
4.3	Keinoja kuivausvirheiden ehkäisemiseksi.....	9
5	Tutkittava kamarikuivaamo	10
5.1	Tietoa tutkittavasta kamarikuivaamosta.....	10
5.2	Kamarin toiminta	10
5.3	Kuivauslaatuun vaikuttavia asioita	11
6	Kuivauslaadun tutkimus.....	13
6.1	Tutkimus.....	13
6.2	Koekuorma.....	13
6.2.1	Lähtökosteuden mittaus.....	14
6.2.2	Kuivausprosessi	14
6.2.3	Loppukosteuden mittaus.....	15
6.2.4	Koekuorman seuranta tuotannossa	15
6.3	Kuivauslaadun vaikutukset tuotantoon	17
6.3.1	Hylättävät kappaleet	17
6.3.2	Tuotannon seisakit	18
6.3.3	Visuaalinen lajittelu.....	19
7	Tulokset.....	21
7.1	Kosteuden tasaisuus	21
7.2	Hylättävät kappaleet.....	22
7.3	Seisakit.....	22
7.4	Visuaalinen lajittelu.....	23

8 Yhteenveto	24
Lähteet	25

1 Johdanto

Sahatavaran kuivauksella ja sen onnistumisella on merkittävä vaikutus lopputuotteen laatuun, kestävyYTEEN sekä visuaalisiin piirteisiin. Kuivauksen lopputulokseen vaikuttaa moni asia kuivausprosessin aikana, aina rimojen asettelusta, kuivauskaavojen optimointiin. Tässä opinnäytetyössä käsitellään vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaatua sekä tutkitaan kuivauslaadun vaihtelun vaikutuksia tuotannosta lopputuotteeseen.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Södra Wood Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Haminan sahan vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauksen laadun nykytilannetta ja kuivaustulosten tasaisuutta. Tulosten pohjalta tutkimuksessa pyritään selvittämään mahdollisten laiteinvestointien tarpeellisuutta, sekä lyhyemmän kaavan ratkaisuja tuotannon ja lopputuotteen laadun parantamiseksi. Opinnäytetyöllä pyritään selvittämään vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaadun tasaisuutta, miten kuivauslaadun vaihtelut vaikuttavat tuotannon sujuvuuteen, millaisia ongelmia huono kuivauslaatu aiheuttaa tuotannossa, sekä miten kuivausvirheet vaikuttavat lopputuotteen laatuluokitukseen ja arvoon.

Opinnäytetyön teoreettisessa osiossa esitellään toimeksiantaja, käsitellään puun kuivausta, sen merkitystä prosessille, sekä kuivaukseen käytettävää laitteistoa. Tutkimusosiossa käydään läpi menetelmät, joilla kuivauksen laatua ja sen vaikutuksia prosessiin tutkittiin. Osiossa tarkastellaan tuloksia ja tehdään johtopäätöksiä tuloksien pohjalta. Lopuksi käsitellään parannusehdotuksia, sekä arvioidaan investointien tarpeellisuutta.

Opinnäytetyön lähdemateriaalina toimivat kirjalliset lähteet, tuotannosta tehdyt havainnot, henkilöstön haastattelut ja tuotannon seurantajärjestelmien prosessidata. Toimeksianto toteutettiin helmikuun ja maaliskuun aikana keväällä 2025.

2 Södra

2.1 Södra

Södra on suuri metsäteollisuuskonserni, joka tuottaa tuotteita ja palveluita globaaleille markkinoille. Södra on demokraattinen yhdistys, johon kuuluu 53 000 metsänomistajaa, jotka kaikki omistavat metsätilan Etelä-Ruotsissa. Yhdessä he ovat Etelä-Ruotsin suurin yksityinen tilanomistaja (Södra a.)

Södran tuotannossa käytetään koko puuta – myös oksia ja latvoja. Metsätuotteista jalostetaan paperisellua, liukosellua, sahatavaraa, energiatuotteita, nestemäisten biopolttoainien raaka-aineita, ristiinliimattua puutavaraa ja muita asuntorakentamisen jalosteita. Södralla on viisi liiketoiminta-aluetta: Södra Bioproducts, Södra Building Systems, Södra Cell, Södra Skog ja Södra Wood. Tämän lisäksi Södralla on myös useita tytäryhtiöitä ja osakkuuksia, joiden toiminta on Södran kestävän innovaatiostrategian mukaista ja mahdollistaa vihreää siirtymää (Södra b.)

2.2 Södra Wood

Södra Woodin liiketoiminta koostuu sahatavarasta ja rakennustuotteista. Sahatut ja höylätyt rakennusmateriaalit valmistetaan Södran omilla sahoilla ja höyläämöillä. Södra Wood tuottaa myös pellettejä ja haketta energiantuottoon. (Södra b.)

Södra Wood yksikköön kuuluu seitsemän sahaa, joiden vuotuinen sahauskapasiteetti on noin 2 000 000 m³. Sahoista yksi sijaitsee Suomessa Haminan satamassa. Södra Wood työllistää kokonaisuudessaan 970 työntekijää. (Södra Wood 2020.)

2.3 Södra Wood Oy

Haminan satamassa toimiva sahalaite Södra Wood Oy (Kuva 1), on osa Södra Wood yksikköä. Haminan saha siirtyi Södra Skogsägarna ekonomisk förening:n omistukseen 1.4.2016, sen ostaessa Crown Timber Oy:n. Södra Wood Oy:n tuotteet ovat suunnattu Iso-Britannian ja Irlannin markkinoille. Haminan sataman sahan sahauskapasiteetti on 180 000 m³ ja höyläämön maksimikapasiteetti on 170 000 m³ vuodessa. Södra Wood Oy:n käytämä puuraaka-aine on PEFC-sertifikaatin ehdot täyttävää. (Södra Wood Oy 2020.)

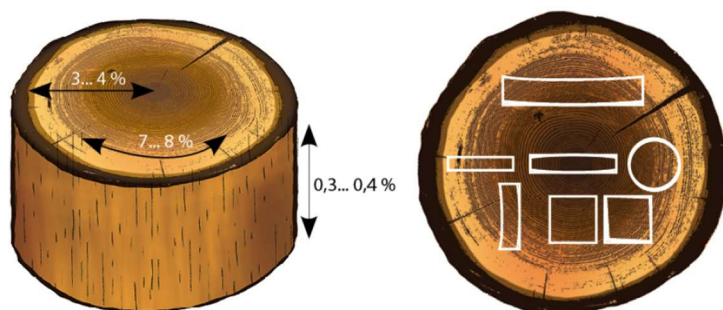


Kuva 1. Ilmakuva Södra Wood Oy Haminan saha (Liikkanen T. 2020)

3 Puutavaran kuivaus

3.1 Syitä puutavaran kuivaukselle

Puu on hygroskooppinen, eli ympäröivästä ilmasta vettä itseensä sitova materiaali. Vastasahtatun puun kosteus voi vaihdella 40–200 % välillä. Puu on myös anisotrooppinen materiaali, eli sen kutistuminen ja laajeneminen on erilaista vuosirenkaiden säteen ja tangentin suunnassa (Kuva 2). Puun kuivaus käyttökoosteuteen parantaa puun lujuusominaisuuksia. Puun kuivussa vastasahtatun puun kosteudesta 12–15 prosenttiin, sen puristus- ja taivutuslujuus lisääntyvät kaksinkertaisiksi. Vetolujuus puussa saadaan korkeimmilleen 6–12 prosentin kosteudessa. (Varis 2017, 129–131.)



Kuva 2. Puun kosteuseläminen eri suunnissa (Puuinfo Oy 2017)

Puun ollessa yli 20 % kosteudessa, sen sisältämät aineet tarjoavat myös sienille kasvualustan. Puun kuivaaminen ehkäiseekin homehtumista, sinistymistä sekä, hyönteisten ja bakteerien aiheuttamia vahinkoja. Myös puun jatkojalostamiselle on suotavaa puun alhainen kosteus. Puun höylääminen, liimaaminen, pinnoittaminen ja kyllästys vaatii yleensä kuivan materiaalin, poikkeuksia lukuun ottamatta. Suurin osa puutavarasta kuivataankin koneellisesti jo sahoilla vientikuivaksi, eli alle 20 %:in kosteuteen, varastointia ja kuljetusta varten. (Moren 2016, 2–3.)

3.2 Puun kuivausmenetelmät

Puun kuivaukseen on monia tapoja, taivasalla kuivauksesta, puutavarakuivaamoita käyttäen suoritettavaan keinokuivaukseen. Kaikissa tavoissa on kuitenkin tarkoituksena poistaa kuivattavasta puutavarasta vettä mahdollisimman tehokkaasti, sekä taloudellisesti, että laadullisesti. Sahateollisuudessa on täysin siirrytty lautatarhakuivauksesta kuivaamoita hyödyntävään keinokuivaukseen. (Varis 2017, 131–132.)

Pääosin sahatavaraa kuivataan ilmaa kierrättämällä. Kuivausprosessiin tarvittava lämpö tuotetaan yleensä kuorta, haketta tai purua polttamalla sahojen omissa lämpölaitoksissa.

Lämmön siirtyminen kuivaamoissa tapahtuu puhaltimien avulla kierrättäen lämmintä ilmaa rimanippujen väleistä. (Varis 2017, 131–132.)

3.3 Puun kuivauksen vaiheet

Puun kuivaus tapahtuu kuudessa eri vaiheessa. Vaiheet ovat: lämmitysvaihe, kapillaarinen vaihe, siirtymävaihe, diffuusiovaihe ja tasapainotusvaihe. (Varis 2017, 139.)

Lämmitysvaiheen tarkoituksena on lämmittää kuivattava puuerä ulkolämpötilasta kuivauslämpötilaan. Talvella tähän vaiheeseen sisältyy myös jäätyneen veden sulattamista pintapuussa. Lämmitysaika määräytyy ulkolämpötilan, kuorman suuruuden sekä, lämmitys- ja höyrytystehon mukaan. Tässä vaiheessa ei ole tarkoitus vielä kuivata puuta. (Varis 2017, 139.)

Kapillaarisessa vaiheessa varsinainen kuivaus alkaa. Kuivausprosessin alkaessa pintapuu sisältää vielä huomattavan määrän nestemuodossa olevaa vettä. Vesi on sitoutunut puuhun kapillaarisilla voimilla ja liikkuu soluseinämien ollessa avoinna helposti solurakenteessa. Kuivuminen on tässä vaiheessa nopeaa, mutta vaatii runsasta lämpöä ja ilmanvaihtokapasiteettia. (Varis 2017, 139.)

Siirtymävaiheessa vapaasti liikkuvan veden liikkuminen puussa vaikeutuu, kapillaarisen vaiheen ja huokosten välisten yhteyden katketessa. Tässä vaiheessa puun kuivuminen hidastuu. (Varis 2017, 139.)

Diffuusiovaiheessa vapaa vesi on poistunut puusta, soluseinämissä on vielä sitoutunutta vettä. Veden tulisi höyrystä ja diffuositua pintaa kohti. Tämä on hidas prosessi, jonka vuoksi kuivuminen on hitaampaa kuin aiemmissa kohdissa. (Varis 2017, 139.)

Tasapainotusvaiheessa varsinainen kuivausprosessi on päättynyt. Kuivatussa puussa on kappaleiden sekä, sisäisiä, että niiden välisiä kosteus- ja jännite-eroja. Tasapainotusvaiheessa näitä eroja pyritään tasaamaan uudelleenkostutuksella, joka tapahtuu vesisumutuksella tai höyrytyksellä. (Varis 2017, 139.)

Jäähtymisvaihe, jossa kuivattua puuerää jäähdytetään kuivauksen ja tasapainotuksen jälkeen. Kesäisin tämän voi tehdä esimerkiksi katoksessa, mutta talviaikaan voi äkillinen jäähtyminen aiheuttaa kappaleisiin halkeamia, joten jäähdytys voidaan suorittaa esimerkiksi kuivaamossa laskemalla lämpötilaa. (Varis 2017, 139.)

3.4 Kuivauksen laadun vaikutus tuotteen hintaan

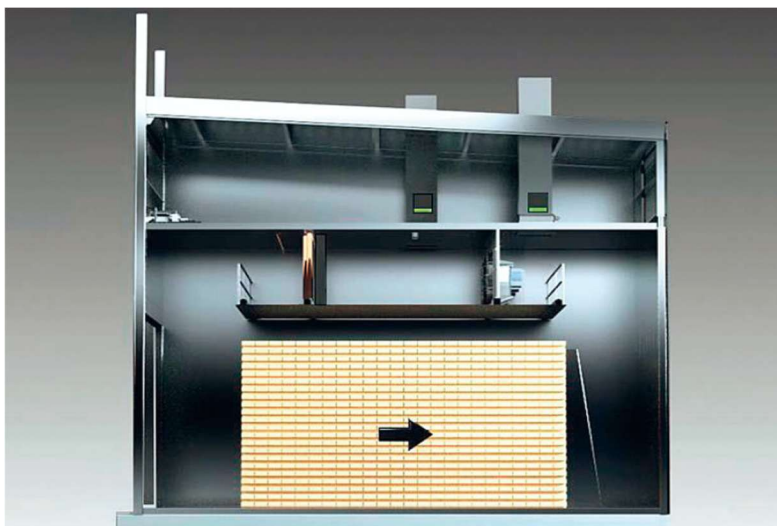
Sahatavaran visuaalinen lajittelu perustuu pohjoismaiseen sahatavaran kaupalliseen laatu-lajitteluohjeeseen. Lajitteluohjeen ovat laatineet yhteistyössä Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys, ruotsalainen Svensk Trätekniskt Forum ja norjalainen Treindustriens Tekniske Forening. Ohjeet perustuvat kuusi- ja mäntysahatavaran neljän sivun arvosteluun. Ohjeessa määritellään sahatavaran laadut puun ominaisuuksien mukaan. Sallittujen ominaisuuksien raja-arvot laatuluokittain on esitetty tarkoin taulukoin lajitteluoppaassa. Laatuluokitukseen vaikuttavat viat ovat ryhmiteltynä oksiin, halkeamiin, vajasärmiin ja muihin ominaisuuksiin. (Varis 2017, 179–184.) Kuivauksesta johtuvat, laatuluokitukseen vaikuttavat viat ovat yleisimmin muotovikoja tai halkeamia.

Kuivauksen heikosta laadusta aiheutuvat kuivausviat voivat aiheuttaa sen, ettei tuotteiden laatuvaatimukset täyty ja ne pitää myydä huonommassa laatuluokassa. Tämä vaikuttaa tuotteista saatavaan hintaan negatiivisesti. Siirryttäessä alempaan laatuluokkaan, vaikuttaa se tuotteen hintaan noin 30–50 €/m³ pudotuksella. Pahimmat muotoviat ja halkeamat voivat aiheuttaa kappaleen hylkäämisen tuotannosta ja kyseiset kappaleet murskataan polttohakkeeksi lämpövoimalaitosten käyttöön. Tämä aiheuttaa jopa 150–160 €/m³:n erotuksen alkuperäiseen hintaan verrattuna. Kuivauksen laadun merkitys tuotteen hintaan on siis merkittävä. (Mikkola 2025.)

3.5 Käytettävät kuivaamotyypit

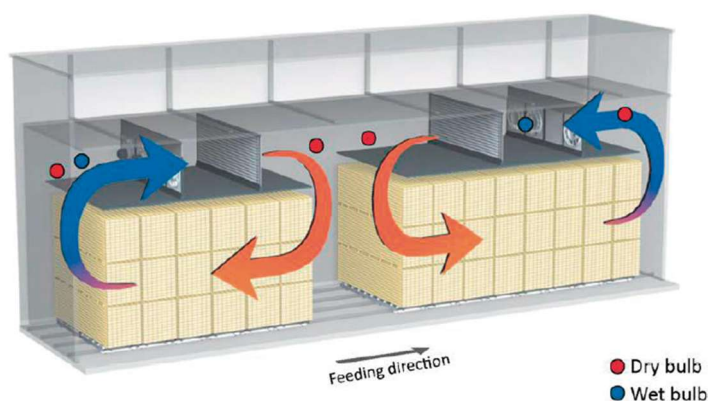
Södra Wood Oy:n sahalaitoksella Haminassa on käytössä 12 kamarikuivaamoja ja 2 FB- (Feed Back) kanavakuivaamoja. Kamareista 4 kappaletta on rakennettu 1980-luvun lopussa ja uudemmat 8 kappaletta 1990-luvun alussa. Kanavakuivaamot on käyttöön otettu 2015. (Mikkola 2025.)

Kamarikuivaamoiden kuivausprosessi perustuu puhaltimien avulla, puutavarakuormien riväväleistä, kuivausilman kierrättämiseen (Puuproffa 2025). Kosteuden haihuttamiseen käytettävä lämpö muodostetaan lämpöpattereilla. Puutavarasta haihtuva kostea ilma ohjataan ulos ilmanvaihtokanavista. Ilman olosuhteita ja kuivaamon lämpötilaa voidaan säädellä valmiilla tietokonepohjaisilla ohjelmistoilla. Kamarikuivaamoiden etuna on eräkohtainen, yksilöllinen kuivaus. Korkean kuivauslaadun ja kuivauskapasiteetin varmistavat jokaiselle puulajille, sahatavarapaksuudelle ja loppukosteudelle räätälöivät kuivauskaavat. Kamarien täyttö voidaan toteuttaa joko trukeilla, yksittäisvaunuilla, rullaradalla tai E-vaunulla (Varis 2017, 132–133).



Kuva 3. Leikkauskuva kamarin perusrakenteesta (Valutec Oy 2017)

2-vaiheisen FB-kanavakuivaamon toimintaperiaate on samankaltainen kuin kanavakuivaamoissa yleensäkin. Kuivaus on jatkuvatoiminen, eli kuivauskuorma liikkuu kuivaamon läpi, ilman olosuhteiden vaihdellessa prosessin edetessä. Kuormat kulkevat kuivaan päähän kuivaamon läpi, noudattaen ennalta määritettyä kuormanvaihtoväliä. Kaksivaiheinen kanavakuivaamo on yksivaiheista monipuolisempi toimivuudeltaan, sekä tarjoaa suuremman kapasiteetin. Merkittävin ero kaksi- ja yksivaiheisen kanavakuivaamon välillä on toisen vaiheen hitaasti kuivattava ja tasaannuttava osuus, joka vähentää kosteustasoa ja kosteushajontaa ulostuloa kohti mentäessä. Ensimmäinen vaihe kuivattaa nopeasti vapaan veden kuivattavasta tavarasta. Tämä tapahtuu kierrättämällä ilmaa kahteen eri suuntaan ensimmäisen ja toisen vaiheen välillä (Kuva 4). Kuivaamo toimii myös alhaisiin loppukosteuksiin kuivattaessa. (Varis 2017, 134–135.)



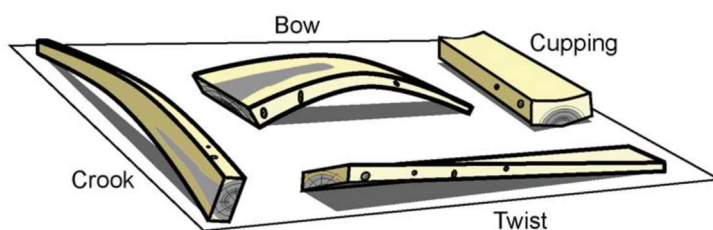
Kuva 4. FB-kanavakuivaamon toimintaperiaate leikkauskuva (Valutec Oy 2017)

4 Virheet kuivauksessa

Puumateriaalin ominaisuudet ovat evoluution tuloksena kehittyneet sopeutumaan ulkoisiin ympäristöolosuhteisiin. Puun solukko kehittyi kosteiden olosuhteiden alaisuudessa. Puun kuivuminen altistaa materiaalin olosuhteille, joihin se ei ole kehittynyt. Tämän takia on odotettavissa materiaalissa erilaisia reaktioita kuivumisprosessin aikana tai sen jälkeen. Nämä reaktiot voivat vahingoittaa materiaalin rakennetta, joten niitä voidaan nimittää kuivumisvirheiksi (Moren 2016, 99).

4.1 Muotovääryydet

Puun anisotrooppinen kutistuminen kuivauksen aikana voi aiheuttaa sahatavarassa erilaisia muotovääryyksiä (Kuva 5). Esimerkiksi puutavaran kiertyminen ja kupertuminen johtuvat usein juuri anisotrooppisesta kutistumisesta. Kupertumista ei kuitenkaan lueta kuivausvirheeksi, vaan se on normaali puun kuivumisesta aiheutuva reaktio (Varis 2017, 141).



Kuva 5. Erilaisia muotovääryyksiä kuivatussa puutavarassa (Moren 2016).

Sahatavaran vinoutuminen tai kieroutuminen johtuu anisotrooppisen kutistumisen lisäksi jännitteiden kehittymisestä kuivausprosessin aikana. Puun vaihteleva solurakenne, sekä puun kierteiset ja vääristyneet syyt kutistuvat kuivuessaan eri tavoin, joka aiheuttaa kiertymistä materiaalissa. Kuivauskuorman huono rimoitus, kuorman päältä puuttuva paino sekä epätasainen tuki kuivausuuneissa mahdollistavat sahatavaran kiertymien muodostumisen (Moren 2016, 104).

4.2 Halkeamat

Halkeamat ovat yleisimpiä kuivauksen aiheuttamia virheitä puutavarassa, jotka vaikuttavat puutavaran laatuluokitukseen. Halkeama tarkoittaa puussa olevaa murtumaa, joka voi olla paljaalla silmällä havaittava tai mikroskooppisen pieni. Halkeamat voivat aiheutua puun kaatamisesta tai työstön aikana aiheutuneista vaurioista, mutta yleisimmin halkeamia syntyy juuri kuivausprosessissa. Halkeamia syntyy eri syistä ja siksi niitä erotellaankin eri halkeamatyyppisiin (Moren 2016, 99). Halkeamatyypeistä päätyhalkeamiin, sydänhalkeamiin,

pintahalkeamiin ja mikrohalkeamiin, voi vaikuttaa kuivauksen oikeanlaisella suunnittelulla ja toteutuksella.

Päätyhalkeamat ovat nopean kuivauksen seurauksena syntyviä halkeamia puun päissä. Päätyhalkeamien syntyminen johtuu puun nopeammasta kuivumisesta puusyiden suuntaisesti, kuin poikkisyin. Päätyhalkeamia esiintyy puutavarassa noin 30 cm:n pituudella kappaleen päästä. Sydänhalkeamat esiintyvät kappaleen sisässä ja voivat syntyä jo ennen puun kaatamista. Sydänhalkeamien syy on pääosin sama, kuin päätyhalkeamienkin. Puun ytimen kuivuessa puun syiden kyllästymispisteen alle, aiheutuu anisotrooppisten kutistumisominaisuuksien aiheuttamia jännitteitä. Pintahalkeamat ovat puutavaran pinnassa esiintyviä halkeamia, jotka johtuvat puun pinnan kuivumisesta alle puun syiden kyllästymispisteen, puun keskiosan ollessa puun syiden kyllästymispisteen yli. Mikrohalkeamat ovat pieniä ja vaikeasti havaittavia halkeamia, jotka tulevat yleensä esiin vasta höyläyksen ja pintakäsittelyn aikana. Vaikka kyseiset halkeamat ovat hyvin kapeita, ne voivat kuitenkin olla syviä. Mikrohalkeamien syntyyn vaikuttaa liian nopea kuivaus, tai erityisesti talviaikaan kuivauksen jälkeen tapahtuva nopea jäähtyminen. (Varis 2017, 140–141).

4.3 Keinoja kuivausvirheiden ehkäisemiseksi

Kuivausvirheitä ei voida täysin estää, mutta niitä voidaan ennaltaehkäistä hyvin toteutetulla kuivausprosessilla. Kappaleiden kieroutumisen estämiseksi, on rimoitus toteutettava mahdollisimman tasaisesti, sekä pienin välein. Mahdollisimman lähelle rimanippujen päätyjä aseteltavat välirimat estävät päätyjen kieroutumista, sekä päätyhalkeamien syntyä. Myös kuivauskuorman päälle asetettava painolasti, tai kuormapainimien käyttö, voi ennaltaehkäistä puutavaran kieroutumien syntyä. Halkeamia voidaan ennaltaehkäistä kuivauskaavan optimoinnilla. Liian nopealla kuivauskaavalla, liian korkealla kuivauslämpötilalla ja kappaleiden nopealla jäähtymisellä, on yleensä vaikutusta kappaleissa esiintyvien halkeamien syntyyn. Kuivausilman oikeanlaisella ohjauksella on myös vaikutusta, esimerkiksi päätyhalkeamien estämiseksi. (Varis 2017, 140–141).

5 Tutkittava kamarikuivaamo

5.1 Tietoa tutkittavasta kamarikuivaamosta

Tutkimuksessa tarkasteltava kamarikuivaamo on käyttöön otettu 1980-luvun lopussa. Kuivaamo koostuu neljästä yksittäisestä kamarista (Kuva 6). Lämpöenergia kamareihin tuotetaan Haminan sahan omissa voimaloissa. Kamarikuivaamoissa kuivattava puutavara on kuusta ja kamareissa kuivataan vain pintalautoja, sydänkappaleet kuivataan kanavakuivaamoissa. Kamarin kuivauskapasiteetti on kolme rimanippua syvyysuunnassa ja kaksi korkeussuunnassa, dimensiosta riippuen noin 55 m³. Kuivattavat dimensiot ovat: 22X100 mm, 36X75 mm, 36X100 mm, 36X125 mm, 36X150 mm, 41X66 mm, 41X93 mm ja 41X131 mm. Muut sahalta valmistuvat dimensiot, sekä sydänkappaleet kuivataan pääosin kanavakuivaamoissa. Kuivausajat vaihtelevat kuivattavan dimension ja vuodenaikojen mukaan. (Mikkola 2025).



Kuva 6. Vanhat kamarikuivaamot

5.2 Kamarin toiminta

Toimintaperiaate on sama, kuin muissakin kamarikuivaamoissa. Ulkoa otetaan ilmaa, joka lämmitetään vesikiertoisilla lämpöpattereilla ja kierrätetään puhaltimien avulla. Ilmavirtausta

ohjataan katossa ja sivuilla sijaitsevien läppien avulla, jotta ilmankierto rima-rippujen välissä olisi mahdollisimman tehokasta. Automaatio kääntää puhallussuuntaa kamareissa 240 minuutin välein. Kuivattavasta puutavarasta haihtuva kosteus poistetaan kuivaamosta poistopeltien kautta, samalla ottaen vaihtoilmaa ulkoa sisään. Kamarin täyttö ja purku hoidetaan trukeilla, rima-ripit pinotaan kamareissa olevien pohjapuiden päälle. Ovien avaus ja sulkeminen tapahtuu käsikäyttöisen nostimen avulla. Kuivaamossa ei ole erillistä operaattoria, trukkikuljettajat hoitavat purun ja täytön lisäksi kuivausohjelman käynnistyksen, seurannan, sekä loppukosteuden mittauksen. Mahdollisista kuivauskaavan muutoksista vastaa työnjohto. (Mikkola 2025).

5.3 Kuivauslaatuun vaikuttavia asioita

Tutkimuksen kohteena olevissa kamarikuivaamoissa on havaittu myös käyttökapasiteettiin, sekä käyttövarmuuteen vaikuttavia vikoja. Kamareiden välillä on havaittu vesikiertoisten lämmityskennostojen lämpötiloissa eroavaisuuksia, joka vaikuttaa kuivauksessa käytettävän lämmön tasaiseen jakautumiseen. Kamareissa käytettävässä sumutusjärjestelmässä, joka tasaa kamarin sisäistä kosteutta, on ongelmia ja se on poistettu käytöstä. Poistoilman kulkeutumisen kuuluisi tapahtua vain ilmanpoistoluukkujen kautta, mutta ovien rakenteet, sekä tiivisteet vuotavat kuumaa ilmaa ulos kamareista (Kuva 7). Tämä vaikuttaa myös kamarin lämpötilan tasaisuuteen. Kamareiden poistoilmavuotojen vuoksi, on kamareita myös lämmitettävä enemmän, jotta sisällä olevan kuivausilman lämpötila saadaan pysymään tarpeeksi korkeana. Tämä vaikuttaa myös kamareiden energian kulutukseen. Kamareiden kuivauksen runsasta epätasaisuutta on havaittu muun muassa dimension 22x100 mm kohdalla. Kyseistä dimensiota ei höylätä, vaan se menee tasaantumisen jälkeen suoraan paketointiin. Koska kyseisen dimension tuotteet eivät kulkeudu linjakosteusmittarin läpi, pake-toinnissa suoritetaan kosteusprosentin uusintamittauksia manuaalisesti piikkimittarilla. (Mikkola 2025). Liitteessä 1. esitelty tapaus marraskuulta 2024, jossa havaittiin useita sallitun kosteusprosentin ylityksiä vuorokauden aikana. Kyseiset erät oli kuivattava uudestaan.

Koska sähköistä kunnossapitojärjestelmää ei ole käytössä, ei tarkkaa määrää kunnossapitoimenpiteiden tarpeesta ole saatavilla. Kamareiden korjaustoimeenpiteiden tarvetta kuitenkin esiintyy toistuvasti. Useimmin ongelmat liittyvät lämmitys- ja puhallusjärjestelmiin. Yleisin lämpöön liittyvä ongelma on, ettei lämmityspattereille menevä vesi ole tarpeeksi lämmintä, vaikka lämpölaitoksilta tuleva vesi olisikin. Vanhat kamarikuivaamot sijaitsevat lämminvesi-putkilinjan päässä, joka saattaa olla osasyynä vedenkierron ongelmiin. (Liikkanen, J 2025).



Kuva 7. Kamarikuivaamon poistoilman vuotoa 2. kamarin ulkopuolella

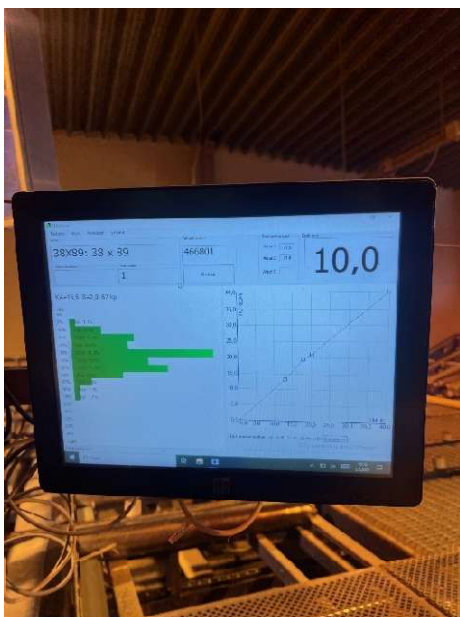
6 Kuivauslaadun tutkimus

6.1 Tutkimus

Tutkimusta varten suoritettiin erikseen seurattavan koekuorman kuivaus vanhassa kamari-kuivaamossa. Tarkoituksena oli selvittää koekuorman avulla, onko kuivausprosessissa kuivaamon sisäistä laatuvaihtelua ja tarkastella kuinka tasaista kuivuminen kamarin sisällä on. Lisäksi tutkimuksessa seurattiin tuotantoa, sekä tuotannon raportteja kuukauden ajanjaksolta. Seurannan tarkoituksena oli tarkastella kuivauslaadun vaikutusta tuotannon tehokkuuteen, sekä lopputuotteen laatuun. Seurannassa tarkasteltiin sekä kamari-, että kanava-kuivaamoissa kuivattavia tuotteita ja suoritettiin vertailua näiden välillä. Kuukauden aikana seurattiin tuotantoa höylälinjalla ja visuaalisessa lajittelussa. Tuotantoprosessin seurannan yhteydessä havainnointiin kuivauksen laadun vaikutuksia hylättävien kappaleiden määrään, tuotannon sujuvuuteen, seisakkien esiintymiseen sekä tuotteiden laatuluokitukseen.

6.2 Koekuorma

Kuivauslaadun tasaisuutta lähdettiin selvittämään erikseen seurattavan koekuorman avulla. Sahattua dimensiota 41x93 mm varattiin kuusi rimanippua erillistarkastelua varten. Rimaniput merkattiin maalilla ja varastoitiin erilleen muista saman dimension tuotteista. Kuorman kulkua seurattiin kuivausprosessin, höyläyksen, sekä visuaalisen lajittelun läpi, kuivauslaadun tasaisuutta tarkastellen. Kosteuden vaihtelua seurattiin hyödyntäen FMI-linjakosteusmittaria ja Gann HT85-t Piikkimittaria (Kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. FMI-linjakosteusmittarin näkymä

Kuva 9. Piikkimittari Gann HT85-t

6.2.1 Lähtökosteuden mittaus

Koekuorman lähtökosteus selvitettiin punnituskuivausmenetelmällä. Rimanipusta 1. otettiin koepalat kuudesta eri kohdasta, kaksi rimanipun päältä ja neljä eri kohdista rimanipun sivuilta. Koepaloja varten sahattiin pois 30 cm pituinen pala kappaleiden päistä, jonka jälkeen sahattiin punnittavat koepalat pituuteen 100 mm. Koepalat punnittiin testilaboratorion vaa'alla ja lähtöpainot merkittiin tussilla kappaleisiin. Koepalat kuivattiin testiuunissa (kuva 10). Kuivausaika koekappaleille oli 25 tuntia. Kuivauksen jälkeen kappaleiden annettiin jäähtyä, jonka jälkeen punnittiin kappaleiden kuivapaino. Kappaleiden lähtökosteusprosentti laskettiin kaavalla 1.

$$\frac{\text{märkäpaino} - \text{kuivapaino}}{\text{kuivapaino}} \times 100 = \text{Kosteus \%} \quad (1)$$

Kosteusprosentit esiteltyinä liitteessä 2.



Kuva 10. Testiuni.

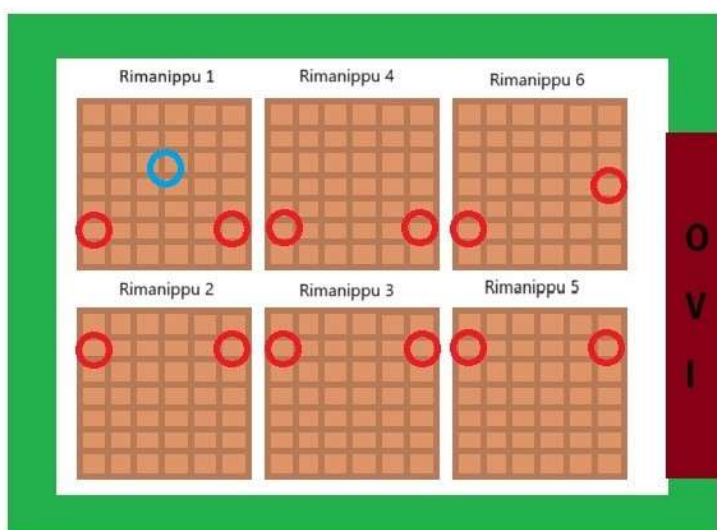
6.2.2 Kuivausprosessi

Vanha kamari 2. täytettiin erikseen merkityillä kuudella koekuorman rimanipulla. Rimaniput lastattiin kamariin numerojärjestyksessä, jotta pystyttiin tarkastelemaan jokaista nippua erikseen ja paikantamaan mahdolliset virheet kuivausprosessissa. Kuivauksessa käytettiin

talvikaavaa, jonka kesto on noin 90 tuntia ja ilmansuunnan vaihteluväli 240 minuuttia. Kostutusta ei ollut käytössä, hajonneen sumutusjärjestelmän vuoksi.

6.2.3 Loppukosteuden mittaus

Kuivausprosessin päätyttyä koekuorman loppukosteus mitattiin piikkimittarilla. Jokaisesta nipusta mitattiin kosteus kahdesta eri kohdasta, lisäksi rimanippu 1. halkaistiin, jotta kosteus saatiin mitattua keskeltä nippua. Kosteudet mitattiin pituussuunnassa kappaleiden keskeltä. Havainnekuvassa (Kuva 11) esiteltynä rimanippujen sijainnit kamarissa kuivausprosessin aikana, sekä kohdat, joista kosteuden mittaukset suoritettiin.



Kuva 11. Havainnekuva loppukosteuden mittauskohdista.

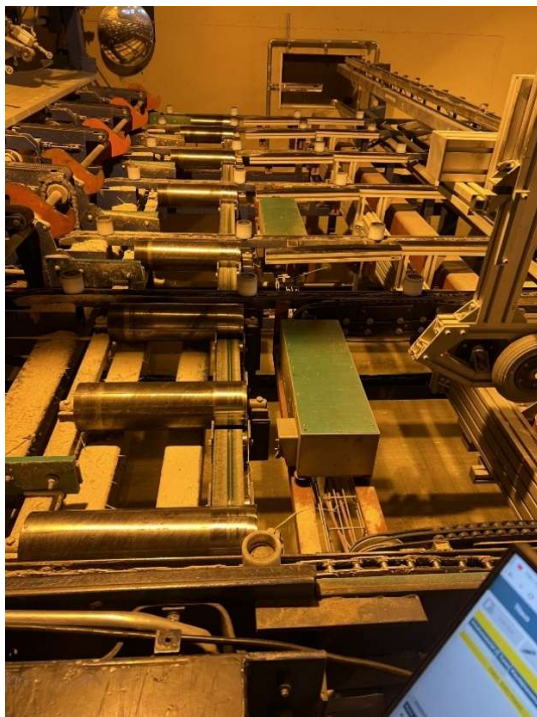
6.2.4 Koekuorman seuranta tuotannossa

Koekuorman kuusi nippua syötettiin tuotantolinjaan numerojärjestyksessä, alkaen nipusta 6 (Kuva 12). Tämän avulla voitiin seurata kosteuden vaihtelua nippujen välillä, sekä jäljittää tarkasteltavan nipun sijainti kuivaamossa.



Kuva 12. Koekuorman rimaniput menossa tuotantolinjaan

Kosteuden seuranta tapahtui FMI-linjakosteusmittarilla (Kuva 13), joka mittaa antureiden avulla yksittäisten kappaleiden kosteusprosentteja linjalla, sekä tuottaa koottua dataa kosteusjakaumasta kuorman sisällä. FMI-järjestelmään asetettiin tarkasteluväliksi yhden rimanipun kappalemäärä, jotta jokaista nippua voitiin tarkastella erikseen. Lisäksi jokaisen rimanipun kohdalla suoritettiin satunnaiskosteusmittauksia piikkimittarilla, jotta voitiin varmistaa linjakosteusmittarin lukemien paikkansapitävyys.



Kuva 13. FMI-linjakosteusmittarin anturit (kuvassa vihreät)

6.3 Kuivauslaadun vaikutukset tuotantoon

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuivauslaadun vaikutuksia tuotantoon kuukauden ajan. Erityisesti tutkittiin kosteusprosentin vaihtelun vaikutusta hylättävien kappaleiden määrään, niiden hylkäyssyyhin, tuotannon tehokkuuteen ja lopputuotteen laatuluokitukseen. Lisäksi tarkasteltiin kosteusprosenttien tasaisuutta ja kuivauksen laadun vaikutusta tuotannon tehokkuuteen. Tuotannon visuaalisen havainnoinnin lisäksi tarkasteltiin tuotannon prosessidataa ja raportteja. Kuukauden aikana seurattaviksi tuotteiksi valittiin kaksi dimensiota, jotka kuivattiin kamarikuivaamoissa ja kaksi dimensiota, jotka kuivattiin kanavakuivaamoissa. Seurattavat dimensiot olivat 36x75, 41x93, 47x100 ja 47x150. Isommat dimensiot ovat kanavakuivaamoissa kuivattuja.

6.3.1 Hylättävät kappaleet

Tutkimuksessa tarkasteltiin kappaleiden hylkäykseen johtavia syitä, hylkäysmäärien vaihtelua sekä niiden yhteyttä kuivauslaadun vaihteluun. Seurantajakson aikana tarkkailtiin tuotantoprosessia höyläyksen- ja visuaalisen lajittelun työpisteillä. Lisäksi tutkimusta varten haastateltiin höyläoperaattoria, sekä käytiin läpi tuotannosta saatavaa prosessidataa.

Höyläysprosessin sujuvuuden varmistamiseksi tuotannosta poistetaan kappaleita, jotka voivat aiheuttaa tukoksia, huonoa höyläysjälkeä tai prosessin keskeytymisiä. Höyläoperaattori hylkää vialliset kappaleet manuaalisesti raakkauspainikkeella, tai automatiikka erottelee ne linjakosteusmittarin tulosten perusteella. Hylättäviin kappaleisiin kuuluvat esimerkiksi syrjäväärät, kierot, muotovialliset, päätyhaljenneet, lahot sekä liian kuivat- tai kosteat kappaleet. Ennen höylää poistetaan tuotantolinjalta hajonneet, sekä selkeästi muotovialliset kappaleet. Käsini poimitut kappaleet heitetään raakkikärryyn, josta ne päätyvät hakettamisen kautta energiatuotantoon. Höylän syötössä hylätyt kappaleet siirtyvät erillistä linjaa pitkin raakkinippuun, josta ne kulkeutuvat täysinä nippuina paketoitiin ja VII-laatusena lopuasiakkaalle (Kuvat 14 ja 15)



Kuva 14. Höylälinjan hylättyjä kappaleita

Kuva 15. Raakatut kappaleet poistumassa tuotantolinjalta

6.3.2 Tuotannon seisakit

Vialliset kappaleet voivat aiheuttaa monenlaisia ongelmia tuotantoprosessin aikana. Höyläyksessä muotovialliset kappaleet eivät kulje syöttölaitteissa oikein, sekä ne voivat kiillautua höylään ja hajota höyläyksen aikana. Hajonneet kappaleet aiheuttavat tukoksia höylässä ja ne on poistettava sieltä manuaalisesti. Kappaleiden poistamisen ajaksi tuotantolinja on pysäytettävä ja tämä aiheuttaa, jokaisella kerralla noin 5 minuutin tuotantokatkoksen (Maaskola 2025). Muotovialliset kappaleet myös pinoutuvat päällekkäin höyläyksen syötössä, jonka vuoksi linjaa on jatkuvasti pysäytettävä, jotta päällekkäin menneet kappaleet saadaan eroteltua toisistaan. Näistä aiheutuu toistuvasti alle minuutin seisakkeja.

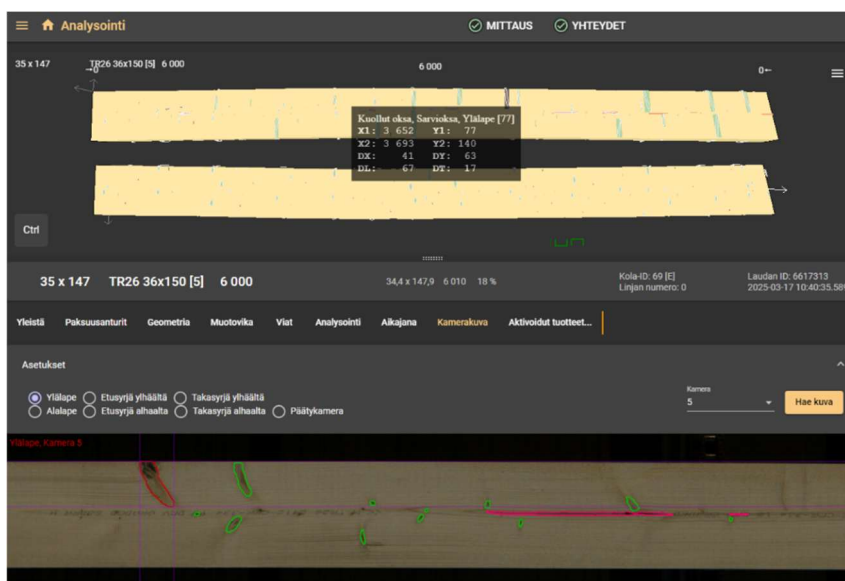
Vialliset kappaleet aiheuttavat myös ongelmia visuaalisen lajittelun työpisteellä. Muotovialliset kappaleet ohjautuvat väärin dimensiolajittelun syöttölaitteissa, yleisimmin yksittäisanostelijan kohdalla. Pahimmissa tapauksissa kappaleet pinoutuvat päällekkäin ja menevät ristiin, joka aiheuttaa tukoksen. Linja on pysäytettävä, jotta tukokset saadaan manuaalisesti poistettua (Kuva 16). Nämä aiheuttavat tuotantokatkoksia toistuvasti. Kun visuaalisen lajittelun työpisteellä pysäytetään linja, syttyy höyläyksen työpisteellä merkkivalo. Merkkivalon palaessa höylän tuotantolinja on pysäytetty. Tämä tarkoittaa, että visuaalisen lajittelun seisakit aiheuttavat myös tuotannon keskeytyksiä.



Kuva 16. Tukoksen poisto visuaalisessa lajittelussa

6.3.3 Visuaalinen lajittelu

Visuaalisessa lajittelussa höylätyt kappaleet lajitellaan Finnos BoardScannerilla, joka kuvaa kappaleet neljältä sivulta (Kuva 17) ja määrittää mihin laatuluokkaan ne kuuluvat.



Kuva 17. Ruutukaappaus Finnos BoardScanner laadutusnäkyvästä

Finnos BoardScanner määrittää myös kappaleille katkaisukohtat, mikäli tuotteesta saadaan katkaisemalla korkeampi laatuluokitus. Kaikki kuivausvirheet eivät tule näkyviin ennen höyläystä, joten viallisia kappaleita päätyy myös visuaaliseen lajitteluun (Kuva 18). Mikäli kappaleessa esiintyy useampia muotovikoja tai halkeamia, eikä niitä saada katkomalla poistettua, luokitaa Finnos BoardScanner ne alimpaan VII laatuluokkaan. Hajonneet tai muuten käyttökelvottomat kappaleet hylätään ja ne päätyvät hakkeeksi energiatuotantoon.



Kuva 18. Kuivaus- ja muuten viallisia kappaleita

7 Tulokset

7.1 Kosteuden tasaisuus

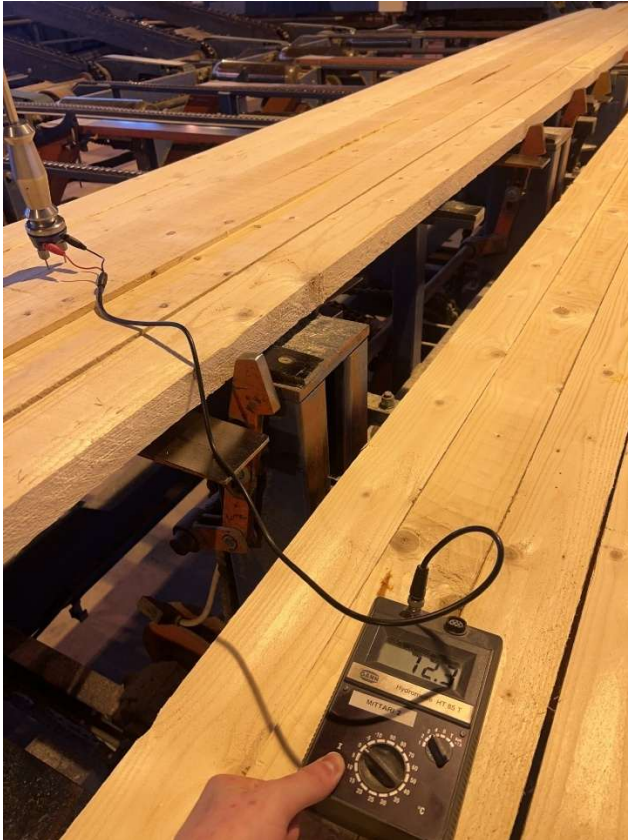
Tarkastelujaksolla 10.2–10.3 tutkittiin FMI-linjakosteusmittarilta saatavaa dataa. Datan pohjalta voidaan todeta kuivaustuloksen olevan epätasaisempaa kamarikuivaamoissa, kuin kanavakuivaamoissa. Raporteista on havaittavissa, että kanavakuivaamoiden loppukosteuden keskiarvo on lähempänä 18 %:n tavoitekosteutta.

Raporttien pohjalta voidaan myös todeta kosteusprosentin hajonnan olevan pienempää kanavakuivaamoissa kuivattujen tuotteiden osalta (Liite 4; Liite 5; Liite 6; Liite 7). Tutkimuksen kohteena olevia kamarikuivaamoita ei voida tässä rajata yksittäin tarkasteltaviksi, vaan on todettava kosteuden vaihtelun olevan yleisesti kamareissa laajempaa.

Koekuorma

Liitteessä 3. on esiteltyinä loppukosteusmittauksen tulokset, joita tarkastelemalla voidaan huomata kamarin kuivauksessa epätasaisuutta. Kosteusprosentti on kaikkien nippujen kohdalla sallituissa lukemissa, mutta vaihtelu on runsasta. Kuorman suurimmat kosteusvaihtelut esiintyivät rimanipun 5. mittauksessa, jossa alin mitattu loppukosteus oli 9 %, kun taas ylin oli 15,6 %. Jotta saatiin tarkastettua nippujen sisäinen kosteus, otettiin rimanippu 1. erityistarkasteluun ja se puolitettiin korkeussuunnassa keskeltä. Puolitetusta rimanipustamitattiin piikkimittarilla kolmesta eri kohdasta kosteusprosentti, joista laskettiin keskiarvoksi 17,3 %. Loppukosteusmittauksen perusteella kuivaus oli onnistunut, vaikka epätasaisuutta oli havaittavissa.

Koekuormaa seuratessa tuotantoprosessissa havaittiin useita sallitun kosteusprosentin ylityksiä (Liite 19). Nipussa 1. havaittiin kosteusraakattujen kappaleiden tarkastusmittauksissa korkeimmillaan 72,3 % kosteuslukema (Kuva 19). Vaikka loppukosteusmittauksien mukaan kuivaus oli onnistunut, havaittiin tuotannon aikana nippujen sisällä huomattavan paljon sallitun 18 % kosteuden ylityksiä (Liitteet 13–19). Tutkimuksen perusteella kuivauksen laatu ei ole tasaista kamareiden sisällä.



Kuva 19. Koekuorman hylättyjen kappaleiden tarkastusmittaus

7.2 Hylättävät kappaleet

Seurantajakson aikana suoritetussa tuotannon tarkastelussa oli huomattavaa, että kosteusprosentin vaihtelut korreloivat hylättävien kappaleiden määrän kanssa. Liitteessä 8. on esiteltynä kootusti tarkasteluajanjakson raakkiraporttien tulokset. Tuloksista voidaan havaita eroavaisuuksia raakkiprosenteissa.

Suurimmat erot olivat kamarikuivaamoissa kuivattavien 36x75 mm dimension tuotteiden ja kanavakuivaamossa kuivattavien 47x100 mm dimension tuotteiden välillä. Kyseisten tuotteiden raakin ero kokonaistuotantomäärästä oli lähes 1 %, kamarikuivaamossa kuivattujen tuotteiden raakkiprosentin ollessa 1,23 % ja kanavakuivaamossa kuivattujen 0,24 %. Koska tuotantomäärät olivat eri kokoiset, ei voitu toteuttaa suoraa vertailua kappalemäärissä. Tutkimuksen perusteella on pääteltävissä, että hukka on yleisesti suurempaa kamarikuivaamossa kuivattavien tuotteiden osalta.

7.3 Seisakit

Axxos seisakkiraporttijärjestelmän tuloksia tarkastellessa voitiin todeta, että kuivauslaadun ollessa heikompaa, seisakkien määrä kasvoi. Erot olivat suurimmat dimension 36x75 mm

tuotteiden ja dimension 47x100 mm tuotteiden välillä. Kamarikuivaamossa kuivattavan dimension 36x75 mm tuotteiden tuotannon aikana käyntiaste oli 51,5 % ja kanavassa kuivattavan dimension tuotteiden aikana 60,1 % (Liite 20; Liite 21).

Koska tuotantoajat eivät olleet samat, ei suoraa vertailua voitu suorittaa. Tuotantoa seurattaessa voitiin kuitenkin todeta, että seisakkien esiintyminen oli yleisempää juuri kamari-kuivaamoissa kuivattujen tuotteiden aikana. Kohdassa 6.2.2 mainittu kappaleiden päällekkäisyyksien poistaminen muun muassa aiheutti jatkuvasti alle minuutin seisakkeja.

7.4 Visuaalinen lajittelu

Visuaalisen lajittelun alaslukitusraportteja tarkistelemalla voitiin todeta eri kuivaamoista tulevien tuotteiden eroavaisuuksia valmiiden tuotteiden kohdalla. Suurimmat erot olivat samojen dimensioiden kohdalla, kuin höyläyksessäkin. Dimension 36x75 mm tuotteiden alaslukitusprosentti oli 3,8 %, kun taas dimension 47x100 mm oli 1,2 % (Liite 9; Liite 11). Dimension 36x75 mm oli myös visuaalisessa lajittelussa hylättyjä tuotteita yhteensä 0,2 %, kun muiden tuotteiden kohdalla luku oli lähes 0 % (Liite 9; Liite 10; Liite 11; Liite 12).

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan siis todeta, että kuivauksen laadun eroavaisuudet näkyvät myös visuaalisen lajittelun lopputuloksessa ja vaikuttavat lopputuotteesta saatavaan arvoon.

8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Södra Wood Oy:n Haminan sahan vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauslaatua ja sen vaikutuksia tuotantoon, sekä lopputuotteen laatuun. Tarkemmin tutkimuksessa tarkasteltiin, kuinka tasainen kuivauksen lopputulos on, kuinka kosteuden vaihtelu vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen, miten kuivauslaatu vaikuttaa tuotantoprosessin seisakkeihin sekä miten kuivauksen laatu näkyy visuaalisessa lajittelussa ja lopputuotteen arvossa. Saatuja tuloksia voidaan käyttää apuna uusien investointeja suunniteltaessa.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että vanhojen kamarikuivaamoiden kuivauksen laadussa on runsaasti vaihtelua. Tutkimuksessa suoritetun vertailun perusteella kanavakuivaamossa kuivattujen tuotteiden osalta, lopputuotteen laatu, sekä tuotannon tehokkuus oli parempaa. Tuloksista voidaan siis päätellä, että kamarikuivaamoiden kuivauksen laadulla on merkitystä tuotannon sujuvuuden, tuotteen laadun ja arvonsaannin kannalta negatiivisesti. Tulosten perusteella uusien kuivaamoiden investoinnille olisi tarvetta tai vaihtoehtoisesti vanhojen kamarien korjaustoimenpiteille. Suuret investoinnit ovat pitkä ja kallis prosessi, siksi tässä opinnäytetyössä pyrittiin löytämään ja esittämään myös lyhyemmän aikavälin ratkaisuja.

Opinnäytetyön aihe oli laaja ja tarkasteluajaväli rajallinen. Haasteena olikin rajata tutkimus käsittelemään vain vanhoja kamarikuivaamoita ja yksilöidä kuivauslaadun ongelmat niitä käsitteleviksi. Tutkimuksen tulokset ovat kuukauden aikana tehtyyn tarkasteluun perustuvia. Tarkemman tutkimustuloksen saamiseksi, olisi tutkittava kuivaustuloksia ja sen vaikutuksia pidemmältä aikaväliltä. Mahdollisia jatkotutkimuksen aiheita voisi olla energiankulutus ja lämmön jakautuminen kamareissa, sekä tarkempi tutkimus kuivauslaadusta, joka käsitteisi myös uudemmat kamarit. Voidaan siis todeta, että aihetta tulisi tutkia lisää.

Lähteet

Liikkanen, J. 2025. Kunnossapitopäällikkö. Södra Wood Oy. Haastattelut kevään 2025 aikana.

Maaskola, E. 2025. Höyläoperaattori. Södra wood Oy. Haastattelut kevään 2025 aikana.

Mikkola, A. 2025. Tuotannon insinööri. Södra Wood Oy. Haastattelut kevään 2025 aikana.

Moren, T. 2016. The Basics of Wood Drying. 1. painos. Ruotsi: Valutec AB.

Puuproffa 2025. Kuivaus. Kamarikuivaamo. Viitattu 26.2.2025. Saatavissa:

<https://puuproffa.fi/puutieto/puun-kuivaus/kamarikuivaamo/>

Södra. a. Global. Kotisivut. Viitattu 14.2.2025. Saatavissa:

<https://www.sodra.com/en/global/about-sodra/>

Södra. b. Our Business Areas. Kotisivut. Viitattu 14.2.2025. Saatavissa:

<https://www.sodra.com/en/global/about-sodra/our-business-areas/>

Södra Wood. 2020. Yritysesittely. Viitattu 14.2.2025. Saatavissa rajoitetusti yrityksen intranetissä

Södra Wood Oy. 2020. Yleistä. Yritysesittely. Viitattu 14.2.2025. Saatavissa rajoitetusti yrityksen intranetissä

Varis, R. 2017. Sahateollisuus. 2. painos. Jyväskylä: Kirjakaari.