

Kuivaamon rejektipaalien määrän vähentäminen

Mika Karhila

Opinnäytetyö

Marraskuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Karhila, Mika	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2020
	Sivumäärä 65	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kuivaamon rejektipaalien määrän vähentäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kari Hytönen & Matti Siistonen		
Toimeksiantaja(t) Metsä Fibre, Äänekoski		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Vuonna 2017 käynnistyneeseen Äänekosken biotuotetehtaaseen tuli kuivaamon selluvarastoksi maailman ensimmäinen automaattinen sellunjakelukeskus. Kuivaamon paalaimista sellupaalit menevät automaattisesti tarkistuspisteen kautta jakelukeskukseen, joka lajittelee ja hoitaa sellutoimitukset asiakastilausten mukaan.</p> <p>Tehtaan kuivaamolla on ollut ongelmana suuri rejektiosuus valmistuneissa sellupaaleissa. Suurin osa järjestelmän hylkäämistä paaliyksiköistä on näyttänyt kuitenkin ulkoisesti priimalta ja suuri osa niistä on voitukin tarkastuksen jälkeen hyväksyä priimaksi. Rejektipaalien käsittely on tuonut kuitenkin kustannuksia ja lisätyötä.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, miksi varastohallintajärjestelmä hylkää priimalta näyttäviä sellupaaleja ja lisäksi kehittää ratkaisuehdotuksia, joilla rejektiosuuden määrää saataisiin vähennettyä.</p> <p>Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena, joka sisälsi sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia tutkimusotteita. Rejektisyistä koottiin tilastoja ja näiden perusteella otettiin merkittävimmät hylkäyssyyt tarkempaan tarkasteluun. Hylkäyssyiden tarkempi tutkiminen tapahtui pääasiassa kentällä havainnoimalla.</p> <p>Tuloksina saatiin selville sellupaalien suurimmat hylkäyssyyt sekä ratkaisuehdotuksia, joilla voitaisiin saada vähennettyä hylättyjen paalien määrää.</p> <p>Tilastoidut sellupaalien hylkäyssyyt ovat kerätty tietojärjestelmistä ja ovat osittain suuntaa antavia, koska sama hylkäyssyy voi syntyä usealla eri tavalla. Nykyisiä tietojärjestelmiä voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää paremmin. Saatavissa olevaa tietoa kehittämällä saataisiin tarkempia tietoja hylkäyssyistä ja sitä kautta estettyä rejektipaalien syntymistä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sellu, RFID, tietojärjestelmä, seurantajärjestelmä		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Karhila, Mika	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 65	Permission for web publication: x
Title of publication Reduction of the amount of reject bales in the pulp drying plant		
Degree programme Degree programme in Energy and Environmental Technology		
Supervisor(s) Kari Hytönen & Matti Siistonen		
Assigned by Metsä Fibre, Äänekoski		
Abstract <p>In 2017 started bioproduct mill in Äänekoski which has the world's first fully automatic pulp distribution center in a drying plant's pulp storage. Pulp bales are delivered automatically through the checkpoint to the distribution center which sorts and handles the pulp deliveries according to customer orders.</p> <p>Large rejection rate in the finished pulp bales has been an issue at the drying plant. However, the quality of the rejected bales have been good and large proportion of them have also been approved after extra inspection. Reject bales handling has however brought more costs and additional work.</p> <p>The purpose of the thesis was to find out why the warehouse system rejects pulp bales that looks prima and also develop solutions that could reduce the rate of the rejects.</p> <p>The work was carried out as a development study that included both quantitative and qualitative research methods. Statistics were compiled for the reasons of rejection and the basis of these the most significant reasons were taken for a more detailed research. The more detailed investigation of the reasons was made mainly by observation on site.</p> <p>As a result of the work, the main reasons for the rejection of pulp bales were found and proposals for solutions the number of rejected bales could be reduced.</p> <p>The statistical reasons for rejection of pulp bales have been collected from information systems and are partly indicative because the same reason for rejection can arise in several different ways. Existing information systems could be utilized better in the future. Developing the available information would provide more detailed information on the reasons for rejection and thus prevent the formation of reject bales.</p>		
Keywords/tags (subjects) Chemical pulp, RFID, information system, monitoring system		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoitteet	4
2	Toimeksiantajan esittely	5
2.1	Metsä Fibre Oy	5
2.2	Äänekosken biotuotetehdas	5
3	Sellun valmistus.....	6
3.1	Kuitulinja.....	7
3.2	Talteenotto	12
4	Paalaamo ja sellun jakelukeskus	15
4.1	Paalaus.....	15
4.2	Paalaamon laitteet	16
4.3	Paalauslinjan hallinta ja seuranta.....	20
4.4	Biotuotetehtaan paalaamot	22
4.5	Automatisoitu sellun jakelukeskus.....	24
4.5.1	Profiilikontrolli	25
4.5.2	Varastohallintajärjestelmän Dashboard.....	27
5	RFID	27
5.1	Taajuudet.....	28
5.2	RFID-tunniste (tag)	31
5.3	RFID-Lukijat.....	33
5.4	Antennit.....	35
5.5	Tietojärjestelmät	35
5.6	RFID-tunniste sellupaaleissa.....	36
6	Menetelmät ja aineisto.....	37
6.1	Tutkimusmenetelmät	37
6.2	Aineiston keruu ja analysointi	38
7	Selvitystyön tuloksia ja toimenpide-ehdotuksia	44
7.1	Rejektisyys	44
7.2	Toimenpide-ehdotukset rejektimäärän vähentämiseksi	56

8	Pohdinta.....	58
9	Lähteet.....	62

Kuviot

Kuvio 1. Biotuotetehtaan avainlukuja (Biotuotetehtaan yleisesitys 2020).....	6
Kuvio 2. Sellun valmistuksen prosesseja (Sulfaattisellun valmistus n.d.).....	7
Kuvio 3. Massan väri eri vaiheissa (Valkaisu-tiivistelmä n.d.)	9
Kuvio 4. Puhallinkuivatin märänpään ja arkituksen välissä (Kuivatus-tiivistelmä n.d.).....	11
Kuvio 5. Puristettu sellupaali suojakääreillä (Paalaus-tiivistelmä n.d.).....	12
Kuvio 6. Nykyaikainen paalaamo paalinkäsittelylaitteineen (Berg 2011, muokattu)	15
Kuvio 7. Paalauslinjan laitteita (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)	16
Kuvio 8. Erilaisia ketjukuljettimia (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.).....	17
Kuvio 9. RFID-applikaattori paalauslinjalla	20
Kuvio 10. Paalaamon näyttö Valmet DCS:ssä	21
Kuvio 11. Paalit viikkaajalla ja toisella pienpaalisitojalla (Biotuotetehtaan yleisesitys 2020).....	23
Kuvio 12. Autoimatisoidun sellunjakelukeskuksen hyllyköitä ja hyllystöhissi. (Biotuotehtaan yleisesitys 2020)	25
Kuvio 13. RFID-tunnisteiden luenta (lukuportti) profiilikontrollin sisäänmenossa	26
Kuvio 14. Profiilikontrollin mekaaniset leveys- ja korkeusvahdit ulostulossa.....	26
Kuvio 15. RFID-järjestelmän komponentit (Hokkanen & Virtanen 2012)	28
Kuvio 16. Radiotaajuusalueet, joilla RFID-järjestelmät toimivat (Pesonen 2020)	29
Kuvio 17. Materiaalin vaikutus heijastukseen antennin ja tunnisteen välillä (Pesonen 2020, muokattu)	31
Kuvio 18. Tunnisteen rakenne (Mielonen 2020)	31
Kuvio 19. Kiinteästi asennettavia RFID-lukijoita (Mielonen 2020)	34
Kuvio 20. Käsilukija, jossa on kiinteä antenni (Pesonen 2020).....	34

Kuvio 21. Metsä Fibren RFID-sellunseuranta tehtaalta asiakkaalle (Selluyksiköiden RFID-seurantajärjestelmä parantaa jäljitettävyyttä n.d.).....	37
Kuvio 22. Kuva hylkäyslistasta varastohallinnan näytöltä.....	39
Kuvio 23. Vanha varastohallinnan Dashboard -näkyvä.....	40
Kuvio 24. Uusi kattavampi varastohallinnan Dashboard -näkyvä.....	41
Kuvio 25. Lajiteltua tietoa Excelissä.....	42
Kuvio 26. Varaston lattialle nostettujen KK1:sen vientipaalien hylkäyssyitä	44
Kuvio 27. Varaston lattialle nostettujen KK2:sen vientipaalien hylkäyssyitä	45
Kuvio 28. Kuivauskone ykkösen rejektimäärät ja syyt linjoittain toukokuussa 2020	46
Kuvio 29. Kuivauskone kakkosen rejektisytyt ja määrät paalauslinjoittain toukokuussa 2020.....	46
Kuvio 30. Kuivauskone ykkösen rejektipaalien prosentuaalisia osuuksia	47
Kuvio 31. Kuivauskone kakkosen rejektipaalien prosentuaalisia osuuksia	47
Kuvio 32. Rejektiosuudet suhteessa pakkaustapaan	48
Kuvio 33. Tunniste jäänyt liian ulos paalin reunasta	49
Kuvio 34. Tunnisteita jäänyt kiinni leimaimen reunaan	50
Kuvio 35. Linjalta kerättyjä pudonneita RFID-tunnisteita	51
Kuvio 36. Tunnisteen oikea kohta paalissa (Paalinkäsittelyn prosessikuvaus 2017, muokattu)	53
Kuvio 37. Rejektipaali, jossa tunniste metallilankojen alla.....	53
Kuvio 38. Vasemman puoleisessa paalissa katkennut vientilanka	55

Taulukot

Taulukko 1. HF- ja UHF-tekniikan vertailua (Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa n.d.)	30
Taulukko 2. Lattivarastosta kerättyä tietoa rejektipaaleista.....	38

1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoitteet

Metsä Fibren Äänekosken biotuotetehtaan sellun kuivaamolla on ollut ongelmana sellupaalien suuri rejektiosuus. Vuonna 2017 startanneeseen biotuotetehtaaseen kehitettiin ensimmäisenä maailmassa automatisoitu sellun jakelukeskus. Sellupaalit kulkevat automaattisesti jakelukeskukseen tarkastuspisteenä olevan profiilikontrollin kautta. Profiilikontrollin hylkäämistä paaleista suurin osa on kuitenkin priimaa, vaikka järjestelmä ohjaa ne rejektiin. Tämä tuo lisäkustannuksia, koska hylätty tuote joudutaan käsittelemään uudestaan. Kuivaamolla tämä tarkoittaa sitä, että käynnissäpitäjät joutuvat pulperoimaan, eli hajottamaan takaisin pumpattavaksi massaksi myös priimaa tuotetta ja siihen käytetty työaika on pois paalaamon ja kuivauskoneen ylläpitävästä käytettävyydestä. Pulperointi ja massan uudelleen kuivatus lisäävät energiakustannuksia. Pulperointi on myös työturvallisuusriski, koska paalien sidoslankojen poissaamiseksi paaliyksiköitä joudutaan kaatamaan ja siirtelemään trukilla ahtaissa tiloissa.

Rejektistä nostetut paalit tarkistaa ulkopuolinen lastausoperaattori, joka yleensä pystyy hyväksymään osan paaleista ja siirtämään ne lattiavarastoon. Tämä lisää kuitenkin kustannuksia sekä lopputuotteeseen pakkaus- ja ulkonäköhaittoja tarpeettoman konekäsittelyn seurauksena. Lattialle siirretyt paalit lisäävät työtä myös myynnille ja markkinoinnille, jotka joutuvat suunnittelemaan uudelleen ajo- ja myyntijärjestelyjä. Lisäksi lattialle päätynyt vienti joudutaan kuljettamaan junan sijasta autolla.

Opinnäytetyön tavoite oli selvittää, miksi järjestelmä hylkää viallisten paalien lisäksi suuren määrän priimapaaleja, joissa ei näy mitään ulkoista vikaa ja kehittää ratkaisuehdotuksia, jotka voisivat estää rejektin syntymistä. Rejektin syihin ei tehtaalla ollut aiemmin kiinnitetty kovin paljon huomiota. Tiedossa oli että, RFID viat olivat aiheuttaneet paljon rejektiä. Nyt olikin aika saada tarkempaa tietoa rejektien synnystä ja samalla kehittää ratkaisuja, jotka tulevaisuudessa voisivat vähentää rejektiosuutta.

2 Toimeksiantajan esittely

2.1 Metsä Fibre Oy

Metsä Fibre on maailman suurin markkinahavusellun valmistaja ja Suomen suurin sahatavaran tuottaja. Se jalostaa pohjoista puuraaka-ainetta myös erilaisiksi biotuotteiksi. (Liiketoiminta-alueet n.d.) Metsä Fibre kuuluu osaksi Metsä Groupia, joka on kansainvälisesti toimiva suomalainen metsäteollisuuskonserni. Metsä Groupiin kuuluu lisäksi puunhankintaan ja metsäpalveluihin keskittynyt Metsä Forest, Puutuotteisiin keskittynyt Metsä Wood, Pehmo- ja tiivispapereihin keskittynyt Metsä Tissue sekä Kartonkiin keskittynyt Metsä Board. Metsä Groupin liikevaihto on noin 5,5 miljardia euroa ja henkilöstömäärä on noin 9300. Metsä Fibren osuus liikevaihdosta on 2,2 miljardia euroa. (Metsästä maailmalle n.d.)

2.2 Äänekosken biotuotetehtas

Metsä Fibren Äänekosken biotuotetehtas on pohjoisen pallonpuoliskon suurin puuta jalostava laitos. Se starttasi elokuussa 2017 ja sen tuotantokapasiteetti on 1,3 miljoonaa tonnia havu- ja koivusellua vuodessa. Henkilöstöä tehtaalla on noin 150. Suurin osa sellusta myydään Eurooppaan ja Aasiaan. Koska tehdas tuottaa selluntuotannon sivuvirtoina paljon muita erilaisia biotuotteita, kuten mäntyöljyä, tärpättiä bioenergiaa, tuotekaasua ja rikkihappoa, sitä kutsutaan biotuotetehtaaksi. Uusina jalosteina mahdollisia ovat sellupohjaiset tekstiilikuidut, biokomposiitti ja ligniinijalosteet. (Äänekosken biotuotetehtas n.d.) Kuviossa 1 biotuotetehtaan avainlukuja.

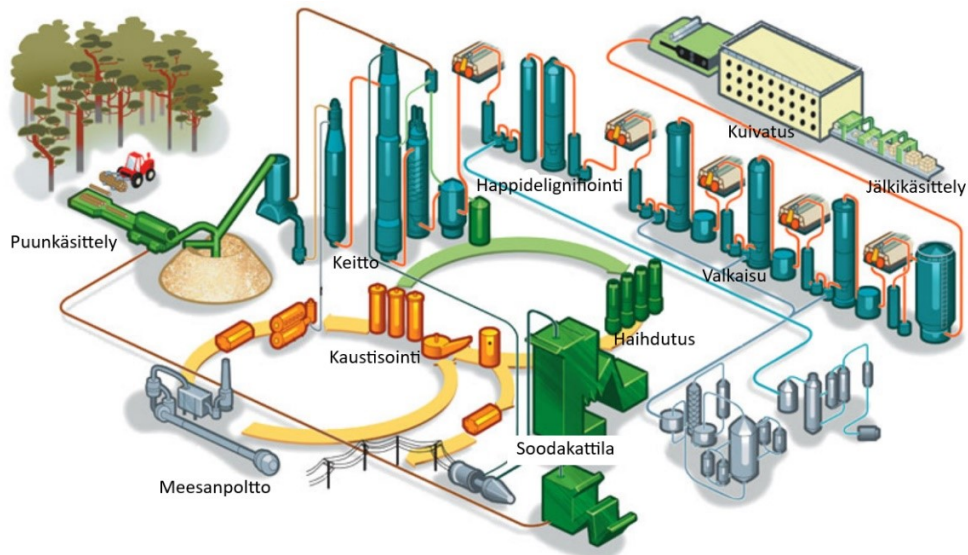
Biotuotetehtaan avainluvut



Kuvio 1. Biotuotetehtaan avainlukuja (Biotuotetehtaan yleisesitys 2020)

3 Sellun valmistus

Valtaosa maailmalla tuotetusta sellusta valmistetaan sulfaattimenetelmällä. Sulfaattisellu eli kraft pulp, valmistetaan keittämällä puuhaketta korkeassa lämpötilassa valkolipeän kanssa. (Sulfaattisellu (kraft pulp) n.d.) Sellutehtaan osaprosesseihin kuuluvat puunkäsittely, keitto, pesu, lajittelu, happidelignifointi, valkaisu, kuivatus, jälkikäsitteily, haihdutus, soodakattila, kaustisointi ja meesanpoltto. (Sulfaattisellun valmistus n.d.)



Kuvio 2. Sellun valmistuksen prosesseja (Sulfaattisellun valmistus n.d.)

3.1 Kuitulinja

Puunkäsittely

Puuta tuodaan tehtaalle pääasiassa junalla tai autolla ja jossain tapauksissa myös vesiteitse. Varastokokoa ei pidetä kovin suurena, koska prosessissa pyritään käyttämään tuoretta puuta. Varastoalueella on hyvä olla omat paikkansa eri puulajeille. Kesäaikaan varastoitua puuta voidaan kastella sen kuivumisen estämiseksi. Talvella puunkuori on sulatettava, jotta se saadaan kuorittua kunnolla. Puun kuorinta tapahtuu kuorimarummuissa. Tarkoitus on saavuttaa puhtausaste, joka sopii jatkoprosessiin mahdollisimman pienin puuhäviöin. Kuoritut kuitupuut matkaavat seuraavaksi hakun syöttölinjalle, jonka tehtävänä on erottaa kuoret, kivet ja muut epäpuhtaudet pois ja pestä puut ennen haketusta. Haketuksessa on tarkoitus saada puusta hyvä- ja tasalaatuista haketta ja hakku onkin tärkein yksittäinen prosessilaitte, joka massan laatuun vaikuttaa. Haketuksen jälkeen hakkeesta seulotaan vielä ylisuuret jakeet, jotka palautuvat pienentämisen jälkeen takaisin hakevirtaan. (Puunkäsittely-tiivistelmä n.d.)

Keitto

Keitossa hakkeesta poistetaan kemikaalien ja lämmön avulla ligniiniä, joka sitoo kuituja. Tarkoitus on saada hake kuituuntumaan helposti ja säilyttämään kuidut mahdollisimman pitkinä ja hyväkuntoisina. Keittokemikaalina käytetään valkolipeää, joka on natriumhydroksidin (NaOH) ja natriumsulfidin (Na₂S) seos. Keiton kappaluku kertoo, kuinka paljon ligniiniä kuiduissa on jäljellä. Ligniini värjää massan ruskeaksi keiton jälkeen ja valkaisun kalliiden keittokemikaalien säästämiseksi se pyritään poistamaan keitosta mahdollisimman tarkasti. Toisaalta liika ligniinin poisto lisää selluloosan liukenemista, joka vähentää saantoa ja massan lujuutta. Tyypillisiä valkaistun massan kappalukuja lehtipuilla on 14-20 ja havupuilla 25-30. Hyvä keiton hallittavuus on avainasemassa sellun valmistuksessa ja häiriöt keiton aikana näkyvät seuraavissa vaiheissa erilaisina laatuvihteluina. (Sellun keiton periaate n.d.)

Pesu

Pesussa ruskea massa pestään keitossa syntyneestä mustalipeäliemestä, joka koostuu puuaineesta ja kemikaaleista. Massan puhdistamisen lisäksi pesun tarkoituksena on saada jäteliuos, joka sisältää arvokkaat kemikaalit ja puuaineen mahdollisimman tarkasti talteen jatkokäyttöä varten. Jäteliuos eli mustalipeä väkevöidään haihduttamalla ja sen jälkeen poltetaan soodakattilassa. Palamisen aikana epäorgaaniset keittokemikaalit regeneroidaan muotoon, jota voidaan käyttää uudelleen ja orgaanisten puusta liuenneiden aineiden lämpöenergia otetaan talteen. (Pesu-tiivistelmä n.d.)

Lajittelu

Lajittelussa keitossa saadusta massasta poistetaan epäpuhtauksia, joita ovat muun muassa keittymättömät hakepalat, kuoriroskat ja hiekka. Hyvän lajittelutuloksen saamiseksi epäpuhtauksia poistetaan myös muissa massanvalmistusprosessin vaiheissa. Lajittelun onnistumisen ja lopputuotteen laadun kannalta myös tasainen keittotulos on tärkeää. Lajittelussa epäpuhtaudet poistetaan mekaanisesti kokoon perustuen tai painovoima- tai keskipakovoimakentän avulla painoon perustuen. (Lajittelu-tiivistelmä n.d.)

Happidelignifiointi

Happidelignifiointiprosessissa poistetaan hapen ja alkalien avulla sellusta keiton jälkeistä jäännösligniiniä. Happidelignifiointi tuhoaa ligniinissä olevia värillisiä yhdisteitä ja poistaa epäpuhtauksia kuten pihkaa massasta. Keitto vaiheessa keiton kappaluvun eli jäännösligniinin määrän ollessa alhainen, menetetään saantoa. Happidelignifiointi on selektiivisempi ja hellävaraisempi ligniininpoistoprosessi ja sillä on merkittävä vaikutus tehtaan päästöihin. Sen avulla voidaan vähentää myös valkaisukemikaalien käyttöä. (Happidelignifiointi-tiivistelmä n.d.)

Valkaisu

Valkaisussa massassa olevat värilliset aineet poistetaan tai vaalennetaan (ks. kuvio 3). Merkittävin värin aiheuttaja massassa on jäännösligniini, joka on keiton jälkeen keittoreaktioiden tuloksena voimakkaasti värillistä. Tavoitteen mukaan puhutaan joko ligniiniä poistavasta tai ligniiniä säästävstä valkaisusta. Massan vaaleus saadaan säilymään huomattavasti paremmin ligniiniä poistavalla valkaisulla, joka myös vähentää massan jälkikellertymistä. Sellu valkaistaan useassa vaiheessa, koska tavoite vaaleutta ei saavuteta yhdellä valkaisu vaiheella niin, että lujuus ei kärsisi. Massan peseminen vaiheiden välissä vähentää kemikaalikulutusta seuraavissa vaiheissa. Valkaisu vaiheita on emäksisiä ja happamia ja niitä molempia tarvitaan tavoitevaaleuden saavuttamiseksi. (Valkaisu-tiivistelmä n.d.)



Kuvio 3. Massan väri eri vaiheissa (Valkaisu-tiivistelmä n.d.)

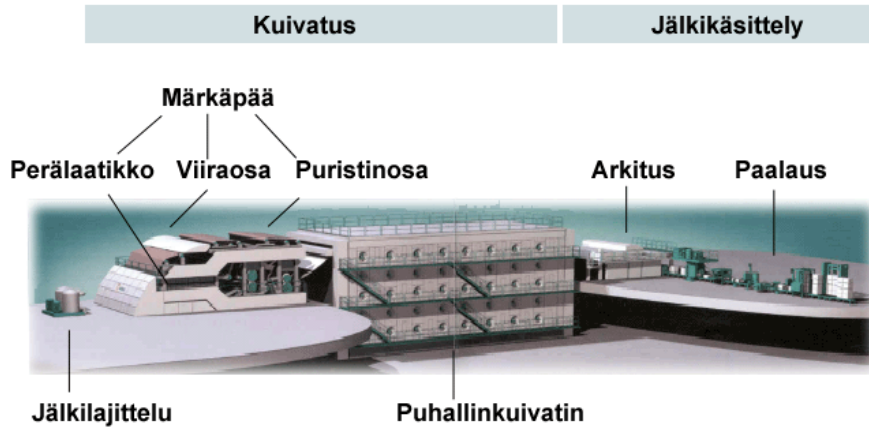
Kuivatus

Integroidulla tehtaalla, jossa massa käytetään vieressä olevalla paperitehtaalla, se kuljetetaan pumppaamalla tai kuljettimella. Integroimattomalla tehtaalla massa kuivataan varastointia ja kuljetusta varten. Kuivatus vaikuttaa sellun laatuun. Kuivatettu massa bulkkisuutensa takia, kuivaa paperikoneella nopeammin ja aiheuttaa vähemmän paperin käyristymistä. Massan lujuusominaisuudet heikkenevät korkeissa lämpötiloissa, jonka takia kuivaukseen käytetäänkin mahdollisimman alhaisia lämpötiloja. (Kuivatus-tiivistelmä n.d.)

Kuivatuskoneiden määrään menetelminä on olemassa imusylinteriä, tasoviirakonetta ja kaksoisviirakonetta. Viira ja puristinosalla massasta poistetaan vettä mekaanisesti, jonka jälkeen kuiva-ainepitoisuus on noin 45-55 prosenttia. Noin 90 prosentin loppukuiva-ainepitoisuus saavutetaan haihduttamalla vesi massasta käyttäen ulkopuolelta syötettyä lämpöenergiaa. (Kuivatus-tiivistelmä n.d.)

Kuivatustapoja on ratakuivatus ja hiutalekuivatus. Ratakuivatuksessa viira- ja puristinosalle muodostettu sellurata kuivataan puhallinkuivattimessa, konvektiokuivatuksena kuuman ilman avulla tai sylinterikuivattimessa kontaktikuivatuksena kuumien metallipintojen kosketuksesta. (Kuivatus-tiivistelmä n.d.) Kuviossa 4 sellua kuivataan puhallinkuivattimella.

Kuivatus ja jälkikäsittely



Kuvio 4. Puhallinkuivatin märänpään ja arkituksen välissä (Kuivatus-tiivistelmä n.d.)

Hiutalekuivatuksessa sellumassa puristetaan paksuksi matoksi, jonka kuiva-aine on 40–50 prosentin luokkaa. Matto hajotetaan hiutaleiksi hajottimessa ja se syötetään hiutalekuivattimeen, jossa kuivatus tapahtuu konvektiokuivatuksena. Kuidun ja ilman erottaminen tapahtuu sykloneissa. Koska hiutalekuivatuksessa massasta tulee nuppuista, sitä ei käytetä sulfaattimassalle, vaan CTMP-massoille. (Kuivatus-tiivistelmä n.d.)

Kuivatustavasta riippumatta haihdutettu vesi kulkeutuu kuivatusilman mukana ulos prosessista ja poistoilma sisältääkin paljon lämpöenergiaa korkean lämpötilan ja kosteuden johdosta. Poistoilmalla lämmitetään ensisijaisesti kuivattimen kuivatusilmaa ja tämän jälkeen esimerkiksi prosessivesiä tai rakennusta. (Kuivatus-tiivistelmä n.d.)

Jälkikäsittely

Kuivaimen jälkeen massarata leikataan pituus- ja poikkisuunnassa arkeiksi leikkuri-osalla. Leikkurin ladontaosalla selluarket latoutuvat paaleiksi paalipöydälle. (Jälkikäsittely-tiivistelmä n.d.)

Paalaus

Sellua kuivataan ja paalataan, jotta sen kuljettaminen ja varastointi olisi helppoa. Paalauksen vaiheita ovat paalin punnitseminen, puristaminen, suojaaminen kääreillä, sidonta metallilangoilla, leimaaminen ja latominen suurpaaleiksi tai yksiköiksi. Suurpaalit myös kaadetaan yleensä vaakasuoraan, koska vaakasuorassa langat tukevat paalia paremmin myöhemmässä trukkipäsitelyssä. Kuviossa 5 paali suojakääreillä ja tyypillisiä paalin mittoja. (Paalaus-tiivistelmä n.d.)

Tyypillisiä paalin mittoja

Arkin pinta-ala	0,52 - 0,54 m ²
Puristamattoman paalin korkeus	n. 700 mm
Puristetun paalin korkeus	400 tai 420 mm
Paalin paino	200 tai 250 kg



Kuvio 5. Puristettu sellupaali suojakääreillä (Paalaus-tiivistelmä n.d.)

3.2 Talteenotto

Haihdutetus

Haihduuttamalla mustalipeästä ja siihen sekoitettavista lisävirroista haihdutetaan vettä ennen kuin se poltetaan soodakattilassa. Soodakattilaan syötetään mustalipeää ja polttoprosessissa saadaan sen sisältämät keittokemikaalit talteen ja puun orgaanisen aineen lämpöenergia. Ruskean massan pesusta keiton jälkeen pesulipeä saapuu

noin 15–16 prosentin kuiva-ainepitoisuudessa haihduttamolle. Nykyisin soodakattilaan syötettävän polttolipeän kuiva-aine tavoitearvo on 80–85 prosentin luokkaa. Se tarkoittaa, että veden haihdutusmäärät ovat luokkaa 8–10 m³/ts. (Haihdutuksen tarkoitus ja periaate n.d.)

Haihduttamon muita tärkeitä tehtäviä veden poiston lisäksi, ovat puun keitossa syntyvien sivutuotteiden kuten metanolin, tärpätin ja suovan talteenotto. (Haihdutuksen tarkoitus ja periaate n.d.)

Soodakattila

Soodakattilalla on kaksi merkittävää tehtävää. Sellukeiton kemikaalien talteenotto jatkokäsittelyyn sopivina yhdisteinä ja mustalipeän orgaanisesta osasta palamisessa vapautuvan lämpöenergian talteenotto. Soodakattila onkin varsin monimutkainen ja vaativa käytön suhteen verrattuna tavalliseen voimalaitoskattilaan. (Soodakattila-tiivistelmä n.d.)

Soodakattilan kemikaalien talteenotossa mustalipeän rikki pelkistetään natriumsulfidiksi. Reduktio- eli pelkistymisaste kertoo, kuinka iso määrä natriumsulfaattia on pelkistynyt natriumsulfidiksi. Poltossa mustalipeän natrium, joka on muussa muodossa, muodostaa natriumkarbonaattia reagoidessaan hiilidioksidin kanssa. Kemikaalisula, joka valuu soodakattilan tulipesän alaosan sulakourujen kautta ulos, sisältää natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. kemikaalisula johdetaan liuotettavaksi laihavalkolipeään, joka tekee siitä viherlipeää. Viherlipeä jatkaa matkaa kaustistamoon, jossa se prosessoidaan keittoon käyväksi. (Soodakattila-tiivistelmä n.d.)

Toinen soodakattilan tehtävä on mustalipeän poltossa vapautuvan lämpöenergian talteenotto. Mustalipeä poltetaan tulipesässä, jossa siitä erotetaan natrium ja rikki ja lämpöenergia siirretään kattilaveteen. Kattilavedestä muodostuvasta höyrystä saadaan turbiinin avulla sähköä ja höyryä käytetään myös muissa prosesseissa sellutehtaalla. (Soodakattila-tiivistelmä n.d.)

Kaustisointi

Kaustisointi on osa kalkkikiertoa kemikaalikierrrossa. Kalkki on apukemikaali, joka muuttaa soodakattilasta tulevan viherlipeän valkolipeäksi. Kaustisointi alkaa sulan liuotuksesta laihavalkolipeään. Näin muodostuneesta viherlipeästä oleva sakka poistetaan seuraavaksi selkeyttimellä tai suodattamalla. Sakka pestään ja siitä otetaan natrium talteen. Kun sakka on erotettu, viherlipeä pumpataan kalkin sammutukseen, johon tulee myös poltettu kalkki. Kalkki sammuu kiivaasti viherlipeässä olevaan veteen ja näin syntyy sammutettua kalkkia. Sammutettu kalkki reagoi viherlipeän natriumkarbonaatin kanssa kaustisointisäiliössä, jolloin syntyy natriumhydroksidia, jota tarvitaan keitossa. Kaustisoinnin viimeisessä vaiheessa valkolipeästä erotetaan kalsiumkarbonaattia eli meesaa. Se erotetaan selkeyttämällä ja tämän jälkeen erotettu meesa pestään ja se menee meesan polttoon. (Kaustisointi-tiivistelmä n.d.)

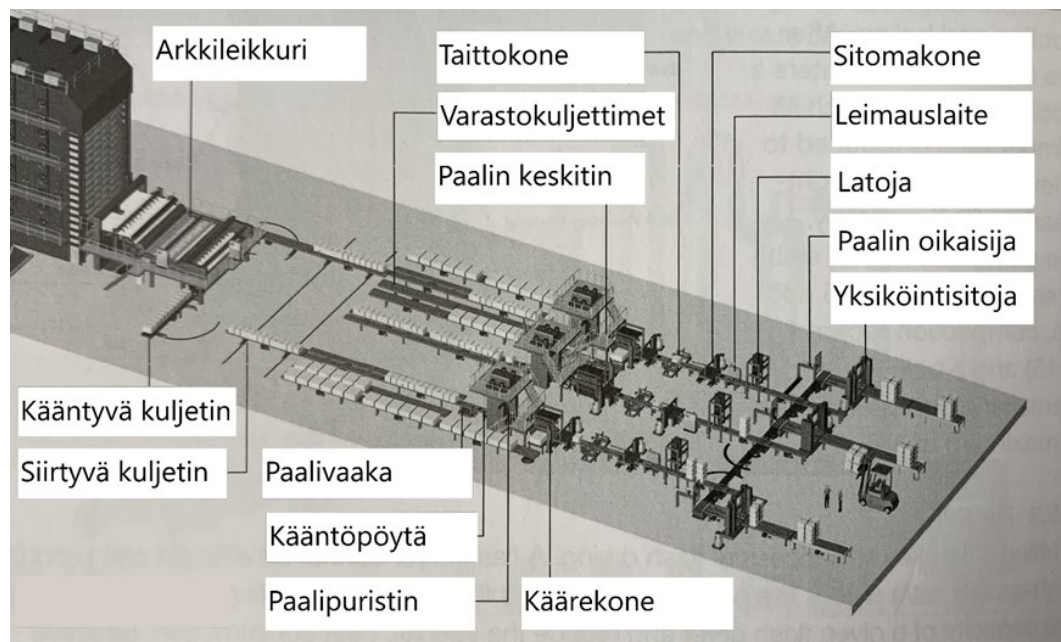
Meesanpoltto

Meesanpoltto kuuluu kemikaalikierrrossa kalkkikiertoon. Sen tehtävä on lämmön avulla muuttaa kalsiumkarbonaatti eli meesa uudelleen kaustisoinnissa käytettäväksi kalsiumoksidiksi. Kaustisoinnin jälkeen kalsiumkarbonaatiksi muuttunut kalkin olomuoto on muutettava karbonaatista oksidiksi meesanpoltossa. Tämä tapahtuu lämmön avulla pyörivässä meesauunissa. Koska kalkin palauttaminen eli regenerointi tarvitsee ulkopuolelta tulevaa korkeaa lämpötilaa, sitä kutsutaan poltoksi. Meesan hajoaminen kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi tapahtuu, kun lämpötila on yli 850 celsiusastetta. Lämpötilan kasvu kiihdyttää reaktiota ja jotta saataisiin tarpeeksi nopea reaktionopeus, käytetään poltossa noin 1100 celsiusastetta. (Meesanpoltto-tiivistelmä n.d.)

4 Paalaamo ja sellun jakelukeskus

4.1 Paalaus

Suomessa ja Ruotsissa tuotetaan paljon sellua vientiin, koska kotimaan paperitehtaiden tarve ei ole niin suurta. Tehtaiden on siksi pitänyt asentaa paalinkäsittelylaitteet, joiden avulla sellu saadaan toimitettua tehtaalta asiakkaalle (ks. kuvio 6). Nykyiset paalauslinjat ovat hyvin tehokkaita. Erityisesti paalipuristimien tehokkuus on parantunut. (Berg 2011, 666.)

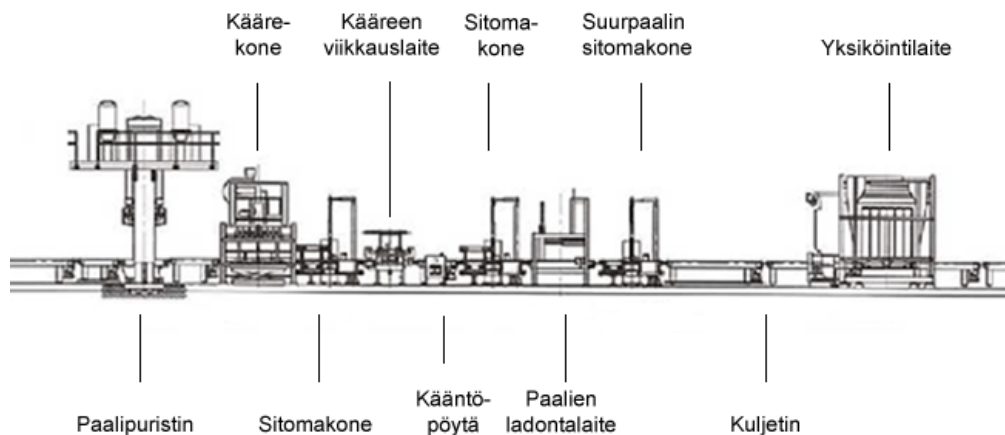


Kuvio 6. Nykyaikainen paalaamo paalinkäsittelylaitteineen (Berg 2011, muokattu)

Usein matka sellutehtaalta paperitehtaille on pitkä, jonka vuoksi sellumassa kuivataan. Sellumassan käsittely paalina kuljetuksessa ja varastoinnissa on helppoa. Paalauksessa selluarkkikasa punnitaan, puristetaan tiiviiksi paaliksi, kääritään sellu- tai paperikääreeseen, sidotaan metallilangalla, leimataan ja ladotaan suurpaaleiksi tai yksiköiksi kuljetusta ja varastointia varten. Paalauslinjan laitteita ovat muun muassa

paalipuristin, käärekone, sitomakone, kääreen viikkauslaite kääntöpöytä, paalien ladontalaite, suurpaalin sitomakone, kuljetin ja yksiköintilaite (ks. kuvio 7). (Paalaus-tiivistelmä n.d.)

Esimerkki paalilinjasta



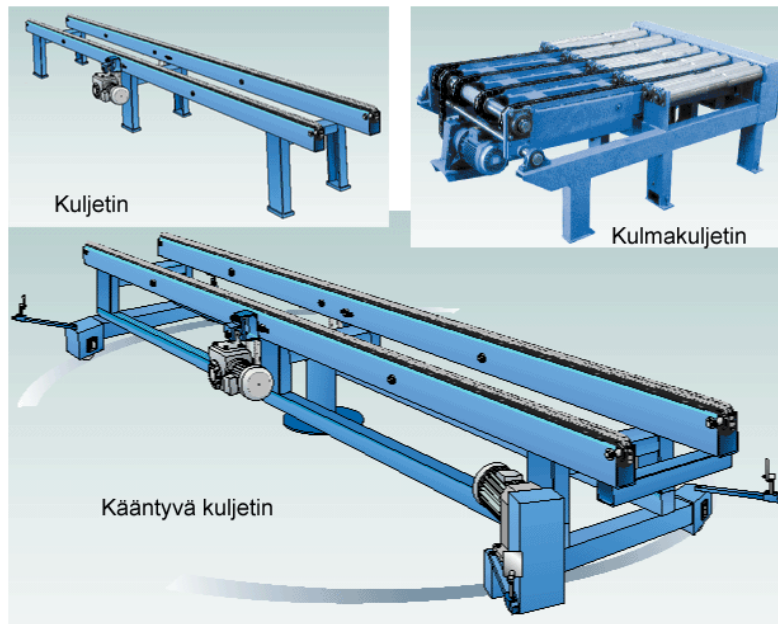
Kuvio 7. Paalauslinjan laitteita (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

4.2 Paalaamon laitteet

Kuljettimet

Paalaamossa sellupaalit liikkuvat yleensä erilaisia ketjukuljettimia pitkin (ks. kuvio 8). Siirtyvissä kuljettimissa siirtoliikkeeseen käytetään kiskon ja kiskopyörän yhdistelmää. Pohjoismaissa kääntyvät kuljettimet tehdään kuten siirtyvät kuljettimet. Pohjois-Amerikassa käytetään myös uretaanipyörää, jota voidaan käyttää tasaisella lattialla. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Kuljettimet sisältävät erilaisia turvalaitteita, kuten valokennoja, kääntyvää puskurimuovia, letkumaista pneumaattista tuntoreunaa, vaahtomuovipuskuria sähköisellä tuntoelimellä, kiertävää pysäytinvaijeria ja lattialla olevaa kaidetta. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)



Kuvio 8. Erilaisia ketjukuljettimia (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Paalivaaka

Paalivaaka punnitaa yksittäiset sellupaalit ja paali pysäytetään punnituksen ajaksi. Paalivaaka on osa kuljetinlinjaa ja se on sijoitettu yleensä ennen paalipuristinta. Vaaka toimii sähköisesti ja sen toiminta perustuu venymäliuskaperiaatteella toimivien voima-anturien käyttöön. Vaa'an tarkkuus on yleensä 50 grammaa ja punnituskykyä on noin kolmeensataan kilogrammaan asti. Vaa'an elektroniikkayksikkö on varustettu näytöllä ja ylä- ja alapainon hälytysrajoilla. Vaaka on myös liitettävissä tuotannonseurantajärjestelmään. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Paalipuristin

Paalipuristimen tehtävä on siirtää arkkipaali puristimelle ja puristaa se mahdollisimman matalaksi, jotta se vie kuljetuksessa vähemmän tilaa. Puristimessa on suuret voimat ja se puristaa paalin 700-750 millimetrin korkeudesta, 400-450 millimetriin. Paalin kuiva-aineella on suuri merkitys puristetun paalin tiheyteen, joka vaihtelee massasta riippuen 0,92-1,00 kg/dm³. Tärkeää puristimen voimatason lisäksi on sen kapasiteetti eli kuinka monta paalia se pystyy puristamaan tietyssä ajassa. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Kääreet

Kääreitä käytetään suojaamaan sellumassaa pitkiä matkoja varten. Kotimaan toimituksissa ei kääreitä yleensä käytetä. Kääreinä käytetään samasta massasta arkkileikkurilla leikattuja selluarkkeja tai paperikääreitä. Paperikääre on herkempi rikkoutumaan viikkausvaiheessa sekä varasto- ja laivakäsittelyssä. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Käärekone ottaa arkin kerrallaan käärepaalista, joka on nousevalla kuljettimella koneessa olevalle jakopöydällä. Alakääre syötetään ensin koneen alapuolelle. Kun paali menee käärekoneeseen, se samalla ottaa kääreet mukaansa. Kone taittaa ensin alakääreen reunat ylöspäin paalia vasten ja sitten yläkääreen vastaavasti alaspäin. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Taittokone (viikkaaja)

Taittokoneita eli viikkaajia on erityyppisiä, mutta erään mallin toiminta on ensin kääntää paalia 90 astetta ja taittaa suojakääreiden sivureunat. Seuraavaksi se esitaittaa ylä- ja alareunat. Tämän jälkeen alareunat käännetään ja sivuvarsien irrottua lopuksi yläreuna. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Sitomakoneet

Kääreelliset pienpaalit sidotaan yleensä kahdesta suunnasta, joko yhdellä tai kahdella langalla. Ensimmäinen pienpaalisitoja sijaitsee käärekoneen jälkeen ja toinen viikkaajan jälkeen. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Sitomakoneen tehtävä on siirtää paali sidonta-asemaan, jossa se kiristää langan paalin ympärille. Sen jälkeen se tekee solmun, katkaisee langan ja siirtää paalin eteenpäin. Lopuksi sitomakone syöttää uuden langan seuraavaa sidontaa varten. Pienpaalisitojalla käytetään yleensä 2,3 mm paksuista lankaa. Vaihdeettava lankakerä painaa 600-800 kg. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Suurpaalinsitojaa käytetään yleensä kotimaan tuotannossa yksiköiden eli kääreettömien ja sitomattomien päällekkäin ladottujen paalien sitomiseen. Suurpaalin koko on

tyypillisesti neljä pienpaalia eli 1000 kg. Sidontamäärä vaihtelee, mutta tyypillisesti käytetään yhdestä kolmeen lankaa, yhdestä kolmeen paikkaan. Lankapaksuus on 2,3 tai 3 mm. Suurpaaleja tehdessä linja on varustettava myös paalikipillä, joka kaataa paalit vaakatasoon. Näin lastauksessa trukki ei nosta paalia langoista vaan paalin päistä. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Yksiköintilaite sitoo yhteen kahdeksan pienpaalia. Se muodostaa näin langoista nostettavan laivausyksikön. Lankoja sidotaan useita yksikön ympäri ja solmujen lujuus tarvitsee viranomaishyväksynnän. Langan paksuutena käytetään 3 mm. Yksiköintilaite eroaa sitomakoneesta kokonsa lisäksi sillä, että se sisältää tasauspuristukset. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Paalileimain

Myöhempää tunnistusta varten paaleihin painetaan tunnistetiedot, kuten tehdaslogo, tuotelaji ja yksikkönumero mustesuihkuleimaimella. Se tapahtuu paalin liikkuessa ja sitä ei laiteta kirjekuoritaiton päälle. Leimaimen muste on vesiliukoista ja usein eri massalaaduille tulee eri väri. Leiman tieto tulee yleensä paalinhallintajärjestelmästä ja sitä voidaan vaihdella. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

RFID-applikaattori

RFID-applikaattori ohjelmoi ja kiinnittää RFID-tunnisteen paaliin. Applikaattorissa käytettävät RFID-tunnisteen sisältävät tarrat ovat rullissa. Applikaattori havaitsee viralliset tunnistetarrat automaattisesti. (Mielonen 2020.) Kun Applikaattori saa ohjauksen paalauksen hallinnalta, se käynnistää tunnisteen ohjelmoinnin ja siirtää tunnisteen applikointipäähän odottamaan, että paali on oikeassa kohdassa. (RFID Applikaattori n.d.) Paalin ollessa oikeassa kohtaa linjalla, applikointipää painaa tunnistetarran paaliin (ks. kuvio 9).



Kuvio 9. RFID-applikaattori paalauslinjalla

Latoja

Latoja pinoaa suurpaalinsidontaa tai vientyksiköintiä varten pienpaaleja päällekkäin. Pienpaalit voivat olla viennillä kääreellisiä ja sidottuja tai kotimaan ajolla kääreettömiä ja sitomattomia. Paaleja ladotaan kolmesta kuuteen päällekkäin, mutta tyypillisimmin paaleja on neljä päällekkäin. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

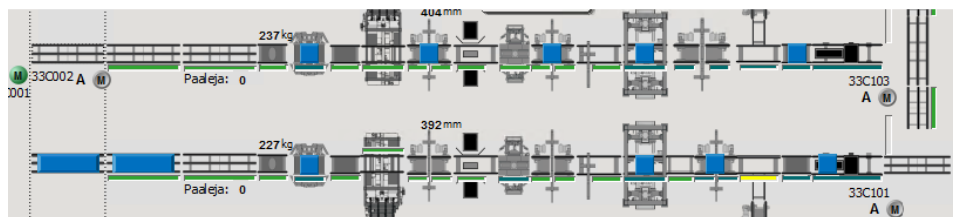
4.3 Paalauslinjan hallinta ja seuranta

Paalaamon hallinta on tärkeä osa sellutehtaan tuotannon seurantajärjestelmää, koska paalilinjalla paaleihin liitetään sellumassan määrä- ja laatutiedot, joiden mukaan myyntiorganisaatio osaa tarjota asiakkaille myytävää massaa varastotilanteen mukaan. Tietojen säilytys taas auttaa mahdollisten reklamaatioiden selvityksessä. (Paalauksen ohjaus n.d.)

Paalaamon ohjausjärjestelmiin kuuluvat muun muassa paalaamon tilan näyttö, leimauksen hallinta ja tuotantoraportit. Tuotannon laadunseurantaan järjestelmästä

löytyy liittymät laboratoriotietoja, online-laatuseurantaa, tietojen lajittelua sekä luokittelu- ja laaturaportteja varten. Varastohallintajärjestelmä saa luokittelu- ja laatu-tiedot reaaliajassa. Paaleihin liitetään usein kuivatuskoneelta tulevat tiedot kuten kosteus, neliöpaino, vaaleus ja roskaluku. Yksittäisiin paaleihin liitetään myöhemmin tiedot painosta ja roskalaskurin data. Paalit sidotaan yksiköiksi ja jokaisen yksikön tiedot tallentuvat tietokantaan ja varastohallintajärjestelmään. Jos tehtaalla on käytössä eränumerot, myös ne merkitään yksiköihin, jolloin tietoa voidaan käyttää erän laadun määrittämisessä varastohallinnassa sekä eränvaihdon ajoituksessa. Tuotetut paalit yksilöidään ja yhdistetään leimalla paaliyksiköiksi, joiden tiedot yhdistetään laatuun, aikaan ja mahdollisesti erään. Leimoissa on eroja tehtaiden välillä, mutta usein niistä löytyvät tiedot yhtiön ja tehtaan nimestä, valkaisutavasta, puulajista ja identiteettinumeroista. (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)

Käynnissäpitäjä voi seurata paalin liikkeitä läpi koko paalilinjan paalaamon tilan näytöltä ja paalipöydän raportin avulla (ks. kuvio 10). (Paalaamon laitteet ja tehtävät n.d.)



Kuvio 10. Paalaamon näyttö Valmet DCS:ssä

4.4 Biotuotetehtaan paalaamot

Biotuotetehtaalla on kaksi kuivauskonetta ja paalaamoja. Vuonna 1985 startannut kuivauskone ykkönen ja vuonna 2017 uuden tehtaan myötä startannut Kuivauskone kakkonen. KK1:sen sellun tuotantokapasiteetti on 1600 kuiva-ainetonna päivässä ja KK2:sen 2700 kuiva-ainetonna päivässä.

KK1

Kuivauskone ykkösen paalaamossa arkkileikkurin paalipöydältä siirtyy kahdeksan pienpaalia kääntökuljettimen ja siirtyvän kuljettimen kautta kahdelle eri paalauslinjalle. Kääntyvät kuljettimet ovat leikkurin molemmilla puolilla. Molemmille linjoille on omat siirtyvät kuljettimet. Siirtyviltä kuljettimilta paalit jatkavat matkaa ketjukuljettimia pitkin vaa'alle, joka punnitsee paalin. Vaa'an jälkeen paali puristetaan. Puristimen jälkeen paali siirtyy käärekoneelle, joka vientiajon aikana lisää suojakääreet paalin ala- ja yläpuolelle. Käärekoneelta paali siirtyy ensimmäiselle pienpaalisitojalle, jonka jälkeen paali jatkaa leimaimen läpi viikkaajalle, joka kääntää paalin 90 astetta, jotta kääreen päädyt saadaan taitettua ja sidottua seuraavaksi toisella pienpaalinsitojalla. Sidonnan jälkeen paali siirtyy RFID-aplikaattorille, joka kiinnittää RFID-tunnisteen joka neljänteen paalin. RFID-aplikaattorin kuljettimen jälkeen paalit menevät latojalle, joka lataa neljä paalia päällekkäin. Latojan jälkeen kaksi neljän paalin pinoa saapuu yksiköintisitojalle, joka sitoo paalipinot 2000 kilogramman vientiyksiköksi. Yksikkö jatkaa matkaa varaston puolelle, jossa se kulkee ketjukuljettimia pitkin varaston profiilikontrollin kautta jakelukeskukseen.

Kotimaan ajolla paali jatkaa ilman kääreitä läpi pienpaalisitojien. Paalia ei käännetä viikkaajalla, vaan se jatkaa suoraan RFID-aplikaattorille. RFID-tunniste tulee samallailla kuin viennillä joka neljänteen paaliin. Seuraavaksi paalit menevät latojalle, joka lataa pienpaaleista neljän paalin kotimaan yksikön. Latojalta nippu kulkeutuu suurpaalinsitojalle, joka sitoo paalit yhteen. Sidonnan jälkeen kaksi kotimaan yksikköä menevät varaston puolelle, jossa paalikippi kääntää paalit vaaka-asentoon ja yksiköt jatkavat matkaa kohti profiilikontrollia ja jakelukeskusta.

KK2

Kuivauskone kakkosella arkileikkurin paalipöydältä siirtyy yksitoista pienpaalia samaan tyylin KK1:sen kanssa kääntöpöytien ja liikkuvien kuljettimien kautta paalauslinjoille. Paalauslinjoja on kolme, joista ykköskäännön kautta paalit kulkevat ykköslinjalle ja kakkoskääntö jakaa liikkuvan kuljettimen kautta paalipöydät kakkos- ja kolmoslinjalle. Paalauslinjoilla paali kulkee ensin ketjukuljettimia pitkin kääntöpöydälle, joka kääntää paalin ennen vaakaa. Vaa'an jälkeen on puristin, jonka jälkeen on kääre-kone. Seuraavaksi paali menee pienpaalisitojan kautta viikkaajalle ja toiselle pienpaalisitojalle (ks. kuvio 11).



Kuvio 11. Paalit viikkaajalla ja toisella pienpaalisitojalla (Biotuotetehtaan yleisesitys 2020)

Toisen pienpaalisitojan jälkeen paalauslinjalla on RFID-aplikaattori, paalileimain ja latoja. KK1:seen verrattuna RFID-aplikaattorin kuljettimella on kääntöpöytä, joka kääntää paalin, myös kotimaan ajolla ennen latojaa. Latojan jälkeen liikkuva kuljetin jakaa paalipinot vientiajolla yksiköintisitojalle tai kotimaan ajolla paalikipille. Yksiköintisitojalta tai paalikipiltä yksiköt siirtyvät varaston puolelle liikkuvien- ja ketjukuljettimien kautta profiilikontrollille ja jakelukeskukseen.

4.5 Automatisoitu sellun jakelukeskus

Biotuotetehtaalla on maailman ensimmäinen automatisoitu sellun jakelukeskus, jonka ytimenä on korkeavarasto ja kaksi hyllystöhissiä, jotka toimivat automaattirobotin tavoin (ks. kuvio 12). Jakelukeskus lajittelee ja puskuroi yksiköt tuotelajeittain ja hoitaa kaiken lähetystoiminnan. Se on osa kiinteää logistista ketjua ja sen pääjake-lukanavia on kolme. Suurin osa 800 000 tonnin vientiyksiköistä viedään junalla Vuosaaren satamaan ja noin 400 000 tonnia suoraan asiakkaalle junalla ja rekoilla sekä loput 100 000 tonnia tehdasalueelle jalostukseen eri yksiköihin. Jakelukeskuksen kapasiteetti on 25 000 tonnia. (Maailman ensimmäinen automatisoitu sellun jakelukeskus Metsä Groupin Äänekosken biotuotetehtaalle 2015.)

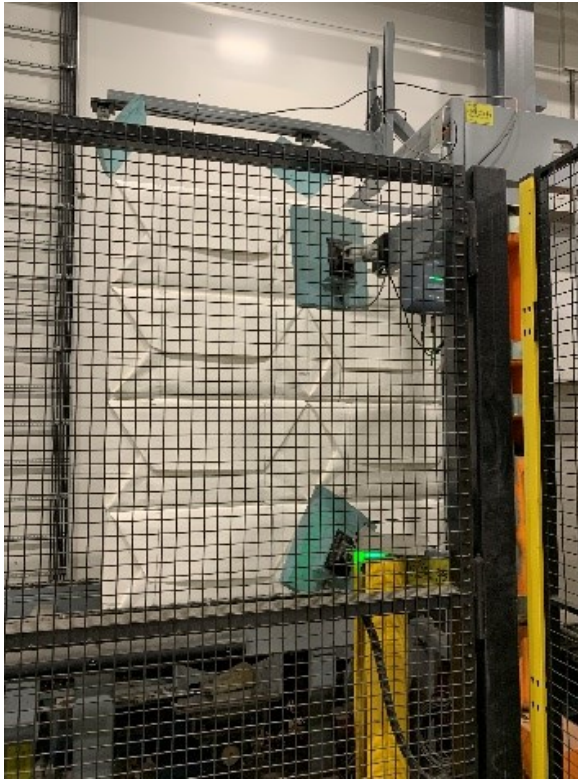
Jakelukeskuksen varastohallintajärjestelmä, WMS (Warehouse Management System) hoitaa varastohallinnan lähetys- ja lastaustoimintoihin. WMS-tietojärjestelmä on liitetty myös tuotannon automaatiojärjestelmään ja tehtaan SAP-järjestelmään. (Maailman ensimmäinen automatisoitu sellun jakelukeskus Metsä Groupin Äänekosken biotuotetehtaalle 2015.)



Kuvio 12. Autoimatisoidun sellunjakelukeskuksen hyllyköitä ja hyllystöhissi. (Biotuotehtaan yleisesitys 2020)

4.5.1 Profiilikontrolli

Profiilikontrolli sijaitsee ennen sellun jakelukeskuksen sisäänsyöttöä ja yksiköt menevät sen läpi yksi kerrallaan. RFID-tunnisteet luetaan, kun yksikkö saapuu profiilikontrolliin (ks. Kuvio 13). Tämän jälkeen profiilikontrolli nostaa yksikön ilmaan ketjukuljettimelta ja suoristaa yksikön painamalla sitä molemmilta sivuilta. Suoristettu yksikkö lasketaan alas ja se jatkaa eteenpäin läpi leveys- ja korkeusvahtien kääntökuljettimelle, joka ohjaa paalin jakelukeskukseen, mikäli sen mitat ovat toleranssien sisällä ja RFID-luenta on onnistunut (ks. kuvio 13). Muussa tapauksessa yksikkö ohjautuu rejektikuljettimelle. (Metsä Fibre transbale jakelukeskus n.d.)



Kuvio 13. RFID-tunnisteiden luenta (lukuportti) profiilikontrollin sisäänmenossa



Kuvio 14. Profiilikontrollin mekaaniset leveys- ja korkeusvahdit ulostulossa

4.5.2 Varastohallintajärjestelmän Dashboard

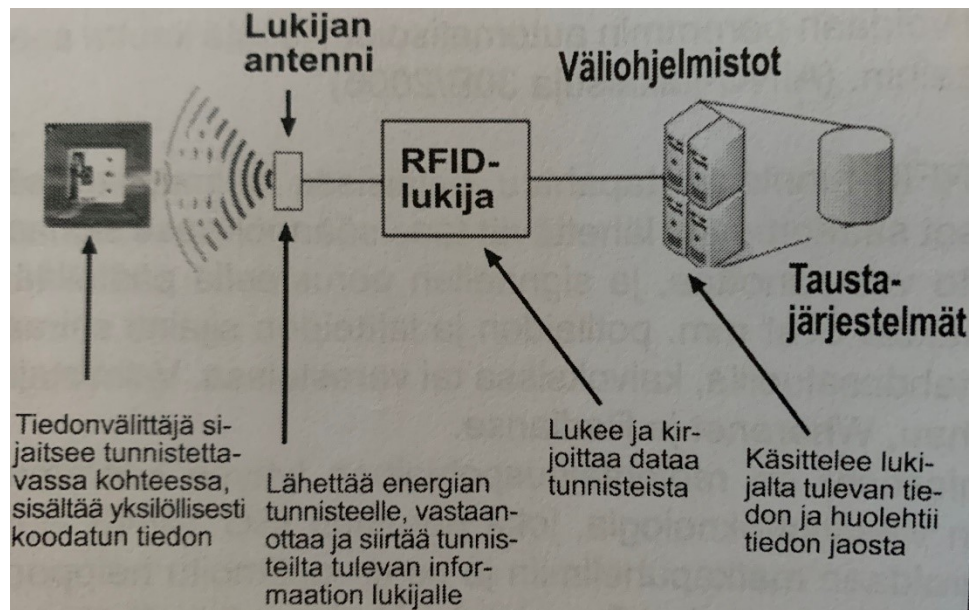
Biotuotetehtaan varastohallintajärjestelmän Dashboardista voidaan seurata automaattisen sellunjakelukeskuksen tietoja. Näitä tietoja ovat muun muassa varaston täyttöaste lajeittain, sisään- ja ulossyöttömäärät, juna- ja rekkatoimitukset ja hylkyyn menneiden yksiköiden lukumääriä ja syitä. Dashboard toimii selainpohjalla kaikkialla Metsä Fibren intrassa.

5 RFID

RFID eli Radio-Frequency Identification on radiotaajuustunnistustekniikka, jossa elektroniselle tunnisteelle eli tagille on talletettu tietoa, jonka lukija pystyy lukemaan ja lähettämään eteenpäin tietojärjestelmiin. Järjestelmät pystyvät myös lähettämään lukijalle käskyjä, joilla voidaan muuttaa tunnisteella olevaa tietoa. Tunnisteesta käytetään myös nimitystä saattomuisti. Itse tunniste kiinnitetään esineeseen tai objektiin, jonka jälkeen tunnisteiden avulla objekti voidaan tunnistaa, jäljittää ja sen tilaa voidaan seurata. RFID:n oletetaan korvaavan viivakoodin tulevaisuudessa, koska sen lukeminen onnistuu kauempaakin ilman visuaalista kontaktia. RFID-tunniste voi lisäksi sisältää paljon enemmän tietoa kuin viivakoodi, jolloin objektien yksilöllinen tunnistus on mahdollista. (SFS käsikirja 301-1 2010, 9.)

RFID-tunnisteiden kapasiteetti on koko ajan kasvanut ja samalla valmistuskustannukset ja fyysinen koko on pienentyneet. Saatavilla on lähes näkymättömiä tunnisteita, mutta käyttötarkoitus sanelee ominaisuudet, kuten tehon, koon, antennimallin, toimintataajuuden ja talletuskapasiteetin. (SFS käsikirja 301-1 2010, 9.) Tunnisteiden Luoketäisyyteen vaikuttaa käytetyn taajuuden ja lähetystehon lisäksi antennien fyysinen koko, muotoilu, materiaali ja suuntaus. (Hokkanen & Virtanen 2012, 89)

RFID-järjestelmään kuuluvat tunniste, lukija ja lukijaan yhteydessä olevat tietojärjestelmät (ks. kuvio 15).

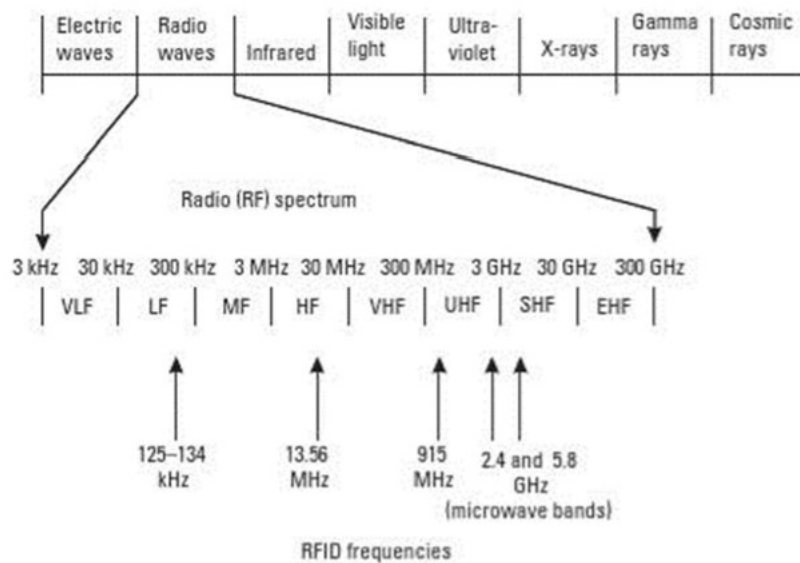


Kuvio 15. RFID-järjestelmän komponentit (Hokkanen & Virtanen 2012)

RFID on tuonut useita hyötyjä perinteisiin tunnistustekniikoihin verrattuna. Sen avulla voidaan esimerkiksi logistiikassa päästä useista prosessivaiheista eroon ja digitaalinen tietojen lukeminen vähentää virheitä, koska tietoja ei tarvitse tallentaa käsin tietojärjestelmiin. RFID-tekniikan avulla tuotteiden tunnistaminen helpottuu, joka auttaa virheellisten toimituksien syntymiseen. Lisäksi tuotteen kulkua voidaan seurata koko valmistusprosessin läpi aina raaka-aineen tuottajalta asiakkaalle asti. (SFS käsikirja 301-1 2010, 9.)

5.1 Taajuudet

RFID-tekniikan tunnistetta ja lukijalaitteita varten on kehitetty neljä eri taajuuskategoriaa eri käyttökohteita silmälläpitäen: LF (Low Frequency), HF (High Frequency), UHF (Ultra High Frequency) ja Mikroaaltoalue. (ks. kuvio 16). Mitä korkeampi taajuus sitä kauemmas ja nopeammin tietoa voidaan siirtää. Suuret taajuudet aiheuttavat enemmän toimintahäiriöitä nesteiden ja metallien läheisyydessä. (SFS käsikirja 301-1 2010, 40.)



Kuvio 16. Radiotaajuusalueet, joilla RFID-järjestelmät toimivat (Pesonen 2020)

RFID-sovelluksissa teollisuudessa käytetään pääasiassa kahta taajuusaluetta, HF-taajuutta 13,56 MHz ja UHF-taajuutta 860-960 MHz. Tunnisteita ei voida käyttää rishtiin, vaan ne reagoivat vain oman taajuusalueensa lukijoihin. Valittaessa tekniikka oman sovelluksen tarpeisiin, on huomioitava vaatimuksia, kuten käsiteltävien tunnistusten määrät, luku- ja kirjoitusetäisyys ja nopeus, jolla tunnistus ohittaa lukijan. (Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa n.d.)

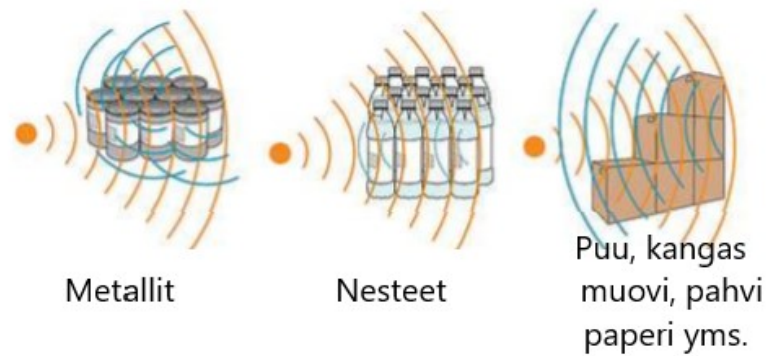
HF-taajuusalueella tunnisteen ja lukijan välille muodostuu induktiivinen kytkentä. Tunnistetta voidaan lukea ja siihen kirjoittaa lukijan muodostavan muuttuvan magneettikentän alueella. Magneettikentän tasalaatuisuuden -ja koon vuoksi luenta onnistuu varmasti, eikä esimerkiksi ympäristön muutokset vaikuta luentaan merkittävästi. HF-luentaan kuitenkin vaikuttavat magneettiset metallit, joka on otettava huomioon, kun tunnistetta valitaan ja mietitään lukijan paikkaa. (Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa n.d.)

Taulukko 1. HF- ja UHF-tekniikan vertailua (Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa n.d.)

VERTAILU HF- ja UHF-TEKNIikka

Ominaisuus	HF - 13,56 MHz	UHF - 865...868 MHz
Luku / kirjoitusetäisyys	alle 1 m	Useita metrejä
Kommunikointitekniikka lukijan ja tagin välillä	Induktiivinen kytkeytyminen	Sähkömagneettinen kytkeytyminen
Tunnistusalue	Tasalaatuinen magneettikenttä	Epätasalaatuinen sähkömagneettinen kenttä
Ympäristön vaikutus	Ympäristö ei vaikuta merkittävästi	Ympäristö vaikuttaa huomattavasti
Materiaalit, joilla eniten vaikutusta	Metalli	Metalli ja nesteet
Tagien samanaikainen luenta	Kyllä, noin 10	Kyllä, yli 100
Tagin muistialue	64 tavua ... 8 kilotavua	24 ... 138 tavua
Standardit	ISO 15693	EPC Global Gen 2 - ISO 18000-6C

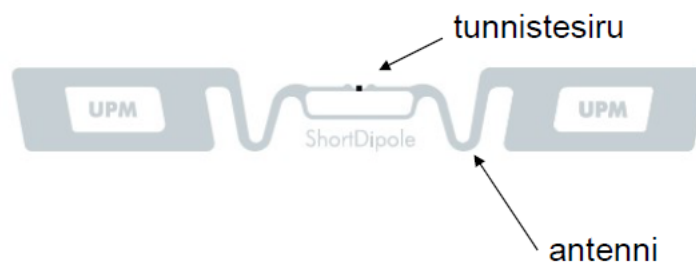
UHF-taajuudella lukijan tuottama radiosignaali heijastetaan tunnisteesta takaisin lukijaan. Koska UHF-lukijan lukualue ei ole tasalaatuinen, vaan saattaa sisältää ns. sokeita kohtia, saadaan paras toimintavarmuus, kun tunniste liikkuu luennan aikana. UHF-taajuudella myös ympäristön vaikutukset vaikuttavat paljon kommunikointiin ja esimerkiksi nesteet ja metallirakenteet heikentävät signaalia (ks. kuvio 17). Koska UHF-lukijat pystyvät lukemaan tunnisteita usean metrin etäisyydeltä on tärkeää, että lähetystehoa voidaan säätää kohteen mukaan ei toivottujen tunnistusten eliminoinniseksi. (Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa n.d.)



Kuvio 17. Materiaalin vaikutus heijastukseen antennin ja tunnisteiden välillä (Pesonen 2020, muokattu)

5.2 RFID-tunniste (tag)

RFID-tunnisteen eli tagin voi mieltää yksinkertaistaen langattomaksi muistiksi. Tunnisteen muisti voi vaihdella muutamasta bitistä useisiin kilotavuihin. Tunnistetyypit jakaantuvat passiivisiin, semipassiivisiin ja aktiivisiin. Tunniste (ks. kuvio 18) koostuu sirusta ja antennista (Mielonen 2020). Substraatille kiinnitetty älytarra voidaan lamioida esimerkiksi paperitarraan ja paperitarra sitten kiinnitetään seurattavaan tuotteeseen. (Hokkanen & Virtanen 2012, 89.)



Kuvio 18. Tunnisteen rakenne (Mielonen 2020)

Passiivinen tunniste ei sisällä omaa virtalähdettä, vaan se saa energiansa lukijan lähettämistä radioaalloista integroidun antenninsa kautta. Tunniste pystyy lähettämään lukijalle tietoa induoidun sähkövirran avulla. LF- ja HF-taajuudella toimivissa tunnisteissa käytetään yleensä silmukkamallista antennia ja UHF-taajuudella toimivissa tunnisteissa käytetään dipoliantenneja. Passiivisen tunnisteiden luentamatka on varsin lyhyt, koska sillä ei ole omaa virtalähdettä. Lukuetaisyys on 10 millimetristä noin viiteen metriin. Tästä johtuukin, että lukijan on oltava melko lähellä tunnistetta. Lyhyt lukuetaisyys vähentää sen soveltuvuutta laajemmissa tarkoituksissa, mutta se voi olla myös edellytys joissain sovelluksissa, joissa halutaan estää tunnisteiden lukeminen kauempaa. (SFS käsikirja 301-1 2010, 38.)

Passiivisen tunnisteiden lukukelpoisuus säilyy pitkään, jopa kymmeniä vuosia, ellei tunnisteiden tietoja olla tuhottu tai kuoletettu oston yhteydessä. Lisäksi se on halpa valmistaa ja sovellusmahdollisuuksia lisää sen koko, joka voi olla verrattain pieni. (SFS käsikirja 301-1 2010, 38.)

Semipassiivisissa tunnisteissa on virtalähde, mutta siltä puuttuu oma lähetin. Sen etuja passiiviseen tunnistukseen on suurempi toimintasäde sekä mahdollisuus laajempaan toiminnallisuuteen. (Hokkanen & Virtanen 2012, 91.) Tunniste toimii kuten passiivinen tunniste, mutta se pystyy virtalähteensä avulla vahvistamaan signaalin takaisinsirontaprosessia. Semipassiivisilla tunnisteilla on suurempi siirtovarmuus suurissa tietomäärissä. Virtalähteen energian loppuessa, se toimii kuten passiivinen tunniste. Virtalähde lisää tunnisteiden hintaa ja kokoa, minkä takia sitä ei käytetä niin paljon kuin passiivisia. (SFS käsikirja 301-1 2010, 38-39.)

Aktiivinen tunniste sisältää virtalähteen, joka vaikuttaa sen parempaan lukuetaisyyteen. Sillä on lisäksi yleensä suurempi muisti kuin passiivisella tunnisteella ja siksi sille voi objektin tunnuksen lisäksi tallentaa siihen liittyvää muuta tietoa, joita on kerätty antureiden avulla. Anturien käytön mahdollisuus monipuolistaa tunnisteiden käyttöä. Virtalähde voi olla vaihdettava tai kertakäyttöinen. Aktiivinen tunniste ei voi toimia ilman virtalähdettä ja sen kuoleentuessa se saattaa lähettää väärää tai puutteellista tietoa. Lisäksi se on kalliimpi ja suurempi kokoinen kuin passiivinen tunniste. (SFS käsikirja 301-1 2010, 39.)

5.3 RFID-Lukijat

RFID-Lukija tuottaa tunnisteelle tiedon lähettämiseen tarvittavan energian. Se tapahtuu lukijan omalla sähkömagneettisella kentällä. Yhteys tunnisteeseen tapahtuu radioaaltojen avulla. Lukija tarvitsee lähettämiseen ja vastaanottamiseen antennin. Lukija muuntaa radiosignaalin digitaaliseen muotoon, jonka jälkeen vastaanotettu tieto voidaan siirtää tietojärjestelmiin tai lukea suoraan lukijalta. Lukija voi lukea ja lähettää tietoja tunnisteelle ja myös lukita tunnisteen niin, ettei sen tietoja voida muuttaa. (SFS käsikirja 301-1 2010, 39.)

RFID-Lukijat voidaan jaotella kiinteisiin lukijoihin, käsilukijoihin ja mobiililukijoihin. (Pesonen 2010.) Kiinteät lukijat ovat RFID-lukijalaiteryhmä, joka on laajasti käytössä (ks. kuvio 19). Kiinteä lukija asennetaan kiinteästi johonkin paikkaan. Sen lukutehoa voidaan säätää. Logistiikkasovelluksissa hyvin tyypillinen kiinteä lukija on antenniportein, joita voi olla 1, 2, 4 tai 8 kappaletta varustettu lukija, joka ei sisällä sisäistä antennia. Tällainen lukulaite on tyypillinen RFID-lukuportin toteutuksissa. (Mielonen 2020.)

Kiinteitä lukijoita on myös integroidulla antennilla ja ne ovat valmiita käytettäväksi sellaisenaan ja niiden käyttökohteita ovat muun muassa logistiikkakäyttö, tasolukijat ja kassapisteet. Kulunvalvonnassa käytetään myös kiinteitä lukijoita, mutta logistiikkalukijoihin verrattuna ne osaavat vain välittää eteenpäin lukemiensa avainkorttien tiedon. (Mielonen 2020.)



Kuvio 19. Kiinteästi asennettavia RFID-lukijoita (Mielonen 2020)

Käsilukija mahdollistaa yksittäisten tuotteiden tarkastelun. UHF RFID-käsilukijoissa lukeho on yleensä säädettävä, mutta pienempi kuin kiinteissä lukijoissa. (Mielonen 2020) Käsilukijassa antenni on tavallisesti kiinteästi kiinni (ks. kuvio 20). (SFS käsikirja 301-1 2010, 30.) Se on tyypillisesti varustettu WLAN-, matkapuhelinverkko- tai Bluetooth-yhteydellä tai niillä kaikilla. Niiden avulla se saa yhteyden taustajärjestelmään. Usein käsilukijoissa on mahdollisuus myös viivakoodin luentaan. (Mielonen 2020.)



Kuvio 20. Käsilukija, jossa on kiinteä antenni (Pesonen 2020)

Mobiililukijat matkapuhelimissa tai tableteissa sisältävät usein NFC (Near Field Communication) -ominaisuuden. Matkapuhelin voi toimia RFID-lukijana tai tunnistena, riippuen tilanteesta. NFC tukee HF-taajuuden tunnisteita. Datan tallentaminen tunnisteseen määräytyy NFC-standardien mukaan. Matkapuhelimiin on myös saatavissa pienikokoisia lukijoita, jotka toimivat USB- ja Bluetooth-liitännällä. (Mielonen 2020.)

5.4 Antennit

Antenneja tarvitsevat sekä lukijalaitteet että tunnistet, jotta ne voivat lähettää ja vastaanottaa radioaaltoja ilmarajapinnan yli. Oikean antennityypin valitseminen on tärkeässä osassa, kun sovelluksessa halutaan taata paras suorituskyky. Esimerkiksi lähteyksen suuntaukseen ja kantomatkkaan voidaan vaikuttaa antennilla, jonka ei aina tarvitse ulottua mahdollisimman pitkälle. Antennin koko halutaan usein pitää mahdollisimman pienenä. Lukijalaitteeseen voidaan yhdistää useampia antenneja, jolloin lukualue on laajempi. Antenni kytketään lukijaan yleensä kaapelilla, jonka kautta sen toimintaa voidaan ohjata. (SFS käsikirja 301-1 2010, 32-33.)

5.5 Tietojärjestelmät

Tietojärjestelmien tehtävä on lukijalaitteiden toiminnan ohjaus ja tunnistetuille kerättyjen tietojen prosessointi siten, että yritys voi hyödyntää tietoa toiminnoissaan ja päätöksenteoissa. Se minkälaiseen ympäristöön RFID-tekniikkaa käytetään, vaikuttaa huomattavasti tietojärjestelmien vaihteluihin. Tunnistetiedon saaminen käyttäjälle lukijan avulla, saa tehostettua toimintaa, mutta kun tunnistetiedot saadaan sovittua yhteen yrityksen tietojärjestelmien kanssa, saadaan teknologian laajemmat hyödyt käyttöön. (SFS käsikirja 301-1 2010, 36.)

Kun tunnisteen tieto voidaan liittää organisaation järjestelmissä valmiina olevaan tietoon ja tätä kautta antaa käyttäjille uutta tietoa, joka ennen RFID-tekniikkaa aiheutti paljon työtä, saadaan sovelluksen varsinainen hyöty irti. (SFS käsikirja 301-1 2010, 37.)

5.6 RFID-tunniste sellupaaleissa

Sellupaalien tunnistamiseen on perinteisesti käytetty viivakoodia. Merkintä tehdään sellupaaliin suojakääreeseen ja se on edullinen tapa toteuttaa sellupaalin tunnistus. Viivakoodista ollaan kuitenkin luopumassa, kun halutaan tunniste, joka on luotettavampi ja reaaliaikaisempi. Sellun saapuminen paperitehtaille on tuotannon jatkuvuuden kannalta tärkeää ja lähetysvirheiden varalta ne joutuvat pitämään varmuusvarastoja, jotka aiheuttavat kustannuksia. Tehostamalla toimitusketjua voidaan näitä kustannuksia vähentää. Kiinnittämällä RFID-tunniste sellupaaliin, voidaan jäljitettävyyttä ja lastausvirheitä vähentää. Sellutoimitusta voidaan seurata reaaliaikaisesti ennen kuin se saapuu asiakkaalle ja näin voidaan ennakoida mahdolliset viivästykset ja muutokset toimituksissa. (Paalauksen ohjaus n.d.)

RFID-tunnisteen toinen etu verrattuna viivakoodiin, on sen toimivuus koko kuljetusketjun loppuun asti. Viivakoodi saattaa hiertyä lukukelvottomiksi esimerkiksi merikonteissa toisia paaleja ja kontin seiniä vasten. Myös lastaus ja purkamisvaiheessa on vaarana viivakoodin tuhoutuminen. RFID-tunniste säilyy näissä tilanteissa ehjänä paalin sisällä ja on lukukelpoinen loppuasiakkaalle asti. (Paalauksen ohjaus n.d.)

Sellupaaleihin liimattavat tunnisteet ovat yleensä täysin kierrätettäviä. Paperinvalmistusprosessissa siltä vaaditaan täydellistä pulperoitavuutta ja siksi tunnisteen taustapaperi ja liima-aine ovat suunniteltu liukenemaan sellun liettämisen aikana. Myös tunnisteen mikrosiru ja hopeatahnasta valmistettu antenni on suunniteltu niin, etteivät ne vaikuta lopputuotteen laatuun. Sellua käytetään vaihtelevissa olosuhteissa, joten sen on tarvittaessa täytettävä myös elintarvikkeen kanssa kosketuksessa olevan materiaalin kanssa. (Paalauksen ohjaus n.d.)

Metsä Fibre otti ensimmäisenä sellualan toimijana käyttöön RFID-seurantajärjestelmän vuonna 2012 (ks. kuvio 21). Jokaisella selluyksiköllä on oma RFID-tunnisteensa, jolle talletetaan tiedot selluysikön erästä ja numerosta. Sellun lähetys, toimitusketjun seuranta ja laskutus hoituvat luotettavasti RFID:n ja SAP-järjestelmän avulla. Asiakas voi tunnisteen avulla tarkistaa muun muassa Botnia FOX-

Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena, jossa yhdistyivät sekä kehittäminen että tutkimus. Kvalitatiivinen osuus koostui pääasiassa havainnoinnista kentällä ja kvantitatiivinen materiaali saatiin poimittua tietojärjestelmistä.

6.2 Aineiston keruu ja analysointi

Opinnäytetyössä ensimmäiseksi oli tarkoitus selvittää, mitkä syyt aiheuttivat sellu-yksiköiden hylkäyksen. Työ aloitettiin selvittämällä mitä yksiköitä rejektikuljettimilta oli nostettu lattialle ja mitä vikoja niistä pystyi huomaamaan. Alkuvaiheessa oli myös tarkoitus katsoa, onko järjestelmän ilmoittama hylkäyssyy todellinen. Tietoja alettiin kerätä taulukkoon, johon kirjattiin ylös yksikön leiman yksikkönumero ja havaitut viat (ks. taulukko 2). Näitä tietoja sitten verrattiin varastojärjestelmän ja paalinhallintajärjestelmän yksikkötietoihin. Menetelmä osoittautui melko työlääksi, koska tietoja piti etsiä useasta paikasta. Varastohallinnan hylkysyiden seuranta ei onnistunut kuin valvomoista ja varaston sisäänsyöttöjen luota, eikä tietoja saanut siirrettyä omalle koneelle. Alkuun vertailua tehtiinkin ottamalla kuva varastohallinnan näytöltä hylättyjen yksiköiden listasta ja sitä verrattiin rejektistä varaston lattialla nostettuihin (ks. kuvio 22).

Taulukko 2. Lattivarastosta kerättyä tietoa rejektipaaleista

Yksikön edot Viat/SP	Päiväkirja	Reaktio käärret	Rikkonaisuus laskuja	Likaa	Merkinne virhe	RFID tagin vika (keuhkissa todetettu)	Yksikön korkeus	Muu syy	Rikkonaisuus salluspöytäkirja	Deplissaatti (VMS sisäinen)	Reconoitto	VMS	DNA Report RFID
35430001						X						Ei ole	OK
35460517						X						Yhteisö tagin vika	OK
35481916						X						Molennut tagin vika	OK
35508504						X						Molennut tagin vika	OK
35515111											Yksikkösihteeri puuttuu (Ei sähköjälkeä ilmoitettiin)		Ei löydy
35515112					Loima puuttuu	X						Ei löydy VMS:stä	Ei löydy
62162601							X					Ei ole paljoudet	OK
62162603								X			Pöytäkirja yksikön sisällä	Ei ole paljoudet	OK
62144410						X						Ei ole	OK
62145901						X						Yhteisö tagin vika	OK
62145902						X						Alue tagin vika	OK
62145903						X					Tagin numero puuttuu	Alue tagin vika	OK
62146601						X						Alue tagin vika	OK
62146602						X						Yhteisö tagin vika	Err 1
62147001						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148001						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148002						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148003						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148004						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148005						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148006						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148007						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62148008						molemmat						Molennut tagin vika	OK
62205601						molemmat						Alue tagin vika	OK
62205603												Ei ole	OK
62204411						X						Molennut tagin vika	OK
62209003			X				X					Ei ole paljoudet	OK, Dikk
62218001												Ei ole	OK
62223001						X						Alue tagin vika	OK

Hylkäys lista							
ID	Aika	Nimi1	Nimi2	Syy koodi	Linja	Selite	Syy
24926	2020-04-24 15:52:04.1	6P35454505		5	PDM1	RFID tagi vika	Ala/etu tagi väärin
24925	2020-04-24 14:01:04.1	6P35452512		5	PDM1	RFID tagi vika	Ylä/taka tagi väärin
24924	2020-04-24 13:59:39.6	6P35452014		6	PDM1	Ykskön korkeus	Lian pitkä
24923	2020-04-24 13:33:04.1	6P35452006		5	PDM1	RFID tagi vika	Ylä/taka tagi väärin
24922	2020-04-24 13:31:39.1	6P35452005		6	PDM1	Ykskön korkeus	Lian pitkä
24921	2020-04-24 12:06:39.1	6P35450511		5	PDM1	RFID tagi vika	Ala/etu tagi väärin
24920	2020-04-24 09:23:24.1	6P35448502		5	PDM1	RFID tagi vika	Ala/etu tagi väärin
24919	2020-04-24 09:13:54.1	6P35447516		5	PDM1	RFID tagi vika	Ala/etu tagi väärin
24918	2020-04-24 07:02:54.1	6P62157313		5	PDM2	RFID tagi vika	Molemmat tagit väärin
24917	2020-04-24 07:01:09.1	6P62157311		5	PDM2	RFID tagi vika	Molemmat tagit väärin
24916	2020-04-24 04:29:59.2	6P62156601		5	PDM2	RFID tagi vika	Ylä/taka tagi väärin

Kuvio 22. Kuva hylkäyslistasta varastohallinnan näytöltä

Pidempiaikaista seuranta ei kuitenkaan näin voinut tehdä, koska hylkäyslista ei ollut kuin viikon ajalta ja rejektipaaleja piti saada vietyä eteenpäin viemästä tilaa varaston lattialta. Tärkein huomio tässä menetelmässä oli se, että voitiin todeta varastohallintajärjestelmän hylkäyssyiden olevan pääasiassa oikein ja tällä menetelmällä pystyttiin myös alustavasti saamaan tietoa, mitkä viat sellupaaleissa aiheuttivat rejektiä. Koska ensimmäisessä otannassa RFID hylkäyksiä tuli paljon, verrattiin paalien tietoja myös DNA Reportin RFID tietoihin. Tämä osoittautui kuitenkin melko turhaksi, koska tehdään automaatio-osaston mukaan Dna Reportiin tulleisiin tietoihin tuli RFID vikoja lunnan viiveen takia, vaikka RFID-tunnisteet olivat oikein.

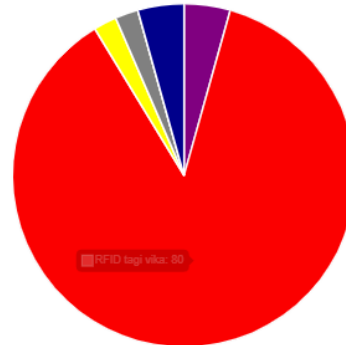
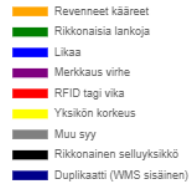
Varastohallintajärjestelmän Dashboard

Opinnäytetyön alkuvaiheessa kuivaamolla oli käytössä varaston Dashboard -näkyvä, mistä näkyi rejektimäärät kuivauskoneittain ja hylkäyssyyt (ks. kuvio 23). Näkymässä ei kuitenkaan näkynyt yksikkötietoja. Lisäksi tiedot olivat saatavilla vain viikon ajalta, jonka takia oli vaikea saada tarkempaa kuvaa missä ja milloin rejektiä oli syntynyt. Dashboardia pystyi kuitenkin seuraamaan kaikkialla yhtiön intrassa. Työn aikana tuli-kin mahdollisuus muokata Dashboard -näkyvä ja siihen pyydettiin mahdollisuutta hylättyjen yksiköiden pidempiaikaiseen seurantaan sekä tarkempia tietoja hylkäysten jakautumiseen. Uuteen Dashboard -näkyvään saatiin myös tieto kummalta koneelta ja miltä paalauslinjalta hylkäys oli tullut (ks. kuvio 24).

Tarkasteltava aikaväli

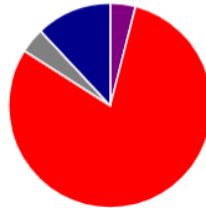


Hylkyyn menneet yksiköt (lkm)



Paivämäärä	Revenneet kääreet	Rikkonaisia lankoja	Likaa	Merkkkaus virhe	RFID tagi vika	Yksikön korkeus	Muu syy	Rikkonainen selluysikkö	Duplikaatti (WMS sisäinen)
22.5.2020	0	0	0	0	7	0	0	0	0
23.5.2020	0	0	0	0	16	0	0	0	2
24.5.2020	0	0	0	0	2	0	1	0	0
25.5.2020	0	0	0	4	16	1	0	0	2
26.5.2020	0	0	0	0	9	1	1	0	0
27.5.2020	0	0	0	0	28	0	0	0	0
28.5.2020	0	0	0	0	2	0	0	0	0

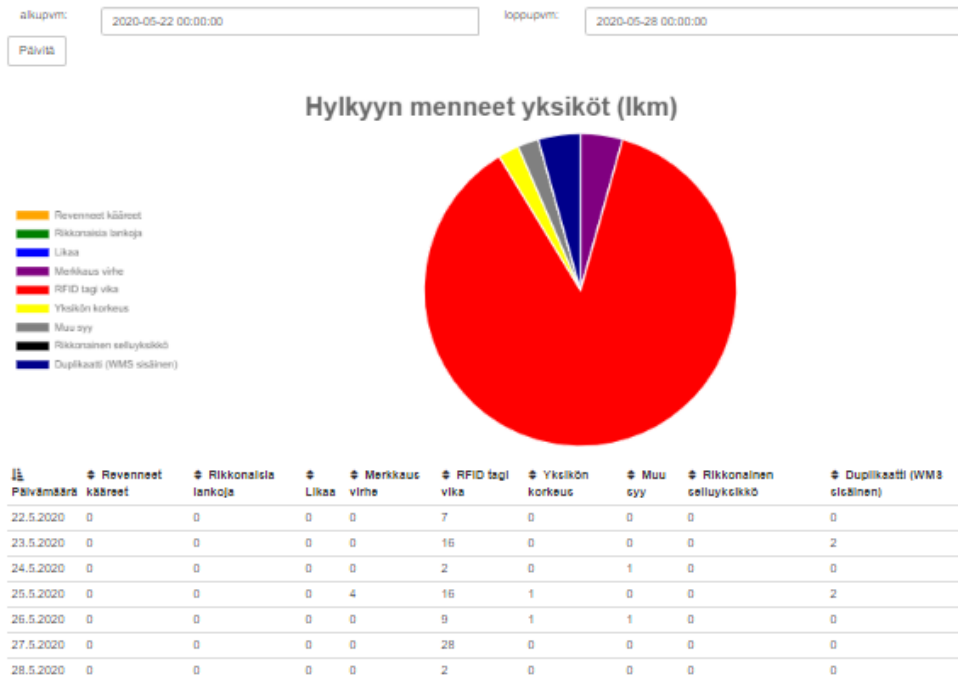
Hylkyyn menneet yksiköt KK1 (lkm)



Hylkyyn menneet yksiköt KK2 (lkm)



Kuvio 23. Vanha varastohallinnan Dashboard -näkyvä



Hylkyn menneet yksiköt KK1 (lkm)



Hylkyn menneet yksiköt KK2 (lkm)



Hylkyn menneet yksiköt listaus

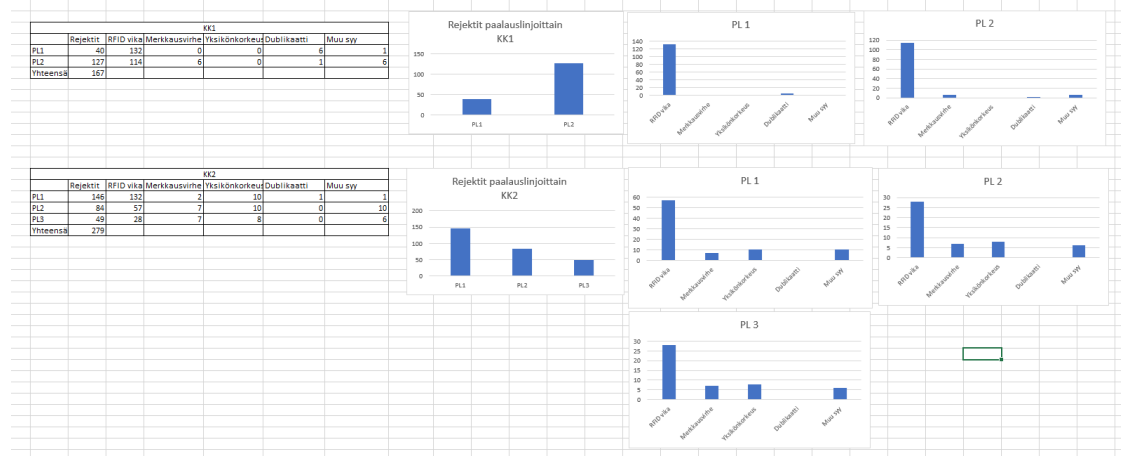
Aikaleima	yksikön nimi 1	yksikön nimi 2	Kulvauskone	Paalauslinja	Hylkysyy
Thu, 28 May 2020 06:31:53 GMT	6P36207502		PDM1	Paalauslinja 2	RFID tagi vika
Thu, 28 May 2020 04:57:19 GMT	6P36205509		PDM1	Paalauslinja 2	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 22:21:58 GMT	6P62886301		PDM2	Paalauslinja 2	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 17:37:12 GMT	6D36194503		PDM1	Paalauslinja 2	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 17:07:02 GMT	6P62880018		PDM2	Paalauslinja 1	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 16:59:02 GMT	6P62880017		PDM2	Paalauslinja 1	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 16:56:42 GMT	6P62880016		PDM2	Paalauslinja 1	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 16:53:27 GMT	6P62880015		PDM2	Paalauslinja 1	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 16:51:07 GMT	6P62880014		PDM2	Paalauslinja 1	RFID tagi vika
Wed, 27 May 2020 16:47:52 GMT	6P62880013		PDM2	Paalauslinja 1	RFID tagi vika

Kysely palautti 92 riviä(ä).

First < 1 2 3 ... > Last

Kuvio 24. Uusi kattavampi varastohallinnan Dashboard -näkyminen

Uutena ominaisuutena Dashboardiin tuli myös mahdollisuus ladata tiedot Csv-tiedostona Exceeliin. Tätä ominaisuutta hyödynnettiin rejektisyiden kartoittamisessa ja tehtiin Exceeliin pohja, joka lajitteli hylkäyssyyt ja määrät Dashboardista ladattujen tietojen perusteella. Yksikkötietojen perusteella pystyttiin saamaan rejektit kone- ja paalauslinjakohtaisesti (ks. kuvio 25). Näin päästiin tarkemmin katsomaan mistä syistä ja missä rejektiä oli syntynyt.



Kuvio 25. Lajiteltua tietoa Excelissä

Dashboardin muokkaus mahdollisti pidempiaikaisen seurannan, jonka avulla voitiin tarkastella mihin suuntaan rejektimäärät olivat menossa. Tästä tiedosta on hyötyä, kun seurataan, miten parannusehdotukset toteutuessaan vaikuttavat rejektimäärien kehitykseen.

Tehtaan Valmet Dna Report

Työssä käytettiin Valmetin Dna Reportia tarkasteltaessa tuotantomääriä suhteessa rejektin syntyyn. Reportista sai selville muun muassa sen, oliko tuotantomäärät samoja eri paalauslinjoilla. Järjestelmää käytettiin myös tutkiessa yksikkötietoja rejektissä olleisiin.

Vuoropäiväkirja ja käytettävyyshavainnot

Työn edetessä seurattiin jatkuvasti myös vuoropäiväkirjaa ja käytettävyyshavaintoja, jotka liittyivät rejektin syntyyn. Näitä kirjauksia otettiin ylös ja selviteltiin muun muassa opinnäytetyön seurantapalavereissa.

Microsoft Teams -palaverit

Koronaepidemian aiheuttamien toimenpiteiden takia opinnäytetyön aikana pidettiin lukuisia Teams palavereita, jotka käsittelivät muun muassa tehtaan RFID-tilannetta. Myös opinnäytetyön etenemistä käytiin läpi. Palaverit olivat hyvä väylä esittää työssä esille tulleita asioita ja kysymyksiä.

Sähköpostikyselyt

Sähköpostilla kyseltiin työhön liittyvää tietoa muun muassa profiilikontrollin ja paalaamon toiminnasta laitetoimittajien edustajilta.

Vuorojen haastattelut

Työtä aloittaessa kartoitettiin kuivaamon käynninvarmistajilta, mitä ajatuksia heillä oli rejektin synnystä. Heiltä saatiinkin hyviä näkökulmia ja huomioita, joita voitiin ottaa huomioon selvittäessä ongelmia.

Havainnointi kentällä

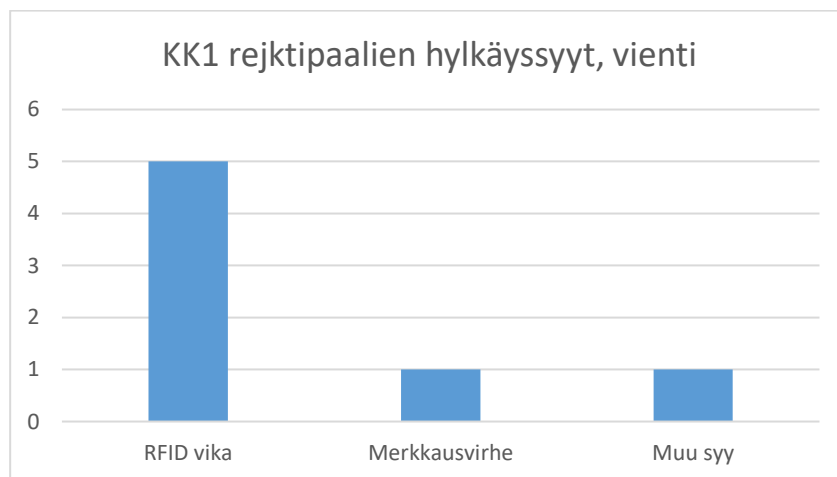
Kentällä havainnointia tehtiin mahdollisuuksien mukaan. Seuraamalla rejektiin siirtyneitä paaleja, nähtiin mikä vika niissä oli ja voitiin lähteä etsimään linjalta syytä. Usein vikaa ei päällepäin nähnyt kovin helposti ja tarvittiin RFID-käsilukijaa, jolla pystyttiin tarkistamaan, oliko tunnisteen tiedot oikein. Havainnoista tehtiin muistiinpanoja, joita käytettiin työn edetessä. Joitakin kuviakin otettiin hahmottamaan tilanteita paremmin.

7 Selvitystyön tuloksia ja toimenpide-ehdotuksia

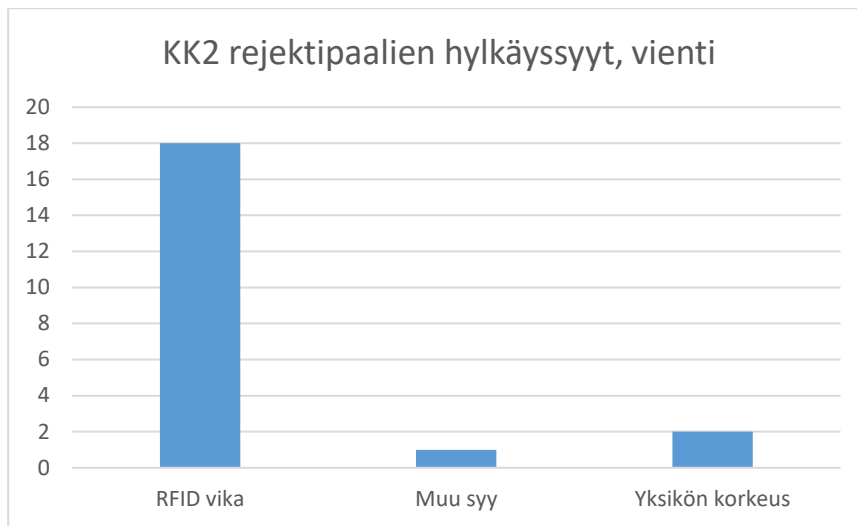
7.1 Rejektisyys

Ensimmäisen rejektipaalien hylkäyssyiden tarkastelu tehtiin huhtikuun lopussa ja se tapahtui kirjaamalla lattialle nostettujen paalien yksikkötiedot ja tarkastelemalla, mitä vikoja paaleissa on. Tämän jälkeen verrattiin yksikkötietojen perusteella varastohallinnan hylkysyitä havaintoihin kentällä. KK1:sen tuloksia (ks. kuvio 26) ja KK2:sen tuloksia (ks. kuvio 27). Hylkäyssyiden nimet otettiin suoraan varastohallintajärjestelmästä.

KK2:sen osalta ensimmäisessä tarkastelussa varastossa oli iso määrä kotimaan ajon rejektipaaleja. Syy näiden syntyyn oli kuljettimen päätyrajassa, joka rikkoutuessaan oli sekoittanut profiilikontrollin RFID luennan. Paalit olivat kolmea yksikköä lukuun ottamatta priimaa. Tämä pystyttiin toteamaan RFID-käsilukijan avulla. Kolmesta yksiköstä puuttui tunniste, eli ne kuuluivat kategoriaan RFID vika. Koska kotimaan yksiköitä on kaksi päällekkäin, niin toisen yksikön ollessa viallinen, molemmat ajautuvat rejektiin.



Kuvio 26. Varaston lattialle nostettujen KK1:sen vientipaalien hylkäyssyitä



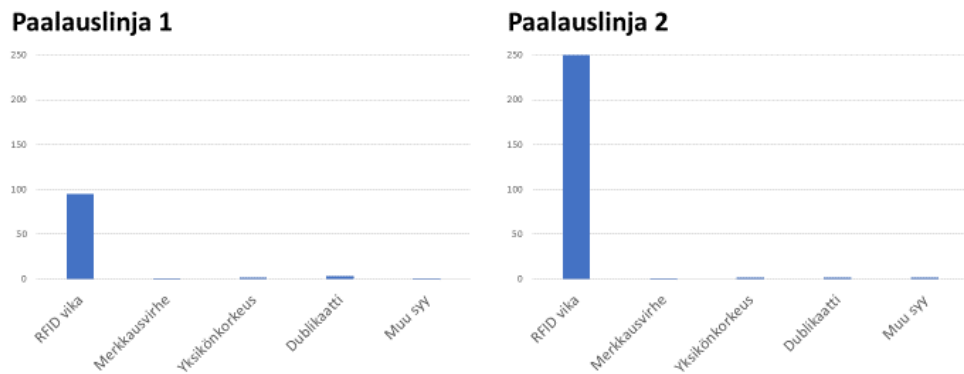
Kuvio 27. Varaston lattialle nostettujen KK2:sen vientipaalien hylkäyssyyt

Ensimmäisen tarkastelun perusteella suurin hylkäyksien aiheuttaja oli RFID viat.

Muita rejektin aiheuttajia olivat merkkäusvirhe, yksikön korkeus ja muu syy.

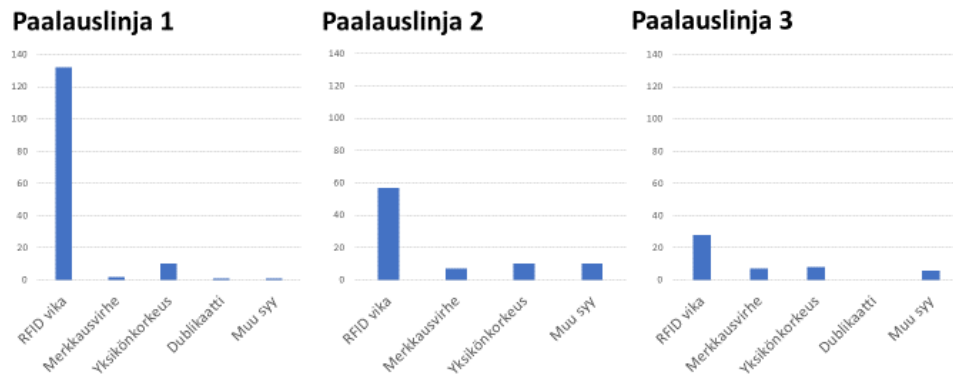
Koska ensimmäisestä rejektipaalien tarkastelusta ei saanut vielä kovin kattavaa, tehtiin vastaava tarkastelu kuukauden ajalta päivitetyn Dashboardin ja Excelin avulla. Näin saatiin helpommin tietoa, joka oli pidemmältä aikaväliltä ja erotteli valmiiksi rejektisyitä eri koneille ja linjoille. Menetelmästä oli hyötyä, kun myöhemmin alettiin katsoa tarkempia syitä hylätyille yksiköille ja pystyttiin vertaamaan rejektimäärien muutosta tietyllä aikavälillä. Kerättyjä tietoja käytettiin myös palaverien esitysmateriaaleissa, koska ne valaisivat hyvin tilannetta. KK1:sen rejektimäärät syineen (ks. kuvio 28) ja KK2:sen rejektimäärät syineen (ks. kuvio 29).

KK1 rejektit, toukokuu



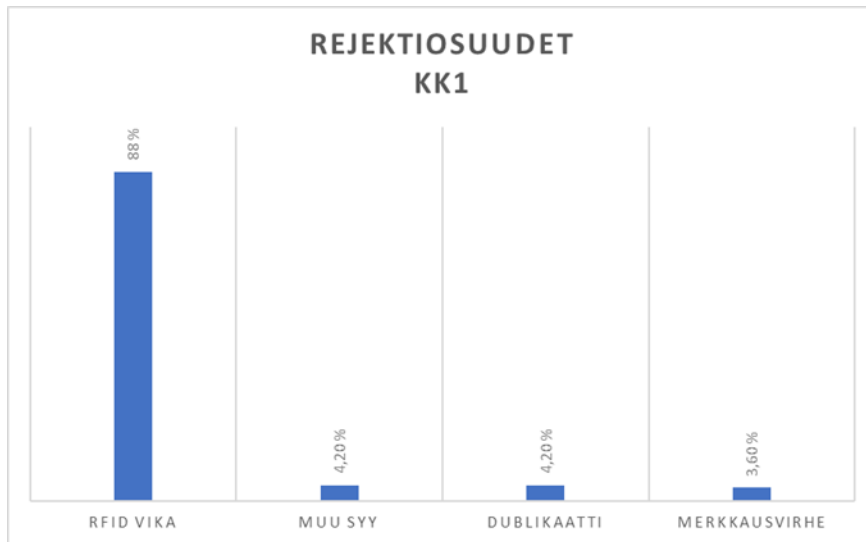
Kuvio 28. Kuivauskone ykkösen rejektimäärät ja syyt linjoittain toukokuussa 2020

KK2 rejektit, toukokuu

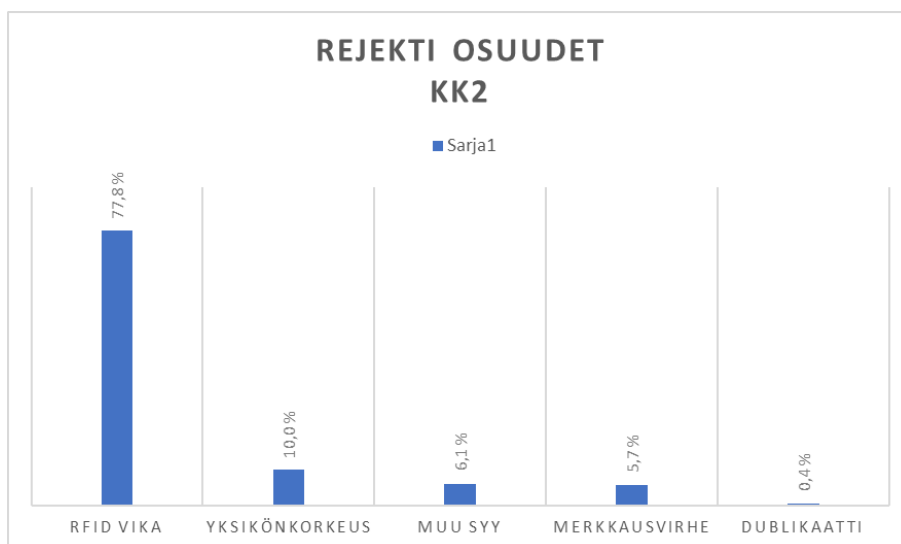


Kuvio 29. Kuivauskone kakkosen rejektisyys ja määrät paalauslinjoittain toukokuussa 2020

Lisäksi tutkittiin, kuinka rejektit jakaantuivat prosentuaalisesti Kuivauskoneelle yksi (ks. kuvio 30) ja kaksi (ks. kuvio 31).



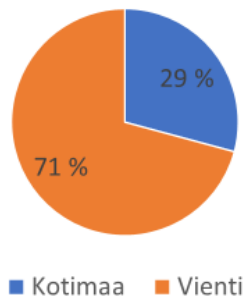
Kuvio 30. Kuivauskone ykkösen rejektipaalien prosentuaalisia osuuksia



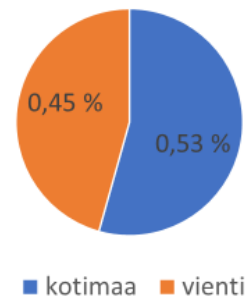
Kuvio 31. Kuivauskone kakkosen rejektipaalien prosentuaalisia osuuksia

Kuukauden ajalta saatu kattavampi selvitys rejektisyistä antoi samansuuntaisia hylkäyssyitä, mitä olimme ensimmäisessä lyhyessä otannassa saatu. Suurin paaliyksiköiden hylkäyssyy oli RFID viat. Muita hylkäyssyitä olivat merkkausvirhe, yksikön korkeus, dublikaatti ja muu syy. Ennen tarkempaa hylkäyssyiden selvittämistä, haluttiin tietää myös, miten pakkaustapa vaikuttaa rejektin syntyyn. Kotimaan ja viennin määriä suhteessa rejektimääriin (ks. kuvio 32).

Kokonaistuotannon osuudet pakkaustavoittain



Rejektit pakkaustavoittain kokonaistuotannosta



Kuvio 32. Rejektiosuudet suhteessa pakkaustapaan

Tuloksista nähdään, ettei pakkaustapojen välillä ole kovin suurta eroa rejektimäärissä suhteessa tuotantoon. Rejektisyys kuitenkin olivat hieman erilaisia kotimaan- ja vienninpakkaustavoilla ja oli hyvä saada tietoa osuuksista tuotantoon suhteutettuna. Kun hylkäyssyyt olivat selvillä, otettiin niistä merkittävimmät tarkempaan selvitykseen.

RFID viat

RFID viat olivat ylivoimaisesti suurin rejektin aiheuttaja ja siksi päätettiin myös opin- näytetyössä keskittyä eniten tähän ongelmaan. Kun alettiin tarkemmin selvittämään, mikä näissä RFID vika hylätyissä yksiköissä oli aiheuttanut hylkäyksen, löytyi useita syitä. Hylkäyskohta RFID viallisissa yksiköissä tulee profiilikontrollissa, joka lukee paa-

lauslinjoilla applikaattorilla kiinnitetyn RFID-tunnisteen ja vertaa sitä paalinhallintajärjestelmän antamaan yksikkötietoon. Käytännössä hylkäys tuli, jos tunniste puuttui kokonaan, oli vahingoittunut tai oli luennan kannalta väärässä paikassa. Hylkäys tuli myös, jos RFID-tunnisteen ja paalinhallintajärjestelmän tiedot erosivat toisistaan.

Kentällä havainnointi aloitettiin KK2:sen paalaamosta. Kotimaan ajolla huomattiin, että tunniste kiinnittyi osittain paalin reunan yli (ks. kuvio 33). Se aiheutti tunnisteen jäämisen välillä kiinni applikaattorin jälkeiseen leimaimen reunapeltiin, jonka läpi paali kulkee tiukasti nojaten sen reunoihin (ks. kuvio 34).



Kuvio 33. Tunniste jäänyt liian ulos paalin reunasta



Kuvio 34. Tunnisteita jäänyt kiinni leimaimen reunaan

RFID-tunnisteen jäädessä linjalle tai kuljettimelle ennen jakelukeskusta, profiilikontrollin RFID-luenta näyttää nollasarjaa, eli se ei saa tunnisteen tietoja ja yksikkö ohjautuu rejektikuljettimelle. Tässä tapauksessa on mahdollista, että tunniste myös lähtee reunasta jossain vaiheessa paalin mukana ja kulkeutuessaan profiilikontrollin luentaan asti, aiheuttaa virheluentaa ja rejektiä.

KK2:sen paalaamon linjoilta löytyi myös jonkun verran linjoille tippuneita tunnisteita, joita kerättiin talteen (ks. kuvio 35). Käsilukijalla voitiin todeta tunnisteiden puuttuvan rejektiin joutuneista yksiköistä. Linjoille pudonneet tunnisteet aiheuttavat myös applikaattorille ongelmia, koska applikaattorin lukiessa väärän tunnisteen, se menee häiriöön. Tämä saattaa aiheuttaa linjojen täyttymistä, mikäli häiriön aiheuttavaa tunnistetta ei nopeasti löydetä ja poisteta häiritsemästä applikaattorin toimintaa.



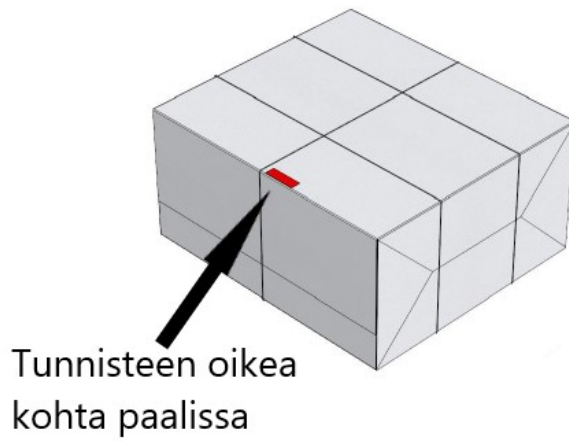
Kuvio 35. Linjalta kerättyjä pudonneita RFID-tunnisteita

KK2:sella huomattiin, että RFID viallisia vientiyksiköitä meni rejektiin muutaman keran monta peräkkäin samalta linjalta. Kun rejektipaaleja tutkittiin, huomattiin RFID-käsilukijan avulla, että tunnisteen yksikkötiedossa oli yhden numeron heitto verrattessa leiman numeroon. Tämä vika korjaantui yleensä hetken päästä, mutta rejektiin saattoi mennä toistakymmentä paalia ja rejektikuljettimien tullessa täyteen, ei jakelukeskukseen mene paaleja ennen kuin rejektikuljettimille taas mahtuu yksiköitä. Rejektikuljettimille mahtuu neljä yksikköä, ennen kuin se on tyhjennettävä trukilla. Asiasta kyseltiin laitevalmistajan edustajalta ja hänen mukaansa vika saattaa olla paalauslinjoilla olevissa yksikkölaskureissa. Laskuri saattaa mennä sekaisin esimerkiksi käynnissäpitäjän ajaessa paaleja manuaaliajolla. Tällöin voi tulla eteen tilanne, että

paali luistaa kuljettimilla ja se sekoittaa yksikkölaskurin. Opinnäytetyön aikana ei tullut tilannetta, jossa olisi voinut seurata, vaikuttiko manuaalijaio tämän rejektin syntymiseen.

Kuivauskone ykkösellä RFID vikoja oli runsaasti ja huomiona oli myös se, että niitä tuli selvästi enemmän paalauslinjalta kaksi. Paalauslinjoja on modernisoitu vuosien varrella ja PL1:sellä on osittain uudemmat laitteet, kuin PL2:sella. Esimerkiksi RFID-applikaattorin kuljetin stoppareineen eroaa kakkosesta, samoin applikaattorin jälkeinen latoja. KK1:sellä paalia ei käännetä linjalla kotimaan ajolla ollenkaan. Tästä syystä applikaattori joudutaan kääntämään 90 astetta vaihtaessa pakkaustyyppiä. Ykkös koneella applikaattorin saaminen asentoon, jossa tunniste tulee paalissa oikeaan kohtaan, huomattiin olevan hankalaa. Kääntömekanismi on hankala käyttää, eikä kunnon säätämismahdollisuuksia ole. Lisäksi mekanismeissa on väljyyttä, joka lisää säädön epätarkkuutta. Ongelmana tästä syystä on tunnisteiden saaminen oikeaan kohtaan paalia. Tästä aiheutuu, että rejektiä syntyy tunnisteiden jäädessä liian reunaan ja tippuessa linjoille tai kuljettimille ennen profiilikontrollia.

Rejektiä syntyy vientiajolla lisäksi siksi, koska tunnistetta ei voida tällä hetkellä saada säädettyä oikeaan kohtaan paalia, joka on hieman keskikohtaa sivummassa, (ks. kuvio 36). Havainnoinnissa huomattiin, että tunniste kiinnittyy keskellä paalia, jolloin se jää yksiköintilankojen alle, (ks. kuvio 37). Yksiköintilangoista muodostuu metallisilmukoita, häiritsevät merkittävästi profiilikontrollin tunnisteiden luentaa. Joissain tapauksissa lanka oli myös rikkonut tunnisteiden. Tunnisteiden paikan säädettävyyteen liittyy lisäksi se ongelma, että sellu vaimentaa tehokkaasti lukijan ja tunnisteiden välistä signaalia, joten liian syvälle paalin sisään sitä ei voida myöskään laittaa.



Kuvio 36. Tunnisteen oikea kohta paalissa (Paalinkäsittelyn prosessikuvaus 2017, muokattu)



Kuvio 37. Rejektipaali, jossa tunniste metallilankojen alla

Kotimaan ajolla paali kulkeutuu applikaattorille ilman mitään stoppareita tai keskittimiä. Voidaankin todeta, että tunnisteiden saaminen samaan kohtaan paalia on hankalaa. Erityisen tärkeää on, että PL2:sen siirtyvä kuljetin tuo leikkurin kääntöpöydältä paalit oikeaan kohtaan keskelle linjaa. PL1:sella leikkurin kääntyvältä pöydältä paalit menevät suoraan linjalle, ilman siirtyvän kuljettimen sivuttaissiirtoa. Kotimaan yksiköissä ongelma tunnisteiden kanssa liittyy lähinnä siihen, että ne ovat liian reunassa paalia, jolloin ne voivat tippua tai muuten vaurioitua. Varsinkin KK1:sen jakelukeskusten profiilikontrollissa on tullut rejektiä paljon sen takia, että tunniste on tippunut kuljettimelle tai lattialle lähelle profiilikontrollia. Tämä aiheuttaa sen, että profiilikontrollin lukija lukee välillä virheellisesti tippuneen tunnisteiden tiedot ja ohjaa yksiköitä rejektiin.

Yksikön korkeus

Kotimaan ajolla profiilikontrolli mittaa paalin korkeuden sen sivuttaispituutena, koska paali käännetään paalikipillä vaakatasoon. Yksikönkorkeus -vikanimikkeellä tulleita paaleja tutkittiin ja niissä ei ollut mitään vikaa. Profiilikontrollia tutkiessa huomattiin, että pituuden mittauksen toinen valokenno ei toiminut kunnolla, koska sen vastaheijastin oli likainen. Putsauksen jälkeen yksiköt kelpasivat taas jakelukeskukseen.

Viennillä korkeus mitataan profiilikontrollin mekaanisella korkeusvahti rajakytkimellä. Viennillä huomattiin muutama yksikönkorkeus vialla tullut rejekti, mutta näissä tapauksissa vientilanka oli poikki, joten se oli todennäköisesti tarrannut rajaankiinni, jolloin se on aktivoitunut ja profiilikontrolli on ajanut yksikön rejektiin (ks. kuvio 38).



Kuvio 38. Vasemman puoleisessa paalissa katkennut vientilanka

Merkkausvirhe

Merkkausvirheellisiä rejektipaaleja syntyi tarkkailujakson aikana KK2:sella kotimaan ajolla. Syytä tutkittiin ja huomattiin, että Paalinhallintajärjestelmä hukkaa toisen kotimaan yksikön tiedot paalauslinjalla, josta syystä kotimaan yksiköt menevät rejektiin. Huomio lähetettiin kyselyjen kanssa eteenpäin, mutta vastausta ongelmaan ei saatu. Ongelma liittyyne paalinhallintajärjestelmään, joka seuraa ja luo yksiköitä paalauslinjoilla.

Muu syy

Muu syy hylkäyssyillä tulevat rejektipaalit syntyvät, kun käynnissäpitäjä on huomannut paalauslinjalla viallisen paalin ja aktivoinut järjestelmän hylkäämään paalin. Syytä hylkäämiseen ovat muun muassa sidoslankojen puuttuminen tai katkeaminen, revenneet kääreet tai muuten särkynyt paali.

7.2 Toimenpide-ehdotukset rejektimäärän vähentämiseksi

RFID viat

KK1:sellä tarvittaisiin RFID-applikaattoreille uudet kiinnitysmekanismit, joiden avulla applikaattoria voitaisiin säätää siten, että tunniste saataisiin kiinnittymään oikeaan kohtaa paalia. Säätöä tarvittaisiin sekä linjan pituus- että sivuttaissuunnassa. Säädöstä olisi tehtävä käynninvarmistajille helppo ja nopea, jolloin säätö ei jäisi ainakaan siitä kiinni.

Profiilikontrollin alueella jääneistä tippuneista tunnisteista voisi tehdä hälytyksen valvomoihin. Hälytys tulisi, jos profiilikontrollissa lukija lukee saman tunnisteiden useammin kuin kerran. Näin käynninvarmistajat voisivat mennä profiilikontrollialueelle etsimään pudonneen tunnisteiden ja minimoida rejektin määrä. Alueelle jäädessään tunniste saattaa välillä aiheuttaa virheluennan ja välillä ei, riippuen hieman paalien liikkeistä. Siksi sitä voi olla muuten vaikea huomata, jos yksiköitä ei mene jatkuvasti rejektiin. Tämä voitaisiin toteuttaa myös KK2:sen profiilikontrollille.

KK2:sella on asennettu lukija-antennit latojalle, joka on RFID-applikaattorin jälkeen. Nämä lukijat eivät ole kuitenkaan jostain syystä käytössä. Niissä tapauksissa, joissa tunniste ei kiinnity tai osu kunnolla paaliin, vaan irtoaa ennen latojaa, käynninvarmistaja voisi mennä tarkistamaan tilanteen hälytyksen tullessa ja estää yksiköiden hylkäyksen profiilikontrollissa. Tällä hetkellä useita yksiköitä saattaa mennä rejektiin, ennen kuin huomataan, missä syy on.

KK2:sella applikaattoreita voi säätää linjan suuntaisesti. Tällä tavalla voidaan RFID-tunnisteiden liimautumispaikkaa muuttaa. Olisikin tärkeää, että varsinkin pakkaustapa vaihtaessa operaattorit katsoisivat, mihin kohtaa paalia tunniste liimaantuu. Säätö tapahtuu applikaattorin takaa kierretankoa pyörittämällä. Muutenkin on hyvä seurata kentällä liikkeessa, että tunniste tulee oikeaan paikkaan paalissa ja linjoilla ei näy irtotunnisteita.

Yksikön korkeus

Yksikön korkeuden takia rejektiin menneet yksiköt voitaisiin tulevaisuudessa välttää säännöllisellä kunnossapidolla. Profiilikontrollin valokennot ja peilit tulisi puhdistaa säännöllisin väliajoin, esimerkiksi pesu- ja kunnossapitoseisokeissa. Samalla voisi tarkistaa rajojen kiinnitykset ja kunnan. Olisi hyvä myös varmistaa, että vuoroissa on tieto siitä, mikä saattaa aiheuttaa tällä syyllä yksiköiden menemistä rejektiin ja osattaisiin heti toimia oikein.

Merkkausvirhe

Merkkausvirhe vika ilmeisemmin on paalinhallintajärjestelmässä. Yksikköä ei tule luoduksi tai se poistuu jostain syystä. Tätä ongelmaa tulisi tutkia paalinhallintajärjestelmästä vastaavien. Koska tiedossa on, että näitä rejektejä tulee aina kotimaan ajolla, niin järjestelmästä vastaava voisi alkaa tarkkailemaan paalien ja yksiköiden kulke- mista paalilinjoilla kotimaan ajon aikana.

Muu syy

Rejektejä muilla syyllä ei kovin paljon tarkkailujaksolla syntynyt, joka kertoo paalaa- mon laitteiden toimivan melko hyvin. Tulevaisuudessa voisi olla hyvä, että käynnin- varmistajat voisivat syöttää järjestelmää vikasyyn hylätessään yksikön. Tällä hetkellä muu syy -hylkäyssyy ei kerro, mikä vika paalissa on ollut. Vikatiheyksien toistuessa voitaisiin kunnossapitoa kohdistaa ongelman aiheuttajiin ja näin estää rejektin synty- mistä.

Muita huomioita

Hylkäyssyissä oli mukana myös duplikaatti, joka aiheutuu, kun yksikkö saa varastohal- lintajärjestelmässä saman tiedon kaksi kertaa, tuplana. Näitä vikoja oli niin satunnai- sesti, ettei niihin tämän työn aikana paneuduttu sen tarkemmin.

Koska opinnäytetyö rajattiin leikkurilta jakeluvaramon sisäännyöttöön, ei ihan kaikkia rejektin aiheuttajia saatu mukaan. Esimerkiksi jonkun verran rejektiä syntyy erilaisissa jakelukeskuksen sisäännyöttö ongelmissa profiilikontrollin jälkeen, joissa käynninvarmistajat joutuivat ajamaan paaleja käsin rejektiin. Nämä rejektit eivät näy hylkäyslistalla, tosin näitä tapauksia ei kovin usein sattunut.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää syitä isolle rejektimäärällä kuivaamalla valmistuneista sellupaaleista. Tämän lisäksi oli tarkoitus kehittää toimenpiteitä, jolla rejektin osuutta saataisiin pienennettyä. Samalla oli tarkoitus selvittää, onko varastohallintajärjestelmän hylkäyssyyt todellisia. Lopputuloksena saatiin koottua tietoa suurimmista rejektin aiheuttajista ja niiden jakaantumista kuivauskone ykkösellä ja kakkosella. Lopputuloksissa on myös toimenpide-ehdotuksia, joilla rejektimäärää voitaisiin saada pienemmäksi. Tehtaalla oli jo aiemmin huomattu RFID-vikojen aiheuttavan paljon rejektiä, mutta asiaa ei ollut tutkittu sen tarkemmin.

Työssä tulikin ilmi, että RFID viat olivatkin selvästi suurin rejektin aiheuttaja. Tämä vika on siinä mielessä turhan tuntuinen, koska paalit ovat muuten priimaa. Työssä kerätyt tiedot RFID-vikojen suhteen olivat hieman haastavia. Havainnoimalla saatiin selviä syitä, mikä paalin hylkäyksen aiheutti, mutta koko ajan ei voitu olla katsomassa, mikä aiheutti hylkäyksen. Varastohallintajärjestelmästä saatu tieto RFID vika, ei oikeastaan kerro muuta kuin sen, että selluysikön paalinhallintajärjestelmästä saatu tieto eroaa profiilikontrollin luennassa RFID-tunnisteen tiedosta. Käytännössä jokainen hylätty yksikkö tulisi tarkistaa, että saataisiin oikea tieto hylkäyssiystä. Ulkopuolinen lastausoperaattori tarkistaa kyllä kaikki rejektipaalit, mutta hylkäystapauksissa järjestelmään ei jää mitään tietoa, miksi paali on lopulta hylätty. Käytännössä hyväksytyt paalit laitetaan eteenpäin asiakkaalle ja ne paalit, joita ei hyväksytä, siirretään kasaan, josta käynnissäpitäjät pulperoivat ne muun työn ohessa. Järjestelmää olisi hyvä kehittää niin, että kun paaleja tarkastetaan, voitaisiin todellinen hylkäyssyy kirjata järjestelmään. Tämä auttaisi taas löytämään tarkemmat syyt RFID vikoihin, joita ei helposti pysty päälle päin näkemään.

Hieman paremmaksi tilanteen todellisten RFID vikojen selvittämisen kanssa saisi, jos saataisiin varastohallintajärjestelmästä listattua nykyisin näkyvää tietoa profiilikontrollin RFID-luennasta. Listauksessa näkyy tieto, jonka paalinhallintajärjestelmä on antanut selluyksikölle ja RFID-tunnisteen tieto. Tällä hetkellä tiedot näkyvät vain hetkellisesti, eikä niitä voida tarkastella myöhemmin. Luennan näyttäessä nollasarjaa, luenta ei ole onnistunut. Tästä voitaisiin päätellä, että tunniste puuttuu tai se on liian syvällä paalin sisällä, lankojen alla tai muuten rikkoontunut. Jos taas luennan tieto on eri kuin paalinhallintajärjestelmän antama tieto, voitaisiin todeta, että yksikön tieto on hävinnyt kuljettimilla tai toisen yksikön tunniste on pudonnut lukualueelle. Kuten toimenpide-ehdotuksissa todettiin, saataisiin tämä väärään paikkaa joutunut tunniste selville, jos järjestelmä antaisi hälytyksen sen lukiessa saman tunnisteen useammin kuin kerran. Tätä virheellistä luentaa voitaisiin koittaa estää myös lukijan tehoa pienentämällä, mutta lähtökohtaisesti tunnisteet on saatava pysymään paalissa, myös asiakkaalle asti. Tehon laskenta saattaisi aiheuttaa myös oikein olevien tunnisteiden luennassa ongelmia, varsinkin jos tunniste on hieman syvällä paalin sisällä.

Tuloksissa Kuivauskone kakkosen RFID vikojen suhteen on otettava huomioon asia, joka vaikutti RFID vikojen määrään. Kyseisellä ajanjaksolla RFID-tunnistetyyppi vaihtui uudenlaiseen ja tämä toi hieman ongelmia RFID-aplikaattorien toimintaan. Kun lopulta saatiin toimiva tunniste, RFID viallisten osuus laski merkittävästi tuloksissa nähtyihin lukuihin. RFID applikaattorit ovat uudempaa mallia KK2:sella verrattuna KK1:sen vanhempaan malliin. Tästä syystä tällä hetkellä joudutaan käyttämään erilaisia tunnisteita KK1:llä ja KK2:lla. KK2:sella tunnisteen paikan säätäminen on helppoa, eikä applikaattoria tarvitse kääntää 90 astetta. Säätöä tehdään tarvittaessa linjan suuntaisesti, jos tunniste on jostain syystä liian reunalla tai syvällä.

Muut hylkäyssyyt, jotka esiintyivät lähinnä kuivauskone kakkosella, liittyivät joko yksiköiden tiedonsiirto-ongelmiin tai kunnossapidollisiin seikkoihin.

Opinnäytetyön rajauksen ulkopuolelta tuli mieleen keino, jolla voitaisiin saada osa rejektipaaleista hyväksytyä. Esimerkiksi jos tunnistetiedot porrastavat yksikkötietoihin nähden, voisi tunnisteen tiedot yrittää muokata käsilukijalla oikeaksi. Tällä muokausmahdollisuudella voisi lisätä myös tunnisteen, jos sellaista ei yksiköstä löydy.

Tunnisteen kiinnittäminen paalin sisään tosin saattaa olla hankalaa. Lisätyötä tämäkin toimenpide toisi, mutta huomattavasti helpommalla pääsisi ja säästöjä syntyisi, jos yksiköitä ei tarvitsisi pulpperoida.

Opinnäytetyötä aloittaessani minulla ei ollut juurikaan tietoa, miten sellutehtaan sel-lupaalien seuranta on toteutettu. Opinnoissani energia- ja ympäristötekniikassa olen opiskellut sellun valmistusprosesseja yleisellä tasolla, mutta opinnäytetyöni aiheen osalta olin uuden asian edessä. Paalaamon laitteet ja toiminta oli ennestään tuttua, kun olin edellisenä vuonna ollut kesätöissä paalaamossa käynnissäpitäjänä. Rejektien osalta mielessä oli paalien pulpperointi, jota tehtiin paljon. Muuten rejektipaaleihin ei tullut silloin kiinnitettyä niin paljon huomiota. Tämän työn aikana tulikin paljon ymmärrystä ja tietoa, mistä syistä näitä rejektipaaleja oli tullut.

Työn aikana oli hieman vaikeuksia löytää teoriaa, joka olisi relevanttia ja jonka kautta lähtisi ongelmia ratkaisemaan. Tämä johtui osittain siitä, että liikutaan ympäristössä, jonka laitteet ja järjestelmät ovat aika erityisiä, joista ei paljon tietoa ole tarjolla.

Opinnäytetyö alkoi kevään koronaepidemian aikaan, joka toi omat haasteensa työn tekemiseen. Muun muassa kirjastot olivat suljettuina. Myös liikkuminen tehtaalla oli rajoitettua. Tarvittavia palavereja pystyttiin pitämään kuitenkin etänä ja ne olivatkin tärkeässä osassa työtä tehdessä. Tehtaan henkilökunta oli aiheesta kiinnostunut ja heidän kanssaan pystyi koronarajoitusten puitteissa aina vaihtamaan ajatuksia eteen tulleista huomioista.

Äänekosken biotuotetehtaalla on maailman ensimmäinen automatisoitu sellunjake-lukeskus, joka on vasta muutaman vuoden ollut toiminnassa. Paalinhallinnan ja varastohallinnan on toimittava sulavasti yhteen. Kehitettäviä kohteita varmasti vielä löytyy ja oli mielenkiintoista olla tutkimassa yhtä ongelmakohtaa ja samalla oppia, mitä kaikkea järjestelmät sisältävät ja millä tavoin sellupaalien kulku varastoon automaattisesti on toteutettu. Tietoa järjestelmissä on paljon tarjolla ja kun se saadaan jalostettua tarpeen mukaan helposti analysoitavaan muotoon, nähdään mitkä asiat aiheuttavat ongelmia. Järjestelmistä kerätyt tiedot helpottavat löytämään ongelmien

juurisyitä ja ovat tärkeä osassa, kun kehitetään uusia ratkaisuja, joilla ongelmia voidaan korjata.

Kiitokset kaikille opinnäytetyöprosessissa mukana olleille yhteistyötahoille. Opinnäytetyön, kolmivuorotyön ja perhe-elämän yhteensovittaminen vaati paljon ymmärrystä myös perheeltäni, joten iso kiitos heille saamastani tuesta.

9 Lähteet

Berg C.-G. 2011. Pulp drying principles and applications. Julkaisussa Chemical Pulping: Fibre Chemistry and Technology. Papermaking science and technology. Book 6 part 1. 2 painos. Toim. P. Fardim. Porvoo: Paperi ja Puu. s. 602-674.

Biotuotetehtaan yleisesitys. 2020. Powerpoint-esitys. Viitattu 1.6.2020. Metsä Fibren tietokanta

Happidelignifionti-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 3.5.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/5_oxygen/frame.htm

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Kangasniemi: Sho Business Development.

Jälkikäsittelyn hallinta. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 12.7.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/finishing/4_baling_line/3_control/frame.htm

Jälkikäsittely-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 12.7.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/7_2_finishing/frame.htm

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kuivatus-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 5.5.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/7_1_drying/frame.htm

Liiketoiminta-alueet. N.d. Metsä Fibren verkkosivuilla. Viitattu 1.6.2020 <https://www.metsagroup.com/fi/liiketoiminta-alueet/Pages/default.aspx>

Maailman ensimmäinen automatisoitu sellun jakelukeskus Metsä Groupin Äänekosken biotuotetehtaalle. 2015. Tiedote. Stt Infon verkkosivuilla. Viitattu 27.9.2020. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/maailman-ensimmainen-automatisoitu-sellun-jakelukeskus-metsa-groupin-aanekosken-biotuotetehtaalle?publisherId=35749007&releaseId=35749021>

Metsästä maailmalle. N.d. Metsä Groupin verkkosivuilla. Viitattu 1.6.2020. <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx#Metsst-maailmalle>

Mielonen, P. 2020. RFID tietoa opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti 5.5.2020. Vastaanottaja M. Karhila. Materiaalia RFID:stä pdf-esityksen muodossa. RFIDLab Finland ry.

Paalaamon laitteet ja tehtävät. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 14.7.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/finishing/4_balancing_line/2_equipment_function/frame.htm

Paalauksen ohjaus. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 12.7.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/finishing/4_balancing_line/3_control/frame.htm

Paalaus-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 12.7.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/finishing/4_baling_line/1_baling_general/frame.htm?zoom_highlightsub=paalaus

Paalinkäsittelyn prosessikuvaus. 2017. Metsä Fibren sisäinen Valmetin alkuperäisten ohjeiden käännös dokumentti. Viitattu 29.9.2020.

Pesonen, J. 2020. RFID oppimateriaalia. Sähköpostiviesti 6.4.2020. Vastaanottaja M. Karhila. Logistiikan lehtorin RFID oppimateriaaleja pdf-esityksen muodossa Jyväskylän ammattikorkeakoulussa.

Pesu-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 3.5.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/3_washing/frame.htm

Puunkäsittely-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 2.5.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/1_woodhandling/frame.htm

Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa. N.d. Pdf-liite. Sarlin Oy Ab:n verkkosivuilla. Viitattu 13.7.2020. <https://www.sarlin.com/assets/Tuotteet/liitteet/Radiotaajuinen-tunnistus-eli-RFID-teollisuuden-sovelluksissa.pdf>

RFID Applikaattori. N.d. Metsä Fibren sisäinen koulutusmateriaali.

RFID:llä tarkkuutta toimituksiin. N.d. Metsä Fibren verkkosivuilla. Viitattu 12.7.2002. <https://www.metsafibre.com/fi/Arkisto/echo/Pages/RFIDlla-tarkkuutta-toimituksiin.aspx>

Sellun keiton periaate. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 2.5.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/2_cooking/frame.htm

Selluysiköiden RFID-seurantajärjestelmä parantaa jäljitettävyyttä. N.d. Metsä Fibren verkkosivuilla. Viitattu 1.7.2020. <https://www.metsafibre.com/fi/media/Erinomaisuus-ja-Innovaatiot/Pages/Selluysikoiden-RFID-seurantajarjestelma-parantaa-jaljitettavyytta.aspx>

SFS-käsikirja 301-1. RFID. Osa1: Opas. Johdatus tekniikkaan. 2010. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sulfaattisellu (kraft pulp) N.d. Metsäyhdistyksen verkkosivuilla. Viitattu 2.5.2020. <https://smy.fi/sanasto/sulfaattisellu-kraft-pulp/>

Sulfaattisellun valmistus. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 5.5.2020. <http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/kps/ui/process/general/ui.htm>

Valkaisu-tiivistelmä. N.d. KnowPulp - sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Prowledge Oy. Viitattu 5.5.2020. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/pulping/general/6_bleaching/frame.htm