

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / Käyttö ja Käynnissäpito

Joonas Lappalainen

SELLUTEHTAAN PAALAUSSLINJAN HÄIRIÖKARTOITUS

Opinnäytetyö 2013

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

LAPPALAINEN, JOONAS

Sellutehtaan paalauslinjan häiriökartoitus

Insinööri

37 sivua + 3 liitesivua

Työn ohjaaja

Yliopettaja Merja Mäkelä

Toimeksiantaja

Stora Enso Oyj, Sunilan tehdas

Maaliskuu 2013

Avainsanat

häiriö, kartoitus, paalaus, kunnossapito

Yrityksen tavoitellessa häiriötöntä ajotapaa sellun valmistuksessa on tavoitteena myös maksimaalinen tuotantotehokkuus. Tuotantohäviöihin johtaneet jatkuvat häiriöt kuitulinjan paalauslinjalla johtivat pohtimaan häiriökartoituksen muodossa, mitä voisi tehdä toisin ja mitä tämä toisin tekeminen pitäisi sisällään.

Häiriökartoituksella haettiin alueellisesti koko paalauslinjalta kriittisimpiä kokonaisuuksia, jotka aiheuttavat valtaosan tuotannollisista ongelmista paalauslinjalla ja näin ollen vaikuttavat myös koko kuivaussalin tuotannon määrään. Häiriöiden kartoitus päätettiin aloittaa tutkimalla laitekohtaisesti tehdastietojärjestelmien tarjoamia tietoja, jolloin kriittisimmät tekijät saatiin priorisoitua keskeisimmiksi tekijöiksi heti alkumetreillä. Opinnäytetyö edellytti myös yhteistyötä kunnossapidon sekä käyttöhenkilöstön kanssa, jolloin haastattelujen muodossa sai jo tehdastietojärjestelmien kautta diagnosoituille häiriötekijöille vahvistavaa palautetta ja informaatiota.

Työ osoitti häiriökartoituksen valmistuttua, että jo ennalta tiedetyt pullonkaulat paalauslinjalla tulevat vaatimaan jatkossakin eniten kunnossapidollista huomiota, niin ennalta ehkäisevän kunnossapidon muodossa, kuin korjaavan kunnossapidon muodossa. Laadittu häiriökartoitus antoi faktoihin perustuvan pohjan kriittisimmille kohteille. Näiden ongelmakohtien kehitys helpottuu jatkossa tiedettäessä laitekokonaisuuksien kokonais- ja positiokohtaiset häiriömäärät yhden kokonaisen kalenterivuoden ajalta. Tuloksien perusteella tehtiin useita kehitysehdotuksia koskien pääsääntöisesti työn esille tuomia kriittisimpiä ongelmallisia kohteita paalauslinjalla.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

LAPPALAINEN, JOONAS

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2013

Keywords

Failure mapping of the Pulp Mills Baling line

37 pages + 3 pages of appendices

Merja Mäkelä, Principal Lecturer

Stora Enso Oyj, Sunila pulp mill

failure, mapping, baling, maintenance

While the company is trying to reach the undisturbed and failure free process the goal is also to maximize the cost-effectiveness of the whole process. Consecutive and well known process failures in the baling line, which have been leading to unwanted production losses, were the main reason that gave an idea for failure mapping.

The aim of this thesis was to think what could be done differently in the baling line and what this doing differently would actually consist of by means of failure mapping. The primary goal was to get a wider view about the most problematic parts in the baling line, which has been causing unnecessary failures and production losses, and to try to focus maintenance operations to these causes in the future.

It was decided to start failure mapping task by tabulating individual devices by tag numbers from Sunila's own process information system called ProAlarm. The main idea of this procedure was that the separate failures would form bigger groups. These entities formed around different main processes, and then the actual problematic results could be seen. Making this thesis demanded much co-operation with production and maintenance personnel.

This thesis reaffirmed many pre-known problematic and critical issues in the baling line which are going to need a lot of attention in the future from maintenance and production personnel. A few development recommendations were made related to failure mappings conclusions.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	SELLUN VALMISTUS KUITULINJALLA	2
	2.1 Sellun keitto	2
	2.2 Pesu ja lajittelu	4
	2.3 Happivalkaisu ja happidelignifointi	5
	2.4 Valkaisu	6
	2.5 Sellun kuivatus	6
3	HÄIRIÖIDEN KARTOITUS OSANA EHKÄISEVÄÄ KUNNOSSAPITOA	7
	3.1 Kuntoon perustuva kunnossapito	8
	3.2 Jaksotettu kunnossapito	9
	3.3 Korjaava kunnossapito	10
4	TUOTANTO PAALAUSSLINJALLA	10
	4.1 Paalauslinjan osaprosessit	11
	4.2 Häiriötilanteet	17
	4.2.1 Mekaaniset häiriöt	17
	4.2.2 Automaatioon pohjautuvat häiriötilanteet	18
5	TIEDONKERUU PAALAUSSLINJAN HÄIRIÖTILANTEISTA	19
	5.1 Laitekohtaisen häiriöhistorian selvitys tehdastietojärjestelmiä käyttäen	19
	5.2 Laitekohtaisen häiriöhistorian selvitys kuukausitasolla	25
6	KEHITYSKOhteet	29
	6.1 Unitizer-suurpaalisitojan jälkeinen keräilykuljetin	29
	6.2 Käärekoneen kääreensyöttöongelma	31
	6.3 Käärekoneen käärepaperirullien akselien konstruktio	32
	6.4 Muita kehityskohteita paalauslinjalla	32
7	YHTEENVETO	34

LIITTEET

Liite 1. Paalaamon muutos osaprosesseittain

Liite 2. Paalaamon muutos

Liite 3. ProAlarm-taulukko

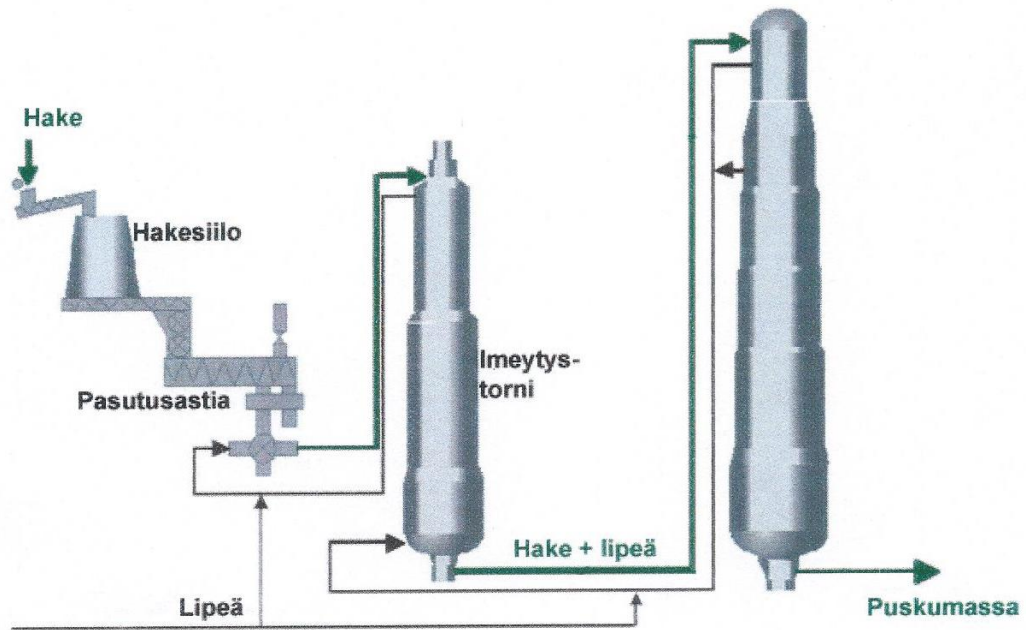
1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Stora Enson Sunilan sellutehtaalle. Tarkoituksena on kartoittaa ja selvittää häiriötilanne paalauslinjalla. Työssä paneudutaan erityisesti jo tiedettyihin ongelmakohtiin, kuten käärimän sektoriin sekä Unitizer-suurpaalisidontaan. Tämän pohjalta pohditaan, kuinka kehityskohteisiin kohdistetulla kunnossapidollisella toiminnalla ja mahdollisilla investoinneilla saataisiin minimoitua kuivaussalin tuotannolliset häviöt, jotka aiheutuvat paalauslinjan ongelmien vuoksi. Työllä pyritään vaikuttamaan ensisijaisesti paalauslinjan tuotantotehokkuuden parantamiseen kohdistamalla kunnossapitoresursseja työn perusteella ilmenneisiin primäärisiin kohteisiin ja näin ollen myös taloudellisten menetysten minimointiin.

Häiriökartoituksen laatiminen on ajankohtaista ja tärkeää ottaen huomioon tulevat muutokset erityisesti tuotanto-organisaatiossa, jolloin huomattava osuus tuotannon tieto-aidosta siirtyy eläköitymisten mukana pois yrityksen käytettävistä. Häiriökartoituksen rooli tulevaisuuden henkilöstön kannalta on edesauttaa työkohteeseen ja tavanomaisiin ongelmatilanteisiin perehdyttämisessä. Uuden tuotanto- ja kunnossapitohenkilöstön on huomattavasti helpompi päästä käsiksi ennalta laaditun häiriökartoituksen perusteella suurinta kunnossapidollista ja käytettävyyden kannalta eniten huomiota vaativiin tekijöihin.

Laadittu häiriökartoitus tuo myös yhteneväisyyttä kunnossapidon ja tuotannon henkilöstön välille, jolloin käyttökokemuksiin perustuvat kunnossapidolliset huomiot tulevat vertailluksi kunnossapitosuunnitelmien kanssa. Tällöin voidaan mahdollisesti kehittää myös alati tapahtuvaa laitteiden huolto- sekä korjaustyötä ja kohdistaa resursseja kriittisimpiin tuotannon jatkuvuuden takaaviin tekijöihin. Tällaisia ovat muun muassa epäsäännöllisesti mekaanisesti kuluvat toimilaitteiden osat, joiden kulumia voi olla vaikea ennakoida ehkäisevän kunnossapidon kannalta.

Häiriökartoituksen laatiminen Sunilan sellutehtaalle edellyttää yhteistyötä Stora Enson paikallisen kuitulinjan ylimestarin, käyttöinsinöörin, paalauslinjan laitetoimittajien (VOITH, entinen PUKERO), kuivaussalin käyttöhenkilöstön ja Empowerin kunnossapidon kanssa. Heidän kaikkien omien tehtävien ja osaamisalueiden edellyttämä ammattitaito tuo työhön monia eri näkemyksiä ja näin ollen eri perspektiivejä lähestyä häiriökartoitusta.



Kuva 2. Kaksiastiakeitin (1, Keitto)

Keittoprosessi (Kuva 2.) aloitetaan hakkeen syötöllä hakesiiloon, jossa hake esilämmitetään höyryllä ja syötetään matalapainesulkusyöttimen kierroslukusäätöisen hakeruuvien kautta. Matalapainesulkusyöttimen eli matalapainekiikin tehtävänä on estää pasutushöyryn poistuminen pasutusastiasta haketta samalla syöttäen. Pasutuksen primäärinen tavoite osaprosessina on poistaa ilmaa hakkeesta ja sen esilämmittäminen tarvittavaan lämpötilaan. (3, 88)

Hakkeen ja lipeän syöttö imeytystorniin tapahtuu korkeapainesulkusyöttimen eli korkeapainekiikin avulla, jolla lipeä puretaan tasaisesti syöttäen syöttökaulan kautta korkeapainekiikin lokeroihin. Lipeä imetään korkeapainekiikin pohjasta kaulakierron pumpulla sihdin läpi syöttökaulalle. Kaulakierron imeyttimeen hake ja lipeä syötetään huippukierron pumpulla, joka on osa korkeapainekiikin ja imeyttimeen välistä kiertoa, eli huippukiertoa (3, 88)

Imeytystornista hake ohjataan keittimen siirtokiertoon keittimeltä tulevalla siirtolipeällä. Siirtokierrolla hake saadaan keittimen yläruuville ja sieltä keittimeen. Varsinaisessa keittoprosessissa keittimen lämpötilaa säädetään höyryllä ja keittopainetta rajoitetaan, jotta paine pysyisi halutulla keittoprosessin vaatimalla tasolla. (3, 89)

2.2 Pesu ja lajittelu

Ruskean massan pesu on sellun keiton jälkeen seuraava vaihe kuitulinjan pääprosesseista. Massan pesun primäärinen tavoite on puhdistaa massa mahdollisimman tehokkaasti jatkokäsittelyjä varten ja sekundäärisenä tavoitteena pesulla on muodostuneen jäteliuoksen talteenotto jatkojalostusta ja polttoa varten. Jäteliuoksen talteenotto mahdollistaa myös arvokkaiden kemikaalien regeneroinnin, josta muodostetaan lipeälinjalta uudelleen käytettävää valkolipeää keittokemikaaliksi energiantuotannon ohella. (1, Pesu)

Massan pesun keskeisimmät syyt jatkokäsittelyn kannalta:

- valkaisemattoman sellun ja keittoliemen erotus
- kemikaalimäärien alentaminen valkaisussa
- massan käsiteltävyyden paraneminen
- ympäristön kannalta haitallisten päästöjen väheneminen. (1, Pesu)

Massan varsinainen pesu tapahtuu kahdella DD-pesurilla (drum displacer) vastavirtapesuperiaatteella, jossa pesuvesi kulkee vastavirtaan massaan nähden. Vastavirtaperiaatteella pesun toteutus toimii optimaalisesti, jolloin likainen pesuvesi siirretään kohti likaisempaa massaa, toimintaperiaate säästää huomattavasti puhtaiden pesuvesien varantoa. (4, 36)

Massan pesuun vaikuttavia tekijöitä on esiteltyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Massan pesun tehokkuuteen vaikuttavat tekijät (4, 30)

Massakuidun laaturakenne	- keittoprosessi - massan kovuus - massan freeness
Pesunesteen syöttötapa	- lämpötila - syötön jaon laajuus ja jakauma massan pinnalle - pesun tyyppi
Massakerrosformaatio pesussa	- pesun täyttöaste - allasakeus rumpupesunissa - rummun pyörimisnopeus pesurialtaassa
Laitoksen käyttöparametrit	- laimennustekijä - massan lämpötila - massan ilmasäilytys - nestefaasin kiintoaine (liquid solids level) - seulontatapa - likaantuminen eri prosessiosissa

Massan lajittelu on olennainen osa sellunkeiton jälkeistä osuutta, jossa pestystä massasta pyritään poistamaan oksanerotuksella ja 3-portaisella rakolajittelulla lopputuotteen kokonaisvaltaista laatua heikentäviä partikkeleita. Massan mukana tulevista ja poistettavista raaka-aineperäisistä epäpuhtauksista yleisimpiä ovat:

- oksat
- tikut
- kuoriperäiset roskat. (1, Lajittelu)

Lajittelulla pyritään myös poistamaan prosessille haitallisia ja sinne täysin kuulumattomia epäpuhtauksia kuten muoveja, jotka ovatkin prosessin ja jatkojalostettavuuden kannalta kaikkein haitallisimpia partikkeleita prosessissa. (1, Lajittelu)

2.3 Happivalkaisu ja happidelignifointi

Happidelignifointi on ligniinin poiston suhteen jatkoa sellun keitolle menetelmällä, jolla ligniiniä voidaan poistaa kuidun rakennetta pilkkomatta. Keittovaiheessa kappaluku joudutaan jättämään korkeammalle kuin se olisi teoreettisesti mahdollista sillä edellytyksellä, että saanto pysyy huomattavasti parempana. Sunilassa käytössä oleva happidelignifointi kaksireaktorisine happivaiheineen hapettaa ja liuottaa ligniiniä al-

kaliin liuotettavaan muotoon, poistaa haitallisia aineita ja valkaisee massaa. (1, Happidelignifiointi)

Happidelignifioinnilla on suuri vaikutus ympäristön suhteen, sillä happidelignifiointi vähentää oleellisesti jatkojalostuksessa (valkaisu) käytettävien valkaisukemikaalien määrää sekä lisää soodakattiloille poltettavaksi menevän jäteliemen määrää, joten kemikaalien regenerointiprosessi ja energiantuotantokin tehostuu. (1, Happidelignifiointi)

2.4 Valkaisu

Sellun valkaisun oleellisimpänä tehtävänä on parantaa massan laatua ja vaalentaa massaa. Sellu valkaistaan yleensä valkaisulla, jonka tavoitteena on poistaa ligniiniä. Sellun keiton jäljiltä jäänyt jäännösligniini on yksi eniten massan tummaa väriä aiheuttavista tekijöistä. Ligniiniä poistavan valkaisun suurimpia etuja on vaaleuden parempi pysyvyys sekä se, että jälkivärjäytyminen on huomattavasti vähäisempää kuin ligniiniä säästävässä valkaisussa. (1, Valkaisu) Sunilassa pestyn massan valkaisu tapahtuu neljässä eri kemiallisessa vaiheessa. Vaiheet suoritetaan reaktoreittain eri vaiheissa sillä valkaisu yhdessä vaiheessa ei ole kannattavaa. Käytettävän valkaisuprosessin vaiheet ovat:

- **D0** alkuvalkaisuvaihe, klooridioksidi
- **EOP1** ja **EOP2** alkalivaihe, tehostettu hapella ja peroksidilla
- **D1** loppuvalkaisuvaihe
- **PO** alkalivaihe, peroksidi.

(5; 1, Valkaisu)

Valkaisuprosessin aikana massaa pestään eri osaprosessien välillä, jotta valkaisu sujuisi mahdollisimman optimaalisesti eri reaktorivaiheiden jäljiltä. Valmis valkaistu massa pumpataan suureen massatorniin, josta valkaistu massa on valmista sellun kuivatusta varten.

2.5 Sellun kuivatus

Sellun kuivatus kuivaussalissa on kuitulinjan pääosa-alueista viimeinen, ja sen ensisijaisena tehtävänä on nestemäisessä muodossa olevan sellumassan kuivatus kahden

erillisen kuivatuskoneen avulla. Kuivaussalin prosesseihin kuuluu myös kuivan massarainan arkitus ja paalien muodostus paalauslinjalla.

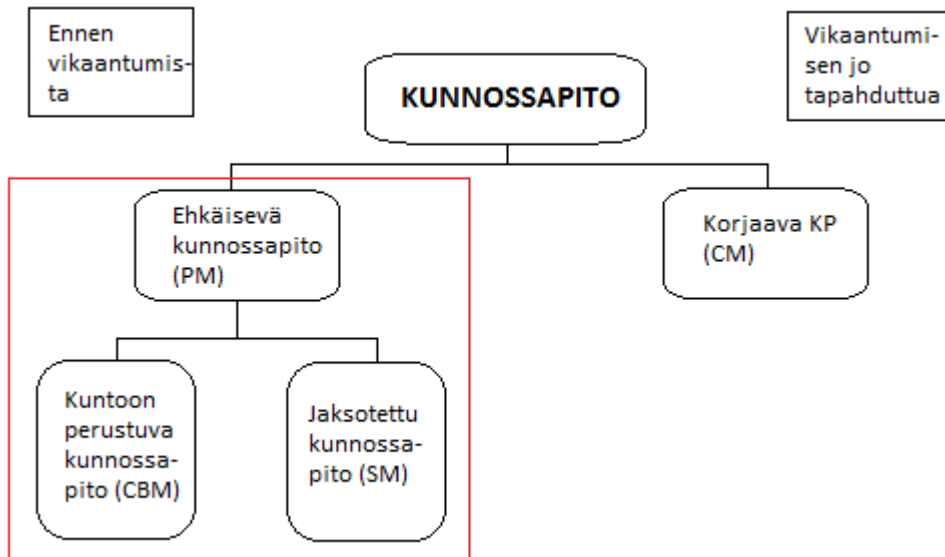
Sellu kuivatetaan lopulliseen kosteuteensa kuivauskaapeissa. Kuivauskaappien avulla massarainasta saadaan suurin osa vedestä haihdutettua pois rainaan johtuvan lämmön ansiosta. Oleellisin syy sellun kuivatukseen on pidentyneet kuljetusmatkat niin ulkomaille menevän vientisellun, kuin kotimaan markkinoille jäävän sellun osalta. Liiallinen kosteus lopullisessa tuotteessa aiheuttaa sellun pilaantumista ja altistaa sellun mikro-organismeille. (12, 11) Suuri syy kuivatukseen sellun säilymisen lisäksi on kustannustehokkuus. Vettä ei ole logistisesti eikä taloudellisestikaan järkevää kuljettaa pitkiä matkoja.

Sunilassa sellun kuivatukseen käytetään kahta eri kuivatuskonetta sekä kahta eri kuivauskaappityyppiä. Kuivatuskone 4 (KK-4) on tasoviirakone yhdistettynä sylinterikuivauskaappiin. KK-4 koostuu viiraosasta (suurin osa vettä poistuu viiralla), höyrylaatikosta sekä puristinosuudesta, joka pitää sisällään 4 puristinparia veden poistoon tarkoitettuihin huopineen. Puristimien jälkeen massaraina siirtyy sylinterikuivauskaappiin (höyrylämmitteiset kuivaussylinterit), jossa lopullinen kuivuusaste saavutetaan ennen arkitusta.

Kuivatuskone 6 (KK-6) on toimintaperiaatteeltaan melko erilainen kokonaisuus kuin KK-4. KK-6 on nykyään jo harvinaislaatuisempi Kamyra, joka on imusylinteritoiminen kuivatuskone yhdistettynä leijutusilmakuivaimeen. Imusylinterikuivatuskoneen toiminta perustuu pyörivään imusylinteriin, jossa suurin kosteus poistetaan imusylinterin viiraosuudella, josta massaraina ajetaan kolmen puristimen läpi verrattain paksuna ratana leijutusilmakuivauskaappiin (airbourne dryer). Kuivauskaapista tullessaan massaraina leikataan arkeiksi samoin kuin KK-4 tapauksessa.

3 HÄIRIÖIDEN KARTOITUS OSANA EHKÄISEVÄÄ KUNNOSSAPITOA

Kriittisten prosessihäiriöiden kartoittaminen ja jaottelu ongelmakokonaisuuksittain on suuri ensiaskeleksi kohti tuotantotehokkaampaa ajomallia, jossa ennaltaehkäistävissä olevat ja täten myös tarpeettomat häiriöt saadaan kitkettäväksi pois. Avaimena häiriöiden minimoimiseen toimii ennakoiva huoltaminen ehkäisevän kunnossapitomallin mukaisesti.



Kuva 3. Kunnossapitolajit (muokattu lähteestä 11, 47)

Ehkäisevän kunnossapidon ensisijainen tavoite on vähentää tiedostettujen kohteiden vikaantumistodennäköisyyttä tai suorituskyvyn alenemista. Paalauslinjan tapauksessa ensisijaisen tärkeitä kohteita lähdettiin selvittämään häiriökartoituksen voimin, jolla tarkoituksena oli selvittää tärkeimmät ehkäisevää kunnossapitoa vaativat kohteet tuotannon ylläpitämisen kannalta. Käyttöhenkilökunnan kannalta oleellisimpia tehtäviä ehkäisevän kunnossapidettävyyden kannalta ovat: (11, 50)

- kunnonvalvonta kenttätöiden yhteydessä
- käynninvalvonta
- vuorovaikutus kunnossapitohenkilöstön kanssa alkavissa vikaantumistapauksissa. (11, 50)

3.1 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuva kunnossapito tarkoittaa kohteen seuraamista, jota tehdään aikataulutusti, taukoamatta tai kohteesta riippuen vain vaadittaessa. Epätasaisilla kuormilla ja käyttöajoiltaan vaihtelevilla kohteilla aikataulutettu kunnonvalvonta ei välttämättä ole paras mahdollinen ratkaisu, ellei täysin varmasti tiedetä kohteen takuuarvoa toiminta-aikaa. Kuntoon perustuvan kunnossapidon keskeisimpiä tarkastelukohteita ovat muun muassa:

- kohteen suorituskyky

- kohteen suorituskyvyn trendit sekä muut parametrit
- kohteen silmämääräinen suorituskyky. (11, 52)

Paalauslinjalla kuntoon perustuva kunnossapito toteutuu käytännössä hieman vaihtelevasti tehtaan omien tuotantotyöntekijöiden ja Empower Oy:lle ulkoistettujen kunnossapitotyöntekijöiden välillä. Alkavia vikaantumistapauksia havaitaan käyttöhenkilöstön puolesta lähes päivittäin. Osalle diagnosoiduista ja ilmoitetuista vioista tehdäänkin tarvittavat ennakoivat huoltotoimenpiteet, jotta suuremmilta vikaantumistapauksilta vältyttäisiin, mutta kunnossapitohenkilöstön ajoittaisen henkilöstömäärän kapasiteetin puutteen puolesta monet havainnoidut viat jäävät huomiotta.

Kunnossapitämättömyys vaihtelevien syiden vuoksi johtaa monesti niin sanottuun Run To Failure (RTF) tilanteeseen, jossa kohde ei kuulu varsinaisen ehkäisevän kunnossapidon piiriin vaan sille tehdään ainoastaan normaalit huoltotoimenpiteet määrättyinä aikoina ja käyttöhenkilöstön tehtäväksi jää näin ollen käynnin seuraaminen. Koneen vikaantuessa toimintakyvyttömäksi suoritetaan välittömästi joko korjaavat toimenpiteet tai vaihdetaan kone kokonaan. Esimerkkinä tästä toimii monesti pienet sitomakoneet, joiden tapauksessa vain vähän voidaan tehdä ajojen aikana ja laitteen rikkoutuessa toimintakyvyttömäksi se korvataan toimivalla. (11, 48)

3.2 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotetulla kunnossapidolla saadaan käyttövarmuutta huomattavasti paremmaksi verrattuna kunnossapitoon, jota tehdään vain vaadittaessa. Jaksotetun kunnossapidon toimintaperiaatteella saadaan kohteiden vikaantumismahdollisuudet pienennettyä arvioitujen huoltovälien avulla. Jaksotetulla kunnossapidolla tarkoitetaan käytännössä tietyin väliajoin toimintakyvyn palauttamista mahdollisimman hyväksi, jotta prosessin toimintakyky säilyisi seuraavaan määräaikaan asti. (11, 52)

Paalauslinjalla jaksotettua kunnossapitoa toteutetaan vientilinjan viikoittaisen huoltopäivän muodossa, jossa suoritetaan tarvittavat määrätty toimenpiteet sekä havainnointien mukaan muutkin oireilevat kohteet. Huoltoaika vientilinjalla on kuitenkin rajallinen, joten perusteellisia suurkorjauksia ei määrätyn ajan puitteissa yksinkertaisesti pystytä toteuttamaan.

3.3 Korjaava kunnossapito

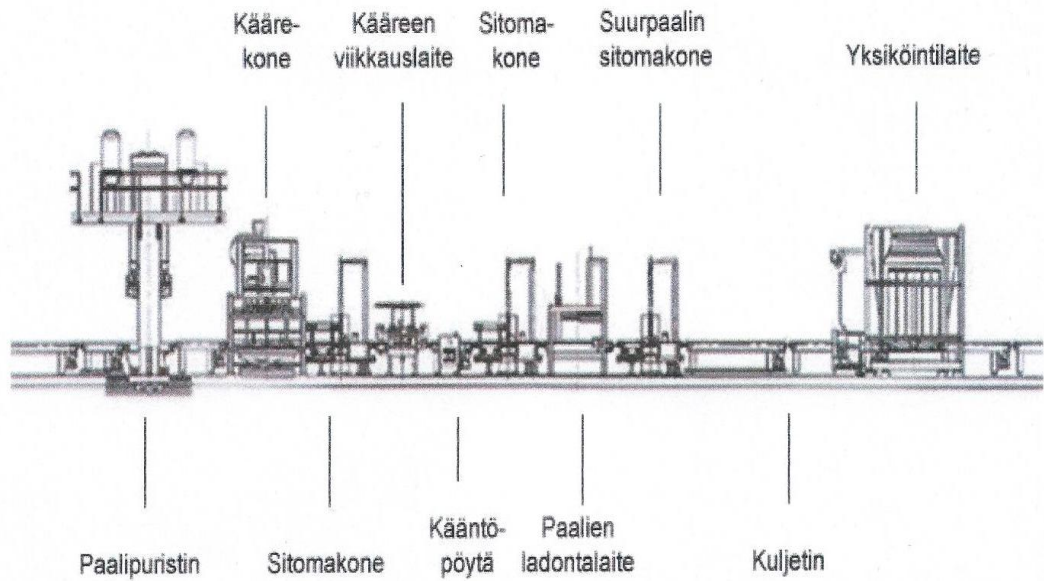
Laadittaessa häiriökartoitusta paalauslinjasta pyritään samalla tutkimaan ja selvittämään, kuinka tuotannollisia tappioita aiheuttavat ja korjaavaa kunnossapitoa tarvitsevat häiriöt voitaisiin minimoida ja osittain jopa välttää kokonaan. Korjaavan kunnossapidon osuutta vähentämällä ja ehkäisevän kunnossapidon osuutta nostamalla taloudellisten säästöjenkin saavuttaminen olisi hyvin todennäköistä, sillä laiterikoista johtuvat pulpperikierrätykset tuotannon menetyksen muodossa eivät ole kovinkaan tavattomia paalauslinjalla. Korjaavan kunnossapidon tarpeen ilmaantuessa oleellisimpia tehtäviä kunnossapitohenkilökunnan osalta ovat:

- vian määrittäminen
- ilmenneen vian paikallistaminen
- korjaus tai tilanteen mukaan väliaikainen korjaus.

Ajoittain kunnossapidon sekä käyttöhenkilöstön kannalta tilanteen tekee ongelmalliseksi lukuiset eri häiriövariaatiot kohteesta riippuen, joten vian paikallistaminen häiriötilanteissa saattaa johtaa odotettua pidempään huoltokatkokseen vian paikallistamisen johdosta.

4 TUOTANTO PAALAUSSLINJALLA

Kaikkiaan paalauslinjalla on kolme eri linjaa, jotka ovat kuivatuskone 4:n (KK-4) suurpaalilinja (kotimaan tuotanto), kuivatuskone 6:n (KK-6) suurpaalilinja (kotimaan tuotanto) ja yhteinen käärintälinja KK4:lle ja KK-6:lle. Paalauslinjan varsinainen käyttötarkoitus on käsitellä kuivatuskoneilta tulevat 250 kg:n arkipinot tilausten mukaisilla menetelmillä. Läpimenoprosessi vaihtelee konekohtaisesti ajatun laadun mukaisesti kahdella linjastolla: Kotimaan linjastojen tuotanto ajetaan läpi kääreittä ja 2,9 mm:n langoin. Vientilinjaston kautta kulkeva tuotanto ajetaan kääreellisinä vientiyksiköinä sidottuna 2,3 mm:n langoin sekä lopuksi 3,0 mm:n vientiyksikkölangoilla.



Kuva 4. Paalauslinjan periaaterakenne (1, Paalauslinja; Liite 1; Liite 2)

4.1 Paalauslinjan osaprosessit

Arkkien leikkaus on ensimmäinen vaihe paalauslinjan prosesseista, jossa kuivatuskoneilta tuleva raina leikataan arkeiksi. Arkkien leikkauksessa on kaksi eri vaihetta, jossa ensimmäisessä vaiheessa raina ajetaan halkileikkuuterien läpi, jolloin muodostuu leveyssuunnassa viisi saman leveyksistä massanauhaa. Halkileikkuuterät ovat molemmissa kuivatuskoneissa (KK-4 ja KK-6) samanlaiset. (7, Arkkileikkuri)

Toisessa vaiheessa tämä halkileikattu massaraina ajetaan poikkileikkurin läpi, jolloin paalipöydälle muodostuu viisi kappaletta 250 kg:n painoisia neliskulmaisia paaleja. Poikkileikkurit eroavat toisistaan siten, että KK-4:n poikkileikkuri on kaksiteräinen nopeamman koneen vauhdin takia ja KK-6:n poikkileikkuri toimii yhdellä terällä koneen hitaammasta ajonopeudesta johtuen. (7, Arkkileikkuri)



Kuva 5. Rainan halkileikkuu

Paalien puristus on paalauslinjalla järjestyksessään toinen osaprosessi, heti arkeiksi leikkuun jälkeen. Paalipuristin puristaa yksittäiset paalit halutun korkuisiksi, huomattavasti tiiviimmiksi sekä muodoltaan lähes suorakulmaisiksi. Puristus tapahtuu kaksitoimisen hydraulisynterin avulla, ja mäntää alaspäin painamalla saadaan tarvittava puristusvoima kohdistettua paaliin. Paalauslinjalla on molemmille kuivatuskoneille omat paalipuristimensa, joiden toimintaperiaatteet ovat samat. Ainoana erona, että KK-4:n tulevat arkit ovat sileäpintaisia ja ohuempia, kun KK-6:n koneen arkit ovat huomattavasti paksumpia ja rihlattuja, joten vaadittu puristusvoima voi ajoittain vaihdella puristimien välillä johtuen edellä mainituista seikoista sekä arkkien kuiva-aineen mukaan. (7, Paalipuristin)



Kuva 6. KK-6 paalipuristin

Käärintä on paalauslinjan vientilinjan ensimmäinen osaprosessi johon kuuluu käärekone sekä paalileimasin. Käärekoneella jokainen paali kääritään tarkoituksenmukaiseen koneen syöttämään käärepaperiin. Itse käärintä tapahtuu logiikan mukaisella käärintäsekvenssillä, jonka oleelliset osiot ovat:

- kääreen syöttö syöttötelan ja painopyörästön muodostamalla nipillä
- kääreen leikkaus vastateräperiaatteella teräpalkilla sekä paineilmatoimisella leikkuuterällä
- kääreen rullaus vetotelalle
- nosto-, sivu- ja läpiajokuljettimen toiminta. (7, Käärekone)

Käärekoneelle voidaan ajaa samanaikaisesti tuotantoa molemmilta kuivatuskoneilta (KK-4 ja KK-6) tahdistettuna eli yksi vientiyksikkö kerrallaan, joka pitää sisällään kahdeksan saman koneen paalia. Jokaisen läpi menneen vientiyksikön jälkeen vuoro siirtyy automaattisesti toiselle koneelle, mikäli kyseisen koneen odotuskuljettimilla on valmiina tahdistetun ajon vaatimat kahdeksan paalia syötettäväksi. Kyseisellä vuoro-vausperiaatteella paalien syöttö vientilinjalle käy tasaisesti molemmilta koneilta, eikä ruuhkautumisen aiheuttamia tuotantohäviöitä normaalitilanteissa tule. (7, Käärekone)

Tahdistamaton ajo käärekoneella on mahdollista ainoastaan tilanteessa, jolloin toisella koneella ajetaan kotimaista tuotantoa ja vain toinen kone syöttää paaleja vientilinjalle. Tällöin odotuskuljettimilla vaadittu paalimäärä on neljä paalia, jolloin syöttö käärekoneelle alkaa. Käärekoneella suoritetaan myös vientilinjalle syötettävien paalien laskeinta konekohtaisesti suuryksiköittäin 0 ... 32 sekä konekohtaisesti syötettyjen paalien määrä yksiköittäin 0 ... 8. (7, Käärekone)



Kuva 7. Käärekone

Paalileimasin sijaitsee käärekoneen läpiajokuljettimen loppupäässä. Leimasimella merkitään paaleihin ajettu laatu, monesko tunnin sisällä ajettu suuryksikkö sekä aikamääreet.

Viikkausprosessi tapahtuu automatisoidusti paalin käärittämisen jälkeen. Käärityt paalit käännetään nostopöydällä 90° mahdollistaen käärityn paalin avoimien päiden taittelun sivu-, ala- ja yläviikkaimilla, jolloin vientipaalista saadaan käärepaperin osalta valmis siisti paketti. (7, Viikkain)



Kuva 8. Viikkaus

Ladonta suoritetaan latojilla, jotka pinoavat aina neljä paalia päällekkäin kotimaan linjalla sekä vientilinjalla. Molemmilla koneilla (KK-4 ja KK-6) kotimaan linjaston kautta ajettaessa latoja sijaitsee suoraan puristimien jälkeisten valintakuljettimien jatkeena. Vientilinjan latoja sijaitsee jälkimmäisen Cranstonin sitojan jälkeen. (7, Latoja)

Sidonta tapahtuu paalauslinjalla sitomakoneilla, joita on kolmea eri tyyppiä käyttötarkoitusten mukaisesti. Vientilinjalla sitomakonetyyppejä on kaksi. Vientilinjan yksittäiset paalit sidotaan joko kahdella tai neljällä halkaisijaltaan 2,3 mm olevalla langalla ajetusta laadusta riippuen. Edellä mainittuja Cranstonin pieniä sitomakoneita on kaksi kappaletta, yksi ennen viikkausta ja yksi viikkauksen jälkeen. Jälkimmäinen sitomakone on poikkeuksetta ajossa, mutta ensimmäinen voidaan ohittaa ajettaessa 2-lankaista vientilaatua. (7, Pienpaalin sitomiskoneet)



Kuva 9. Pieni 2,3 mm:n sitomakone

Vientilinjan toinen sitomakonetyyppi on Cranstonin suurpaalisitoja eli Unitizer. Suurpaalisitojalla yhdellä kerralla sidottavien paalien määrä on kahdeksan, eli kaksi neljän paalin nippua vierekkäin (yhteensä 2000 kg). Tästä syystä Unitizerillä käytetty lanka on halkaisijaltaan 3 mm ja sitä sidotaan seitsemän kierrosta paalinipun ympäri. Lankojen sidontatiukkuutta tehostetaan puristamalla paaliyksikköä sivuilta sekä päältä ennen langan kiristystä, jotta kaikki ylimääräinen löysä saadaan pois. Tämä on lankojen kestävyuden kannalta oleellinen osuus, sillä lankojen tulee kestää lastatessa koko yksikön paino. (7, Unitizer)



Kuva 10. Unitizer-suurpaalisitoja

Kolmas paalauslinjalla käytetty sitomakonetyyppi on kotimaanlinjan suurpaalisitoja, jonka tehtävänä on sitoa kotimaan linjalta tulevia neljän paalin yksiköitä halkaisijaltaan 2,9 mm:n langalla. (7)

4.2 Häiriötilanteet

Valtaosa kaikista paalauslinjan häiriöistä on tuotannon määrään vaikuttamattomia tai aiheuttavat vain pieniä viivästyksiä eri osaprosessien välille, joten varsinaisia tuotannollisia tappioita ei pääse syntymään. Edellä mainituista verrattain pienistä ja joskus jopa varsin merkityksettömistäkin häiriöistä poiketen paalauslinjalla esiintyy myös monia tuotannollisia menetyksiä aiheuttavia häiriötekijöitä niin mekaanisen kuluminen, että myös automaatiohäiriöiden vuoksi.

4.2.1 Mekaaniset häiriöt

Mekaanista kulumista ja täten myös vikaantumista tapahtuu paalauslinjalla taukoamatta jatkuvan suuren rasituksen johdosta. Monet poikkeuksellisen nopeasti ilmaantuvat vikaantumistapaukset johtuvat verrattain suuresta tuotantomäärästä ottaen huomioon paalauslinjan mitoituksen ja läpäisykyvyn, jotka ovat alun perin kaavoitettu huomattavasti pienemmälle tuotannolle. Edellä kuvatussa tapauksessa viitataan erityisesti vientilinjastoon. (8)

Vientilinja onkin muodostunut viime aikoina ajoittain pullonkaulaksi vientituotannon kysynnän noustessa merkittävästi suuremmaksi kuin kotimaan tuotanto. Lähes koko tuotannon kulkiessa hieman alimitoitettun vientilinjaston läpi muodostuu ongelmaksi ajoittain ongelmallinen mekaaninen kunnossapidettävyyden, joka aikaansaa odottamattomia vikaantumistapauksia sekä täten myös tuotannollisia menetyksiä pulpperikierrätyksen muodossa.

Mekaanisen vikaantumisen aiheuttamat häiriötilanteet keskittyvät pääosin käärintien sekä sidonnan yhteyteen (8), ja ne ovat myös määrällisesti sekä ajallisesti suurimmat ongelmat tulkittaessa jokaista paalauslinjan osaprosessia omana kokonaisuutenaan. Käärintien yhdeksi eniten oireilevaksi häiriöksi on tiedonkeruun aikana osoittautunut kääreen repeäminen vetotelalle, jonka aiheuttavia tekijöitä ovat muun muassa leikkauksen huono leikkaus. (9)

4.2.2 Automaatioon pohjautuvat häiriötilanteet

Paalauslinjalla kaikkien osaprosessien kenttälaitteet ovat täysin automatisoituja ja toimivat Siemens S7-300 -logiikkajärjestelmien pohjalta. Varsinaiset logiikkajärjestelmän puutteet ovat tätä työtä tehdessä melko vähäisiä ja pienen merkityksen omaavia seikkoja. Esimerkkeinä logiikkajärjestelmän puutteista, ja näin ollen häiriötä aiheuttavista seikoista paalauslinjalla ovat: (9)

- 'Jumbo-paalien' ajaminen KK-4:n kautta aiheuttaa toistuvasti läpimenohäiriöhälytyksiä Unitizer-Suurpaalisitojan kohdalla, mikäli KK-6 tuotanto ajetaan samanaikaisesti vientilinjan kautta.
- Vientilinjalle ajettut 0-paalit laukaisevat aina hälytyksen käärekoneella. Hälytys pitää sisällään ainoastaan sen, että vientilinjalle syötetty 0-paali on korjattu.
- Paalauslinjalta viikkauksessa tai sitoilla (pienet sitoja) tulevat hälytykset näkyvät Alcontissa OP570 Viikkaukset ja Sidonta-nimikkeellä. Kiireellisessä ongelmatilanteessa voi olla vaikeaa paikantaa hälytyksen alkuperää, kun hälytykseen sisältyy molemmat sitoja sekä viikkaukset. (9)

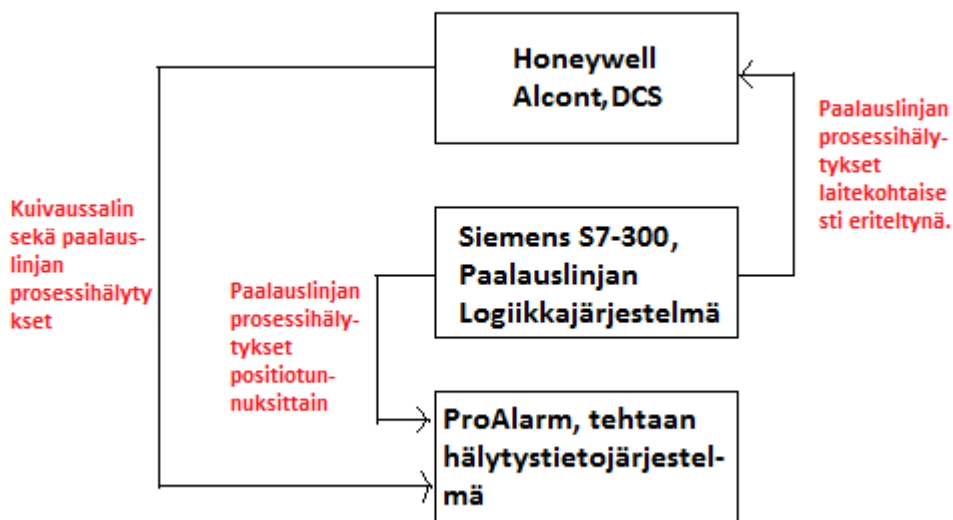
Suurempia sekä myös ajoittain huomattavasti vaikeammin paikannettavia häiriötekijöitä paalauslinjalla ovat rajaviat. Rajaviat ilmenevät eri tavoin osaprosessien eri osaluilla, mutta pääosin vikaantumistapaukset rajakytkimissä aikaansaavat sekvenssien katkeamisia, laskureiden sekaantumisia ja turhia hälytyksiä. Paalauslinjalla käytössä olevia rajatyyppejä ovat:

- induktiiviset tunnistimet
- valokennot. (7)

Monet häiriöt, ja mukaan lukien myös automaatioon suoraan liittyvät häiriöt, ovat osittain tai tapauskohtaisesti jopa kokonaan ennaltaehkäistävissä kunnonvalvonnan sekä käynnissäpidon avulla, joilla tässä tapauksessa viitataan ihmisten toimintaan kentällä työskennellessä. Edesauttavia tekijöitä on jatkuva prosessin tarkkailu sekä käynnissäpidolliset toimet, joita ovat muun muassa kenttälaitteiden sekä valokennojen puhtaanapito paineilman avulla ja revenneiden arkin kappaleiden siivous sekä mahdollinen poisto kuljettimien ketjujen välistä.

5 TIEDONKERUU PAALAUSSLINJAN HÄIRIÖTILANTEISTA

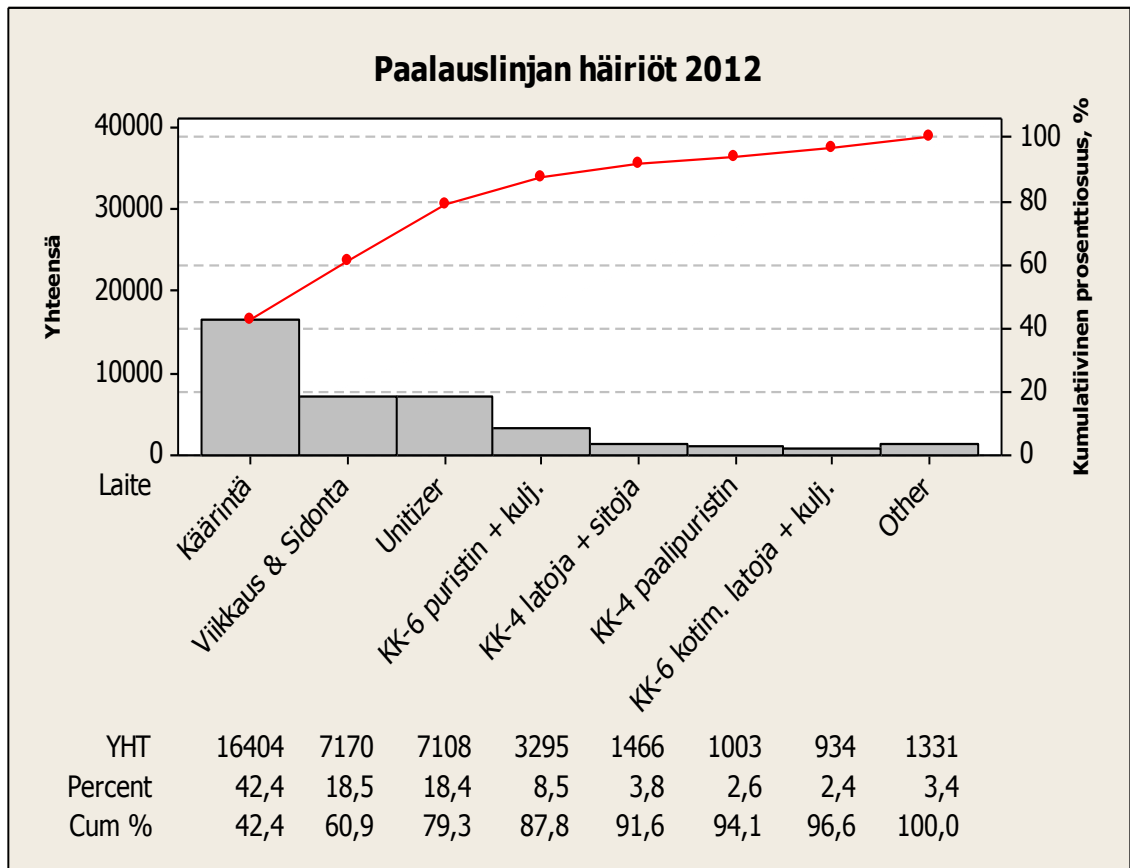
Tiedonkeruu paalauslinjan häiriötilanteista suoritettiin monessa eri vaiheessa ja monella eri tavalla hyödyntäen tehtaan omia resursseja hakemalla häiriöitä käytössä olevasta tehdastietojärjestelmästä, henkilöstöhaastattelujen avulla sekä kunnossapidon vika- ja korjausraporteista. Viimeisenä informaation lähteenä toimi saatujen tuloksien merkityksen vahvistamiseksi häiriöiden sekä osaprosessien kellotus, jotta tuloksille ja eri häiriötyypeille saatiin vankempi realistinen pohja sekä ajallisesti merkityksellimmät häiriöt saatiin selville.



Kuva 11 Ohjausjärjestelmät ja tiedonkeruu

5.1 Laitekohtaisen häiriöhistorian selvitys tehdastietojärjestelmiä käyttäen

Tiedonkeruu tehdastietojärjestelmiä käyttäen painottui pääosin ProAlarm-hälytystietojärjestelmään, josta saatiin haettua koko vuoden ajalta positiotunnuksittain paalauslinjan kaikki hälytykset. Hälytykset Excel taulukoitiin (Liite 3), joiden perusteella kerättyjen tietojen perusteella laadittiin *käyttöinsinööri Henrik Antilan* kanssa MiniTab16-ohjelmalla graafiset esitykset Pareto-analyysiä hyödyntäen koko paalauslinjan kattavalla tasolla sekä myös laitekohtaisesti positiotunnuksittain.

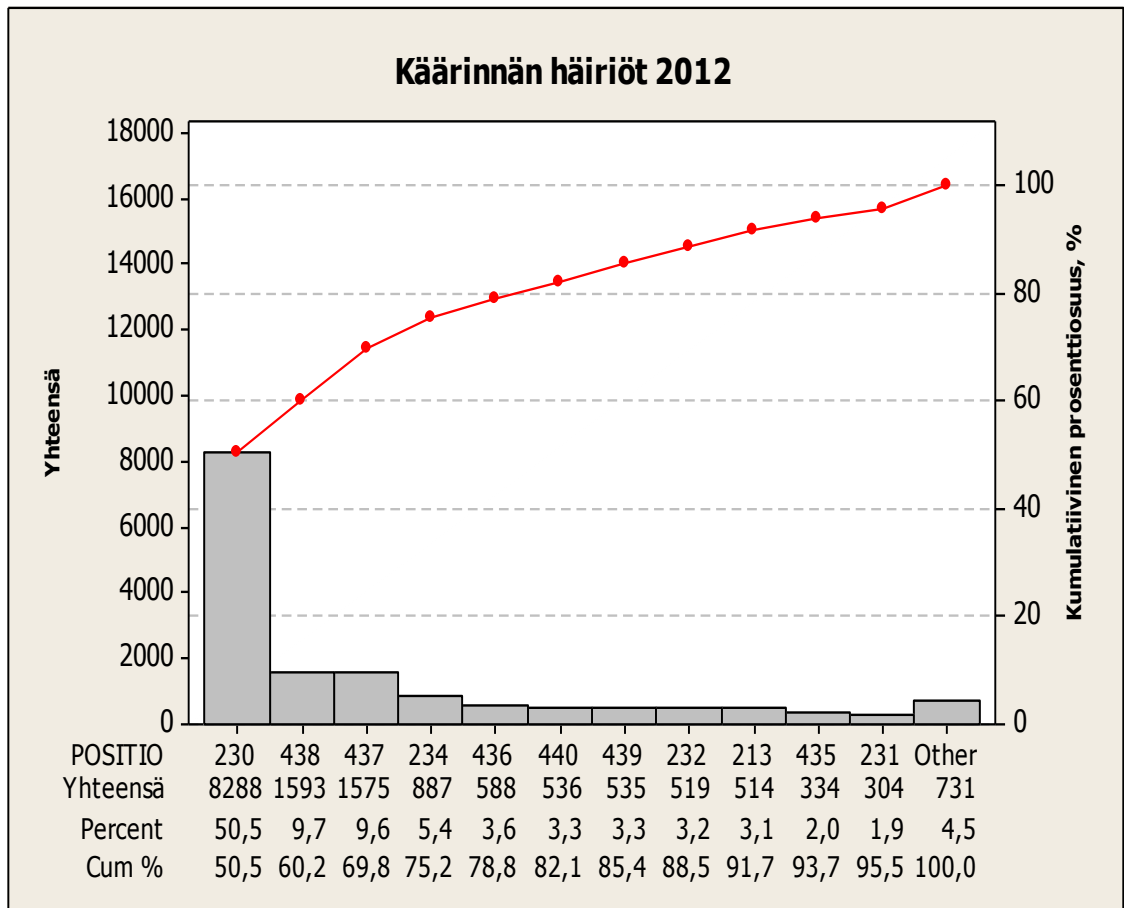


Kuva 12. Paalauslinjan häiriöt

Yllä olevalla koko paalauslinjan kattavalla häiriömäärätaulukoinnilla, joka on jaettu osaprosessikokonaisuuksiin, pystytään havainnollistamaan, miten häiriömäärät jakautuvat paalauslinjalla. Häiriökartoituksessa päätettiin keskittyä pääsääntöisesti 80 %:iin eniten häiriötä aiheuttavista kokonaisuuksista kokonaishäiriömäärän perusteella. Tässä tapauksessa tarkempaan tarkasteluun valikoitui näiden kriteerien perusteella:

- käärintä 16 404 kpl, 42,4 %
- viikkaus & sidonta 7 170 kpl, 18,5 %
- unitizer-suurpaalisitoja 7 108 kpl, 18,4 %.

Tulkittaessa laitekokonaisuustasolla häiriömääriä sekä prosentuaalista osuutta on ilmeistä, että käärintä pitää sisällään suurimman osan koko paalauslinjan häiriöistä ja vaatii myös eniten perehtymistä, että kuinka häiriömääriä saataisiin pienemmäksi ja tätä kautta tuotannollisia häviöitä pulpperikierrätyksen merkeissä vähennettyä.



Kuva 13. Käärinnän häiriöt positiotunnuksittain

Laitekohtaisia häiriömääriä tutkittaessa huomataan käärinnän tapauksessa, että yksi hälytyspositio on huomattavasti yli muiden kappalemääriä verrattaessa ja loput hälytykset jakautuvatkin määrällisesti melko tasaisesti. Positioiden numerot ja selkokieliset nimet kuvan mukaisessa järjestyksessä:

- **230** OP569 LÄPIMENOHÄIRIÖ (KÄÄREKONE)
- **438** VIENTILINJAN KARUSELLI MANUAALILLE
- **437** VIENTILINJAN KARUSELLI AUTOMAATILLE
- **234** KÄÄREKONE, KÄÄRE PUUTTUU VETOTELALTA
- **436** VIENTILINJAN KK-6 PAALILASKURIA MUUTETTU
- **440** VIENTILINJAN TAHDISTUS POIS PÄÄLTÄ
- **439** VIENTILINJA TAHDISTETTU TÄYTEEN YKSIKKÖÖN
- **232** KK-6 TARKASTA PAALILASKURI

- **213** KÄÄREKONEEN HÄIRIÖ
- **435** VIENTILINJAN KK-4 PAALILASKURIA MUUTETTU
- **231** KK-4 TARKASTA PAALILASKURI
- **OTHER** MUUT SATUNNAISET HÄLYTYKSET/HÄIRIÖT.

Kuvassa 12. esiintyvät häiriöiden määrät eivät valitettavasti kerro kaikissa tapauksissa aivan absoluuttista totuutta, sillä monet käärittävän tavanomaisimmista häiriöistä kuten esimerkiksi syöttötelan ja nippinä toimivan painopyörästä jälkeen kääreen satunnainen purkautuminen pussimaisesti koneen alle aiheuttaa kääreensäyöttöhäiriön ja tämän seurauksena sekvenssi jää kesken. Hälytyksenä lähtee usein läpimenohäiriö, vaikka läpiajokuljettimen keskenjäänyt läpiajo ei olisikaan primäärinen tekijä häiriön muodostumisessa.

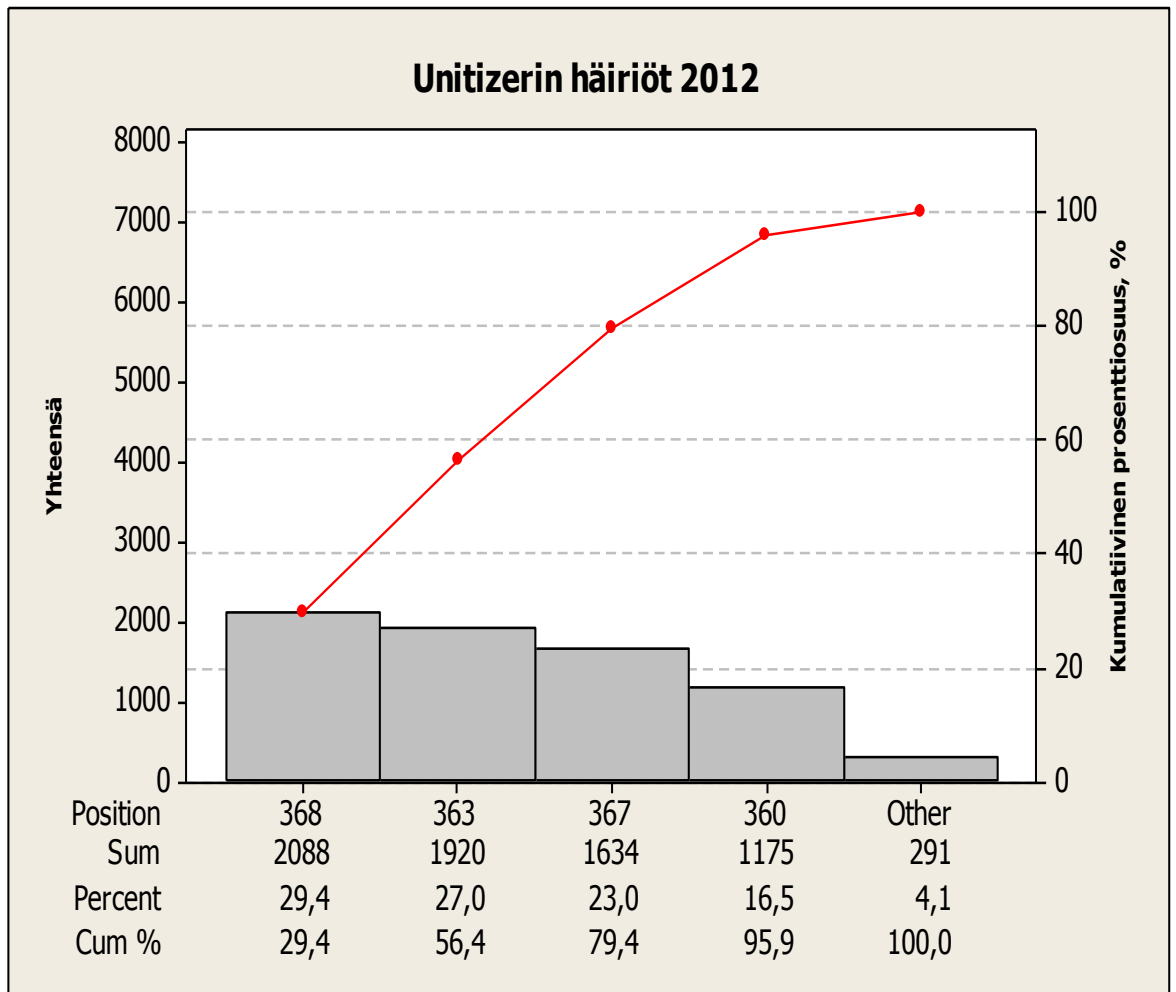


Kuva 14. Viikkauksen ja sidonnan häiriöt positiotunnuksittain

Tutkittaessa viikkausta ja sidontaa erikseen laitekohtaisena kokonaisuutena huomataan, että häiriöjakauma positiotunnuksittain on melko tasaista. Kuvassa esiintyvät positiotunnukset tarkoittavat:

- **286** VIENTI SITOMAKONE 2 LANGANSYÖTTÖHÄIRIÖ
- **285** VIENTI SITOMAKONE 1 LANGANSYÖTTÖHÄIRIÖ
- **288** VIENTI SITOMAKONE 2 VALOKENNO, LANKA LOPPUNUT
- **291** LÄPMENOHÄIRIÖ (VIAKKAJA/SITOKAT)
- **287** VIENTI SITOMAKONE 1 VALOKENNO, LANKA LOPPUNUT
- **OTHER** MUUT SATUNNAISET HÄLYTYKSET/HÄIRIÖT.

Kuvan 14 taulukossa oleva tilastotieto on hyvin suuntaa antava katsaus viikkauksen ja sidonnan häiriöihin, joskin tässäkin tapauksessa esimerkiksi langansyöttöhäiriöt eivät itsessään kerro häiriön syytä tarkasti. Esimerkki langansyöttöhäiriöstä: lankahäkistä lanka purkautuu pystysuuntaisesti hallitusti lankatelineen päällä olevan 'lankakerän kruunun' säännöstelemänä. Mikäli kruunun lankaa säännöstelevät kumiletkut ovat vialliset tai puuttuvat jostain syystä kokonaan, purkautuu lanka hallitsemattomasti aiheuttaen solmun langan suoristusrissoille. Sidontaprosessin aiheuttaman mekaanisen kulumisen johdosta häiriöön johtava vika voi esiintyä myös itse rissoissa, jolloin lanka pääsee luistamaan rissojen välistä rissan ja akselin väliin. Siitä aiheutuu tavattoman rankka kuorma sitomakoneen langan syöttölaitteistolle, joka aiheuttaa tilastoissa näkyvän langansyöttöhäiriön.



Kuva 15. Unitizer-suurpaalisitojan hälytykset positiotunnuksittain

Unitizer-suurpaalisitojan laitekohtaisia hälytyksiä tarkastellessa on helppoa tulkita, että ensimmäisten kolmen positiotunnuksien välinen hälytyksien kappalemääräinen ero ei ole merkittävän suuri, joten mikään yksittäinen hälytys ei merkittävästi korostu yli muiden.

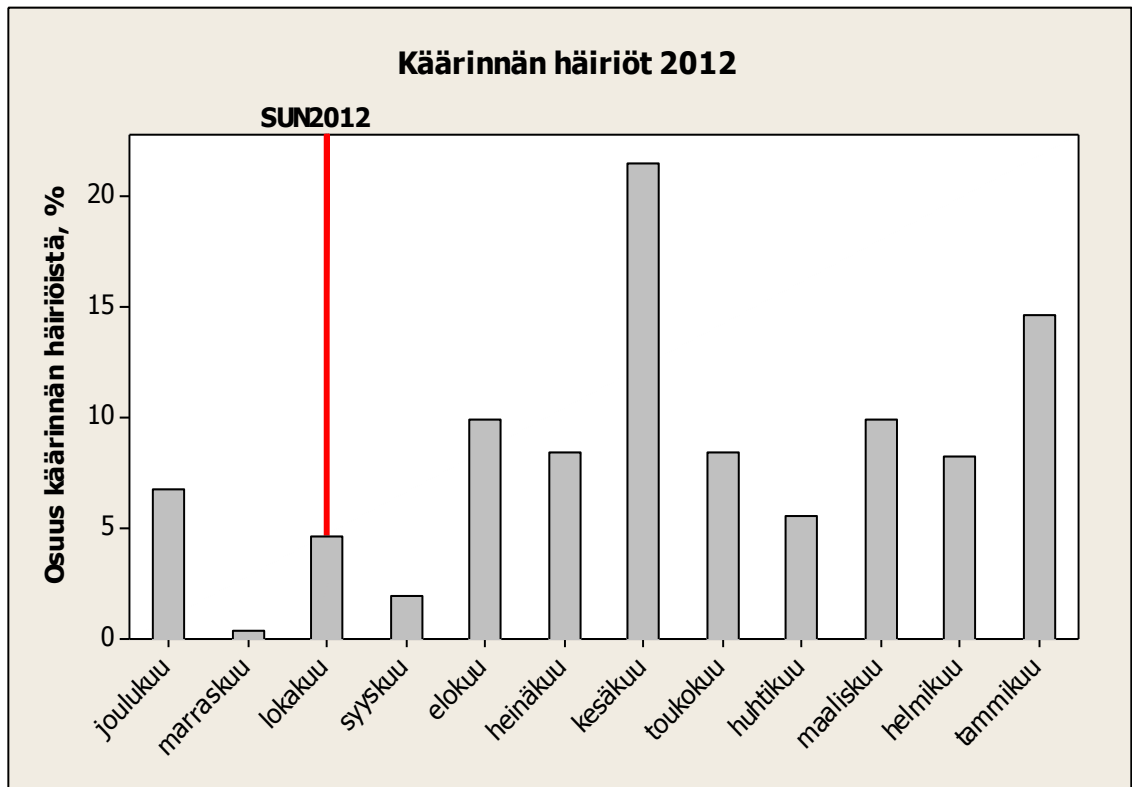
- **368** UNITIZER-LANKA PUUTTUU TARTTUJALTA
- **363** UNITIZER-LANGAN SYÖTTÖHÄIRIÖ
- **367** LÄPIMENOHÄIRIÖ (UNITIZER)
- **360** UNITIZER-LANKA LOPPU
- **OTHER** MUUT SATUNNAISET HÄLYTYKSET/HÄIRIÖT.

Unitizer-suurpaalisitojankin tapauksessa positoiden mukaiset häiriömerkinnät eivät täysin varmasti kerro varsinaista häiriön aiheuttajaa, vaan pikemminkin häiriöön joh-

taneiden tapauksien summan. Esimerkkitapauksena position 368 (Unitizer-lanka puuttuu tarttujalta) yksi tavanomaisimmista ilmenemistapauksista on, että langan solmintapäähän kerääntyy metallilastuja, jotka ovat syntyneet mekaanisen työn sivutuotteena langan sidontaprosessissa. Sidontapäähän muodostunut langasta irronnut metallilastu estää ajan myötä langan tarttujan rajakytkimen toiminnan, jolloin sidontaprosessi keskeytyy. Saman häiriöilmoituksen järjestelmä kirjaa myös, jos lanka törmää hetkellisesti syöttövaiheen aikana sidontapään kanteen työntäen luukun kannen hetkellisesti auki, jolloin logiikkajärjestelmä saa viestin kannen aukeamisesta ja sekvenssi katkeaa, ennen kuin lanka on tarttujalla asti.

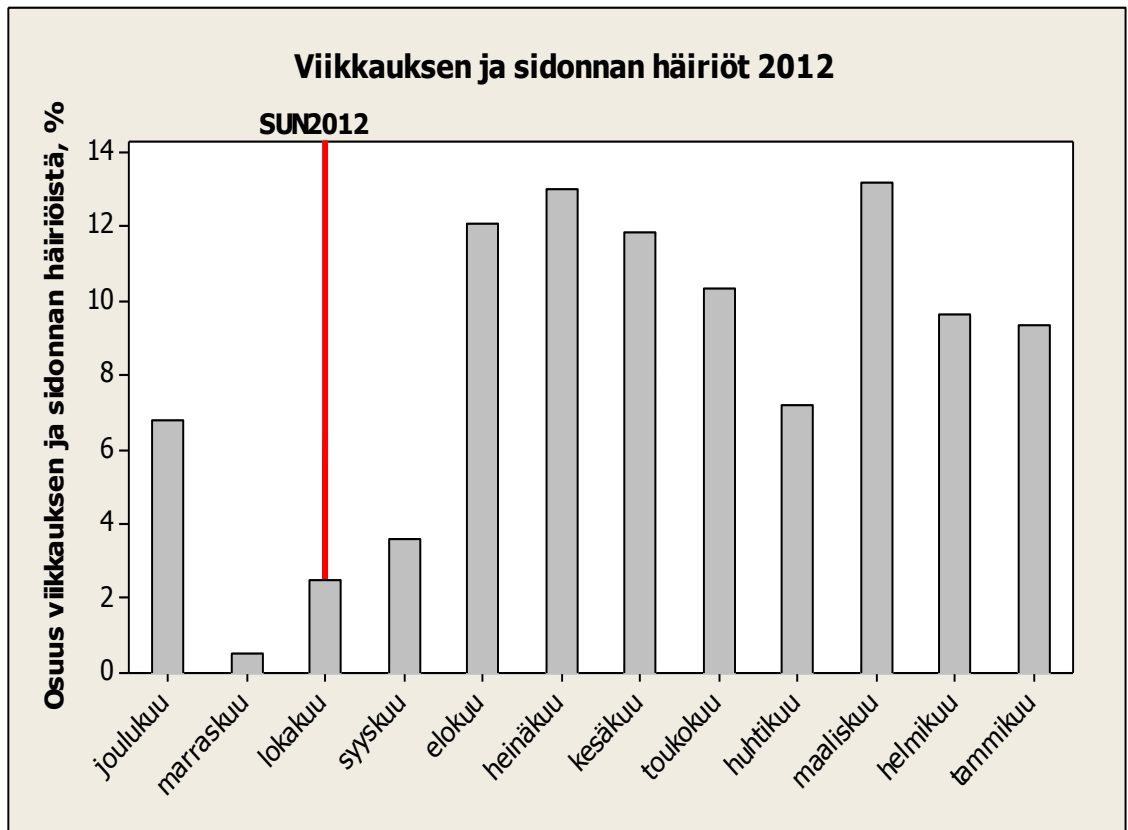
5.2 Laitekohtaisen häiriöhistorian selvitys kuukausitasolla

Laitekohtaisia häiriöitä kuukausittain tilastoimalla koko kalenterivuoden ajalta saatiin koottua hyviä havainnollistavia esimerkkejä huoltoseisokkien ja muiden kunnossapidollisten toimenpiteiden vaikutuksista häiriöttömämpään ajotapaan. Selkeimmät erot kuukausittaisissa häiriömäärissä muihin tarkasteltuihin kuukausiin verrattuna olivat välittömästi huoltoseisokin jälkeisenä kuukautena. Kuukausitasolla häiriöiden tarkastelusta huomaa helposti, että kuinka kunnossapidolliset toimet vaikuttavat kokonaisuudessaan häiriöiden määrään ja näin ollen myös myötävaikuttavat epäsuorasti tuotannon määrään.



Kuva 16. Käärinnän häiriöt kuukausittain vuonna 2012

Tarkasteltaessa käärinnän häiriöitä kuukausitasolla on selkeästi huomattavissa lokakuulle sijoittuvan vuosihuoltoseisokin selkeä merkitys häiriöiden laskemisessa lukumäärällisesti. Kunnossapidettävyyden palautuessa normaalitasolle täyden tuotannon ohella on selvää, että marraskuusta ajallisesti eteenpäin mentäessä häiriöitä ilmaantuu entistä enemmän käärekoneen joutuessa jatkuvan kuormituksen alaisuuteen ventiliinjan ajojen aikana. Täten kunnossapitoajan pienentyessä vikaantumistapauksia alkaa ilmaantua. Käärekoneen häiriöiden määrä ei ole verrannollinen ainoastaan pitkiin huoltoseisokkeihin, vaan on myös suuresti riippuvainen paalauslinjalla ajetuista tilauksista. Paljon kotimaan ajoja kotimaan linjastoja pitkin antaa enemmän aikaa huoltaa kovalla kuormituksella olevaa ventiliinjastoa.



Kuva 17. Viikkauksen ja sidonnan häiriöt kuukausittain vuonna 2012

Viikkauksen ja sidonnan häiriölukumäärän kappalemäärällisessä tutkailussa on selkeästi havaittavissa, kuinka lokakuun huoltoseisokin jälkeisellä jaksolla on muita ajankohtia huomattavasti vähemmän häiriöitä viikkauksen ja sidonnan sektorilla. Marraskuuta seuraava huomattava nousu häiriömäärissä on suurimmissa määrin selitettävissä sitomakoneisiin kohdistuvasta kokonaisvaltaisesta suuresta kuormasta. Päivittäisen tuotannon ollessa 1100t/d menee sitomakoneilta läpi vientiajoilla:

$$\frac{1100 \text{ t/d}}{8 \text{ t/suuryksikkö}} = 137,5 \text{ suuryksikköä/d}$$

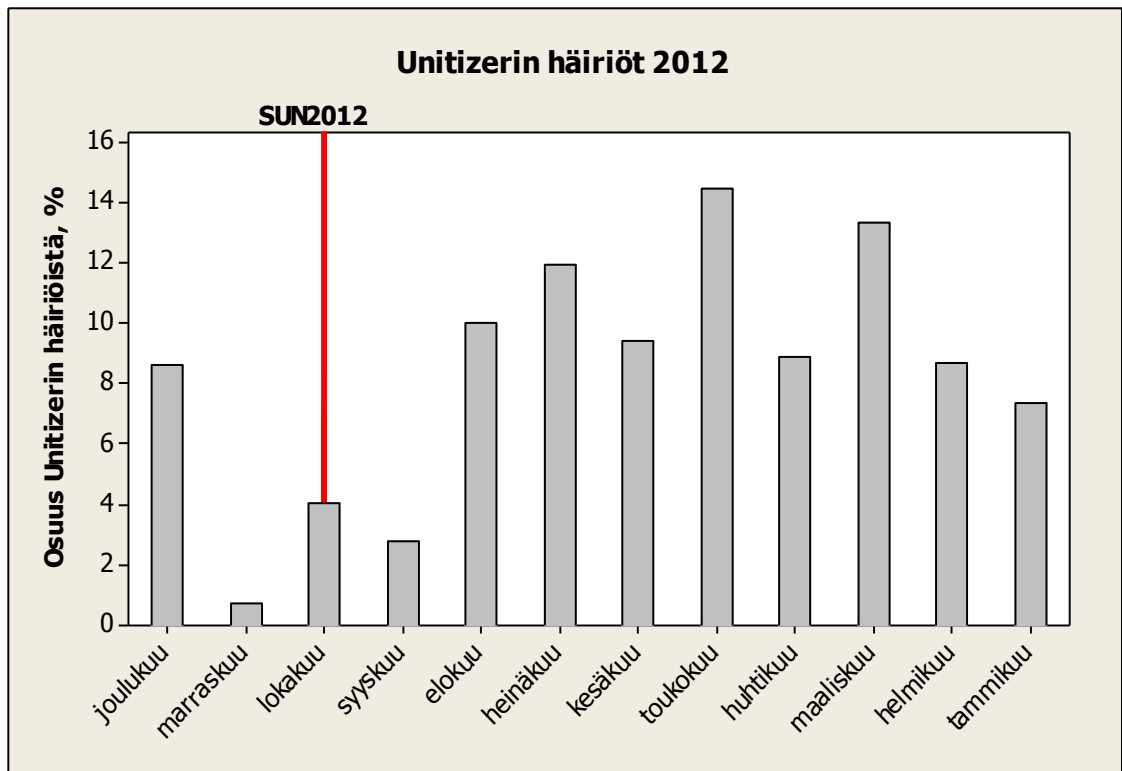
Yksi kokonainen vientisuuryksikkö sisältää 32 kpl käärittyjä sekä sidottuja paaleja, jolloin päivittäinen kokonaispaalimäärä on normaaliajoilla:

$$137,5 \text{ kpl/d} \times 32 \text{ kpl} = 4400 \text{ kpl/d}$$

Oheisissa laskukaavoissa määriteltiin vientilinjan läpäisevien paalien määrä oletetuilla normaaliajoilla, mutta tarkastelun kohteen ollessa viikkaus ja sidonta on myös huomioitava, että jokainen paali sidotaan kahdella tai neljällä langalla, jolloin sidottujen langojen määrä sitomakoneittain on:

$$4400 \text{ kpl/d} \times 2 = 8800 \text{ kpl/d.}$$

Suuret sidontamäärät huomioon ottaen voidaan todeta, että sitomakoneet ventiliinjalla joutuvat jatkuvan mekaanisen rasituksen alaisiksi ja vaativat myös usein kunnossapidollisia toimenpiteitä. Pienten sitomakoneiden perusteellinen huoltaminen on mahdollista yksi kerrallaan ajojen aikana, sillä sitomakoneiden kokonaislukumäärä on kolme kappaletta, joka tarkoittaa, että yksi sitomakone voidaan korvata ja huoltaa ajojen aikana perusteellisesti sen vikaannuttua.



Kuva 18. Unitizer-suurpaalisitojan häiriöt kuukausittain vuonna 2012

Unitizer-suurpaalisitojalla esiintyvien häiriöiden määrä on melko tasaista kuukausittain läpi vuoden muutamaa poikkeavaa kuukautta lukuun ottamatta ja erityisesti huoltoseisakin jälkeistä aikaa (marraskuu). Suurin syy Unitizerin häiriöiden tasaiselle esiintymiselle on verrattain vaikea kunnossapidettävyyys ventiajojen yhteydessä. Unitizer poikkeaa ventiliinjan pienistä sitoista kunnossapidettävyydeltään siten, että se on suuren kokonsa tähden rakennettu kiinteäksi osaksi paalauslinjaa, joten kokonaista vaihtolaitetta ei ole. Kiinteän asennuksensa vuoksi kaikki korjaava kunnossapito tulee suorittaa paikan päällä mahdollisten sen hetkisten ajojen aikana, jolloin täydellistä huoltoa on lähes mahdoton suorittaa kuten pienillä sitoilla.

6 KEHITYSKOhteET

Kehityskohteita paalauslinjalla on monia, mutta pidettäessä mielessä mahdollisten investointien sekä kehityssuunnitelmien järkiperäisyys on tässä kappaleessa paneuduttu oleellisimpiin sekä tuotannon jatkuvuuden kannalta tärkeimpiin seikkoihin. Tärkeimmät kehitysehdotukset kuuluvat työssä jo todettuihin ongelmallisiin osaprosesseihin, jotka ovat käärintä sekä Unitizer-suurpaalisitojan toiminnot.

6.1 Unitizer-suurpaalisitojan jälkeinen keräilykuljetin

Tämänhetkinen tilanne Unitizerin jälkeisillä keräilykuljettimilla on, että molempien koneiden vienti ajetaan valintakuljettimella omille keräilykuljettimilleen, joiden kapasiteetti on yksi suuryksikkö, eli 32 kpl käärittyjä sekä sidottuja paaleja. Ongelmana on KK-4:n osalta kotimaa-laatuisten paalien ajo, mikäli vientilinjalla tapahtuu odottamaton ja paljon aikaa vievä häiriötilanne, joka voisi esimerkiksi olla Unitizerin sidontapään vikaantuminen. Tässä tapauksessa vientilinjan läpi ei voida ajaa tuotantoa, joten on ajettava kaikki tuotanto kunnossapidollisten toimien ajan kotimaan linjastoja pitkin vientilinjan ohi.

KK-4:n kotimaan linjasto yhtyy Unitizer-sitojan jälkeen samalle keräilykuljettimelle kuin vientituotanto, joten ongelmana tässä tilanteessa on sekayksiköiden syntyminen vientipaalien ollessa kotimaan tuotannon edessä. Esimerkkinä KK-4:n paaleja on ehditty ajaa vientiajona 8 kpl Unitizerin ohi, jolloin vian ilmaantuessa on siirryttävä kotimaan ajoille. Kyseisessä tapauksessa kotimaan tuotanto menee sekaisin vientituotannon kanssa seuraavasti sekoittaen laskurit sekä leimatiedot:

- 1/4 suuryksikköä KK-4:n vientipaaleja (kääreparein sekä tilauksen mukaisilla langoilla)
- 3/4 suuryksikköä KK-4:n kotimaan paaleja (ilman käärettä sekä vaadittuja lankoja).

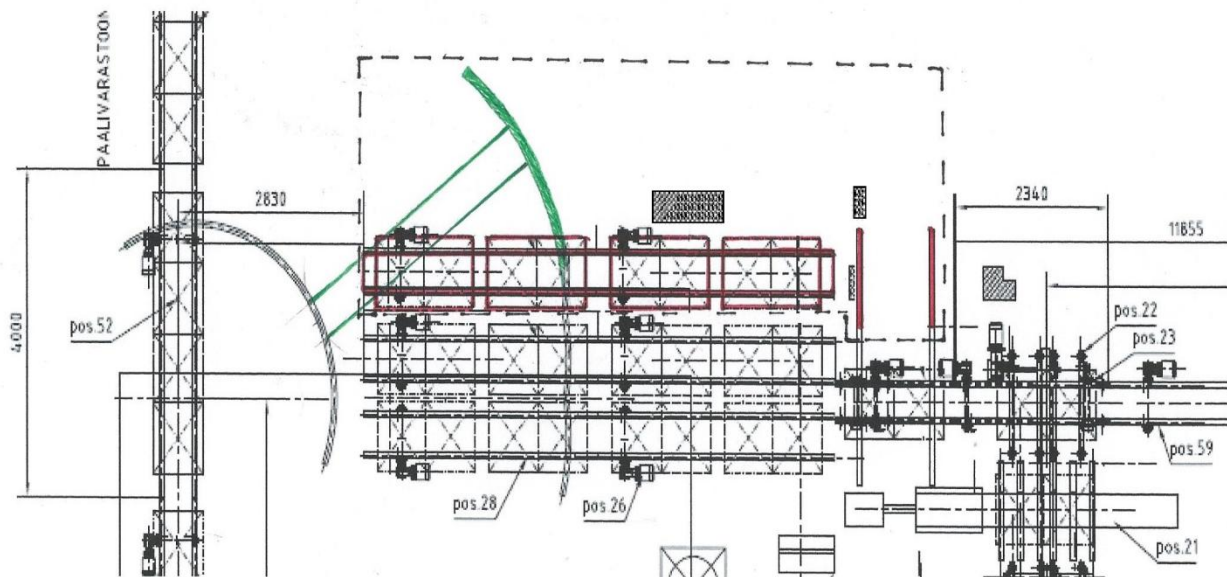
Esitetyssä tilanteessa on toki mahdollista ajaa viennin osuus eli 1/4 suuryksiköstä pois suoraan lähettämöön kotimaan tuotannon tieltä käsin, mutta usein kyseisissä tilanteissa käyttöhenkilökunnalla on jo täysi työ suoriutua muista toimenpiteistä estääkseen pulpperikierrätyksen.

Kehitysideana kyseisessä kohteessa toimisi kolmannen valintakuljettimen rakentaminen. KK-4:n kotimaiselle tuotannolle tulisi nykyisten kahden venttilinjaston keräilykuljettimen viereen oma kuljetin, jolloin ongelmatilanteissa voisi KK-4:n tuotannon siirtää vaivatta kotimaiselle ja ajaa venttutuotannon ohi omalle kuljettimelleen. Ratkaisu vaatisi:

- Unitizerin jälkeinen valintakuljetin tulisi muuttua 3-valintaiseksi kuljettimeksi (nykyisin 2-valintainen, KK-6 vienti ja KK-4 vienti/kotimaa).
- Kolmas keräilykuljetin tulisi rakentaa KK-4 keräilykuljettimen viereen.
- Karusellikuljetin (vrt. KK-6 keräilykuljettimen karusellikuljetin) tulisi osaksi uutta keräilykuljetinta, joka mahdollistaisi yksiköiden purkamisen samoja kuljettimia pitkin.

Ongelmana toteutuksessa ovat:

- Ahtaaksi käyvät tilat kunnossapidon työtilojen ja uuden keräilykuljettimen välisellä käytävällä muodostavat ongelman.
- Betonipilarit ovat toteutuksen tiellä, joten suurta kannatinpilaria joutuisi siirtämään keräilykuljettimen edestä sekä pienempää pilaria valintakuljettimen edestä.



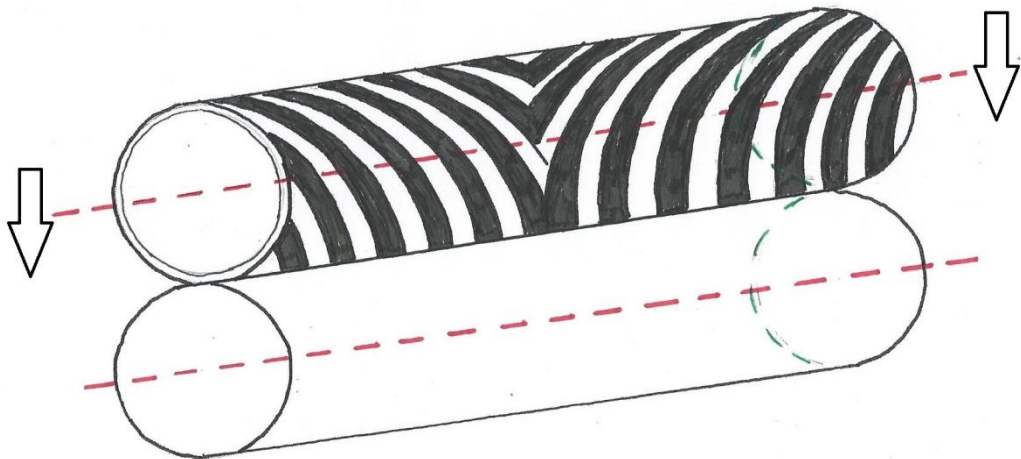
Kuva 19. Toteutusmalli kolmannelle keräilykuljettimelle (ylimmästä alimpaan: uusi KK-4 kotimaa-, KK-4 vienti- ja KK-6 vientikeräilykuljetin).

6.2 Käärekoneen kääreensyöttöongelma

Käärekoneen yksi viimeaikaisista ongelmista paperin syöttöön liittyen on ollut väärin ohjaavat painopyörät syöttötelan vastaparina. Painopyörien pitäisi normaalitapauksessa ohjata paperia joko täysin suoraan kohti leikkuria tai uloimpien pyörien hieman ulospäin, jolloin paperi ei pääsisi kurttautumaan. Painopyörien pinnoitteessa on havaittavissa selkeää kulumaa, joten pyörien ohjaussuunta ei ole täysin oikea. Pyörissä esiintyy myös pientä sivuttaisliikettä nipin ollessa ala asennossa ajojen aikana, tämä johtuu pääosin mekaanisesta kulumisesta. Painopyörien virheellinen toiminta aiheuttaa paperin kurttautumisia nipin ja leikkuupalkin välille.

Kehitysehdotuksina toimisi kaksi eri vaihtoehtoa:

- Painopyörästä tulisi uusia täydellisesti.
- Painopyörästä tulisi korvata kumipinnoitetulla telalla, jolloin muodostuu käärepaperia syöttävä telapari.



Kuva 20. Ehdotus kääreen syötön toiminnasta (painopyörästä korvaus telalla)

Kuvassa 20 on esitettyä yksi mahdollisuus toteuttaa kääreen syöttö hyödyntäen ohjaavaa kuviointia kumitetussa ylätelassa, jonka ei pitäisi normaaliolosuhteissa ohjata eikä kurtata käärepaperia virheellisesti keskelle niin, että paperi jää tiukasti jumiin joko nykyisten painopyörien tavoin telalle tai vaihtoehtoisesti leikkuupalkin ja leikkuuterän väliin.

6.3 Käärekoneen käärepaperirullien akselien konstruktio

Käärekoneen käärepaperirullien akseleissa ja varsinkin akselien jarrullisissa päissä on huomattavissa selkeää mekaanista kulumaa, joka aiheuttaa uutta täyttä rullaa ajoon otettaessa epätasaista kääreen syöttöä. Suurin syy epätasaiseen ja virheelliseen kääreen syöttöön on kuluneet akselin tapit sekä akseleissa olevat hahlot kyseisille tapeille. Liiallinen kuluma akselien päätytapeissa ja hahloissa aiheuttaa virheellisen toiminnan jarrutus-sekvenssissä, jolloin käärekoneeseen syötetään hetkellisesti liikaa paperia. Pieni ylimääräinen ja virheellinen liike akselin tapin sekä hahlon välillä kertautuu suureksi liikahdukseksi täyden paperirullan ulkokehällä aiheuttaen kymmenien senttimetrien ylimääräisen paperin syötön käärekoneeseen. Liiallinen paperinsyöttö aiheuttaa satunnaisesti erinäisiä ongelmatilanteita muun muassa syöttötelan ja painopyörästä muodostamalla nipillä, jossa liiallinen ja näin ollen väärin syötetty kääre aiheuttaa ongelmallisia kääreen kurttautumistilanteita.

Ongelman esiintymisen huomattava väheneminen olisi saavutettavissa akselien päätyjen uusimisella käyttäen kestävämpiä konstruktio menetelmiä nykyiseen nähden. Konstruktio materiaalina voisi toimia esimerkiksi:

- booriteräs (13, karkaistava booriteräs)
- hiilletyskarkaistu teräs (vrt. hammaspyörrien konstruktio). (10, 86, 110)

Edellä mainituilla menetelmillä saataisiin akseleille huomattavaa lisäkestävyyttä. Kulumista voisi myös vähentää olennaisesti käyttämällä hieman erilaista muotoilua hahlossa sekä akselin tapissa, jolloin kuormitusta voisi jakaa hieman tasaisemmin, jolloin jarrutus-sekvenssikin olisi oikeanlainen ja haluttu toiminta pitkäaikaisempaa.

6.4 Muita kehityskohteita paalauslinjalla

Paalauslinjalla esiintyviä hieman kiireettömämpiä kehityskohteita on lukuisia, joista tällä hetkellä olennaisimpia jokapäiväisen käytettävyyden suhteen ovat seuraavat:

- Tarvitaan eritelty hälytys Alconttiin viikkauksesta ja sidonnasta kertoisi, mikä tässä kokonaisuudessa milloinkin hälyttää. Erittelytapana hälytyksille toimisi esimerkiksi esitys kolmella eri nimikkeellä: Sitomakone numero 1, viikkain ja

sitomakone numero 2. Tällä hetkellä kaikki hälytykset saapuvat järjestelmään yhteen nidotulla 'viikkaus ja sidonta' nimikkeellä.

- KK-4 Pulp Expertin laatupoikkeama (vaaleus, roskat, viskositeetti) ja mittauksen keskeytymisestä johtuvat hälytykset tulisi saada myös paalauslinjan omaan valvomoon Alcont-päätteelle, jotta Pulp Expertin mittaus saataisiin aina mahdollisimman pian uudelleen käyttöön vian ilmaannuttua. Mittauksen jäädessä jostakin syystä kesken ja mikäli hälytystä ei tule, eikä paalauslinjan käyttöhenkilökunta huomaa jumiutumista, jää säännöllinen laaduntarkkailu hetkellisesti tekemättä.
- KK-4 Pulp Expert pysäyttää alilaatuisen mittauksen johdosta paalipöydän jokaisen paalin mittauspaikalle. Normaalisti yhden roskapysäytyksen kuittauksen pitäisi vapauttaa paalit kulkemaan mittauspisteen ohi seuraavaan määrääkaismittaukseen asti, mutta tällä hetkellä vastuussa oleva käyttöhenkilö joutuu kuittaamaan roskapysäytyksen alilaatuisen paalipöydällisen jokaisen paalin kohdalla. Toimenpide käytännössä sitoo yhden käyttöhenkilön kuittaamaan alilaatuisia paaleja, joka on kiireisissä tilanteissa (esimerkiksi konekatkot) hieman huono asia.
- Siemens Simaticin kosketuspaneeliin tulisi saada hälytyksen kuittauksen 'RESET' painikkeeseen variaatio, joka saisi sen muuttumaan RESET ALL-muotoon mikäli päällekkäisiä hälytyksiä on useita. Tämä variaatio antaisi kiireellisissä tilanteissa välittömästi tiedon, että aktiivisia hälytyksiä on useampi kuin yksi, mikäli se on muuten jäänyt huomaamatta.

7 YHTEENVETO

Paalauslinjan häiriökartoituksen laatimisen myötä varsinkin uuden henkilöstön on huomattavasti helpompaa kohdistaa käytössä olevia kunnossapitoresursseja järkevästi osaprosessikohtaisesti ja mahdollisesti myös miettiä kunnossapidon toteuttamista hieman uudella tavalla ajojen aikana. Tuotannon jatkuvuuden sekä tuotantomäärän maksimoimisen suhteen viisainta olisi toteuttaa ennakoivaa kunnossapitoa mahdollisimman paljon korjaavan kunnossapidon sijaan, ja varsinkin käärekoneen tapauksessa.

Selvityksen tuloksien perusteella kävi ilmi, että varsinaiset tuotannon pullonkaulat olivat jo osittain ennalta tiedossa olevat kriittisimmät paalauslinjan kohteet, mutta laadittu häiriökartoitus antoi haluttua tarkkuutta jo tiedostetuille seikoille. Suurimpiin tulevaisuuden haasteisiin paalauslinjalla kuuluukin häiriötilanteiden oikeanlainen hallinta käyttö- ja kunnossapitohenkilön yhteistoimin.

Esitettyjen kehitysideoiden lähtökohtana oli parantaa paalauslinjan yleistä käyttövarmuutta, minimoida tuotannollisia häviöitä sekä helpottaa käyttöhenkilökunnan toimintaa ongelmatilanteissa, jotka ovat tämän hetkiselä asetelmalla vaativissa häiriötilanteissa melko haasteellisia ottaen huomioon käyttöhenkilöstön lukumäärän.

Laaditun häiriökartoituksen yksi oleellisimmista tehtävistä on myös toimia uuden tuotanto-organisaation sekä kunnossapitohenkilöstön apuvälineenä perehdyttäessä paalauslinjaan toimipaikkana ja samalla myös sen ydinprosesseihin. Paalauslinjan häiriökartoitus on tällä hetkellä ja tämän hetkiselä kalustolla ajankohtainen ja tietoa antava, mutta häiriökartoitusten laatimista olisi hyvä jatkaa myös tulevaisuudessa tilanteiden, kaluston muutosten sekä häiriötyyppien mukautuessa prosessin mukana, mahdollisesti jopa ennalta arvaamattomasti.

LÄHTEET

1. KnowPulp. Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Versio 8.0. Sunilan tehdas.
[viitattu 5.5.2013]
2. SunNet. Sunilan tehtaen Intra-verkkosivut. Sisäinen materiaali.
3. Seppälä, M., Klemetti, U., Kortelainen, V.-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H., Siironen, R. 2005. Paperimassan valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus 1. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy
4. Ikäheimonen, J., Juuso, E., Leiviskä, K., Murtovaara, S. 2000. Sulfaattisellun vuo-keittomenetelmät, keiton ohjaus ja massan pesu. Raportti B No 21. Oulun yliopisto. Saatavissa: <http://herkules.oulu.fi/isbn9514275306/isbn9514275306.pdf>
[viitattu 14.4.2013]
5. Sellutehtaan kaavio OYL-5157. 1999. Sunila Oy. Sisäinen materiaali.
6. Stora Enso Biomaterials. Sunilan tehdas. 2013. Sisäinen materiaali.
7. Pukero Engineering. Sunilan tehtaen paalauslinjan toimintakuvaus. 2007. Sisäinen materiaali.
8. Empower Oy. Vientilinjan huolto- ja vikapäiväkirja. 2012. Sisäinen materiaali.
9. ProAlarm. Sunilan tehtaen hälytystietojärjestelmä. Sisäinen materiaali.
10. Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P., Tuomikoski, J., Koivisto, K. 1997. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Oy Edita Ab.
11. Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Åström, T. 2007. Kunnossapito. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.
12. Hautala, J. 2011 Kuivatuskoneen vesitaseen optimointi. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Saatavissa:

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31541/Hautala_Jani.pdf?sequence=1

[viitattu 3.5.2013]

13. Ruukki. Tuotetiedote. Saatavissa:

<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Kuumavalssatut-terakset/Kulutusterakset/Karkaistava-booriteras/>

[viitattu 5.5.2013]

LIITELUETTELO

LIITE 1 Paalaamon muutos osaprosesseittain

LIITE 2 Paalaamon muutos

LIITE 3 ProAlarm taulukko

