



Ilkka Vuorinen

## **SOODAKATTILAN KÄYNNISTYSPOLTTIMIEN KÄYNNISTYS- JA TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN**

# **SOODAKATTILAN KÄYNNISTYSPOLTTIMIEN KÄYNNISTYS- JA TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN**

Ilkka Vuorinen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2012  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

---

Tekijä: Ilkka Vuorinen

Opinnäytetyön nimi: Soodakattilan käynnistyspolttimien käynnistys- ja toimintavarmuuden kehittäminen

Työn ohjaajat: Timo Saarinen, Jukka Ylikunnari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2012

Sivumäärä: 75 + 2 liitettä

---

Insinööriyön pääasiallisena tavoitteena oli selvittää Metsä Fibre Rauman tehtaassa öljypolttimia vaivaavat syttymis- ja palamisongelmat. Lisäksi tavoitteena oli kehittää toimivia ratkaisuja havaittuihin ongelmiin ja suunnitella vaadittavat toimenpiteet.

Öljypolttimien toimintavarmuus koostuu useista tekijöistä. Öljypoltinten toimintavarmuuden parantaminen aloitettiin suunnittelemalla tarvittavat toimenpiteet kattilan kylmästartissa käytettävän välipainehöyryn kuivaamiseen. Välipainehöyryn kuivaamiseksi asennettiin pisanerotin höyrylinjaan ennen sähkötulistinta, mikä mahdollisti sähkötulistimen käyttöönoton. Lisäksi tarkasteltiin raskasöljyn esilämmittimien tehostamismahdollisuuksia suunnittelemalla esilämmittimillä käytettävän matala- ja välipainehöyryn välille vaihtomahdollisuus kesken ajon. Venttiilien vaikutus öljyverkon paineheilahteluihin huomioitiin tutustumalla trenditietoihin, joiden perusteella luotiin paineheilahtelujen minimointiehdotus.

Öljypoltinten kunnossapitoa kehitettiin suunnittelemalla pesulaite öljypolttimille, joka puhdistaa poltinputket ja suuttimet liasta. Lukitus- ja prosessikuvien kehityksessä haastateltiin käynnissäpitohenkilöitä, minkä pohjalta tehtiin muutosehdotukset kyseisiin kuviin. Liekinvartijoiden havainnointikykyä säädettiin siten, etteivät ne havaitse lipeätulta laisinkaan, ainoastaan öljytulen, jolloin öljypolttimet eivät mene enää häiriötilaan taustalla palavan lipeätulen vuoksi. Käynnissäpitohenkilökunnalle tehtiin yleinen öljypoltinten käyttöohje, jolla mahdollistettiin yhdenmukainen sekä toimiva tapa sytyttää ja sammuttaa polttimet.

Kehittämällä useaa eri tekijää varmistettiin öljypolttimien onnistunut sytytys ja häiriötön palaminen kattilan kylmäkäynnistyksessä sekä lipeätulen aikana. Tämä opinnäytetyö antaa tietoa ja kehitysmahdollisuuksia öljypoltinten toimintaan liittyen. Työtä käytetään pohjana tulevissa öljypoltinten toiminnan parannusprojekteissa sekä työssä ehdotettujen parannusten toteuttamisessa.

---

Asiasanat: öljypolttimet, liekinvartijat, välipainehöyryhöyry, raskas polttoöljy, soodakattilat

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering, Energy Technology

---

Author: Ilkka Vuorinen

Title of thesis: Development of oil burner's ignition and combustion reliability in a recovery boiler

Supervisors: Timo Saarinen, Jukka Ylikunnari

Term and year when the thesis was submitted: autumn 2012

Pages: 75 + 2 appendices

---

The main goal of this Bachelor's thesis was to discover oil burner's troubling ignition and combustion problems, develop working solutions to found issues and to design required actions in Metsä Fibre Rauma.

The reliability of oil burner's consists multiple different factors. Development of oil burner's reliability began from planning a way to dry and superheat saturated steam. Saturated steam is used in a recovery boiler's start up. A steam separator was installed in a steam line before electrical superheater to dry saturated steam. Installed steam separator made possible the usage of electrical superheater. Heavy fuel oil's preheaters were examined for possibilities to make them more efficient. A plan was made for a possibility to change between 3,5 and 11 barg steams to use in heavy fuel oil's preheaters during the factory is running. Influence of valves to cause pressure shocks in heavy fuel oil lines was observed from diagrams. According to the diagrams a proposal for minimizing pressure shocks was made.

Maintenance was developed by inventing a washing machine for oil burners to clean the nozzles from dirt. Operating personnel were interviewed for the development of lockup- and process screens. Based on the interviews, required modifications were made to those screens. Flame sensor's perceptual ability was enhanced not to see flame caused by black liquor anymore, only burning of oil. This results oil burners not to go in disorder from seeing burning of black liquor. A guide was made about igniting and turning off oil burners for operating personnel. The guide enables uniform and functional way of using oil burners.

By developing multiple different factors regarding to oil burners, a successful ignition and trouble-free burning is ensured in the factory's startup and liaison with liquor burning. This thesis work gives information and development possibilities for the oil burners. This work will be used as a base for future projects relating to oil burners and for executing suggested improvements mentioned in the thesis.

---

Keywords: oil burners, saturated steam, heavy fuel oil, recovery boilers

## ALKULAUSE

Opinnäytetyö tehtiin Metsä Fibre Rauman tehtaan talteenotto-osastolle. Toivon, että työstä on hyötyä tulevaisuudessa öljypoltinten toiminnan kehityksessä sekä kunnossapidon parantamisessa. Kiitokseni talteenotto-osastolle kiinnostavasta ja monipuolisesta työstä, jonka ansiosta opin paljon öljypolton kannalta keskeisistä asioista.

Haluan kiittää talteenottopuolen käynnissäpito- sekä toimihenkilöitä arvokkaista tiedoista ja hyvistä neuvoista, joita olen saanut työhön. Erityiset kiitokset 1. vuoron käynnissäpitohenkilöille, joiden kanssa on ollut ilo työskennellä. Lisäksi haluan kiittää avopuolisoani Anu-Riikkaa sekä perhettäni opiskeluaikana saamastani tuesta.

Raumalla 12.10.2012

Ilkka Vuorinen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	9
1.1 Metsä Fibre	9
1.2 Työn tavoite	9
2 ÖLJYN POLTTO SOODAKATTILALAITOKSESSA	11
2.1 Öljypolttimen sytytys	11
2.1.1 Lukitusehtojen täytyminen	12
2.1.2 Esivalmistelut	13
2.1.3 Sytytysvaihe	13
2.1.4 Sammutusvaihe	14
2.2 Öljypolttimen osat ja toiminta prosessiteollisuudessa	14
2.2.1 Suutin	15
2.2.2 Impelleri	16
2.2.3 Palokurkku	17
2.3 Liekinsytytin	17
2.3.1 Sähkösytyttimet	17
2.3.2 Kaasusähkösytyttimet	19
2.4 Hajotusaine	19
2.5 Öljyt	21
2.5.1 Raskas polttoöljy	21
2.5.2 Kevyt polttoöljy	23
2.6 Öljyn esilämmitys	24
2.7 Saattolämmitys	26
2.8 Palamisilma polttimelle	28
2.9 Liekinvartija	28
3 TAMPELLA POWERIN JA OILON POLTTIMIEN VERTAILU	30
4 KÄYNNISTYSPOLTTIMIEN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN	32
4.1 Öljyn esilämmityksen riittävyys	32

4.1.1	Esilämmitys kylmästartissa	32
4.1.2	Välipainehöyryn käyttöönotto	33
4.2	Öljypumppujen riittävyys paineverkon ylläpitoon	35
4.3	Venttiilien vaikutus paineheilahteluihin polttoöljylinjoissa	36
4.3.1	Paineheilahteluesimerkit	37
4.3.2	Paineheilahtelujen minimointi	39
4.4	Automaatio	40
4.4.1	Lukitus- ja prosessikuvat	40
4.4.2	Kattilan tuuletus	45
4.4.3	Öljypoltinten paikallisnäyttö	47
4.5	Hajotushöyryn sähkötulistin kylmästartissa	47
4.5.1	Hajotushöyryn kuivaus ja tulistus	48
4.5.2	Pisaranerottimen ja lauhteenpoistimen asennus	51
4.6	Hajotushöyrylinjojen lauhteenpoisto	51
4.7	Öljypoltinten kunnossapito	53
4.7.1	Öljypoltinten huoltoalue	53
4.7.2	Poltinputkien pesulaite	54
4.7.3	Impellerien kunto ja huolto	56
4.7.4	Ohjauskaapin kuittauskytkin	58
4.8	Liekinvartioiden toiminnan kehitys	59
4.8.1	Herkkyys	59
4.8.2	Turvallisuusajat	60
4.8.3	Liekinvartijan käynnistyminen	60
4.8.4	Liekinvartijoiden asetusten säätö	61
5	<b>ÖLJYPOLTINTEN KÄYNNISTYSOHJEISTUS</b>	63
5.1	Öljypolttimen sytytyksen vaiheet	63
5.2	Öljypolttimen sammutuksen vaiheet	64
5.3	Huomioitavia seikkoja öljypolttimien käytössä	64
5.4	Sytytyskaasupullojen käyttöönotto	66
5.4.1	Automaattivaihtventtiili G-malli	66
5.4.2	Automaattivaihtventtiilin käyttöohje	67
6	<b>HAVAINNOT MUUTOKSISTA</b>	69
6.1	Pisaranerottimen ja sähkötulistimen käyttöönotto	69

6.2 Liekinvartijoiden havainnointikyky	70
7 YHTEENVETO	72
LÄHTEET	74
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Öljynpoltto- tasojen käyttäytymisesimerkkejä ennen vuoden 2012 vuosi- huoltoseisokkia	



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Metsä Fibre

Metsä Fibre on osa Metsä Groupia, johon kuuluvat myös Metsä Tissue, Metsä Board, Metsä Wood ja Metsäliiton puunhankinta. Metsä Fibrellä on Suomessa neljä tehdasta, joiden päätuotteina ovat valkaistut havu- ja koivusellut tuotemerkillä Botnia. Metsä Fibren liikevaihto vuonna 2011 oli 1,3 miljardia euroa, ja se työllistää noin 900 henkilöä. (1.) Metsä Fibren omistavat emoyhtiö Metsäliitto Osuuskunta 50,2 %, Metsä Board 24,9 % ja Itochu 24,9 % (2).

Metsä Fibre Rauman tehdas käynnistyi vuonna 1996, jolloin siitä tuli maailman ensimmäinen TCF-sellun tuotantoon suunniteltu tehdas. Vuonna 2007 alkoi ECF-havusellun tuotanto valkaisutavanmuutoksen myötä. Tuotanto on 630 000 tn/v, josta viennin osuus on noin 54 %. Tehtaan energiaomavaraisuus on 144 %, ja se työllistää 120 henkilöä. (2.)

Opinnäytetyön teettäjä on Metsä Fibre Rauman tehdas ja työ kohdistuu talteenottopuolelle. Talteenottopuoli koostuu soodakattilasta, kaustistamosta ja haihduttamosta, jotka muodostavat tehtaan voimalaitoksen.

## 1.2 Työn tavoite

Sellutehtaan soodakattilassa pääpolttoaineen lipeän rinnalla käytetään tukipolttimina öljypolttimia, joita käytetään ongelmatilanteissa sekä kattilan alas- ja ylösajotilanteissa. Koska öljypolttimia käytetään kriittisinä hetkinä tehtaan toiminnan kannalta, mutta melko harvoin, tulisi niiden toiminnan olla varmaa. Ongelmana onkin öljypoltinten epävarma syttyminen ja poltossa olevien polttimien sammuminen. Tämä viivästyttää kattilan ylösajoa, minkä vuoksi koko tehtaan käynnistyminen hidastuu. Tästä voi aiheutua suuriakin tuotannollisia menetyksiä. (Liite 1.)

Tavoitteena on selvittää soodakattilassa käytössä olevien öljypolttimien syytymis- ja toimintaongelmat sekä kehittää toimivat ratkaisut. Öljypoltinten toimintavarmuuteen vaikuttavat useat tekijät, joita työssä pyritään kehittämään. (Liite 1.)

Työssä tarkastellaan öljyn esilämmittimien ja pumppujen riittävyyttä ylläpitää vaadittua lämpötilaa ja painetta sekä venttiilien aiheuttamia paineheilahduksia öljylinjoissa (liite 1). Esilämmittimiin, raskasöljypumppuihin ja venttiileihin liittyvät vaadittavat tiedot saadaan trenditiedoista, jotka ovat tallentuneet valvomon järjestelmään ajan ja käytön yhteydessä.

Kattilan kylmästartissa käytettävän hajotushöyryn kuivaus ja lauhteenpoisto ovat olennainen osa öljypolttimien toimintaa. Tarkasteltavana onkin, miten saada vuonna 2007 Metsä Fibre Rauman tehtaalle hankittu höyryn sähkötulistin toimivaan käyttöön. Huomioon otetaan myös liekinvartijoiden asetukset, joista on mahdollista säätää liekinvartijan havainnointiherkkyyttä, -taajuutta sekä havaittuja pulssirajoja (liite 1).

Metsä Fibre Rauman tehtaalla on käytössä Oilonin ja Tampella Powerin öljypolttimia, joita vertaillaan mahdollisten eroavaisuuksien vuoksi (liite 1). Öljypoltinten kunnossapitoa ja puhdistusta kehitetään pesulaitteella sekä poltinten huoltoalueen kunnostuksella. Kehitettävää on myös öljypolttimiin liittyvässä automaatiossa sekä prosessi- ja lukituskuviissa. Prosessi- ja lukituskuvioiden muu- toksissa otetaan huomioon käynnissäpitohenkilöiden toiveet.

Öljypoltinten sytytys- ja sammutusohje tehdään käynnissäpitohenkilökunnalle. Sytytysohjeen puuttuminen on johtanut siihen, että kaikilla on oma tapansa sytyttää polttimet, jolloin mahdollisesti syntyy käynnistysongelmia. Yhteisellä toimintaohjeella öljypolttimien sytytys tapahtuu aina samanlaisesta tilanteesta, joka on kaikille tiedossa.

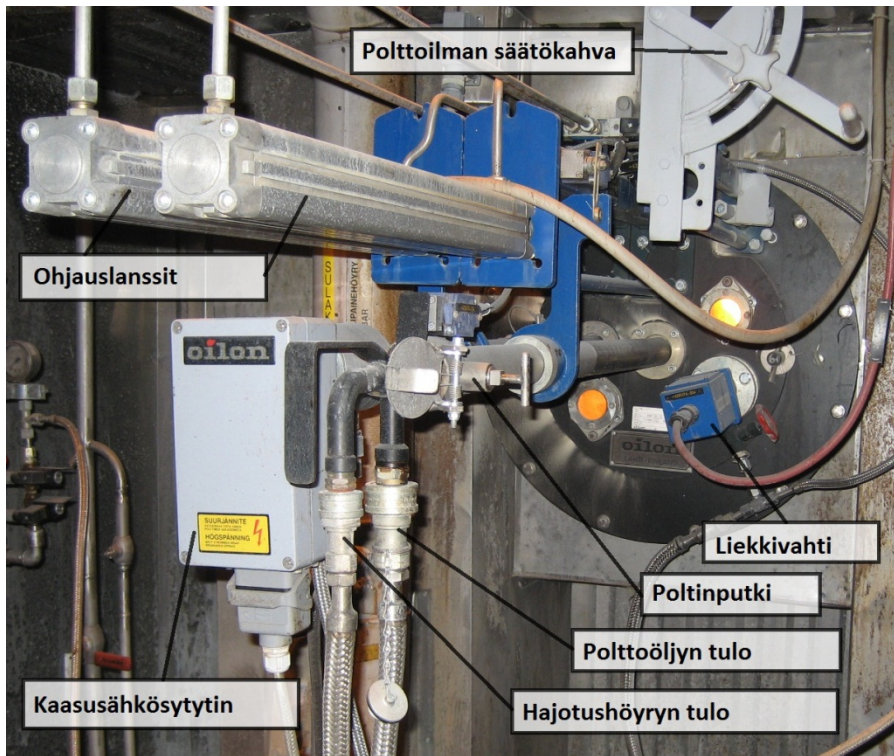
## 2 ÖLJYN POLTTO SOODAKATTILALAITOKSESSA

Käynnistyspolttimia käytetään soodakattilaa ylös ajettaessa kattilan lämpötilan nostamiseen hallitusti, mikä mahdollistaa lipeäruiskujen käyttöönoton ja polttoliipeän polton aloituksen. Varsinaisen lipeän polton aikana öljypolttimia ei tarvita. Öljypolttimia käytetään myös keon loppuun polttamiseksi soodakattilaa alas ajettaessa sekä häiriötilanteissa tukipolttimina, milloin lipeäruiskuilla ei saada pidettyä tasaista polttoprosessia yllä. Öljypolttimien käyttö yksinomaan höyrystyksen lisäämiseksi ei ole suositeltavaa, sillä raskasöljyn hankintakustannukset kasvavat ja tasaisesta lipeän poltosta saatavaa prosessihöyryä on riittävästi tehtaan tarpeisiin. (3, s. 3.)

### 2.1 Öljypolttimen sytytys

Metsä Fibre Rauman tehtaalla raskaat öljypolttimet toimivat tukipolttimina soodakattilassa polttoliipeän rinnalla sekä kattilan käynnistyspolttimina. Polttimen sytytys vaatii lukitusehtojen täyttymistä, esilämmitettyä öljyä sekä väli-painehöyryä. Öljypolttimen osien puhtaudella on myös vaikutusta syttymiseen. Kuvassa 1 on Metsä Fibre Rauman tehtaalla käytössä oleva Oilonin öljypoltin, mistä on nähtävissä öljypolttimen oleellisimpia osia, joita ovat

- poltinputki
- hajotushöyryn ja polttoöljyn tuloliitännät polttimeen
- kaasusähkösytytin
- sytyttimen ja polttimen ohjauslanssit
- liekkivahti
- polttoilmapellin säätökahva.



KUVA 1. Oilonin öljypoltin

### 2.1.1 Lukitusehtojen täytyminen

Öljypolttimilla on lukitusehtoja, jotka täytyy saavuttaa ennen kuin öljyn poltto on mahdollista. Niillä varmistetaan öljypoltinten turvallinen ja onnistunut sytytys. Lukitusehtoja on polttotasokohtaisia ja poltinkohtaisia. Polttotasokohtaiset lukitusehdot vaikuttavat kaikkiin tason polttimiin, ja mikäli yksikin näistä ehdoista jää toteutumatta, ei ole mahdollista sytyttää ainuttakaan öljypoltinta kyseiseltä tasolta.

Tasokohtaisia lukitusehtoja ovat mm. öljyn lämpötilan ja öljynpaineen alarajat, hajotushöyryn paineen alaraja sekä pikapysäytys. Kun polttotasokohtaiset lukitusehdot on saavutettu, tulee voimaan tasokohtainen öljyn polttovalmius. Tämän jälkeen täytyy saavuttaa poltinkohtaiset lukitusehdot, joihin lukeutuvat mm. öljyn polttovalmius, ilmarekisterin paineen alaraja, öljylanssi sisällä ja sytytin päällä. Kaikkien vaadittavien lukitusehtojen toteuduttua on mahdollista sytyttää poltin.

### **2.1.2 Esivalmistelut**

Öljypolttimissa poltetaan raskasta polttoöljyä, joka on kylmänä hyvin viskoosista. Raskaan polttoöljyn syttymisen ja palamisen mahdollistamiseksi täytyy sitä esilämmittää. Lämmitys tapahtuu esilämmittimissä höyryn avulla, ja öljy lämmitetään raskas polttoöljyalaadusta riippuen 80 - 145 °C :n lämpötilaan (4, s. 40). Metsä Fibre Rauman tehtaalla öljy esilämmitetään noin 120 °C :n lämpötilaan. Polttoöljyn lämpötilan lukitusraja on 70 °C , joka täytyy ylittää öljypoltinta sytyttäessä.

Metsä Fibre Rauman tehtaalla öljypolttimet toimivat välipainehöyryn avulla. Välipainehöyry toimii hajotushöyrynä, jonka tehtävä on sumuttaa polttoöljy suuttimen lävitse kattilaan. Hajotushöyryn tulisi olla noin 30 °C tulistettua, jolloin varmistutaan, että höyry on varmasti kuivaa (3, s. 6). Kosteaa höyryä haittaa öljypolttimen syttymistä ja palamista sekä aiheuttaa häiriöitä liekkivahdin signaalissa. Hajotushöyryn paineen lukitusalaraja on 5 bar, joka ylittyy käytössä olevan 11 bar:n välipainehöyryn avulla.

Tarvittavien lukitusehtojen saavuttamisen lisäksi täytyy varmistua sytytettävän öljypolttimen yleisestä kunnosta sekä polttimelle tulevasta ilmamäärästä. Ennen polton aloitusta tulisi puhdistaa öljypolttimen suutin sekä rassata palokurkkuun kertynyt lika. Polttimelle saapuvaa ilmamäärää säädetään polttimen läheisyydessä olevan käsiasäätöisen pellin avulla. Sytytysvaiheessa tulisi ilmapeltiä kuristaa, jolloin vältytään liekin karkaamiselta. Polttoilmaa ei sovi kuitenkaan kuristaa liikaa, jotta sitä riittää öljyn palamiseen. Tavallista onkin kuristaa ilmamäärää sytytysvaiheessa ja jälleen avata hiukan polttimen sytyttyä.

### **2.1.3 Sytytysvaihe**

Kun tarvittavat lukitusehdot on saavutettu sekä öljypoltin on yleisesti hyvässä kunnossa ja ilmamäärät säädetty, voidaan aloittaa polttimen sytytys. Ensimmäinen vaihe on ajaa polttimen lanssi sisään, joka siirtää öljypolttimen syvemmälle kattilaan lopulliseen polttoasentoon. Lanssin mentyä sisälle tulee polttimelle suorittaa puhallus, jossa välipainehöyryä ajetaan öljypolttimen öljylinjaan. Puhalluksella poltinputki puhdistetaan epäpuhtauksista sekä kertyneestä lauhteesta.

ta suuttimen läpi tulipesään. Muutaman sekunnin puhalluksen jälkeen suljetaan puhallusventtiili ja avataan hajotushöyryventtiili sekä polttoöljyventtiili. Hajotushöyryllä ja polttoöljyllä on öljypolttimessa omat yhteensä ja linjansa, jotka yhdistyvät suuttimessa. Polttoöljyn kulun öljypolttimelle estää kuitenkin kaksi pikasulkuventtiiliä, jotka avautuvat saatuaan tiedon sytyttimen käynnistymisestä. Metsä Fibre Rauman tehtaalla käytetään sähkö- sekä kaasusähkösytyttimiä öljypoltinten käynnistykseen. Sytyttimen käynnistyttyä saavat polttoöljyn pikasulkuventtiilit käskyn avautua, jolloin polttoöljy pääsee virtaamaan polttimeen. Polttoöljyn ja hajotushöyryn sekoitus suihkuua sumuna sytyttimen sytytysalueelle ja syttyy palamaan. Öljytulen sytyttyä vedetään sytytin ulos paloalueelta, jolloin vältetään sen kulumiselta.

#### **2.1.4 Sammutusvaihe**

Öljytulen tarpeen päättyessä soodakattilassa tulee poltossa olevat polttimet sammuttaa. Öljypolttimen sammutus tapahtuu käyttämällä siihen tarkoitettua poltinkohtaista kytkintä tai painiketta, jolloin polttoöljyn pikasulkuventtiilit sulkeutuvat. Tämän jälkeen suljetaan polttoöljy- ja hajotushöyryventtiili sekä suoritetaan loppupuhallus öljypolttimelle. Loppupuhalluksella puhdistetaan poltinputken öljylinja sinne jääneestä öljystä. Mikäli loppupuhallusta ei suoriteta, jämähtää raskas polttoöljy poltinputkeen, mikä aiheuttaa seuraavalla sytytyskerralla polttimessa ja suuttimessa tukkeumia, jotka vaikeuttavat polttimen sytytystä. Loppupuhalluksen jälkeen viimeisenä vaiheena on ajaa polttimen lanssi ulos kattilasta.

#### **2.2 Öljypolttimen osat ja toiminta prosessiteollisuudessa**

Prosessiteollisuuden öljypolttimissa on useita tekijöitä, jotka vaikuttavat palamiseen ja syttymiseen. Näitä ovat esimerkiksi öljypolttimen fyysiset osat, jotka likaantuvat ja tukkeutuvat helposti. Kyseiset osat vaativat ajoittaista kunnossapitoa, joka tulisi suorittaa aina öljynpolton päättyessä. Tukkeumat öljypolttimessa aiheuttavat epäsymmetrisen öljysuihkun kattilaan, mikä voi johtaa paineheilaheluihin ja polttimen sammumiseen. Tasaisen ja häiriöttömän polton edellytyksenä ovat puhtaat polttimen osat.

### 2.2.1 Suutin

Suuttimia on eri kokoja, joiden suuruus, reikien lukumäärä ja kulma valitaan käyttöpaikan, tarkoituksen, poltintyyppin ja käyttökapasiteetin mukaan. Suuttimet voidaan tunnistaa niihin stanssatuista merkinnöistä. (3, s. 5.)

Metsä Fibre Rauman tehtaassa käytetään kuvan 2 mallisia höyryhajotteisia Y-suuttimia poltinputken päässä. Suuttimeen säteittäisesti poratut reiät yhdistävät sisemmän putken ja putkien välisen rengasmaisen kanavan. Sisäputken läpi virtaa hajotushöyry ja rengasmaisen kanavan läpi öljy. Y-suuttimessa hajotushöyry vetää öljyn mukaansa ejektorivaikutuksen avulla ja sumuttaa öljyn ja höyryn seoksen suuttimen jokaisen reiän lävitse kattilaan. Pääliekki muodostuu useasta osaliekistä. Öljysuihkun hajottamisella useampiin yksittäisiin suihkuihin tulipesässä saadaan aikaiseksi suurempi kosketuspinta-ala öljysumun ja palamisilman yhtymiselle eli palamiselle kuin olisi mahdollista yksireikäisellä suuttimella. (3, s. 5.)



*KUVA 2. Höyryhajotteinen Y-suutin*

Suurimmat häiriötekijät suuttimissa liittyy likaantumiseen ja tukkeentumiseen. Tukkoinen suutin johtaa epäsymmetriseen öljyn sumutukseen ja aiheuttaa paineheilahteluja öljynpaineessa sekä palamisilmassa. Kun poltinta ei tarvita, on hyvä poistaa poltinputki polttimesta ja puhdistaa suutin seuraavaa tarvetta varten (3, s. 7). Erityisesti tulisi varmistua suutinkärkien reikien puhtaudesta. Suutinkärjen reiät puhdistetaan pehmeästä materiaalista tehdyillä langan pätkillä tai puikoilla. Kovemmat karstoittumat täytyy pehmentää parafiinillä, öljyllä tai muulla sopivalla liuottimella ennen mekaanista puhdistusta. Huomioitavaa on, että

suutinkärki on tarkkuustyötä ja kovakourainen ja kohtuuton voiman käyttö saattavat pilata sumutustehon. (3, s. 8.)

### 2.2.2 Impelleri

Kuvassa 3 näkyvä Impelleri eli ilman pyörteitin ohjaa palamisilman pyörivään liikkeeseen öljypolttimen etupäässä. Ilmaa johdetaan palokurkussa impellerin kehällä oleviin siivekkeisiin, jotka laittavat ilman pyörteiseen liikkeeseen ja nostavat ilmavirtauksen nopeutta. Impellerin tarkoituksena on parantaa öljypolttimen polttoprosessia jakamalla palamisilma tasaisesti suuttimen ympärille sekä estää ilman paineheilahteluja, jotka voivat aiheuttaa liekin sammumisen. Impelleri auttaa myös pitämään suuttimen puhtaana öljystä ja polttolipeästä.



*KUVA 3. Ilman pyörteitin eli impelleri*

Öljypolttimen suuttimen etäisyydellä impelleriin on suuri merkitys polttimen puhtauden kannalta. Mikäli impelleri on liian lähellä suutinta, pääsee impelleri liikaantumaan ja tukkeentumaan helposti. Tällöin impellerin toimintakyky heikkenee, mikä aiheuttaa ongelmia öljyn poltossa ja suuttimen puhtaanapidossa. Suuttimen ja impellerin etäisyyden ollessa liian suuri pääsee suutin öljyyntymään ja tukkeutumaan. Tämä johtuu siitä, ettei impellerin toiminta vaikuta tarpeeksi suuttimen alueella. Ohjeavona suuttimen ja impellerin etäisyydelle voi-



daan pitää 5 mm:ä, jonka verran suutin on impellerin reunaa ulompana. (3, s. 4.)

### **2.2.3 Palokurkku**

Palokurkku sijaitsee öljypoltinputken ympärillä sen polttopäässä. Palamisilma johdetaan ilmalaatikon kautta lieriön malliseen palokurkkuun, joka toimii ilman kuristimena. Palokurkusta ilma johtuu tulipesään öljypolttimen ympärille ja mahdollistaa öljyn polttamisen. Palokurkun pinta-alan ollessa pienempi kuin ilmalaatikon palamisilman virtausnopeus kasvaa siellä ennen tulipesään saapumista.

Lipeää poltettaessa ja öljytulien ollessa pois päältä voivat palokurkun seinämät likaantua helposti. Palokurkun osittainen tukkeutuminen haittaa öljypolttimen käynnistystä ja palamista epätasaisen ilmavirtauksen ja palamisilman paineheilahtelujen johdosta. Asian tarkistamiseksi ja korjaamiseksi on polttimen kannessa kaksi avattavaa lasikantista luukkuja, joista näkee palokurkun kunnon. Luukuista voi myös putsata palokurkun siihen kertyneestä liasta kyseiseen tehtävään tarkoitetulla putsaustrangolla.

## **2.3 Liekinsytytin**

Öljypolttimen öljysuihkun sytytykseen tarvitaan oma sytyttimensä. Liekinsytyttimen toiminta voi perustua sähköiseen, kaasulla toimivaan tai kaksoispolttoainesytytykseen tai kaasu- ja öljysähkösytyttimiin. Metsä Fibre Rauman tehtaalla on käytössä Tampellan öljypolttimissa sähkötoimiset liekinsytyttimet ja Oilonin polttimissa kaasusähkökäyttöiset liekinsytyttimet.

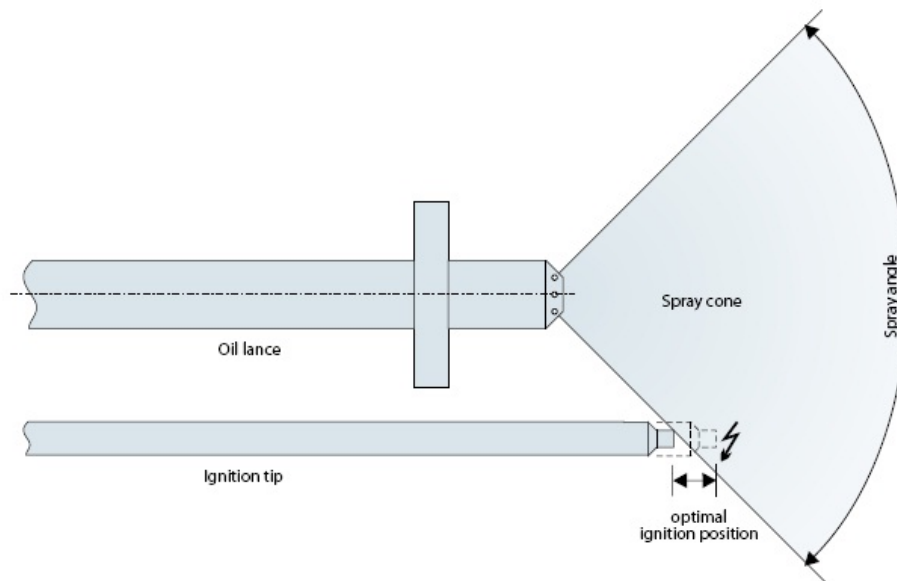
### **2.3.1 Sähkösytyttimet**

Durag D-HG 400-50 -korkeajännitesytyttimiä (kuva 4) käytetään sytyttämään kaikenkokoisia kaasu- ja öljypolttimia voimalaitoksissa ja teollisuudessa (5, s. 2). Raskasta polttoöljyä polttaessa tulee öljy esilämmittää 90 - 130 °C:n lämpötilaan optimaalisen sytytyksen takaamiseksi. Sytytin on käsikäyttöinen, ja sen sytytinvarsi ja jännitelaatikko on yhdistetty kiinteäksi yksiköksi. Sytytin käynnistyy pitämällä painonappia pohjassa ja sammuu päästämällä siitä irti. (5, s. 5.)



*KUVA 4. Durag D-HG 400 korkeajännitesytytin (6, s. 20)*

Kuvasta 5 nähdään korkeajännitesytyttimen optimaalinen sytytinalue. Sytytinvarsi (ignition tip) työnnetään öljypolttimen (oil lance) vierestä kattilan sisään siten, että sytytyskärki on polttoaineen sumuvyöhykkeen (spray cone) reunassa. (5, s. 6.) Syttymisen tapahduttua tulisi sytytin vetää välittömästi ulos liekin alueelta ja kytkeä pois päältä, jotta välttyttäisiin turhalta sytytyskärjen kulumiselta. Palovyöhykkeen ja sen läheisyyden korkeat lämpötilat ovat liikaa sytyttimelle ja johtavat sytytyskärjen lisääntyvään kulumiseen. Sytytyskärjen toimiaika on noin miljoona sytytyssykäystä, mikä vastaa neljäntoista tunnin käyttöä korkeammalla sytytystaajuudella. (5, s. 3.)



*KUVA 5. Optimaalinen sähkösytyttimen sytytysalue (6, s. 22)*

Säätöyksikössä sijaitseva korkeajännitekondensaattori on ladattu 4 Ws:n edestä energialla, joka vapautetaan kulumattomalla sytytysjärjen katkaisijalla. Vapautuksen tuloksena syntyvä kipinän purkaus muuttaa energian lämmöksi, joka sytyttää polttoaineen. Onnistuneen sytytyksen takaamiseksi sytyttimen purkaustaajuus on aluksi 20 sykäystä sekunnissa ensimmäiset 60 sekuntia, jonka jälkeen se alenee 5 sykäykseen sekunnissa. (5, s. 2.)

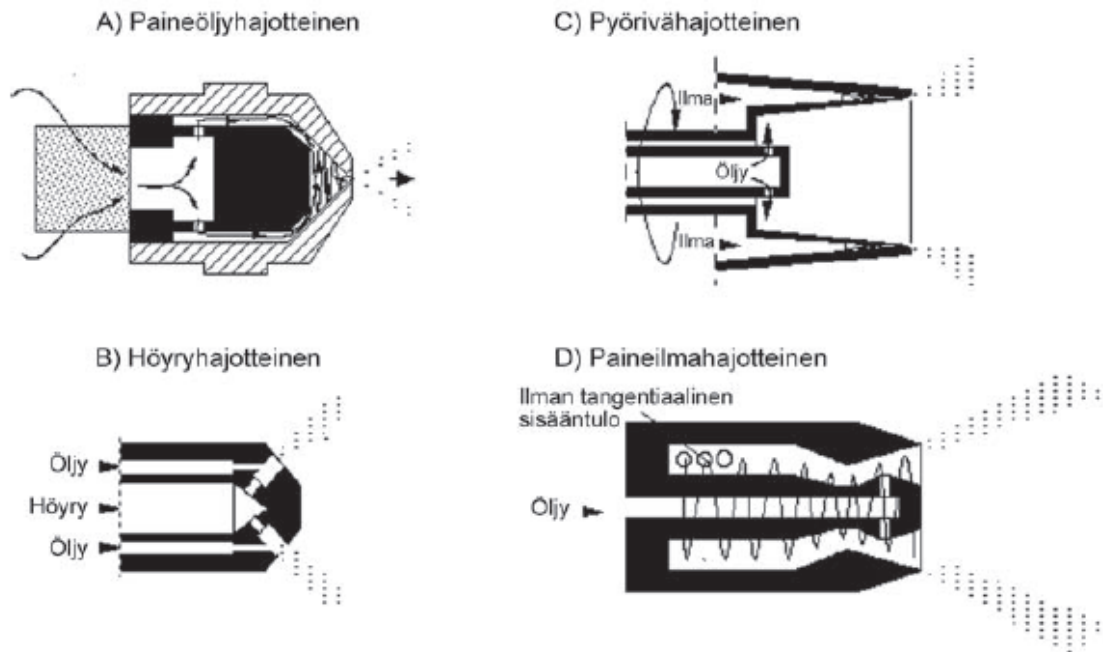
### **2.3.2 Kaasusähkösytyttimet**

Kaasusähkösytyttimien toiminta perustuu poltettavaan kaasuun, joka sytytetään sähköisen kipinän avulla. Kaasusähkösytyttimiä voidaan käyttää erilaisten polttimien ja tulipesien sytyttämiseen, kuten öljy, kaasu ja kiintoaine. Kaasusähkösytyttimien polttoaineiksi käyvät kokaamokaasu, maakaasu, propaani-, butaani- tai prosessikaasut. (10.)

### **2.4 Hajotusaine**

Hajotusaineen tehtävänä on hajottaa polttoöljy kattilassa sumuksi, jolloin öljyn pinta-ala on suurimmillaan ja polton energiatehokkuus parhaimmillaan. Ras-

kasöljypolttimissa voidaan käyttää hajotusaineena öljyn sumutukseen seuraavia periaatteita, joiden toimintaperiaatteet ovat nähtävissä kuvassa 6.



KUVA 6. Öljynhajotusperiaatteet öljypolttimissa (4, s. 59)

Paineöljyhajotteella toimivassa suuttimessa öljy ajetaan suurella paineella suuttimessa oleviin tangentiuriin, jotka laittavat polttoöljyn voimakkaaseen rotaatioliikkeeseen urien jälkeisessä pyörimiskammiossa. Kammion keskellä sijaitsevasta reiästä öljy virtaa ulos ja muodostaa ohuen kartion muotoisen kalvon, joka välittömästi hajoaa pisarasumuksi. Paineöljyhajotteisissa raskasöljypolttimissa käytetään tyypillisesti 2 - 3 MPa:n painetta. (4, s. 60.)

Voimalaitosten öljypolttimista suurin osa on varustettu höyryhajotteisilla polttimilla. Yleensä öljynpaineen mukaan liukuva hajotushöyry ollen 10 - 20 bar:a, tulee poltinlanssin keskiputkea pitkin ja ajautuu ulos Y-kirjaimen muotoisia tiehyitä pitkin. Öljy ajetaan höyryvirtaukseen ulosvirtaustiehyissä, josta höyrystiehyt vetää polttoöljyn mukaansa. Tulipesässä öljy hajoaa sumuksi höyryn vaikutuksesta. (4, s. 60.) Hajotushöyryn pitää olla kuivaa n. 20 - 30 °C:ista tulistettua höyryä. Lisäksi täytyy varoa, ettei lauhdetta pääse suuttimeen. Hajotushöyryssä

oleva vesi syövyttää suuttimet nopeasti käyttökelvottomaksi sekä heikentää sumutusta. (3, s. 6.)

Pyörivähajotteisessa polttimessa polttoöljy ajetaan n. 100 r/s:ssa pyörivän kupin sisälle. Kupin sisältä öljy sinkoutuu kalvona ulospäin keskipakovoiman vaikutuksesta. Kupin ulkoreunalle johdettava paineilma hajottaa öljyn pisaroiksi. Hajotusilman paine on 0,15 bar ja virtausnopeus n. 110 m/s. (4, s. 60.)

Ilmahajotteisissa polttimissa polttoöljy ajetaan alhaisella paineella radiaalisuuttimista poltinkartion sisään, jossa öljystä muodostuu ohut kalvo öljyn tuloputken ympärillä virtaavan ilman vaikutuksesta. Keskipakovoiman vaikutuksesta öljy virtaa poltinkartiosta ulospäin, jolloin poltinkartion ulkopuolelta johdettava primääri-ilma hajottaa öljykalvon sumuksi. (4, s. 60.)

## **2.5 Öljyt**

Polttoöljyt jaetaan kahteen luokkaan käyttöominaisuuksiensa mukaan, raskaisiin ja kevyisiin öljyihin. Raskaiden öljyjen kulutus öljytuotteiden kokonaiskulutuksesta Suomessa on n. 19 % ja kevyiden öljyjen 23 %. Muita pääkulutuskohteita ovat moottoribensiinit 17 % sekä dieselöljy 18 %. Öljytuotteiden kulutus Suomessa on ollut viime vuosina n. 10 milj. tonnia vuodessa. (4, s. 9.)

### **2.5.1 Raskas polttoöljy**

Raskaat polttoöljyt ovat halvempia kuin kevyet polttoöljyt, mutta vaativat kalliit polttolaitteet ja asiantuntevaa käyttöä ja huoltoa. Raskaiden polttoöljyjen käyttö tulee kannattavaksi kohteissa, joissa kattilalta tarvittava teho on vähintään 1 MW. Raskaasta polttoöljystä 61 % kuluu tehdasteollisuudessa kiinteistöjen ja prosessien lämmityksessä. Muita merkittäviä kulutuskohteita ovat CHP-tuotanto ja kaukolämmitys 13 %:n, koti- ja ulkomainen laivaliikenne 33 %:n sekä suurkiinteistöjen lämmitys 7 %:n kulutuksella. (4, s. 9.) Taulukosta 1 on nähtävissä raskaan polttoöljyn kulutuksen määrät eri kulutussektoreille vuonna 2004.

TAULUKKO 1. Raskaan polttoöljyn kulutuksen jakaantuminen eri kulutussektoreille v. 2004 (Tilastokeskus, energiatilasto) (4, s. 10)

Kulutussektori	Öljyn vuotuinen kulutus 1 000 t
Lauhdevoiman tuotanto	91
Kaukolämmön ja -voiman tuotanto	206
Tehdasteollisuus	992
Maatalous	51
Rakennusten lämmitys	116
Kulutus raaka-aineena	36
Kotimaan vesiliikenne	49
varastomuutos	0
Yhteensä	1 616
Ulkomaan liikenne	478
Yhteensä	2 094

Käyttöön vaikuttavia ominaisuuksia raskaalla polttoöljyllä ovat viskositeetti, jäähmettyminen, pumpattavuus, vesipitoisuus, varastointikestävyys ja ilman liukoisuus (4, s. 9). Öljyn käsittelyn ja polton kannalta tärkein ominaisuus on viskositeetti. Koska viskositeetti riippuu lämpötilasta, tulee öljyjen tuotenimissä ilmoittaa tuotteen viskoosia vastaava lämpötila. Nykyään polttoöljyjen viskositeetin määrittäminen tehdään +80 °C:ssa. Öljyn käytön ja polton kannalta on tiedettävä miten lämpötila vaikuttaa öljyn viskositeettiin. Täten saadaan selville öljyn pumpaukseen ja polttoon vaadittavat lämpötilat. (4, s. 15.)

Ympäristöominaisuuksiltaan öljyn palamisessa syntyvistä päästöistä tärkeimpiä ovat rikki- ja typpipitoisuudet sekä tuhka ja hiiltojäännös. Ympäristöominaisuuksista viranomaiset ovat kiinnittäneet eniten huomiota rikkipitoisuuteen. Öljyä poltettaessa rikki palaa rikkidioksidiksi, joka ympäristöön kulkeuduttuaan savukaasujen mukana aiheuttaa luonnon happamoitumista haposateiden muodossa. Suomessa viranomaiset ovat vaatineet asteittaista siirtymistä vähärikkisen raskaan polttoöljyn käyttöön. Nykyään sallittu rikkipitoisuus raskaalla polttoöljylä on 1 %. (4, s. 19.)

Ympäristön kannalta toinen haitallinen päästö öljyssä on typpi. Poltettaessa typpi ja happi voivat muodostaa typenoksideja, jotka aiheuttavat samanlaisia ympäristöhaittoja kuin rikkioksiditkin. Aiemmin ei ole ollut mahdollista poistaa typpeä polttoöljystä öljynjalostuksen yhteydessä, joten sen määrä oli riippuvainen käytetystä raakaöljystä. Nykyään raskaasta öljystä poistetaan typpeä rikinpoiston yhteydessä. (4, s. 19.)

Raskaiden polttoöljyjen tuhkapitoisuudet ovat hyvin pieniä moniin muihin polttoaineisiin verrattuna 0,02 - 0,03 %. Kattilasta tuhka poistuu pääasiassa lentotuhkana savukaasujen mukana. (4, s. 20.)

Hiiltojäännös, joka ilmoitetaan massaosuutena, kuvaa hyvin raskaiden polttoöljyjen poltettavuutta. Hiiltojäännöstä määritettäessä öljy lämmitetään inertissä eli hapettomassa olosuhteessa 550 °C:ssa. Hiiltojäännökseksi kutsutaan haihtumatta jäävää osaa. (4, s. 20.)

### **2.5.2 Kevyt polttoöljy**

Kevyt polttoöljy on raskasta polttoöljyä kalliimpaa, mutta se on matala viskoosista ja palavaa tislettä. Kevyt polttoöljyn polttolaitteet ovat halvat rakentaa ja yksinkertaiset käyttää. Tästä syystä kevyt polttoöljy sopii polttoaineeksi alle 1 MW:n tehoisiin lämmityskattiloihin. Suomessa kevyen polttoöljyn kulutuksesta 50 % menee rakennuksien lämmitykseen. Muita merkittäviä käyttökohteita ovat maa- ja metsätalous 25 % kulutuksesta sekä työkoneet ja koti- ja ulkomaan laiva- sekä junaliikenne 8 % kulutuksesta. (4, s. 10.) Vuoden 2004 kevyen polttoöljyn kulutusmäärät eri kulutussektoreille on nähtävissä taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Kevyen polttoöljyn kulutuksen jakaantuminen eri kulutussektoreille v. 2004 (Tilastokeskus, energiatilasto) (4, s. 10)

Kulutussektori	Öljyn vuotuinen kulutus 1 000 t
Kaukolämmön ja -voiman tuotanto	21
Tehdasteollisuus	188
Viljankuivaus, maatalouskoneet	318
Kasvihuoneet	38
Rakennusten lämmitys	1 166
Rakennustoiminta	276
Metsätraktorit	84
Junat	43
Kotimaan vesiliikenne	105
Muut työkoneet	140
Tilastovirhe	-118
Yhteensä	2 261
Ulkomaan liikenne	49
Yhteensä	2 310

## 2.6 Öljyn esilämmitys

Öljyä esilämmittämällä lasketaan viskositeetti mahdollisimman matalaksi, jotta öljy sumuttuisi polttimen suuttimesta tulipesään riittävän pieninä pisaroina. Pie-nellä pisarakoolla palamisesta saadaan mahdollisimman tehokasta ja täydellistä. (4, s. 40)



Raskaiden polttoöljyjen kannalta poltossa hyväksi sumutusviskositeeteiksi ovat osoittautuneet seuraavat viskoosit:

- 10 - 20 mm<sup>2</sup>/s höyryhajotteisilla polttimilla
- 8 - 15 mm<sup>2</sup>/s paineljahajotteisilla polttimilla
- 10 - 30 mm<sup>2</sup>/s pyöriväkuppihajotteisilla polttimilla. (4, s. 40.)

Edellä mainittuja viskositeetteja vastaavat esilämmityslämpötilat eri raskasöljy-laaduille on esitetty taulukossa 3.

*TAULUKKO 3. Tietyn sumutusviskositeetin vaatimat lämpötilat (°C) eri raskas polttoöljy-laaduille (4, s. 40)*

Mastera LS- laatu	Sumutusviskositeetti mm <sup>2</sup> /s		
	10	20	30
<b>100</b>	114 °C	89 °C	77 °C
<b>180</b>	127 °C	101 °C	88 °C
<b>300</b>	137 °C	110 °C	98 °C
<b>420</b>	145 °C	118 °C	105 °C

Esilämmitysratkaisuista yleisin on putkilämmönsiirrin. Muita käytössä olevia ratkaisuja ovat levy- ja kierukkalämmönsiirtimet. Putkilämmönsiirtimessä öljy on joko vaipan puolella tai putkissa. Likaantumisessa ei ole havaittu eroja näiden kahden periaatteen välillä. Riittävän suurella öljyn virtausnopeudella saadaan vähennettyä likaantumista. Pakotettuun konvektioon perustuva lämmönsiirto estää parhaiten paikalliset pintalämpötilojen kohoamiset. (4, s. 41.)

Lämmittimen likaantumisen kannalta lämpöpintojen pintalämpötila on tärkeä suure. Lämpötilan noustessa suureksi, öljyn raskaat aromaattit alkavat koksautua lämmittimen pinnoille lämpötilan aiheuttamasta epästabiliudesta johtuen. Suurin sallittu pintalämpötila on noin 250 - 270 °C. Esilämmittimessä käytettä-

vän höyryn lämpötilan tulisi olla alle tämän. Sähkökäyttöisissä lämmönsiirtimisessä vastuksen pintatehoksi riittää 10 - 15 kW/m<sup>2</sup>. (4, s. 42.)

Käytössä on sekä avattavia että umpinaisia rakenteita. Avattavuuden etuna on puhdistuksen helpompi suorittaminen ja niitä käytetäänkin silloin kun pinnat pyrkivät likaantumaan. Suljettujakin malleja on käytetty vuosia ilman ongelmia. Umpirakennetta käytetään tavallisesti vain halvoissa ja pienissä malleissa, jotka voidaan puhdistaa höyryn tai liuottimen avulla. (4, s. 41.)

Putkimateriaalina lämmönsiirtimissä käytetään tavallisesti joko terästä Fe35 tai haponkestävää terästä. Kupariputken käytön estää pistesyöpymäherkkyys, jota esiintyy yli 90 °C. (4, s. 41.)

Sähkölämmittimiä on kahta eri tyyppiä. Yleisin on säiliöön sijoitetut vastuskierukat, joissa lämmönsiirto tapahtuu suoraan öljyyn. Toinen on valettu massavastus. Öljy lämmitetään valussa kulkevissa putkissa, joita on niin paljon, että ulostuleva lämpötila on hyvin lähellä valun lämpötilaa. Sääto ominaisuuksiltaan rakenne on hyvä, mutta painehäviöt ovat suuret. (4, s. 41.)

## **2.7 Saattolämmitys**

Saattolämmitystä tarvitaan raskailla öljyalaaduilla sekä muilla korkean jäähmepisteen omaavilla nesteillä, jotka jähmettyessään tuottavat ongelmia pumppauksessa (7, s. 5). Kevyemmillä öljyalaaduilla eristys on riittävä suoja jähmettymisen estämiseksi sisätiloissa. Saattolämmitys on mahdollista toteuttaa joko höyryllä, vedellä, kiertoöljyllä tai sähköllä. Höyry ja vesi ovat käyttökelpoisimpia pitkissä runkolinjoissa huoltoystävällisyytensä sekä edullisen hintansa vuoksi. Kiertoöljysaaton käyttö on yleensä vaihtoehtona vain rajoitetulla alueella poltinputkiston yhteydessä. (4, s. 49.)

Sähkösaaton asennus voidaan toteuttaa joko termostaattiohjauksella tai itesesäätävällä kaapelilla, joista ensin mainitulla on parempi säädettävyys. Pitkät sähkösaatot ovat kalliita eivätkä aina toimi halutulla tavalla huonon asennuksen vuoksi. Toisaalta öljypolttimien letkuissa sekä muissa ahtaissa paikoissa ainut käyttökelpoinen vaihtoehto on sähkösaatto. Sähköpatruunalla onnistuu hyvin

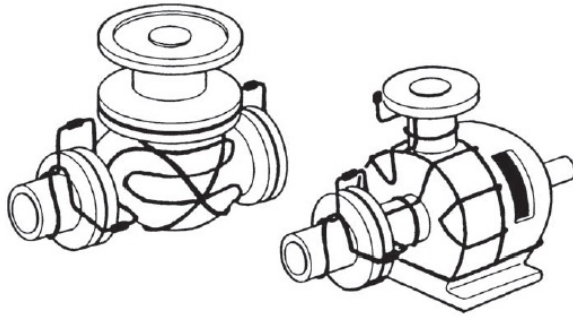
yksittäisen toimilaitteen lämmitys. Taulukossa 4 on karkeita arvoja saattolämmityksen mitoittamiseksi. (4, s. 49.)

*TAULUKKO 4. DN 50 putkiston (ulkona oleva) saattolämmityksen mitoitus (4, s. 50)*

	<b>Vesisaatto</b>	<b>Höyrysaatto</b>	<b>Sähkösaatto</b>
<b>Öljyalaatu</b>	<b>Vesivirta kg/h/m</b>	<b>Höyryntarve kg/h/m</b>	<b>Teho W/m</b>
180	3,4	0,07	40
380	5,1	0,10	60

Höyrysaatossa putkikoon valinta tapahtuu painehäviön mukaan ja vesisaatossa yleisesti sopiva putkikoko on DN 15. Taulukko 4:n laskenta on tehty siten, että putkessa olevan sisällön viskositeetti on  $500 \text{ mm}^2/\text{s}$  ulkolämpötilan ollessa  $-35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Sisätiloissa ollessa riittää noin puolet taulukon arvoista. Lämpötilaputoukseksi vedelle on oletettu  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  ja höyryn paineeksi  $2 \text{ MPa}$ . (4, s. 50.)

Saattoputken kontakti saatettavaan putkeen on oltava mahdollisimman hyvä parhaan mahdollisen lämmönsiirron takaamiseksi. Lämmönsiirtomassalla voidaan vielä parantaa lämmönsiirtoa. Kuvassa 7 on esimerkkejä toimilaitteiden lämpösaatosta. Saattoputken turha ylitys on haitaksi, koska se irtoaa toimilaitteen pinnasta lämmitessään ja heikentää lämmönsiirtoa. Toimilaitteissa ja varusteissa saattoputkea tarvitaan 50 % enemmän pinta-alaa kohden kuin putkissa. Saattoputken on oltava irrotettava putkiston liitosten kohdilta. (4, s. 50.)



*KUVA 7. Toimilaitteiden lämpösaatto (4, s. 50)*

## **2.8 Palamisilma polttimelle**

Soodakattilassa palamisilmoille on määritelty kaksi eri rajaa, joiden sisäpuolilla ilmamäärien tulisi pysyä. Rajat muodostuvat ilmamäärän ylä- ja alarajasta, jotka ovat verrattavissa polttokuorman määrään. Sen hetkistä ilmanpainetta ja -virtausta seurataan antureilla, joista välittyy trenditieto valvomoon. Ilmanpaine ja -virtaustiedot näkyvät kyseisen polttotason ilmanpainekuvassa ylä- ja alarajan kanssa. Palamisilmamäärä säädetään ilmapeltien avulla polttoainemäärää vastaavaksi polttimelle (3, s. 3).

## **2.9 Liekinvartija**

Kattilan jokainen öljypoltin tulee varustaa liekinvartijalla, jonka havaitsema liekki mahdollistaa polttoöljyn pikasulkuventtiilien auki pysymisen ja jatkuvan polttoainevirran polttimeen (3, s. 3). Tulen sammuttua polttimesta liekinvartija-anturi sulkee ko. polttimen polttoöljyn sulkulaitteet varmuusajan kuluessa (9, s. 9). Anturin säteilydetektorit havaitsevat tietyn spektrialueen liekin säteilemästä valosta. Valon intensiteetistä riippuen anturi lähettää sitä vastaavan sähköisen standardiviestin liekkimonitorin näytölle, joka ilmoittaa liekki palaa/ei pala (Flame ON/OFF) -viestin. Viestiin vaikuttavat asetusrivot, kuten anturin herkkyys ja kytkentäaika. (8, s. 2.)

Anturia asennettaessa on sen etäisyys monitoroitavaan liekkiin oltava mahdollisimman lyhyt, mutta riittävän pitkä muihin liekkiin häiriöiden minimoimiseksi. Anturi voidaan asentaa yhdessä ulkoisen optiikansäätimen kanssa, millä voidaan varmistaa anturin tarkka kohdistus. Anturi voidaan asentaa myös ilman

säätölaitetta, jolloin sen kohdistetaan siten, että liekin palaessa maksimikirkkaudella anturi tuottaa maksimitaajuuden. (6, s. 8.)

Anturi tarvitsee huuhteluilmaa, jonka tarkoituksena on estää anturin liiallinen kuumeneminen sekä estää optiikan likaantuminen. Huuhteluilman tarve on n.  $35 \text{ nm}^3/\text{h}$ . (8, s. 5) Kuvassa 8 on Durag D-LE 603 -mallinen liekinvalvoja-anturi, joka sopii hyvin öljy-, hiili- ja kaasuliekin jatkuvaan valvontaan. (6, s. 8.)



*KUVA 8. Durag D-LE 603 (6, s. 8)*

Poltettavasta polttoaineesta riippuen voidaan käyttää UV- tai IR-antureita liekin valvontaan. Myös kahden rinnakkaisen anturin käyttö on mahdollista vaikeissa tapauksissa. Vesihöyryn, pölyn tai öljysumun absorboidessa UV-valon voidaan käyttää IR-anturia liekin monitoroimiseen, mikä sopii hyvin esimerkiksi soodakattiloihin sekä öljy- ja kaasupolttimiin. (8, s. 10.)

### 3 TAMPELLA POWERIN JA OILON POLTTIMIEN VERTAILU

Metsä Fibre Rauman tehtaalla on yhteensä 14 öljypoltinta, joista Tampella Powerin nykyisin Metson valmistamia on kahdeksan ja Oilonin valmistamia kuusi. Tampella Powerin öljypolttimet ovat tehtaan valmistumisesta asti käytössä olleita polttimia. Vuosina 2010 ja 2011 kyseisiä öljypolttimia korvattiin uudemmilla Metsä Botnia Kaskisten tehtaalta saaduilla Oilonin käynnistyspolttimilla. Taulukossa 5 on käytössä olevien öljypoltinten toimintaan liittyviä tietoja.

TAULUKKO 5. Öljypoltinten mitta- ja vertailutietoja (15)

Valmistaja	Tampella Power (Metso)	Oilon
Polttimen malli	Starttipoltin	RT-11F
Asennusvuosi	1995	2010 ja 2011
Raskasöljyn laatu	Mastera LS 420	Mastera LS 420
Öljyn käyttöpaine	~8 bar g	~8 bar g
Öljyn massavirta	500 $\text{kg}/\text{h}$	900 $\text{kg}/\text{h}$
Öljyn polttolämpötila	Vaadittu 70 °C , säätöarvo 122 °C	Vaadittu 70 °C , säätöarvo 122 °C
Öljyn sumutusviskositeetti	18 - 24 $\text{mm}^2/\text{s}$	18 - 24 $\text{mm}^2/\text{s}$
Hajotushöyryn paine	~10,5 bar g	~10,5 bar g
Hajotushöyryn lämpötila	187 °C	187 °C
Haj. höyryn massavirta	50 - 90 $\text{kg}/\text{h}$	50 - 90 $\text{kg}/\text{h}$
Polttoteho	~8 MW	~8 MW

(jatkuu)

TAULUKKO 5. (jatkuu)

Suutin	Metso 8Y-38-52-43-70-2L	Oilon 3356 H11
Sytytin	Sähkösytytin D-HG 400-50	Kaasusähkösytytin Oilon SP51
Liekinvartija	Durag D-LE 603 IS-P	Durag D-LE 603 IS-P

Alkuperäisesti Tampella Powerin öljypolttimissa oli suuttimet, jotka ruiskuttivat polttoöljyä  $195 - 576 \text{ kg/h}$  noin 8 bar:n öljynpaineessa. Kyseisillä suuttimilla  $900 \text{ kg/h}$  öljyruiskutukseen päästiin nostamalla paine 13 bar:iin. Tämä kuitenkin häiritse samalla polttotasolla olevien Oilon öljypolttimien toimintaa, jotka vaativat ainoastaan 8 bar päästäkseen  $900 \text{ kg/h}$  öljyvirtaukseen. Tampella Powerin öljypolttimien käyttö samalla öljynpaineella Oilonin öljypoltinten kanssa vaatii uusien suurempien suuttimien hankintaa. Nykyään Tampella Powerin öljypolttimet toimivat 8 bar:n öljynpaineessa öljyvirtauksen ollessa  $500 \text{ kg/h}$ .

## 4 KÄYNNISTYSPOLTTIMIEN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN

### 4.1 Öljyn esilämmityksen riittävyys

Metsä Fibre Rauman tehtaalla on käytössä kaksi esilämmitintä, joilla raskas polttoöljy lämmitetään polttoon sopivaksi. Esilämmittimet ovat putkilämmönsiirtimiä, joidenka putkissa voi virrata joko lämmittävä välipaine- tai matalapainehöyry ja putkien ulkopuolella vaipan sisällä virtaa esilämmitettävä öljy. Tällä hetkellä esilämmitykseen käytetään matalapainehöyryä.

Esilämmityksen riittävyyden kanssa on ollut ongelmia, silloin kun esilämmittimet ovat joutuneen suurelle kuormitukselle. Tällöin raskasta polttoöljyä on kulunut meesauunin polttimelle sekä soodakattilassa on jouduttu käyttämään useampaa öljypoltinta kerralla. Tämä on johtanut raskaan polttoöljyn lämpötilan hienoiseen laskuun. Asiaan on kuitenkin auttanut esilämmittimien lämmönsiirtoputkien pesu kuivettuneesta öljystä alkukesästä 2012, sillä sen avulla saatiin lämmön siirtyminen tehokkaammaksi. Esilämmityksen riittävyyttä öljypolttimille edesauttaa myös elokuussa 2012 pikiöljyn käyttöönotto meesauunin polttimelle, jolle on oma esilämmittimensä. Tällöin raskaan polttoöljyn esilämmittimien kuormitus vähentyy. Esilämmittimet on puhdistettu neljän vuoden välein painelaitetarkastusten yhteydessä. Putsausväli on sopiva, sillä pinttynyttä likaa ei ehdi muodostua liiaksi, mikä haittaisi lämmönsiirtimien tehokasta toimintaa kyseisenä aikana.

#### 4.1.1 Esilämmitys kylmästartissa

Soodakattilan kylmästartissa matalapainehöyryn riittävyyden kanssa on ongelmia, sillä hajukaasukattilan matalapainehöyryntuotanto ei ole riittävä kaikille tehtaan tarpeille käynnistysvaiheessa. Asiaa hieman helpottaa naapuritehtaalta UPM:ltä saatava matalapainehöyry, jota annetaan maksimissaan  $10 \frac{kg}{s}$ . Koska matalapainehöyryä halutaan useaan paikkaan samaan aikaan käynnistysvaiheessa, ei se ole tarpeeksi riittoisaa raskaan polttoöljyn esilämmitykseen. Tarkoituksena on välttää ajamasta liian kylmää ja jäykkää raskasta polttoöljyä öljypolttimille. Mikäli öljypolttimille pyritään saamaan tuli kylmähköllä noin 100 °C :lla



raskaalla polttoöljyllä, on hyvin todennäköistä, että syttymisen ja palamisen kanssa tulee ongelmia. Lämpötilan säätöarvona esilämmityksessä raskaalle polttoöljylle on 122 °C, mutta matalapainehöyryn riittämättömyyden vuoksi tähän ei päästä. Ongelmia polton sytytyksessä aiheuttavat öljyn alhainen lämpötila sekä suuri viskositeetti, joka vaikuttaa öljyn pumpattavuuteen ja suuttimelta lähtevään pisarakokoon. Öljyn esilämmityksen kylmästartissa tekee entistään keskeisemmäksi se, että kattilan tuuletuksen jälkeen on vain kaksi sytytysyritystä, joilla saada öljytuli kattilaan. Tämän vuoksi on hyvin tärkeää, että öljyllä on parhaat mahdolliset edellytykset syttymiseen ensimmäisellä yrittämisellä.

#### 4.1.2 Välipainehöyryn käyttöönotto

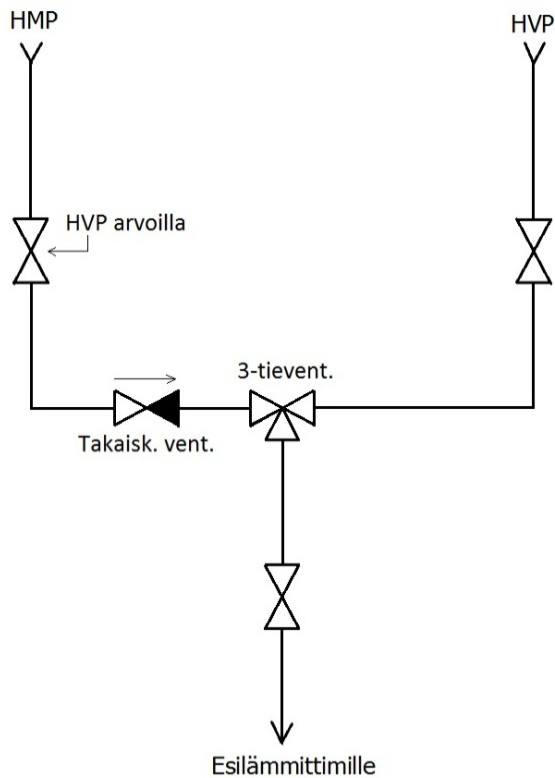
Raskasta polttoöljyä esilämmitetään tällä hetkellä ainoastaan matalapainehöyryllä. Esilämmittimet ja niihin johtava höyryputkisto ovat kuitenkin suunniteltu välipainehöyryn arvojen mukaisesti, jolloin on mahdollista käyttää polttoöljyn esilämmityksessä myös välipainehöyryä. Molemmat matala- ja välipainehöyrylinjat ovat asennettu esilämmittimille saakka, joista ensin mainittu on yhdistetty kääntöliitoksella esilämmittimille johtavaan linjaan kuvan 9 mukaisesti. Kuvassa 9 oikealla oleva välipainehöyrylinja on suljettu.



*KUVA 9. HMP- ja HVP-linjojen tulot esilämmittimien höyrylinjaan*

Matalapainehöyryn riittämättömyyden vuoksi tehtaan kylmästartissa olisi käytännöllistä saada välipainehöyryä ajettua esilämmittimiin. Kylmästartissa välipainehöyryä tarvitaan ainoastaan öljypoltinten hajotushöyryksi, joten sitä riittäisi öljyn esilämmitykseen ennen polton aloitusta. Kun on aika sytyttää öljytuli kattilaan ja raskas polttoöljy on lämmitetty halutulle korkeudelle, suljetaan välipainehöyrylinja ja avataan matalapainehöyrylinja esilämmittimille. Matalapainehöyryllä pystytään ylläpitämään öljyn lämpötilaa helpommin, kun se on jo valmiiksi halutun lämpöistä eikä tarvitse yrittää lämmittää kylmää polttoöljyä niukasti saatavalla matalapainehöyryllä. Lisäksi talvisin kylmällä säällä, jolloin lyhyetkin seisakit laskevat nopeasti raskasöljyn lämpötilaa ja tekevät siitä jähmeää, pystytään välipainehöyryn avulla tehokkaasti nostamaan öljyn lämpötilaa verrattuna kylmempään matalapainehöyryyn.

Edellä mainittu höyrylinjan vaihto kesken ajon vaatisi pientä putkimuutosta kuvassa 9 näkyvälle alueelle sekä tarvittavien venttiilien hankintaa. Matalapainehöyrylinjan ja esilämmittimille kulkevan linjan yhdistävä kääntöliitosputki, jolla pysytään yhdistämään ainoastaan toinen höyrylinjoista kerrallaan, tulisi poistaa. Tämän tilalle asennettaisiin kuvan 10 mukaisesti 3-tieventtiili, jossa on matala- ja välipainehöyryn tulot ja lähtö esilämmittimille. Esilämmittimien höyrylinjan ollessa asennettuna molemmille lämmityshöyrylinjoille, olisi mahdollista vaihtaa esilämmittävää höyryä 3-tieventtiilillä kesken ajon, tilanteen ja tarpeen mukaan.



*KUVA 10. Välipainehöyryn käyttöönotto raskasöljyn esilämmittimille*

Kyseisessä liitännässä vaarana on, että viallinen 3-tieventtiili päästää välipainehöyryä läpi matalapainehöyrylinjaan, minkä seurauksena paikat voivat rikkoontua tai aiheutua henkilövahinkoja. Tämän vaaratilanteen välttämiseksi tulee kuvan 10 mukaisesti molempiin höyrylinjoihin asentaa sulkuventtiilit, jotka ovat mitoitettu välipainehöyryn arvoilla. Lisäksi matalapainehöyrylinjaan, 3-tieventtiilin jälkeen ennen sulkuventtiiliä, on asennettava takaiskuventtiili, joka estää välipainehöyryn virtauksen matalapainehöyrylinjaan. Matalapainehöyrylinja on mitoitettava välipainehöyrylle 3-tieventtiililtä sulkuventtiilille saakka.

#### **4.2 Öljypumppujen riittävyys paineverkon ylläpitoon**

Metsä Fibren Rauman tehtaalla on kaksi raskasöljypumppua, joilla pidetään tarvittavaa öljynpainetta yllä. Kun öljypolttimia ei ole käytössä, kierrätetään öljyä verkossa yhden pumpun varassa. Raskaan polttoöljyn paineverkon säätöarvo on vaihdellut 19 - 20,5 bar:n välillä kesän 2012 aikana. Yhdellä pumpulla on pystytty nostamaan paine maksimissaan 19,9 bar:n korkeudelle, jolloin ei aivan

päästä halutulle painetasolle. Ensimmäisen öljypolttimen sytytys tulille laskee öljyn paineverkon painetta n. 5 bar alemmas. Säädetyin paineen ylläpito vaatii toisen raskasöljypumpun käyttöönottoa. Toisen pumpun käyttöönotto nostaa painetta noin 10 - 12 bar, jolloin verkon kokonaispaine on noin 25 bar:n korkeudella. Öljyverkon paine alkaa kuitenkin nopeasti laskea öljypolttimien lisäysten yhteydessä aina säätörajan alapuolelle 19 bar:n tasolle tai alemmas.

Raskasöljypumppujen toiminnasta voi tehdä johtopäätöksen, että jälkimmäisenä käynnistetty pumppu ei ole enää täysin kunnossa ja on kulunut, sillä se nostaa painetta vain 12 bar:n verran vaikka pitäisi pystyä lähemmäs 20 bar:n paineen nostoon. Asian korjaamiseksi tulisi kyseinen pumppu vaihtaa tai huoltaa tehtaan seuraavan vuosiseisokin aikana. Pumpun vaihto onnistuu myös tehtaan ajon aikana, sillä raskasöljypumput ovat rinnakkain toimivia, jolloin on mahdollista erottaa toinen linja mahdollisia huoltotoimenpiteitä varten.

#### **4.3 Venttiilien vaikutus paineheilauhin polttoöljylinjoissa**

Öljytulien ollessa pois päältä raskasta polttoöljyä kierrätetään koko ajan öljylinjan läpi jokaisella polttotasolla. Tämä tehdään sen vuoksi, että pitkä polttoöljylinja pysyy lämpöisenä eikä pääse kylmettymään ja mahdollisesti tukkeutumaan. Öljypolttimien ollessa poissa käytöstä öljyverkon paine pidetään normaalisti lukitusrajan alapuolella, joka on 4,5 bar.

Kun polttotasolta sytytetään ensimmäinen öljypoltin, polttimen pikasulkuventtiilit avautuvat sekä kyseisen polttotason paluulinjan sulkuventtiili sulkeutuu nopeasti, jolloin polttotason öljy ei pääse enää kiertoon vaan suihkuu polttimen kautta kattilaan. Paluulinjan sulkuventtiilin pikainen sulkeutuminen aiheuttaa huomattavan paineiskun öljyverkossa ja voi helposti sammuttaa mahdollisia tulellisia öljypolttimia toiselta polttotasolta. Samantyyppisiä paineiskuja aiheuttavat polttimien pikasulkuventtiilit, jotka avautuessaan alentavat yllättäen öljyverkon painetta kyseisellä tasolla. Tämä paineenalennus näkyy polttotasolla jo palamassa olevien polttimien öljysuihkussa paineheilahduksena, joka voi saada ne samumaan.

### 4.3.1 Paineheilahteluesimerkit

Liitteessä 3 on esimerkkejä paineiden ja venttiilien käyttäytymisestä raskas polttoöljyverkossa tertiääri-, alasekundääri- ja yläsekundääripolttotasoilla ennen vuosihuoltoseisokkia 2012. Kuvat ovat trenditallenteita kuluvan kesän ajalta tilanteista, joissa on tarvittu öljypolttimia. Kyseisten kuvien avulla tavoitteena on pystyä selvittämään ongelmakohdat ja syyt venttiilien tuomiin ongelmiin öljyn poltossa.

Liitteessä 3/1 lähtötilanteessa öljyä poltetaan jo yläsekundääritasolla, mikä on pääteltävissä siitä, että polttoöljyn paluulinjan venttiili on valmiiksi kiinni. Kello 9:20:00 sytytetään yläsekundääritasolla uusi poltin, mikä näkyy paineen notkahduksena jokaisella polttotasolla. Polttotasojen tulolinjojen säätöventtiilit pyrkivät välittömästi korjaamaan paineen asetusarvon mukaiseksi. Kello 9:29:40 otetaan jälleen uusi poltin käyttöön yläsekundääritasolla, josta aiheutuu samanlainen paineen lasku kuin edellisessä kohdassa. Tulolinjojen säätöventtiilit reagoivat ja nostavat paineen asetusarvoon takaisin.

Kello 9:33:30 sytytetään ensimmäinen poltin alasekundääritasolla, mikä on pääteltävissä paluulinjan venttiilin sulkeutumisesta. Alasekundääritason paluulinjan venttiilin äkillinen sulkeutuminen aiheuttaa 3 bar:n nousun omalla polttotasolla sekä noin 1 bar:n nousun tertiääri- ja yläsekundääritasolla. Painemuutokset tapahtuvat noin 5 sekunnin sisällä, mihin säätöventtiilit pyrkivät vaikuttamaan. Alasekundääritason säätöventtiilin korjausliikkeet ovat hyvin rajuja sen pyrkiessä tasoittamaan linjan painetta käyden välillä jopa täysin kiinni. Alasek. tason öljynpaine heilahtelee yli 5 bar:n verran edestakaisin.

Liitteen 3/2 lähtötilanteessa öljyä poltetaan ylä- ja alasekundääritasoilla, kunnes kello 9:53:10 alasekundääritason paluulinjan venttiili avautuu. Tämä tarkoittaa, että alasekundääritasolta ovat sammuneet kaikki öljypolttimet ja polttoöljy pääsee taas kiertoon tason läpi. Tämän seurauksena kyseisen tason öljynpaine laskee 3 bar:a. Yläsekundääritasolla tapahtuu tällöin noin 1 bar:n paineen lasku, jota tason tulolinjan säätöventtiili alkaa korjata. Kello 9:59:30 sytytetään ensimmäinen öljypoltin tertiääritasolla, milloin kyseisen tason öljynpaine laskee noin 2 bar:a. Ylä- ja alasekundääritasoilla tapahtuvat myös lievät paineenlaskut.

Liitteessä 3/3 pyritään sytyttämään öljytulta alasekundääritasolle useampaan kertaan. Lähtötilanteessa öljytulet palavat jo yläsekundääri- ja tertiääritasoilla. Kello 7:41:10 sytytetään ensimmäinen poltin alasekundääritasolle, minkä seurauksena tason paine alkaa nousta 8,5 bar:sta 12,5 bar:iin. Tulolinjan venttiili pyrkii kompensoimaan yllättävää paineen nousua kuristamalla öljyn virtausta ja lopulta ajaa itsensä kiinni saakka. Venttiilin reagointi paineen muutokseen on niin rajua, että tason paine alkaa laskea vauhdilla pienemmäksi, kunnes 7 bar:n kohdalla öljypoltin sammuu ja linjan paluuventtiili avautuu jälleen.

Paine jatkaa laskua tämän jälkeen aina lukitusrajan alapuolelle, ennen kuin tulolinjan säätöventtiili saa nostettua paineen jälleen yli säätöarvon. Öljyverkon paine ei ole kuitenkaan ehtinyt vielä tasaantumaan säätöarvon tasolle, joka on 8,5 bar, kun kello 7:42:10 alasekundääritasolla yritetään sytyttää öljypoltinta uudelleen. Tulolinjan säätöventtiili reagoi tilanteeseen jälleen hyvin rajusti ja sulkeutuu kokonaan hetkellisesti. Säätöventtiili pyrkii tasaamaan painetta 8,5 bar:iin, mutta karan säätönopeus on liian suuri, jolloin paine alkaa heittelehtiä puolelta toiselle.

Kello 7:46:40 sytytetään toinen poltin alasekundääritasolle, minkä johdosta heittelevä öljynpaine laskee alle lukitusrajan 4,5 bar, jolloin kaikki tason polttimet sammuvat. Paineen ja säätöventtiilin edestakainen heilunta lakkaa välittömästi paluulinjan venttiilin auettua, mutta alkaa heti uudestaan kun öljypoltin sytytetään uudelleen. Alasekundääritason polttimet sammuvat jälleen uuden polttimen lisäyksen yhteydessä, öljynpaineen laskiessa alle lukitusrajan. Polttimen sammussa ja paluuventtiilin avautuessa kyseiseltä tasolta öljynpaine asettuu säätöarvolle ja säätöventtiilin toiminta normalisoituu.

Syitä tulolinjan säätöventtiilin heittelevään käytökseen voivat olla tukkoinen suutin sekä likaantunut impelleri. Tukkoinen suutin aiheuttaa paineheilahteluja ja epätasaisen öljysumutuksen kattilaan. Epäkuntoinen impelleri ei jaa polttoilmaa tasaisesti öljysumuun vaan hajaantuu epätasaisesti suuttimen ympärille, mikä myös heikentää öljysumutuksen tasaisuutta.

### 4.3.2 Paineheilahtelujen minimointi

Ensimmäisen öljypolttimen syttyttyä palamaan polttotasolla kestää noin 10 sekuntia ennen kuin paluulinjan sulkuventtiili on sulkeutunut. Tuona aikana öljyä virtaa sekä kattilaan että paluulinjan läpi kiertoon. Tästä johtuu paineenlasku ennen paluulinjan sulkuventtiilin sulkeutumista.

Sulkuventtiili saa kiinnimenokäskyn öljypolttimen pikasulkuventtiileiltä, joista molemmilta täytyy tulla auki-rajatiedot. Pikasulkuventtiilejä on kaksi öljypoltinta kohti, joista toinen avautuu välittömästi ja toinen hitaasti. Itse tiedon kulkuun polttimen pikasulkuventtiileiltä paluulinjan sulkuventtiilille kuluu n. 2 sekuntia ja paluulinjan sulkuventtiilin sulkeutumiseen kuluu loput kymmenestä sekunnista. Kyseisen 10 sekunnin aikana paineen laskiessa tulolinjan säätöventtiili pyrkii korjaamaan öljynpainetta säätöarvoonsa avaamalla venttiiliä. Säätöventtiili ei ota kuitenkaan huomioon paluulinjan sulkuventtiilin sulkeutumista, minkä vuoksi säätöventtiili avautuu liikaa tulevaan tarpeeseen nähden. Sulkuventtiilin sulkeuttua tapahtuu paineisku öljylinjassa, mikä nostaa painetta äkillisesti. Paineiskun vaikutuksen öljypolttimille tekee entistä suuremmaksi 10 sekunnin ajan avautunut säätöventtiili.

Tarkoitus on supistaa viivettä öljyn polton aloituksen ja paluulinjan sulkuventtiilin sulkeutumisen välillä. Viiveen pienennettyä ei öljynpaine ehdi laskea eikä säätöventtiili ylikorjata itseään niin paljon kuin tällä hetkellä, minkä vuoksi paineheihtelut jäävät pienemmiksi sytyttäessä polttotasojen ensimmäisiä öljypolttimia. Viivettä saadaan pienennettyä nopeuttamalla paluulinjan sulkuventtiilin sulkeutumista sekä nopeuttamalla öljypolttimen pikasulkuventtiilien avautumisaikaa. Toisaalta nopeuttamalla venttiilien sulkeutumis- ja avautumisaikoja paineiskujen voimakkuus suurenee. Venttiilien nopeuksien säätö onkin kokeilupohjaista ja tavoitteena on löytää paras mahdollinen ratkaisu.

Keino, jolla saadaan pienennettyä sekä viivettä että paineiskuja, on säätää paluulinjan sulkuventtiilin sulkeutumiskäskyä. Mikäli sulkeutumiskäskyä muutetaan siten, että sulkuventtiili alkaa sulkeutua kun nopeasti aukeavasta pikasulkuventtiilistä tulee auki-rajatieto sekä hitaasti aukeava pikasulkuventtiili menettää kiinni-rajatiedon. Tällöin öljypolttimen pikasulkuventtiili aukeaa samaan aikaan kuin

polttotason paluulinjan sulkuventtiili sulkeutuu, jolloin venttiilien yhtäaikaiset liikkeet kompensoivat toisiaan ja paineheilahdukset ovat pienempiä.

#### **4.4 Automaatio**

Öljypoltinten toimintavarmuus parannusprojekti palaverissa tuli ilmi käynnissäpi-tohenkilöiden mielestä useita kehitettäviä asioita automaatioon ja valvomon prosessikuviin. Ongelmat liittyvät pääasiassa vaikeaselkoiisiin lukituskuviin, moniselitteisiin teksteihin sekä useisiin eri prosessikuviin hajautettuihin tietoihin. Vaikka ongelmat ovat yksinään melko pieniä, yhdessä ja kiireisessä tilanteessa ne aiheuttavat välistä suuriakin ongelmia käynnistyspolttimien sytytyksessä. Ongelmien korjaamiseksi selkeytetään öljypoltinten toimintaan liittyviä tietoja siten, että kootaan hajallaan olevat tiedot helpommin saataviksi, lisäksi lukituskuvien vaikeaselkoiset tekstit muokataan yksiselitteiseen, enemmän tietoa antavaan ja rajat näyttävään muotoon.

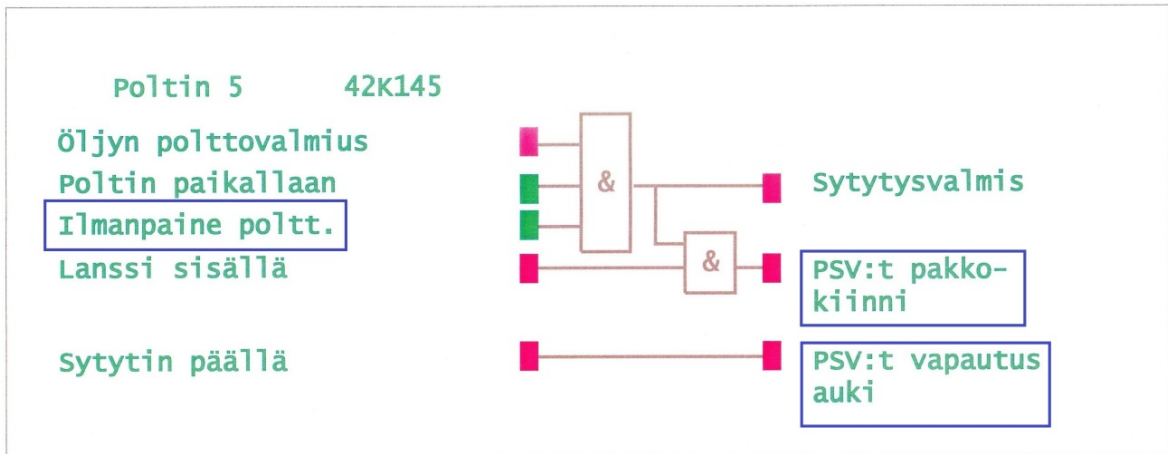
##### **4.4.1 Lukitus- ja prosessikuvat**

Metsä Fibre Rauman tehtaalla on käytössä kahta erityylistä öljypoltinmallia: tehta-  
aan alkuperäiset Tampella Powerin starttipolttimet sekä entiseltä Kaskisten  
sellutehtaalta hankitut uudemmat Oilon RT-11F -malliset polttimet. Sekundääri-  
ja tertiääritason polttimille on omat öljyn polttovalmiuslukituskuvansa sekä jokai-  
selle öljypolttimelle on vielä erikseen oma poltinkohtainen lukituskuvansa. Luki-  
tuskuvat poikkeavat hieman toisistaan polttimen mallista sekä polttimen sijainti-  
kerroksesta riippuen. Lukituskuvien tarkoituksena on antaa ehtoja, jotka on täy-  
tettävä, ennen kuin öljytuli voidaan sytyttää. Lukitusehdoilla varmistetaan onnis-  
tunut ja turvallinen poltinten käyttöönotto. Ongelmana ovat epäselvät merkinnät  
lukituskuviissa, joiden merkitykset eivät ole yksiselitteisesti ilmoitettu.

Prosessi- ja lukituskuvien muutoskohdat ovat neliöity sinisillä laatikoilla kuviin  
11, 12 ja 13 sekä kyseisten kuvien jälkeen on kirjoitettu muutosehdotukset tau-  
lukoihin 6 - 9. Lukituskuvia luetaan siten, että punaisilla merkinnöillä varustetut  
ehdot eivät ole vielä täyttyneet ja vihreillä merkinnöillä olevat ehdot ovat.

Kuvassa 11 on käytössä olevan Tampella Powerin vanhemmanmallisen öljy-  
polttimen lukituskuva.





KUVA 11. Tampella Powerin öljypolttimen lukituskuva

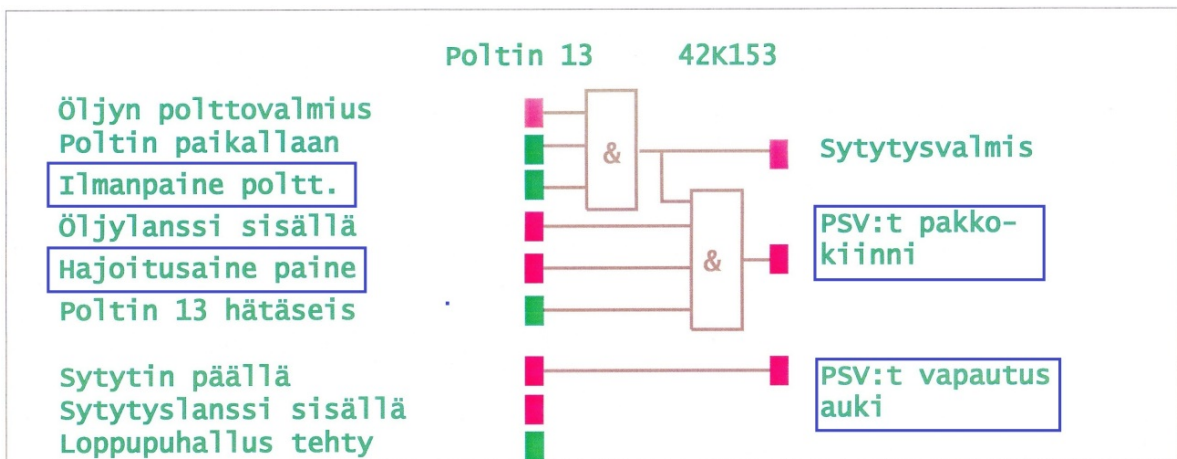
Lukituskuvassa erityisesti ongelmia on aiheuttanut kohta *Ilmanpaine poltt.*-kohta, josta ei ole ollut varmaa selvyyttä, mitä ehto tarkoittaa. Ehto tarkoittaa ilmarekisterin paineen alarajaa polttimelle, joka on 0,7 kPa. Esitetyllä muutosehdotuksella taulukossa 6 ehdon sisältö sekä ehdon täyttymiseen vaadittava suure käy selväksi.

Toinen epävarmuutta aiheuttava ehto on *PSV:t pakkokiinni*, joka on ilmoitettu epäselvästi. Normaalisti ehdon merkinnän muuttuminen vihreäksi tarkoittaa, että kyseinen ehto on täytetty ja voimassa. Tässä tapauksessa ehdon teksti antaa ymmärtää, että ehdon täytyttyä ja merkinnän muututtua vihreäksi on pikasulkuventtiilin avautumislupa pakkokiinni, vaikka asia on juuri toisinpäin. Merkinnän ollessa punaisena ei pikasulkuventtiilillä ole avautumislupaa ja ehdon täytyttyä ja merkinnän muututtua vihreäksi on avautumislupa. Muutosehdotus taulukossa 6 korjaa tämän epäselvyyden. Selvyyden vuoksi on syytä myös muuttaa kohdan *PSV:t vapautus auki* tekstiä aiempaa yksinkertaisempaan muotoon. Kun kyseisen kohdan merkintä muuttuu vihreäksi, tarkoittaa se, että öljyn ja höyryn pikasulkuventtiilit polttimelle ovat auki. Pikasulkuventtiilit eivät voi aueta ilman kohdan *PSV:t pakkokiinni* antamaa avautumislupaa.

TAULUKKO 6. Kuvaan 11 liittyvät muutosehdotukset

Nykyinen ilmaisutapa	Muutosehdotus
Ilmanpaine poltt.	Ilmarekisterin paine > 0,7 kPa
PSV:t pakkokiinni	PSV:ien vapautuslupa
PSV:t vapautus auki	PSV:t auki

Kuva 12 on uudemman käytössä olevan Oilonin polttimen lukituskuva. Kohdat *Ilmanpaine poltt.*, *PSV:t pakkokiinni* ja *PSV:t vapautus auki* ovat vastaavanlaisia kuin kuvassa 10. Tarkemmat kuvaukset näiden ehtojen muutoksista ovat sivulla 41.



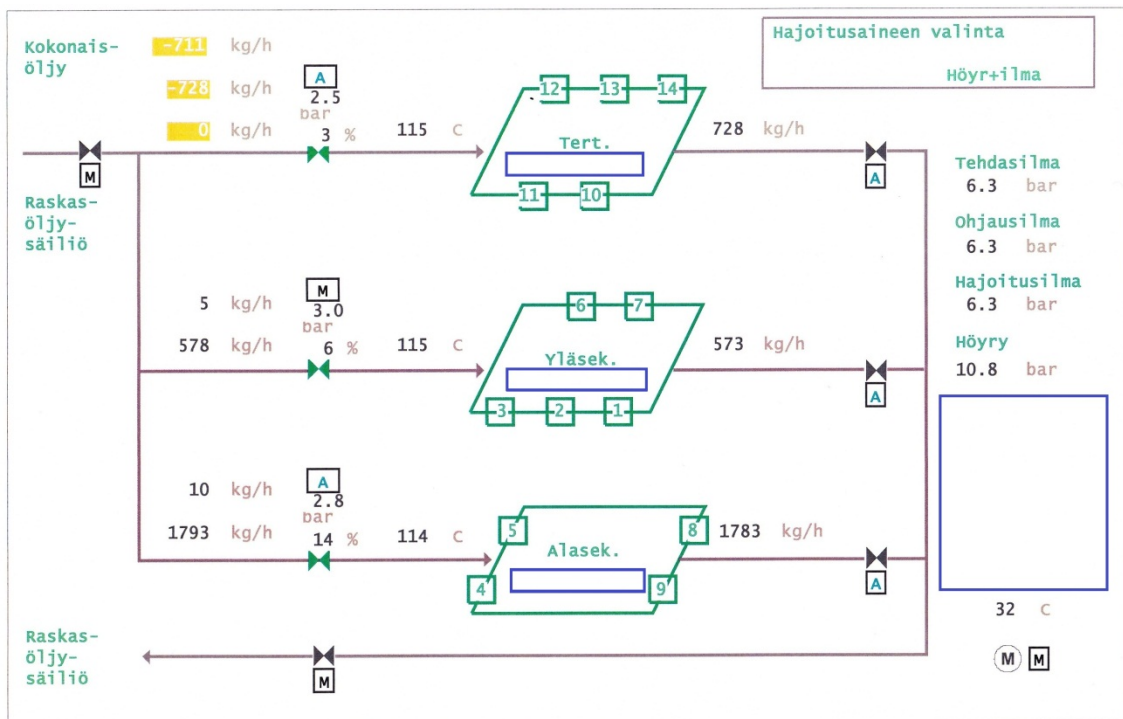
KUVA 12. Oilonin öljypolttimen lukituskuva

Ehtoon *hajoitusaine paine* muutosehdotuksena on lisätä tekstiin ehdon täyttymiseen vaadittava suure, joka täytyy toteutua. Kyseisellä ehdolla tarkoitetaan öljypolttimille tulevan hajotushöyrynä toimivan välipainehöyryn vähimmäispainetta, joka täytyy ylittää. Kuvan 12 muutosehdotukset ovat taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Kuvaan 12 liittyvät muutosehdotukset

Nykyinen ilmaisutapa	Muutosehdotus
Ilmanpaine poltt.	Ilmarekisterin paine > 0,7 kPa
Hajotusaine paine	Hajotusaine paine > 5 bar
PSV:t pakkokiinni	PSV:ien vapautuslupa
PSV:t vapautus auki	PSV:t auki




Kuva 13 on öljypolttimien yleiskuva, josta käyttäjä näkee kaikki kolmella tasolla olevat polttimet sekä niiden senhetkisen tilan. Kuvassa on myös muita hyödyllisiä tietoja, mutta käynnisäpitohenkilöiden haastatteluissa kuvaan toivottiin myös tieto jokaisen polttotason ilmarekisterin tilasta.



KUVA 13. Öljypolttotasokuva




Taulukon 8 mukaisten ilmarekisteritietojen lisääminen kuvaan tehostaisi työskentelyä valvomossa, sillä siitä näkisi yhdellä kertaa jokaisen tason ilmanpaineen tilan polttimille. Tällä hetkellä kyseinen tieto täytyy hakea erikseen poltin-kohtaisesti alakuvista, mikä on hidasta ja ongelmatilanteissa voi johtaa tuotannollisiin menetyksiin. Ilmarekisterin tilan seuraaminen on hyvinkin tärkeää, sillä jos ilmarekisterin paine polttotasolla laskee alle 0,7 kPa, johtaa se öljypoltinten sammumiseen koko tasolla. Tästä voi seurata että kattilassa ole ainuttakaan tulta päällä, mikä voi taas johtaa kattilan sammumiseen. Ilmarekisterin paineita säädetään polttotasolla sijaitsevilla käsisäätöisillä pelleillä. Kuvaan 13 oikeaan alareunaan on sinisellä nelikulmiolla merkattu alue, jonne taulukon 8 mukaiset tiedot saadaan mahtumaan selkeästi.

*TAULUKKO 8. Ilmarekisteritietojen lisäysehdotukset kuvaan 13*

Lisäysehdotukset	(Riippuen sen hetkisestä tilasta näkyy värimerkintä joko vihreällä tai punaisella, punainen tarkoittaa negatiivista)
Ilmarek. paine	
Tert.	[Mittaustieto]  >0,7 kPa
Yläsek.	[Mittaustieto]  >0,7 kPa
Alasek.	[Mittaustieto]  >0,7 kPa

Toiveena oli myös saada tieto jokaisen polttotason öljyn polttovalmiudesta yhteen ja samaan kuvaan. Öljyn polttovalmius on tasokohtaista ja sille on omat ehtonsa, jotka täytyy toteuttaa sen saavuttamiseksi. Kuvassa 13 kyseiset tiedot merkataan polttotasojen sisäpuolelle kyseisen tason nimen alle. Tällöin ei tarvitse erikseen hakea polttovalmiustietoa jokaisesta tasosta erikseen vaan kyseinen tieto olisi kätevästi näkyvillä samasta kuvasta. Lisäysehdotukset ovat taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Polttovalmiustietojen lisäysehdotukset kuvaan 13

Polttotaso	Lisäysehdotukset
Tert.	Poltt.valm. 
Yläsek.	Poltt.valm. 
Alasek.	Poltt.valm. 

Näillä lisäyksillä polttotasokuvasta saadaan hyvä yleiskuva, jota seurata öljypoltinten ollessa päällä. Se mahdollistaa polttotasojen säädön sekä antaa hyvin informaatiota tilanteesta ja yleisimmistä ongelmatapauksista, joita sattuu öljypolttimien kanssa. Kun yhdestä ikkunasta tehdään selkeä ja hyvin tietoa antava, ei käynnissäpito henkilön tarvitse pitää useampaa öljypolttimiin liittyvää kuvaa näkyvillä ja selata näiden välillä. Tämä tekee öljypoltinten valvonnasta helpompaa ja tehokkaampaa sekä ongelmiin pystytään reagoimaan nopeammin.

#### 4.4.2 Kattilan tuuletus

Kattilan tuuletuksessa tulipesään puhalletaan ilmaa, joka korvaa muut mahdollisesti vaaralliset kaasut kattilassa. Kattilan tuuletus on toimenpide, joka tekee polton aloittamisen turvalliseksi ja suoritetaan aina ennen kylmästarttia. Tuuletus kestää 300 sekuntia, minkä jälkeen on 600 sekuntia aikaa saada ensimmäinen öljypoltin tulille. Kyseisen sytytysajan aikana on kaksi yritystä polttimen sytyttämiseen. Mikäli poltinta ei saada käynnistettyä kahdella sytytysyrityksellä 600 sekunnin aikana, on kattila tuuletettava uudelleen.

#### Sytytysyritykset

Kattilan kylmästartissa ongelmia aiheuttaa Oilonin starttipolttimien sytytysyritysten tuhlaus. Häiriöttömästi Oilonin poltinta otettaessa pois tulilta suorittaa se automaattisesti puhalluksen polton päätyttyä, jossa höyryn avulla putsataan poltinputkeen jäänyt ylimääräinen öljy. Oilonin polttimen sammuttua häiriöstä se ei suorita automaattista puhallusta vaan jää kattilaan sisään odottamaan, että saa öljyn polttoluvan uudelleen, jolloin ennen polttimen ulosvetoa se suorittaa

vaiheeseen jääneen puhalluksen. Liekinvartijoiden havainnointisäätöjen ollessa liian herkällä havaitsee se puhalluksen ja luulee tätä liekiksi. Turvalukitusjärjestelmä laskee tämän sytytysyritykseksi. Kun kattilan kylmästartissa joudutaan suorittamaan poltinten puhalluksia ennen öljypolton aloitusta, jää varsinaiseen sytytykseen mahdollisesti vain yksi sytytysyritys tai ei laisinkaan. Tämä johtaa siihen, että mikäli poltin ei syty mahdollisella ensimmäisellä sytytysyrityksellä, tuhlataan aikaa uudelleen suoritettavien kattilan tuuletusten vuoksi. Ongelman korjaamiseksi on liekinvartijoiden havainnointiherkkyyttä pienennettävä, jotta ne eivät laske puhallusta liekiksi.

### **Ilmamäärän automaattiasetus**

Toinen ongelma kattilan tuuletuksen yhteydessä on tuuletussekvenssien jälkeinen ilmamäärä. Kattilan ilmamäärän ollessa Remote-asetuksella, missä automaatiojärjestelmä huolehtii itsenäisesti tulipesän riittävästä ilmamäärästä, säättää ilmamäärän automaattisesti lähes kattilasuojan lukitusrajalle, joka on  $15 \frac{Nm^3}{s}$ .

Ilman on oltava määrältään vähintään  $19 \frac{Nm^3}{s}$  kattilaan, jotta voidaan aloittaa kylmäkäynnistyksessä öljyn poltto. Tähän asti on käynnissäpitohenkilön täytynyt huomata muuttaa Remote-asetus Local-asetukseksi, joka mahdollistaa käsiasäädön valvomosta ja nostaa kattilan ilmamäärää yli lukitusrajojen. Tämä ongelma on korjattavissa tekemällä automaatiojärjestelmässä muutos, jossa

Remote-asetus säättää ilmamäärän vaaditulle  $19 \frac{Nm^3}{s}$  tuuletussekvenssien loputtua  $15 \frac{Nm^3}{s}$ :n sijaan.

Kyseinen ongelma on annettu Metsolle hoidettavaksi. Metson asiantuntijat ovat tutustuneet asiaan ja muuttaneen primääri-ilman säätimen minimiasetusarvoa

Remote-asetuksella  $20 \frac{Nm^3}{s}$ :ssa. Nyt tuuletuksen jälkeen ei ilmamäärän pitäisi

enää laskea alle vaaditun määrän.

#### **4.4.3 Öljypoltinten paikallisnäyttö**

Käynnissäpitohenkilöiden haastatteluissa tuli esille toive paikallisnäytöstä öljypolttimille ja öljyn polttoon liittyviin suureisiin. Öljypolttimia sytyttämässä oleva henkilö näkisi öljypolttimien läheisyydessä näytöltä jokaisen polttimen senhetkisen tilan, mahdolliset häiriöt, ilmarekisterien paineet sekä öljyn polttovalmiustiedot. Sytyttäjän itse nähdessä tarpeelliset tiedot sytytyspaikalla tietää hän senhetkisen tilan öljyn polttoon liittyen paremmin.

Tällä hetkellä polttimia sytyttämässä oleva henkilö saa tietoa radiopuhelinkeskustelun välityksellä valvomon käynnissäpitohenkilöiden kanssa, joka voi olla epäselvää ja -tarkkaa. Pahimmassa tapauksessa radiopuhelimet eivät toimi lainkaan, jolloin sytyttämässä olevan henkilön täytyy käydä valvomossa tarkistamassa sen hetkinen tilanne. Ongelmatilanteissa matkaamiseen öljypoltinten ja valvomon välillä ei välttämättä ole aikaa, jolloin kattila ehtii mahdollisesti sammumaan.

#### **4.5 Hajotushöyryn sähkötulistin kylmästartissa**

Soodakattilan kylmästartissa sähkötulistimen tehtävänä on tulistaa hajukaasukattilalta saatavaa kylläistä välipainehöyryä. Kylläisen höyryn sisältämän kosteuden vuoksi tulisi sitä tulistaa kuivemmaksi, jolloin myös syttymis- ja palamisongelmat vähenisivät öljypolttimilla. Kylläisen hajotushöyryn mukana kulkeva vesi huonontaa sumutusta sekä syövyttää ja aiheuttaa korroosiota suuttimessa, öljypolttimen liittimissä ja poltinputkessa (3, s. 6). Lisäksi kostea höyry hankaloittaa öljypolttimien liekkivahtia havaitsemasta öljytulta, joka voi sen seurauksena sammuttaa öljynsyötön polttimelle (5, s. 9).

Metsä Fibre Rauman tehtaalla on valmiiksi asennettuna öljypolttimien hajotushöyrynä toimivan välipainehöyryn sähköinen tulistin. Tulistin ei ole kuitenkaan ollut käytössä pitkään aikaan, koska hajukaasukattilalta tulistimeen tulevan kyläisen höyryn mukana kulkema vesi ja kosteus tulistuvat niin nopeasti, että höyryn laajetessa paine tulistinputkessa kasvaa liikaa, jolloin kuvasta 14 nähtävän tulistimen yläpuolella oleva varoventtiili laukeaa. Tällöin varoventtiilin läpi puskee höyryä suurella paineella sähkötulistimen läheisyyteen lattiaa vasten. Toi-

senä ongelmana sähkötulistimella on, ettei sillä ole minkäänlaista säätöominaisuutta tulistusteholle, ainoastaan toiminnot päällä / pois päältä.

Sähkötulistimen varoventtiilin toiminta ja avautumisraja on myös koestettava uudelleen, sillä nykyiset todistukset varoventtiilin koestuksesta eivät kerro säädettyä avautumispainetta ollenkaan. Ainoastaan varoventtiilin läpi päästämä höyryn massavirta 6 bar:n ja 10 bar:n paineilla.



*KUVA 14. Sähkötulistin ja varoventtiili*

#### **4.5.1 Hajotushöyryn kuivaus ja tulistus**

Kosteuden ja vesipisaroiden poistamiseksi hajotushöyrylinjasta asennetaan pisaranerotin ja uimurilauhteenpoistin putkilinjaan ennen sähkötulistinta. Pisaranerotin voi poistaa höyrystä kosteuden joko kairatekniikkaan perustuvalla tai törmäyslevyihin perustuvalla tekniikalla. Kairatekniikka käyttää hyväksi keskivakuumia ja sen käyttöä puoltaa törmäyslevytekniikkaan verrattuna huomattavasti pienempi painehäviö, joka on alle 0,01 bar sekä kuivempi lopputuote höyryn ollessa 99,8 % kuivaa. (12.) Kuvassa 15 on Gestran valmistaman pisa-

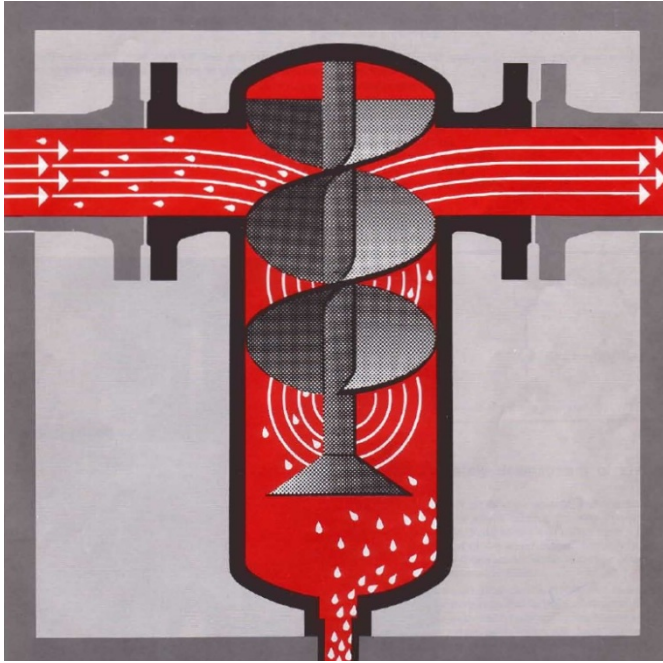


ranerotin halkileikkaus sekä sen alapuolelle liitetty uimurilauhteenpoistin, jonka kautta höyrystä lähtevä lika ja kosteus poistuvat.



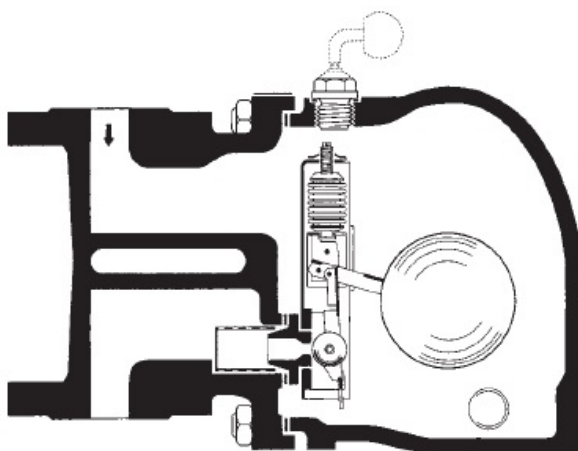
*KUVA 15. Gestra TD-pisaranerotin, jossa on UNA 2 uimurilauhteenpoistin (12)*

Pisaranerotin toimintaperiaate on nähtävissä kuvasta 16. Pisaranerotinssa ei ole liikkuvia osia ja höyryn johtoelementtinä toimiva kaksilähtöinen kaira on hitsattu runkoon kiinni. Kairan toinen läpikulku on auki tulopuolelle ja toinen läpikulku lähtöpuolelle. Märkä, puhdistamaton höyry saapuu pisaranerotinelle ja johtuu kairan spiraalinmuotoista elementtiä pitkin alas. Höyryn kääntyttyä 180° pohjalevyn yläpuolella kääntyy se takaisin ylös lähtöpuolen läpikulkuun. Keskipakovoima, törmäys- ja pyörintävaikutus erottavat raskaammat partikkelit kevyemmästä höyrystä, kuten kondenssin, kosteuden ja lian. Raskaammat partikkelit poistuvat pohjalta lauhteen mukana. Höyryn jyrkkä kierto kairassa tulokanavasta lähtökanavaan estää kosteuden ja lian pääsyn takaisin höyrynkiertoon. (13, s. 5.)



*KUVA 16. Pisaranerotin toimintaperiaatekuva (13, s. 1)*

Uimurilauhteenpoistimet ovat kuulasulkumekanismeilla varustettuja lauhteenpoistimia. Kuvassa 17 on UNA 26 v -mallinen uimurilauhteenpoistaja pystyasennossa olevilla asennuslaipoilla. Uimurilauhteenpoistin toimii siten, että lauhde virtaa tuloyhteestä poistimeen ja täytyttyään tarpeeksi lauhtunut vesi alkaa nostaa uimuria, joka noustessaan avaa kuulasulkijan. Tällöin lauhde pääsee virtaamaan poistimen lähtöyhteestä ulos. Kyseinen toimintatapa estää höyryn läpivirtaamisen poistimesta, koska se vaatii nestettä auetakseen.



*KUVA 17. Gestra UNA 26 v lauhteenpoistaja (14, s. 1)*

#### **4.5.2 Pisaranerotin ja lauhteenpoistimen asennus**

Pisaranerotimesta ja lauhteenpoistimesta pyydettiin tarjoukset niitä myyvältä yritykseltä, ja ne myös päätettiin tilata. Tilatun pisaranerotin tuloyhteessä on supistus ja lähtöyhteessä laajennus, joidenka avulla saadaan höyryvirta kasvaamaan ennen pisaranerotinta ja jälleen hidastumaan erottimen jälkeen. Tällä maksimoidaan pisaranerotin toimintakyky ja lauhteen ja muiden raskaiden partikkeleiden erotus höyrystä. Pisaranerotin ja lauhteenpoistimen mitoitus-tietoina käytettiin sähkötulistimen mittatietoja.

Pisaranerotin asennetaan laippakiinnityksin välipainehöyrylinjaan juuri ennen sähkötulistinta. Pisaranerotimelta lähtevä lauhteputki yhdistetään hitsaamalla lauhtesäiliöön menevään lauhdelinjaan, joka kulkee sähkötulistimen läheisyydessä.

#### **4.6 Hajotushöyrylinjojen lauhteenpoisto**

Höyryn mukana kulkee aina pieni määrä vettä, jota kondensoituu höyryvirtauksen mukana ja kulkeutuu eteenpäin. Lauhtunut vesi poistetaan höyrylinjoista lauhteenpoistimien avulla, jotka avautuvat ja sulkeutuvat automaattisesti. Mikäli lauhtunutta vettä ei poistettaisi hajotushöyrylinjoista, kulkeutuisi sitä öljypolttimille saakka, jossa vesi aiheuttaisi ongelmia öljyn palamisen ja syttymisen kanssa.

Metsä Fibre Rauman tehtaalla on jokaiselle poltintason seinustalle oma hajotushöyryn lauhdelinja, jota pitkin välipainehöyrylinjaan kertyvä vesi kulkeutuu ulospuhallussäiliöön. Lauhdelinjoissa on biteräslauhteenpoistimet sekä ohitukset lauhteenpoistimille. Normaalisti tulisi käyttää linjaa, jossa on lauhteenpoistin välissä, mutta niiden heikon kunnon vuoksi ovat tietyt lauhteenpoistimet ohitettu avaamalla ohitusventtiiliä hiukan, mikä on nähtävissä kuvasta 18. Tämä johtaa siihen, että lauhdelinjoissa olevat lauhteenpoistimet menettävät merkityksensä ja ulospuhallussäiliöön virtaa lauhteen mukana koko ajan välipainehöyryä, joka menee hukkaan. Varsinkin kattilan kylmästartissa höyryä ei ole hukattavaksi vaan kaikki on tarpeellista.



*KUVA 18. Biteräslauhteenpoistimet sekä ohitusventtiilit*

Hajotushöyryn lauhdelinjojen lauhteenpoistimien kunto tulisi tarkistaa mahdollisten vuotojen ja tukosten varalta. Tähän tarkoitukseen sopii hyvin esimerkiksi lämpökamera, jolla pystytään helposti havaitsemaan lämpötilapoikkeamat normaalista. Toinen apuväline lauhteenpoistimen höyryvuotojen havaitsemiseen on ultraäänimittari, joka havaitsee vuodosta aiheutuvan äänen. Epäkuntoiset lauhteenpoistimet tulisi vaihtaa tai korjata.

Hajotushöyrylinjojen lauhteenpoistiventtiilien kunnot tarkastettiin kunnossapitoyrityksen toimesta. Lauhteenpoistimien toimivuuden tarkistuksissa käytettiin infrapunalämpömittaria sekä kahta erilaista ultraäänimittaria. Usean eri mittausvälineen käytöllä minimoitiin virheellisten tulosten mahdollisuus. Tarkastettavia kohteita oli yhteensä kahdeksan. Tuloksiksi saatiin kaksi lauhteenpoistinta, jotka vuotavat liikaa höyryä läpi ja ne on vaihdettava. Yksi lauhteenpoistin on vaihdettavuuden rajoilla, mutta toimintakelpoinen vielä, joten sitä ei vaihdeta uuteen. Uudet lauhteenpoistimet vaihdetaan seuraavan vuosihuoltoseisokin aikana.

Uusilla toimivilla lauhteenpoistimilla minimoidaan höyryhäviöt sekä varmistetaan lauhteen poistuminen öljypoltinten hajotushöyryverkosta. Molemmat seikat ovat keskeisiä varsinkin kattilan kylmästartissa.

#### **4.7 Öljypoltinten kunnossapito**

Säännöllisellä ja oikeaoppisella huollolla pystytään parantamaan huomattavasti öljypoltinten syttymis- ja palamisvarmuutta. Paras tulos saadaan poltinputken ja suuttimen puhdistuksella aina öljynpolton jälkeen. Öljypolttimien kunnossapitoa ja puhdistusta voidaan edistää mm. paremmalla valaistuksella kunnossapitoalueella soodakattilarakennuksen kolmannessa kerroksessa, uusilla ehjillä työkaluilla, puhtaammalla työympäristöllä sekä poltinten pesulaitteella.

##### **4.7.1 Öljypoltinten huoltoalue**

Öljypoltinten huoltoalueen yleinen siisteys ja järjestys ovat varsin heikossa kunnossa. Tällä hetkellä paikka on hyvin likainen, työkalut lojuvat missä sattuu, joista osa on heikossa kunnossa sekä ylimääräistä tavaraa ja roskaa on ympäriinsä. Kuvasta 19 on hyvin nähtävissä huoltoalueen yleinen ilme ja kunto. Työkaluja ja roskaa on varastoitu epämääräisen tynnyrin päälle sekä poltinputkien huoltotelineiden päälle. Asian korjaamiseksi, paikalle tuotava kaappi tai hylly, minne kaikki työkalut asetetaan siististi järjestykseen. Osa työkaluista vaati myös uusimista, esim. vanhojen polttimien suutinavaaja on hyvin kulunut eikä sillä saa polttimien päitä avatuksi. Tällä hetkellä suutin irrotetaan polttimesta pihdeillä, mikä vahingoittaa ja kuluttaa polttimen päätä. Lisäksi huoltoalueelle tehtävä siivous, jossa kaikki ylimääräinen tavara viedään alueelta pois. Näin huoltopaikasta saadaan tilavampi työskennellä sekä yleinen järjestys on parempi.



*KUVA 19. Öljypoltinten huoltoalue 3:essa kerroksessa*

Valaistuksen parantaminen öljypoltinten huoltoalueella on tarpeen, sillä nykyinen kellahtava valaistus ei ole riittävä tarkkuutta vaativaan työhön. Esimerkiksi messinkisien suuttimien reikien putsaus vaatii tarkkuutta ja varovaisuutta, jotta vältetään vahingoittamasta suutinta. Poltinten huoltoalueen yläpuolella olevat vanhat keltaiset valot korvattava kirkkailla valkeilla valoilla tai vaihtoehtoisesti yleistä valaistusta lisättävä huoltoalueella.

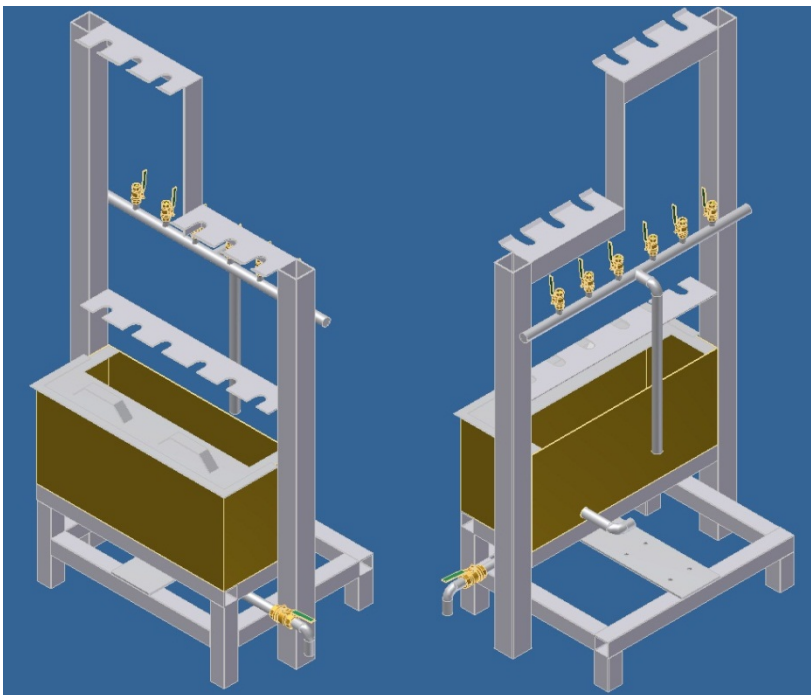
#### **4.7.2 Poltinputkien pesulaite**

Öljypoltinten toimintavarmuusprojekti palaverissa 6.8.2012 tuli puhe öljypoltinten pesulaitteesta, joka kierrättää pesunestettä poltinputken ja suuttimen lävitse. Kyseisen pesulaitteen valmistaminen itse olisi melko yksinkertaista, jolloin sitä ei tarvitse hankkia muualta. Ainoastaan nesteen kierrätykseen tarvittava pumpu sekä tarvittavat venttiilit ja liitäntäkappaleet on ostettava. Kuvassa 20 on suunniteltu esimerkki öljypoltinten pesulaitteesta. Pesulaitteessa on kuusi poltinputkipaikkaa yhteensä, joista kolme on Oilonin poltinputkille ja kolme malliltaan lyhyemmille Tampella Powerin poltinputkille. Jokaiselle poltinpesulinjalle on oma sulkuventtiilinsä. Venttiileistä lähtee pikaliittimillä varustettu letku, jota ei



kuvassa 20 ole, poltinputken öljyn tuloliitännän pikaliittimeen. Pumppu imee pesunestettä säiliön takana olevan imureiän kautta ja pumppaa sitä ylös painepuolen putkeen, jossa pesuneste jakaantuu eri polttimille ja kulkee letkujen ja polttimien lävitse takaisin säiliöön. Säiliön pohjasta oikealle lähtee säiliön tyhjennysputki, jossa on sulkuventtiili.

Kuvassa 20 oleva suunnittelupiirros on osittain suurpiirteinen ja jättää varaa muokkaamiseen. Pumpun ja moottorin asennuskohtaa sekä kokoa ei vielä pysty määrittämään tarkasti, joten imu- ja paineputkiin tulee mahdollisesti muutoksia, jotka päätetään vasta pumpun hankinnan jälkeen.



*KUVA 20. Öljypoltinten pesulaite etu- ja takasivusta*

Pesulaitteen tarkoituksena on edistää ja helpottaa öljypolttimien puhdistusta. Sillä saadaan pestyä useampi poltin kerrallaan ja tehokkaammin kuin käsin huoltaessa, jolloin on mahdollista puhdistaa polttimen suutinosa ainoastaan. Lisäksi käsin puhdistessa on vaarana vahingoittaa herkkää suutinta.

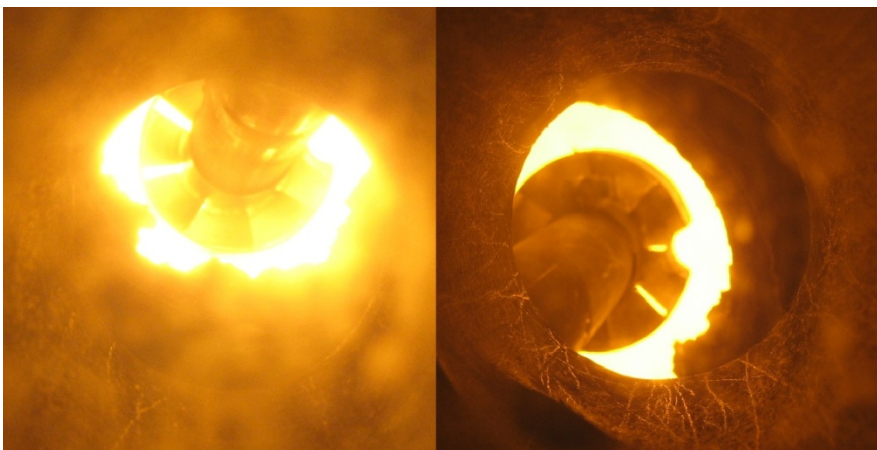
Öljypolttimien pesuaineena käytetään Pyrosolv värtania, joka on suurimmilta osin maaöljytislettä. Pesuaine on luokiteltu terveydelle haitalliseksi, jonka nauttiminen on vaarallista sekä aineen kosketusta iholle ja kaasun sisäänhengitystä

on vältettävä. Tämän vuoksi tulee käyttää tarvittavia suojautumiskeinoja altistusten ennaltaehkäisyyn ja hoitoon. Näitä ovat silmien huuhtelumahdollisuus ja hätäsuihku työpaikan läheisyydessä sekä tarpeellisia saattavat olla koneellinen tuuletus ja pisteimulaitteet. Hengityssuojaimena on käytettävä suodattimella varustettua puolinaamaria, mikäli tuuletus ei ole riittävä. Kaasusuodattimen oltava mallia A. Roiskeiden varalta on käytettävä suojalaseja sekä sopivia vaatteita ihokosketusta suojaamaan. (16.)

Vaikka tuotetta ei ole luokiteltu ympäristölle vaaralliseksi, se ei sulje pois ympäristölle haitallisen vaikutuksen mahdollisuutta. Pesuainetta ei saa päästää luontoon eikä laskea viemäriin. Aine hävitettävä paikallisten määräysten mukaan ja hävittäjän pitää olla laillistettu yritys. Sopiva menetelmä hävittää pesuaine on polttaminen. (16.)

#### **4.7.3 Impellerien kunto ja huolto**

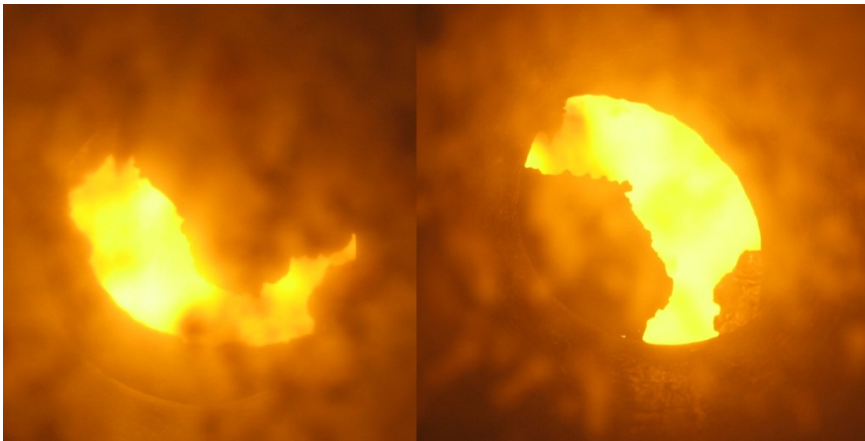
Valmistelevana toimenpiteenä tehtaan seuraavan vuosiseisokin ylös- ja alasajoa silmälläpitäen, osaan öljypolttimista vaihdettiin uusi impelleri. Polttimet joihin vaihto tehtiin, olivat Tampella Powerin öljypolttimia alasekundääritasolla. Kuvassa 21 on otettu kuvat vaihdetuista uusista impellereistä asennettuna paikoilleen poltinputken päähän. Puhtaat impellerit laittavat polttoilman pyörteiseen liikkeeseen halutulla tavalla ja parantavat öljyn polttoa. Kuvat ovat otettu polttimen kannessa olevista lasisista luukuista, joista näkyy kattilan tulipesään.



*KUVA 21. Uusi vaihdettu impelleri*



Kattilaan jäi vielä useita öljypolttimia, joihin impellerin vaihtoa ei tehty. Kuvassa 22 on kuvat eräästä öljypolttimesta, johon vaihtoa ei ole suoritettu. Kuvasta on hyvin nähtävissä, miten ajan ja käytön saatossa, lika on tarttunut ja palanut impellerin reunoihin kiinni ja tukkinut sen. Kyseisessä kunnossa oleva impelleri ei laita polttoilmaa pyörivään liikkeeseen halutulla tavalla vaan estää ja häiritsee sen kulkua suuttimen ympärillä. Likakasaumat impellerissä aiheuttavat polttoilmassa epätasaisuutta ja paineheilahteluja, jotka aiheuttavat ongelmia öljynpoltossa.



*KUVA 22. Vanha impelleri*

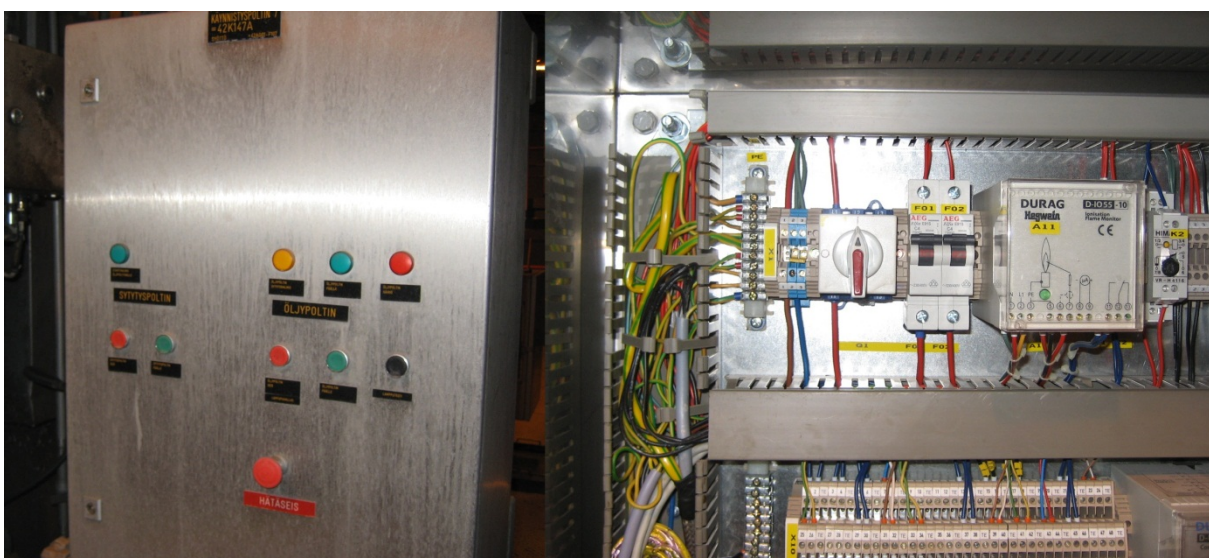
Impellerit ovat vaihdettu viimeksi noin vuosi sitten tehtaan edellisessä vuosiseisokissa, mikä on selvästi liian pitkä aika huollon tai vaihtamisen välillä. Impellerien toiminnan takaamiseksi tulee näiden kuntoa tarkkailla ajoittain ja tarvittaessa vaihtaa uuteen tai puhdistaa liasta. Lisäksi loppujen vanhojen impelleiden vaihto on suositeltavaa viimeistään seuraavan vuosiseisokin aikana.

Kuvista 21 ja 22 on myös nähtävissä osa palokurkun seinustaa ulkoreunoilla. Seinustoille on paikoitellen kertynyt likakertymiä, jotka vaikuttavat tulevaan paloilmaan samalla tavalla kuin huonokuntoinen impelleri. Ennen öljypolton aloitusta on syytä tarkistaa palokurkun kunto polttimen kannessa olevista lasiluu-kuista ja tarvittaessa puhdistaa se. Öljypoltinten läheisyydessä on palokurkun puhdistamiseen tarkoitettu putsaustanko, jolla kertyneen lian voi irrottaa seinustoilta.

#### 4.7.4 Ohjauskaapin kuittauskytkin

Oilon öljypolttimien sähkö- ja ohjauskaapeissa on ongelmana kuittauskytkimet, jotka ovat lukittujen kaapinovien takana. Kaappien sisältäessä sähkökomponentteja, saa ne avata vain asiantunteva sähkömies, joita eivät kaikki tehtaan käynnissäpitohenkilöt ole.

Oilon polttimille jää muistiin lukitusehto liekinvartijan havaitsemasta liekistä vaikka öljyn polttovalmius ei ole voimassa. Liekinvartijat havaitsevat tulipesässä palavan lipeätulen luullen sitä öljypolttimen liekiksi. Tämä sekoittaa liekinvartijat, koska öljyn polttovalmius ei ole voimassa, minkä johdosta öljypolttimet menevät häiriötilaan. Lukituksen saa kuitattua pois avaamalla kuvassa 23 nähtävän öljypolttimen sähkökaapin ja kääntämällä kytkimestä virrat pois ja takaisin päälle. Tämä toiminto on kuitenkin ristiriidassa tehtaan ohjekäytännön kanssa sähkötiloissa työskentelystä, mikä on paikoin hyvinkin tarkkaa siitä, kuka henkilö saa työskennellä kyseisissä tiloissa. Oilon öljypoltinten ohjauskaappien kohdalla, saa kuka tahansa avata kaapin ja kuitata häiriön. Häiriön kuittaaminen on kuitenkin välttämätöntä öljypoltinten sytytyksen kannalta. Mikäli öljypoltinta yrittää sytyttää häiriön ollessa voimassa, käynnistyy poltin muutamaksi sekunniksi, minkä jälkeen se sammuu.



*KUVA 23. Oilonin öljypolttimen ohjauskaappi ulkopuolelta sekä sisäpuolelta virtakytkimineen*

Häiriön poisto Oilonin öljypoltinten ohjelmasta ei onnistu, koska se on osa turvalukitusjärjestelmää. Ongelman korjaamiseksi tulisi liekinvartijoiden havainnointia säätää siten, etteivät ne havaitse taustalla palavaa lipeätulta, jolloin kyseistä häiriötä ei pääse syntymään laisinkaan. Mikäli liekinvartijoiden havainnointiherkkyydensäätö ei auta tilanteeseen, tulisi Oilon öljypoltinten ohjauskaappien oviin tulisi asentaa kuittauspainikkeet sekä merkkivalot kyseiselle häiriölle. Tällöin ei käynnissäpito henkilön tarvitse avata ohjauskaapin ovea häiriön kuittaukseen. Häiriön poistamiseksi säädettiin liekinvartijoiden asetuksia.

#### **4.8 Liekinvartioiden toiminnan kehitys**

Metsä Fibre Rauman tehtaalla käytetään Durag D-LE 603 IS -mallisia liekinvartijoita öljytulen valvontaan. Kyseisen mallin havaitsema spektrialue ulottu UV-säteilystä IR-säteilyyn (6, s. 8). Höyryhajotteisen öljypolttimen valvontaan suositellaan anturia, joka havaitsee IR-säteilyä, koska höyry ja öljysumu absorboivat UV-säteilyä (5, s. 9). Liekinvartijoiden toimintaa voidaan kehittää säätämällä anturien herkkyyttä ja turvallisuusajkoja sekä vaikuttamalla anturien käynnistymiseen.

##### **4.8.1 Herkkyys**

Liekinvartijan herkkyyttä on mahdollista säätää 100-asentoisella kytkimellä laitteen etupaneelissa. Asetustaaajuus on 00 - 100, missä 00 on epäherkin asetus, jolloin öljytulen täytyy olla erittäin kirkas, ja 99 on herkin asetus, kun liekki emittoi vain vähän valoa. Öljytulien ollessa sammuneena on herkkyyden säädön oltava siten, että liekinvartijan havaitsemaa muuta säteilyä ei tulkita öljytuleksi ja liekki EI-tila on pysyvä. Muu säteilyn lähde soodakattilassa voi olla lipeätuli. Liekinvartijan havaitsema tulen kirkkaus näytetään valvomon prosessinäytöllä prosenttilukuna. Öljytulen ollessa sammuneena tulisi kirkkauslukeman olla alle 25 % ja tulen ollessa päällä yli 25 %. (5, s.7.)

Nyt käytössä on liekinvartijoita, joidenka kirkkauslukemat näyttävät yli 25 %, silloin kun öljypolttimet ovat poissa päältä. Kun herkkyyden asetus on liian suurella, ei liekinvartija havaitse eroa öljypolttimen ja taustalla palavan lipeätulen välillä. Tällöin voi käydä siten, että liekinvartija ei havaitse öljypolttimen sammumista ja öljypolttimen pikasulkuventtiilit pysyvät auki, jolloin polttoöljy pääsee

suihkuamaan kattilaan ilman polttoa. Liekinvartijoiden herkkyyttä tulisi säätää pienemmälle, jolloin häiriösignaalin voimakkuus olisi heikompi.

#### **4.8.2 Turvallisuusajat**

Turvallisuusajalla tarkoitetaan aikaa, jonka liekinvartija odottaa menetettyään havainnon liekkisignaalista, ennen kuin antaa käskyn sulkea öljypolttimen pikasulkuventtiilit. Jokaiselle anturille on omat sisään asennetut BCD-koodikytkimet, joilla säädetään turvallisuusaikaa. Säästöalue on 0,5 - 5,5 sekuntia ja säätöväli 0,5 sekuntia. Tehdasasetus turvallisuusajalle on 1 sekunti, joka on voimassa Metsä Fibre Rauman tehtaan liekinvartijoissa. (5, s. 3.)

Lipeän poltto öljypolton yhteydessä häiritsee öljytulia heiluttelemalla niitä suurten ilmavirtausten vuoksi. Öljytulen heilunta vaikuttaa liekinvartioiden havaitsemaan signaaliin saaden sen hyppimään edestakaisin. Osa öljypoltinten sammumisista tapahtuukin liekinvartijan kadotettua liekkisignaalin vaikka öljytuli olisi päällä. Turvallisuusaikaa kasvattamalla annetaan öljytulien kirkkauslukemalle enemmän aikaa palautua todelliseen arvoonsa. Kun pikasulkuventtiilien sulkemiskäskyyn on pidempi viive, vähennetään kirkkauslukeman heilahtelusta johtuvia öljypoltinten sammumisia. Tähän päästään nostamalla nykyinen 1 sekunnin turvallisuus aika 3 sekuntiin.

#### **4.8.3 Liekinvartijan käynnistyminen**

Tällä hetkellä kaikki liekinvartijat ovat koko aika päällä, mikä turhaan kuluttaa liekinvartijoiden antureita ja näyttävät häiriösignaalia valvomoon. Liekinvartijoiden käynnistyminen ja päällä olo ainoastaan öljytulien päällä ollessa onnistuu siten, että anturien toimintaohjelmaan tehdään muutos, missä liekinvartijat saavat käskyn käynnistyä tietyssä hetkenä ennen öljypolton aloitusta. Liekinvartijan käynnistyminen voi olla esimerkiksi liitettyä öljypoltinten *Sytytysvalmis* lukitusehtoon. Kyseisen ehdon täytyessä liekinvartijat käynnistyvät ja ehdon jäädessä täyttymättä liekinvartijat sammuvat.

#### **4.8.4 Liekinvartijoiden asetusten säätö**

Liekinvartijoille tehdyt säädöt suoritettiin asiantuntijan toimesta. Tehdyillä säädöillä pyrittiin poistamaan Oilonin öljypolttimista häiriö, missä liekinvartija havaitsee lipeätulen öljyn polttovalmiuden ollessa pois voimasta, minkä vuoksi poltin menee häiriötilaan. Samalla myös tehostettiin liekinvartijoiden toimintaa.

Säätöjen apuvälineenä käytettiin pulssimittaria, joka näyttää liekinvartijan havaitseman pulssimäärän tulipesästä. Tavoitteena oli, että liekinvartija ei anna yhtään pulssia, kun kattilassa palaa ainoastaan lipeätuli, mutta havaitsee öljytulen ja lähettää siitä pulsseja. Arvot, joilla voidaan vaikuttaa liekinvartijan havainnointikykyyn, ovat herkkyys, pulssiraja ja taajuusleikkuri. Herkkyyden säädöllä vaikutetaan liekinvartijan havaitsemaan tulen kirkkauteen ja siitä antamaan pulssien määrään. Pulssirajalla voidaan määrittää alaraja liekinvartijan havaitsemalle pulssimäärälle, joka täytyy ylittyä, jotta liekinvartija hyväksyy liekin. Polttomateriaalista ja palamiskuumuudesta riippuen liekki emittoi valoa tietyllä taajuudella. Taajuusleikkurilla voidaan antaa vähimmäistaajuus liekinvartijan havaitsemalle liekille. Liekin valon taajuuden ollessa pienempi kuin annettu vähimmäistaajuus ei liekinvartija huomio tätä.

#### **Yläsekundääritason käynnistyspolttimet**

Yläsekundääritasolla on kolme Oilonin käynnistyspoltinta, joiden liekinvartijoiden lähtöarvot olivat seuraavat:

- herkkyys 4, joka on herkin asetus
- pulssiraja 166, kytkimen asento 8 välillä 0 - 9
- taajuusleikkuri 60 Hz (17, s. 12).

Näillä arvoilla kaikki yläsekundääritason Oilonin öljypolttimet olivat häiriötilassa, josta ne täytyi kuitata pois. Liekinvartija havaitsi taustalla palavan lipeätulen koko ajan lähettäen 300 – 1 400 pulssia. Pulssirajan asetuksen ollessa 8 tarkoittaa se, että vaadittava pulssimäärä liekinvartijan hyväksymälle liekille oli 166, jonka lipeätulen antama pulssimäärä ylittää (17, s. 12). Tästä aiheutui polttimien häiriötilat. Öljypolttimen palaessa pulssimäärä oli ~3 000, joka on hyvin paljon ja voi mahdollisesti tukkia liekkivahdin liiallisella pulssimäärällä. Käynnistyspolttimien 1, 3 ja 7 liekinvartijoille tehdyt säätötoimenpiteet olivat seuraavanlaiset:

- herkkyys 4 -> 2
- KP1 ja KP3 pulssiraja 166 -> 166, kytkimen asento 8. KP7 pulssiraja 166 -> 1634, kytkimen asento 2
- taajuusleikkuri 60 Hz -> 120 Hz (17, s. 12).

Herkkyyttä pienennettiin siitä syystä, että öljytulen palaessa pulssimäärä olisi pienempi, jolloin liekinvartija ei tukkeentuisi pulssimäärästä. Vähimmäistaajuutta nostettiin, koska lipeätuli emittoi valoa pienemmällä taajuudella kuin öljytuli. Säättöjen jälkeen liekinvartija ei huomioi lipeätulta laisinkaan, mutta havaitsee öljytulen, joka on palaa kirkkaammin. Pulssimittarilla mitatessa tuloksiksi saatiin, että liekinvartija ei havaitse lipeätulta laisinkaan ja öljytulesta saatava pulssimäärä oli ~2 600, pulssialarajan ollessa 166. Pulssialaraja pidettiin alhaisena, koska liekinvartija havaitsee öljytulen helpommin sytytystilanteessa sekä silloin, kun ilmavirtaukset lipeäpoltton yhteydessä mahdollisesti heiluttavat öljytulta pois liekinvartijan havainnointialueelta. Kokeilun vuoksi käynnistyspoltin 7:n pulssirajaksi asetettiin 2 asento, jolloin pulssialaraja on 1 634 (17, s. 12). Pulssialarajaa sekä muita säätöominaisuuksia voidaan myöhemmin säätää uudelleen sen mukaan, miten nykyiset asetusravot toimivat.

### **Tertiäritason käynnistyspolttimet**

Tertiäritason Oilonin öljypolttimien liekinvartijat eivät saaneet taustalla palavasta lipeästä pulsseja laisinkaan, joten säätöarvoja ei muutettu. Nykyiset säätöarvot tertiäritason Oilonin käynnistyspolttimien liekinvartijoilla ovat

- herkkyys 4
- pulssirajat
  - KP10 1036, kytkimen asento 4
  - KP11 1248, kytkimen asento 3
  - KP13 544, kytkimen asento 6
- taajuusleikkuri 60 Hz (17, s. 12).

Huomioitavaa on, että mittauksia suorittaessa lipeän polttokeko oli melko matala, koska valmistauduttiin tulevaan vuosihuoltoseisokkiin ja lipeän polttoa pidettiin vähäisenä. Matala keko ei välttämättä näkynyt niin kirkkaana tertiäritason liekinvartijoille kuin näkyisi silloin, kun keko on korkea.

## 5 ÖLJYPOLTINTEN KÄYNNISTYSOHJEISTUS

Öljypoltinten käynnistysohjeen tarkoituksena on luoda yhdenmukaisuutta öljyn sytytykseen sekä toimenpiteisiin, joita tulisi tehdä ennen ja jälkeen öljyn polton sekä huomioitavia seikkoja häiriötilanteisiin. Kun kaikilla on yhteiset ja samat toimintatavat polttimia käynnistäessä ja sammuttaessa, lähdetään aina samasta tilanteesta seuraavaan polttokertaan. Tällöin tiedetään, missä tilassa ja kunnossa polttimet ovat eikä tapahdu odottamattomia yllätyksiä.

Metsä Fibre Rauman tehtaan käynnissäpitohenkilökunnalla ei ole käytössä yleistä ohjetta öljypoltinten sytytykseen, mikä on johtanut siihen, että jokaisella työntekijällä on omat tavat ja toimenpiteet poltinten suhteen. Luvun 5.1 ohjeessa on lueteltu seikkoja, jotka tulisi tehdä ennen ja jälkeen öljyn polton, sekä kerrottu yleisiä hyödyllisiä asioita, joita on hyvä ottaa huomioon öljypolton yhteydessä.

### 5.1 Öljypolttimen sytytyksen vaiheet

Suurimmat erot käyttäjien välillä on öljynpaineen säädössä lukitusrajan yli, mistä ei ole ollut varmaa tietoa mitä sen tulisi olla. Öljypolttimien suuttimet ovat suunniteltu tietylle paineelle, jolla saavutetaan paras mahdollinen polttotulos. Painesäädön ollessa liian suuri tai pieni vaikuttaa se öljyn syttyvyyteen ja palamiseen. Öljypolttimien sytytys tapahtuu seuraavasti:

- Ennen öljypolton aloitusta huolletaan öljypolttimet, siihen sisältyvät suuttimen ja poltinputken puhdistus sekä palokurkun rassa.
- Kattilan kylmäkäynnistyksessä hajotushöyryä tuottaessa hajukaasukattilalla välipainehöyry tulistetaan sähkötulistimen avulla. Sähkötulistimen kautta kulkevat venttiilit avattava ja ohitukset suljettava ennen sähkötulistimen kytkentää päälle.
- Hajotushöyrylinjojen vesityksellä varmistetaan lauhteen poistuminen höyrylinjoista ulospuhallussäiliöön. Lauhteenpoistimien ohitusventtiilit ovat toisessa ja neljännessä kerroksessa.
- Lukitusehdot täytetään seuraavasti;
  - öljynpaineen nosto 8 - 9 bar:n tasolle

- polttoöljyn esilämmitys 115 - 122 °C
- Ilmarekisterin paine pidettävä yli 0,7 kPa
- hajoitushöyryn paine 10,5 bar lämpötilassa 187 °C
- Öljypolttimelle suoritetaan puhallus välipainehöyryä käyttäen.
- Poltin sytytetään sähkö- tai kaasusähkösytyttimellä poltinmallista riippuen.

## 5.2 Öljypolttimien sammutuksen vaiheet

Öljypolttimia sammuttaessa on huomioitava, että Oilonin öljypolttimet ehtivät suorittaa loppupuhalluksen loppuun ennen öljyn polttovalmiuden menettämistä.

Öljypolttimien sammutuksenvaiheet ovat seuraavat:

- Öljypoltin sammutetaan valvomosta tai manuaalisesti paikanpäältä.
- Oilonin öljypolttimien loppupuhallus ja poltinlanssin ulostulo tapahtuu automaattisesti. Tampella Powerin polttimilla loppupuhallus ja lanssin ulostulo täytyy suorittaa manuaalisesti.
- Viimeisen öljypolttimien sammuttua polttotasolta lasketaan öljynpaine alle lukitusrajan < 4,5 bar.
- Öljypoltin päätyttyä poltinputket ja suuttimet puhdistetaan seuraavaa polttokertaa varten.

## 5.3 Huomioitavia seikkoja öljypolttimien käytössä

Öljypolttimia sytyttäessä on hyvä ottaa huomioon seuraavia asioita:

- Öljypolttimia sytyttäessä tulisi olla vähintään minuutin viive poltinten sytytyksen välillä, jotta öljyverkon paine ehtii tasoittua ja paineheilahdukset jäävät pienemmiksi. Mikäli polttimia on sytyttämässä useita henkilöitä, kommunikoinnin tarve korostuu.
- Oilonin ja Tampella Powerin polttimet toimivat molemmat samalla öljynpaineella. Polttimien suuttimet ovat suunniteltu 8 bar:lle, jolloin öljyvirta suuttimesta on 900 kg/h. Paineen kasvaessa myös öljyn massavirta kasvaa, jolloin myös hajoitushöyryn tarve kasvaa. Tämä voi hankaloittaa polttimien sytytystä.



- Oilonin öljypolttimien sähkö- ja ohjauskaapeista on tarkistettava ennen polton aloitusta mahdollinen häiriötila, joka täytyy kuitata kääntämällä virtakytkimestä virta pois ja takaisin päälle. Häiriön aiheuttaa liekinvalvoja, joka havaitsee lipeätulen liekin, luullen sitä öljypolttimen tuleksi, vaikka öljyn polttovalmius ei ole voimassa. Häiriön ollessa päällä Oilonin öljypolttimen sytytys mahdotonta. Kyseiseen ongelmaan on haettava ratkaisua säätämällä liekinvartijoita siten, että ne eivät havaitse lipeätulta.
- Öljypolttimia sytyttäessä poltinkohtaista palamisilmamäärää on kuristettava siten, että ilmapelti on lähes kiinni. Mikäli ilmavirtaus suuttimen ympärille on liian iso, voi liekki karata.
- Sammuttaessa öljypolttimia, mikäli polttotason viimeinen palamassa oleva poltin on Oilonin, täytyy sen sammuttamisen jälkeen odottaa noin minuutti ennen, kuin polttotason öljynpaineen voi laskea alle lukitusrajan. Tämä siitä syystä, että kyseinen poltin ehtii tehdä loppupuhalluksen ja vetää lanssin ulos kattilasta. Mikäli öljyllä ei ole polttovalmiutta, Oilonin polttimet eivät suorita kyseisiä toimenpiteitä vaan jäävät kattilan sisään odottamaan öljyn polttovalmiuden saantia uudelleen. On suositeltavaa jättää Tampella Powerin öljypoltin palamaan viimeiseksi polttimeksi polttotasolle, koska näille on mahdollista suorittaa loppupuhallus manuaalisesti, vaikka öljyn polttovalmius olisi menetetty.
- Ilmarekisterin paineita on seurattava, sillä polttokuormaa vähennettäessä ilmanpaineet laskevat ja sammuttavat polttotason kaikki palamassa olevat öljypolttimet mikäli kyseisen tason ilmarekisterin paine laskee alle lukitusrajan. Ilmarekisterin painetta pystyy nostamaan kuristamalla kattilan ilmapeltejä.
- Sähkötulistimen käyttöönotossa on suljettava ohitusventtiilit 42V2027 ja -28 sekä avattava sähkötulistimen kautta kulkevat venttiilit 42V2037, -38 ja -39. Sähkötulistimen kytkentä päälle vasta kun sen läpi kulkee höyry.

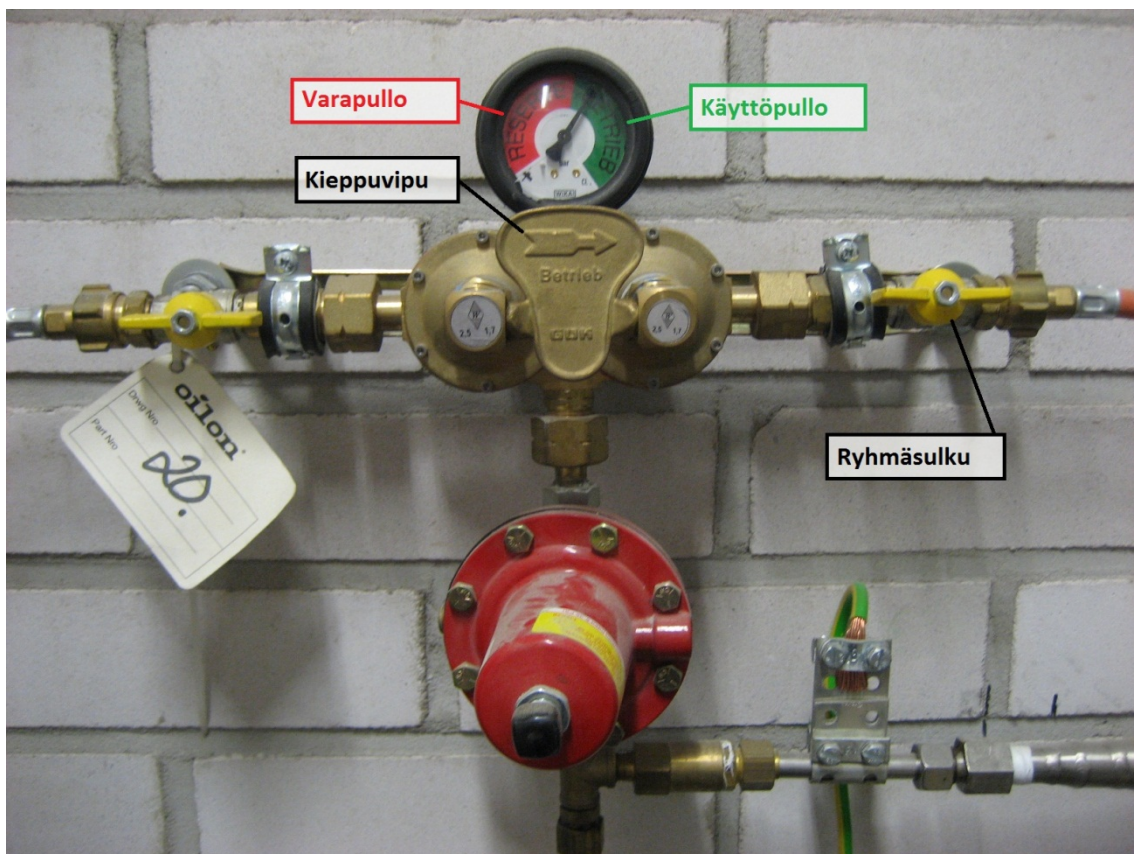
Kun välipainehöyryä ei tuoteta enää hajukaasukattilalla, on sähkötulistin sammutettava ja ohituslinjat otettava käyttöön.

#### 5.4 Sytytyskaasupullojen käyttöönnotto

Epäselvyyttä on myös aiheuttanut Oilonin öljypolttimissa sytytyskaasuna käytettävien nestekaasupullojen vaihto ja venttiilien säätö, joista ei ole annettu kunnollista ohjeistusta. Kohdassa 5.4.2 on kerrottu nestekaasupullon vaihdosta sekä automaattivaihtovernttiin toiminnasta. Lisäksi öljypoltinten nestekaasuvarastoon on toimitettu maahantuojan ohje automaattivaihtovernttiileistä.

##### 5.4.1 Automaattivaihtovernttiili G-malli

Oilonin kaasusähkösytyttimien käyttämä nestekaasu johdetaan kuvassa 24 nähtävän automaattivaihtovernttiin kautta. Vernttiin on kytketty kaksi nestekaasupulloa, joista toinen on käyttöpullo ja toinen varapullo.



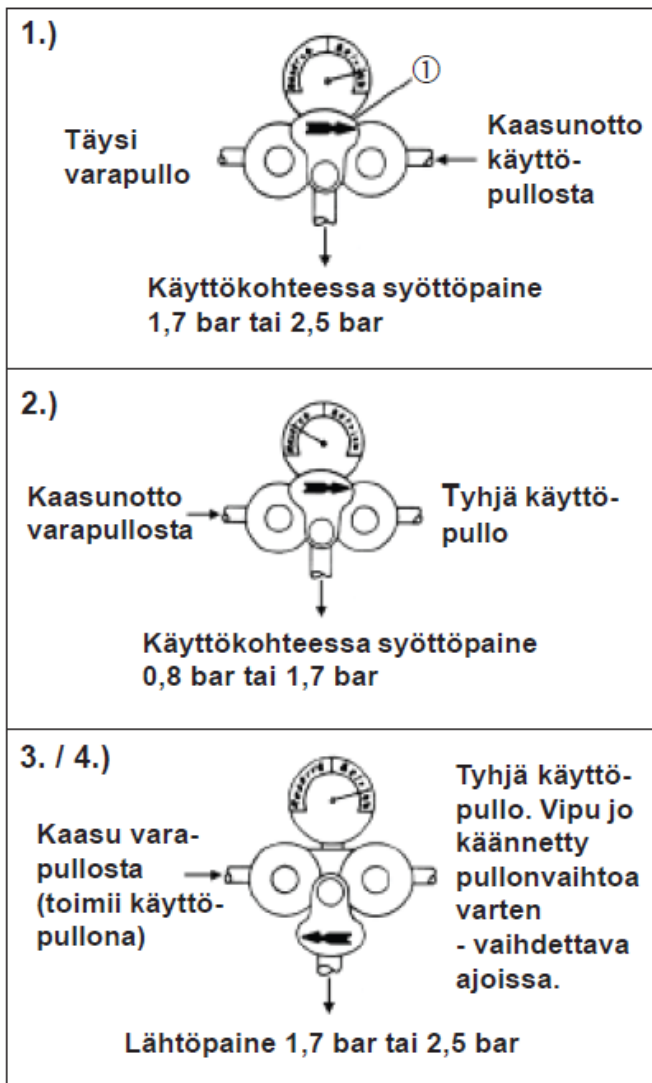
KUVA 24. Automaattivaihtovernttiili G-malli

Automaattivaihtventtiilin ominaisuuksiin kuuluvat automaattinen vaihto käyttöpullosta varapulloon. Painemittari näyttää sen, kummasta pullosta kaasua otetaan, sekä koska toinen pullo on tyhjentynyt. Pullon vaihto on häiriötöntä eli kaikki laitteet voivat olla toiminnassa vaihdon ajan. Käyttöpullonpaine on 2,5 bar ja varapullonpaine 1,7 bar. Teho on 24 kg / h. (18, s. 3.)

#### 5.4.2 Automaattivaihtventtiilin käyttöohje

Automaattivaihtventtiilin toimintaperiaate näkyy kuvasta 25. Työskentelyjärjestys on seuraava:

1. Avataan nestekaasupullojen venttiilit sekä ryhmäsulut. Painemittari kertoo, otetaanko kaasua käyttö- vai varapullostaa.
  - **Betrieb = käyttöpullo**
  - **Reserve = varapullo**
2. Automaattivaihtventtiilin kieppuvipu osoittaa, kumpi nestekaasupullo on käyttöpullo. Mittarin viisarin osoittaessa vihreää otetaan kaasua käyttöpullostaa. Mikäli mittarin viisari osoittaa punaista on käyttöpullo tyhjentynyt ja kaasua otetaan varapullostaa.
3. Vaihdettaessa tyhjää käyttöpulloa tulee kieppuvipu kääntää ympäri osoittamaan varapulloa ja tyhjän käyttöpullon puoleinen ryhmäsulku suljettava. Tällöin painemittarin viisari kääntyy vihreälle ja varapullostaa tulee käyttöpullo.
4. Suljetaan tyhjentyneen kaasupullon venttiili ja irrotetaan letku pulloventtiilistä. Asennetaan uusi täysinäinen pullo tyhjentyneen tilalle ja avataan pulloventtiili sekä ryhmäsulku. Seuraavan kerran, kun mittari näyttää punaista on käyttöpullo tyhjentynyt ja vaihdettu varapullo on käytössä. (18, s. 3.)



KUVA 25. Automaattivaihtoventtiilin toimintaperiaate (18, s. 3)

## 6 HAVAINNOT MUUTOKSISTA

### 6.1 Pisaranerotimen ja sähkötulistimen käyttöönotto

Pisaranerotin ja lauhteenpoistin asennettiin välipainehöyrylinjaan ennen sähkötulistinta, mikä on nähtävissä kuvasta 26. Huomioitavaa on, että tilatun uimurilauhteenpoistimen asennussyhteet ovat vertikaalisessa tasossa, minkä johdosta se ei mahtunut asennettavaksi pisaranerotimen alle. Tämän vuoksi jouduttiin lauhdelinjaan asentamaan biteräslauhteenpoistin, jossa on horisontaalinen asennusmahdollisuus. Biteräslauhteenpoistimen lauhteenläpäisykyky on hie- man pienempi kuin uimurilauhteenpoistimella.



*KUVA 26. Pisaranerotin ja biteräslauhteenpoistin ennen sähkötulistinta*

Sähkötulistimen varoventtiili koestettiin uudelleen ja laukeamisrajaksi säädettiin 15 bar. Varoventtiilin sekä pisaranerotin yhteydessä ovat laitteille ominaiset tiedot näkyvissä.

Metsä Fibre Rauman tehtaan vuoden 2012 vuosihuoltoseisokin loppuvaiheessa alkoi kattilan ylösajo, jolloin päätettiin kokeilla sähkötulistimen toimintaa. Hajukaasukattilan tuottaessa kosteaa välipainehöyryä avattiin venttiilit kulkemaan sähkötulistimen kautta sekä suljettiin ohitusventtiilit. Tämän jälkeen kytkettiin sähkötulistin päälle. Pisaranerotin ja sähkötulistimen avulla saatiin 11 bar:n hajotushöyry kuivattua sekä tulistettua noin kymmenellä asteella  $194^{\circ}\text{C}$ :seen. Öljypolttimet syttyivät muutamien yritysten jälkeen palamaan eivätkä ole sammuneet kostean höyryn vuoksi. Uudelleen säädetty varoventtiili ei ole lauennut sähkötulistimen käytön aikana.

Tulistusteho ei ole öljypolttimien hajotushöyrylle suositeltua  $30^{\circ}\text{C}$ , mutta sähkötulistimella saatava  $10^{\circ}\text{C}$ :n tulistus on riittävä varmistamaan, että polttimille saapuva höyry on kuivaa (3, s. 6). Tämän pohjalta voidaan todeta, että pisaranerotin ja sähkötulistimen yhdistelmä edesauttaa öljypoltinten toimintavarmuutta kattilan kylmäkäynnistyksessä.

## **6.2 Liekinvartijoiden havainnointikyky**

Yläsekundääritason Oilonin öljypolttimien liekinvartijoille tehtyjen asetusmuutosten jälkeen ne eivät ole havainneet lipeätulta enää vaan reagoivat ainoastaan öljytuleen. Oilonin öljypolttimien ohjauskaappien sisältä tehtävää kuittausta ei myöskään ole ollut tarvetta tehdä muutosten jälkeen.

Tertiääritason Oilonin öljypolttimet havaitsevat lipeätulen harvoin, mutta se mahdollisuus löytyy. Suositeltavaa onkin säätää samat asetusarvot tertiääritason liekinvartijoille kuin yläsekundääritason. Tällöin lipeätulen havaitsemismahdollisuus on lähes olematon.

Kokemuksen perusteella liekinvartijan taajuusleikkurin säädöllä suuremmaksi saadaan parhaat tulokset, ettei liekinvartija havaitse lipeätulta. Herkkyyden säädöllä pienemmäksi varmistetaan, ettei liekinvartija mene tukkoon öljytulesta havaitusta pulssimäärästä. Liekinvartijoiden turvallisuusaikojen asettaminen

pidemmäksi ei ole yhtä helposti säädettävissä muiden asetusten tavoin. Turvallisuuksajan säätö vaatii liekinvartijan ohjainyksikön purkamista paloiksi ja tarvittavat toimenpiteet on tehtävä piirilevytasolla.

Käytössä olevia liekinvartijoita ohjataan Durag D-UG 120 -ohjainyksiköillä, joista on mahdollista säätää alarajaa havaituille pulssimäärille sekä turvallisuusaikaa laitteen sisältä. Kyseisen ohjainyksikön heikkoutena on, että pulssirajan säätö on sen ainut ominaisuus, joka voidaan säätää laitteen ollessa asennettuna.

Asian korjaisi Durag D-UG 660 -malliset ohjainyksiköt, joita löytyy Metsä Fibre Rauman tehtaan varastoista valmiiksi. Näillä ohjainyksiköillä voi säätää pulssirajaa ja turva-aikaa käyttöpainikkeista sekä ohjainyksikköön on mahdollista luoda kolme erilaista ajomallia eri polttilanteisiin. Eri ajomallien luonti on hyödyllistä varsinkin soodakattilassa, jossa kattilan olosuhteet voivat muuttua merkittävästi. Ajomallin asetus liekinvartijoille polttilanteesta riippuen antaa öljypolttimille parhaan mahdollisuuden syttyä ja palaa. Esimerkkejä liekinvartijan ajomalleille voi olla mm. kattilan kylmäkäynnistys, öljynpoltto lipeän rinnalla ja kattilan alasajo. (19, s. 2.)

## 7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli kehittää öljypoltinten sytytys- ja toimintavarmuutta Metsä Fibre Rauman tehtaalla. Ongelmina olivat poltinten epävarma syttyminen ja poltossa olevien polttimien sammuminen, joiden seurauksena voi aiheutua tuotannollisia menetyksiä. Öljypoltinten toimintavarmuuteen vaikutti usea eri tekijä, joita lähdettiin kehittämään.

Työn tuloksiksi saatiin kattilan kylmäkäynnistyksessä sytytysvarmemmat öljypolttimet ottamalla käyttöön pisaranerotin ja sähkötulistin, joiden avulla hajukaasukattilalta tuleva kostea höyry saadaan kuivattua ja tulistettua. Lipeäpolton yhteydessä öljypolttimille aiheutuvia häiriöitä vähennettiin kehittämällä liekinvar-tijoita siten, etteivät ne havaitse lipeätulta enää. Öljypoltinten kunnossapitoa parannettiin suunnittelemalla pesulaite poltinputkien ja suuttimien putsamiseen pinttyneestä öljystä ja liasta. Käynnissäpitohenkilöiden operointia öljypolttoon liittyen helpotettiin selkeillä ja informatiivisilla prosessi- ja lukituskuvilla. Lisäksi kattilan tuuletuksen jälkeisiin ilmarekisterin ilmamääriin tehtiin korjaus, jossa ilmamäärä ei laske lukitusrajalle enää. Käynnissäpitohenkilöille tehtiin yleinen käynnistysohje öljypolttimille sekä ohje sytytyskaasupullon vaihtoon.

Työ vastasi osittain asetettuihin tavoitteisiin, sillä kaikkia työssä ilmi tulleita parannusehdotuksia ei vielä otettu käyttöön vaan ne siirtyivät mahdollisesti seuraavaan vuosihuoltoseisokkiin. Tietyt ehdotukset, kuten välipainehöyryn käyttöönotto raskaan polttoöljyn esilämmittimille, kehitettiin vasta vuoden 2012 vuosihuoltoseisokin aikana. Vuosihuoltoseisokkien aikataulut ja sen aikana tehtävät työt sovitaan noin kuukautta ennen seisokin alkamista, jolloin sen jälkeen tulleet kehitysehdotukset siirtyvät myöhemmälle.

Opinnäytetyön kehitysehdotuksia, mitä ei vielä käytöön otettu, kuuluivat raskaspolttoöljypumppujen tarkistus ja tarvittaessa huolto tai vaihto. Öljypolttimien öljyn paineheilahtelujen minimointi jätettiin myöhemmälle, mikäli siihen ilmenee tarvetta. Paikallinäyttöä öljypolttimien hallintaan tehtaan puolelle ei vielä asennettu eikä öljypoltinten huoltoaluetta kolmannessa kerroksessa kunnostettu.



Käyttöön jäi vielä myös impellereitä, jotka ovat vanhoja ja kuluneita sekä epä-kuntoisiksi todettuja hajotushöyrylinjan lauhteenpoistimia.

Työn aikana selvisi paljon uutta tietoa öljypolttimien toiminnasta sekä työn teet-täjälle että tekijälle, esimerkiksi Oilonin öljypolttimien puhalluksen suorittami-seen vaatima öljyn polttolupa, jota Tampella Powerin polttimilla ei ole, sekä lie-kinvartijoiden säätöön liittyvät ominaisuudet. Paljon uutta tietoa saatiin myös öljypolton kannalta keskeisten venttiilien toiminnasta, viiveistä ja sulkeutumis-nopeuksista.

Saatuja tuloksia on mahdollista käyttää yleisesti muissakin tehtaissa, joissa käy-tetään höyryhajotteisia öljypolttimia. Lähtökohdat ja vaatimukset tehtaasta riip-pumatta ovat lähes samat kyseiseen toimintatapaan pohjautuvissa öljypolttimis-sa. Näitä lähtökohtia ja vaatimuksia ovat mm. raskaan polttoöljyn esilämmitys, hajotushöyryn kuivuus, ilmarekisterin paine, öljypoltinten kunnossapito sekä liekinvartioiden toiminta. Soodakattilassa erityisen haasteen öljypoltinten toimin-taan tuo lipeän poltto öljypoltinten yhteydessä, mikä häiritsee liekinvartijoiden havainnointikykyä sekä aiheuttaa epätasaisia ilma- ja savukaasuvirtauksia öljy-poltinten läheisyydessä. Lisäksi polttolipeä tukkii öljypoltinten impellereitä, suut-timia ja palokurkkuja.

Tässä työssä kehitettiin yleisesti parannusehdotuksia kaikille öljypolton osa-alueille, jolloin ei ollut mahdollista syventyä liikaa yhteen aihealueeseen. Aihe, jota olisi mahdollista tutkia lisää, on öljypolttimien pikasulkuventtiilien, öljyn pa-luulinjan sulkuventtiilien sekä öljyn tulolinjan säätöventtiilien toiminta. Öljypoltti-mista saadut trenditiedot öljynpaineista ja venttiilien toiminnasta ovat lähes joka käyttökerta erilaiset. Käyttökerran mukaisesti, venttiilien toiminta on erilaista sekä öljyn paineheilaukset erisuuruiset. Tämä tarkoittaa jokaisen öljypoltti-men sytytyskerran olevan erilainen ja aiheuttavan erilaisen tilanteen öljypoltin-ten toiminnalle. Öljypolttimien sytytyksestä aiheutuvien paineheilahteluiden mi-nimoinnissa ja samankaltaistamisessa on vielä kehitettävää.

## LÄHTEET

1. Metsä. 2012. Saatavissa: <http://metsagroup.fi/Pages/Default.aspx>. Hakupäivä 8.10.2012.
2. Metsä Fibre. 2012. Saatavissa: <http://www.metsafibre.fi/Yritys/Pages/Default.aspx>. Hakupäivä 8.10.2012.
3. Voimakattilat, starttipoltin käyttö- ja huolto-ohjeet. 1995. Kansio 1501104. Rauma, Metsä Fibre Oy. Tampella Power Oy.
4. Huhtinen, Markku 2006. Neste Oil Oyj. Raskaan polttoöljyn käyttöopas. Saatavissa: [www.nesteoil.com/binary.asp?GUID=7704C1C1-3784-48F1-B8E9-13F2C4DF03EA](http://www.nesteoil.com/binary.asp?GUID=7704C1C1-3784-48F1-B8E9-13F2C4DF03EA). Hakupäivä 9.6.2012.
5. Käyttö- ja huolto-ohjeet liekinsyöttäjälle: D-HG 400-50. 1995. Kansio 1501104. Rauma, Metsä Fibre Oy. PPM-Systems Oy.
6. Durag Group 2009. Product overview combustion technology. Saatavissa: <http://pdf.directindustry.com/pdf/durag/product-overview-combustion-technology/Show/9067-115603.html>. Hakupäivä 9.6.2012
7. Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet sekä purku- ja asennusohjeet, ruuvipumput, tyypisarja SN. 1993. Kansio 1501104. Rauma, Metsä Fibre Oy. Allweiler Finland Oy ab.
8. Huolto-ohje, liekinvartija. 1995. Kansio 1501104. Rauma, Metsä Fibre Oy. PPM-Systems Oy.
9. Kattilalaitosten turvallisuuskomitea (KLTK) 1997. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet, öljynpoltto. Saatavissa: [http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Kattilalaitosten\\_turvallisuusohjeet.pdf](http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Kattilalaitosten_turvallisuusohjeet.pdf). Hakupäivä 14.6.2012.
10. Durag Group 2012. Pilot burner & burner products, HEGWEIN gas fired igniters. Saatavissa: [http://www.durag.com/hegwein\\_gas\\_fired\\_igniters.asp](http://www.durag.com/hegwein_gas_fired_igniters.asp). Hakupäivä 7.8.2012.

11. Alamaa, Matti – Halme, Petri – Kulmala, Mika – Rautala, Jaakko – Saarinen, Timo – Saine, Pasi – Vuorinen, Harri 2012. Soodakattilan öljypolttimien toimintavarmuus parannusprojekti – palaveri. Rauma, Metsä Fibre Oy.
12. Konwell. 2012. Teollisuuspolttimet, pisaranerottimet. Saatavissa: <http://www.konwell.fi/teollisuusventtiilit/lauhteenpoisto/pisaranerottimet>. Hakupäivä 19.8.2012
13. Gestra steam driers and purifiers TD. 2012. Saatavissa: [http://www.transtecnica.com/\\_Uploads/118SteamdrierandPurifiretypeTD.pdf](http://www.transtecnica.com/_Uploads/118SteamdrierandPurifiretypeTD.pdf). Hakupäivä 21.8.2012.
14. Gestra. 2012. Flowserve, steam traps UNA 23, UNA 25, UNA 26. Saatavissa: <http://www.flowserve.com/files/Files/Literature/ProductLiterature/FlowControl/Gestra/810486.pdf>. Hakupäivä 22.8.2012.
15. Tuominen, Pekka 2010. Oilon, Oilon Energy Oy, Tarjous 2.6.2010. Rauma, Metsä Fibre Oy, kansio 17001834.
16. Käyttöturvallisuustiedote. 2007. Tavaratiedote pyrosolv värtan. Rauma, Metsä Fibre Oy.
17. Durag. 2009. Flame monitor, control unit D-UG 120, flame sensor D-LE 103. Saatavissa: [http://www.multi-instruments.nl/userfiles/producten/13\\_d-ug120/handleidingen/13\\_man-dug120-en.pdf](http://www.multi-instruments.nl/userfiles/producten/13_d-ug120/handleidingen/13_man-dug120-en.pdf). Hakupäivä 5.10.2012.
18. Wilhtom kaasutalo 2012. Lataa esitteet, vaihtventtiilit. Saatavissa: <http://www.wilhtom.fi/files/categories/vaihtov.pdf>. Hakupäivä 24.10.2012.
19. PPM Systems 2012. Palamisen valvonta ja ohjaus, liekkimonitori D-UG 660 ja 603 sarjan sensorit. Saatavissa: <http://www.ppmsystems.fi/fi/dokumentit/finish/188-durag/405-liekkimonitori-d-ug-660-ja-603-sarjan-sensorit>. Hakupäivä 29.10.2012.



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä <sup>1</sup> Ilkka Vuorinen	Tilaaaja <sup>2</sup> Metsä Fibre Oy Rauman tehdas
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup> TIMO SAARINEN METSÄ FIBRE Rauman tehdas	
	Työn nimi <sup>4</sup> Soodakattilan öljypolttimien toiminta	
	Työn kuvaus <sup>5</sup> Öljyn starttipolttimien käynnistys- ja toimintaongelmien selvitys sekä toimivien parannusratkaisujen kehitys. Palamaan saadut polttimet eivät pysy päällä kun lisätään uusia polttimia ajoon ja toisinaan polttimet syttyvät todella heikosti tai eivät ollenkaan. Tarkasteluun otetaan myös öljynlämmittimien ja -pumppujen riittävyys ylläpitää vähimmäis esilämpötilaa sekä painetta maksimikuormituksella. Lisäksi liekkivahtien asento ja venttiilien aiheuttamat painevaihtelut otettava huomioon. Oiloinin ja Tampellan polttimien vertailu, miksi uudemmat Oilonin polttimet toimivat varmemmin kuin vanhemmat Tampellan? Vanhojen polttimien mahdollinen modernisointi.	
	Työn tavoitteet <sup>6</sup> Tavoitteena on selvittää öljynpolttimia vaivaavat käynti- ja syttymisongelmat sekä mahdollisten ratkaisujen löytäminen ongelmiin, jotka voidaan laittaa käytäntöön syksyllä alkavassa seisokissa. Optimaalisen ajo- ja käynnistystavan löytäminen polttimille sekä paineheilahtelujen minimointi tulipesässä, palamisilmassa ja öljynpaineessa.	
	Tavoiteaikataulu <sup>7</sup> 10/2012 ehdotus parantavista toimenpiteistä 12/2012 Valmis	
	Päiväys ja allekirjoitukset <sup>8</sup> 15/06/2012 Tekijän allekirjoitus 	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.</li> <li>2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.</li> <li>3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.</li> <li>4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.</li> <li>5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.</li> <li>6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.</li> <li>7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun peustaella tekijä laatii oman aikataulunsa.</li> <li>8. Lähtötiетomuuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö</li> </ol>		







