

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Energiatekniikka / Automaatio- ja prosessitekniikka

Jonne Tuononen

SOODAKATTILAN NUOHOUKSEN TEHOSTAMINEN

Opinnäytetyö 2012

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

TUONONEN, JONNE Soodakattilan nuohouksen tehostaminen  
Opinnäytetyö 36 sivua + 8 liitesivua  
Työn ohjaajat Yliopettaja Merja Mäkelä  
Ins. Rauno Nevalainen, Teknisen suunnittelun työnjohtaja  
Toimeksiantaja Kotkamills Oy  
Toukokuu 2012  
Avainsanat soodakattila, nuohous, höyry, piirikohtainen toimintakuvaus

Päättötyössä tehtiin Kotkamills Oy:n Kotkan tehtaiden soodakattilan nuohoukseen liittyvien piirien piirikohtaiset toimintakuvaukset sekä selvitettiin soodakattilan nykyinen nuohouskäytäntö ja sen toimivuus.

Piirikohtaiset toimintakuvaukset sisältävät kuvauksen piirin toiminnasta ja tehtävästä, sekä siihen vaikuttavista lukitustiedoista ja yhteyksistä muihin piireihin. Toimintakuvauksia hyödynnetään erityisesti poikkeuksellisissa ajotilanteissa, järjestelmän muutostöiden yhteydessä sekä opastus- ja koulutustilanteissa. Ongelmatilanteissa toimintakuvaukset auttavat operaattoria ongelman aiheuttajan selvittämisessä.

Toimintakuvaukset määritettiin nuohouspiirien prosessinohjausjärjestelmän sovellusohjelmoinnin toimintokaavioiden pohjalta. Nuohouskäytäntöä ja sen toimivuutta selvitettiin haastatteleamalla voimalaitoksen henkilöstöä sekä tutkimalla prosessinohjausjärjestelmän nuohousikkunoita.

Työssä esitellään menettelyohjeita ja parannusehdotuksia, joilla nuohouksen kohdistamista oikeaan kattilan osaan voidaan parantaa. Oikealla nuohouskäytännöllä voidaan estää kattilan tukkeutuminen ja siitä seuraava ylimääräinen pesuseisokki.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

TUONONEN, JONNE Intensification of Sweeping in a Recovery Boiler

Bachelor's Thesis 36 pages + 8 pages of appendices

Supervisors Merja Mäkelä, Principal Lecturer  
Rauno Nevalainen, Supervisor, Technical Planning

Commissioned by Kotkamills Oy

May 2012

Keywords recovery boiler, sweeping, soot blowing, steam, operational descriptions

The objective of this thesis work was to generate operational descriptions for circuits relating to soot blowing in the recovery boiler of Kotkamills Oy. Another purpose of the work was to examine the present soot blowing practice and its functionality.

Operational descriptions contain function and purpose descriptions of each individual circuit and linkages to other circuits. Operational descriptions are utilized especially in exceptional production situations, in connection with system alteration and in briefing and education situations. In trouble situations, operational descriptions help the operator to solve the cause of the problem.

The operational descriptions were generated based on the application program diagrams of the process control system. The soot blowing practice and its functionality was studied by interviewing the power plant personnel and by exploring the soot blowing operating windows from the process control station.

New procedures and proposals for improvement are introduced in this thesis, to improve the present soot blowing efficiency. With a right soot blowing practice boiler blockage can be prevented and the boiler efficiency improved.

## ALKUSANAT

Insinööri työ on tehty Kotkamills Oy:n voimalaitokselle. Työssä kirjoitettiin soodakattilan nuohoukseen liittyvät piirikohtaiset toimintakuvaukset prosessinohjausjärjestelmän toimintokaavioiden pohjalta. Työssä analysoitiin soodakattilan nykyistä nuohouskäytäntöä ja sen toimivuutta, jotta jatkossa nuohous voidaan kohdistaa mahdollisimman tehokkaasti oikeaan kattilan osaan.

Insinöörityön valvojana on toiminut yliopettaja Merja Mäkelä ja ohjaajana Kotkamills Oy:n teknisen suunnittelun työnjohtaja, insinööri Rauno Nevalainen. Haluan kiittää heitä molempia hyvästä ohjauksesta insinöörityön tekohetkellä sekä saamistani neuvoista työn eri vaiheissa.

Lisäksi haluan kiittää kaikkia Kotkamills Oy:n suunnitteluosastolla ja voimalaitoksella työskenteleviä henkilöitä, jotka ovat avustaneet työni toteutuksessa.

Viimeisenä haluan kiittää vanhempiani koko opiskeluaikani saamasta tuesta.

Kotkassa 16.5.2012

Jonne Tuononen

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKUSANAT

1 JOHDANTO .....	6
2 SOODAKATTILAPROSESSI .....	8
2.1 Soodakattilan toimintaperiaate .....	9
2.2 Tulipesäprosessi .....	10
2.3 Soodakattilan rakenne.....	12
2.4 Kotkamills Oy:n voimalaitosympäristö ja soodakattila.....	14
2.5 Soodakattilaproessin hallinta .....	16
2.5.1 Polttolipeän syötön ohjaus.....	17
2.5.2 Palamisilman säätö .....	18
2.5.3 Keon profiilin ja lämpötilan säätö .....	19
3 LÄMMÖNSIIRTOPINTOJEN PUHDISTUS .....	20
3.1 Lämpöpintojen korroosio .....	20
3.1.1 Korroosio tulipesässä .....	21
3.1.2 Savukaasukanavan korroosio.....	22
3.2 Nuohousjärjestelmät .....	23
3.2.1 Höyrynuohoimet .....	24
3.2.2 Vesipesu .....	26
3.3 Nuohointen sijoituspaikat soodakattilassa .....	26
3.4 Nuohoustarpeen määrittely .....	27
3.5 Nykyinen nuohouskäytäntö .....	28
4 NUOHOUKSEN PIIRIKOHTAISTEN TOIMINTAKUVAUSTEN LAADINTA .....	29
4.1 Nuohous prosessinohjausjärjestelmässä.....	31
4.2 Toimintakuvausten hyödyntäminen operoinnissa .....	32
5 EHDOTUS MENETTELYSTÄ JATKOSSA.....	33
6 YHTEENVETO.....	34
LÄHTEET .....	36

## LIITTEET

Liite 1. Nuohouksen piiriluettelo

Liite 2. Toimintakuvaus HS-0411 SEKVENSsirYHMIEN KÄYNNISTYS

Liite 3. Prosessinohjausjärjestelmän nuohousikkuna

Liite 4. Nuohousryhmät 1-12

Liite 5. Nuohousautomaatiikka

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli tehdä Kotkamills Oy:n Kotkan tehtaan soodakattilan nuohoukseen liittyvien piirien piirikohtaiset toimintakuvaukset ja analysoida nykyisen nuohouskäytännön toimivuutta. Työssä käsitellään soodakattilan likaantumisen syitä, ja sitä kuinka likaantumista pystytään välttämään kattilan oikealla ajotavalla. Työssä pyritään selvittämään nykyisen nuohouskäytännön tehokkuutta, jotta nuohous pystyttäisi jatkossa kohdistamaan sitä tarvitsevaan kattilan osaan. Oikealla nuohouskäytännöllä voidaan säästää huomattavia määriä tuorehöyryä, joka voidaan hyödyntää sähköntuotannossa ja tehtaan muissa kulutuskohteissa.

Kotkamills Oy on yksityisen OpenGate Capital -pääomasijoitusyhtiön omistama paperitehdasyksikkö Kotkassa. Tehdas kuului aiemmin Stora Enson omistukseen, mutta Stora Enso myi Kotkan tehtaiden liiketoiminnan vuonna 2010 OpenGate Capital -sijoitusyhtiölle ja tehtaan nimi muutettiin Kotkamills Oy:ksi. Kauppaan sisältyi Kotkan tehtaiden lisäksi Stora Enson laminaattipaperitoiminnot Malesiassa. Aiemmin Kotkan tehtaisiin kuulunut Imatran Tainionkosken paperikone 7 jäi Stora Enson omistukseen, mutta koneen liiketoiminnasta tehtiin leasing-sopimus Kotkamills Oy:n kanssa.

Kotkamills Oy on erikoistunut laminaattipaperin, päällystetyn painopaperin ja sahatavaran tuotantoon. Sahan oheistuotteet, puru ja hake, hyödynnetään paperin valmistuksessa. Energian suhteen Kotkan tehdas on omavarainen ja energiasta yli puolet tuotetaan kombivoimalaitoksella, jossa pääpolttoaineena käytetään maakaasua. Vakituista henkilöstöä 1.7.2010 oli noin 550 henkilöä, joista 470 Kotkassa, 40 Tainionkoskella ja 40 Malesiassa. (1.)

Kotkamills Oy:n tuotantokapasiteetit ja liikevaihto on esitetty seuraavassa taulukossa 1.

Taulukko 1. Kotkamills Oy:n tuotantokapasiteetit ja liikevaihto (1).

<b>Kapasiteetti ja liikevaihto</b>	
<b>Laminaattipapereita ja sen jalosteita</b>	<b>222 000 t/a</b>
Purusellu	170 000 t/a
Absorbex-laminaattipaperi - PK1 Kotka	160 000 t/a
Absorbex-laminaattipaperi - PK7 Tainionkoski	25 000 t/a
Imprex-runkopaperi ja kalvot Kotka	30 000 t/a
Imprex-runkopaperi ja kalvot Malesia	7 000 t/a
<b>Päällystettyä painopaperia</b>	<b>176 000 t/a</b>
Kuumahierre (TMP-laitos)	120 000 t/a
Solaris-painopaperi	176 000 t/a
<b>Sahatavaraa ja sen jalosteita</b>	<b>230 000 t/a</b>
Kuusisahatavaran tuotanto	230 000 t/a
Sahatavaran jatkojalostus höyläämöllä	30 000 t/a
<b>Energia/voimalaitos Kotka</b>	
Sähkö	70 MW
Höyry	160 MW
<b>Liikevaihto</b>	<b>n. 250 milj.€</b>

#### Raaka-aineet ja tuotteet

Kotkamills Oy:n vuotuinen puun kokonaiskäyttö on 1,46 milj. km<sup>3</sup>, josta sahatukkien osuus on 0,5 milj. km<sup>3</sup> ja loput kuusihaketta ja sahanpurua. Tehtaan omalla sellutehtaalla valmistetaan sahanpurusta valkaisuamatonta sellua, jota käytetään laminaattipaperin tuotannossa yhdessä kierrätyskuitumassan kanssa. Tainionkoskella laminaattipaperi valmistetaan valkaisuamattomasta ostosellusta ja kierrätyskuitumassasta. Kierrätyskuitua käytetään Kotkassa ja Tainionkosken tehtaalla yhteensä 35 000 tonnia vuodessa. Painopaperin valmistuksessa käytetään kuumahierteen lisäksi valkaistua ostosellua, jota kuluu n. 19 000 tonnia vuodessa. (1.)

Kotkamills Oy:n valmistamat tuotteet Absorbex, Imprex ja Solaris ovat tunnettuja tuotemerkkejä ympäri maailman. Ruskeaa Absorbex-voimapaperia sekä siitä fenolihartsilla impregnoimalla valmistettavaa Imprex-runkopaperia käytetään ensisijaisesti laminaattiteollisuudessa dekoratiivisten korkeapainelami-

naattien valmistukseen. Näitä laminaatteja käytetään muun muassa sisustamisessa sekä kuljetusvälineiden rakenteissa: pöytätaasoissa, lattioissa ja seinissä. Solaris on päällystettyä, mattakalanteroitua aikakauslehtipaperia, jonka pääkäyttöalueena ovat neliväriset erikoisaikakauslehdet ja myyntiluettelot.

## 2 SOODAKATTILAPROSESSI

Soodakattila on selluteollisuuden kattilalaitos, jonka polttoaineena käytetään sellunvalmistuksessa syntyvää sivutuotetta, mustalipeää. Mustalipeä sisältää lähes kaikki sellun keitossa käytetyt epäorgaaniset keittokemikaalit sekä puusta keiton yhteydessä liunneen sidosaineen, ligniinin ja muut orgaaniset yhdisteet.

Soodakattilalla on kaksi päätehtävää. Se polttaa mustalipeän sisältämän orgaanisen materiaalin ja tuottaa syntyneellä lämmöllä korkeapaineista höyryä sähköntuotantoa ja teollisuuslaitoksen käyttökohteita varten. Soodakattilan toinen tehtävä on keittokemikaalien talteenotto ja uudelleen muodostaminen eli regenerointi. Soodakattila auttaa pienentämään ympäristön kuormitusta, vähentämällä jätevirtoja ja muodostamalla suljetun kierron, jossa syntynyt sula-aines hyödynnetään uudelleen kemikaalien muodostamisessa. (2, 95.)

Soodakattilaprosessin materiaalivirrat on esitetty seuraavassa kuvassa 1. Kattilasta poistuva kemikaalisula hyödynnetään keittokemikaalien uudelleenmuodostamisessa ja kattilalla tuotettu tuorehöyry kulkee höyryturbiinin läpi tuottaen sähköä ja paisuen matalampaan paineeseen, jonka jälkeen se johdetaan edelleen höyryn kulutuskohteille.



Kuva 1. Soodakattilan materiaalivirrat



## 2.1 Soodakattilan toimintaperiaate

Ennen soodakattilassa polttamista täytyy sellutehtaalta saapuva laiha mustalipeä (pesulipeä) saattaa polttokelpoiseen muotoon haihduttamalla siitä mahdollisimman paljon vettä. Keittämöltä saapuvan pesulipeän kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti luokkaa 15 – 18 % keittämön pesulaitteistosta riippuen. Haihduttamossa mustalipeä kulkee tyypillisesti monivaiheisen haihdutuslinjan läpi, jossa kuiva-ainepitoisuutta nostetaan asteittain. Haihduttamolta poistuvan mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on nostettu 60 – 80 %:iin. Haihduttamolta saapuva vahva mustalipeä (polttolipeä) on valmis soodakattilassa polttoa varten. (3, 69.)

Soodakattilassa poltettava mustalipeä sisältää keiton aikana puusta liunneen orgaanisen aineksen, joka vastaa noin puolta tehtaalle tuodusta puumäärästä. *Polttolipeän kuiva-aineesta karkeasti 60 % on orgaanista, palavaa ainesta, ja noin 40 % on epäorgaanisia suoloja muodostavaa ainesta* (5, 450). Orgaaninen aines palaa kattilassa ja kemikaalit sisältävä epäorgaaninen aines jää tuhkaan. Riittävän korkean lämpötilan johdosta tuhka poistuu kattilasta kemikaalisulana pohjan sularännien kautta. (3, 70.)

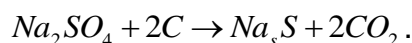
Polton aikana syntyneet savukaasut johdetaan kattilan lämmöntalteenotto-osaan, jossa savukaasujen lämpö hyödynnetään korkeapaineisen tulistetun höyryn tuotannossa. Savukaasut sisältävät myös huomattavia määriä (5 – 15 g/m<sup>3</sup>n) lentotuhkaa, joka koostuu pääasiassa natriumsulfaatista (> 90 %) ja natriumkarbonaatista (< 10 %) (3, 72). Kemikaaleja sisältävä lentotuhka irrotetaan lämmönsiirtopinnoilta nuohouksella ja otetaan talteen savukaasukanavien tuhkasuppiloiden kautta. Loput savukaasujen mukana kulkevasta lentotuhkasta erotetaan savukaasukanavan lopussa sijaitsevissa sähkösuodattimissa. Talteen otettu lentotuhka johdetaan sekoitussäiliöön ja siitä polttolipeän kanssa takaisin kattilan tulipesään uudelleenpolttoa varten.

## 2.2 Tulipesäprosessi

Poltettava mustalipeä esilämmitetään ennen tulipesään syöttöä noin 120 °C:n lämpötilaan. Mustalipeä syötetään kattilaan käyttäen niin sanottua lusikkasuutinta, joka hajottaa lipeän pieniksi pisaroiksi ja suuntaa leveänä suihkuna kattilan tulipesään. Tavoitteena on saada pisaran koko riittävän suureksi, jotta kiintoainepartikkeli laskeutuu kattilan pohjalla sijaitsevaan kekkoon eikä lähde savukaasuvirran mukaan. Toisaalta pisara ei saa olla liian suuri, että lipeä-pisaran sisältämä neste ehtii höyrystyä ja kiintoaines osin kaasuuntua ennen kekkoon saapumistaan. Suuttimissa muodostuvaa pisarakokoa säädetään lipeän viskositeettia muuttamalla, ruiskutuspaineen ollessa yleensä 1 – 2 baa-ria. Polttoainesuuttimet sijaitsevat kattilan eri sivuilla useita metrejä kattilan pohjan yläpuolella. (3, 70 – 72.)

Soodakattilan tulipesä voidaan jakaa siellä tapahtuvien reaktioiden perusteella kahteen osaan: pelkistysvyöhykkeeseen ja hapetusvyöhykkeeseen. Mustalipeä syötetään pelkistysvyöhykkeeseen, jossa se kuivuu matkalla tulipesän pohjalla olevaan kekkoon. Mustalipeän orgaanisen puuaineksen palaminen ja epäorgaanisten kemikaalien regeneroituminen vaativat erilaiset olosuhteet. Kemikaalit regeneroidaan kattilan pohjalla olevassa keossa, pelkistävissä olosuhteissa. Pelkistävät olosuhteet saadaan aikaan syöttämällä kattilan pohjalle primääri-ilmaa vain sen verran, että keon lämpötila saadaan pidettyä haluttuna (1000 – 1100 °C). Primääri-ilmamäärä on yleensä noin 30 – 40 % kokonaisilmamäärästä. Liian pieni primääri-ilmamäärä johtaa alhaiseen keon lämpötilaan ja liian suuri primääri-ilmamäärä johtaa natriumsulfaatin huonoon reduktioon. (3, 72.)

Mustalipeän sisältämä natriumsulfaatti pelkistyy keossa natriumsulfidiksi ja talteen otettavat palamattomat kemikaalit sulavat nestemäiseksi kemikaalitu-  
haksi. Natriumsulfaatti pelkistyy natriumsulfidiksi seuraavan reaktioyhtälön mukaan:

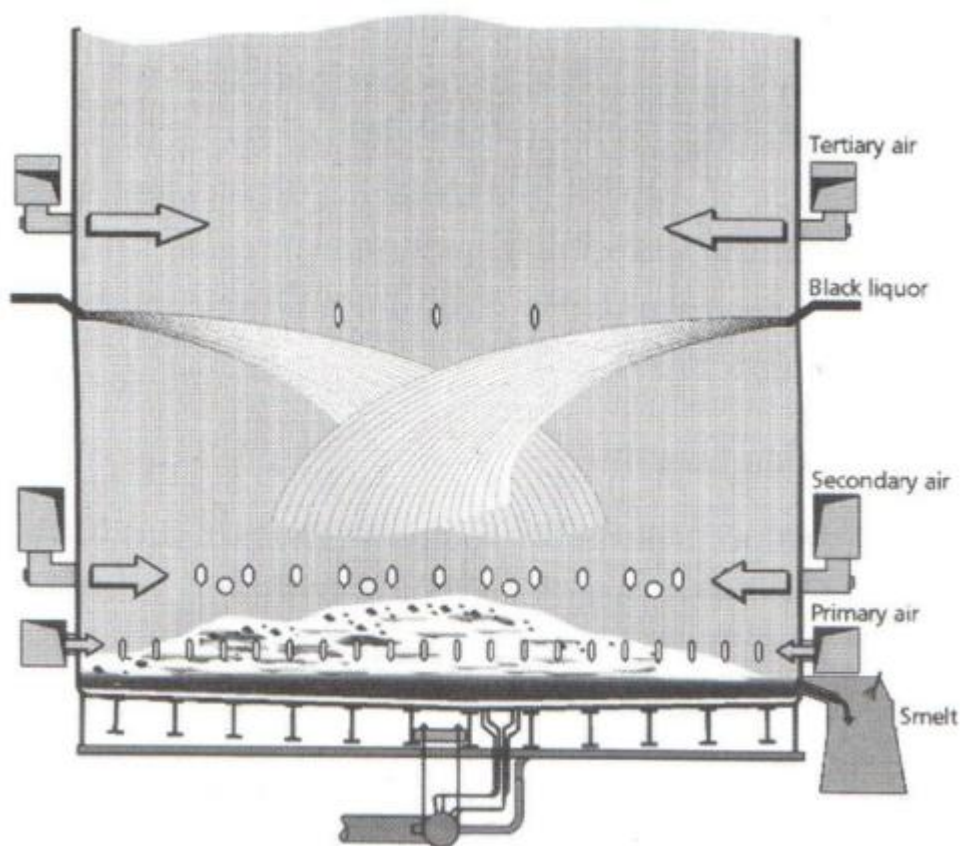


Pelkistymisen täydellisyyttä kuvataan seuraavan kaavan mukaan laskettavalla reduktioasteella, joka määritetään joko viherlipeästä tai suoraan sulasta:

$$\text{reduktioaste (\%)} = \frac{Na_2S}{Na_2S + Na_2SO_4} \cdot 100 \%$$

Hyvällä soodakattilalla voidaan saavuttaa lähes sadan prosentin (98 – 99 %) reduktioaste.

Palamisilma tuodaan kattilaan kolmessa tasossa (kuva 2). Primääri-ilmalla ylläpidetään keon sopiva lämpötila, kun taas sekundääri-ilmalla poltetaan keossa kaasuuntuneet komponentit. Sekundääri-ilmamäärä on tyypillisesti 50 – 60 % kokonaisilmamäärästä. Tertiääri-ilmasuuttimien kautta tuodaan palamisilma hapetusvyöhykkeeseen, jossa saatetaan loppuun pelkistymisvaiheessa alkanut palaminen. Tertiääri-ilmamäärä on yleensä noin 10 % koko ilmamäärästä. (3, 72.)



Kuva 2. Soodakattilan alaosan rakenne ja ilmatasot (2, 113)

Soodakattilan pohjalla sula kemikaaliturku, joka koostuu pääasiassa natriumsulfidista (n. 23 %) ja natriumkarbonaatista (n. 74 %), valuu huokoisen keon läpi tulipesän pohjalle, josta se johdetaan ylijuoksuna vesijäähdytettyjen sulakourujen kautta liuotinsäiliöön. Liuotinsäiliössä sula liuotetaan kaustisointilaitokselta saatavaan laihavalkolipeään ja muodostuvaa liuosta aletaan kutsua viherlipeäksi. Viherlipeä pumpataan valkolipeän eli varsinaisen keittokemikaalit sisältävän lipeän valmistukseen kaustisointilaitokseen. (4, 157 & 3, 72.)

### 2.3 Soodakattilan rakenne

Kaikki soodakattilat ovat luonnonkiertokattiloita ja kattilalla tuotetun tuorehöyryn arvot ovat tyypillisesti 85 baaria ja 480 °C (3, 74). Soodakattila mitoitetaan kuivan mustalipeän käsittelykyvyn mukaan (esim. 3000 tka/vrk), jotta se pystyy käsittelemään sellutehtaalta saapuvan mustalipeän mahdollisimman tehokkaasti, eikä muodostu sellunvalmistusprosessin pullonkaulaksi.

Tulipesäprosessissa syntyvän lentoturkun vuoksi tulipesä mitoitetaan niin suureksi, että lämpötila tulistinalueella on laskenut riittävän alhaiseksi. Tämä edesauttaa lämmönsiirtopintojen puhdistettavuutta höyrynuohoimilla. (3, 72.)

Soodakattila muistuttaa perusrakenteeltaan muita kattilatyyppejä, mutta se sisältää myös paljon muista kattilatyypeistä puuttuvia, soodakattiloille tunnusomaisia laitteistoja ja rakenteita. Merkittävimmät rakenteelliset erot johtuvat käytettävästä polttoaineesta, mustalipeästä, joka sisältää paljon regeneroitavia epäorgaanisia yhdisteitä. Soodakattilan kaksoistehtävää johtuen, täytyy palamatonta sulaa kemikaaliainesta poistaa tulipesästä jatkuvasti. Tätä varten soodakattiloiden tulipesän pohjalla on sula-aukot, joista kemikaalisulaa poistetaan jatkuvasti jäähdytettyjä sularännejä pitkin liuottajaan. Liuotinsäiliö sijaitsee soodakattilan pohjalla, tulipesän ulkopuolella, ja sen tehtävänä on kemikaalisulan sekoittaminen veteen tai kaustistamolta saatavaan heikkovalkolipeään. Liuotinsäiliössä muodostuvaa soodalipeäliuosta kutsutaan viherlipeäksi.

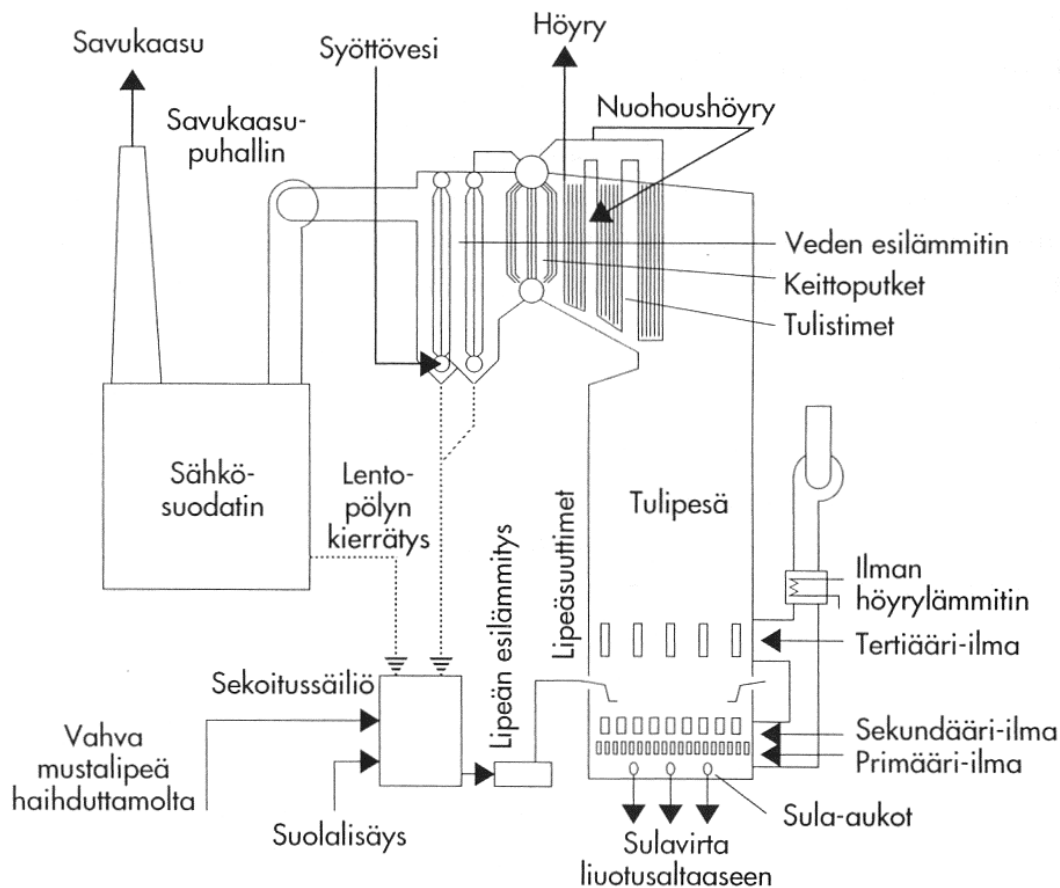
Polttolipeän syötössä tulipesään käytetään lipeäsuuttimia, joilla polttolipeä suunnataan pisaroina palotilaan ja saadaan näin muodostettua halutunlainen keko kattilan pohjalle. Lipeäruiskujen lisäksi soodakattiloissa käytetään apu-polttoaineena öljy- tai kaasukäyttöisiä käynnistys- ja kuormapolttimia.

Soodakattiloille tunnusomainen piirre on myös niin sanottu verhoputkisto, jonka tarkoituksena on suojata tulistinta tulipesän säteilyltä. Verhoputkisto toimii myös osana kattilan höyrystinputkistoa. Soodakattiloille tunnusomaista on myös erillisten höyrystinputkien sijoittaminen savukaasukanavaan tulistimien jälkeen. Tulistimien ja veden esilämmittimien välissä sijaitsevaa höyrystinputkistoa kutsutaan keittoputkistoksi, koska merkittävä osa vedestä höyrystetään tässä kattilan osassa. Kaksoislieriökattiloissa keittoputkisto yhdistää ylä- ja alalieriön toisiinsa. (3, 74.)

Soodakattiloissa on yleensä kaksi pystyputkista veden esilämmitintä, jotka koostuvat kokoojaputkien väliin sijoitetuista putkinipuista. Vesi tuodaan kylmimmässä savukaasuvyöhykkeessä sijaitsevan esilämmittimen alaosaan, josta se virtaa savukaasuihin nähden vastavirtaan lämmönsiirtimen yläosaan ja siitä edelleen seuraavan esilämmittimen alaosaan. Vierekkäisten lämmönsiirtimien väliin jää tyhjä veto, jossa savukaasut kulkevat ylöspäin. Tällä järjestelyllä lämpöpinnat pysyvät paremmin puhtaina. (3, 74.)

Savukaasulämmitteisten ilman esilämmittimien sijaan soodakattiloissa käytetään höyrylämmitteisiä esilämmittäjiä, joilla ilma lämmitetään haluttuun noin 150 °C:n lämpötilaan. Suuntaamalla vastakkaisten seinien syöttöilmat toistensa lomaan, voidaan merkittävästi vähentää carryoveria eli tulipesästä karkaan mustalipeän määrää. (3, 74.)

Soodakattilan rakenne sekä sen tärkeimmät osat ja ainevirrat on esitetty seuraavassa kuvassa 3.



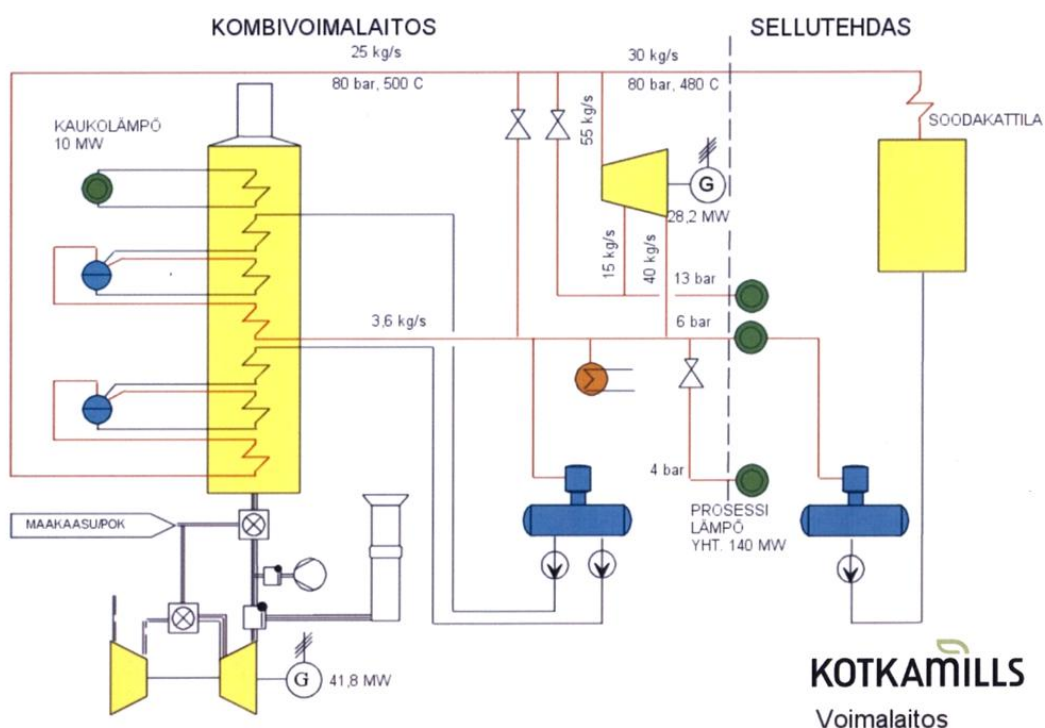
Kuva 3. Soodakattilan rakenne ja ainevirrat (5, 448)

## 2.4 Kotkamills Oy:n voimalaitosympäristö ja soodakattila

Sähkön ja lämmöntuotanto Kotkan tehtaalla koostuu kombivoimalaitoksesta ja soodakattilasta. Tuotantoyksikkö on sähkön ja lämmön suhteen omavarainen ja toimittaa lämpöenergiaa Kotkan kaupungin kaukolämpöverkkoon. Ajoittain tehdas pystyy myös myymään sähköä ulkopuolisille.

Polttoaineena kombivoimalaitoksella käytetään maakaasua ja soodakattilalla sellunkeiton yhteydessä syntyvää mustalipeää. Koko laitoksen maksimisähköteho on 70 MW, josta kaasuturbiinilla tuotetaan noin 40 MW ja höyryturbiinilla noin 30 MW. Kattiloiden maksimikuormalla koko voimalaitoksen tuorehöyryteho on 190 MW.

Kombivoimalaitoksen päälaitteet ovat lämmöntalteenottokattila, kaasu- ja höyryturbiini. Kombivoimalaitoksen palotapahtuma alkaa kaasuturbiinista, jossa maakaasua poltetaan turbiinin polttokammiossa. Syntyneet palokaasut purkautuvat turbiinin läpi, jonka jälkeen kuumat palokaasut johdetaan lämmöntalteenottokattilaan ja hyödynnetään höyryntuotantoprosessissa. Kaasuturbiinin kuumien palokaasujen ja kattilan lisäpolttimien avulla kombikattilassa tuotetaan 84 baarin korkeapainehöyryä sekä 5 baarin matalapainehöyryä. Matalapainehöyry ajetaan tehtaan vastapaineverkkoon kulutuskohteille ja korkeapainehöyry johdetaan soodakattilan kanssa yhteiseen höyryturbiiniin. Höyryturbiini on 12 baarin väliotolla varustettu ABB:n vastapaineturbiini. Turbiinin vastapaine on 5 baaria ja turbiinin pääasiallisena säätötapana käytetään vastapainesäätöä. Turbiinin ollessa pois käytöstä 84 baarin korkeapainehöyry reductoidaan kahden reductioventtiilin avulla 12 ja 5 baarin painetasoille. Voimalaitoksen höyryprosessi on esitetty seuraavassa kuvassa 4.



Kuva 4. Voimalaitoksen höyryprosessi (1)

Kotkamills Oy:n Kotkan tehtaan soodakattila on valmistunut vuonna 1959. Soodakattila on rakenteeltaan yksilieriöinen, kahdella veden esilämmittimellä varustettu luonnonkiertokattila. Kattilan kapasiteetti on 680 tonnia kuiva-

ainetta vuorokaudessa. Tuotettavan tuorehöyryn maksimilämpötila on 485 °C ja maksimihöyrynpaine 96 baaria.

Kattilan pohjan pinta-ala on 49 m<sup>2</sup> ja kattilan pohjaosa ulottuu noin 15 metriä kattilan pohjasta ylöspäin. Lipeän ruiskutuspaikkoja on kattilan seinillä yhteensä kahdeksan, joista kuusi on käytössä normaaliajon aikana. Ruiskutuspaikat sijaitsevat noin 6,5 metrin korkeudessa kattilan pohjalta. Kattilan pohjan lähellä sijaitsee lisäksi neljä maakaasutoimista käynnistyspoltinta, joita voidaan käyttää lipeäpoltton tukena sekä kattilan ylösajossa. Ylempänä kattilan tertiäriolosuhteissa on kaksi maakaasutoimista kuormapoltinta, joilla kattilan höyrytehoa pystytään tarvittaessa lisäämään. Kemikaalisulan poistamista varten kattilan pohjalla on kaksi vesijäähdytteistä sularänniä.

## 2.5 Soodakattilaprosessin hallinta

Soodakattilan kaksoisroolista johtuen on ensiarvoisen tärkeää saavuttaa ja ylläpitää korkea taso sekä höyryntuotannossa että kemikaalien regeneroinnissa. Soodakattilan oikealla toiminnalla on myös merkittävä vaikutus ympäristöpäästöihin. Ympäristövaatimuksien jatkuva tiukentuminen vaikuttaa myös soodakattilan hallintaan. (6, 103.)

Soodakattila on kallis ja kriittinen osaprosessi sellunvalmistuksessa. Useassa tapauksessa se on tuotantoa rajoittava prosessinosa: huono reduktioaste soodakattilassa tarkoittaa lisäkuormitusta muille prosessinosille. Palamisprosessi on herkkä sisäisille ja ulkoisille häiriöille. Tuotannonmäärän muutokset ja epävakaa keon tila voivat aiheuttaa häiriöitä koko soodakattilan toimintaan. Vakaa ja jatkuvatoiminen kattilanhallinta on siksi äärimmäisen tärkeää. (6, 103.)

Turvallisuus on myös tärkeä tekijä, joka vaikuttaa kattilan ohjaukseen ja käyttöön. Korroosiolle altistava toimintaympäristö vaikuttaa merkittävästi kattilan käyttöikään ja vaikuttaa kattilan käyttöturvallisuuteen. Kehittyneellä ohjausjär-



jestelmällä voidaan vähentää korroosion vaikutusta kattilarakenteisiin. (6, 104.)

Soodakattilaprosessin hallinnassa höyryntuotannon ohjaukset ovat yhtälailla tärkeitä tulipesäprosessin ohjauksien kanssa, johtuen soodakattilan kaksoisroolista. Tässä työssä keskitytään kuitenkin käsittelemään tarkemmin tulipesäprosessin hallintaa, sillä oikeanlaisella tulipesäprosessin ohjauksella voidaan vaikuttaa suuresti soodakattilan lämmönsiirtopintojen likaantumiseen. Kattilarakenteiden korroosiota ja nuohousjärjestelmää käsitellään myöhemmin tässä työssä. Seuraavaksi esitellään lyhyesti soodakattilan tulipesäprosessin pääohjaukset.

### 2.5.1 Polttolipeän syötön ohjaus

Polttolipeän syötön määrää soodakattilalla ohjaa höyrytehon säädin. Käytännössä pääsäädin voi olla höyrynpaine- tai höyryvirtaussäädin. Lisääntynyt sähkötehon tai prosessihöyryn tarve teollisuuden vastapainevoimalaitoksissa johtaa kattilan höyrynpaineen laskuun. Jotta höyryverkoston paine saadaan pidettyä asetusarvossa, on kattilan höyrytehoa kasvatettava syöttämällä kattilaan enemmän polttoainetta. Koska soodakattila on kuitenkin hidas vastaamaan höyryntarpeen muutoksiin, on soodakattilan rinnalla usein käytössä niin kutsuttu apukattila, joka pystyy nopeammin vastaamaan höyryn kulutuksen muutoksiin ja näin ylläpitämään höyryverkoston painetta halutussa asetusarvossa. Tällaisessa ratkaisussa soodakattilaan syötetään tasaisella syöttövirtauksella polttolipeää ja polton muutokset suoritetaan lähinnä lipeätilanteen sitä vaatiessa tai pitkäaikaisen höyryntarpeen lisääntyessä merkittävästi. Tasaisella polttolipeän syötöllä saadaan kattilaan muodostettua optimaaliset olosuhteet keittokemikaalien regenerointia varten.

Polttolipeän syöttöä kattilaan ohjataan pisarakoon säätämiseksi oikeanlaiseksi tulipesäprosessia varten. Keskimääräinen pisarakoko tulisi olla suhteellisen suuri (noin 2 mm), mutta kuitenkin riittävän pieni, ettei se jäähdytä keon lämpötilaa. Suurella pisarakoolla pyritään minimoimaan tulipesän yläosaan kar-

kaavien pisaroiden määrää (carryover). Oikealla pisarakoolla lipeäpisarat kiihuvat matkalla keuhkoon, eivätkä lähde savukaasuvirtojen mukaan. Varsinainen pisaran palaminen tapahtuu pohjan läheisyydessä ja itse pohjalla muodostuvan keon pinnalla. Pisarakokoa säädetään muuttamalla polttolipeän lämpötilaa (ja sitä kautta viskositeettia) tai syöttöpainetta. (5, 454 & 6, 105.)

Lipeän ruiskutusaine vaikuttaa lipeän lähtönopeuteen suuttimesta ja siten lipeäpisaroiden kokoon ja lentomatkaan. Kattilan kuorman perusteella valitaan lipeäruiskujen suuttimien koko niin, että paineella ja lämpötilalla pystytään hienosäätämään lipeän ruiskutusta kattilaan. Käytössä olevien ruiskujen lukumäärä valitaan kattilan kuorman mukaan, niin että ruiskutusaineessa päästään sopivalle alueelle. Kun paine kuorman nostamisen vuoksi nousisi yli sopivaksi katsotun alueen, täytyy pesään lisätä ruisku ja vastaavasti paineen laskiessa liian alhaiseksi tulee pesästä poistaa ruisku.

Polttolipeän syötön säätö vaikuttaa myös palamisilman syöttöön. Tämän vuoksi soodakattilalla ei voida suorittaa nopeita kuorman muutoksia, ilman että se häiritsee koko soodakattilan tulipesän prosessia. (6, 105.)

### 2.5.2 Palamisilman säätö

Soodakattilaan syötettävän polttolipeän määrä ohjaa suoraan myös kattilaan syötettävän ilman määrää. Palamisprosessin tarvitsema teoreettinen kokonaisilmamäärä voidaan laskea jatkuvatoimisten mittausten perusteella. Tarvittavaan ilmamäärään vaikuttaa muun muassa mustalipeän kuiva-ainepitoisuus, polttolipeän virtausnopeus ja mahdollisten apupolttoaineiden käyttö (käynnistys- ja kuormapolttimet). Palamisilman säätimelle tuodaan takaisinkytkentänä mittaustieto savukaasuanalysaattorilta, jonka avulla hienosäätetään kattilaan syötettävän ilman määrä palotapahtumalle sopivaksi. (6, 106.)

Ilman jako eri tasoille, määräosuudet ja suihkujen keskinäiset sijoittelut sekä virtausnopeudet vaikuttavat ratkaisevasti tulipesään syntyvään kaasuvirtauskenttään. Primääri-ilman määrällä säädetään keon lämpötila oikeaksi pelkis-

tymisreaktiota varten ja yläpuolisilla ilmatasoilla jatketaan ja saatetaan loppuun keosta karkaavien hiukkasten palaminen. Pienetkin muutokset ilman syötössä voivat olennaisesti muuttaa virtauskuviota ja siten joko parantaa tai heikentää tulipesäprosessia. Ilman syötön optimoinnin apuna käytetäänkin usein kolmiulotteista virtauslaskentaa. (5, 457.)

### 2.5.3 Keon profiilin ja lämpötilan säätö

Keon profiilia ja kattilan lämpötilaprofiilia voidaan tarkkailla seuraamalla keko- materiaalin määrää, lämpötilaa ja savukaasupäästöjä. Symmetrinen palaminen saadaan aikaan symmetrisellä ilmojen ja polttolipeän syötöllä. Keon lämpötilan ja profiilin korjaussäädöt suoritetaan ilmavirtausten ja polttolipeän syötötä muuttamalla. Profiilin tarkkailu ja säätö voidaan suorittaa myös tulipesän kameroiden perusteella. (6, 106.)

Keon huokoisuus on tärkeää sen oikean toiminnan vuoksi. Liian suuret lipeäpisarat eivät ehdi kuivumaan ennen kekoon saapumistaan ja sen vuoksi jäähdyttävät kekoa aiheuttaen lisäyksen  $\text{SO}_2$  ja  $\text{H}_2\text{S}$  päästöissä. Märät kekoon saapuvat lipeäpisarat aiheuttavat lisäksi voimakkaan paikallisen keon kasvun siihen osuessaan. Liian pienet lipeäpisarat taas palavat kattilan ylemmissä osissa ja kulkevat savukaasujen mukana, aiheuttaen likaantumista ja lämpöhyötysuhteen laskua. (6, 106.)

Soodakattilan lämpötilaprofiili vaatii säätöä, jotta kekolämpötila saadaan pidettyä riittäväällä tasolla ja saavutetaan hyvä reduktioaste. Tämä tarkoittaa, että palaminen tapahtuu kattilan alaosassa. Reduktioasteen lisäksi tämä on hyväksi kekoreaktioille, lämpöhyötysuhteelle, päästöille ja lämmönsiirtopintojen likaantumiselle. Lämpötilaprofiilin säädöllä voidaan myös estää lentotuhkan lämpötilan nousu liian kuumaksi tulistinalueelle saavuttaessa, jolloin tulistinalueen likaantuminen on vähäisempää. (6, 106.)

### 3 LÄMMÖNSIIRTOPINTOJEN PUHDISTUS

Lämmönsiirtopintojen likaantumisongelmat koskettavat kaikkia kattiloita, joissa poltetaan tuhkapitoisia polttoaineita. Soodakattilassa tulipesästä poistuu savukaasuvirtauksen mukana huomattavia määriä lentotuhkaa, joka on pääasiassa natriumsulfaattia sekä muita natriumyhdisteitä. Lentotuhka muodostaa lämmönsiirtopinnoille vaikeasti poistettavia kerroksia, jotka häiritsevät lämmönsiirtymistä savukaasuista höyryyn. (6, 72.)

Kattilan likaantumiseen voidaan vaikuttaa muun muassa savukaasujen happipitoisuudella: vähäinen happiylimäärä (2 – 3 %) tuottaa helposti poistettavia tuhkerrostumia, kun taas suuremmat happipitoisuudet saavat aikaan vaikeasti nuohottavia tuhkerrostumia. Myös syötettävän mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden lisäämisen on todettu vähentävän kattilan likaantumista ja nuohoustarvetta. (6, 72.)

Kattilan lämpöpintojen likaisuus heikentää huomattavasti lämmönsiirtoa ja tätä kautta kattilan hyötysuhdetta. Käytännössä lämpöpintojen likaisuus näkyy siitä, että likainen lämmönsiirrin jäähdyttää huonommin savukaasuja ja niiden lämpötilat kasvavat. Heikentynyt lämmönsiirtyminen johtaa myös tuorehöyryn lämpötilan laskemiseen ja tulistetun höyryn jäähdytystarpeen puuttumiseen, joiden perusteella voidaan havaita lämmönsiirtimien nuohoustarve. Huonon lämmönsiirtymisen johdosta liian kuumiksi jääneet savukaasut voivat jopa johtaa myöhemmin savukaasukanavissa olevien lämmönsiirtimien ylikuumenemiseen. Lisäksi paksut likakerrokset aiheuttavat kattilassa virtausvastuksia savukaasuille. Lämmönsiirtimien yli vaikuttavia paine-eroja tai savukaasun loppulämpötilan nousua voidaankin pitää merkinä lämmönsiirtimien likaisuudesta ja nuohoustarpeesta. (7, 209.)

#### 3.1 Lämpöpintojen korroosio

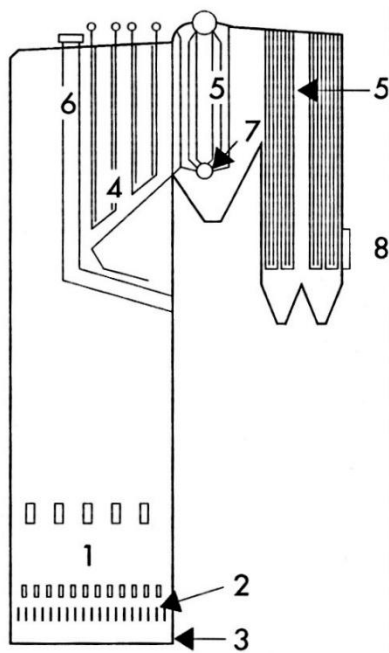
Lämmönsiirtopintojen likaantuminen aiheuttaa lämmönsiirron heikentymisen lisäksi myös kattilaputkien syöpymistä, eli korroosiota. Soodakattilan suurim-

mat käytännön ongelmat liittyvät juuri savukaasukanavan lämmönsiirtopintojen likaantumis- ja korroosioilmiöihin. Soodakattilan korroosio- ja likaantumisilmiöt voidaan jakaa karkeasti kahteen eri korroosioalueeseen; tulipesäkorroosioon ja savukaasukanavakorroosioon. Näitä soodakattilalle tyypillisiä korroosioilmiöitä käsitellään tarkemmin seuraavaksi.

### 3.1.1 Korroosio tulipesässä

Soodakattilan tulipesäkorroosio on tärkein seurattava korroosiotyyppi, koska tulipesän lämmönsiirtoputkien korroosioon liittyy aina mahdollisuus veden pääsystä tulipesään. Kattilan seinäputkeen voi syntyä korroosion seurauksena vuoto, jolloin syöttövesi voi päästä kosketuksiin tulipesän kekomateriaalin kanssa ennen höyrystymistä ja aiheuttaa sulavesiräjähdyksen törmätessään kuumaan kemikaalimassaan. Suuren vesivuodon tapauksessa voi syntyä iso paineaalto, joka hajottaa kattilarakenteita.

Seuraavassa kuvassa 5 on esitetty soodakattilalla tavattavia korroosioilmiöitä ja niiden tyypilliset sijainnit.



- 1: Tulipesän seinäputket / sulfidoituminen,
- 2: Ilma-aukot / sula hydroksidi,
- 3: Sula-aukko / lämpöväsyminen,
- 4: Tulistin / sulfidointi-hapetus & sula kerrostuma,
- 5: Keittoputket ja veden esilämmitin / hapan sulfaatti,
- 6: Verhoputket / useita syitä,
- 7: Lieriön pinta / eroosio-korroosio,
- 8: Sähkösuodin / rikkihappo

Kuva 5. Soodakattilan korroosiotyypit (5, 471)

Tulipesän alaosan seinäputkien korroosiosta tuli yleinen ongelma, kun uusien kattiloiden painetasoja alettiin nostaa 1960-luvun lopulla. Painetasojen nosto kohotti myös tulipesän seinäputkien materiaalilämpötiloja, jonka seurauksena seinäputkissa käytetty hiilliteräs alkoi voimakkaasti syöpyä. Syöpymisen aiheutti teräksen korroosiolta suojaavan oksidikerroksen muuntuminen rautasulfidiksi, FeS. Rautasulfidi ei muodosta suojaavaa kerrosta metallin pinnalle, vaan sulfidointireaktio pääsee etenemään melko vapaasti. Tämän vuoksi seinäputkissa alettiin käyttää kromi-nikkeli-seosteisia teräsmateriaaleja tai sopivaa pinnoitusmateriaalia, joille sulfidointireaktio ei ole ongelma. Uudemmissa kattiloissa on jo pitkään käytetty erityistä yhdistelmäputkea, jossa putkiseinän sisäosa on hiilliterästä ja ulommainen osa austeniittista terästä. Tällaisilla yhdistetyillä compound-putkilla sulfidoitumiskorroosio on saatu varsin hyvin hallintaan. (5, 471.)

### 3.1.2 Savukaasukanavan korroosio

Savukaasujen sisältämä pöly koostuu kahdesta selvästi toisistaan eroavasta jakeesta, toisaalta tulipesästä karanneiden lipeäpisaroiden jäännöksistä (carryover-hiukkasista) sekä toisaalta tulipesässä höyrystyneestä ja myöhemmin tiivistyneestä materiaalista. Carryover-pölyn koostumus muistuttaa pitkälti sulan koostumusta ja se on selvästi karkeampaa verrattuna tiivistyneeseen pölyaineeseen. Carryover-hiukkaset muodostavat pääosan tulistikerrostumasta, kun taas savukaasukanavan loppupään pölystä pääosa on tiivistynyttä pölyä. Pääosa karkeammasta pölyfraktiosta erottuu savukaasuista savukaasukanavan tuhkasuppiloihin, sähkösuodatintuhkan ollessa lähes pelkästään hienoja-keista kondensoitunutta pölyä. (5, 472.)

Pölyn tarttuminen pinnoille on yhteydessä pölyn olomuotoon. Osittain sulassa tilassa oleva pöly tarttuu tehokkaasti lämmönvaihtopinnoille ja muodostaa usein kovan ja vaikeasti poistettavan kerroksen. Toisaalta jo kokonaan kiinteytynyt pöly ei yleensä aiheuta kovia kerrostumia pinnoille. Pölyn sulamiskäytäytymiseen vaikuttavat ratkaisevasti kloorin ja kaliumin pitoisuudet, jotka laskevat olennaisesti pölyn sulamisaluetta. Kaliumia ja klooria tulee sellutehtaalle

raaka-aineiden, prosessivesien ja ostokemikaalien mukana ja liukoisuutensa vuoksi ne rikastuvat kemikaalikiertoon. ”Puhtaan” prosessin pölyn kalium- ja natriumpitoisuudet ovat vain 1 – 2 prosentin luokkaa, jolloin tarttumislämpötila on yleensä varsin korkea, usein yli 700 °C. Tällainen pöly ei aiheuta ongelmia tulistinvyöhykkeen jälkeen ja kattilan myöhäisemmät lämmönsiirtopinnat voidaan pitää varsin tehokkaasti puhtaina. Useissa tapauksissa kalium- ja klooritasot ovat kuitenkin nousseet voimakkaasti ja sen seurauksena pölyn tarttumislämpö on laskenut alle 600 °C. Tämä aiheuttaa jo yleensä huomattavia ongelmia keittopinnoilla ja primääritulistimessa. (5, 474.)

Hyvin alhainen pölyn sulamisalue voi aiheuttaa voimakasta korroosiota erityisesti tulistinalueen kuumimmissa putkissa. Soodakattiloilla tulistetun höyryn lämpötila on yleensä 480 °C, jolloin kuumimmat materiaalilämpötilat ovat 510 – 530 °C. Erityisen nopeaksi korrosio muuttuu, jos tulistinputken pintalämpötila ylittää kerrostumaa muodostavan pölyn tarttumislämpötilan tai sulamispisteen. Tällaisessa tapauksessa tulistinputki joutuu suoraan kosketukseen kerrostuman sulan faasin kanssa. Tällainen sulan kosketus metallipintaan aiheuttaa yleensä pinnan oksidikerroksen liukenemisen ja nopeasti etenevän syöpymisprosessin. Tämä ilmiö voi pakottaa käyttämään normaalia matalampia tulistetun höyryn lämpötiloja prosesseissa, joissa pölyn tarttumislämpötila on poikkeuksellisen alhainen. (5, 474.)

Likaantumisen estämiseksi kattilat varustetaan lukuisilla höyrynuohoimilla, jotka mekaanisesti irrottavat syntyneitä pölykerrostumia säännöllisin väliajoin ja siten pyrkivät tehostamaan lämmönsiirtoa savukaasuista höyryyn. Likaantumista voidaan ehkäistä myös optimoimalla kattilan ajoa. Erityisesti lipeän ruis- kutuksella ja paloilman syötöllä voidaan vaikuttaa carryoverin määrään ja sitä kautta tulistimien likaantumiseen.

### 3.2 Nuohousjärjestelmät

Kattilan lämmönsiirtopintojen puhdistukseen on olemassa erilaisia nuohointyyppisiä, kuten höyrykäyttöisiä puhallusnuohoimia, vesipesulaitteita, kuu-

lanuohouslaitteita, mekaanisia ravistuslaitteita ja ääninuohoimia. Ravustuslaitteet ja ääninuohoimet perustuvat puhdistettavalla lämmönsiirtopinnalla aikaansaatuun värähtelyyn, jonka johdosta pintaan kiinnittynyt lika saadaan irtamaan. Yleisimmin käytetty nuohointyyppi on kuitenkin höyrynuohoin, jonka tarvitsema käyttöhöyry saadaan otettua kattilan omasta höyryntuotannosta.

Kotkamills Oy:n soodakattilalla käytetään höyrynuohoimia ja vesipesulaitteita lämmönsiirtopintojen puhdistuksessa. Näiden nuohointyyppien toimintaa ja toteutusta Kotkan tehtaassa soodakattilalla käsitellään seuraavaksi.

### 3.2.1 Höyrynuohoimet

Höyrynuohoimen tarvitsema höyry otetaan reduktioventtiilin kautta korkeapainetulistimesta tai suoraan välitulistimesta. Nuohoushöyryn paine on 20 – 40 baaria ja lämpötila noin 100 °C korkeampi kuin vastaavan kylläisen höyryn. Tulistetun höyryn käytöllä voidaan välttää puhallushöyryn mukana tulevat vesipisarot ja siitä seuraava lämpöpintojen vahingoittuminen. (7, 216.)

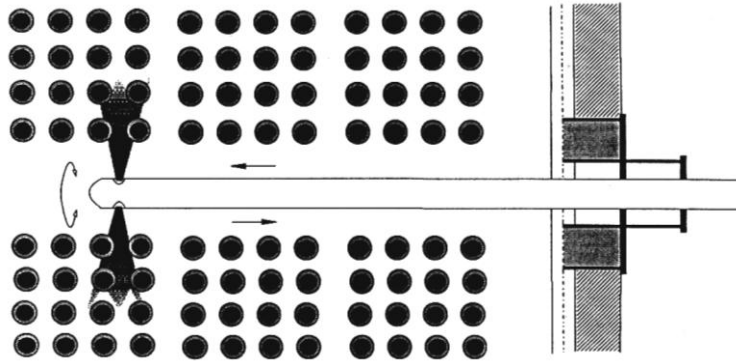
Kotkan tehtaassa soodakattilassa on 48 höyrynuohointa eli 24 nuohoinparia. Nuohoinparit sijaitsevat kattilan vastakkaisilla puolilla: parittomat nuohoimet sijaitsevat kattilan vasemmalla puolella ja parilliset kattilan oikealla puolella. Nuohoimet ovat Diamond Superior Oy:n valmistamaa mallia IK-525. Nuohoimet ovat kokonaan ulosvedettäviä ja pyörivällä suutinputkella varustettuja.



Kuva 6. Soodakattilan höyrynuohoin

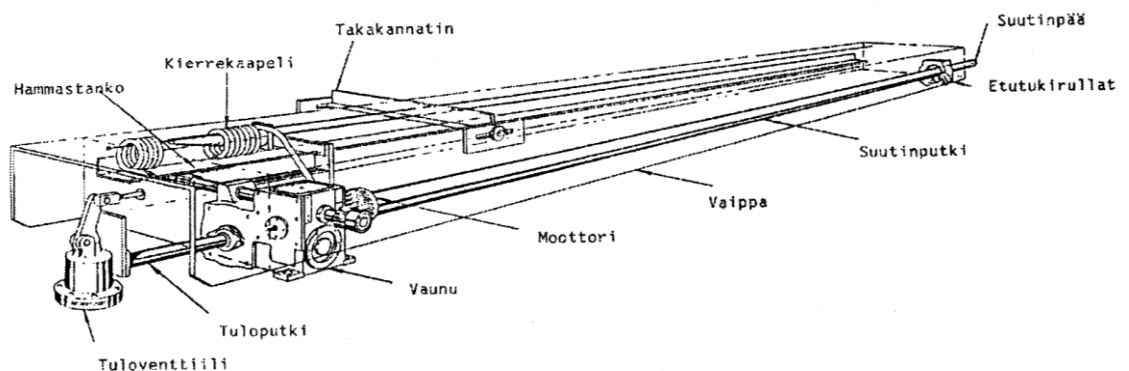


Ulosvedettävissä nuohoimissa nuohoinputket sijaitsevat kattilan ulkopuolella suutinpäätä lukuun ottamatta ja ne työnnetään kattilan sisälle ainoastaan käytön ajaksi. Nuohoinputkia liikutetaan syvyysuunnassa sähkömoottorikäyttöisellä vaunulla. Nuohoushöyrysuihku suunnataan kattilan sisärakenteisiin pyörivän suutinputken ja putken päässä olevan suuttimen avulla.



Kuva 7. Ulosvedettävä höyrynuohoin (7, 215)

Nuohouksen käynnistymisen ehtona on muun muassa riittävä putkiston lämpötila, joka saavutetaan höyrylinjan vesityksen avulla. Linjan vesityksellä varmistetaan muodostuneen lauhteen poistuminen nuohoushöyrylinjoista. Nuohouksen alkaessa nuohoinvaunu on takimmaisessa asennossa. Nuohoimen käynnistyessä vaunu lähtee liikkeelle ja vie pyörivän suutinputken kattilan sisään. Suutinputken siirtyessä kattilan sisäpuolelle tulohöyryventtiili avautuu ja pyörivä höyrysuihku puhdistaa liikkuessaan lämmönsiirtimen pintaa. Vaunu työntää nuohoinputken koko pituudeltaan kattilan sisälle ja sisärajan saavutettuaan kääntää suunnan ulospäin. Lähellä kattilan seinämää tulohöyryventtiili sulkeutuu ja vaunu jatkaa liikkumistaan kunnes saavuttaa ulkorajan.



Kuva 8. Yleiskuva IK-525 –nuohoimen rakenteesta (8)

### 3.2.2 Vesipesu

Seisokin yhteydessä nuohoimia voidaan käyttää vesipesuun, johtamalla nuohoimille höyryn sijasta jäähdytettyä syöttövettä. Vesipesussa alasajetun paineettoman kattilan lämmönsiirtopinnat puhdistetaan paineellisen vesisuihkun avulla. Vesipesun toimintaperiaate on vastaava kuin höyrynuohouksessa, mutta kattilan pitää olla riittävästi jäähtynyt, jotta rakenteisiin ei kohdistu liian suuria lämpötilaeroja eikä tulipesässä ole mahdollista tapahtua sulavesiräjähdyttä.

Vesipesussa pesujärjestys on tyypillisesti savukaasukanavan loppupäästä alkaen kohti tulipesän lämmönsiirtimiä. Lämmönsiirtimet pestään ylhäältä alaspäin, jolloin valuva tuhka-vesi ei likaa jo pestyjä lämmönsiirtimen osia. Vesipesun jälkeen kattilan lämpöpinnat voidaan kuivata kaasutuliolla syöpymisen estämiseksi.

### 3.3 Nuohointen sijoituspaikat soodakattilassa

Nuohoimien sijoitus on toteutettu tasaisesti pitkin kattilan lämmönsiirtopintoja. 48:sta nuohoimesta 12 sijaitsee tulistinalueella, 18 keittopinnoilla, 16 veden esilämmittimillä (EKO1:illä ja EKO2:illa) ja 2 savukaasukanavan kapeassa kohdassa ennen EKO2:ta. Nuohoimet sijaitsevat erilaisissa olosuhteissa ja niitä käytetään ajotilanteiden ja kokemusten perusteella tehdyn ajomallin perusteella. Tärkeimmillä ja herkimmin likaantuvilla alueilla nuohoimia käytetään useammin kuin muualla. Erityisesti keittopintojen ja EKO2:n yläosan nuohoimia joudutaan käyttämään useammin kuin muita, koska ne sijaitsevat helpoimmin tukkeutuvalla alueella. Tulistinalueella nuohoimet taas käyvät suhteessa muita vähemmän.

Nuohousta varten ohjausjärjestelmään on luotu 12 nuohousryhmää, joilla ohjataan kattilanuohousta. 1- ja 2-ryhmää sanotaan täysajokierroksi ja ne sisältävät 50 nuohousaskelta. Täysajokierto kestää noin 2 – 3 tuntia ja se suoritetaan tyypillisesti 3 kertaa vuorokauden aikana. 3- ja 4-ryhmät on puolikkaita,

ne sisältävät 25 nuohousaskelta ja niillä ajetaan täysajon välissä. Puolikkaila ajokierroilla puhdistetaan eniten tukkeentuvia alueita. Muut nuohousryhmät sisältävät 10 nuohousaskelta ja niillä kohdistetaan puhdistustarve kattilan tiettyyn osaan. Nuohoussekvenssien lisäksi nuohoimia voidaan ohjata yksittäisesti ilman ryhmäohjausta sekä master-ohjauksella voidaan valita useita nuohousryhmiä suoritettavaksi peräkkäin. Kattilalaitoksen käyttöhenkilöstö valitsee tilanteesta riippuen nuohouksen ajomallin ja käytettävät nuohousryhmät.

### 3.4 Nuohoustarpeen määrittely

Nuohouksella ylläpidetään kattilan tehokkuutta ja höyryntuotantokapasiteettia poistamalla säännöllisesti kertyvää tuhkaa ja kuona-ainetta kattilan lämpöpinoilta. Muodostuvien saostumien määrään vaikuttavat muun muassa kattilan kuorma, ilmaylimäärä, kattilan lämpötilaprofiili, keon rakenne, kattilan ilmaja-kauma, jne. (6, 108.)

Tämän vuoksi on ensiarvoisen tärkeää muodostaa kattilan prosessimittausten avulla kuva kattilan nuohoustarpeesta, jotta nuohous voidaan kohdistaa sitä tarvitsevaan kattilan osaan oikealla ajankohdalla. Suorittamalla nuohous tarpeen mukaan voidaan säästää merkittäviä määriä höyryä ja kattilasta saatu hyötyteho kasvaa. Säännöllisempää nuohoustarvetta vaativat kattilan alueet, joissa tuhkan kerääntyminen on suurempaa. (6, 108.)

Kattilan nuohoustarve on kattilakohtaista ja se riippuu monesta eri tekijästä, jonka vuoksi nuohousajankohtia ei voida ennalta suunnitella, vaan sitä on pyrittävä määrittelemään jatkuvatoimisten mittausten ja trendien perusteella. Kattilalaitoksen käyttöhenkilöstöllä on usein muodostunut kuva kattilan osista, joissa nuohoustarve on suurempaa.

Nuohoustarvetta pyritään selvittämään muun muassa seuraavien muuttujien avulla:

- vetohäviöt (paine-eromittaus lämmönsiirtimen yli)
- lämmönsiirtyminen (höyryn lämpötilamittaus)

- savukaasun lämpötila (savukaasun lämpötilamittaus)
- kulunut aika (nuohous säännöllisin väliajoin)
- savukaasupuhaltimien kuorma.

Edellä mainittujen mittausten perusteella saadaan usein riittävä kuva kattilan nuohoustarpeesta. Esimerkiksi tulistinosan likaantuminen vaikuttaa tulistetun höyryn lämpötilan laskemiseen ja höyryn jäähtytystarpeen pienenemiseen/ loppumiseen. Tiheämpirakenteisten lämmönsiirtimien (EKO-lämmönsiirtimien) likaantuminen vaikuttaa lämmönsiirtimen yli vaikuttavan paine-eron kasvuun, josta voidaan selkeästi huomata lämmönsiirtimen nuohoustarve. Lämpöpintojen heikentynyt lämmönsiirtyminen aiheuttaa taas savukaasujen lämpötilan jäämisen normaalia korkeammalle tasolle. Usean savukaasukanavan lämpötilamittauspisteen avulla voidaan yksilöidä kunkin lämmönvaihtimen kyky siirtää lämpöä savukaasuista höyryyn ja veteen. Kattilan lämpöpintojen likaantumisesta aiheutuva virtausvastus lisää savukaasupuhaltimien kuormaa, jotka pyrkivät pitämään kattilan palotilan paineen asetusarvossaan (pieni alipaine). Savukaasupuhaltimien kuormasta voidaan nähdä lämmönsiirtopintojen likaantuminen, mutta ei sitä, minkä lämmönsiirtimen likaantumisesta virtausvastus aiheutuu.

### 3.5 Nykyinen nuohouskäytäntö

Soodakattilan nykyinen nuohouskäytäntö on suorittaa kattilan lämmönsiirtopintojen nuohous tyypillisesti kaksi kertaa työvuorossa. Nuohoukset suoritetaan yleensä yhdellä täysajokierrolla (ryhmä 1 tai 2), sekä yhdellä pienemmällä nuohousryhmällä, joka kohdistetaan puhdistusta vaativaan kattilan osaan. Ryhmänuohoukset suoritetaan tasaisin väliajoin vuoron aikana, kuitenkin siten, että nuohotaan täysajokierto ensin, jos aiempi vuoro on nuohonnut viimeksi pienemmän ryhmän. (9.)

Operaattori seuraa kattilan lämmönsiirtopintojen likaantumista erilaisten jatkuvatoimisten mittauksien perusteella ja kohdistaa nuohouksen oikeaan kattilan osaan valitsemalla käyttöön likaantunutta kattilan osaa painottavan nuohous-

ryhmän. Kattilan nuohoustarvetta arvioidaan lähinnä tuorehöyryn lämpötilojen ja lämmönsiirtimien vetohäviöiden perusteella. Tulistetun höyryn eri vaiheiden lämpötilojen ja vesitystarpeen perusteella voidaan nähdä tulistimien nuohoustarve. Lämmönsiirtimien yli vaikuttavan paine-eron mittauksilla nähdään mikä lämmönsiirrin vastustaa savukaasujen kulkemista ja vaatii täten nuohousta.  
(9.)

Kattilan käytön kannalta on tärkeää tarkkailla erityisesti

- äkillisiä paine-eron (vetohäviön) nousuja
- muutoksia höyryn tuotannossa ja lämpötilassa
- savukaasupuhaltimien kuormaa
- nuohouksen oikeaa kohdistamista sitä tarvitsevaan kattilan osaan.

#### 4 NUOHOUKSEN PIIRIKOHTAISTEN TOIMINTAKUVAUSTEN LAADINTA

Päättötyön kokeellisessa osiossa määritettiin noin 90 nuohoukseen liittyvän piirin piirikohtaiset toimintakuvaukset. Toimintakuvaukset määritettiin prosessinohjausjärjestelmän piirien sovellusohjelmoinnin toimintokaavioiden pohjalta. Tässä tapauksessa prosessinohjausjärjestelmänä oli Damatic XD ja toimintokaaviot olivat piirien ohjelmakaavioita. Tyypillisesti piirikohtaiset toimintakuvaukset määritetään jo järjestelmän suunnitteluvaiheessa ja niistä on myös suuri apu järjestelmän uusinnan yhteydessä. Suunnitteluvaiheessa laadittujen piirikohtaisten toimintakuvausten pohjalta pystytään suoraviivaisesti suunnittelemaan piirien ohjelmakaaviot, koska piirien toimintakuvauksissa on selkeästi kuvattu kunkin piirin toiminta sekä piiriin vaikuttavat lukitusketjut, käynnistyshdot ja piirien väliset tietoviestit. Piirikohtaisten toimintakuvausten pohjalta piirin toimintaan voidaan lisäksi helposti tehdä muutoksia järjestelmän päivityksen yhteydessä.

Vanhempien prosessinohjausjärjestelmien aikana piirikohtaiset toimintakuvaukset eivät olleet kovin yleisiä, vaan niiden laatiminen ja hyödyntäminen on yleistynyt vasta uudempien PC-pohjaisten operointipäätteiden käytön yleistyessä. Tekstimuotoiset toimintakuvaukset ovat helpommin kaikkien käyttäjien

ymmärrettävissä, toisin kuin lohkomuotoiset toimintokaaviot, joiden lukemista varten on täytynyt ymmärtää kunkin ohjelmointilohkon toiminta. Ohjelmakaa-  
vion laatiminen on edellyttänyt ainakin alkukantaista kuvausta piirin toiminnas-  
ta, jonka vuoksi piirikohtaiset toimintakuvaukset pyritään laatimaan nykyään jo  
prosessin määrittelyvaiheessa, jolloin niitä voidaan hyödyntää automaatiota  
suunniteltaessa.

Tavoitteena on, että automaatiojärjestelmän jokaiselle piirille on luotu oma pii-  
rikohtainen toimintakuvaus prosessinohjausjärjestelmään. Piirikohtaisessa  
toimintakuvauksessa kuvataan piirin sekä piirin ohjaaman laitteiston toimintaa  
ja tarkoitusta sanallisessa muodossa. Siitä pitää käydä helposti ilmi, mitä ky-  
seinen piiri tekee järjestelmässä, mitä prosessilaitteita se ohjaa sekä piiriin  
vaikuttavat lukitukset ja käynnistysehdot. Lisäksi toimintakuvauksesta pitää  
käydä ilmi piirin yhteys muihin piireihin ja mitä tietoja välitetään muihin piirei-  
hin. Toimintakuvauksiin määritetään myös piirin hälytykset, hälytyksen aiheut-  
tajat ja hälytysrajat niiltä osin, kuin piirillä sellaisia on.

Kotkan tehtaan päämääränä oli, että operaattori saa toimintakuvausten perus-  
teella kaiken tarvittavan tiedon häiriötilanteiden varalle sekä ymmärtää piirin  
toiminnan. Toimintakuvausten rakenne ja otsakkeet tehtiin yhtäläiseksi teh-  
taan muiden osastojen käytännön kanssa. Toimintakuvaukset kirjoitettiin web-  
editorilla HTML-muotoon ja niiden rakenne oli seuraavanlainen:

- POSITIOTUNNUS JA PIIRIN NIMI (esim. 50420101 NUOHOIN 1)
  - Piirin positionumero ja sitä selventävä nimi (oltava yhtenäinen muun dokumentoinnin kanssa)
- Toiminta ja tarkoitus
  - Ilmaistaan lyhyesti piirin periaatteellinen toiminta.
  - Kuvataan piirin toiminta ja ohjaukset viittaamalla prosessi- ja au-  
tomaatiolaitteiden positiotunnuksiin.
  - Piirin toiminta eri toimintamoodissa (M/A/R-moodit).
- Lukitukset ja käynnistysehdot
  - Piirin toimintaan vaikuttavat lukitukset ja käynnistysehdot.
- Tiedot muihin piireihin

- Luetellaan kaikki ne positiot joiden toimintaan piiri vaikuttaa sekä muille piireille välitettävät tiedot.
- Piirin hälytykset
  - Kuvataan piirin hälytyksien toiminta ja hälytysrajat.
- Muutoshistoria
  - Merkitään piirin muutoshistoria, muutoksen tekijä ja päivämäärä.

Liitteessä 1 on esitetty nuohouspiirien piiriluettelo, joka on tarkempi erittely nuohoukseen liittyvistä piireistä, joille luotiin työssä piirikohtaiset toimintakuvaukset. Yksi esimerkki soodakattilan nuohoukseen laadituista piirikohtaisista toimintakuvauksista on esitetty liitteessä 2.

#### 4.1 Nuohous prosessinohjausjärjestelmässä

Voimalaitoksella on käytössä Valmet Automation Oy:n (nykyinen Metso) Damatic XD -prosessinohjausjärjestelmä, jonka avulla operaattori ohjaa voimalaitosprosessia. Damatic XD on hajautettu automaatiojärjestelmä, jolla toteutetaan voimalaitoksen automatisointi perustason säätötoiminnoista aina tuotannonohjaukseen ja laadunvalvontaan saakka. Prosessin säätö-, laskenta- ja logiikkatoiminnot suoritetaan järjestelmän prosessiasemilla (PCS, Process Control Station), jotka on liitetty liityntäkorttien avulla kenttälaitteille.

Operointiasemat (OPS, Operator Station) toimivat yhdysväylänä automaatiojärjestelmän ja valvomon operointipäätteiden välillä. Valvomon prosessinäyttöjen avulla operaattori seuraa soodakattilaprosessia ja suorittaa tarvittavat ohjaustoimenpiteet. Nuohousta varten järjestelmään on luotu omat ohjausikkunat, joista käyttäjä voi valita halutun nuohousryhmän ja käynnistää nuohoussekvenssin.

Liitteessä 3 on esitetty Kotkan tehtaiden Damatic XD -prosessinohjausjärjestelmän nuohouksen näyttökaavio, josta operaattori valvoo ja ohjaa kattilan nuohousta. Nuohouksen näyttökaaviossa on kuvattu kaikki soodakattilan 48 nuohointa sekä niiden käynti- ja sijaintitiedot. Kaavioikkunasta voidaan

myös määrittää nuohouksen käyntitapa valitsemalla halutaanko käyttää ryhmä- vai yksittäisnuohousta sekä jatkuvaa vai kertanuohousta.

Tämän lisäksi järjestelmään on luotu valintaikkunat, joissa nuohoukselle on määriteltä 12 erilaista nuohousryhmää. Jokainen ryhmä painottaa eri osaa kattilasta, ja nuohousryhmää valitsemalla voidaan kohdistaa nuohous sitä tarvitsevaan kattilan osaan. Nuohousryhmien valintaikkunat löytyvät työn loppuosan liitteestä 4.

Nuohoukselle on lisäksi tehty automatiikkaohjelma, jossa operaattori voi määrittellä ajankohdan ja ryhmän, jolloin haluaa nuohouksen käynnistyvän kyseisessä kattilan osassa. Nuohousautomatiikkaan voidaan ennalta määrittellä kuusi nuohoustapahtumaa. Automatiikan käynnistymisehtona on, että kertanuohous on valittuna ja master-ohjaus ei ole käytössä. Nuohouksen automatiikkaikkuna löytyy myös loppuosan liiteosiosta 5.

#### 4.2 Toimintakuvausten hyödyntäminen operoinnissa

Piirikohtaisia toimintakuvauksia hyödynnetään normaalin käytön aikana niin operaattorien kuin kunnossapidon toimesta. Toimintakuvaukset toimivat operaattorin apuna prosessinohjauksessa, sillä niistä voi helposti selvittää piirin lukitusketjut ja yhteydet muihin prosessinosiin. Kun operaattori ymmärtää toimintakuvauksessa kuvatun lukitusketjun toiminnan, voidaan välttää tavoitetta laajamittaisempi prosessin keskeytys lukitusketjun toimesta.

Toimintakuvauksia hyödynnetään erityisesti poikkeuksellisissa ajotilanteissa, järjestelmän muutostöiden yhteydessä, päätöksenteon tukena, osaamisen ylläpidossa sekä opastus- ja koulutustilanteissa. Ongelmatilanteissa piirikohtaiset toimintakuvaukset auttavat operaattoria ongelman aiheuttajan selvittämisessä.



## 5 EHDOTUS MENETTELYSTÄ JATKOSSA

Nykyään laaja nuohoustarpeen määrittely on hankalaa, koska mittaukset, joiden perusteella nuohoustarvetta arvioidaan, on jaettu monelle eri näyttösivulle. Jatkossa kannattaa harkita uuden näyttökaavion tekemistä pelkästään nuohoustarpeen arviointia varten. Yhdelle näyttösivulle tulee sijoittaa kaikki nuohoustarpeen määrittelyyn vaikuttavat mittaukset ja niistä tulee luoda trendit, jotta kattilan tilasta saadaan selkeä kokonaiskuva ja pystytään kohdistamaan nuohous paremmin oikeaan kattilan osaan. Nykyään nuohousta ohjataan lähinnä tuorehöyryn lämpötilamittausten ja vetohäviöiden perusteella, eikä heikentyneen lämmönsiirtymisen vaikutuksia savukaasujen lämpötilamuutoksiin kiinnitetä suurtakaan huomiota.

Eri työvuorojen erilaiset nuohouskäytännöt vaikuttavat myös omalta osaltaan kattilan likaantumiseen ja tukkeutumiseen. Lämmönsiirtimiin kertynyt kiinteä kerros hankaloittaa lämmönsiirtimien puhdistumista nuohouksella ja tukkeutunut lämmönsiirrin voi aiheuttaa jopa kattilan tulien sammuttamisen ja pesuseisokin. Nykyisellä käytännöllä nuohottujen ryhmien tiedot eivät kirjaudu muistiin, eikä siis seuraavalla vuorolla ole tiedossa, mitä ryhmiä edellinen vuoro on nuohonnut, ellei sitä ole erikseen vuoronvaihdossa mainittu. Tämän vuoksi on hankala tietää, mitä kattilan osaa on nuohottu harvemmin. Nykyisestä trendinäytöstä voidaankin erottaa nuohouksen keston perusteella vain, että onko nuohottu ryhmä ollut ns. lyhyt vai pitkä ryhmä. Tämän vuoksi tulee pohtia mahdollisen suoritettujen nuohousryhmien "muistiinkirjurin" toteutusta, joka tallentaisi vaikka vuorokauden sisällä suoritettujen nuohousryhmien numerot ja järjestykset.

Lauhteenpoiston toimivuutta on tarkkailtava ja vialliset lauhteenpoistimet on korjattava mahdollisimman pian. Huonon lauhteenpoiston toiminnan seurauksena kattilan lämmönsiirtopinnoille voi nuohouksen alussa suihkuta nuohouslinjaan tiivistynyttä vettä. Kattilan lämmönsiirtimille päätynyt vesi aiheuttaa vaikeasti poistettavia tuhkerostumia, joita ei saa poistettua kuin vesipesun avulla seisokin yhteydessä.

Seisokkien yhteydessä, ennen vesipesujen suorittamista, kattilan miesluukkujen kautta tulee säännöllisesti selvittää, mille lämpöpinnoille kerrostumia muodostuu merkittävimmin. Havaintojen perusteella tulee tehdä ohjeistus nuohouksen suorittamiseen ja nuohouksen lisäämiseen eniten likaantuvassa kattilan osassa.

Lämmönsiirtimien likaantumisen ennaltaehkäisemiseksi tulee harkita mahdollisuutta investoida primääri-ilmakanavien automaattirassareiden hankkimiseksi. Ilmakanavien automaattirassareilla pystytään paremmin ylläpitämään tasaiset palo-olosuhteet kattilassa ja saadaan pidettyä palaminen kattilan alaosassa. Tasainen palaminen ja oikeanlainen kattilan lämpötilajakauma vähentävät kattilakorroosiota ja lämmönsiirtimien likaantumista ja sitä kautta nuohoustarvetta. Tasaisella ja oikein suoritettulla ilmajaolla vältetään lipeäpisaroiden karkaaminen kattilan yläosaan ja vähennetään näin tulistimien likaantumista.

## 6 YHTEENVETO

Soodakattilan nuohouksen piirikohtaisten toimintakuvausten luominen osoittautui haastavaksi, mutta samalla mielenkiintoiseksi opinnäytetyön aiheeksi. Suurin haaste oli oppia tulkitsemaan prosessinohjausjärjestelmän piirien toimintokaavioita, joiden pohjalta toimintakuvaukset tehtiin, sekä piirin toiminnan kääntäminen mahdollisimman selkeään sanalliseen muotoon.

Työn tuloksena sain tehtyä 90 nuohoukseen liittyvän piirin toimintakuvausta, sekä pohdittua nykyisen nuohouskäytännön toimivuutta soodakattilalla. Soodakattilan nuohoustarpeen määrittelyyn on olemassa riittävä määrä prosessimittauksia, mutta tarkempi nuohouksen optimointi vaatisi enemmän mittauspisteitä, jotta nuhousta voisi tarkemmin kohdistaa kriittiseen kattilan osaan. Laajamittakaavainen nuohouksen optimointi on kustannuksiltaan kallis ja sen kannattavuutta on hankala perustella nykyisen nuohouskäytännön toimiessa. Nykyinen nuohouskäytäntö ei ole aiheuttanut merkittävässä määrin lämmönsiirtimien tukkeutumisia ja niistä seuraavia ylimääräisiä pesuseisokkeja. Nuoh-

houstarve ei myöskään ole jatkuvaa, sillä on havaittu riittäväksi suorittaa nuohous 1 – 2 kertaa vuorossa.

Opinnäytetyön aihe oli hyvin kiinnostava ja työtä tehdessä opin paljon soodakattiloista ja niiden ohjauksesta. Piirikohtaisia toimintakuvauksia tehdessä sain hyvää käytännön harjoitusta koulussa opitulle tiedolle. Kaiken kaikkiaan olen hyvin tyytyväinen opinnäytetyön tuloksiin, vaikka nuohouksen toimivuuden ja nuohoustarpeen arviointi ilman pitkäaikaista seuranta ja suoritettuja koeajoja jäi pintapuoliseksi tutustumiseksi nykyiseen nuohouskäytäntöön.

## LÄHTEET

1. Ruohonen, T. 2012. Kotkamills Oy, Esittelyaineisto.
2. Gullichsen, J., Fogelholm, C-J. 1999. Papermaking Science and Technology: Chemical Pulping. Book 6B. Helsinki: Fapet Oy.
3. Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Opetushallitus.
4. Seppälä, M., Klemetti, U., Kortelainen, V-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H., Sironen, R. 2005. Kemiallinen metsäteollisuus 1: Paperimassan valmistus. 2-3 painos. Saarijärvi: Opetushallitus.
5. Raiko, R., Kurki-Suonio, I., Saastamoinen, J., Hupa, M. 1995. Poltto ja palaminen. International Flame Research Foundation (IFRF) Suomen kansallinen osasto. Jyväskylä: Teknillisten Tieteiden Akatemia (TTA).
6. Leiviskä, K. 1999. Papermaking Science and Technology: Process Control. Book 14. Helsinki: Fapet Oy.
7. Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5., uusittu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
8. IK-525 –nuohoimien käyttöohjeet ja varaosaluettelo. Sisäinen kansio. Kotkamills Oy Kotkan tehtaat.
9. Kurvinen, Kalle., Niinisalo, Marko. Haastattelu, 12.3.2012. Kotka: Kotkamills Oy.

# Nuohouksen piiriluettelo

## Nuohoimet

Nuohoimen suunnanvaihto	504201
Nuohoin 1	50420101
Nuohoin 2	50420102
Nuohoin 3	50420103
Nuohoin 4	50420104
Nuohoin 5	50420105
Nuohoin 6	50420106
Nuohoin 7	50420107
Nuohoin 8	50420108
Nuohoin 9	50420109
Nuohoin 10	50420110
Nuohoin 11	50420111
Nuohoin 12	50420112
Nuohoin 13	50420113
Nuohoin 14	50420114
Nuohoin 15	50420115
Nuohoin 16	50420116
Nuohoin 17	50420117
Nuohoin 18	50420118
Nuohoin 19	50420119
Nuohoin 20	50420120
Nuohoin 21	50420121
Nuohoin 22	50420122
Nuohoin 23	50420123
Nuohoin 24	50420124
Nuohoin 25	50420125
Nuohoin 26	50420126
Nuohoin 27	50420127
Nuohoin 28	50420128
Nuohoin 29	50420129
Nuohoin 30	50420130
Nuohoin 31	50420131
Nuohoin 32	50420132
Nuohoin 33	50420133
Nuohoin 34	50420134
Nuohoin 35	50420135
Nuohoin 36	50420136
Nuohoin 37	50420137
Nuohoin 38	50420138
Nuohoin 39	50420139
Nuohoin 40	50420140
Nuohoin 41	50420141
Nuohoin 42	50420142
Nuohoin 43	50420143
Nuohoin 44	50420144
Nuohoin 45	50420145
Nuohoin 46	50420146
Nuohoin 47	50420147
Nuohoin 48	50420148

## Nuohoushöyry

Nuohoushöyry lauhteenpoisto 1	TIS-0493.1
Nuohoushöyry lauhteenpoisto 2	TIS-0493.2
Nuohoushöyry paine	PIC-0494
Nuohoushöyry virtaus	FI-0495

## Sekvenssit

Sekvenssin käynnistys	HS-0400
Sekvenssin käynnistys	HS-0401
Sekvenssin käynnistys	HS-0402
Sekvenssin käynnistys	HS-0403
Nuohous ryhmä 1	HS-0404
Nuohous ryhmä 2	HS-0405
Nuohous ryhmä 3	HS-0406
Nuohous ryhmä 4	HS-0407
Vesipesu	HS-0408
Vesipesu	HS-0408.1
Vesipesu 2	HS-0408.2
Vesipesu 3	HS-0408.3
Vesitys ja nuohousvalmius	HS-0409
Sekvenssi askel eteenpäin	HS-0410
Sekvenssi ryhmien käynnistys	HS-0411
Nuohoussekvenssien operointi	HS-0411.1
Mikä nuohoin käy	HS-0411.2
Nuohousryhmät 1-12 tauko/start	HS-0412
Nuohousryhmä 1-12 käy	HS-0413
Nuohoimet 1-50 käy	HS-0414
Nuohoimet 1-50 kaikki ulkona	HS-0415
Nuohoimet 1-50 joku sisällä	HS-0416
Nuohoin 1-50 sekvenssikäynnistys	HS-0417
Nuohouksen valinnat	HS-0418
Vesipesu valinnat	HS-0419
Nuohousryhmien valinta (master)	HS-0420
Nuohous ryhmä 5	HS-0421
Nuohous ryhmä 6	HS-0422
Nuohous ryhmä 7	HS-0423
Nuohous ryhmä 8	HS-0424
Nuohous ryhmä 9	HS-0425
Nuohous ryhmä 10	HS-0426
Nuohous ryhmä 11	HS-0427
Nuohous ryhmä 12	HS-0428

# HS-0411 SEKVENSsirYHMIEN KÄYNNISTYS

## Toiminta ja tarkoitus:

Sekvenssiipiiri ohjaa nuohoinryhmien käynnistystä.  
Nuohousryhmän valintatieto piiristä [HS-0420](#).

## Lukitukset ja käynnistysehdot:

Nuohousryhmä käynnistyy, kun:

- [HS-0420](#)-U01 Nuohousryhmä valittu JA
- [HS-0413](#)-U02 Käynnistykseen esto ei päällä

## Tiedot muihin piireihin:

Ryhmäsekvenssiaskellus:

- [HS-0412](#) Nuohousryhmät 1-12 tauko/start

Ryhmän ohjaustieto:

- [HS-0404](#).1 Nuohous ryhmä 1
- [HS-0405](#).1 Nuohous ryhmä 2
- [HS-0406](#).1 Nuohous ryhmä 3
- [HS-0407](#).1 Nuohous ryhmä 4
- [HS-0421](#).1 Nuohous ryhmä 5
- [HS-0422](#).1 Nuohous ryhmä 6
- [HS-0423](#).1 Nuohous ryhmä 7
- [HS-0424](#).1 Nuohous ryhmä 8
- [HS-0425](#).1 Nuohous ryhmä 9
- [HS-0426](#).1 Nuohous ryhmä 10
- [HS-0427](#).1 Nuohous ryhmä 11
- [HS-0428](#).1 Nuohous ryhmä 12

## Piirin hälytykset:

## Muutoshistoria:

Versio: 0

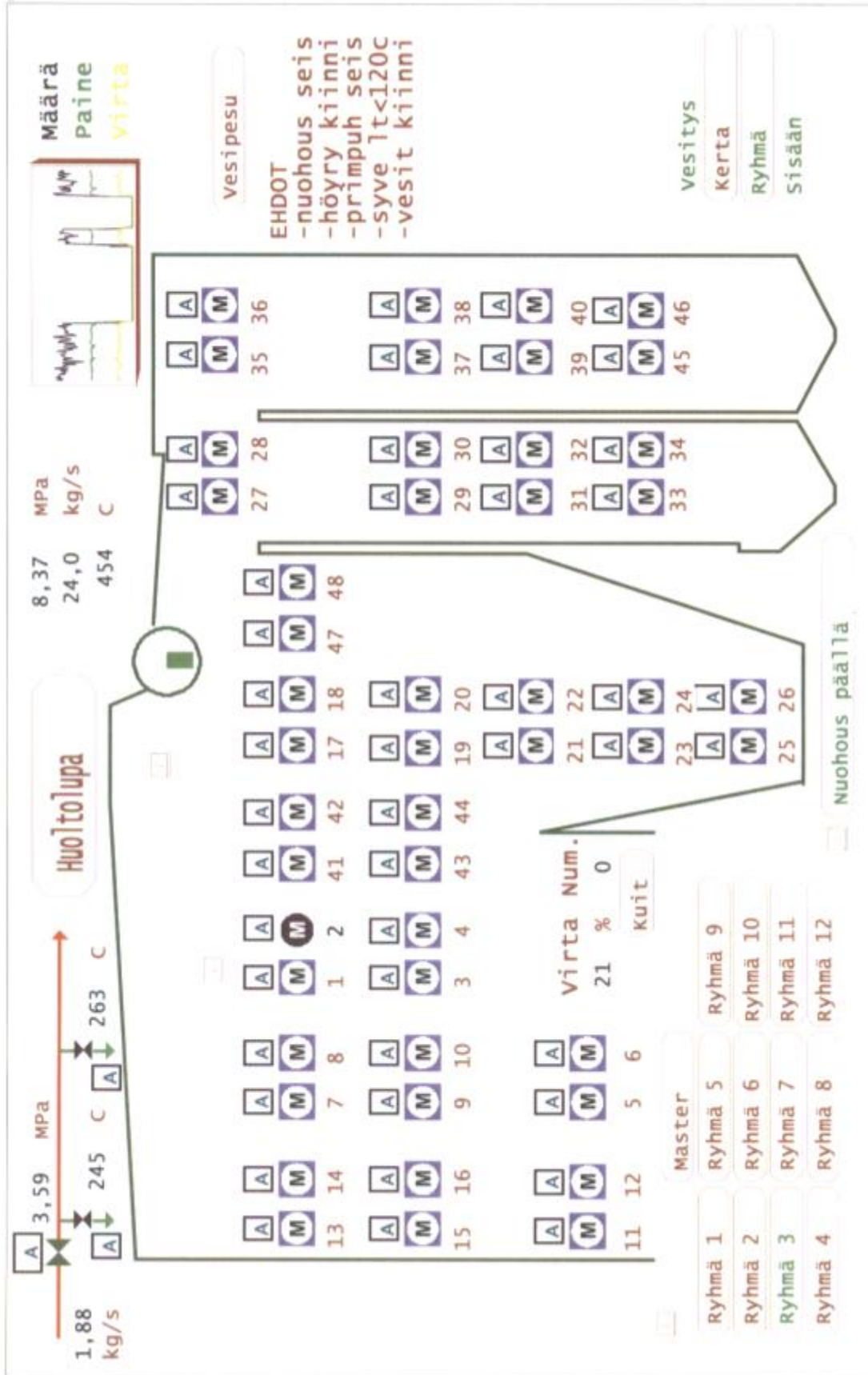
Pvm:

Tekijä:

Hyväksyjä:

Muutos:

pidB1138



13.6

Nuohous

20.09.11 09:37:59





pöytä 13.6.2

Ryhmä 3		18		Ryhmä 4		0	
Askel	Nuoh.	Askel	Nuoh.	Askel	Nuoh.	Askel	Nuoh.
1	19	21	41	1	46	21	44
2	17	22	42	2	39	22	43
3	5	23	18	3	38	23	42
4	12	24	20	4	35	24	17
5	6	25	22	5	45	25	19
6	11			6	36		
7	10			7	33		
8	15			8	32		
9	16			9	29		
10	9			10	28		
11	8			11	34		
12	13			12	27		
13	14			13	25		
14	7			14	24		
15	3			15	21		
16	4			16	20		
17	1			17	17		
18	2			18	26		
19	43			19	18		
20	44			20	41		
	Tauko				Tauko		
	0				0		
	Jälj.				Jälj.		
	0				0		

13.6.2

Nuohous valinta

20.09.11 09:38:30

gd B1:13.6.3

Ryhmä 5	0	Ryhmä 6	0	Ryhmä 7	0	Ryhmä 8	0
Aske <sup>l</sup>	Nuoh.	Aske <sup>l</sup>	Nuoh.	Aske <sup>l</sup>	Nuoh.	Aske <sup>l</sup>	Nuoh.
1	45	1	25	1	31	1	8
2	46	2	26	2	32	2	9
3	33	3	39	3	29	3	6
4	34	4	40	4	30	4	7
5	31	5	37	5	27	5	10
6	32	6	38	6	28	6	5
7	29	7	35	7	47	7	4
8	30	8	36	8	48	8	1
9	27	9	47	9	26	9	2
10	28	10	48	10	25	10	3
Tauko		Tauko		Tauko		Tauko	
Jälj.	0	Jälj.	0	Jälj.	0	Jälj.	1
	0		0		0		1

13.6.3

Nuohous valinta

20.09.11 09:38:45

13.6.4

Ryhmä 9		Ryhmä 10		Ryhmä 11		Ryhmä 12	
Askel	Nuoh.	Askel	Nuoh.	Askel	Nuoh.	Askel	Nuoh.
1	47	1	33	1	45	1	19
2	48	2	34	2	46	2	20
3	27	3	31	3	39	3	17
4	28	4	32	4	40	4	18
5	35	5	29	5	37	5	43
6	36	6	30	6	38	6	44
7	47	7	27	7	35	7	41
8	48	8	28	8	36	8	42
9	27	9	35	9	47	9	47
10	28	10	36	10	48	10	48
Tauko 0 Jälj. 0		Tauko 0 Jälj. 0		Tauko 0 Jälj. 0		Tauko 0 Jälj. 0	

13.6.4

Nuohous valinta

20.09.11 09:38:57

## Nuohous automatiikka

Nuohous automaatin ollessa päällä, niin nuohous suoritetaan valittuina kellon-aikoina valitulle ryhmälle.

Nuohous automaatin saa päälle, kun:

- kerta valittu
- master ei päällä

Nuohous automaatin toiminta:

1. Nuohous päälle
2. Ryhmä valinta päälle
3. Laittaa valitun ryhmän päälle

1.

Aika 0 : 0

Ryhmä 1

2.

Aika 5 : 0

Ryhmä 3

3.

Aika 8 : 30

Ryhmä 4

4.

Aika 12 : 0

Ryhmä 1

5.

Aika 16 : 30

Ryhmä 3

6.

Aika 20 : 0

Ryhmä 4