



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KELJONLAHDEN VOIMALAITOKSEN KATTILAN SÄILÖNNÄN KEHITTÄMINEN

TEKIJÄ/T: Tuomas Sironen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Tuomas Sironen	
Työn nimi Keljonlahden voimalaitoksen kattilan säilönnän kehittäminen	
Päiväys 2.4.2019	Sivumäärä/Liitteet 24/6
Ohjaaja(t) Markku Huhtinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Jyväskylän Energia Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Jyväskylän Energia Oy:n Keljonlahden voimalaitoksen kattilan säilöntää tulevia seisakkeja ajatellen. Säilönnän avulla kattilan korroosioauriot on tarkoitus ehkäistä minimiin, pidentää kattilan elinkaarta ja vähentää kunnossapitokustannuksia.</p> <p>Tämä opinnäytetyö käsitteli voimalaitosten erilaisia kattilatyyppisiä ja niiden komponentteja. Työssä selvitettiin yleisimmät korroosiotyypit, jotka esiintyvät laitosten seisakkien aikana sekä niiden ehkäisemiseksi käytettävät säilöntämenetelmät.</p> <p>Ennen säilönnän kehittämistä Keljonlahden voimalaitoksen kattilan kuivasäilönässä käytettiin turbiinipuolen Munters-kuivailmapuhallinta, jonka tuotto riitti vaihtamaan ilmaa kattilapuolella tarvittavan määrän. Koska Munters-kuivailmapuhaltimen piiriin haluttiin nyt lisätä uutena prosessiosana myös by-pass ekonomiser, päädyttiin hankkimaan kokonaan uusi Munters-kuivailmapuhallin kattilapuolelle. Säilönnän aikana tehdyissä kattilan kosteus- ja lämpötilamittaustuloksissa oli havaittu eroja, jotka johtuivat erilailla tehdyistä mittauksista.</p> <p>Keljonlahden voimalaitoksen kattilan säilönnän kehittäminen sisälsi siis uuden Munters-kuivailmapuhaltimen mitoituksen, jonka avulla säilöntä toteutettiin kattilapuolella sekä uutena prosessiosana myös by-pass ekonomiserissa. Työhön kuului voimalaitoksen käyttöryhmälle tehty uusi ohjeistus kattilan kosteus- ja lämpötilamittauksista säilönnän aikana sekä päivitetty ohjeistus laitoksen säilönnästä.</p>	
Avainsanat voimalaitos, kattila, säilöntä, korroosio	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Tuomas Sironen			
Title of Thesis Developing Boiler Preservation at Keljonlahti Power Plant			
Date	2.4.2019	Pages/Appendices	24/6
Supervisor(s) Markku Huhtinen			
Client Organisation /Partners Jyväskylän Energia Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to improve Boiler Preservation at Keljonlahti considering future downtime. With the help of preservation the boiler's corrosion damage is to be minimized, the boiler lifetime should be extended and maintenance costs reduced.</p> <p>This thesis discusses different types of boilers and their components. Thesis involved the most common types of corrosion occurring during plant shutdowns and preservation methods used to prevent them.</p> <p>Before the development of preservation Munters dry air blower was used at Keljonlahti Power Plant which had been sufficient. Now Keljonlahti Power Plant wanted to add as a new process part of Munters dry air blower also the by-pass ekonomiser. It was decided to acquire a completely new Munters dry air blower to the boiler. When developing preservation differences in of the boiler's humidity and temperature measurement results were discovered. The differences were caused by diffenrent measurement methods.</p> <p>Improvement of the boiler's preservation involved dimensioning a new Munters dry air blower. The work included instructions for measuring the boiler's humidity and temperature during preservation and updated instructions for boiler's preservation for use by Keljonlahti Power Plant's operating group.</p>			
<p>Keywords Power Plant, boiler, preservation, corrosion</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY	6
2.1	Jyväskylän Voima Oy ja Keljonlahden voimalaitos	6
3	KATTILATYYPIT	8
3.1	Suurvesikattilat (tulitorvikattilat)	8
3.2	Luonnonkiertokattilat	9
3.3	Pakkokiertokattilat	10
3.4	Läpivirtauskattilat.....	11
4	KATTILALAITOKSEN KOMPONENTIT	12
4.1	Syöttövesisäiliö	12
4.2	Syöttövesipumppu	12
4.3	Syöttöveden esilämmittimet.....	12
4.4	Lieriö.....	13
4.5	Höyrystin.....	13
4.6	Tulistimet	13
5	KORROOSIO KATTILAITOKSILLA.....	14
5.1	Sähkökemiallinen korroosio	14
5.1.1	Pistekorroosio/happikorroosio	15
5.1.2	Emäskorroosio	16
5.1.3	Jännityskorroosio	16
6	KATTILALAITOKSEN SÄILÖNTÄMENETELMÄT	17
6.1	Kuivasäilöntä	17
6.2	Märkäsäilöntä	18
6.3	Säilöntä inerttikaasulla	19
7	KELJONLAHDEN VOIMALAITOKSEN SÄILÖNTÄ JA SEN KEHITTÄMINEN	20
8	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	24
	LIITE 1: OHJEISTUS KOSTEUS- JA LÄMPÖTILAMITTAUKSISTA SÄILÖNNÄN AIKANA	25
	LIITE 2: OHJEISTUS KATTILAN SÄILÖNNÄSTÄ.....	27

1 JOHDANTO

Voimalaitoksien käytön aikana vesihöyrykierron eri osat joutuvat suurten mekaanisten ja kemiallisten rasitusten alaisiksi. Nämä rasitukset ovat selvästi pienemmät voimalaitosten seisakkien aikana, mutta silti vakavimmat korroosioauriot tapahtuvat juuri pitkissä seisokeissa. Vesihöyrykierron materiaalit on valittu kestävämmään nimeenomaan käytönaikaisia olosuhteita ja harvoin voimalaitoksia on suunniteltu pitkiä seisokkeja varten. Jos laitosten säilöntä on puutteellista tai virheellistä, joutuvat vesi-höyrykierron materiaalit seisokin aikana samanaikaisesti kosketuksiin veden, hapen ja hiilidioksidin sekä mahdollisesti myös muiden syövyttävien yhdisteiden kanssa. Laitosten kattilat altistuvat seisakkikorroosiolle ja saattavat aiheuttaa lyhyessäkin ajassa pahoja korroosioaurioita. (Sonninen 2009, 1.)

Seisakkikorroosion haittojen vähentämiseksi voimalaitoksilla joudutaan turvautumaan erilaisiin säilöntätoimenpiteisiin kuten märkäsäilöntään, kuivailmasäilöntään, typpisäilöntään tai eri säilöntämenetelmien yhdistelmiin. Eri voimalaitoksilla on käytössä erilaiset säilöntäsovellutukset ja jokainen säilöntämenetelmä valitaan aina tapauskohtaisesti. (Sonninen 2009, 1.)

Kesäaikana sähkön hinta sekä kaukolämpöteho ovat yleisesti matalia. Tämän seurauksena myös Keljonlahden voimalaitos seisoo pitkiä aikoja ja sen vuoksi Jyväskylän Energia halusi ryhtyä kehittämään kattilan säilöntää entisestään. Opinnäytetyön tarkoituksena oli siis kehittää Keljonlahden voimalaitoksen jo olemassa olevaa kuivasäilöntää tulevia seisakkeja ajatellen.

2 JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY

Jyväskylän Energia Oy on JE-konsernin emoyhtiö. Yhtiön tavoitteena on olla palveleva, energia-alan osaaja sekä haluttu työnantaja. Jyväskylän Energia Oy haluaa kehittää alan osaamista, edistää seudullista yhteistyötä, maakunnan työllisyyttä sekä kilpailukykyä. Vuonna 1902 perustettu Jyväskylän kaupungin omistama sähkölaitos tuotti aluksi jyväskyläläisille sähköä pelkällä höyryvoimalla. Kaukolämmön tuotanto alkoi vuonna 1960 ja yhtiön toiminta muuttui 1980 Energialaitos-nimen myötä liikelaitokseksi. Vuonna 1997 Energialaitoksesta tehtiin osakeyhtiö, Jyväskylän Energia Oy. Yhtiö osti omistajaltaan vesiliiketoiminnan 2006. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

Tänä päivänä Jyväskylän Energia Oy tytäryhtiöineen tuottaa, myy ja jakelee sähköä, lämpöä sekä vettä omistamissaan verkoissa. Sähköä myydään koko Suomen alueelle. Toteuttaakseen tavoitteitaan JE-yhtiöt kehittävät palvelujaan sekä niihin liittyviä ratkaisuja asiakastarpeet ja ekologia huomioiden. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

2.1 Jyväskylän Voima Oy ja Keljonlahden voimalaitos

Jyväskylän Voima Oy on perustettu vuonna 2006 Keljonlahden uuden biovoimalaitoksen toimintaa varten. Voimalaitoksen rakentamistyöt alkoivat lokakuussa 2007 ja se vihittiin käyttöön kesällä 2010. Jyväskylän Energia Oy omistaa yhtiöstä 81,4 %. Loput osakkeet jakautuvat Jyväskylän Energia Oy:n kumppaneiden kanssa. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)



KUVA 1. Keljonlahden voimalaitos (Jyväskylän Energia 2019).

Jyväskylän Voima Oy:n omistama Keljonlahden voimalaitos on suurempi kahdesta Jyväskylän voimalaitoksesta ja se sijaitsee Jyväskylän kaupungin eteläosassa Päijänteen rannalla. Se tuottaa kaukolämpöä Jyväskylän kaupungin kaukolämpöverkkoon ja sähköä Jyväskylän Energian sähköverkkoon. Voimalaitoksen kaukolämpöteho on 260 MW ja sähköteho 215 MW. Polttoaineena

se käyttää puuta (60%) ja turvetta (40%). Varapolttoaineena toimii kivihiili. Käynnistyspolttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä (POR180). (Vilja 2007, 1.)

Voimalaitoksen kattila on Foster Wheeler Energian toimittama lieriökattila, joka toimii luonnonkiertoperiaatteella sekä kiinteällä paineella. Kattila on polttotekniikaltaan kiertopetikattila, joka on varustettu välitulistuksella. Vuonna 2013 laitokseen investoitiin uudet polttoainekuljettiimet ja polttoainesilo, jotta varapolttoaineeksi saatiin kivihiili. Keljonlahden turbiini on tyypiltään kolmipesäinen väliotto-lauhdeturbiini ja sen on laitokselle toimittanut venäläinen Power Machines. (Jyväskylän Energia Oy n.d.) Keljonlahden voimalaitos täyttää tiukat ympäristökriteerit pitkälle tulevaisuuteen. Savukaasujen puhdistuksessa käytetään mm. sähkösuodinta ja savukaasujen sisältämää lämpöä otetaan talteen ennen piippua olevalla lämmöntalteenottoyksiköllä. Talteenotettua lämpöä käytetään palamisilman esilämmitykseen. (Jyväskylän Energia 2019.)

Kattila	
Toimittaja	Foster Wheeler Energia
Polttoteho	495 MW
Tuorehöyryn paine	163 bar
Tuorehöyryn lämpötila	563 C
Tuorehöyryn virtaus	164 kg/s
Välitulistuksen höyryn paine	42,5 bar
Välitulistuksen höyryn lämpötila	563 C
Välitulistuksen höyryn virtaus	143 kg/s

KAAVIO 1. Keljonlahden voimalaitoksen kattilan tekniset tiedot (Jyväskylän Energia Oy n.d).

Turbiini	
Toimittaja	Power Machines
Sähköä lauhde/vastapaine	215/130 MW
Kaukolämpöteho	260 MW

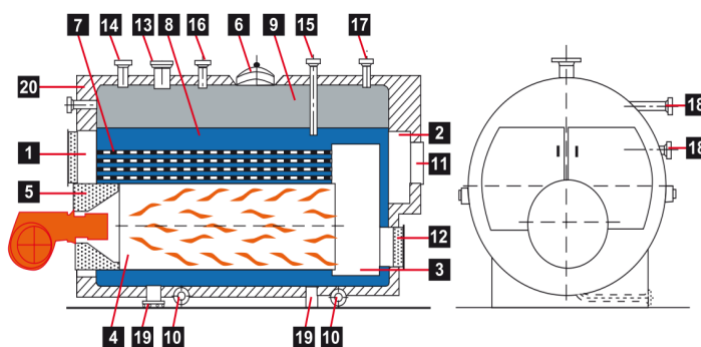
KAAVIO 2. Keljonlahden voimalaitoksen turbiinin tekniset tiedot (Jyväskylän Energia Oy n.d).

3 KATTILATYYPIT

3.1 Suurvesikattilat (tulitorvikattilat)

Teollisuudessa suurvesikattiloita käytetään matalapaineisen höyryn tuottamiseen. Suurvesikattiloiden polttoaineena käytetään yleensä öljyä tai kaasua, joka palaa tulitorvessa. Tulitorvesta savukaasut johdetaan kääntökammion kautta tuliputkiin. Kolmivetoisen kattilan etuosaan on myös sijoitettu kääntökammio, jossa savukaasujen virtaussuunta vaihdetaan ja ne virtaavat tuliputkia pitkin vesitilan lävitse kattilan peräpäähän ja sieltä savupiippuun. Tulitorven ja tuliputkien ulkopuolinen pinta on veden peitossa ja sieltä läpi tuleva lämpö höyrystää vettä. Höyry virtaa kattilan vesitilan yläpuoliseen höyrytilaan ja sieltä tuotantoon. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen ja Pakkanen 2000, 111-112.)

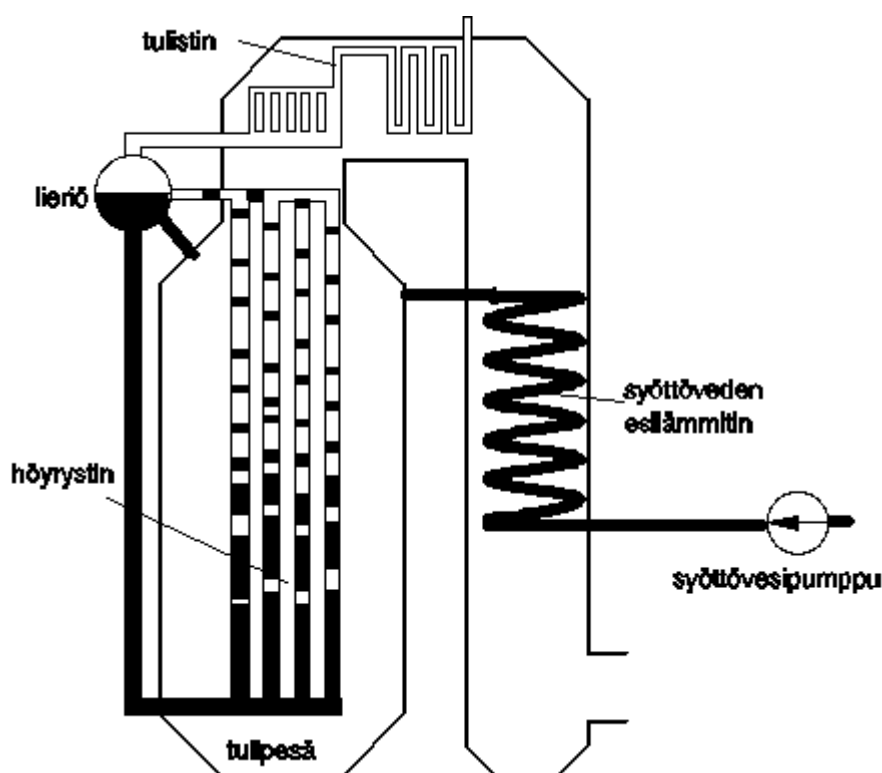
1. Kääntökammio
2. Savukaasunkokoojakammio
3. Lieskauuni
4. Tulitorvi
5. Poltinlevy
6. Miesluukku
7. Tuliputket
8. Vesitila
9. Höyrytila
10. Tyhjennys ja ulospuhallus
11. Savukaasukanavan yhde
12. Räjähdyслуukku
13. Päähöyry yhde
14. Tasonsäätimen yhde
15. Syöttövesi yhde
16. Apuhöyry yhde
17. Varoventtiili yhde
18. Vesilasi
19. Liikuntarullasto ja jalat
20. Eristykset (Vapor Finland n.d.)



KUVA 2. Suurvesikattilan rakenne (Vapor Finland n.d).

3.2 Luonnonkiertokattilat

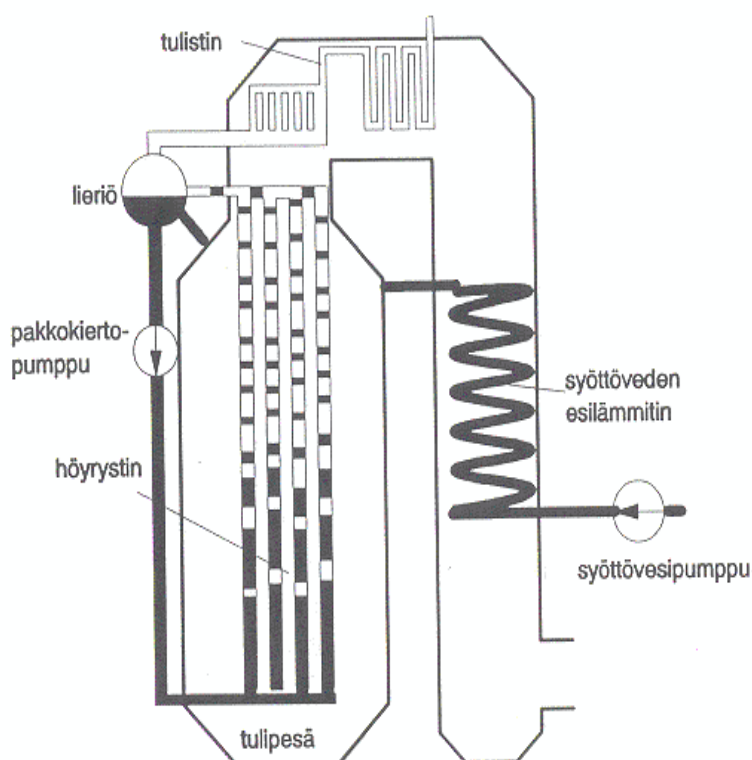
Luonnonkiertokattiloiden toiminta perustuu veden ja höyryn tiheyseroon, joten niiden käyttöpaineet eivät saa ylittää yli 170 bar, jotta luonnonkierto toimii. Syöttövesi pumpataan syöttövesipumpulla syöttöveden esilämmittimeen, jossa sen lämpötila nousee lähelle kylläistä lämpötilaa ennen sen virtaamista lieriöön. Lieriöstä kylläinen kattilavesi laskeutuu painovoiman avulla lasku- ja jakoputkia pitkin höyrystimen alaosaan. Höyrystinputkissa osittain höyrystynyt kattilavesi nousee takaisin lieriöön, jossa vesi ja höyry erotetaan toisistaan sykloneiden ja pisaranerotimien avulla. Kylläinen höyry nousee lieriön yläosaan, josta se virtaa tulistimille tulistettavaksi. Jäljelle jäänyt kattilavesi sekoittuu uuteen syöttöveeteen ja johtuu lasku- ja jakoputkia pitkin höyrystinputkiin. Lieriöstä saadaan poistettua jatkuvan ulospuhalluksen kautta veteen liuenneet haitalliset suolat. (Huhtinen ym. 2000, 113-114.)



KUVA 3. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2000).

3.3 Pakkokiertokattilat

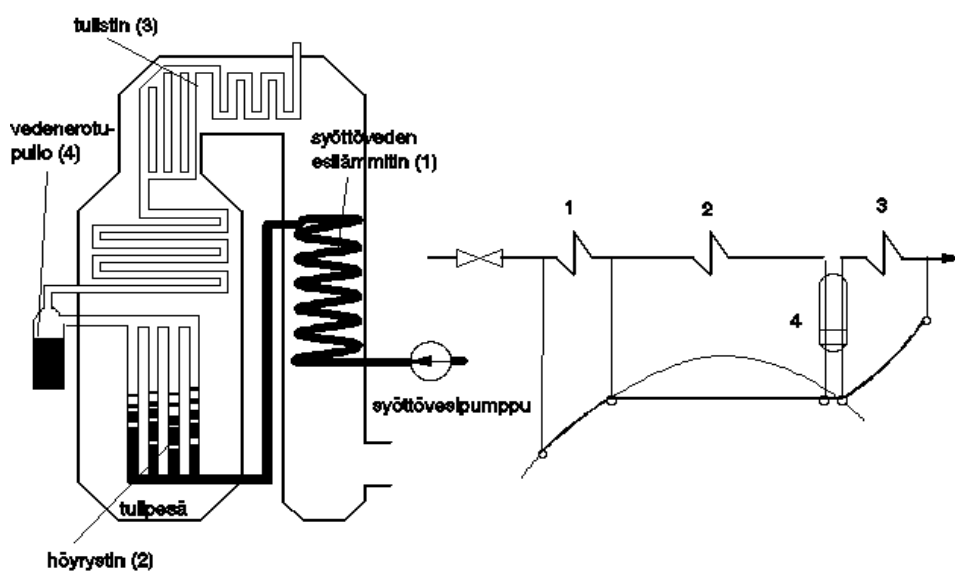
Pakkokierto-kattiloiden toimintaperiaate on lähestulkoon sama kuin luonnonkierto-kattiloissa. Syöttövesi pumpataan syöttövesipumpulla veden esilämmityksen kautta lieriöön. Lieriöstä kylläinen kattilavesi pumpataan pakkokierto-pumpulla höyrystimeen, josta kattilavesi virtaa pumpun aikaansaaman paineen avulla lieriöön. Pakkokierto-kattiloiden höyrystinosa voidaan rakentaa toimintaperiaatteen vuoksi lähestulkoon mihin asentoon tahansa ja kattiloidenputkistot voidaan mitoittaa suurempiin painehäviöihin kuin luonnonkierto-kattiloidenputkistot. Kiertoluvut pakkokierto-kattiloissa ovat 3-8 eli huomattavasti pienempi kuin luonnonkierto-kattiloissa, jossa kiertoluvut ovat 5-100. (Huhtinen ym. 2000, 118.)



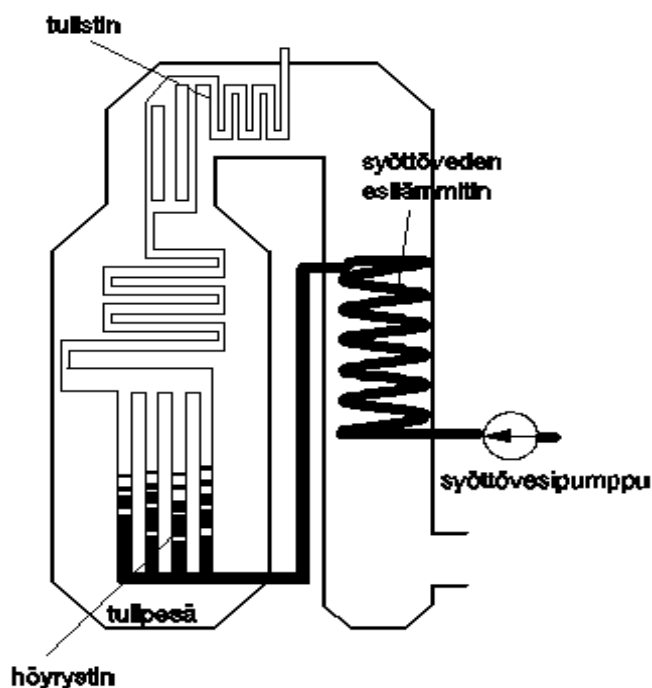
KUVA 4. Pakkokierto-kattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2000).

3.4 Lämpivirtauskattilat

Lämpivirtauskattilat eroavat luonnonkiertokattiloista siten, että niistä puuttuu lieriö, jossa höyrystimessä tuotettu höyry ja vesi erottuisivat toisistaan. Täten lämpivirtauskattiloiden kierto luku on 1. Lämpivirtauskattilat soveltuvat ylikriittisiin paineisiin, koska vettä ja höyryä ei eroteta toisistaan. Lämpivirtauskattila voidaan ajatella vesi-höyrykierron kannalta pitkänä putkenä, jonka toisesta päästä pumpattu syöttövesi virtaa sisään ja minkä toisesta päästä se poistuu tulistettuna höyrynä. Lämpivirtauskattiloissa voidaan käyttää vedenerotuspulloa, jota käytetään kiinteän höyrystymispisteen lämpivirtauskattiloissa (Sulzer). Muuttuvan höyrystymispisteen lämpivirtauskattiloissa vedenerotuspulloa ei käytetä (Benson). Lisäksi lämpivirtauskattiloissa voidaan käyttää myös pakkokierto pumpua pienentämään painehäviötä höyrystimessä maksimiteholla. Lämpivirtauskattilat on nimetty niiden kehittäjien mukaan. (Huhtinen ym. 2000, 120-125.)



KUVA 5. Lämpivirtauskattila Sulzer vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2000).



KUVA 6. Lämpivirtauskattila Benson vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2000).

4 KATTILALAITOKSEN KOMPONENTIT

4.1 Syöttövesisäiliö

Syöttövesisäiliön (sekoitusilämmitin) tehtävänä on varastoida kattilaan syötettävä vesi sekä toimia osana voimalaitoksen vedenkäsittelyä. Syöttövetenä käytetään lisävettä sekä prosessista saatavia lauhteita. Vesi lämmitetään syöttövesisäiliössä kylläiseksi vedeksi apuhöyryn avulla, joka saadaan voimalaitoksen apukattilalta tai turbiinin väliotosta. Veden lämmittämällä kylläiseksi saadaan veteen liuenneiden korroosiota aiheuttavien kaasujen määrä pienemmäksi. Kaasut poistuvat säiliön päälle sijoitetun kaasupoistokuvun kautta. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä ja Urpilainen 2013, 23.)

4.2 Syöttövesipumppu

Syöttövesipumpun tehtävänä on pumpata vettä kattilaan. Rakenteellisesti syöttövesipumpuilta vaaditaan voimalaitospumpuista eniten, koska niiden on pystyttävä kehitettään suuria paineita ja kestävä korkeita lämpötiloja. Pumput ovat rakenteeltaan monivaiheisia sarjapumppuja. Pumppujen voimanlähteenä voidaan käyttää höyryturbiiniakin, mutta nykyään käyttövoiman lähteenä käytetään sähkömoottoreita. (Huhtinen ym. 2000, 225.)

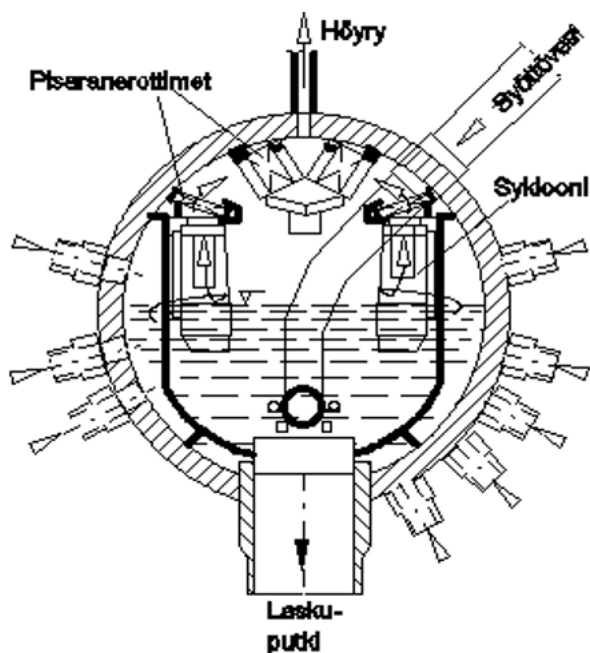
4.3 Syöttöveden esilämmittimet

Syöttöveden esilämmittimiä kahdenlaisia höyryesilämmittimiä sekä savukaasuesilämmittimiä ja ne voidaan toimintatapansa mukaan jakaa höyrystäviin ja höyrystämättömiin esilämmittimiin. Höyrystämättömien esilämmittimien veden loppulämpötilan tulee olla kylläisen lämpötilan alapuolella noin 20 °C. Täten varmistetaan, ettei kiehumisvaaraa synny kuormitusvaiheiden muutoksissa. Höyrystävä syöttövedenesilämmitin Ekonomaiser (EKO) sijoitetaan savukaasukanavassa palamisilmanesilämmittimen (Luvo) ja tulistinten väliin, jolloin savukaasujen lämpötila saadaan jäähtymään lähelle syöttöveden tulolämpötilaa. Syöttövesi lämpenee ekonomaiserissa savukaasujen lämmön avulla lähelle kylläistä pistettä. (Huhtinen ym. 2000, 194-195.)

Voimalaitoksen rakennusastetta voidaan nostaa lämmittämällä turbiinin väliottohöyryillä syöttövettä korkeapaine-esilämmittimillä ja päälauhdetta matalapaine-esilämmittimillä. KP-esilämmittimet sijoitetaan syöttövesilinjassa syöttövesipumpun ja syöttöveden sulku- ja säätöventtiin väliin. Mp-esilämmittimet sijoitetaan päälauhdelinjaan päälauhdepumppujen ja syöttövesisäiliön väliin. (Huhtinen ym. 2013, 48-49.)

4.4 Lieriö

Luonnon- ja pakkokierotkattiloiden lieriön tehtävänä on toimia kattilan höyrystinputkissa syntyvän höyrystyneen kylläisen höyryn erottajana kylläisestä vedestä. Lieriön höyryn ja veden erotus tapahtuu sykloneissa keskipakovoiman avulla. Sykloneista höyry virtaa vielä pisaranerottimien lävitse. Lieriön erotusaste on oltava mahdollisimman hyvä, koska veteen liuenneet haitalliset suolat ja epäpuhtaudet aiheuttavat kerrostumia päästessään tulistimiin ja turbiiniin. Lieriöstä epäpuhtaudet poistetaan jatkuvan ulospuhalluksen kautta. (Huhtinen ym. 2000, 117.)



KUVA 7. Lieriön rakenne poikkileikkaus kuvana (Huhtinen ym. 2000, 118).

4.5 Höyrystin

Höyrystin on kattilan osa, jossa kattilaan tuotu vesi höyrystyy. Veden muuntamiseen höyryksi tarvitaan paljon energiaa, jonka vuoksi höyrystin sijoitetaan tulipesän ympärille. Tulipesässä lämpötilat ovat 800-1300 °C. Korkeista lämpötiloista huolimatta höyrystinputket eivät pääse ylikuumenemaan veden hyvän jäähdytyksen vuoksi. Lämpö siirtyy höyrystimeen säteilemällä. Höyrystinputket voidaan rakentaa pysty-, vaaka-, ruuvi- tai putkipatterimallisiksi. (Huhtinen ym. 2000, 187-188.)

4.6 Tulistimet

Tulistimissa höyrystimestä tulevan höyryn lämpötilaa ja lämpösisältöä kohotetaan, jotta turbiinista saadaan samasta höyrymäärästä suurempi teho. Tulistimet voidaan rakentaa pysty- tai vaakaasentoon. Välitulistuksessa turbiinilta palaava matalapaineisempi höyry johdetaan takaisin kattilaan, jossa sen lämpötilaa nostetaan takaisin tuorehöyryn lämpötiloihin ennen höyryn johtamista välipaineturbiiniin. (Huhtinen ym. 2000, 188-191.)

Tulistintyyppit voidaan jakaa niiden sijoitustavan mukaan. Säteilytulistimeen lämpöenergia siirtyy säteilemällä ja se on yleensä sijoitettuna tulipesän yläosan seinään. Verhotulistin sijoitetaan tulipesän poistoaukkoon savusolan alkupäähän suojaamaan sen takana olevia konvektiotulistimia. Verhotulistimessa lämpöenergia siirtyy säteilytulistimen tavoin säteilemällä. Konvektiotulistimeen lämpöenergia siirtyy konvektion avulla ja se sijoitetaan kattilaan sitten, ettei säteilylämmönsiirtoa pääse kohdistumaan. Yhdistelmätulistin sijoitetaan roikkumaan tulipesän yläpuolelle, jolloin osa tulistimesta toimii säteilytulistimena ja osa konvektiotulistimena. (Huhtinen ym. 2000, 188-191.)

5 KORROOSIO KATTILAITOKSILLA

Höyryvoimalaitoksien suurimmat korroosiovauriot tapahtuvat yleensä kattilan seisakkien aikana ja ovat seurausta puutteellisesta säilönnästä. Jotta vakavimmat vauriot saadaan estettyä, tulee vesihöyrykierron komponentit säilöä erilaisilla säilöntämenetelmillä. Säilöntä toteutetaan kemiallisten ja fysikaalisten toimenpiteiden avulla. (Sonninen 2016, 2.)

Korroosiossa metallin fysikaalis-kemiallinen reaktio sen ympäristön kanssa aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin. Muutosprosessissa metallit pyrkivät käytön aikana energiaminimiinsä ja muuttuvat sitten ennemmin tai myöhemmin takaisin alkuperäiseen luonnontilaansa eli malmeiksi. Korroosioon ja korroosion estotutkimukseen kiinnitetään tänä päivänä entistä enemmän huomiota luonnonvarojen ehtymisen vuoksi. (Yläsaari 2006, 17-18.)

Vesihöyrypiirissä yleisimmin esiintyviä teräksen korroosiotyyppejä ovat emäskorroosio, happamuuden aiheuttama korroosio, vetyhauraus, pistekorroosio ja jännityskorroosio. Useimmat näistä korroosiotyypeistä ovat luonteeltaan sähkökemiallisia. Sähkökemiallinen korroosio on metallin liukenemista olosuhteissa, joissa metalli on samanaikaisesti kosketuksissa sähköä johtavan veden ja hapen kanssa. Emäskorroosio ja vetyhauraus esiintyvät veden kanssa kosketuksiin joutuvilla metallipinnoilla. Pistekorroosio esiintyy sekä veden että höyryn kanssa kosketuksiin joutuvilla pinnoilla. Jännityskorroosion aiheuttamia säröjä tavataan etupäässä höyryn kanssa kosketuksiin joutuvilla pinnoilla. (Sonninen 2008, 74.)

5.1 Sähkökemiallinen korroosio

Veden kanssa kosketuksissa olevalle metallipinnalle muodustaa paikallisia korroosiopareja. Kunkin korroosioparin epäjalompi eli reaktiivisempi metalli tai samankin metallin epäjalompi osa toimii anodina eli positiivisesti varattuna elektrodina joka syöpyy. Vastaavasti jalompi metalli tai samankin metallin jalompi osa toimii katodina eli negatiivisesti varattuna elektrodina joka pysyy suojattuna. Epäjalomman ja jalomman kohdan välinen jännite-ero toimii korroosiota ajavana voimana. Korroosiopareja muodostuu esimerkiksi silloin, kun metallin pinnalla oleva suojakalvo on rikkoutunut. Tällöin metallin suojakalvon alta paljastuva metallipinta toimii anodina ja sen ympärillä oleva ehyt suojakalvo katodina. Korroosioparin muodostumiseen vaikuttaa myös metallin rakenteen

epähomogeenisyys sekä se, jos metallin pinnalle on muodustunut kerrostumia, joiden alla veden happipitoisuus on erilainen kuin sitä ympäröivässä vedessä. (Sonninen 2016, 4-5.)

Metallin sähkökemiallisen korroosion ehtona on, että kaikki alla mainitut ehdot täyttyvät samanaikaisesti:

- Metallin tai samankin metallin eri osien välillä vallitsee riittävän suuri jännite-ero.
- Metallin osat ovat sähköä johtavassa vesiliuoksessa.
- Metallit ovat sähköisessä kosketuksessa toisiinsa joko suoraan tai johtimen välityksellä.
- Metallin ympäristössä on saatavilla happea. (Sonninen 2016, 6.)

Mikäli yksikin yllä mainituista tekijöistä voidaan eliminoida, korroosio pysähtyy. Höyrykattilan säilönnässä eliminoidaan joko veden tai hapen vaikutus. (Sonninen 2016, 6.)

Seisakin aikana happi tunkeutuu helposti voimalaitoksen vesihöyrykiertoon ja sen vuoksi seisovissa voimalaitoksissa on aina happikorroosion vaara. Riippuen vallitsevista kemiallisista olosuhteista, tarkoittaen lämpötilaa, veden pH:ta ja veden suolapitoisuutta, on hapen vaikutus kuitenkin kaksitahoinen. Happi voi sekä kiihdyttää että hidastaa korroosiota. Alle 60 °C asteen lämpötilassa happi kiihdyttää teräksen korroosiota. Puhtaassa happipitoisessa vedessä teräs syöpyy ja korroosionopeus suurenee nopeasti happipitoisuuden kasvaessa. Kun puhdas vesi alkaloidaan eli veden pH-arvoa nostetaan, teräksen korroosionopeus laskee nopeasti. Lämpötilassa 60 - 250 °C puhtaassa ja hapettomassa vedessä korroosio pysähtyy jo neutraalissa vedessä. Teräs reagoi veden kanssa muodostaen suojaavaa ferrohdyksidia, joka muuttuu magnetiitiksi. (Sonninen 2008, 78-79.)

Magnetiittikalvo ehkäisee korroosion etenemisen käytännöllisesti katsoen kokonaan ja sitä pidetäänkin parhaana korroosiosuojana. Yli 250 °C:ssa happi ei enää aiheuta korroosiota, koska puhtaassa vedessä oleva happi edistää magnetiittikalvon muodostumista. Magnetiitti on keraamista ainetta ja sen muodonmuutoskyky on paljon heikompi kuin teräksen. Kattilan alasajotilanteessa niiden muodonmuutokset eli jäähtymisestä johtuva materiaalien kutistuminen tapahtuvat eri nopeuksilla ja silloin magnetiittikalvo vaurioituu paikoittain. Alasajovaiheessa lämpötila on sen verran alhainen, että uutta magnetiittikalvoa ei enää muodostu vaurioituneeseen kohtaan. (Sonninen 2008, 78-79.)

5.1.1 Pistekorroosio/happikorroosio

Rikkoutuneen magnetiittikalvon alta paljastuvat kohdat ovat erittäin alttiita korroosiolle. Säilöntätilanteissa sähkökemiallinen korroosio tapahtuu juuri niissä paikoissa, joissa vesi ja paljas teräs joutuvat keskenään kosketuksiin. Säilöntäkorroosiota pääsee tapahtumaan, kun voimalaitoksen kattilan alasajossa sen putkien sisällä olevaan magnetiittikalvoon muodostuu säröjä. Teräksellä ja magnetiitilla on erilaiset lämpölaajeniskertoimet. Happipitoinen vesi diffundoituu säröjä pitkin säröjen pohjalla olevalle puhtaalle metallipinnalle. Tällöin pinnalle muodostuu korroosiopareja, jossa

säröä ympäröivä ehyt magnetiittikalvo toimii katodina ja pohjalla oleva metallipinta anodina. Metallipinta on kosketuksissa hapen ja sähköä johtavan vesiliuoksen kanssa samanaikaisesti. Metallin pinnalle ilmestyy pistemäisiä syöpymiä. (Sonninen 2016, 7.)

Pistekorrosiota voi esiintyä kattilassa, ekonomaiserissa, tulistimissa, esilämmittimissä ja kaikissa veden kanssa kosketuksiin joutuviissa putkissa. Kattilat ovat alttiita tällaiselle korroosiolle etenkin seisokin aikana (Sonninen 2016, 7.) Esimerkiksi ohutseinämaisissä putkistoissa ja säiliöissä pistekorrosio voi edetä seinämän läpi syövyttäen sen pinnalle paikallisia kuoppamaisia syvänteitä, jotka voivat aiheuttaa vuotoja. (Siitonen 2006, 103).

5.1.2 Emäskorroosio

Emäskorroosiota esiintyy yleisesti kattilaputkien sisäpinnalla. Emäskorroosiosta johtuvia putkirikkoja tapahtuu silloin kun putken sisäpinnalle muodostuneet kattilan syöttöveden epäpuhtauksista johtuvat kerrostumat ja veden sisältämä natriumhydroksidi ovat vaikutuksissa. Kattilaputken pinnan pH-arvo nousee korkeaksi ja putkea suojaava magnetiittikalvo liukenee pois. Korrosio pääsee näin etenemään putken pinnalla ilman esteitä. Eniten kerrostumia muodostuu putkien mutkiin, vaakasuoriin osiin, hitsaussaumojen lähelle tai kaikkien kuumimmille putkipinnoille. Hyvä vesikemian ylläpito on ainoa keino, jolla estää emäskorroosion muodustuminen. Syöttöveden laatua voidaan parantaa sekä puhdistaa kemiallisesti putken sisäpinnoille muodustuneet kerrostumat. (Sonninen 2016, 76.)

5.1.3 Jännityskorroosio

Jännityskorroosiossa metallin pintaan muodostuu säröjä korrosioympäristön sekä pinnan vetojännityksen vaikutuksesta. Erilaisilla metalleilla ja korrosioympäristöillä on omat yhdistelmänsä, missä jännityskorroosiota voi syntyä ja niiden mekanismeja on vaikea täysin selvittää. Vetojännitys muodostuu pinnalle joko ulkoisesta kuormituksesta ja/tai sisäisestä jännityksestä. Ulkoista kuormitusta voi syntyä värähtelyistä, staattisesta paineesta tai kuormasta, pyörimisliikkeen hitausvoimista, termisistä mittausmuutoksista tai ruuviliitoksen kiristysvoimasta. Sisäistä jännitystä saattaa aiheuttaa esimerkiksi lämpökäsittely, hitsaus, kylmämuokkaus, leikkaus tai lävistäminen. Pahimmat korrosioaurit esiintyvät silloin kun sekä ulkoiset että sisäiset jännitykset vaikuttavat samanaikaisesti. (Siitonen 2006, 117-118.)

Kattilalaitoksissa jännityskorroosiota syntyy, kun metalli joutuu korkean jännityksen alaiseksi käyttöolosuhteissa tai jännityksiä on syntynyt sen valmistuksen tai asennuksen aikana. Kattilavedessä ja höyryssä tulee olla epäpuhtauksina klorideja ja hydroksideja, jotka rikkovat metallia suojaavan oksidikerroksen. Tämän jälkeen mekaaniset jännitykset jatkavat korroosion etenemistä. Austeniittinen teräs, jota esiintyy tulistimissa ja esilämmittimissä, altistuu hyvin herkästi jännityskorroosiolle. (Sonninen 2016, 77.)

6 KATTILALAITOKSEN SÄILÖNTÄMENETELMÄT

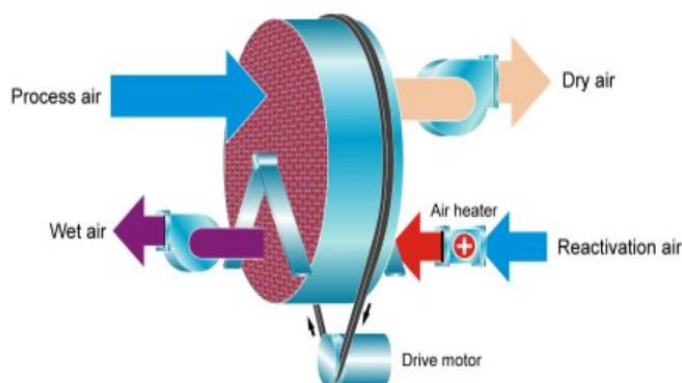
Korroosionvaurioiden estämiseksi voimalaitosten tulisi säilöä vesi-höyrykierron komponentit sopivilla säilöntämenetelmillä. Säilöntä toteutetaan erilaisilla kemiallisilla ja fysikaalisilla toimenpiteillä. (Sonninen 2016, 1.) Korrosio tarvitsee muodostuakseen terästä, vettä ja happea. Kun jokin edellä mainituista tekijöistä poistetaan, ei korrosiota muodostu. Säilönnässä suojeltavasta kohteesta poistetaan joko vesi tai happi. (Foster Wheeler 2008, 3.)

Säilöntämenetelmiä on pääsasiassa kaksi: kuivasäilöntä ja märkäsäilöntä. Kuivasäilöntää käytettäessä laitos pyritään pitämään täysin kuivana, jolloin hapella ei ole suurta merkitystä. Märkäsäilönnässä happi pyritään pitämään poissa voimalaitoksen vesi-höyrypiiristä veden ja esimerkiksi hydratsiinin (N₂H₄) avulla. Märkäsäilöntää on mahdollista tehostaa käyttämällä inerttikaasua, esim. typpeä, jolloin säilöntämenetelmänä käytetään yhdistettyä märkä-/typpisäilöntää. Typpi estää tällöin hapen pääsyn osittain vedellä täytettyyn järjestelmään. (Sonninen 2008, 79.)

6.1 Kuivasäilöntä

Kuivasäilönnässä voimalaitoksen kattilan kaikki osat on ensin saatava täysin tyhjiksi vedestä sen alasajon yhteydessä, jonka jälkeen kattila kuivataan jälkilämmöllä ja pidetään kuivana kuivailmapuhalluksen avulla. Kuivumista voidaan tehostaa tyhjöpumpuilla. Kuivasäilönnässä ilman suhteellinen kosteus pyritään pitämään alle 30 prosentissa mutta maksimissaan puhallettavan ilman ja sieltä poistuvan ilman suhteellinen kosteus tulisi olla alle 50 prosenttia. Korroosionopeus on suoraan verrannollinen ilman kosteuteen. On huolehdittava, että kattilan vesipuolen pintalämmöt pidetään riittävän korkeina, ettei niiden pinnoille ala muodostua hygroskooppisia suolakerrostumia. Kerrostumat sitovat itseensä kosteutta myös kuivatusta ilmasta ja aiheuttavat korrosiota jo alle 50 prosentin suhteellisessa kosteudessa. Kun kattilan teräspinnat pidetään kuivina, ei ilman sisältämä happi ja hiilidioksidi pääse aiheuttamaan seisakkikorrosiota. Vaakatulistimilla varastetut kattilat säilötään perinteisesti kuivasäilönnällä. Myös riipputulistimilla varustettuihin kattiloihin voidaan käyttää kuivasäilöntää, mutta sen alasajon yhteydessä on kattila saatava varmuudella täysin kuivaksi. Nykyään kuivaa puhdasta ilmaa tuotetaan regeneratiivisilla absorptiokuivaimilla kuten Munters-kuivailmapuhaltimilla. (Sonninen 2009, 7-8.)

Munters-kuivailmapuhaltimessa kosteutta absorboivan roottorin läpi imetään mekaanisesti suodatettua ilmaa. Ilman sisältämä kosteus sitoutuu hitaasti pyörivän roottorin litiumkloridi kiekkoon. Litiumkloridi kiekkoon sitoutuva kosteus poistetaan vastakkaissuunasta tulevalta lämmitetyllä regenerointi-ilmalla. Kuivailmapuhaltimet tulee mitoittaa siten, että säilönnässä olevan kohteen ilma vaihtuu 1-2 kertaa tunnissa. (Sonninen 2009, 8.)



KUVA 8. Ilmakuivaimen toiminta (Munters Finland Oy 2019).

Kuivasäilöntä ei aiheuta ympäristöhaittoja eikä menetelmässä käytetä säilöntäkemikaaleja. Sen valvonta on helppoa, sillä se vaatii ainoastaan sisään menevän ja ulostulevan suhteellisen ilmankosteuden mittaukset tietyin väliajoin. Jos kuivasäilöntä toteutetaan oikein, se on myös hyvin turvallinen menetelmä. Kuivasäilöntä vaatii kuitenkin useita kuivailmapuhaltimia ja kuivasäilönnän epäonnistumisen riski on suuri silloin, jos kattilan alasajoa ei toteuteta riittävän huolellisesti. (Sonninen 2009, 8.)

6.2 Märkäsäilöntä

Märkäsäilöntä on perinteisin ja varmin kattiloiden säilöntämenetelmä silloin, jos kattilassa on riipputulistimet (Sonninen 2016, 17). Märkäsäilöntämenetelmässä happi pidetään pois metallipinnoilta. Kattila täytetään tulisistimia myöten kaasunpoistetulla syöttövedellä. Syöttövedeen annostellaan happea sitovaa kemikaalia esimerkiksi hydratsiinia (N_2H_4). Hydratsiinin happea sitova vaikutus perustuu reaktioon $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$. Hapen poistoa voidaan tehostaa nostamalla veden pH:ta esimerkiksi ammoniakilla. Tällä tavoin kattilaan luodaan olosuhteet, jossa korrosio on minimissään. Märkäsäilönnän aikana valvotaan säilöntäliuoksesta mm. kaaviossa mainittuja arvoja. (Sonninen 2008, 80.)

Veden pH	9,5-10,5
Hapensidontakemikaali mg/l	n.150
Alkalointikemikaali mg/l	150
kationivaihdettu johtokyky, mS/m	<0,5
Cu, mg/l	<0,003
Fe, mg/l	tasainen hidaskasvu sallittua

KAAVIO 3. Säilöntäliuoksen ohjearvoja (Sonninen 2008, 80).

Säilöntäveden kierrätystä varten kattilaan täytyy liittää erillinen kierrätyspumppu. Ensimmäinen säilöntäkierrätys tulisi tehdä kattilan täytön jälkeen. Pitkäaikaisessa säilönnässä kierrätystä pitäisi tehdä ensimmäisen kuukauden aikana säännöllisesti joka viikko ja sen jälkeen kerran kuussa. Säilöntäliuoksen kierrättäminen pitäisi kestää 10 tuntia. Tällä tavoin varmistetaan liuoksen hyvä

sekoittuminen. Liuoksen lämpötila nostetaan kierrätyksen aikana 100 °C asteseen. (Sonninen 2016, 18.)

6.3 Säilöntä inerttikaasulla

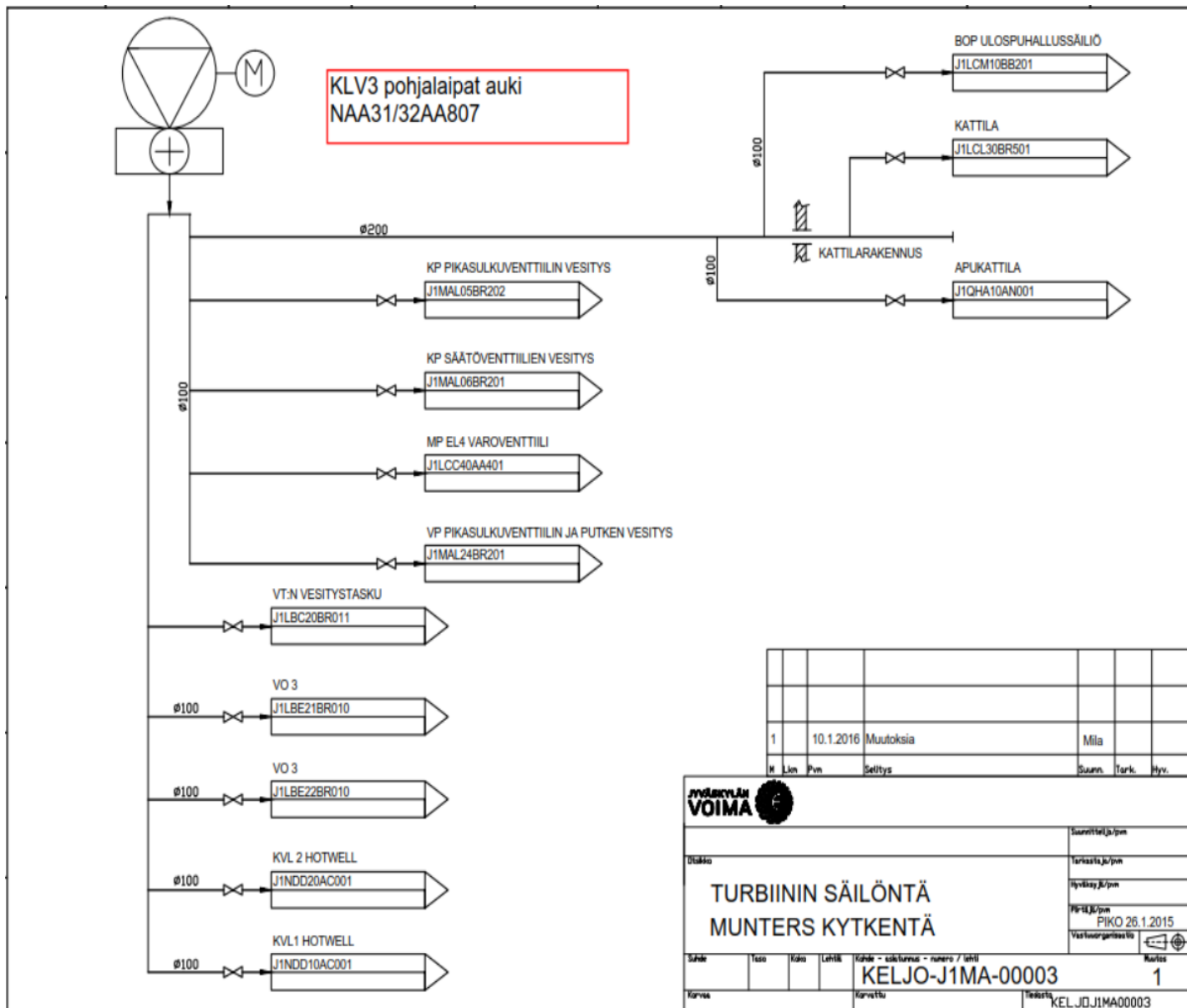
Mikäli kattilaa ei voida täysin tyhjentää tai säilöä märkäsäilönnällä, se voidaan säilöä inerttikaasulla, esimerkiksi typellä. Usein kattilan tulistinjärjestelmät säilötään typpitynyllä. Typpisäilöntä aloitetaan laitosta alasajettaessa kattilan paineenlaskussa noin 2 bar paineessa, jottei hapellista ilmaa pääse vuotamaan tulistinjärjestelmään. Typpikaasu voidaan syöttää esimerkiksi ilmanpoistokeskuksen kautta. Kattilan jäähtyessä ja höyryn lauhtuessa vedet voidaan laskea pois tyhjennyksistä. Samalla on huolehdittava, ettei mihinkään kohtaan järjestelmässä pääse syntymään alipainetta. Säilönnän aikana typellä säilötyn järjestelmän on oltava vähintään 2 mbar ylipaineen puolella. Typpikaasun happipitoisuutta on mitattava säännöllisesti säilönnän aikana ja se on pidettävä alle 0,5%. (Sonninen 2008, 80.)

7 KELJONLAHDEN VOIMALAITOKSEN SÄILÖNTÄ JA SEN KEHITTÄMINEN

Keljonlahden voimalaitoksen kattila on rakennettu vuonna 2009 ja se on yksilieriöinen luonnonkiertokattila. Kattilan säilöntä toteutetaan pääasiallisesti kuivasäilöntänä ja märkäsäilöntää käytetään vain erikoistilanteissa esimerkiksi hyvin pitkissä säilönnoissä. Paineellisena kattila säilötään vain hyvin lyhyissä alle viiden vuorokauden huolloissa.

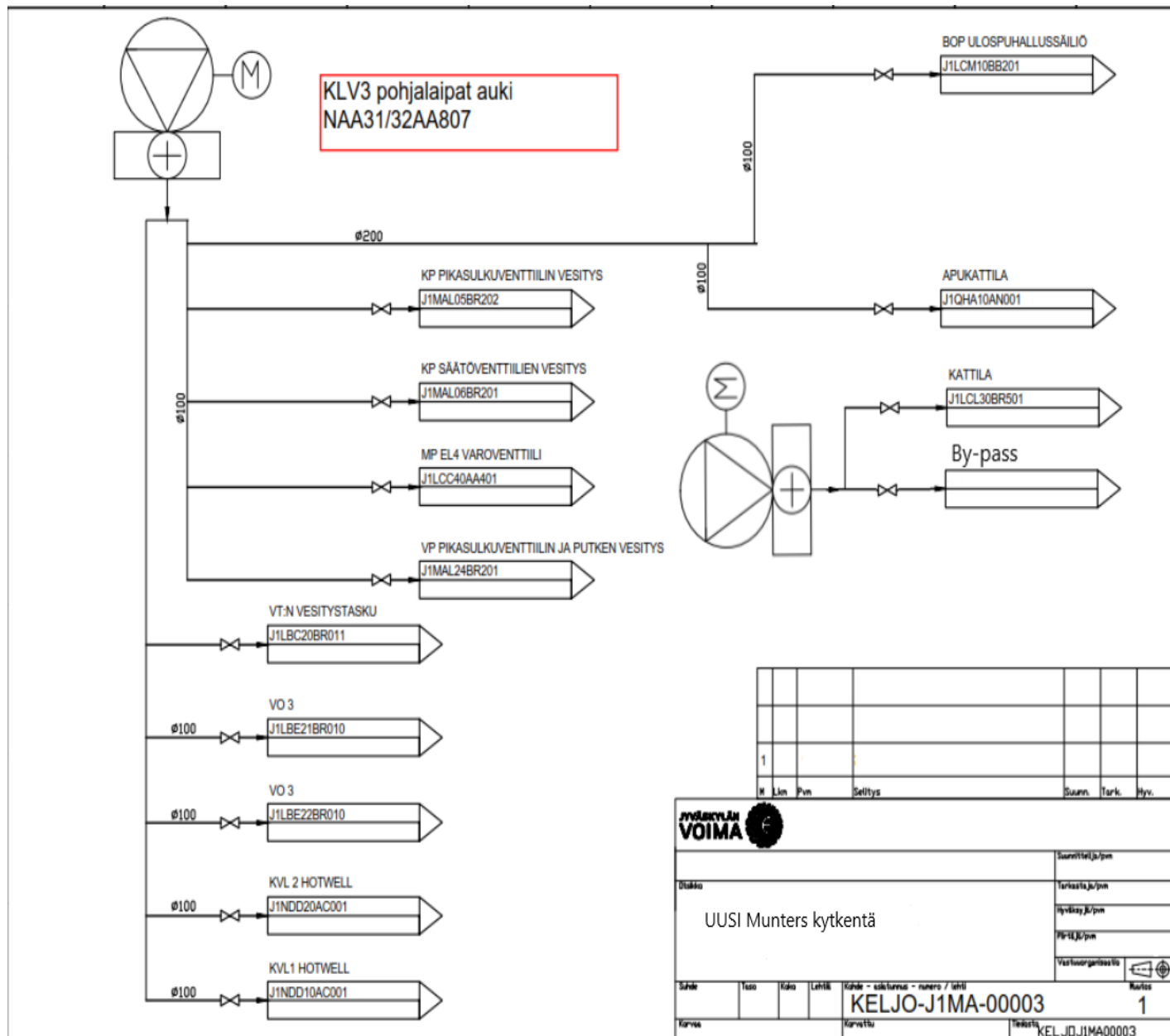
Aikaisemmin kuivasäilönnässä kattilapuolella käytettiin yhteistä Munters-kuivailmapuhallinta turbiinipuolen kanssa ja säilönnän piiriin kuuluivat:

- kattila (höyrystin, lieriö, laskuputket)
- välitulistus
- turbiini
- kp-esilämmittimet
- mp-esilämmittimet
- lauhdutin
- kaukolämmönvaihtimet
- apukattila
- bop-ulospuhallussäiliö



KUVA 9. Vanha Munters-kytkentä (Jyväskylän Energia Oy n.d).

Pitkien seisakkiaikojen vuoksi Jyväskylän Energia halusi parantaa säilöntää ja lisätä Munters-kuivailmapuhaltimen piiriin uutena prosessiosana by-pass ekonomiserin eli ohitusvirtausesilämmittimen. Näin ollen kattilapuolelle päädyttiin hankkimaan oma uusi Munters-kuivailmapuhallin, jota käytetään nyt kattilan ja ohitusvirtausesilämmittimen säilöntään.



KUVA 10. Uusi Munters-kytkentä (Jyväskylän Energia Oy n.d).

Uutta puhallinta mitoitettaessa piti selvittää kattilatoimittajan dokumenteista höyrytimen, lieriön, laskuputkien sekä ohitusvirtausesilämmittimien tilavuudet:

- höyrystin 62 m³
- lieriö 40 m³
- laskuputket 20,5 m³
- ohitusvirtausesilämmitin (by-pass ekonomiser) 13 m³

Kuivailmasäilönnässä ilman suositellaan vaihtuvan järjestelmässä kaksi kertaa tunnissa. Siksi puhaltimen tuoton tulisi olla $135,5 \text{ m}^3 \times 2 = 271 \text{ m}^3/\text{h}$. Puhaltimeksi valittiin Munters MLT 350, jonka tuotto oli $350 \text{ m}^3/\text{h}$. Puhaltimia olisi löytynyt hyvin läheltä tarvittavaa tuottoa, mutta päädyttiin valitsemaan kuitenkin tuotoltaan isompi puhallin. Tämä mahdollistaa uusien kohteiden lisäämisen järjestelmään, jos tulevaisuudessa siihen on tarvetta.

Vanhoja säilönnän kosteusmittauspöytäkirjoja tarkasteltaessa huomattiin, että mittaustuloksissa oli eroja, jotka johtuivat erilailla tehdyistä mittauksista. Jotta tulokset saataisiin luotettavammiksi ja varmistettaisiin säilönnän onnistuminen, laadittiin uusi ohjeistus kosteus- ja lämpötilamittauksista. Uusi mittausohje tehtiin kattilatoimittajan säilöntäohjeen perusteella. Samalla laitoksen säilönnän ohjeistus päivitettiin vastaamaan uutta säilöntäjärjestelmää. Molemmat ohjeistukset annettiin Keljonlahden voimalaitoksen käyttöhenkilökunnan käyttöön ja ne tallennettiin Jyväskylän Energia Oy:n verkkolevylle vuosihuoltokansioon. Ohjeistukset löytyvät tämän työn liitteistä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Jyväskylän Energia Oy:n Keljonlahden voimalaitoksen kattilan säilöntää tulevia seisakkeja ajatellen. Säilönnän avulla kattilan korroosioauriot on tarkoitus ehkäistä minimiin, pidentää kattilan elinkaarta ja vähentää kunnossapitokustannuksia.

Työn tuloksena kattilapuolelle mitoitettiin ja hankittiin uusi Munters-kuivailmapuhallin, jolla toteutetaan kattilan sekä ohitusvirtausesilämmittimen kuivasäilöntää. Ohitusvirtausesilämmitin lisättiin kokonaan uutena osana Munters-kuivailmapuhaltimen piiriin. Korroosioaurioiden ehkäisemiseksi laadittiin uusi ohjeistus kosteus- ja lämpötilamittauksista sekä päivitettiin laitoksen säilönnän ohjeistus.

Tulevan kesän vuosihuollon aikana Keljonlahden voimalaitoksella on tarkoitus tehdä säilöntäyhteet ohitusvirtausesilämmittimeen, jotta se saadaan kytkettyä kuvan 10 mukaisesti järjestelmään. Näillä pienillä, mutta tärkeillä toimenpiteillä Keljonlahden voimalaitos tulee saamaan kattila- ja turbiinilaitoksen säilöntäprosessit erotettua toisistaan ja varmistettua säilönnän toimivuus tulevaisuudessa. Kattilan elinkaari tulee pitenemään ja kunnossapitokustannukset tulevat pienemään varsinkin ohitusvirtaus esilämmittimen kohdalla.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- FOSTER WHEELER 2008. Käyttöohjeet kattilan säilöntään. Jyväskylä: Keljonlahden voimalaitos.
- HUHTINEN, Markku, KETTUNEN, Arto, NURMINEN, Pasi ja PAKKANEN, Heikki. 2000. Höyrykattilatekniikka 5.uusittupainos Helsinki: Edita.
- HUHTINEN, Markku, KORHONEN, Risto, PIMIÄ, Tuomo ja URPILAINEN Samu. 2013. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY. N.d. Yrityksen sisäinen materiaali intranetissä. [Viitattu 2019-02-17.]
- JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY. 2019. Energituotantolaitokset. Tutustu JE:n energiantuotantoon! [Viitattu 2019-02-17.] Saatavissa: <https://www.jyvaskylanenergia.fi/lampo/kaukolammon-tuotanto/energiantuotantolaitokset> Viitattu 17.02.2019.
- MUNTERS FINLAND OY. 2019. Kuivaaminen teollisuudessa. [Viitattu 2019-02-25.] Saatavissa: <https://www.munters.com/fi/Osaamisalueet/industrial-drying/>
- SONNINEN, Risto. 2016. Höyryvoimalaitosten säilöntä. Esitelmä. ÅF-Consult Oy.
- SONNINEN, Risto. 2009. Höyryvoimalaitoksen säilöntä ja sen merkitys. Luentomateriaali Helsinki: ÅF-Consult Oy.
- SONNINEN, Risto. 2008. Vedenkäsittely. Koulutusmateriaali. ÅF-Consult Oy.
- SIITONEN, Pekka ja YLÄSAARI, Seppo. 2006. Korroosiokäsikirja. Helsinki: KP-Media Oy.
- VAPOR FINLAND. N.d. Vapor steam boilers – technical specifications. [Viitattu 2019-2-23.] Saatavissa: http://vapor.fi/wp-content/uploads/2017/05/Vapor_TTK_steam-boiler-technical-data.pdf
- VILJA, Vesa. 2007. Laitoksen yleiskuvaus. Vantaa: ÅF-Enprima Oy.

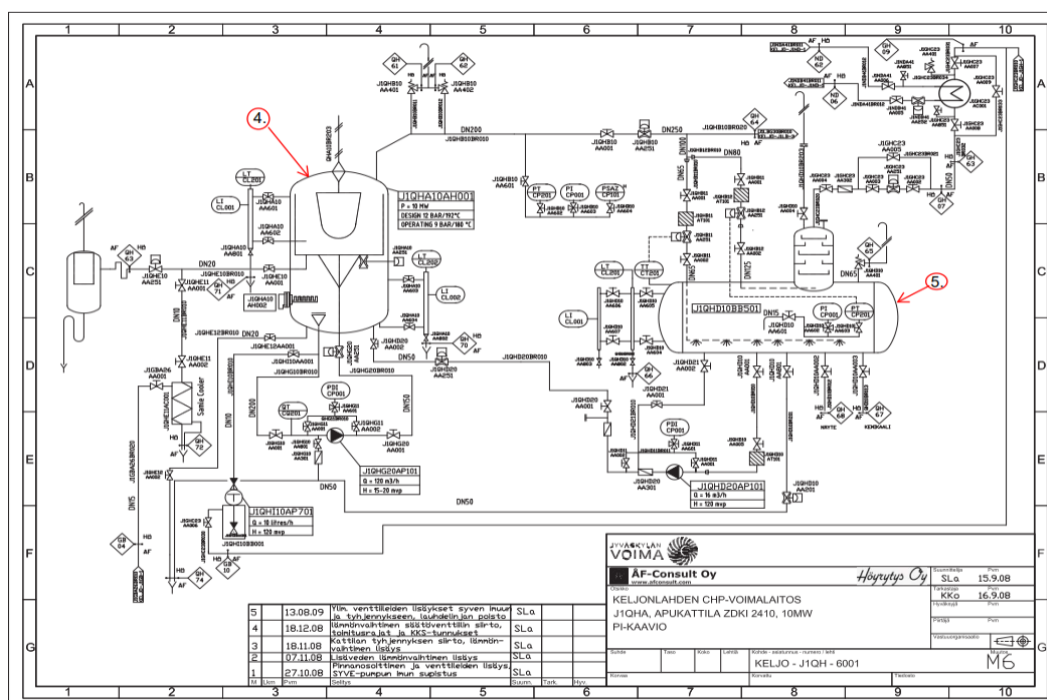
LIITE 1: OHJEISTUS KOSTEUS- JA LÄMPÖTILAMITTAUKSISTA SÄILÖNNÄN AIKANA

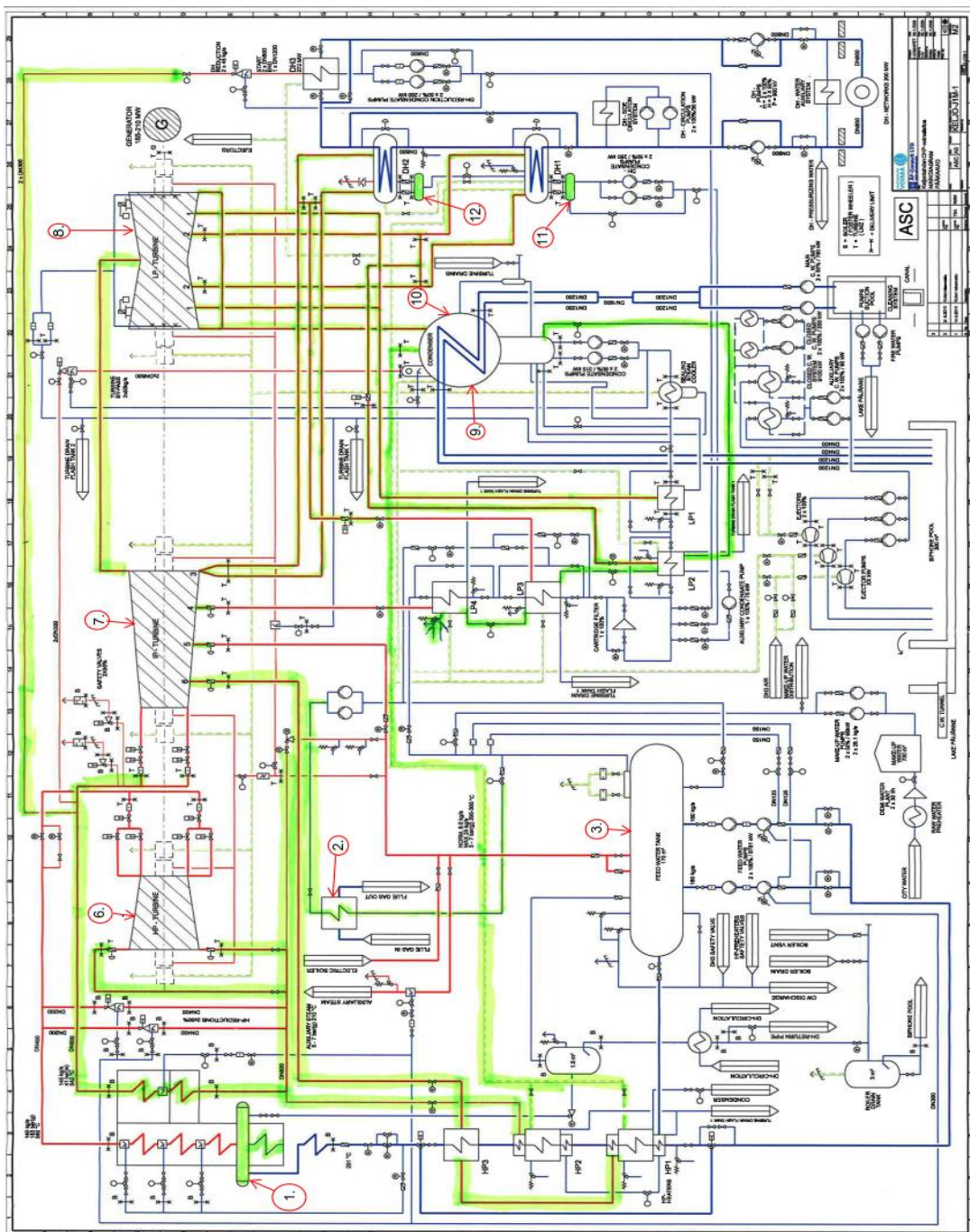
Kosteus- ja lämpötilamittaukset säilönnän aikana

9.3.2019

Kattila ja turbiinipuolen kosteudet sekä lämpötilat mitataan kerran viikossa maanantaisin. Mittaukset tehdään valvomosta löytyvällä kannettavalla VAISALAN mittarilla. Suhteellisen kosteuden pitää olla alle 50 % Mittaus kestää 10 min/mittauspiste, tällä tavoin varmistetaan mittaustulosten luotettavuus. Mittaustulokset ja mittausajankohta kirjataan [N:\002 Kunnossapito\099 Vuosihuollot\2019\Säilöntä\2019](#)

vk	Mittauspiste	kr	Paikka	kosteus %	Lämpötila
	1.	15	kattila lieriö		
klo	2.		By-pass		
	3.	9	syv.säiliö		
	4.	1,5	apukattila		
	5.	7	ap.syve		
			turbiini		
	6.	7	endos.yh kp		
	7.	7	endos.yh vp		
	8.	7	endos.yh mp		
	9.	2	lauhdutin vas		
	10.	2	lauhdutin oik.		
	11.	1,5	KLV1 hotwell		
	12.	1,5	KLV2 hotwell		
	13.	2	huoneilma kattilarak		
	14.	4	huoneilma BOP		





LIITE 2: OHJEISTUS KATTILAN SÄILÖNNÄSTÄ

Laitoksen säilöntä

11.03.2019 Tekijä: Tuomas Sironen

1 KATTILAN SÄILÖNTÄ

Kattila voidaan säilöä monella tapaa. Keljonlahdella pääasiallisena säilöntätapana pitkissä yli viikon kestävässä huolloissa on kuivasäilöntä.

Märkäsäilöntää käytetään vain erikoistilanteissa ja esim. hyvin pitkissä yli puolen vuoden säilönnöissä.

Paineellisena kattila säilötään vain hyvin lyhyissä alle 5 vuorokauden huolloissa.

1.1 KUIVASÄILÖNTÄ

- Tulet pois kattilasta
- Raotetaan KP tulistimien tyhjennyksiä, kun paine < 15 bar
- Raotetaan välitulistimien tyhjennyksiä, kun paine < 8 bar
- Kun paine on < 5 bar avataan kaikki tyhjennykset
- Avataan ilmaukset, kun paine < 2 bar
- Avataan lieriön luukut
- Kytetään Munters kattilan pohjatyhjennykseen sekä kylmän VT: vesitystaskuun
- Poistetaan petihiekkaa mahdollisimman paljon pohjatuhkaruuvien kautta ja jäähdytetään kattilaa Primääri ja SK-puhaltimilla **HUOM!** Lieriön pinnan simulointi.
- Kun lämmöt ovat laskeneet takavedossa < 150 °C avataan takavedon miesluukut
- Tyhjennetään By-pass ja kytetään Munters
- Kun lämmöt ovat laskeneet pedissä < 150 °C avataan kaikki kattilan painerungon luukut
- Kun puhaltimet on pysäytetty, avataan kaikki ilma- ja savukaasukanavien luukut, vuosi huollon jälkeen ulkona olevat luukut suljetaan

2 Turbiinin säilöntä

- Turbiini ja generaattori kytketään irti verkosta, avataan kaikki käsi- ja automaattivesitysventtiilit "Drain Extendereiden" (J1MAG20BB001 ja J1 MAG30BB001) tukeilla
- Imetään ejektoreilla noin tunnin ajan kosteutta pois turbiinista tässä vaiheessa vielä tiivistehöyryt on päällä
- Tunnin päästä suljetaan tiivistehöyryt ja tiivistehöyryjäähdyttimen puhaltimet sekä tyhjöimu
- Avataan KP ja VP pesien päällä olevat endoskooppiyhteet sekä MP pesän luukut
- Kun paaksaus on lopetettu (KP ja VP pesien lämmöt < 170 °C) valmistellaan Munters toimintakuntoon
- Avataan automaatiojärjestelmästä KP ja VP säätöventtiilit ja lukitaan ne lukituspaloilla auki
- Sammutetaan kaikki öljyjärjestelmät
- Avataan tyhjönmurtoventtiili ja varmistetaan että lauhduttimesta on reitti sinne auki
- Avataan lauhduttimen luukut
- Yhdistetään Munters säilöntäyhteisiin ja käynnistetään se.

3 LÄMMINILMASÄILÖNTÄ (Munters)

3.1. MP-esilämmittimet

- MP4 varoventtiili irroitetaan ja kytketään Munters:n letku siihen
- MP4 -> MP3 ja MP3 -> MP2 väliset pinnansäätöventtiilit sekä MP2 hätäpinnansäätöventtiili avataan täysin (J1LCC20DS201, J1LCC30DL201, J1LCC40DL201, J1LCJ10DS201 ja J1LCJ10DS202)
- MP1 esilämmitin tulee säilöttyä turbiinin säilönnän yhteydessä, sillä se on yhtenevää rakennetta lauhduttimen kanssa

3.1.2 KP-esilämmittimet

- KP3->KP1 tulee säilöttyä turbiinin säilönnän yhteydessä avaamalla väliotto 6 sulkventtiili (J1LBQ10AA101)
- KP 2 tulee säilöttyä VT-puolen yhteydessä avaamalla kylmästä VT:stä tuleva sulkventtiili (J1LBQ30AA101)

- KP2 -> KP1 välinen pinnansäätöventtiili avataan täysin (J1LAD70DL201)
- KP1 ja KP2 hätä tyhjennykset avataan täysin (J1LAD60DL201 ja J1LAD70DL201)

3.1.3 KLV-vaihtimet

- KLV1 ja 2 vaihtimien lauhde puoli tyhjenetään täysin ja hotwellien miesluukut avataan ja niihin kytketään Muntersin letkut paikalleen
- Avataan KLV1 ja 2 vaihtimien hätätyhjennykset täysin auki (J1NDD10DL201 ja J1NDD20DL201)
- KL-puoli jätetään täyteen ja sitä kierrätetään kaksi kertaa kk
- KLV3 lauhde puoli säilötään tyhjänä. KL-puoli täytetään, vesi kierrätetään kaksi kertaa kk

3.1.4 Apukattila

- Apukattila tyhjenetään ja maadoitetaan jonka jälkeen mies- sekä välipohjan luukut avataan ja kytketään Muntersin letku paikalleen

4 SÄILÖNTÄ TYHJÄNÄ

4.1 SYVE-säiliö

- Säiliö tyhjenetään täysin ja sen miesluukku avataan sekä otetaan toinen varoventtiili pois ilmakierron parantamiseksi

4.1.2 Apu-syve

- Syve-säiliö tyhjenetään ja sen miesluukku avataan

4.1.3 Muut tyhjänä säilöttävät

- Kaikki säiliöt (paitsi POR, lipeä, rikkihappo, rikki, kalkki ja ammoniakkivesisäiliö, ellei tarkastukset sitä vaadi) säilötään tyhjinä ja ne tarkastetaan vuosittain
- Lauhdejärjestelmät
- Dynasand
- Kemikaalijärjestelmät (pax, lipeä, ammoniakkivesi, fosfaatti)
- Syve-järjestelmä
- Höyry-järjestelmät

- Jäähdytysveden imualtaat tyhjennetään isoilla uppopumpuilla sen, jälkeen kun patoluukut on vedetty kiinni. Altaat tarkastetaan
- Pää JV tyhjennetään
- Sivu JV tyhjennetään
- Apu JV tyhjennetään (Apu JV tulee ottaa käyttöön heti kun JV-altaat on tarkastettu, puhdistettu ja uudelleen täytetty sillä esim. sähkötilojen jäähdytys on tämän järjestelmän takana)

5 SÄILÖNTÄ TÄYTENÄ

- Palovesi- ja sprinklerjärjestelmät pidetään täysinä ja paineissa
- Paineilmajärjestelmä käytössä (kompressori 3 erotettuna)
- POR järjestelmä pidetään täytenä ja kierrossa (ellei ole tarkastuksia)
- Pohjatuhkaruuvien jäähdytys kierolla
- Raakavesijärjestelmä (paitsi säiliö)
- Vesilaitos (ellei tarkasteta K, A ja MB vaihtimia tai hiekkasuotimia)
- Lisävesijärjestelmä (säiliöt vajaana, että mahtuu ajamaan sarjoja)
- Suljettu JV
- KL-järjestelmä pidetään täytenä
- LTO-järjestelmä täynnä ja kierrolla