

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Marko Eeva

HÖNKÄPESURIN LÄMMÖNVAIHTIMIEN OPTIMOINTI

Energiatekniikan koulutusohjelma
Energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

2008

HÖNKÄPESURIN LÄMMÖNVAIHTIMIEN OPTIMOINTI

Eeva, Marko
Satakunnan Ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2008
Zenger, Pekka
UDK: 676, 676.087
Sivumäärä: 43

Asiasanat: selluprosessi, soodakattila, hönkäpesuri, lämmönvaihdin

Botnia Rauman tehtaan ympäristölupiin tulee tiukennuksia 1.1.2009 alkaen. Tämän seurauksena soodakattilan liuotussäiliöltä tulevat hönkähöyryt jouduttiin ottamaan polttoon soodakattilalle. Polttoon viennin myötä hönkäpesuriin jouduttiin tekemään rakennemuutoksia, jotta hönkien pesu olisi tarpeeksi tehokasta ja pesuri lauhduttaisi nesteen pois höngästä. Sitä modifioitiin mm. muuttamalla pesurin sisäosien rakennetta. Tämän myötä hönkäpesurin kiertonestettä joudutaan jäähdyttämään, jotta pesurilta lähtevän höngän lämpötila pysyy alle 60 °C. Jäähdytyksestä saatavaa lämpötehoa hyödynnetään syöttövesisäiliön lisäveden esilämmittämiseen.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia hönkäpesurin kiertonesteestä saatavan lämpötehon hyödyntämistä syöttövesisäiliön lisäveden esilämmittämiseen. Työssä tutkittiin kuinka paljon kiertonesteen lämpötilan nousulla on mahdollista saada säästöä aikaiseksi, kun lisävesi tulee kuumempaa syöttövesisäiliölle.

Työn ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin yhtiöön ja sellutehtaaseen yleisesti, jonka jälkeen syvennyttiin hönkäpesuriin ja siihen liittyviin lämmönvaihtimiin. Järjestelmään tutustuttiin virtauskaavioiden ja käyttöohjeiden avulla. Näiden lisäksi tarvittavaa tietoa saatiin myös tehtaan kattilapuolen vastaavilta.

Työn toisessa vaiheessa suoritettiin koeajot, joiden avulla saatiin tarvittavat mittaukselliset opinnäytetyössä laskettujen laskelmien suorittamiseksi. Koeajot suoritettiin tehtaan ja laitevalmistajan edustajien kanssa.

Työssä todettiin, että hönkäpesurin kiertonesteen lämpötilan nostolla on mahdollisuus saada säästöä. Kiertonesteen lämpötilaa nostettaessa nykyisestä 40 °C:ta 45 °C:een saataisiin säästöä 78 250 € vuodessa. Säästöä syntyy säästyneestä matalapaine höyrystä, joka voidaan mahdollisesti myydä eteenpäin. Todettiin myös, että kiertonesteen lämpötilaa nostettaessa vieläkin korkeammaksi mahdollisen lisäsäästön saamiseksi, prosessi oli liian herkkä muutoksille.

Lisäksi tarkasteltiin mahdollista tilannetta, jossa tehtaalla olisi lauhdeturbiini säädetyn matalapainehöyryn muuttamiseksi sähköksi. Jos tämä olisi mahdollista säästöt olisivat pienemmät höyryn myyntiin nähden. Tällöin säästyneestä höyrystä saataisiin vuodessa 58 750 €.

OPTIMIZING THE HEAT EXCHANGERS IN A RELIEF GAS SCRUBBER

Eeva, Marko

Satakunnan Ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Technology

October 2008

Zenger, Pekka

UDC: 676, 676.087

Number of pages: 43

Key Words: pulp process, recovery boiler, relief gas scrubber, heat exchanger

There will be a tightening of the environmental licences at Botnia Rauma mill from January 1, 2009. Because of this, the relief gas from the dissolving tank of the recovery boiler will be burnt off in the recovery boiler. Due to the burning, some structural changes were made in the relief gas scrubber so that washing would be effective enough. It was modified, among other things, by changing the structures of the inner parts. The circulation liquid has to be cooled because of the burning. The temperature of the relief gas that comes from the scrubber must stay under the interlock limit which is 60 °C. The caloric capacity that we get from the cooling will be used in the preheating of the make-up water of the feed water tank.

The main purpose of this thesis was to inspect how we can use the caloric capacity of the circulation liquid to preheat the make-up water of the feed water tank. The main objective was to study how much we can get savings when we preheat the make-up water more before it goes to the feed water tank.

In the first part of this thesis the company and pulp mill were studied in general. After that, the relief gas scrubber and heat exchangers were examined carefully by using process flow charts and operator's manuals. Additional information was also received from the experts of the boiler unit.

In the second part of this thesis we made test drives where we got measuring results. With these results calculations were made. The test drives were made with the representatives of the company and the equipment supplier.

It was found out that there will be savings when we raise the temperature of the relief gas scrubber's circulation liquid. When the temperature rises from 40 °C to 45 °C there will be 78 250 € savings in a year. The savings will come from the low pressure steam that we save, and possibly sell for customers. It was also found out that we can get much more savings by raising the temperature of the circulation liquid more, but this process was too sensitive for the changes.

It was also noted that if there was a low pressure turbine, then we would be able to change saved steam to electricity. If this was possible savings would be smaller. In this case we could get 58750 € savings in a year.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Botnian Rauman tehtaita mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni kiinnostavasta ja haasteellisesta aiheesta. Aihe antoi minulle hyvän mahdollisuuden käyttää työharjoittelussa saamaani kokemusta laitoksesta ja selluprosessista. Lisäksi sain soveltaa koulussa opittua tietoa työhön liittyvältä alueelta.

Tämän lisäksi haluan kiittää työn valvojaa Olli Talaslahtea, opinnäytetyön teossa mukana ollutta Matti Alamaata ja ohjaavaa opettajaa Pekka Zengeriä, suuresta avusta ja ohjauksesta opinnäytetyön tekemisessä.

Suuri kiitos kuuluu myös koko Botnian Rauman tehtaan henkilökunnalle viimeisestä kahdesta kesästä, joiden aikana olen saanut työskennellä osana osaavaa ryhmää.

Suuri kiitos kuuluu myös perheelleni antamastanne tuesta opinnäytetyötä tehdessäni.

Raumalla 23.10.2008

Marko Eeva

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

JOHDANTO.....	7
1.1 Oy Metsä-Botnia Ab	7
1.1.1 Rauman sellutehdas.....	7
1.2 Selluprosessi.....	9
1.3 Soodakattila	10
1.3.1 Soodakattilan rakenne	12
1.4 Hönkäpesuri	13
1.4.1 Hönkäpesurin toiminta.....	13
1.5 Lämmönvaihtimet	13
1.5.1 Lämmönvaihdin tyypit.....	14
1.5.2 Lämmönvaihtimien mitoitus	15
2 LÄMMÖNVAIHTIMIEN OPTIMOINTI	16
2.1 Lähtötilanne.....	16
2.2 Optimoinnin tavoitteet.....	16
3 MITTAUKSET	17
3.1 Mittaussuunnitelma	17
3.2 Mittauksessa käytettävät mittalaitteet	17
3.3 Mittauspisteet	18
3.4 Mittaustulokset.....	19

3.5	Mittaustulosten arviointi	19
4	LASKELMAT.....	20
4.1	Lämmönvaihtimien lämpötilahyötysuhteet.....	20
4.1.1	Lämmönvaihdin 42W180.....	20
4.1.2	Lämmönvaihdin 42W181.....	21
4.2	Lämmönvaihtimien tehot	22
4.2.1	Lämmönvaihdin 42W180.....	22
4.2.2	Lämmönvaihdin 42W181.....	22
4.3	Kiertonesteen lämpötilan nostolla saatava säästö.....	23
4.3.1	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een	24
4.3.2	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een	24
4.4	Säästetty höyryn määrä.....	24
4.4.1	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een	25
4.4.2	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een	25
4.5	Säästävän höyryn myynnistä saatava tuotto	25
4.5.1	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een	26
4.5.2	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een	26
4.6	Mahdollinen lisäys sähkön tuotantoon.....	26
4.6.1	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een	27
4.6.2	Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een	27
4.7	Saatava säästö ilman kiertonesteen lämpötilan nousua	28
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
	LÄHTEET	32
	LIITTEET.....	33

JOHDANTO

1.1 Oy Metsä-Botnia Ab

Oy Metsä-Botnia Ab on vuonna 1973 perustettu metsäteollisuusyritys, joka valmistaa sulfaattisellua. Omistajat ovat Metsäliitto-konserni ja UPM-Kymmene Oyj. Yrityksen tehtaot sijaitsevat pääosin Suomessa, mutta myös Uruguaysta löytyy uusin, vuonna 2007 valmistunut sellutehdas. Suomen tehtaot sijaitsevat Raumalla, Joutsenossa, Kaskisissa, Kemissä, ja Äänekoskella. /1/

Oy Metsä-Botnia Ab on Pohjoismaiden suurin sellunvalmistaja. Päätuotteet ovat valkaistua havu-, koivu- ja haapasellua sekä uusimpana tuotteena eukalyptussellua. Botnian sellua käytetään hienopapereiden, aikakauslehti- ja pehmopapereiden sekä kartonkien valmistukseen. /1/

1.1.1 Rauman sellutehdas

Rauman tehdas käynnistettiin vuonna 1996. Se oli tuolloin maailman suurin yksilinjainen sulfaattisellutehdas ja samalla myös maailman ensimmäinen pelkästään kloorittoman TCF -sellun (valkaisussa ei ole käytetty kloorikemikaaleja) valmistukseen suunniteltu sellutehdas. Vaikka tehdas rakennettiin ja käynnistettiin täysin omana erillisenä yhtiönä ja oli alkuperäiseltä nimeltään Metsä-Rauma, se on ollut alusta alkaen osa Botnia -ryhmää. Vuonna 2000 Metsä-Rauma fuusioitui Botniaan. Vuonna 2007 tehtaalla tehtiin muutos, jossa tehdas siirtyi ECF – valkaisuun (valkaisussa käytetään klooridioksidia, mutta ei kloorikaasua)./1/

Tehtaan tuotantokapasiteetti on 630 000 t/a ECF – valkaistua havusellua ja se on erikoistunut kahteen sellulaatuun: puupitoisten painopapereiden, pehmopapereiden ja hienopapereiden valmistajille, aikakauslehtipapereiden valmistukseen soveltuvaa

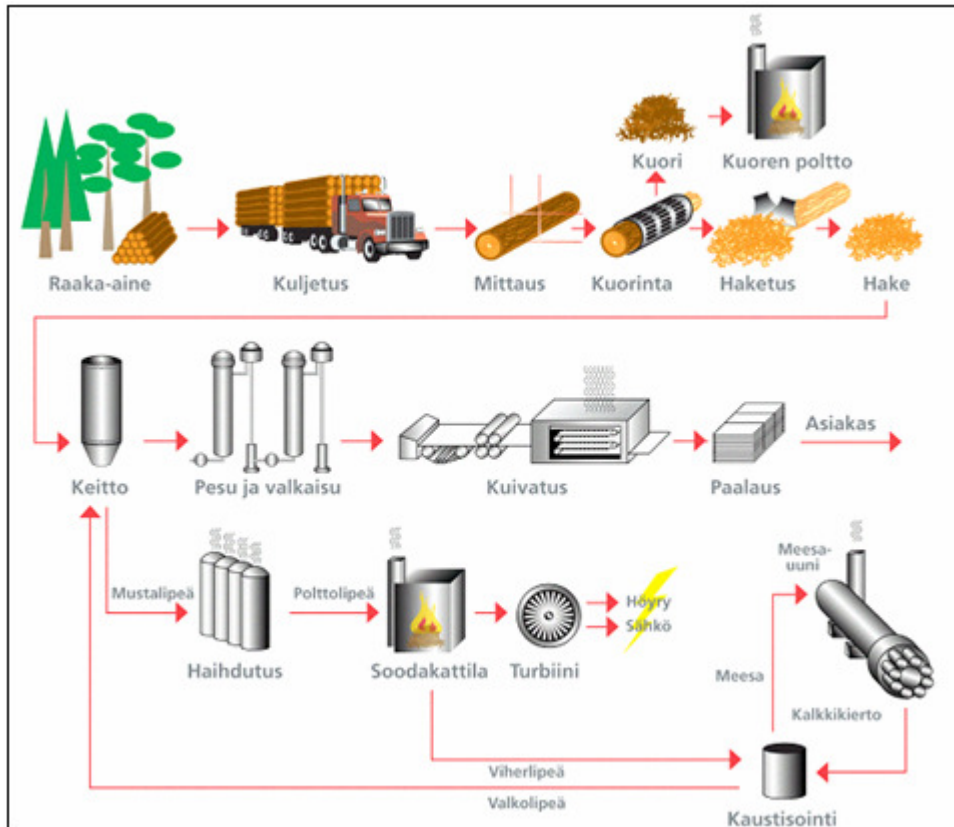
armeeraussellua (lujaa pitkä kuituista sellua) ja täysvalkaistua pehmopaperisel-lua./1/

Raaka-aine puuta tehdas käyttää 3,3 miljoonaa kiintokuutiometriä vuodessa. Teh-taan asiakkaat eli sellun ostajat ovat UPM Rauman paperitehdas ja markkinasel-luasiakkaat. Tehtaan tuotannosta 60 % osuus menee vientiin. Päämarkkina-alueet ovat Suomen lisäksi Aasia, Englanti, Saksa, Puola ja Espanja. /1/



Kuva1. Oy Metsä-Botnia Ab Rauman tehdas /2/

1.2 Selluprosessi



Kuva 2. Selluprosessi /2/

Tehtaan prosessi alkaa puunkäsittelystä, jossa havupuutukkeja kuoritaan ja hake-tetaan hakekentälle. Täältä raaka-aine jatkaa kuljetinta pitkin seulomon kautta keittämölle, jossa keiton tehtävänä on kemikaalien ja lämmön avulla poistaa kui-tuja sitovaa ligniiniä. Keittämöltä puukuitu jatkaa pesun ja valkaisun jälkeen kui-vaamolle, jossa sellu kuivataan ja paalataan kuljetusta varten. Osa sellusta lähtee suoraan ilman kuivatusta putkea pitkin UPM Rauman paperikoneille.

Keitosta vapautuva mustalipeä (keitossa reagoitua valkolipeää, johon on liuen-nut puun yhdisteitä) johdetaan haihduttamolle, jossa ensisijaisena tehtävänä on poistaa mustalipeästä vettä. Haihduttamolle tullessa lipeän kuiva-ainepitoisuus on luokkaa 15 - 16 % ja sieltä lähtiessään tavoitearvona nykyaikaisilla tehtailla on 80 – 85 %. /3/

Haihduuttamolta mustalipeä lähtee soodakattilalle polttoon. Kattilan tehtävistä prosessissa kerrotaan tarkemmin kappaleessa 1.3. Kattilasta kemikaalisula valuu kattilan alaosassa olevia sulakouruja pitkin liuotussäiliöön, jossa sula liuotetaan laihavalkolipeään. Tällöin syntyvää liuosta kutsutaan viherlipeäksi. Viherlipeä jatkaa tämän jälkeen kaustistamolle.

Kaustisoinnissa kalsiumoksidia sekoitetaan soodakattilasta tulevan viherlipeän muuttamiseksi valkolipeäksi. Prosessia, jossa natriumkarbonaatti muutetaan natriumhydroksidiksi, sanotaan kaustisoinniksi. Sellutehtaalla valkolipeän valmistuksen prosessiosastoa kutsutaan tämän takia yleisesti kaustistamoksi. /3/

Kaustistamoon kuuluu lisäksi meesauuni, jossa kaustisoinnissa syntynyt kalsiumkarbonaatti muutetaan lämmön avulla uudelleenkäytettäväksi kalsiumoksidiksi. Kaustistamolta valkolipeä johdetaan keittämölle, jossa sitä käytetään keittokemikaalina. Kappaleen alussa on esitetty kuva selluprosessista. (Kuva 2.) /3/

1.3 Soodakattila

Suomessa valmistettava sellu valmistetaan pääsääntöisesti sulfaattimenetelmällä. Tehtaissa käytettävän mustalipeän ja keittokemikaalien talteenottoon suunniteltua höyrykattilaa kutsutaan soodakattilaksi. /4 s.163/

Soodakattilan tehtävät ovat

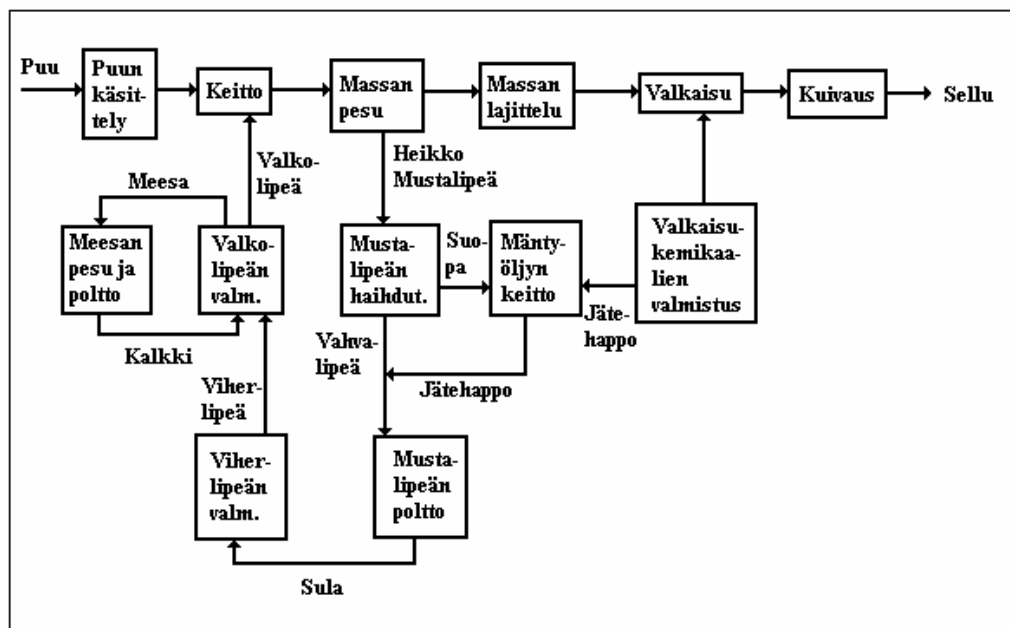
- keittokemikaalien talteenotto (rikin reduktio)
- orgaanisen aineksen ympäristöystävällinen poltto
- lämmön talteenotto /5/

Soodakattilalla poltettavaa lipeää kutsutaan vahvalipeäksi. Nimi tulee sen kuiva-ainepitoisuudesta, joka on haihduttamalla nostettu tavoitearvoon 80 – 85 %:iin. Vahvalipeä koostuu keittämöltä tulleesta orgaanisesta aineesta, joka vastaa noin puolta tehtaalle tuodusta raakapuusta. Tämän lisäksi mustalipeä sisältää keitossa käytettyjä kemikaaleja, jotka otetaan talteen ja regeneroidaan keittämölle uutta

keitosta varten. Kappaleen lopussa olevassa kuvassa on esitetty tehtaan kemikaalikierto. (Kuva 3.) /4 s.163–164/

Kattilan polttoaineena käytettävää mustalipeää syötetään kattilan seinillä olevilla lipeäruiskuilla. Sen lämpötila on kattilaan syötettäessä ajotilanteesta riippuen tyyppillisesti noin 130 - 135 °C. Kattilan pesään syötettäessä lipeä hajotetaan pisaroiksi lusikkamaisella suuttimella. Tavanomainen pisara koko on noin 1 - 2 mm ja käytettävä ruiskutusaine on 1 - 2 bar. /4 s.164/

Lipeän lisäksi kattilasta löytyy ylös- ja alasajotilanteissa käytettäviä öljypolttimia. Lisäksi polttimia voidaan käyttää tukipolttona tilanteissa joissa polttolipeä ei riitä tarvittavaan höyryn tuottoon. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi haihduttamalla tapahtuvat huoltotoimenpiteet, jotka vaikuttavat polttolipeän tuotannon määrään.

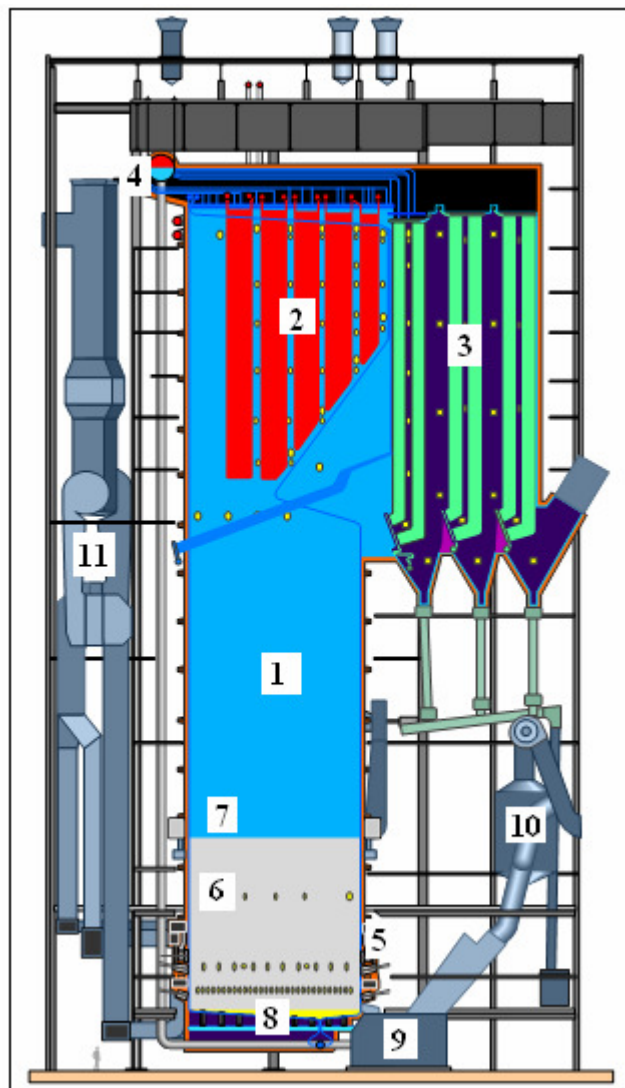


Kuva 3. Sellutehtaan kemikaalikierto

1.3.1 Soodakattilan rakenne

Alla olevassa kuvassa on esitetty soodakattilan eri osat. (kuva 4.)

1. Tulipesä
2. Tulistimet
3. Syöttöveden esilämmittimet
4. Höyrylieriö
5. Primääri- ja sekundääri-ilmojen syöttö
6. Lipeäruiskut
7. Tertiääri-ilman syöttö
8. Sulakourut
9. Liuotussäiliö
10. Hönkäpesuri
11. Palamisilmapuhaltimet



Kuva 4. Soodakattilan osat /2/

1.4 Hönkäpesuri

Tässä työssä hönkäpesurilla tarkoitetaan Botnia Rauman tehtaalla olevaa liuotussäiliön hönkähöyryjen pesuun käytettävää pesuria. Liitteenä on esitetty hönkäpesurin virtauskaaviot. (Liitteet 9, 10)

1.4.1 Hönkäpesurin toiminta

Soodakattilan alaosassa olevista sulakouruista tuleva kemikaalisula johdetaan liuotussäiliöön. Liuotussäiliöstä pumpattava viherlipeä on lämpötilaltaan 90 – 97 °C ja liuottajaan tuleva sula on tästä vielä huomattavasti kuumempaa, josta seuraa vahvaa kiehumista. Tämän seurauksena liuottajassa syntyy runsaasti hönkää. Liuottajan höngät johdetaan liuottajalta hönkäpesuriin. Ennen pesuria höngälle suoritetaan esipesu, jonka tarkoituksena on poistaa hiukkasia. Pesurissa kiertonesteinä oleva pesuliuos pesee esipesusta ohi pääseviä pisaroita ja pölyhiukkasia. Tämän lisäksi pesurin on tarkoitus poistaa höngässä olevia neste pisaroita. Tämän jälkeen hönkä jatkaa pesurissa ylöspäin menen pisaraerottimeen, joka erottelee pisarat höngästä. Pesurista hönkä johdetaan tulistuksen kautta soodakattilalle polttoon. /6, 7 s.30/

Mahdollisessa ohitustilanteessa, jossa kaasuja ei voida polttaa soodakattilalla, käännetään ne olemassa olevaan, soodakattilan piippuun vievään ohituskanavaan. /6/

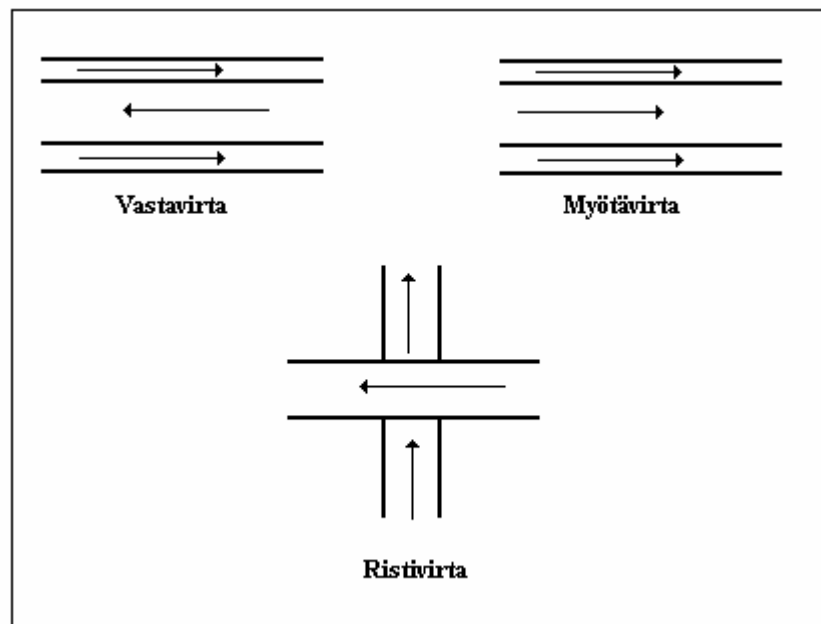
1.5 Lämmönvaihtimet

Lämmönsiirron perusidean tärkein sovelluskohde on lämmönvaihtimet. Lämmönvaihtimet voidaan jakaa kolmeen eri pääkategoriaan. Yleisimmässä vaihdin tyyppissä eli rekuperaattorissa lämpöä luovuttava ja vastaanottava virtaus virtaavat lämmönsiirtopinnan eri puolilla. Lämmönsiirtopinnat ovat yleensä rakennettu putkista tai levyistä. Regeneraattori on puolestaan lämmönvaihdin, jonka toiminta perustuu lämmönvaihtimen suureen lämpökapasiteettiin. Tässä tyyppissä luovutta-

va ja vastaanottava ainevirtaus virtaavat vuorotellen vaihtimen läpi. Kolmas vaihtimen tyyppi on sekoituslämmitin, missä lämpöä luovuttava ja vastaanottava virtaus sekoitetaan keskenään. /8/

1.5.1 Lämmönvaihdin tyypit

Tässä kappaleessa on käsitelty rekuperaattori periaatteella toteutetut lämmönvaihtimien tyypit. Lämmönvaihtimet voidaan jakaa virtaussuuntien perusteella kolmeen eri kytkentämalliin. Mallit ovat vastavirta-, myötävirta-, ja ristivirtakytkentä. Vastavirtalämmönvaihtimessa luovuttava ja vastaanottava virtaus virtaavat vastakkain. Myötävirtalämmönvaihtimessa virtaukset ovat samansuuntaiset ja ristivirtalämmönvaihtimissa virtaukset ovat toisiaan vastaan kohtisuoraan. Kuvassa 5 on esitetty lämmönvaihtimien virtaustyyppit. (Kuva 5.) /8/



Kuva 5. Lämmönvaihtimien virtaustyyppit

1.5.2 Lämmönvaihtimien mitoitus

Lämmönvaihtimien mitoitukseen vaikuttaa seuraavat tekijät:

- virtaavien aineiden ominaisuudet
- tilavuusvirrat
- virtausten lämpötilat
- virtausten paineet
- sallittu painehäviö

2 LÄMMÖNVAIHTIMIEN OPTIMOINTI

2.1 Lähtötilanne

Tehtaan päästölupiin tulee tiukennuksia 1.1.2009 alkaen. Tämän seurauksena liuotussäiliöltä tulevat hönkähöyryt joudutaan polttamaan soodakattilassa. Ennen hönkähöyryt menivät hönkäpesurin kautta savupiippuun. Pesu ei kuitenkaan ole enää jatkossa riittävän tehokas, joten pesuriin jouduttiin tekemään rakennemuutoksia.

Sitä modifioitiin mm. muuttamalla pesurin sisäosien rakennetta. Polttoon viennin myötä hönkäpesurin nestekiertoa joudutaan jäähdyttämään, jotta kattilalle menevä hönkä pysyy alle lukitusrajan 60 °C. Lukitusrajan tarkoituksena on pitää höngän nestepitoisuus sallitulla alueella, jottei tapahdu pahimmassa tapauksessa syntyvää sulavesiräjähdyttä. Tällä tarkoitetaan tilannetta, jossa vesi pääsee tulipesän pohjalle hehkuvaan kekkoon. Tällöin vaarana on veden nopea höyrystyminen, jonka seurauksena on räjähdys ja kattilan vaurioituminen.

Kiertonestettä jäähdytetään lämmönvaihtimen 42W180 avulla. Vaihtimelta lähtevä jäähdytysvesi johdetaan lämmönvaihtimeen 42W181, jossa lämpö hyödynnetään soodakattilan syöttövesisäiliön lisäveden esilämmitykseen.

2.2 Optimoinnin tavoitteet

Opinnäytetyön tarkastelukohteena on lämmönvaihtimen 42W181 jälkeisen lisäveden lämpötila, joka on tarkoitus saada koeajojen aikana mahdollisimman korkeaksi syöttövesisäiliön lämmityshöyryn (HMP) vähentämiseksi. Mittausten avulla saadaan tarvittavat tiedot, jotta voidaan laskea kuinka paljon lisäveden lämmittäminen vähentää syöttövesisäiliön lämmityshöyryn tarvetta.

3 MITTAUKSET

3.1 Mittaussuunnitelma

Koeajotilanteessa käsiventtiilin 42V116 (läppäventtiili) venttiilikulmaa säädetään kahteen eri arvoon (50 % ja 100 %), jolla saadaan hönkäpesurin kiertonesteelle kaksi eri massavirtausta. Molemmilla venttiilikulmilla haetaan optimi venttiilikulma automaattiventtiilille 42A3416, jolla saadaan pidettyä hönkäpesurin kiertonesteen lämpötila arvoissa 40 °C, 45 °C ja 55 °C.

Ajotilanteissa mitataan lämmönvaihtimien 42W180 ja 42W181 tulevat ja lähtevät lämpötilat ja virtaukset. Koeajon tarkoituksena on löytää sellainen ajotilanne, jossa lisävesi on kuumimmillaan lämmönvaihtimen 42W181 jälkeen.

Koeajoja suoritetaan yhteensä seitsemän. Molemmilla käsiventtiilin venttiilikulmilla kolme ajotilannetta ja tämän lisäksi laitetoimittajan pyynnöstä koeajotilanne, jossa hönkäpesurin kiertonesteen virtaus on suhteutettuna sen hetkiseen tuotantotilanteeseen.

3.2 Mittauksessa käytettävät mittalaitteet

Mittauksessa mitattiin virtausten lämpötilat putkien pinnasta loggereiden avulla. Johtojen kosketuspinnat olivat eristetty mittauksien aikana, jotta ympäristön lämpötilalla olisi mahdollisimman pieni vaikutus mitattaviin lämpötiloihin ja näin ollen saataisiin mahdollisimman tarkka tulos. Virtaukset mitattiin Krohne UFM 610P ultraäänimittarilla putkien pinnasta. Putkien seinämäpaksuuksien selvittämiseksi käytettiin ultraäänipaksuusmittaria. Tätä tietoa tarvittiin ultraäänimittareiden käytössä.

3.3 Mittauspisteet

- 1 Jäähdytysveden lämpötila ennen lämmönvaihdinta 42W180
- 2.1 Jäähdytysveden lämpötila lämmönvaihtimen 42W180 jälkeen
- 2.2 Jäähdytysveden tilavuusvirta
- 3 Jäähdytysveden lämpötila ennen lämmönvaihdinta 42W181
- 4 Jäähdytysveden lämpötila lämmönvaihtimen 42W181 jälkeen
- 5 Hönkäpesurin kiertonesteen lämpötila ennen lämmönvaihdinta 42W180
- 6.1 Hönkäpesurin kiertonesteen lämpötila lämmönvaihtimen 42W180 jälkeen
- 6.2 Hönkäpesurin kiertonesteen tilavuusvirta
- 7 Lisäveden lämpötila ennen lämmönvaihdinta 42W181
- 8 Lisäveden lämpötila lämmönvaihtimen 42W181 jälkeen
- 9 Lisäveden lämpötila ennen lämmönvaihdinta 45W016
- 10 Lisäveden lämpötila lämmönvaihtimen 45W016 jälkeen
- 11.1 Lisäveden lämpötila lämmönvaihtimen 45W003 jälkeen
- 11.2 Lisäveden massavirta
- 12 Juppisäiliön ulospuhalluksen lämpötila ennen lämmönvaihdinta 45W016
- 13 Juppisäiliön ulospuhalluksen lämpötila lämmönvaihtimen 45W016 jälkeen
- 14 Syöttövesisäiliön paine
- 15 Syöttövesisäiliön lämpötila
- 16 Hönkäpesurin kiertonesteen paine pumpun 42P184 jälkeen
- 17 Hönkäpesurin kiertonesteen paine pumpun 42P185 jälkeen
- 18 Höngän lämpötila hönkäpesurin jälkeen
- 19 Höngän lämpötila ennen hönkäpesuria
- 20 Kiertonesteen poisto
- 21 Lämmityshöyryn määrä syöttövesisäiliölle
- 22 Syöttövesisäiliön höngän lämpötila ennen lämmönvaihdinta 45W003
- 23 Syöttövesisäiliön höngän lämpötila lämmönvaihtimen 45W003 jälkeen

Mittauspisteet on esitetty erillisessä liitteessä. (Liite 1)

3.4 Mittaustulokset

Mittaustulokset on esitetty taulukoituna erillisinä liitteinä. (Liitteet 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

3.5 Mittaustulosten arviointi

Mittaustuloksien tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä oli mittaustavoissa sekä prosessissa. Lämpötilojen mittaus suoritettiin putkien pinnalta, jonka seurauksena lämpötiloissa saattaa olla pientä heittoa. Epätarkkuutta tuloksiin saattoi syntyä myös, koska mittalaitteiden lukemat eivät ole täysin samanaikaisesti luettuja. Tämän olisi voinut minimoida tallentamalla mittaustulokset mittalaitteiden muistiin. Mittauksien helpottamiseksi lukemat kirjattiin kuitenkin koeajohetkellä. Mittauksissa syntyneet virheet eivät ole kuitenkaan niin suuria, että niillä olisi merkittävää vaikutusta opinnäytetyön lopputulokseen.

Prosessin vaikutuksesta syntyviä mittausvirheitä pienennettiin ajamalla koeajohetkellä mittaukseen liittyvää prosessin osaa käsiajolla. Prosessissa oli kuitenkin tekijöitä, joita ei voinut käytännössä saada täysin tasaisiksi, joka vaikutti osittain mittaustulokseen. Liuotussäiliö oli esimerkiksi sellainen, että sen tilaa oli käytännössä mahdotonta pitää tasaisena koko koeajojakson ajan. Siihen vaikutti kattilasta tulevan kemikaalisulan määrä, joka saattoi heilua hetkellisesti. Tämän seurauksena liuottajalta tulevan höngän lämpötila saattoi heilua, joka taas vaikutti hönkäpesurin ja sen kiertonesteen lämpötilaan. Näillä ei kuitenkaan ole suurta vaikutusta opinnäytetyön lopputulokseen.

4 LASKELMAT

Laskelmissa on käytetty koeajoissa 2 ja 3 saatuja mittausarvoja. Kiertonesteen lämpötilan ollessa 45 °C, käytetään koeajon 2 mittausarvoja ja kun kiertonesteen lämpötila on 55 °C, käytetään koeajon 3 mittausarvoja. Mittauspöytäkirjat löytyvät liitteinä. (Liitteet 2, 3) Laskelmissa on oletettu, että matalapainehöyryn myynti on mahdollista ympäri vuoden.

4.1 Lämmönvaihtimien lämpötilahyötysuhteet

Lämmönvaihtimien lämpötilahyötysuhde lasketaan kaavalla

$$\varepsilon = \frac{t_2 - t_1}{t_5 - t_1} \quad (1)$$

, missä ε = lämpötilahyötysuhde

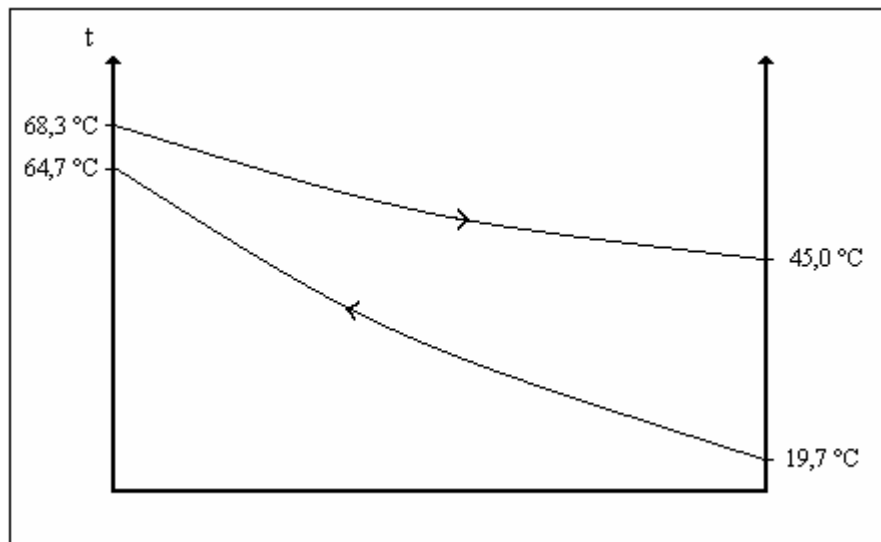
t_1 = vastaanottavan virtauksen lämpötila ennen lämmönvaihdinta (°C)

t_2 = vastaanottavan virtauksen lämpötila lämmönvaihtimen jälkeen (°C)

t_5 = luovuttavan virtauksen lämpötila ennen lämmönvaihdinta (°C)

4.1.1 Lämmönvaihdin 42W180

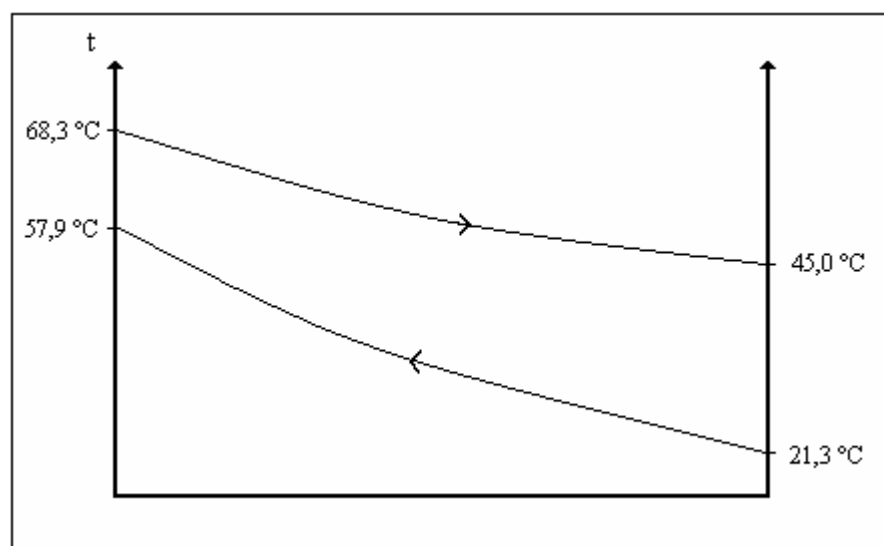
$$\varepsilon = \frac{(64,7 - 19,7)^\circ\text{C}}{(68,3 - 19,7)^\circ\text{C}} = \frac{45,0^\circ\text{C}}{48,6^\circ\text{C}} = 0,926$$



Kuva 6. Lämmönvaihtimen 42W180 lämpötilakuvaaja

4.1.2 Lämmönvaihdin 42W181

$$\varepsilon = \frac{(57,9 - 21,3)^{\circ}\text{C}}{(64,7 - 21,3)^{\circ}\text{C}} = \frac{36,6^{\circ}\text{C}}{43,4^{\circ}\text{C}} = 0,843$$



Kuva7. Lämmönvaihtimen 42W180 lämpötilakuvaaja

Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa on esitetty lämmönvaihtimien lämpötilahyötysuhteet eri koeajotilanteissa. (Taulukko 1)

Taulukko 1. Lämmönvaihtimien lämpötilahyötysuhteet

Lämmönvaihdin	KOEAJO						
	1	2	3	4	5	6	7
42W180	0,892	0,926	0,964	0,898	0,945	0,967	0,898
42W181	0,859	0,843	0,753	0,882	0,846	0,781	0,844

4.2 Lämmönvaihtimien tehot

Lämmönvaihtimien teho lasketaan kaavalla

$$\phi = \rho_t \cdot q_v \cdot c_t \cdot \Delta t \quad (2)$$

,missä ϕ = lämmönvaihtimen teho (kW)

ρ_t = virtaavan nesteen tiheys (kg/l)

q_v = tilavuusvirta (l/s)

c_t = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)

Δt = virtaavan nesteen lämpötilan muutos (°C)

4.2.1 Lämmönvaihdin 42W180

$$\begin{aligned} \phi &= 0,980 \text{ kg/l} \cdot 62,2 \text{ l/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (64,7 - 19,7)^\circ\text{C} \\ &= 11498 \text{ kW} \\ &= 11,50 \text{ MW} \end{aligned}$$

4.2.2 Lämmönvaihdin 42W181

$$\begin{aligned} \phi &= 0,987 \text{ kg/l} \cdot 62,2 \text{ l/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (57,9 - 21,3)^\circ\text{C} \\ &= 9392 \text{ kW} \\ &= 9,39 \text{ MW} \end{aligned}$$

Alla olevassa taulukossa on esitetty lämmönvaihtimien tehot eri koeajotilanteissa.
(Taulukko 2)

Taulukko 2. Lämmönvaihtimien tehot

Lämmönvaihdin	KOEAJO						
	1	2	3	4	5	6	7
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]
42W180	10,40	11,50	14,36	8,59	11,41	13,68	10,84
42W181	8,56	9,39	10,51	7,10	8,69	9,79	8,62

4.3 Kiertonesteen lämpötilan nostolla saatava säästö

Kiertonesteestä saatava lämpöteho lasketaan kaavalla

$$\dot{\phi}_{\text{kiertoneste}} = \dot{m} \cdot c_t \cdot \Delta t \quad (3)$$

,missä ϕ = kiertonesteestä saatava lämpöteho (kW)

\dot{m} = massavirta (kg/s)

c_t = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)

Δt = lämpötilan muutos (°C)

$$\begin{aligned} \phi_{40^\circ\text{C}} &= 29,2 \text{ kg/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 62,2^\circ\text{C} \\ &= 7591 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{45^\circ\text{C}} &= 29,8 \text{ kg/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 68,1^\circ\text{C} \\ &= 8503 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{55^\circ\text{C}} &= 29,8 \text{ kg/s} \cdot 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 68,1^\circ\text{C} \\ &= 8596 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kiertonesteen lämpötilan nostolla saatu säästö lasketaan kaavalla

$$\dot{\phi}_{\text{säästö}} = \dot{\phi}_2 - \dot{\phi}_{40^\circ\text{C}} \quad (4)$$

,missä $\dot{\phi}_{\text{säästö}}$ = saatu säästö (kW)

$\dot{\phi}_2$ = nostetusta kiertonesteen lämpötilasta saatava lämpöteho (kW)

$\dot{\phi}_{40^\circ\text{C}}$ = kiertonesteestä saatu lämpöteho, nesteen lämpötilassa 40 °C (kW)

4.3.1 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_{\text{säästö}} &= \dot{\phi}_{45^\circ\text{C}} - \dot{\phi}_{40^\circ\text{C}} \\ &= 8503\text{kW} - 7591\text{kW} \\ &= 912\text{kW} \end{aligned}$$

4.3.2 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_{\text{säästö}} &= \dot{\phi}_{55^\circ\text{C}} - \dot{\phi}_{40^\circ\text{C}} \\ &= 8596\text{kW} - 7591\text{kW} \\ &= 1005\text{kW} \end{aligned}$$

4.4 Säästetty höyryn määrä

Laskuissa on oletettu, että kiertonesteen lämpötilan noususta saatava säästö on suoraan verrannollinen säästävän höyryn määrään.

Säästävän höyryn määrä lasketaan kaavalla

$$\dot{\Delta m}_{\text{höyry}} = \frac{\Delta \dot{\phi}_{\text{höyry}}}{h_{148^\circ\text{C}}} \quad (5)$$

,missä $\dot{\Delta m}_{\text{höyry}} = \text{höyryn massavirran muutos (kg/s)}$
 $\Delta \phi_{\text{höyry}} = \text{säästyneen höyryn lämpöteho (kW)}$
 $h_{148^\circ\text{C}} = \text{höyryn enthalpia (3,5bar, 148°C) (kJ/kg)}$

4.4.1 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een

$$\dot{\Delta m}_{\text{höyry}} = \frac{912\text{kW}}{2750\text{kJ/kg}} = 0,334\text{kg/s}$$

4.4.2 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een

$$\dot{\Delta m}_{\text{höyry}} = \frac{1005\text{kW}}{2750\text{kJ/kg}} = 0,365\text{kg/s}$$

4.5 Säästyvän höyryn myynnistä saatava tuotto

Höyrystä saatava vuotuinen tuotto lasketaan kaavalla

$$\Delta W_{\text{höyry}} = \dot{\Delta m}_{\text{höyry}} \cdot h_{3,5\text{bar}} \cdot t_{k/a} \quad (6)$$

missä, $\Delta W_{\text{höyry}} = \text{vuodessa säästynyt höyryn määrä (kWh/a)}$

$\dot{\Delta m}_{\text{höyry}} = \text{säästynyt höyryn määrä (kg/s)}$

$h_{3,5\text{bar}} = \text{höyryn enthalpia (3,5bar, 148°C) (kJ/kg)}$

$t_{k/a} = \text{tehtaan käyntiaika vuodessa (h/a)}$

Tästä saatava raha lasketaan kaavalla

$$\text{Raha} = \Delta W_{\text{höyry}} \cdot \text{höyryn hinta} \quad (7)$$

4.5.1 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een

$$\begin{aligned}\Delta W_{\text{höyry}} &= 0,334 \text{ kg/s} \cdot 2750 \text{ kJ/kg} \cdot 8520 \text{ h/a} \\ &= 7825620 \text{ kWh/a} \\ &= 7825 \text{ MWh/a}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Raha} &= 7825 \text{ MWh/a} \cdot 10 \text{ €/MWh} \\ &= 78250 \text{ €/a}\end{aligned}$$

4.5.2 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een

$$\begin{aligned}\Delta W_{\text{höyry}} &= 0,365 \text{ kg/s} \cdot 2750 \text{ kJ/kg} \cdot 8520 \text{ h/a} \\ &= 8551950 \text{ kWh/a} \\ &= 8551 \text{ MWh/a}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Raha} &= 8551 \text{ MWh/a} \cdot 10 \text{ €/MWh} \\ &= 85510 \text{ €/a}\end{aligned}$$

4.6 Mahdollinen lisäys sähkön tuotantoon

Tässä kappaleessa on laskettu sähkön tuotannon lisäys, jos tehtaassa olisi lauhdeturbiini. Tämä mahdollistaisi säästetyn matalapainehöyryn muuttamisen sähköksi. Laskuissa on oletettu, että lauhdeturbiinin avulla höyryn paine putoaa 0,05 bar. Sähkön hintana on käytetty 50 €/MWh, joka oli opinnäytetyötä tehdessä realistinen arvio sähkön myyntihinnaksi.

Sähkön tuotannon lisäys vuodessa lasketaan kaavalla

$$\Delta W_{\text{sähkö}} = \dot{m}_{\text{höyry}} \cdot (h_{3,5\text{bar}} - h_{0,05\text{bar}}) \cdot \eta_{\text{mek}} \cdot \eta_{\text{gen}} \cdot t_{k/a} \quad (8)$$

, missä $\Delta W_{sähkö}$ = sähkön tuotannon lisäys vuodessa (kWh/a)

$\dot{m}_{höyry}$ = höyryn massavirta (kg/s)

$h_{3,5bar}$ = höyryn enthalpia (3,5bar , 148°C) (kJ/kg)

$h_{0,05bar}$ = höyryn enthalpia (0,05bar , x=0,9) (kJ/kg)

η_{mek} = mekaaninen hyötysuhde

η_{gen} = generaattorin hyötysuhde

$t_{k/a}$ = tehtaan käyntiaika vuodessa (h/a)

Tästä saatava raha lasketaan kaavalla

$$\text{Raha} = \Delta W_{sähkö} \cdot \text{Sähkön hinta} \quad (9)$$

4.6.1 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 45 °C:een

$$\begin{aligned} \Delta W_{sähkö} &= 0,334 \text{ kg/s} \cdot (2750 - 2320) \text{ kJ/kg} \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 8520 \text{ h/a} \\ &= 1175189 \text{ kWh/a} \\ &= 1175 \text{ MWh/a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Raha} &= 1175 \text{ MWh/a} \cdot 50 \text{ €/MWh} \\ &= 58750 \text{ €/a} \end{aligned}$$

4.6.2 Kiertonesteen lämpötilan noustessa 55 °C:een

$$\begin{aligned} \Delta P_{sähkö} &= 0,365 \text{ kg/s} \cdot (2750 - 2320) \text{ kJ/kg} \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 8520 \text{ h/a} \\ &= 1284262 \text{ kWh/a} \\ &= 1284 \text{ MWh/a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Raha} &= 1284 \text{ MWh/a} \cdot 50 \text{ €/MWh} \\ &= 64200 \text{ €/a} \end{aligned}$$

4.7 Saatava säästö ilman kiertonesteen lämpötilan nousua

Tässä kappaleessa on laskettu hönkäpesurin kiertonesteen lämpötehosta saatava säästö, kun verrataan tilanteeseen jossa lämmönvaihdin 42W181 on ohitettu eli kiertonesteestä saatavaa lämpötehoa ei hyödynnetä lisäveden. Laskuissa oletetaan, että kyseisellä lämmönvaihtimella tapahtuva lämpötilan nousu on suoraan verrannollinen lisäveden lämpötilaan ennen syöttövesisäiliötä. Näin ollen voidaan olettaa, että lämmönvaihtimen ollessa ohitettuna lisäveden lämpötila pienenee sen verran, mitä se nousisi lämmönvaihtimen ollessa ajolla.

Kiertonesteestä saatava lämpöteho, kun kiertonesteen lämpötila on nykyinen 40 °C

$$\phi_{40^{\circ}\text{C}} = 29,2\text{kg} / \text{s} \cdot 4,18\text{kJ} / \text{kg}^{\circ}\text{C} \cdot (62,2 - 28,8)^{\circ}\text{C} = 4076\text{kW}$$

Lisäveden esilämmityksen ansiosta säästetty syöttövesisäiliön lämmityshöyry

$$\dot{\Delta m}_{\text{höyry}} = \frac{4076\text{kWh}}{2750\text{kJ} / \text{kg}} = 1,48\text{kg} / \text{s}$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{höyry}} &= 1,48\text{kg} / \text{s} \cdot 2750\text{kJ} / \text{kg} \cdot 8520\text{h} / \text{a} \\ &= 34676400\text{kWh} / \text{a} \\ &= 34676\text{MWh} / \text{a} \end{aligned}$$

Höyrystä saatava raha

$$\begin{aligned} \text{Raha} &= 34676\text{MWh} / \text{a} \cdot 10\text{€} / \text{MWh} \\ &= 346760\text{€} / \text{a} \end{aligned}$$

Höyrystä saatava raha, jos säästynyt höyry määrä muutetaan sähköksi

$$\Delta W_{\text{sähkö}} = 1,48\text{kg} / \text{s} \cdot (2750 - 2320)\text{kJ} / \text{kg} \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 8520\text{h} / \text{a}$$

$$= 5207411kWh/a$$

$$= 5207MWh/a$$

$$Raha = 5207MWh/a \cdot 50\text{€} / MWh$$

$$= 260350\text{€} / a$$

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä opinnäytetyö tehtiin Oy Metsä-Botnia Ab:n Rauman tehtailla. Työn tavoitteena oli hakea optimi ajotilanne, jossa lämmönvaihtimen 42W181 jälkeisen lisäveden lämpötila olisi mahdollisimman korkea, syöttövesisäiliön lämmityshöyryn vähentämiseksi. Opinnäytetyössä huomattiin, että hönkäpesurin kiertonesteen lämpötilan nostolla on mahdollisuus saada säästöä. Kiertonesteen lämpötilaa nostettaessa nykyisestä 40 °C:ta 45 °C:een saadaan säästöä 78 250 € vuodessa. Säästöä syntyy säästyneestä matalapainehöyrystä, joka voidaan mahdollisesti myydä eteenpäin. Lämpötilan nostolla ei ollut myöskään merkittävää vaikutusta hönkäpesurin toimintaan, vaan pesurin toiminta pysyy ennallaan muutoksesta huolimatta. Koeajoissa ajettiin hönkäpesuria myös niin, että kiertonesteen lämpötila nostettiin 55 °C:een, jolloin säästö olisi ollut suurempi. Ajohetkellä huomattiin kuitenkin, että kiertonesteen lämpötilan ollessa 55 °C, prosessi oli liian herkkä muutoksille. Tällöin käy niin, että lämpötila nousee liian helposti hallitsemattomasti yli lukitusrajan, jolloin liuotussäiliön hönkä kääntyy savupiippuun. Tämän hetkisillä kytkennöillä ja säädöillä ei siis ole mahdollista ajaa korkeammalla kiertonesteen lämpötilalla. Tulevaisuudessa mahdollinen lisäsäästö on kuitenkin mahdollista hyödyntää kehittämällä pesuria niin, että lämpötilat pysyvät paremmin hallinnassa.

Laskelmissa on oletettu, että matalapainehöyryn myynti olisi ympärivuotista. Todellisuudessa tilanne on kuitenkin niin, että höyrylle löytyy ostaja vain talvella, jolloin kulutus on suurempi. Tästä johtuen höyryn myyminen ei ole todellisuudessa niin tuottavaa kuin laskelmat osoittavat.

Opinnäytetyössä laskettiin mahdollinen säästö, jos tehtaalla olisi lauhdeturbiini säästetyn matalapainehöyryn muuttamiseksi sähköksi. Jos tämä olisi mahdollista säästetystä höyrystä saataisiin vuodessa 58 750 €.

Koeajossa huomattiin lisäksi, että jäähdytysveden maksimi virtaus ei riitä tilanteessa, jossa kattilan tuotanto on korkea, vaan virtaus on 20 % mitoitettua pie-

nempi. Tämän seurauksena hönkäpesurin kiertonesteen lämpötila nousee liian korkeaksi. Ongelma on suuri erityisesti kesäaikana, jolloin tulevan jäähdytysveden lämpötila on muuhun vuoden aikaan nähden korkeampi.

Opinnäytetyön tuloksena todettiin, että prosessin hienosäädöillä on perustellusti mahdollista saada huomattavia säästöjä aikaiseksi ilman lisäinvestointeja.

LÄHTEET

1. www.metsabotnia.com [viitattu 12.9.2008]
2. Botnia Rauman tehtaan esittelymateriaali
3. Know Pulp 6.0 (12/2007) [viitattu 12.9.2008]
4. Markku Huhtinen, Arto Kettunen, Pasi Nurminen, Heikki Pakkanen. Höyrykattilatekniikka. 6.p. Helsinki. Edita Prima Oy, 2004. 379s.
5. Pekka Zenger. Voimalaitokset kurssin luentomateriaali. 2007.
6. Andritz. Liuottajan hönkien käsittely ja poltto soodakattilassa, Toimintaselostus ja käyttöohje. 6.6.2008
7. Soodakattila käyttöohjeet. Revisio A. 1996.
8. Pekka Zenger. Lämmönsiirtotekniikka kurssin luentomateriaali. 2006

LIITTEET

LIITE 1 Mittauspisteet

LIITE 2 Koeajon 1 mittauspöytäkirja

LIITE 3 Koeajon 2 mittauspöytäkirja

LIITE 4 Koeajon 3 mittauspöytäkirja

LIITE 5 Koeajon 4 mittauspöytäkirja

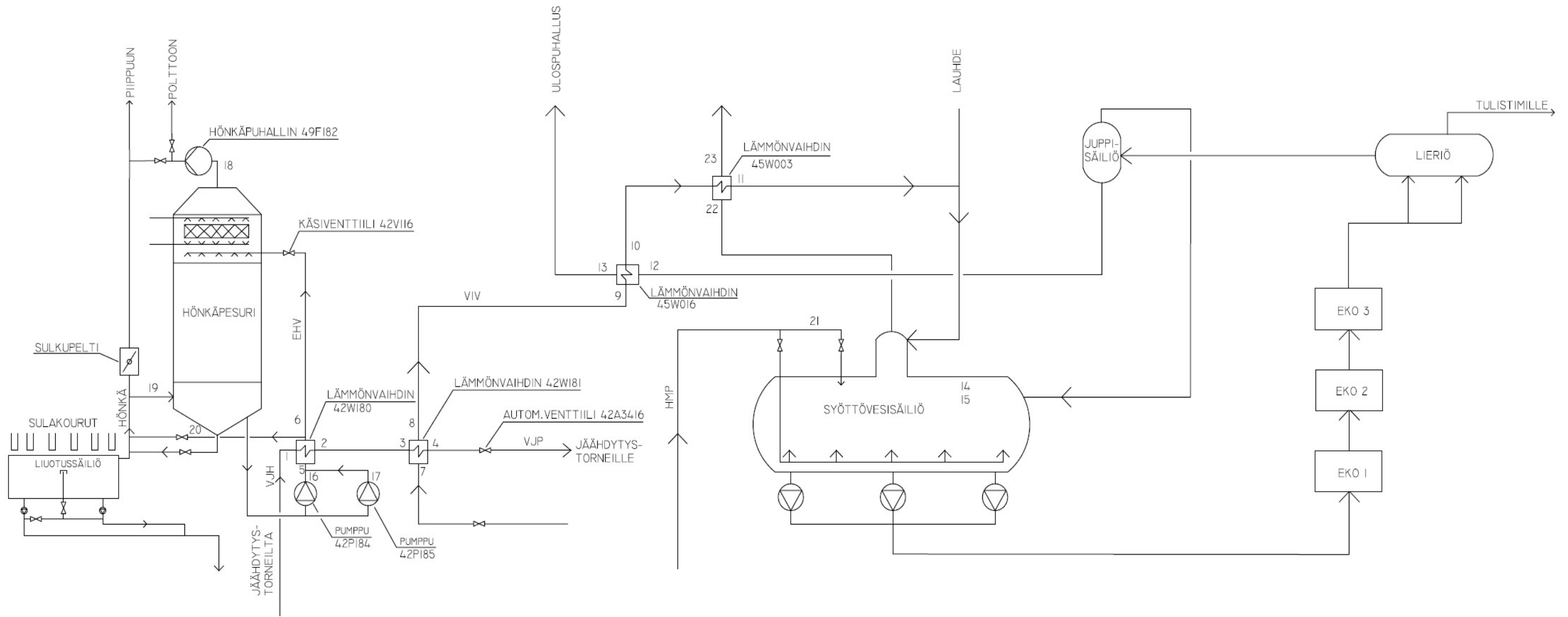
LIITE 6 Koeajon 5 mittauspöytäkirja

LIITE 7 Koeajon 6 mittauspöytäkirja

LIITE 8 Koeajon 7 mittauspöytäkirja

LIITE 9 Virtauskaavio Liuottajan hönkäpesuri

LIITE 10 Virtauskaavio Liuottajan hönkien poltto soodakattilassa



Koeajo 1

Poltto 24,0 l/sTuotanto 2245 t/dPvm ja klo 19.9.2008 09:40Mittauksessa mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja Andritz

Venttiilikulmat

42V116 50 % ja 42A3416 62 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	19,7	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	60,3	-	62,2 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	57,2	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	44,7	-	-		
5	Kiertoneste		X	65,2	-	-		
6	Kiertoneste		X	41,1	-	108,9 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,4	-	-		
8	Lisävesi		X	54,8	-	-		
9	Lisävesi		X	53,8	-	-		
10	Lisävesi		X	57,0	-	-		
11	Lisävesi		X	62,2	-	29,2 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	107,4	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	59,1	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,58	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		109	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	4,27	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	4,32	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		41	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	66 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	5,0 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	2,4 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	101,9	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	60,8	-	-		

Koeajo 2

Poltto 23,0 l/sTuotanto 2159 t/dPvm ja klo 19.9.2008 09:57Mittauksessa mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja AndritzVenttiilikulmat 42V116 50 % ja 42A3416 55 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	19,7	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	64,7	-	53,6 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	61,7	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	45,5	-	-		
5	Kiertoneste		X	68,3	-	-		
6	Kiertoneste		X	45,0	-	100,6 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,3	-	-		
8	Lisävesi		X	57,9	-	-		
9	Lisävesi		X	59,9	-	-		
10	Lisävesi		X	63,6	-	-		
11	Lisävesi		X	68,1	-	29,8 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	107,1	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	66,0	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,58	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		109	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	4,23	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	4,27	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		48	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	70 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	5,8 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	3,7 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	102,5	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	67,1	-	-		

Koeajo 3

Pvm ja klo

19.9.2008 10:28

Mittauksessa

mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja Andritz

Poltto

22,9 l/sTuotanto 2150 t/d

Venttiilikulmat

42V116 50 % ja 42A3416 50 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	19,9	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	76,3	-	30,1 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	69,6	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	44,9	-	-		
5	Kiertoneste		X	78,4	-	-		
6	Kiertoneste		X	56,1	-	100,4 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,7	-	-		
8	Lisävesi		X	62,8	-	-		
9	Lisävesi		X	61,9	-	-		
10	Lisävesi		X	65,5	-	-		
11	Lisävesi		X	70,5	-	29,1 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	107,6	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	68,1	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,62	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		109	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	4,23	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	4,28	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		59	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	68 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	3,9 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	4,3 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	103,0	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	68,4	-	-		

Koeajo 4

Pvm ja klo

19.9.2008 11:07

Mittauksessa

mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja Andritz

Poltto

23,1 l/sTuotanto 2167 t/d

Venttiilikulmat

42V116 100 % ja 42A3416 67 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	19,4	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	52,7	-	62,4 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	50,6	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	41,9	-	-		
5	Kiertoneste		X	56,5	-	-		
6	Kiertoneste		X	39,1	-	124,2 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,4	-	-		
8	Lisävesi		X	49,0	-	-		
9	Lisävesi		X	51,2	-	-		
10	Lisävesi		X	53,3	-	-		
11	Lisävesi		X	59,6	-	29,4 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	106,8	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	55,4	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,57	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		109	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	3,76	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	3,88	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		41	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	68 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	5,0 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	4,6 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	102,1	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	57,7	-	-		

Koeajo 5

Pvm ja klo 19.9.2008 11:42Mittauksessa mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja AndritzPoltto 23,1 l/sTuotanto 2164 t/dVenttiilikulmat 42V116 100 % ja 42A3416 54 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	18,3	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	62,8	-	51,4 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	60,0	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	44,9	-	-		
5	Kiertoneste		X	65,4	-	-		
6	Kiertoneste		X	46,9	-	127,8 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,3	-	-		
8	Lisävesi		X	56,4	-	-		
9	Lisävesi		X	56,4	-	-		
10	Lisävesi		X	59,7	-	-		
11	Lisävesi		X	65,8	-	29,0 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	108,4	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	61,6	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,67	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		110	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	3,74	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	3,86	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		47	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	71 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	4,5 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	4,4 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	102,8	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	64,0	-	-		

Koeajo 6

Poltto 23,1 l/sTuotanto 2170 t/dPvm ja klo 19.9.2008 12:08Mittauksessa mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja AndritzVenttiilikulmat 42V116 100 % ja 42A3416 44 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	18,3	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	71,7	-	35,0 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	67,5	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	44,0	-	-		
5	Kiertoneste		X	72,9	-	-		
6	Kiertoneste		X	56,5	-	129,2 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,4	-	-		
8	Lisävesi		X	60,7	-	-		
9	Lisävesi		X	60,3	-	-		
10	Lisävesi		X	63,5	-	-		
11	Lisävesi		X	68,8	-	29,1 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	107,0	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	65,2	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,57	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		109	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	3,71	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	3,83	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		56	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	67 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	4,2 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	4,9 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	102,8	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	67,6	-	-		

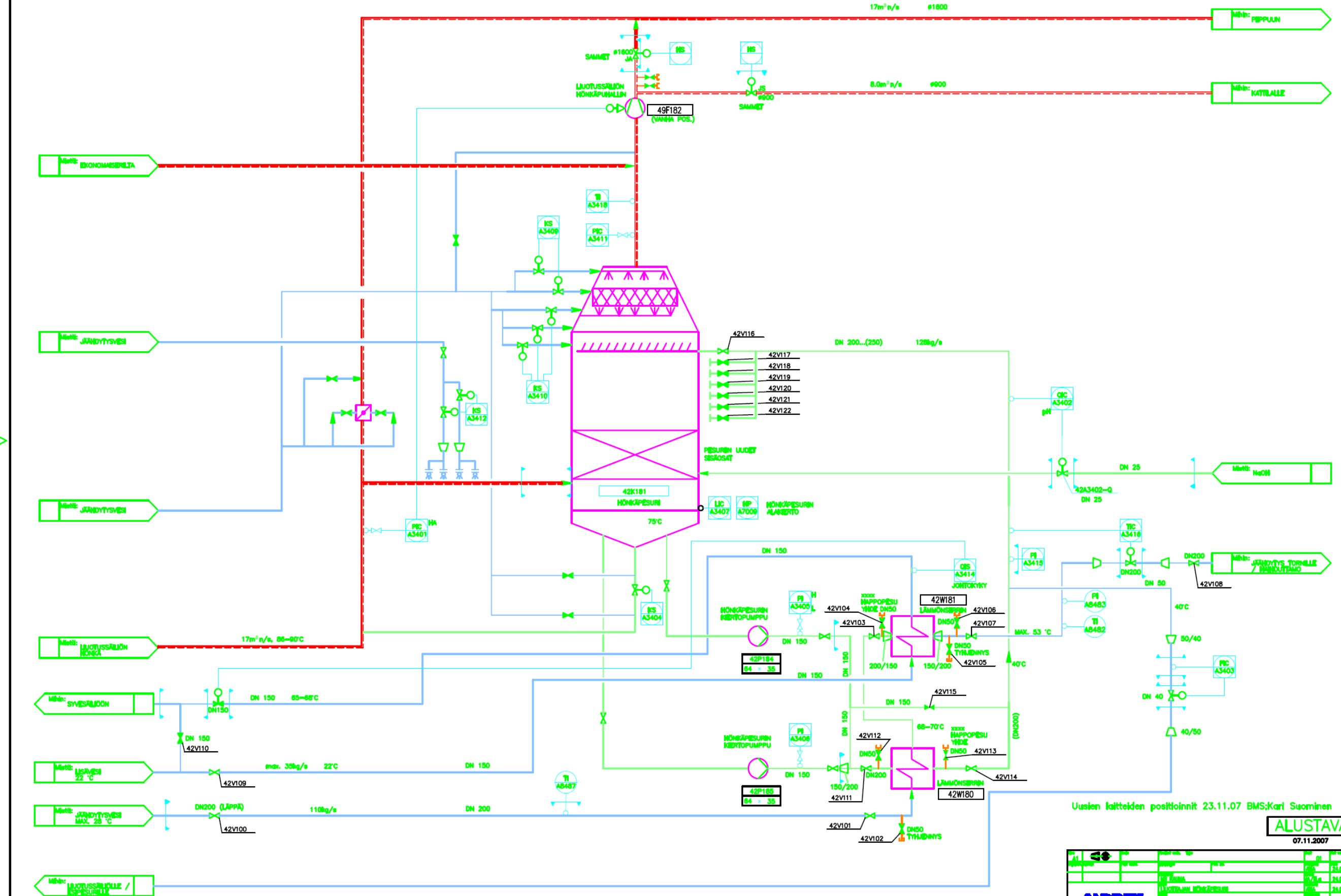
Koeajo 7

Poltto 23,1 l/sTuotanto 2172 t/dPvm ja klo 19.9.2008 13:17Mittauksessa mukana: Marko Eeva, Matti Alamaa ja AndritzVenttiilikulmat 42V116 35 % ja 42A3416 55 %

Mittauspiste	Mitattava suure	Damatic	Logger -mittaus	Lämpötila [°C]	Paine [bar]	Virtaus	Damatic positio	Lisätiedot
1	Jäähdytysvesi, tulo		X	18,8	-	-		
2	Jäähdytysvesi, tulo		X	61,1	-	43,7 l/s*		* UÄ -mittari
3	Jäähdytysvesi, tulo		X	57,9	-	-		
4	Jäähdytysvesi, paluu		X	43,9	-	-		
5	Kiertoneste		X	65,9	-	-		
6	Kiertoneste		X	40,1	-	80,0 l/s*		* UÄ - mittari
7	Lisävesi		X	21,3	-	-		
8	Lisävesi		X	54,9	-	-		
9	Lisävesi		X	56,5	-	-		
10	Lisävesi		X	60,0	-	-		
11	Lisävesi		X	67,2	-	29,4 kg/s	45A1109-FIQ	
12	Juppisäiliön ulospuhallus		X	108,6	-	-		
13	Juppisäiliön ulospuhallus		X	62,0	-	-		
14	SYVE-säiliön p	X		-	0,69	-	45A1105-PC	
15	SYVE-säiliön t	X		110	-	-	45A1106-TI	
16	Pumpun 42P184 jälkeinen p	X		-	4,45	-	42A3405-PI	
17	Pumpun 42P185 jälkeinen p	X		-	4,51	-	42A3406-PI	
18	Hönkä ulos	X		42	-	-	42A3418-TC	
19	Hönkä sisään		X	69 *	-	-		* pintalämpötila- mittari
20	Kiertonesteen poisto	X		-	-	6,7 l/s	42A3403-FC	
21	Lämmityshöyry (HMP) SYVE:lle	X		-	-	4,6 kg/s		
22	SYVE-säiliön hönkä		X	103,5	-	-		
23	SYVE-säiliön hönkä		X	63,7	-	-		

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

REV.	PVM	KUVAUS	MUUTT.	TARK.	HYVÄK.
A	27.9.2007	Piipputy	W/Ed	AW	AW
B	5.10.2007	Piipputy	W/Ed	AW	AW
C	7.11.2007	Piipputy	BLE	OP	



Uusien laitteiden positioinnit 23.11.07 BMS;Kari Suominen
ALUSTAVA
 07.11.2007

NO	PIK.	SIK.	SIK.	SIK.	SIK.	SIK.	SIK.	SIK.	SIK.
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Kaavioon 900775 !

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

