

Aki Koski-Tuuri

VOIMALAITOSKATTILAN ILMATASE

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2012

VOIMALAITOSKATTILAN ILMATASE

Koski-Tuuri Aki
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2012
Ohjaaja: Zenger Pekka
Sivumäärä: 40
Liitteitä: 5

Asiasanat: ilmatase, pölyturvallisuus, ilmavirrat

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia Pori Energian Aittaluodon chp-voimalaitoksen RT-kattilahuoneen ilmatase. Tarkoituksena oli määrittää mistä johtuu kattilahuoneen alipaineisuus. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta muuttaa polttoainekuljettimet alipaineiseksi, jolloin kuljettimista saatava ilmamäärä voitaisiin käyttää hyväksi kattilahuoneessa.

Työ aloitettiin mittaamalla, ja laitoksen omia mittauksia hyväksikäyttämällä, tulevat ja lähtevät ilmavirrat. Näiden perusteella saatiin käsitys siitä, kuinka paljon ilmataseessa on parantamisen varaa. Mittausten pohjalta laadittiin taselaskelmat.

Tuloksena saatiin puhaltimien tuottamat ilmamäärät, joita voitiin verrata kattilan palamisilmamäärään. Tuloksien pohjalta voitiin muodostaa parannusehdotuksia kattilahuoneen ilmasapainon parantamiseksi. Polttoainekuljettimien kohdalla tyydyttiin pintapuoliseen tarkasteluun ja kuljettimien paine-erojen mittaukseen. Mittaukset kuitenkin avasivat mahdollisuuden polttoainekuljettimien tarkempaan tutkimukseen.

AIR BALANCE OF POWER PLANT BOILER

Koski-Tuuri Aki

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and production engineering

May 2012

Supervisor: Zenger Pekka

Number of pages: 40

Appendices: 5

Keywords: air balance, dust safety, airflows

The topic of this thesis was to investigate the air balance in Pori Energias RT-boiler room. The purpose was to terminate what is the reason for the vacuum in the boiler room. The possibility to make the fuel carrier line to operate in vacuum state was also investigated. In which case the air sucked from the carries could be used in the boiler room.

The work started by measuring, and using the plants own measurements, incoming and outgoing air flows. From these measurements there was some idea how much there is to improve in the air balance. Leaning to the measurements some balance calculation was made.

As a result the amount of air for every blower was given which can be set against for the combustion air of the boiler. These results were used to make some proposal for improvement to the air balance on the boiler room. For the fuel carrier line only some basic inspection were made and the pressure difference was measured. However the results opened the opportunity to make some better analyses for the fuel carrier lines.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PORI ENERGIA OY.....	6
2.1	Yrityskuvaus	6
2.1.1	Aittaluodon voimalaitos	7
2.1.2	RT-kattila	8
2.2	Turvallisuus	8
3	RT-KATTILAN ILMATASE	10
3.1	Tuloilma kattilahuoneeseen	10
3.1.1	Kattilahuoneen puhaltimet	11
3.1.2	Prosessitilojen ilmanvaihto	11
3.1.3	Puhaltimien tuottama ilmamäärä 100 MW kattilateholla	12
3.1.4	Puhaltimien tuottama ilmamäärä 78 MW kattilateholla	17
3.1.5	Puhaltimien säätö	19
3.2	Paineenvaihtelut eri kerroksissa.....	20
3.3	Kattilahuoneen lämpötilaerot.....	22
3.4	Ilmankuluttajat	24
3.5	Kattilahuoneen ilmavirrat	26
3.6	Parannusehdotukset	27
3.6.1	Puhaltimien käyttö.....	27
3.6.2	Puhaltimien lämmitysilman imukanavat.....	29
3.6.3	Kattilarakennuksen lisälämmitys	30
3.6.4	Mahdolliset ongelmat.....	31
4	POLTTOAINEKULJETTIMIEN ALIPAINIESTUS.....	32
4.1	Polttoainekuljettimet.....	32
4.2	Polttoainekuljettimien painemittaus	33
4.3	ATEX-Turvallisuus	35
4.4	Polttoainekuljetinjärjestelmän ongelmakohdat.....	36
4.5	Kuljettimien alipaineistus	36
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tarkoituksena on laatia Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen RT-kattilalle yksityiskohtainen ilmataselaskenta sisältäen jokaiselle tuloilmapuhaltimelle tehdyn ilmamäärälaskennan. Työn avulla on tarkoitus selvittää kattilahuoneen ilmatasapaino. Insinööriyössä selvitettiin kattilarakennuksen tuloilmamäärä eri kerroksissa. Lisäksi työssä tutkittiin mahdollisuutta korvausilman ottamiseen polttoainekuljettimilta, jolloin kuljettimille saataisiin alipaine. Kuljettimien alipaineistaminen johtaisi siihen, että kuljettimista purkautuvan pölyn, esimerkiksi turvepöly, määrä kattilarakennuksessa vähentyisi tai loppuisi kokonaan. Turvepöly aiheuttaa kattilarakennuksessa paloturvallisuusriskin kuten esimerkiksi pölyräjähdys. Turvepöly vaikeuttaa työntekoa kattilarakennuksessa. Hienojakoinen pöly kulkeutuu olomuotonsa vuoksi helposti joka paikkaan. Tämän seurauksena turvepöly aiheuttaa turhia siivouskustannuksia.

Työssä käytettiin hyväksi TSI-mittaria sekä laitoksen omia mittausarvoja. Työssä apuna käytettiin eri lähdeaineistoa kuten esimerkiksi Energia Ekonon tekemää ilmamäärätarkastelua kattilarakennukseen. Opinnäytetyöhön liittyen haastateltiin sekä asiantuntijoita että Aittaluodon tehtaan omaa henkilökuntaa. Pölyturvallisuuteen liittyen tarkasteltiin erilaisia turvepölyyn liittyviä ATEX-standardeja.

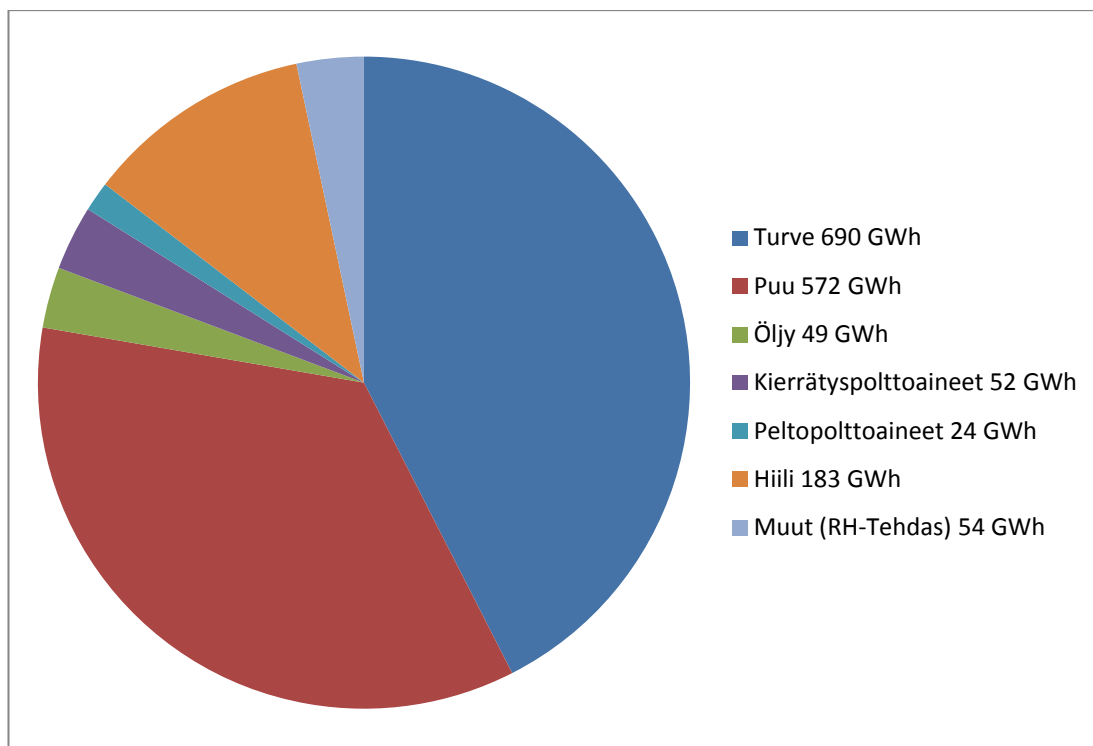
2 PORI ENERGIA OY

2.1 Yrityskuvaus

Pori Energia Oy on korkealuokkaisia energiapalveluja tuottava ja tarjoava yritys. Pori Energia Oy on vuonna 2006 perustettu kaupungin omistama yritys. Yritys syntyi, kun Porin Lämpövoima Oy osti Porin kaupungin energialaitoksen osakekannan, ja samassa yhteydessä laitoksen nimeksi muutettiin Pori Energia Oy. Pori Energian merkittävimmät tuotteet ovat sähkö, kaukolämpö, teollisuuden energiapalvelut sekä urakointi- ja kunnossapitopalvelut. Tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta Porin alueella yhteisyritys Dalkia AB:n kanssa. Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy vastaa energiapalveluiden tarjoamisesta teollisuusasiakkaille.

Pori Energia Oy:n oma voimalaitos sijaitsee Aittaluodossa. Harjavallan suurteollisuuspuistossa on tytäryhtiön Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy:n voimalaitos. Lisäksi Kaanaassa on Porin Prosessivoima Oy:n omistama voimalaitos, jonka käynnissäpidosta vastaa Pori Energian henkilökunta.

Vuonna 2010 Pori Energia Oy tuotti energiaa 1290 GWh sekä teollisuuden että kotitalouksien tarpeisiin. Tuotto jakautui kaukolämpöön (749 GWh), sähkөөn (314 GWh) ja prosessihöyryyn teollisuuden tarpeisiin (227 GWh). Energian tuottoon käytettyjen polttoaineiden kaavio on esitetty kuvassa 1./1/



Kuva 1. Pori Energian voimalaitosten käyttämät polttoaineet

2.1.1 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa vuodessa noin 500 GWh energiaa. Tuotannosta noin neljännes on kaukolämpöä, joka toimitetaan Porin ja Ulvilan kaukolämpöverkkoihin. Kaukolämmön lisäksi voimalaitoksella tuotetaan prosessihöyryä teollisuuden tarpeisiin sekä yhteistuotantona syntyvää sähköä Pori Energian asiakkaille. Voimalaitoksen polttoaineena käytetään pääasiassa kotimaista puuta ja turvetta.

Aittaluodon voimalaitoksen pääkoneiston muodostavat kaksi leijukerroskattilaa, joiden yhteinen lämpöteho on 206 MW sekä kaukolämpö- ja vastapaineturbiini. Voimalaitoksella on myös matalapainehöyrylämmönvaihtimia joiden yhteisteho on noin 90 MW. Aittaluodon voimalaitosta on jatkuvasti kehitetty, muun muassa voimalaitoksen polttotekniikka ja polttoainevarastointi on uudistettu 1990-luvulla. Samalla on kiinnitetty huomiota myös ympäristöystävällisyyden parantamiseen./1/

2.1.2 RT-kattila

RT-kattila on otettu käyttöön vuonna 1981 alun perin arinakattilaksi, ja se on muutettu leijukerroskattilaksi vuonna 1996. RT-kattila on Aittaluodon voimalaitoksen isoin kattila, ja toimii päälämmöntuottajana suurien lämpökuormien aikana. Tarkemmat tiedot kattilasta on esitetty taulukossa 1./2/

Taulukko 1. RT-kattilan tekniset arvot

Valmistaja	Oy W.Rosenlew AB, Pori
Leijukerrosmuutos	Kvaerner Pulping Oy, Tampere
Kattilateho	116 MW
Höyryn kehitys	44 kg/s
Tuorehöyryn paine	113 bar
Tuorehöyryn lämpötila	525°C

2.2 Turvallisuus

Pori Energia kantaa yrityksenä vastuun niin ympäristön kuin myös työntekijöiden turvallisuudesta. Pori Energia on satsannut paljon ympäristönsuojelua edistäviin hankkeisiin, sekä on ollut rohkeasti mukana ympäristöystävällisten energialähteiden käyttöönotossa. Pori Energia on ollut osaltaan turvaamassa ja vahvistamassa Porin seudun kestävästä kehitystä energiataloudessa. Yrityksen ammattitaitoinen ote antaa hyvän perustan toimia luotettavasti ja vastuullisesti energia-alalla. Yhteiset toimintatavat on kirjattu toimintajärjestelmään, jonka avulla toimintaa suunnitellaan, ohjataan ja kehitetään. Tunnustuksena jatkuvasta kehitystyöstä ja standardienmukaisuudesta Inspecta Sertifiointi Oy on myöntänyt Pori Energialle ISO 9001:2008 laatu-, ISO 14001:2004 ympäristö- ja OHSAS 18001:2007 turvallisuussertifikaatit./1/

Konsernissa toimii työsuojelutoimikunta, johon kuuluvat työsuojeluvaltuutetut, työsuojeluasiamiehet, työnantajan edustaja ja työsuojelupäällikkö. Työsuojelutoimikunnan toimintasuunnitelmaan sisältyy työturvallisuuden tietoisuuden lisäämistä koulu-

tusten ja harjoitusten sekä viestinnän avulla. Työsuojelutoimintaa toteutetaan suunnitelman mukaisesti./3/

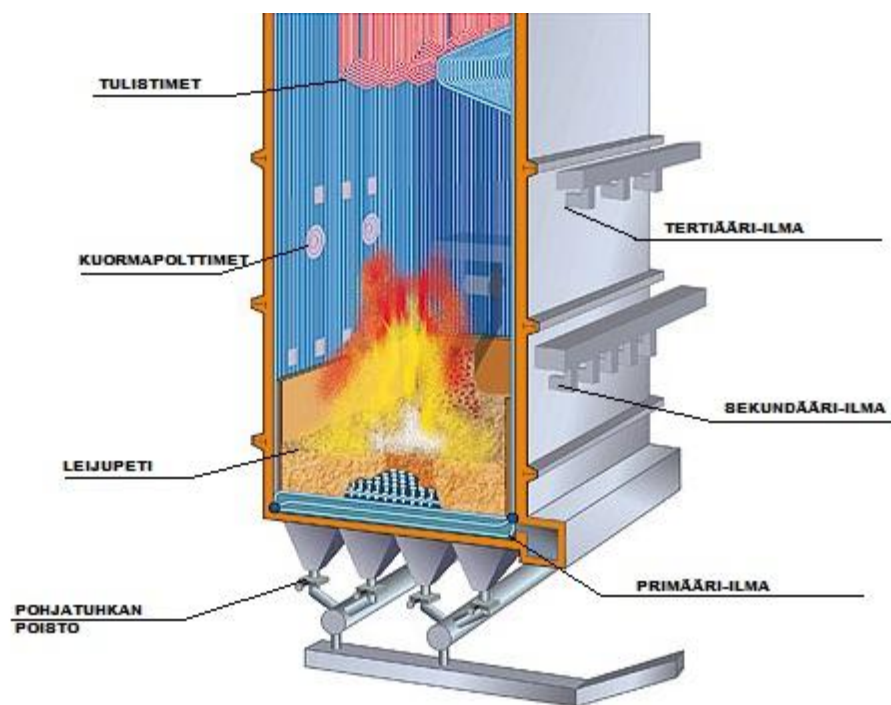
Opinnäytetyötäni aloittaessani minulle painotettiin turvallisuutta tehtaan tuotantotiloissa liikkuessani. Aloituspalaverissa Käyttöinsinööri Markku Santikko ja Käyttömestari Kari Nyqvist kertoivat tarvittavista suojarusteista sekä opastivat niiden käyttöä. Ensimmäinen tutustumiskäynti tuotantotiloihin tehtiin opastetusti. Käyttömestari perehdytti liikkumiseen kattilarakennuksessa. Tämän jälkeen sain luvan liikkua itsenäisesti tuotantotiloissa mittauksia tehdessäni, kunhan vain ilmoittaisin läsnäolostani vuoromestarille sekä noudattaisin Aittaluodon työmaaohjetta./4/

3 RT-KATTILAN ILMATASE

3.1 Tuloilma kattilahuoneeseen

Tuloilma kattilahuoneeseen hoidetaan yhteensä seitsemän puhaltimen toimesta. Puhaltimet TK 2, TF 1 ja TK 4/2 ottavat ilman suoraan ulkoa, puhaltimet TK 3, TK 4, TK 6 ja TK 5 esilämmittävät puhallettavaa ilmaa. Lämpö ilman lämmittämiseen saadaan kattilarakenteista vapautuneesta hukkalämmöstä. Lämpö vapautuu rakenteista johtumisen ja säteilyn kautta (=kattilahäviöt). Kattilahuoneeseen puhalletaan koko primääripuhaltimen ja sekundääri- sekä tertiääripuhaltimen tarvitsemat ilmamäärät, jotka imevät käydessään polttoprosessiin tarvittavan ilmamäärän. Ilma otetaan tuloilmakojeille ulkoa ja puhalletaan kattilahuoneeseen kojeiden kautta. Kattilan häviöistä syntyvää hukkalämpöä voidaan hyödyntää siten takaisin prosessissa, mikä parantaa kattilan hyötysuhdetta.

Primääri-ilma otetaan kerroksesta seitsemän, taso korkeudella 32m noin 30 °C lämpötilassa. Primääri-ilma jakautuu leiju- ja heittoilmaksi. Heittoilman osuus primääriilmasta on noin 10 %. Leijuilmalla on tarkoitus pitää leijupedissä tarvittava ilmamäärä. Heittoilmaa käytetään polttoaineen syötön yhteydessä, jotta polttoaine jakautuisi kattilaan tasaisemmin. Sekundääri- ja tertiääri-ilmoilla palaminen hoidetaan loppuun, sillä palaminen etenee vaiheittain kattilassa, ja leijupedissä (alaosassa) palaa vain osa syötetystä polttoaineesta. Kuvassa 2 on esitetty leijupetikattilan toimintaperiaate.



Kuva 2. Periaatekuva leijupetikattilasta/5/

3.1.1 Kattilahuoneen puhaltimet

Tuloilmaa laitokseen on johdettava kaikissa käyttötilanteissa vähintään palamisilman tarvetta vastaava määrä. Talviolosuhteissa palamisilmavirta riittää samalla ylläpitoon poistamiseen, mutta kesällä jäähdyttäminen edellyttää palamisilmavirtaa suurempaa ilmavirtaa. Sisään otettavan ilmavirran suuruutta arvioitaessa on tarkkailtava toisaalta kattilahallin alipainetta ulkoilmanpaineeseen verrattuna ja toisaalta työskentelytilojen lämpötiloja. Kattilan parhaan optimaalisen prosessin kannalta on kaikkien vaikuttavien tekijöiden oltava säädettävissä tämän tilan saavuttamiseksi./6/

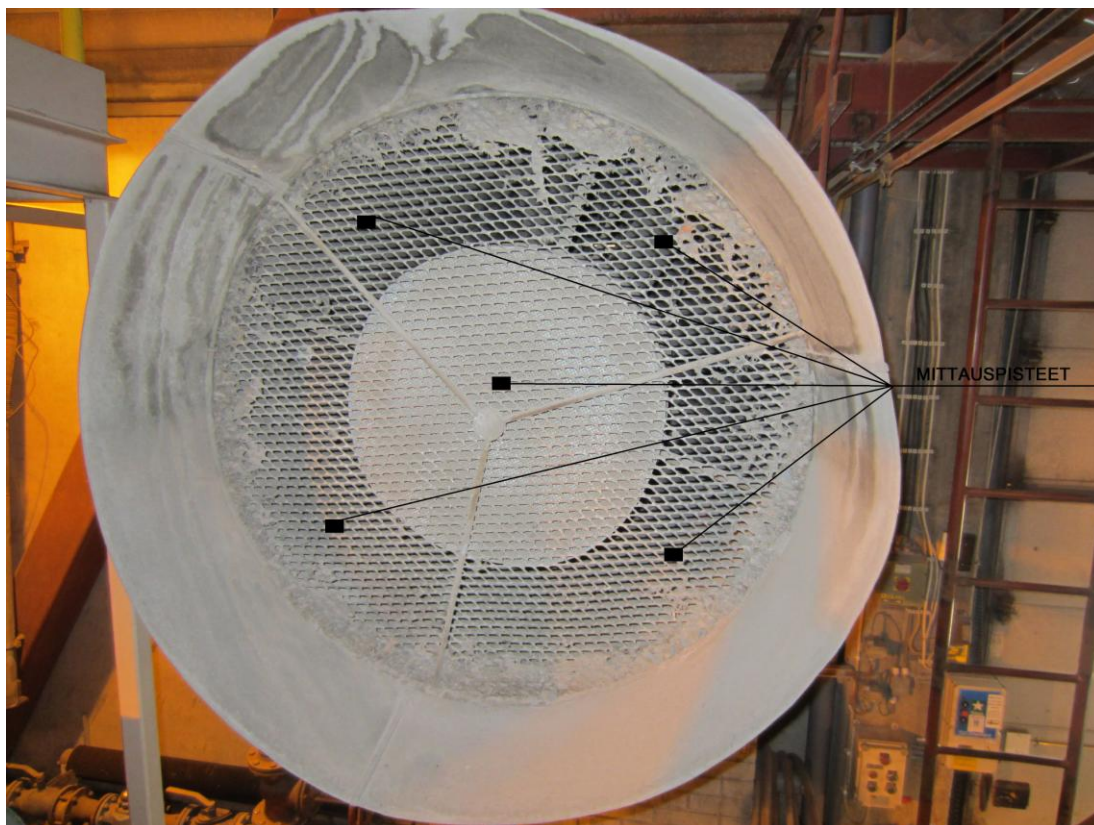
3.1.2 Prosessitilojen ilmanvaihto

Prosessitilojen ilmanvaihdon tarkoituksena on pitää muun muassa työskentelyolosuhteet työnteon kannalta sopivina, jolloin voimalaitoskäyttäjien valvontakäynnit ja mahdolliset pienemmät korjaustyöt on mahdollista suorittaa käynnin aikana turvallisesti ja tasapainottaa palamisprosessin vaateita eri kerroksissa. Lisäksi ilmanvaihdon tarkoituksena on toimittaa kattilalle kuormitusta vastaava palamisilmavirta siten, että

vältytään suurten ilmavirtojen sisäänvirtauksen aiheuttamista haitoista kuten voimakkaista ilman liikkeistä ja jäätymisvaaroista. Ilmanvaihdon tarkoituksena on myös pienentää korkean kattilarakennuksen ylä- ja alaosien välille muodostuvaa paineeroa./2/

3.1.3 Puhaltimien tuottama ilmamäärä 100 MW kattilateholla

Puhaltimien virtausnopeudet mitattiin käyttäen hyväksi TSI-mittaria, josta kanavan pinta-alan kanssa saadaan laskettua puhaltimen tuottama tilavuusvirta. TSI-mittarin kalibrointitodistus on nähtävissä liitteessä 1. Virtausnopeudesta otettiin keskiarvo, joten mittaukset suoritettiin useammasta kohdasta puhallinta. Mittauspisteet valittiin ympäri puhaltimen tuloilmakanavaa jotta saataisiin mahdollisimman tasainen otos puhaltimen tuottamasta ilmavirran nopeudesta. Yleisin puhaltimien tuloilmakanava mittauspisteinen on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Puhaltimen tuloilmakanava ja mittauspisteet



Kuva 4. Mittauksissa käytetty TSI-Mittari Velocicalc Plus/7/

Taulukko 2. Virtausnopeuksien mittauspöytäkirja 100 MW kattilateholla

Mittauspöytäkirja 20.1.2012		
Puhallin	Puhallus [m/s]	Lämmitysilma [m/s]
TK 6	3,3	2,1
	6,8	3,2
	13,3	1,3
	7,0	1,7
	8,6	1,0
TK 5	0	0
TK 4	14,4	
	18,8	
	14,0	
	18,0	
	19,1	
TK 4/2	0,85	
	0,75	
	0,6	
	0,5	
	0,4	
TK 3	17,5	6,7
	13,5	6,2
	13,7	7,7
	12,2	0,7
	17,5	0,9
TK 2	0	0
TF 1	1,4	
	1,3	
	1,3	
	1,6	
	1,8	

Taulukko 3. Käytetyt merkinnät selitteineen

Merkki	Selite	Yksikkö
q_v	tilavuusvirta	m ³ /s
v	virtausnopeus	m/s
A	pinta-ala	m ²
d	halkaisija	m

TK 6

Puhallus kattilahuoneeseen

$$q_v = v * A$$

$$q_v = 7,8 \frac{m}{s} * \frac{\pi * (1,2m)^2}{4}$$

$$= 8,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

Lämmitysilmän osuus

$$q_v = 1,86 \frac{m}{s} * (1,98 * 1,76)m^2$$

$$= 6,49 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ulkoa ilmaa sisälle $(8,82 - 6,49) \text{ m}^3/\text{s} = 2,33 \text{ m}^3/\text{s}$

TK 4

Tuloilmakanavan pinta-ala

$$A = \pi * d^2 / 4$$

$$= \frac{\pi * (1,2m)^2}{4}$$

$$= 1,13097 \text{ m}^2$$

Puhallus kattilahuoneeseen

$$q_v = 16,325 \frac{m}{s} * 1,13097m^2$$

$$= 18,463 \text{ m}^3/\text{s}$$

TK 4/2

$$q_v = 0,625 \frac{m}{s} * (1,29m * 0,9m)$$

$$= 0,7256 \text{ m}^3/\text{s}$$

TK 3

Puhallus kattilahuoneeseen

$$q_{v1} = 14,9 \frac{m}{s} * 1,13097m^2$$

$$= 16,851m^3/\text{s}$$

Lämmitysilmän osuus

$$q_v = 4,44 \frac{m}{s} * (1,8m * 0,8m)$$

$$= 6,394 \text{ m}^3/\text{s}$$

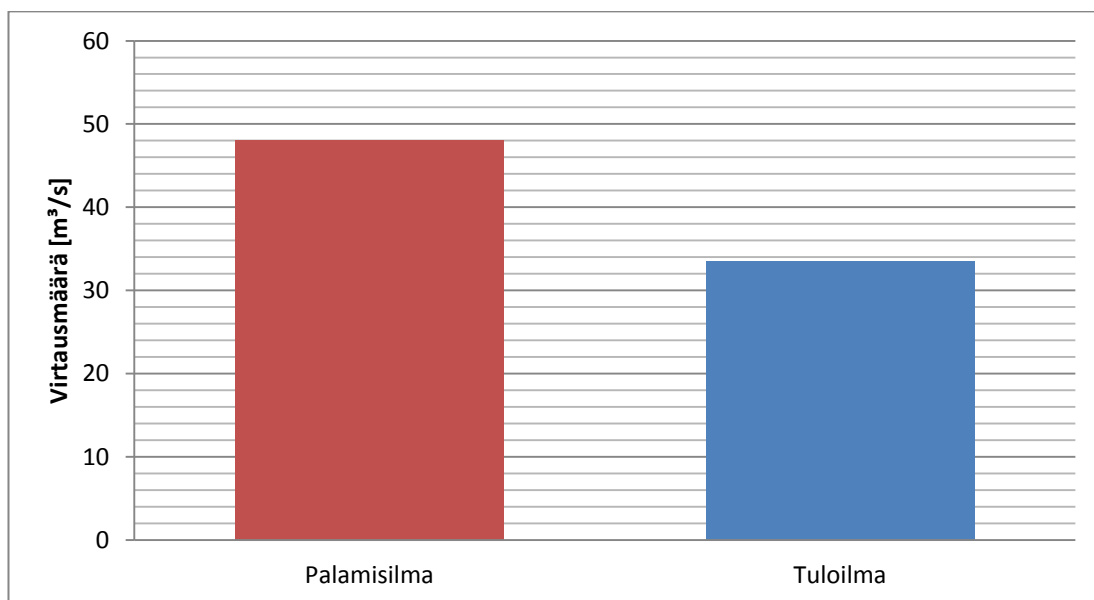
Ulkoa ilmaa sisälle $(16,851 - 6,394) \text{ m}^3/\text{s} = 10,457 \text{ m}^3/\text{s}$

TF-1

Puhallus kattilahuoneeseen

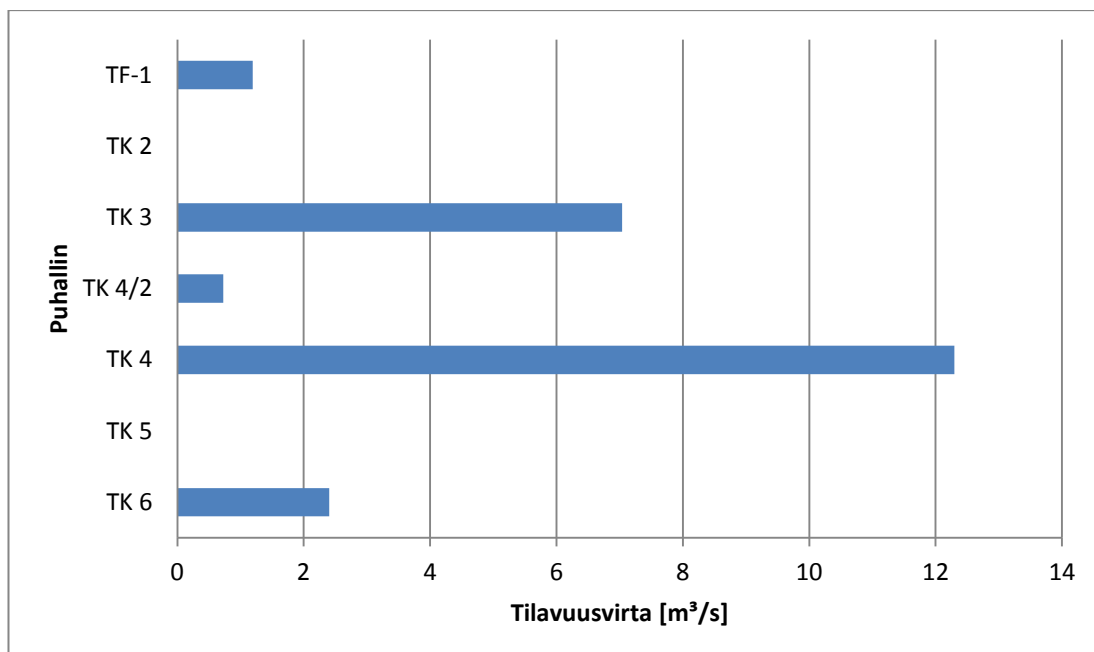
$$q_v = 1,325 \frac{m}{s} * 1,13097 m^2$$

$$= 1,499 m^3/s$$



Kuva 5. Palamisilman ja tuotetun tuloilman virtausmäärät 100 MW kattilateholla

Puhaltimet tuottavat kattilahuoneeseen yhteensä ilmaa 46,36 m³/s, josta kattilahuoneesta otettavan lämmitysilmän osuus on 12,88 m³/s. Puhaltimien tuottamat tilavuusvirrat on esitetty kuvassa 6. Kattilan palamisilmamäärä oli mittaushetkellä 48 m³/s. Palamis- ja tuloilman virtausmäärät on nähtävissä kuvassa 5. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmaa tulee kattilarakennukseen puhaltimien tuottaman ilmamäärän lisäksi noin 14,5 m³/s. RT-kattilan leijupolttokuva 100 MW kattilateholla on nähtävissä liitteessä 2. Ilmaa kulkeutuu kattilarakennukseen alipaineen johdosta kaikista mahdollisista paikoista, missä ulkoilmaa pääsee virtaamaan sisään rakennukseen. Pahimpia paikkoja ilman sisäänvirtaukselle ovat ulko-ovien ja ikkunoiden raot huonon tiiveytensä vuoksi. Kattilahuone on jatkuvasti alipaineen puolella. Puhaltimista TK 5 sekä TK 2 eivät olleet käytössä mittaushetkellä. Puhallin TK 5 ei ole ollut käytössä/8/.



Kuva 6. Puhaltimien tuottamat tilavuusvirrat 100MW kattilateholla

3.1.4 Puhaltimien tuottama ilmamäärä 78 MW kattilateholla

TK 6

$$\begin{aligned}
 q_v &= v * A \\
 &= 7,46 \frac{m}{s} * 1,13097 m^2 \\
 &= 8,44 \text{ m}^3/s
 \end{aligned}$$

Lämmitysilmän osuus

$$\begin{aligned}
 q_v &= v * A \\
 &= 0,756 \frac{m}{s} * (1,98 * 1,76) m^2 \\
 &= 2,64 \text{ m}^3/s
 \end{aligned}$$

Ulkoa ilmaa sisään $(8,44 - 2,64) \text{ m}^3/s = 5,8 \text{ m}^3/s$

TK 3

$$\begin{aligned}
 q_v &= 0,75 \frac{m}{s} * 1,13097 m^2 \\
 &= 0,85 \text{ m}^3/s
 \end{aligned}$$

Puhallin toimi ilman tulokanavana, eli puhallin ei ole käynnissä.

TK 4

$$q_v = 14,6 \frac{m}{s} * 1,13097 m^2$$

$$= 16,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

TK 4/2

$$q_v = 0,89 \frac{m}{s} * (0,9 * 1,29) m^2$$

$$= 1,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

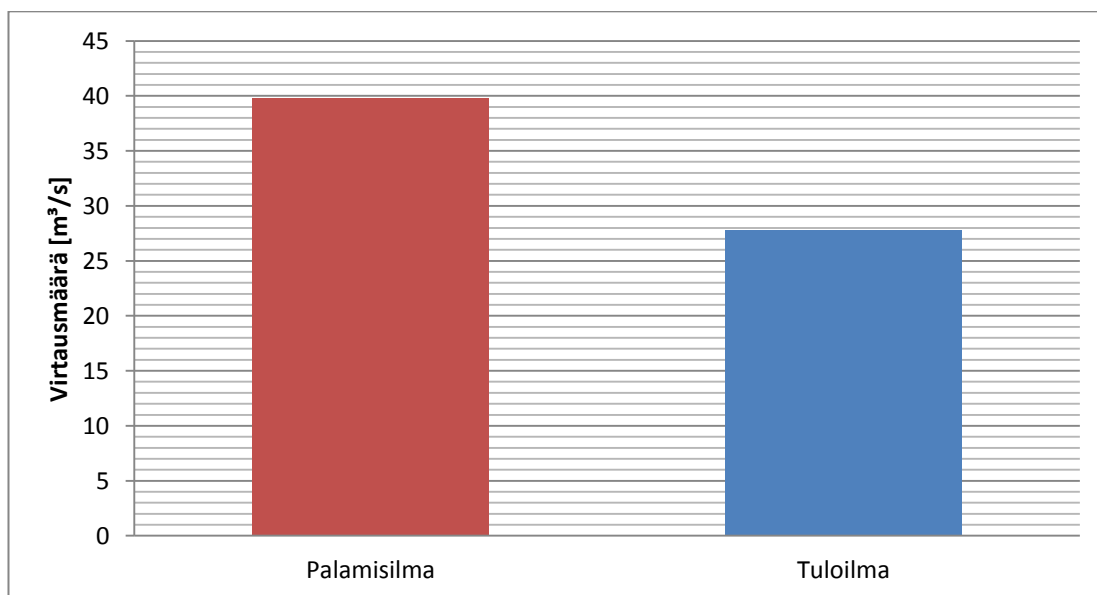
TK 2

$$q_v = 0,88 \frac{m}{s} * 1,13097 m^2$$

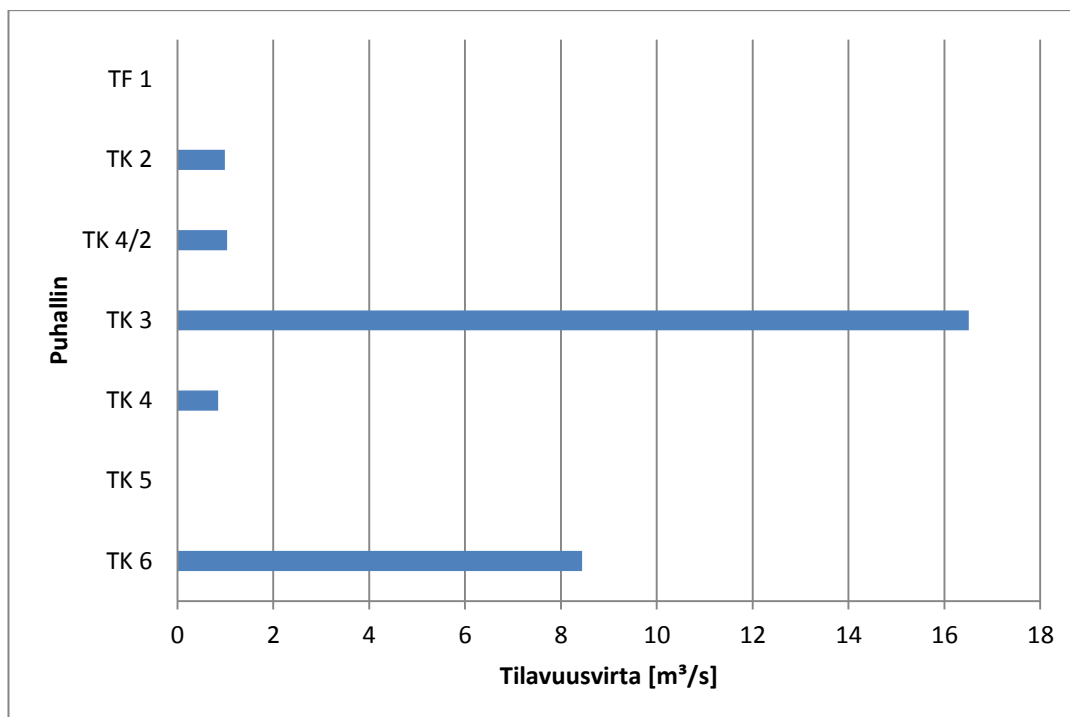
$$= 0,99 \text{ m}^3/\text{s}$$

Myös tämä puhallin toimii ilman tulokanavana, eli puhallin ei ole käynnissä, mutta kattilahuoneen alipaineen vuoksi ilma kulkee puhaltimen läpi sulkupeltien ollessa hieman auki.

Puhaltimet tuottavat yhteensä noin 27,8 m³/s ilmaa, josta lämmitysilmän osuus on 2,64 m³/s. Puhaltimien tuottamat tilavuusvirrat on nähtävissä kuvassa 8. Kattilan palamisilmankulutus oli mittaushetkellä 39,8 m³/s. Kattilan palamis- ja tuloilman virtausmäärät on esitetty kuvassa 7. RT-kattilan leijupolttokuva 78 MW kattilateholla on esitetty liitteessä 3. Ilmaa tulee kattirakennukseen yli 14,6 m³/s puhaltimien tuottaman ilmamäärän lisäksi, kattilahuoneen alipaineen johdosta.



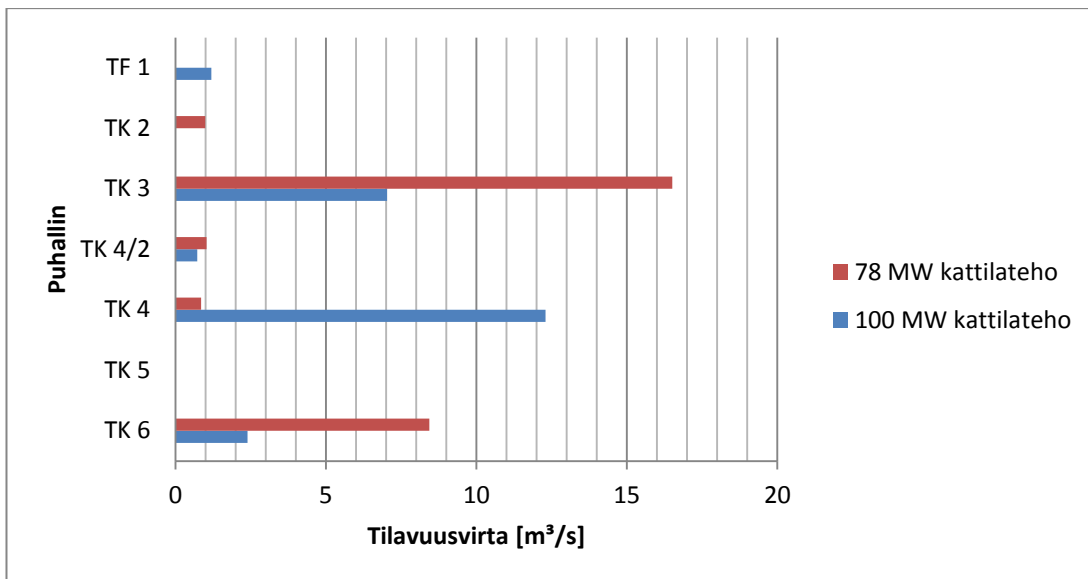
Kuva 7. Palamisilman ja tuotetun tuloilman virtausmäärät 78 MW kattilateholla



Kuva 8. Puhaltimien tuottamat tilavuusvirrat 78MW kattilateholla

3.1.5 Puhaltimien säätö

Tutkittaessa puhaltimien tuottamaa ilmamäärää eri kattilakuormalla voitiin todeta puhaltimien tuottamien ilmamäärien olevan erisuuruiset. Tiettyjä puhaltimia, puhaltimet TK3, TK 4 ja TK 6, kuormitetaan selvästi muita puhaltimia enemmän. Kattilakuormien vaihdellessa tilavuusvirtojen optimointiin tulisi kiinnittää huomiota. Tarvittavan ilmamäärän jakaminen useammalle puhaltimille vähentäisi jäätymisriskiä talvella ja tasaisi paine-eroja kerrosten välillä. Puhaltimien tilavuusvirtojen jakautuminen osoittaa sen, että kattilahuoneeseen olisi mahdollista tuottaa palamisilmatarvetta vastaava määrä. Tuotettua ilmamäärää saisi helposti nostettua ottamalla useamman puhaltimen käyttöön.



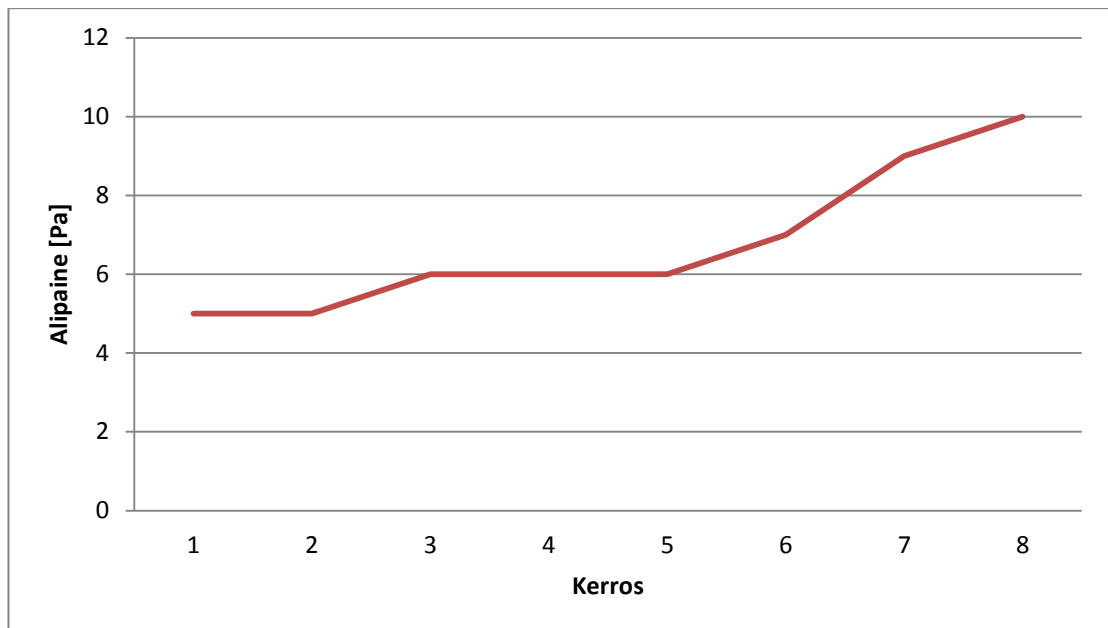
Kuva 9. Puhaltimien tuottamien tilavuusvirtojen vertailu eri kattilakuormilla

3.2 Paineenvaihtelut eri kerroksissa

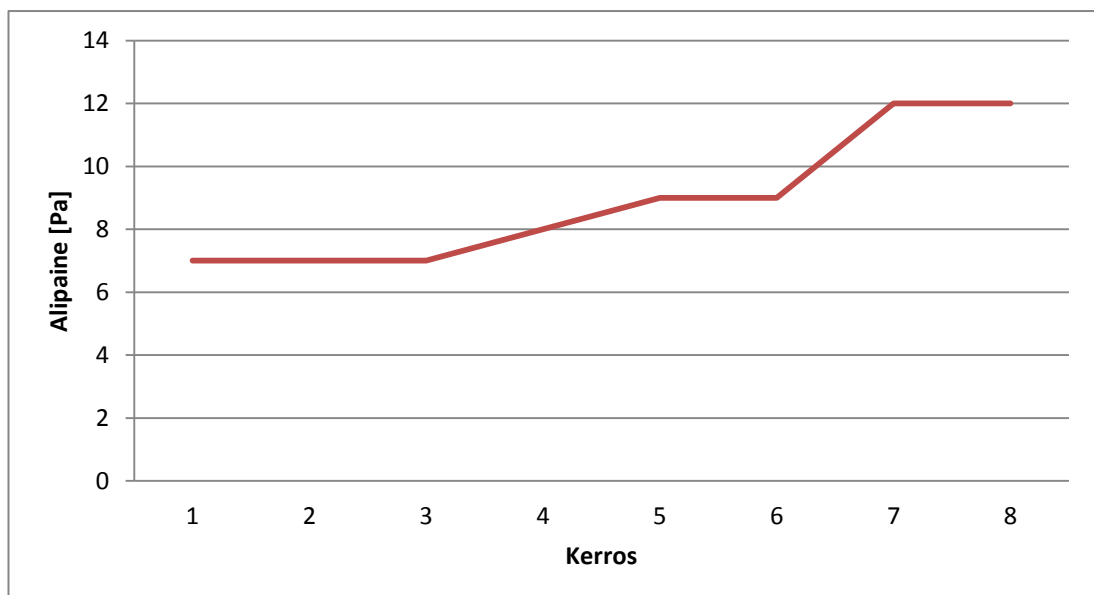
Mittaukset suoritettiin TSI -mittarilla kalibroiden mittari ensin ulkoilman paineeseen. Mittaukset suoritettiin joka kerroksessa samoissa kohdissa kattilahuonetta. Mittauksissa huomattiin alipaineen kasvu mitä ylemmäs kattilahuonetta mentiin. Kuten käyrästä (kuvat 10 ja 11) voidaan huomata, että alipaineen kasvua tapahtuu kerroksissa joissa ei ole puhaltimia (kerrokset 2,6,7 ja 8). Poikkeuksena on kerros 4, jossa ei myöskään ole puhallinta. Kerroksessa ei tapahdu alipaineen kasvua.

Taulukko 4. Paine- ja lämpötilamittausten mittauspöytäkirja

Mittauspöytäkirja 20.1.2012		
Kerros	Lämpötila [°C]	Paine [Pa]
1	17,6	-5
2	20,9	-5
3	21	-6
4	21,5	-6
5	23,3	-6
6	27,2	-7
7	28,9	-9
8	29,4	-10



Kuva 10. Paine-erot kerrosten välillä 100MW kattilateholla



Kuva 11. Paine-erot kerrosten välillä 78MW kattilateholla

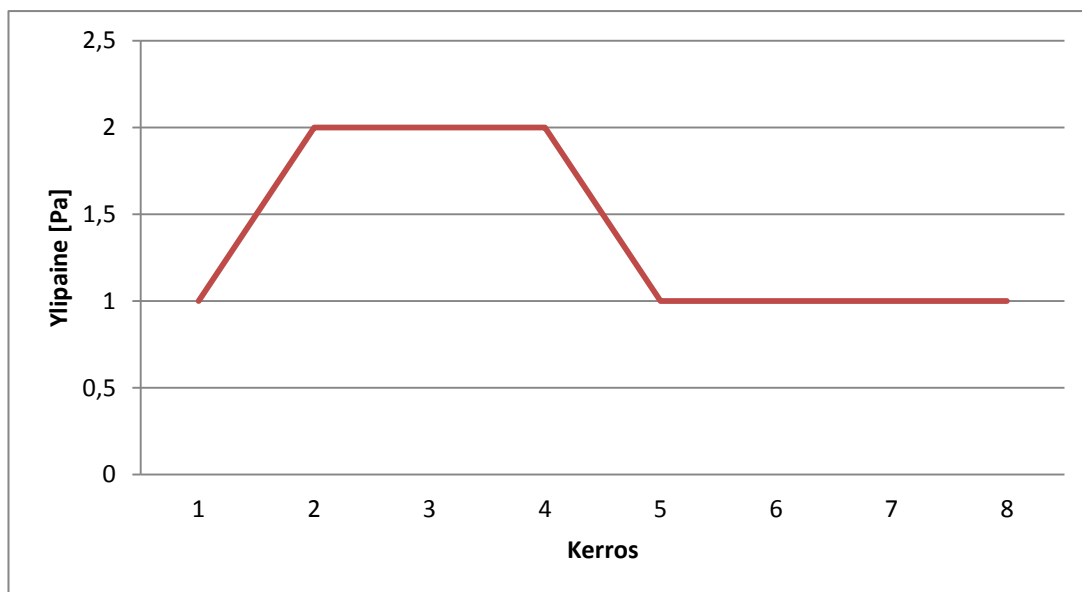
Kattilan huoltotoimenpiteiden yhteydessä tuli tilaisuus toteuttaa paine-eromittaukset hetkellä, jolloin kattila ei ollut käytössä eli ilmaa ei imetty primääri- tai tertiäripuhaltimilla. Kyseisellä hetkellä oli käytössä kaksi tuloilmapuhallinta TK 4 ja TK 6. Puhaltimet tuottivat yhteensä noin 20 m³/s ilmaa. Vaikka kattilahuone oli mittaushetkellä paineen puolella, oli edelleen vaikeuksia avata ulko-ovia eri kerroksissa.

TK 6

$$\begin{aligned}
 q_v &= v * A \\
 &= 6,8 \frac{m}{s} * \frac{\pi * 1,2m^2}{4} \\
 &= 7,69 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

TK 4

$$\begin{aligned}
 q_v &= 11 \frac{m}{s} * \frac{\pi * 1,2m^2}{4} \\
 &= 12,44 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$



Kuva 12. Paine-erot kerrosten välillä ulkoilman paineeseen verrattuna

3.3 Kattilahuoneen lämpötilaerot

Paine-erojen mittausten yhteydessä mitattiin myös kattilahuoneen lämpötilat eri kerroksissa. Ilmakierrossa tapahtuu luonnollista kiertoa. Lämmin ilma nousee ylös, mikä osaltaan aiheuttaa sen, että kattilahuoneen ulko-ovia on vaikea avata. Kattihuoneen lämpötila määräytyy ulkoilman lämpötilasta. Kovilla pakkasilla ei kattilahuoneen keskuslämmityspuhaltimissa riitä lämmitysteho riittävään lämmitykseen. Esimerkkinä tarvittavasta lämpötehosta, kun $12,88 \text{ m}^3/\text{s}$ (puhaltimien läpi kulkevan lämmitettävän ilman osuus 100 MW kattilateholla) ilmaa lämmitetään ulkolämpötilasta (-20°C) sisälämpötilaan ($+20^\circ\text{C}$).

Taulukko 5. Käytetyt merkit selitteineen

Merkki	Selitys	Yksikkö
P	Teho	W
c_i	Ominaislämpökapasiteetti	$\frac{kJ}{kg * ^\circ C}$
m	Massa	kg
ΔT	Lämpötilan muutos	$^\circ C$
ρ	Tiheys	kg/m ³
V	Tilavuusvirta	m ³ /s
t	Aika	s

Puhaltimien läpi kulkevan ilman massavirta

$$m = V * \rho$$

$$= \frac{12,88m^3}{s} * 1,299kg/m^3 = 16,73 kg/s$$

Puhaltimien läpi kulkevan ilmamäärän lämmittämiseen tarvittava teho

$$P = (c_i * m * \Delta T)/t$$

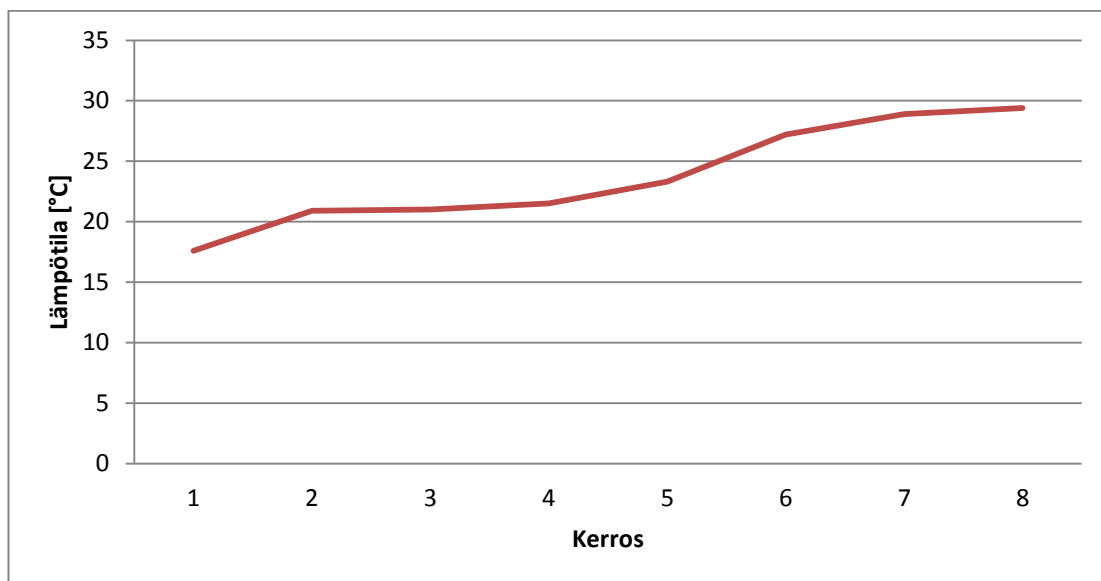
$$= (0,714 \frac{kJ}{kg * ^\circ C} * \frac{16,73kg}{s} * 40^\circ C)/1s$$

$$= 477,84 kW$$

Todellisuudessa tällaisen lämmitystehon saavuttaminen tuloilmapuhaltimilla on mahdotonta, mutta lasku antaa käsityksen siitä, miten paljon tuloilman lämmittämiseen kuluu tehoa. Lisäksi lasku kertoo sen, että talven kovilla pakkasilla kaikkien lisälämmittimien käyttö olisi hyödyllistä, jolloin jäätymisriskiä saataisiin pienennettyä. Ilma ei todellisuudessa lämpene tuloilmapuhaltimissa kovinkaan paljoa, vaan vasta myöhemmin kattilan sekä muiden rakenteiden säteilylämmön vaikutuksesta. Kattilahuoneen lämpötilat eri kerroksissa 100 MW kattilateholla on esitetty kuvassa 13.

Lisälämmityksessä (KSK-lämmittimet) on huomattavaa se, että sisätiloihin on oletettu sama lämpötila. Toisin sanoen lämmön kerrostumista ei ole otettu huomioon. Kylminä vuodenaikoina lämpöhäviöt ja ilmavuodot pienentävät jäähdytystarvetta. Samoin sisään otettava ilma sitoo huomattavasti enemmän lämpöä kuin kesäaikana. Maksimaalinen palamisilma sitoo enemmän lämpöä kuin prosessista vapautuu, jol-

loin laitoksen alaosaan joudutaan johtamaan lisälämpöä. Alhainen ulkolämpötila ja kattilahuoneessa vallitseva alipaine saattaa ovien ja rakojen kohdalla aiheuttaa putkistojen jäätymistä./6/



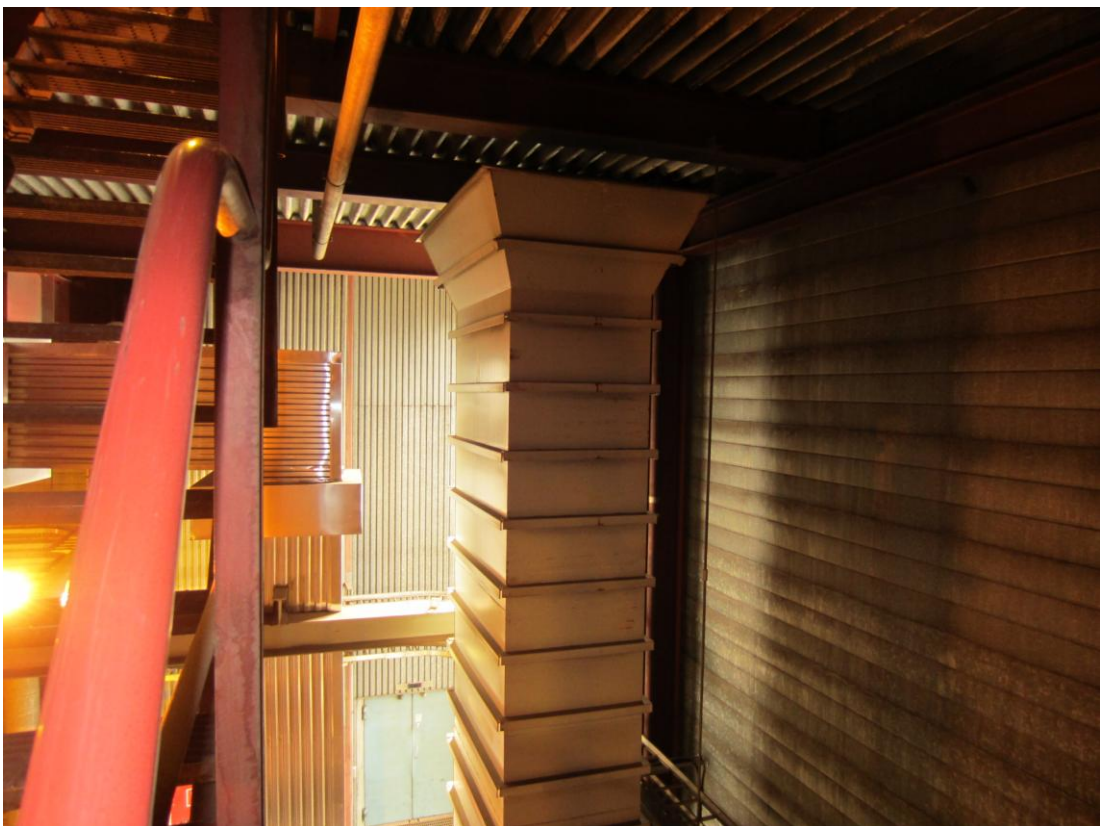
Kuva 13. Lämpötilaerot kerrosten välillä 100MW kattilateholla

3.4 Ilmankuluttajat

Kattilahuoneen ainoat ilmankuluttajat ovat primääri- ja sekundääripuhaltimet. Primääri-ilmapuhallin ottaa tarvittavan ilman kerroksen seitsemän yläosasta. Primääri-ilmantarve on noin 14 Nm³/s, kattilan tehon ollessa 100 MW. Primääri-ilmapuhaltimen imukanava on esitetty kuvassa 15. Sekundääripuhallin ottaa tarvittavan ilman kerroksesta kahdeksan. Sekundääripuhallin jakaa ilman sekä sekundääriettä tertiärikerrokseen, jolloin palaminen on mahdollisimman optimaalista. Puhaltimen imuilmakanava on esitetty kuvassa 14. Sekundääri-ilman tarve on noin 34 Nm³/s samalla 100 MW kattilateholla.



Kuva 14. Sekundääri- ja tertiääri-ilmapuhaltimen imukanava kerroksessa 8



Kuva 15. Primääri-ilmapuhaltimen imukanava kerroksessa 7

Muut ilmankuluttajat: valvomotilat, paineilmakompressorit, sähkötilat ja aputilat toimivat erillään kattihuoneen ilmanvaihdosta. Valvomon ilmanvaihto toimii täysin muista järjestelmistä riippumattomana. Kattilahuoneen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat paineilmakompressorit ottavat tarvittavan ilman suoraan ulkoa. Sähkötilojen ilmanvaihto perustuu tiloissa muodostuvan ylikämmön poistamiseen. Näissä tiloissa käytetään kiertoilmaperiaatetta. Ulkoa otetaan vain kulloistakin jäähdytystarvetta vastaava määrä. Aputilojen ilmanvaihto on tehty näille tiloille asetettujen yleisten vaatimusten pohjalta, ja niiden käyttö on pyritty keskittämään määrättyihin kokonaisuuksiin kuten esimerkiksi toimistotilat./6/

3.5 Kattilahuoneen ilmavirrat

Kattilahuoneeseen puhalletaan ilmaa kerroksien 1-5 välillä jossa samassa yhteydessä toteutetaan myös palamisilman koneellinen esilämmitys. Lämmitetyn ja suoraan pihalta otettavien ilmamäärien suhteet on esitetty kuvassa 16. Energia-Ekonon selvitys kattilahuoneen puhaltimista kattilaan nähden on esitetty liitteessä 4 /5/. Loppu palamisilmaan menevästä lämpöenergiasta tulee kattilan säteilylämmöstä hukkalämpöinä. Kattilahuoneeseen tulevasta ilmasta noin 28 prosenttia on lämmitettyä ja loppuilman lämpötila on suoraan verrannollinen ulkoilman lämpötilaan. Kattilahuoneen ensimmäisessä kerroksessa on myös 10 kappaletta ilmanlämmittimiä, joista mittaushetkellä oli käytössä neljä kappaletta. Kyseiset lämmittimet toimivat alakerrosten ilman lämmittäjinä kovilla pakkaskeleillä, jotta kattilahuoneessa olisi mahdollisimman mukavat työskentelyolosuhteet.



Kuva 16. Tuloilman prosenttiosuudet kylmä/lämmin

Kattilan palamisilma otetaan kerroksista 7 ja 8. Ilma on näissä kerroksissa keskimäärin 30 °C lämpötilassa. Tämä aiheuttaa kattilahuoneeseen luonnonkiertoa sekä koneellisesti tuotettua nousevaa ilmavirtausta. Kokonaispaine-ero kerroksien 1-8 välillä on 5 Pa.

3.6 Parannusehdotukset

Kattilahuoneen alipaineen poistamiseksi on tehtävissä paljonkin toimenpiteitä ilman suurempia muutoksia laitteisiin tai itse kattilarakennukseen. Pienillä parannuksilla on mahdollista nostaa kattilan hyötysuhdetta paremmaksi. Ehdotusten myötä myös työskentelyolosuhteet kattilalla paranevat, vaikkakin työtehtävät tuotantotiloissa ovat vähäisiä kattilan ollessa ajossa.

3.6.1 Puhaltimien käyttö

Jo olemassa olevien puhaltimien käyttöönotto, esimerkiksi TK 5, lisäisi kattilaan puhalletun ilman määrää. Tällä tavoin olisi mahdollista tasata paine-eroja kerrosten välillä sekä lisätä esilämmitetyn ilman määrää, sillä puhaltimen TK 5 kyljessä sijaitsee

lämmitysilmän imukanava. Puhaltimen TK 5 kunnan tarkastaminen ennen käyttöönottoa on erityisen tärkeää, sillä puhaltimen tuloilmakanava on pölyinen, kuten kuvasta 17 voidaan todeta. Jolloin on syytä olettaa myös muualla puhaltimessa olevan pölyä. Lisäksi jokaisen puhaltimen sulkupeltien asentoa muuttamalla olisi mahdollista saada kasvatettua kattilahuoneeseen puhallettavaa ilmamäärää. Sulkupeltien asento määrittelee sen, miten paljon puhallin ottaa ulkoa ilmaa. Mitä enemmän sulkupeltiä avataan, sitä enemmän puhaltimen kautta on mahdollista tuottaa ilmaa kattilarakennukseen. Puhaltimien säätöpeltien asentoa muuttaessa on syytä ottaa huomioon jäätymisriski kovilla pakkasilla. Mikäli säätöpeltiä avataan liikaa aiheuttaa se jäätymisongelmia joko itse puhaltimessa tai puhaltimen ympäristössä, sillä lämmitysilmakanavallakaan varustettu puhallin ei pysty lämmittämään ulkoa otettua ilmaan tarpeeksi kovilla pakkaskeleillä.

Insinööriyöhön liittyvien mittausten perusteella todettiin puhaltimien käynnin säädön olevan epätasaista. Puhaltimien epätasainen kuormitus aiheuttaa paine-eroja kerrosten välillä, vaarana on myös puhaltimien likaantuminen (kuva 17), jos puhallinta ei käytetä. Kattilakuormasta riippumatta kattilahuoneeseen puhalletaan noin 15 m³/s liian vähän ilmaa. Kyseinen ilmamäärä olisi mahdollista tuottaa kattilarakennuksessa jo olemassa olevilla puhaltimilla.



Kuva 17. Puhaltimen TK 5 tuloilmakanava

3.6.2 Puhaltimien lämmitysilmän imukanavat

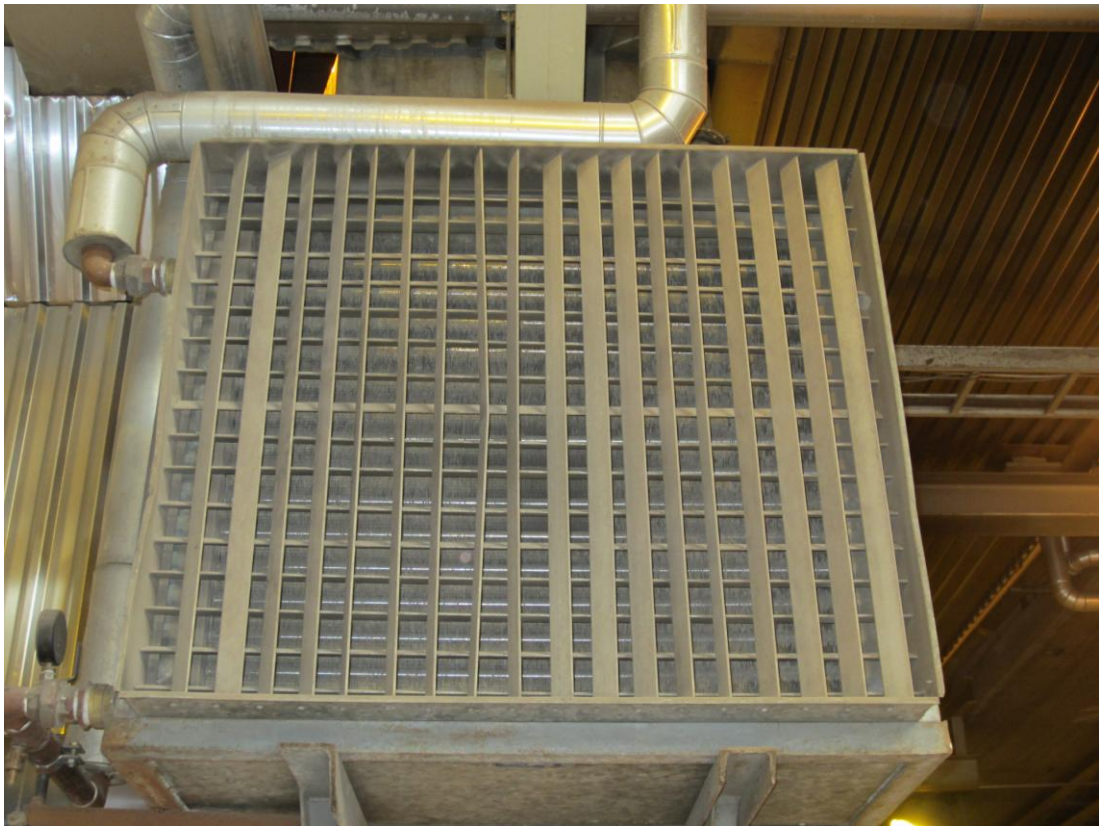
Puhaltimien imuilmakanavat, joilla lämmitetään ulkoa tulevaa ilmaa, ovat likaantuneet kattilarakennuksessa leijailevan pölyn vuoksi. Tuloilman lämmitysteho on suoraan verrannollinen kanavien puhtauteen. Kanavat puhdistamalla olisi mahdollista tehostaa tuloilman lämmitystä, mikä pienentäisi lämpötilaeroja kerrosten välillä. Tällä olisi positiivinen vaikutus kattilan palamisilman lämpötilaan ja sitä kautta hyötysuhteen nostoon. Esimerkkinä tukkoisesta imuilmakanavasta on puhaltimen TK 3 kyljessä oleva kanava, joka on nähtävissä kuvassa 18.



Kuva 18. Tukkoinen imuilmakanava puhaltimen TK 3 kyljessä

3.6.3 Kattilarakennuksen lisälämmitys

Kattilahuoneen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat KSK-puhaltimet, joilla lämmitetään kattihuoneen ilmaa. Puhaltimet toimivat lisälämmittiminä kovilla pakkaskeleillä. Puhaltimet käyttävät lämmitykseen kaukolämpövedtä. Puhaltimien tarkoituksena on lisätä työskentelymukavuutta alakerroksissa, sekä lämmitteä ensimmäisen kerroksen puhaltimilla tuotettua ilmaa.



Kuva 19. KSK-puhallin

3.6.4 Mahdolliset ongelmat

Mikäli kattilahuoneeseen tuotettavaa ilmamäärää lisätään, on otettava huomioon tästä aiheutuvat ongelmat, kuten valvomon ylipaineistus. Valvomon ilmajärjestelmä toimii muista järjestelmistä erillään, ja tuottaa valvomotiloihin ylipaineen, jolla varmistetaan toimistotilojen ilmanpuhtaus. Mikäli kattilahuoneeseen lisätään ilmaa, on otettava huomioon, ettei kattilahuoneen ilmanpaine nouse valvomon ilmanpaineen tasalle. Mikäli näin tapahtuu, on myös tarkistettava valvomotilojen ilmanpaineen nosto. Paine-ero valvomo- ja prosessitilojen välillä on mahdollista toteuttaa vinoputkimanometrin avulla/9/. Vinoputkimanometri tulisi asentaa valvomon seinälle siten, että seinän toisella puolella on tuotantotilat, jolloin manometri vertailee painetta tuotantotilojen ja valvomotilan välillä. Myös muiden, esimerkiksi sähkötilojen, kattilarakennuksen ilmanvaihdosta erillään olevien järjestelmien paineistus tulee tarkastaa, mikäli tuotantotiloissa tapahtuu paineen nousua.

4 POLTTOAINEKULJETTIMIEN ALIPAINIESTUS

4.1 Polttoainekuljettimet

Polttoaineensyöttöjärjestelmä muodostuu neljästä kattilaan johtavasta polttoainelinjasta. Molemmilla puolilla kattilaa on tasaustasku. Vasemmasta sivuseinästä NX11B001 ja oikeasta sivuseinästä NX21B001 lähtee kaksi polttoainelinjaa. Kukin syöttölinja muodostuu pudotustorvesta, sulkusyöttimestä ja kaksoisruuvipurkaimesta. Ruuvipurkaimet sijaitsevat tasaustaskujen pohjalla. Polttoaine tuodaan tasaustaskuihin karkeajaesiilosta kolakuljettimilla kattilan oikeanpuoleiselle sivuseinälle ja ryöstäjäruuvilla vasemmanpuoleiselle sivuseinälle. Tankopurkaimet säättävät polttoainemäärää oikeanpuoleisessa tasaustaskussa ja invertterillä varustettu ryöstäjäruuvi säättää vasemmanpuoleista tasaustaskua. Molemmat tasaustaskut ovat tilavuudeltaan noin 30 m³. Taskut sijaitsevat välittömästi kola- ja ryöstäjäruuvikuljettimien alapuolella, ja taskujen pohjalla sijaitsevat ruuvipurkaimet./2/

Polttoainekuljettimien sijainnit kattilaan nähden on esitetty liitteessä 5. Kuljettimista purkautuva turvepöly aiheuttaa aina paloturvallisuusriskin pölyn joutuessa kosketuksiin kuumien pinnan kanssa. Suurimman vaaran aiheuttavat kuljettimet jotka ovat lähimpänä sytytyspolttimia sekä poltintasoja. Näihin kuljettimiin kuuluvat kaikki ruuvikuljettimet, jotka siirtävät polttoainetta pois karkeajaesiilosta, kuljettimet ovat merkinnältään NX 54, NX 45, NX 48, NX 50 ja NX 51. Ruuvikuljetin 3 (NX 50) on esitetty kuvassa 20.



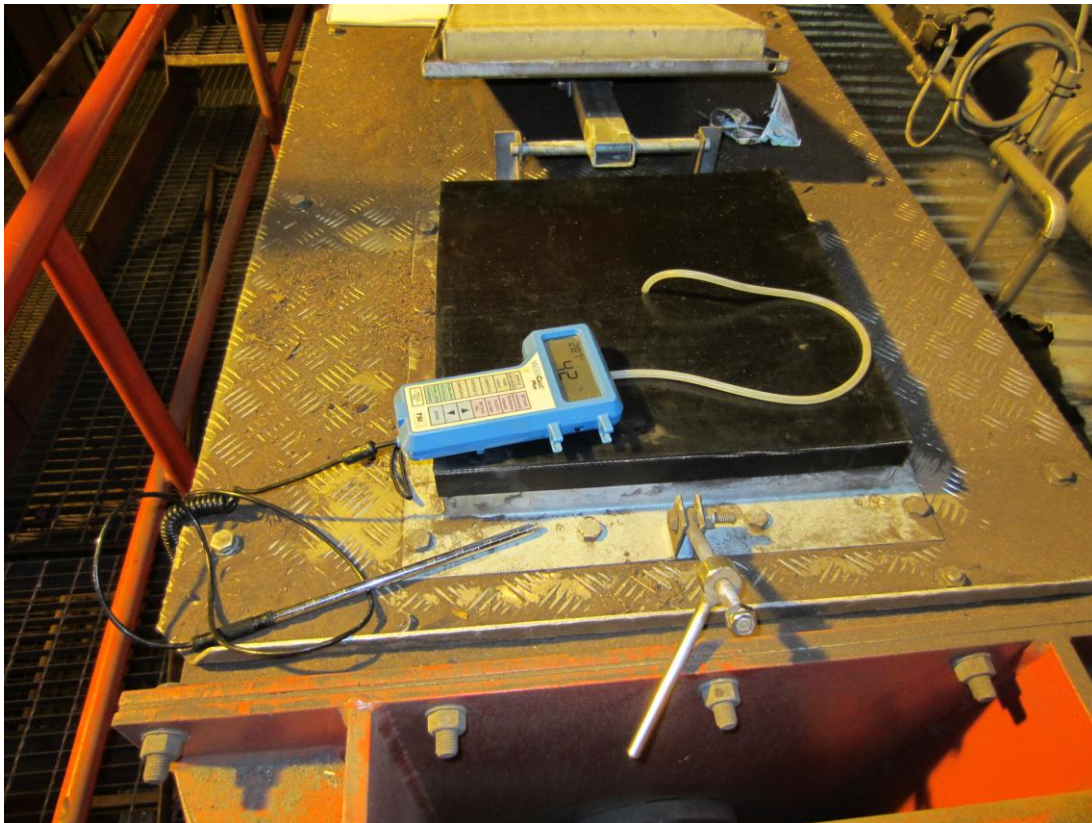
Kuva 20. Ruuvikuljetin 3(NX 50) kattilan vasemmalla seinällä

Leijupolton tehoa säädetään tasaustaskujen ruuvipurkaimilla, joita ohjataan invertte-reillä. Ruuvipurkainpari syöttää polttoaineen pudotustorveen, josta polttoaine putoaa tulipesään. Pudotustorvessa on sulkusyötin takatulisuojana. Sulkusyöttimen alapuo-llella pudotusputkessa on palje sekä sulkupelti, jonka jälkeen pudotustorvi kääntyy kattilaa kohti. Pudotustorven alaosaan syötetään heittoilmaa, joka otetaan leijutusil-man ilmalaatikosta. Heittoilma jäähdyttää pudotustorven alaosaa ja samalla edesaut-taa polttoaineen leviämistä leijukerrokseen. Polttoaineen syöttölinjojen mitoitus on 15 - 70 m³/h/linja, jolloin yhden linjan ollessa pois käytöstä saavutetaan leijupoltolla täysi teho. Kahdella syöttölinjalla saavutetaan 140 m³/h eli lähes 80 % teho./2/

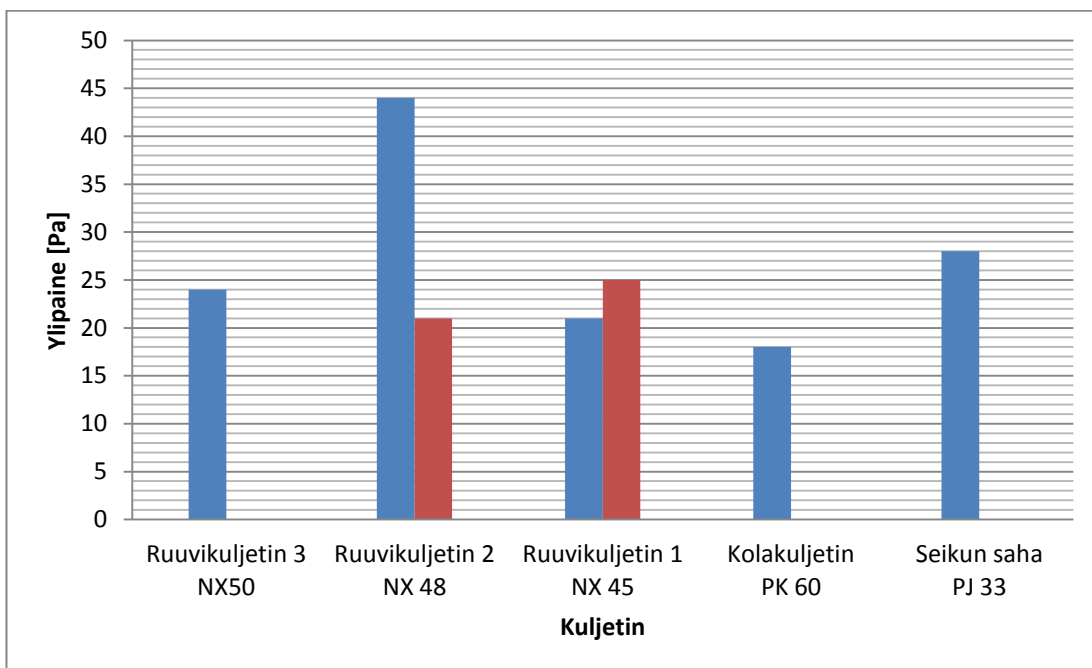
4.2 Polttoainekuljettimien painemittaus

Polttoainekuljettimien painemittaus suoritettiin pienistä tarkastusluukuista, käyttäen apuna tarkoitukseen varta vasten suunniteltua työkalua. Apuvälineenä käytetyn pak-sun kumimaton tarkoituksena oli sulkea tarkastusluukun suu tiiviisti, jolloin mittauk-set pystyttiin suorittamaan matossa olleen pienen reiän kautta. Mittaukset pystyttiin

suorittamaan seitsemästä kohdasta kuljettimia. Eniten mittaustuloksia saatiin ruuvikuljettimilta, jotka jakavat polttoainetta kattilan vasemmalle seinustalle. Mittausten tulosten perusteella saatiin tietoon kuljettimien ylipaine, mikä oli havaittavissa joka kohdassa kuljettimia.



Kuva 21. Kuljettimien painemittaus



Kuva 22. Kuljettimien ylipaine

4.3 ATEX-Turvallisuus

Erilaiset pölyn ja ilman seokset syttyvät erilaisissa lämpötiloissa. Pölyräjähdykselle alttiilla alueilla laitteiden pintalämpötila saa nousta korkeintaan 2/3:aan ympäröivän pölyilmaseoksen alhaisimpaan syttymislämpötilaan verrattuna. Pölykerroksen ollessa 5mm:n paksuinen sen on oltava vähintään 75°K alhaisempi kuin pölyn alhaisin syttymislämpötila (hehkulämpötila). Tästä syystä laitteiden omistajan velvollisuus on varmistaa, että pölyräjähdykselle alttiissa ympäristössä laitteiston puhdistus- ja huoltovälit on ajoitettu siten, että 5 millimetriä paksumpia pölykerroksia ei pääse syntymään. Paksumpien pölykerrostumien alhaisin syttymislämpötila (hehkulämpötila) on huomattavasti pienempi. Turve- ja puupölyn hehkulämpötila ja pölypilven alhaisin syttymislämpötila on esitetty taulukossa 6./10/

Taulukko 6. Hehkulämpötilat ja pölypilven syttymislämpötilat

Pölyn laatu	Hehkulämpötila [°C]	Pölypilven syttymislämpötila [°C]
Turve	320	500
Puu	300	400

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea (KLTK) on julkaissut omat turvallisuusohjeet turvepölyyn liittyen. Polttoturpeella on taipumus itsekuumentumiseen- ja syttymiseen sopivissa olosuhteissa. Tähän vaikuttavat ensisijaisesti hiukkaskoko, kosteus, kerrospaksuus, happipitoisuus ja lämpötila. Kuumilla pinnoilla jo 150-200°C:een lämpötilassa turvepölykerrokset voivat itsesytyä muutamassa tunnissa. Jyrsinpolttoturpe ei luokituksen mukaisessa toimitustilassa ole räjähtävä seos, mutta se sisältää runsaasti hiukkaskooltaan turvepölyksi luokiteltavia jakeita, jotka saattavat kuivuttuaan muodostaa räjähdyskykyisen seoksen. Räjähdyskykyisen seoksen syntyyn tarvitaan lisäksi sytytlähde, johon sopivissa olosuhteissa riittää vähäinen staattinen sähköpurkaus./11/

Pöyry Finland Oy on tehnyt selvityksen Aittaluodon voimalaitoksen ATEX-turvallisuudesta. Heidän raportissaan ilmenee turvepölyn poistamisen tärkeys. Turvepöly saattaa ilmaan sekoittuessaan muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Jos turve on toimitussopimuksen mukaista, se on laitokselle tullessa kosteaa. Kosteus on vähimmilläänkin n. 35 %. Kosteaa turvepöly ei ole räjähtävää. Jos turve on tullessaan

jostain syystä kuivaa, on räjähdyskelpoisten seosten muodostuminen mahdollista. Toisen ongelman muodostaa tasolle ja pinnoille kertyvä turvepöly, joka saattaa kuivua ja jostain syystä ilmaan joutuessaan muodostaa räjähdyskelpoisia seoksia. Näiden pölykerrosten poistaminen siivoamalla on ensiarvoisen tärkeää, ja tehokkain keino vähentää sekä palokuormaa että pölyräjähdysriskiä./12/

4.4 Polttoainekuljetinjärjestelmän ongelmakohdat

PK 80 sekä sille tulevat kuljettimet PK 61 ja PK 60 ovat laitoksen pahimpia pölyttäjiä. Kuljettimet ovat vanhoja, eivätkä siksi kovin tiiviitä. Polttoaineen massavirrasta 100% tulee näiden kuljettimien kautta. Kuljettimet sijaitsevat korkealla kattilarakennuksessa, missä kattilarakennuksen alipaine on suurimmillaan. RT-kattilan ruuvikuljettimet ovat uusia, ja siksi varsin tiiviitä, joten pölytysongelman aiheuttavat vanhemmat osat kuljetinjärjestelmää. Karkeajaesiilon PK80 sekä kuljettimien PK 61 ja PK 60 välinen yhteys on lähes yhtenäistä, joka mahdollistaisi alipaineistuksen koko polttoainekuljetinjärjestelmän ongelmakohdalle.

4.5 Kuljettimien alipaineistus

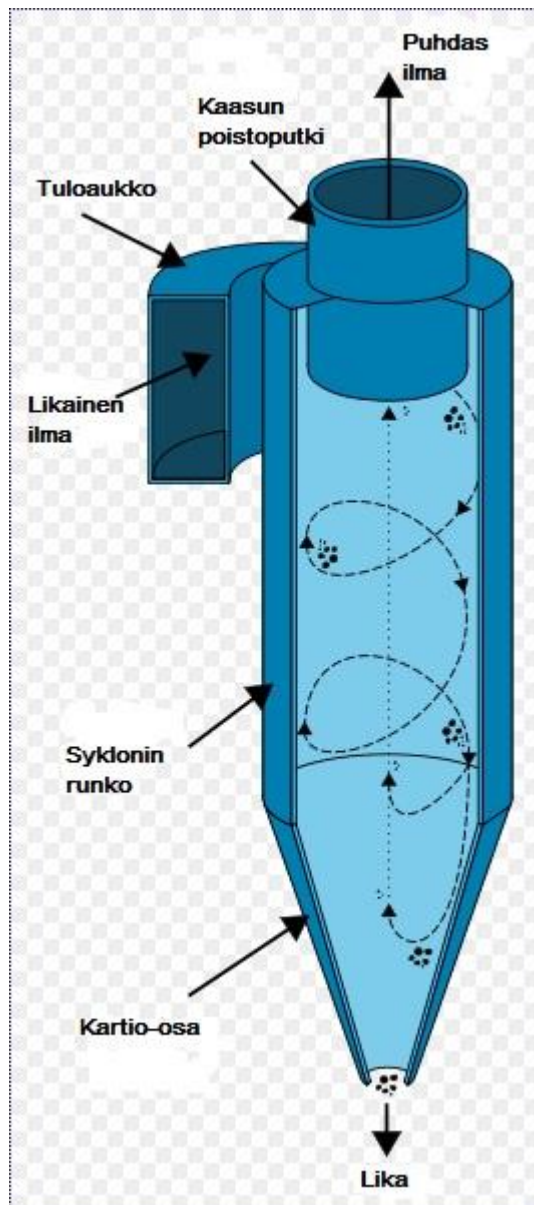
Polttoainekuljettimien alipaineistuksen tarkoituksena on poistaa turvepölyn pääseminen tehtaan tuotantotiloihin. Kuitenkin polttoainekuljettimien jakautuminen eri osiin aiheuttaa ongelmia alipaineen pysymiseen koko polttoainekuljetinjärjestelmän osissa. Tämän vuoksi polttoainekuljettimilta tulisi imeä ilmaa useammasta kohdasta, näin varmistetaan jatkuva alipaine kaikilla kuljettimilla. Alipaineen muodostaminen karkeajaesiilolle PK 80 ja sitä edeltäneille kuljettimille PK 60 sekä PK 61 olisi ensiarvoisen tärkeää. Kuljettimien ikä, sijainti korkealla kattilarakennuksessa sekä kuljettimien yhtenäinen ilmatila huomioiden alipaineen muodostaminen tähän osaan polttoainekuljetusjärjestelmää vähentäisi polttoaineesta purkautuvan pölyn määrää.

Alipaineen muodostamiseen polttoainekuljettimille liittyy olennaisesti ilmanpuhdistus. Kuljettimista imettävä ilma sisältää runsaasti hienojakoista pölyä. Keskustelut Ilmastointi Salmisen huoltopäällikön Jari Peltolan kanssa johtivat siihen, että paras tapa puhdistaa polttoainekuljettimilta imettävää ilmaa olisi imeä ilma aktiivihii-

lisuodattimen läpi. Aktiivihiilisuodatin pystyy puhdistamaan ilmasta partikkelit muita keinoja paremmin. Aktiivihiilisuodattimen huonona puolena on suodattimien puhdistus. Suodattimet tukkiutuvat, varsinkin näin pölyisissä tiloissa, varsin nopeasti. Suodattimien puhdistus ja vaihto aiheuttaa ylläpitokustannuksia tehtaalle. Malli aktiivihiilisuodattimista on esitetty kuvassa 23. Toinen vaihtoehto olisi sykloni, minkä käyttökustannukset ovat pienemmät, mutta syklonilla ei päästä samaan ilmanpuhtautteen kuin aktiivihiilisuodattimella. Syklonin ongelmana on, ettei sitä saada riittävän tiiviiksi, jolloin polttoainekuljettimilta imetyn ilman sisältämä pöly purkautuisi syklonista ympäröivään ilmaan. Periaatekuva syklonin toiminnasta on esitetty kuvassa 24. Ilmanpuhdistuksen parhaimman ja kustannustehokkaimman ratkaisun löytäminen olisi syytä ottaa tarkempaan tarkasteluun erillisenä projektina.



Kuva 23. Malli aktiivihiilisuodattimista/13/



Kuva 24. Periaatekuva syklonin toiminnasta/14/

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tehtyjen mittausten pohjalta pystyttiin saamaan erilaisia ratkaisumalleja kattilahuoneen ilmatasapainon korjaamiseen. Kattilarakennuksessa jo olemassa olevien laitteiden käyttöönotto, huoltaminen sekä säätäminen nousivat työssä esiin. Puhaltimien tuottamia ilmamääriä voitiin suoraan verrata kattilan tarvitsemaan palamisilmamäärään, minkä perusteella pystyttiin toteamaan ilman kerrostuminen sekä epätasainen jakautuminen. Mittausten pohjalta saatiin myös kattilahuoneen kerroksien lämpötilaerot. Mittaustuloksien perusteella voitiin tarkastella kattilahuoneessa olevan ilman kerrostumista. Opinnäytetyön pohjalta olisi mahdollista tehdä samanlainen ilmataselaskenta Aittaluodon voimalaitoksen toiselle leijupetikattilalle. Näiden kahden kattilahuoneen ilmataselaskelmien perusteella puhaltimien säätöön olisi mahdollista saada lisää syvyyttä.

Polttoainekuljettimien alipaineistamisen mahdollisuutta olisi syytä tarkastella tarkemmin. Aiheeseen syventyminen ja kustannustehokkaimman alipaineistustavan löytäminen avaa mahdollisuuden uudelle opinnäytetyölle. Opinnäytetyöhön tehtyjen mittauksien pohjalta voitiin todeta polttoainekuljettimien olevan ylipaineen puolella. Kuljettimien alipaineistus lisäisi työturvallisuutta sekä työskentelytilojen mukavuutta.

LÄHTEET

1. Pori Energia Oy:n kotisivut. [Viitattu 17.1.2012]. Saatavissa: <http://www.porienergia.fi/>
2. RT-kattilan leijumuutos koulutusaineistokansio
3. Pori Energia Oy:n toimintakertomus vuodelta 2010. [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: <http://www.porienergia.fi/index.php?action=item-view&item-action=view&item-hash=2e6c0e2b424d289e042038104637b9c8>
4. Keskustelut Käyttömestari Kari Nyqvistin kanssa 20.1.2012
5. Kuva leijupetikattilasta saatavissa: http://www.mwpower.fi/mwpower/mwpower_pages.nsf/WebWID/WTB-090422-22575-10279?OpenDocument [viitattu 24.4.2012]
6. Energia-Ekonon tekemä kattilahuoneen korvausilmaselvitys
7. Kuva TSI-Mittarista saatavissa: <http://www.ierents.com/images/products/8386.jpg> [viitattu 11.4.2012]
8. Keskustelut Pori Energian käyttöhenkilökunnan kanssa 19.3.2012
9. Keskustelut Ilmastointi Salmisen huoltopäällikön Jari Peltolan kanssa 25.4.2012
10. http://www.malux.fi/fi/uploads/Dust_flyer_Malux_fi.pdf [viitattu 26.3.2012]
11. http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Kattilalaitosten_turvallisuusohjeet.pdf [viitattu 26.3.2012]
12. Pöyry Finland Oy:n tekemä räjähdysuojausasiakirja Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitokselle
13. Kuva aktiivihiilisuodattimista saatavissa: <http://www.directindustry.com/prod/quality-filters/panel-air-filters-with-activated-carbon-54045-371011.html> [viitattu 9.5.2012]
14. Kuva syklonin toimintaperiaatteesta saatavissa: <http://www.epa.gov/apti/bces/module6/matter/control/control.htm> [viitattu 9.5.2012]

TSI

KALIBROINTI- JA KOESTUSTODISTUS

TSI-malli 8388-M-FI TSI-sarjanro 98010424

Kuvaus VELOCICALC PLUS KANNETTAVA ILMANNOPEUSMITTARI

Kalibrointistandardi Tuulitunnelin kalibrointijärjestelmä, nro103

KALIBROINTITULOKSET

Kalibrointi Standardi	Mittarin lukema	Prosentuaalinen ero	sallittu raja-	Virhe verrattuna sallittuun poikkeamaan 0	sallittu raja+
0,000 m/s	0,000 m/s			*	
0,177 m/s	0,174 m/s	-1,7		*	
0,332 m/s	0,330 m/s	-0,6		*	
0,506 m/s	0,507 m/s	0,2		*	
0,805 m/s	0,802 m/s	-0,4		*	
1,694 m/s	1,688 m/s	-0,4		*	
3,296 m/s	3,260 m/s	-1,1		*	
5,056 m/s	5,067 m/s	0,2		*	
7,420 m/s	7,497 m/s	1,0		*	
12,743 m/s	12,739 m/s	-0,0		*	
22,842 m/s	22,693 m/s	-0,7		*	
40,590 m/s	40,106 m/s	-1,2		*	
0,0 °C	0,0 °C				
60,0 °C	60,0 °C				
-1,944 kPa	-1,947 kPa				
+1,941 kPa	+1,941 kPa				
29,8 %rh	30,1 %rh				
68,5 %rh	67,8 %rh				

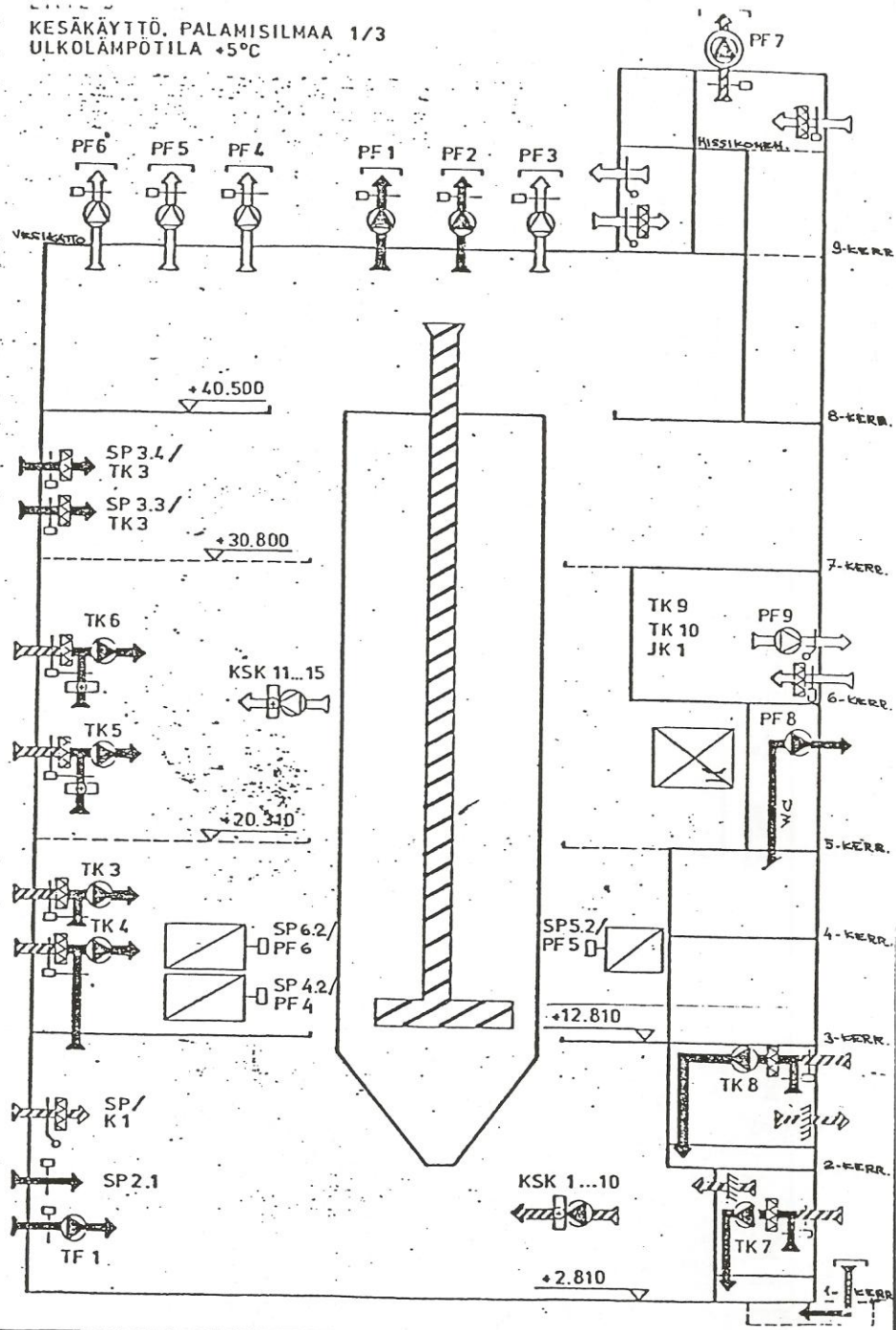
Nopeustarkkuuden rajat:
± 3% lukemasta tai
0,015 m/s
kunpi korkeampi

Nopeus rajattu lukemaan:
Ympäristön lämpötila: 21,1 °C
Barometrinen paine: 760,0 mmHg

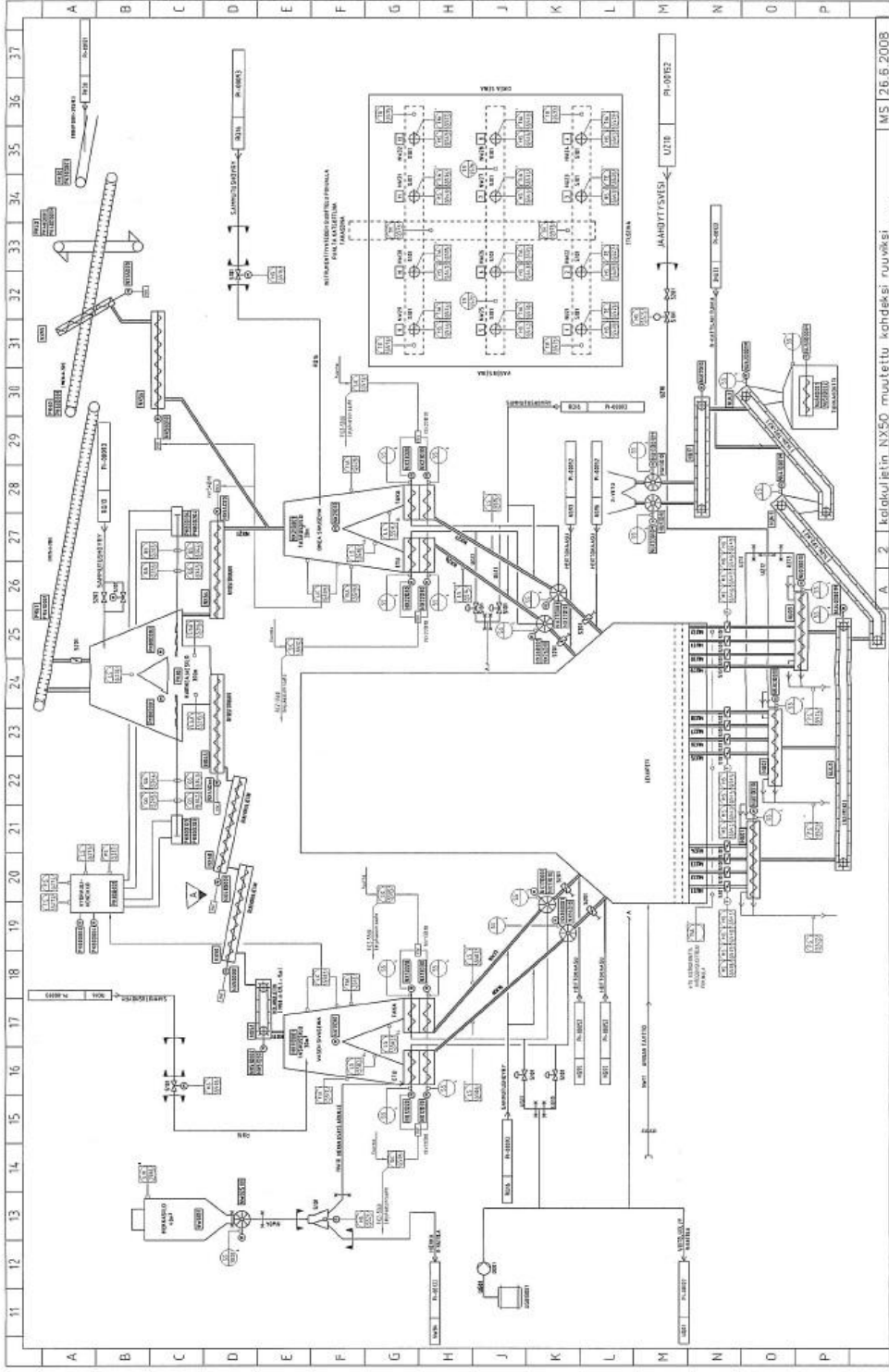
TSI Inc. väen todistaa että kaikki materiaalit, komponentit ja työ jota on käytetty tämän laiteen valmistuksessa ovat täydellisesti TSI:n käyttämien teknisten standardien ja yleisten vaatimusten mukaisia. Kaikki laatu- ja suorituskykyä tarkastukset sisältyen tähän todistukseen ovat suoritettu merestyksellisesti täyttäneen vaatimukset. Kaikki testi- ja kalibrointitiedot, joita TSI on käyttänyt perustuvat EU:n standardeihin jotka ovat jätettävissä European Cooperation for Accreditation of Laboratories (EAL) mukaan tai on vertailtu mittalaitteella jonka tarkkuus on jätettävissä EAL:n oholain jäsenyhdistöön.

Testiraportti	Raportin numero	pvm	Tarkastus-pvm
EC jännite	29-98291	94-08-09	98-09-14
Barometrinen paine	03-4945	87-05-15	98-03-23
Lämpötila	5738	97-02-27	98-07-17
Paine	03-4938	97-01-09	98-02-24
Paine	03-4909	94-02-15	98-02-24
Kastepiste	259080	96-05-25	98-06-05

KESÄKÄYTTÖ. PALAMISILMAA 1/3
 ULKOLÄMPÖTILA +5°C



	OY W ROSENLEW AB TURVEKATTILALAITOS PORI	TPN	
		UOV	
		31 07 81	FF-53054



AH Control Oy UUSKAUPUNKI		PORIN LAMPOVOIMA OY		RT-KATTILA POLITTOAIN- JA HIEKKAKAAVIO		A 2 kaivukattilan NX50 muutettu kahdeksi ruuviaksi		MS 126.6.2008	
Suuri /		Pienikapasiteetti /		Kattilan /		Pienikapasiteetti /		Pieno	
Pääty /		Pääty /		Pääty /		Pääty /		Pääty /	
Tehk. /		Tehk. /		Tehk. /		Tehk. /		Tehk. /	
Muutos (0,5-7-0)		Muutos (0,5-7-0)		Muutos (0,5-7-0)		Muutos (0,5-7-0)		Muutos (0,5-7-0)	

PI-00123