

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma / merenkulkualan insinöörin sv.

Tero Mustonen

MATKUSTAJA-AUTOLAUTAN ILMASTOINNIN TALOUDELLISUUDEN
PARANTAMINEN

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulkualan insinööri

MUSTONEN, TERO

Matkustaja-autolautan ilmastoinnin taloudellisuuden parantaminen

Opinnäytetyö

26 sivua + 5 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Risto Korhonen

Toimeksiantaja

Tallink Silja Oy

Helmikuu 2010

Avainsanat

ilmastointi, taajuusmuuttaja, kaasunpoisto, autolautat, laivat

Opinnäytetyön tekeminen lähti käyntiin, kun Silja Serenadella tehtyjen mittausten perusteella pääteltiin, että ilmastointia voidaan parantaa taloudellisesti. Silja Serenade on rakennettu vuonna 1990, joten tekniikan kehityksen myötä ilmastointia voidaan kehittää taloudellisempaan suuntaan.

Työn tarkoituksena oli etsiä eri vaihtoehtoja, joiden avulla ilmastointia saadaan taloudellisemmaksi. Mahdollisista parannuksista saatavien hyötyjen ja aiheutuvien haittojen kartoitus oli tärkeää. Työssä käsitellään ilmastoinnin yleistä teoriaa, pre- ja reheating-nesteiden paine-erojen mittauksia, niiden kaasunpoistoa, ilmastoinnin ilmamäärien optimointia sekä taajuusmuuttajien käyttöä puhaltimissa.

Parhaimmiksi parannusehdotuksiksi osoittautuivat taajuusmuuttajien käyttö puhaltimissa, kaasunpoisto pre- ja reheating-nesteistä sekä korostui lämmöntalteenoton tärkeys. Työtä tehtäessä etsittiin laivoja, joihin oli tehty jälkiasennuksena parannuksia ilmastointiin. Parhaiten tietoa löytyi sellaisten yhtiöiden kautta, jotka olivat tehneet vastaavia muutostöitä. Alan julkaisuista löytyi myös hyvin tietoa. Vertailu laivojen kesken on kuitenkin vaikeaa laivojen kokoeroista ja liikennealueiden eroista johtuen. Kaasunpoisto pre- ja reheating-nesteistä oli yksi pääteemoista. Silja Serenadella ruotsalainen QTF Ab teki mittauksia sekä analysoi pre- ja reheating-nesteiden kaasupitoisuuksia sekä muiden haitallisten aineiden määriä nesteissä.

Tutkimuksessa selvisi, että Silja Serenadella olevaa ilmastointia voidaan parantaa taloudellisesti, mutta se vaatii suurehkoja muutostöitä sekä sijoituksia hankittaviin laitteisiin. Ilman muutoksia ilmastointia on vaikea tai lähes mahdoton parantaa taloudellisesti.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Maritime engineering

MUSTONEN, TERO

Passenger car ferry's air conditioning economical efficiency improvement

Bachelor's Thesis

26 pages + 5 pages of appendices

Supervisor

Risto Korhonen, Lecturer

Commissioned by

Tallink Silja Oy

February 2010

Keywords

air conditioning, frequency converters, car ferry, degassing, vessels

Silja Serenade is a fairly old vessel, built in 1990. Its air conditioning is in the original state. The technical development during the past 20 years has made it possible to improve the economical efficiency of Silja Serenade's air conditioning.

The focus of this thesis was to find ways of improving the economical efficiency of Silja Serenade. Benefits and disadvantages of the possible improvements were also considered.

The best possible solutions turned out to be degassing of pre- and reheating fluids, frequency converter usage in fans and heat recovery. Companies that have made refittings in old vessels were the best information source. Marine Engineers Review magazine was also good source of information.

This thesis shows that the air conditioning of Silja Serenade can be made economically more efficient. Improvements cannot be done without refitting new technology on the fans or a degassing system to pre- and reheating fluids system.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO

2 ILMASTOINNISTA YLEENSÄ 6

2.1 Ilmastoinnin teoriaa 6

2.2 Ilmastoinnin ilmanjako 7

2.2.1 Sekoittava ilmanjako 7

2.2.2 Laminaarinen ilmanjako 8

2.2.3 Syrjäyttävä ilmanjako 8

3 JÄÄHDYTYS 9

3.1 Ilman jäähdytys 9

3.2 Välillinen jäähdytys 10

3.2.1 Välillisen järjestelmän koneisto 10

3.2.2 Liuosjäähdytin 10

3.2.3 Kompressori 11

3.2.4 Lauhdutin 11

3.2.5 Paisuntaventtiili 12

3.3 Suora jäähdytys 12

4 SILJA SERENADE 13

4.1 Silja Serenaden ilmastointi 13

4.2 Paloturvallisuus ja ilmastointi Silja Serenadella 13

4.3 Ilman jäähdytys Silja Serenadella 14

4.4 Ilman lämmitys Silja Serenadella 15

5 PRE- JA REHEATINGNESTEET 16

5.1 Pre- ja reheating-nesteiden painehäviön mittaus ja johtopäätös 17

6 ILMASTOINNIN ILMAMÄÄRIEN MITTAUS JA OPTIMOINTI 18

6.1 Silja Serenaden kaksikanavajärjestelmä 18

6.2 Ilmastoinnin ilmamäärien optimointi 18

6.2.1 Virtausmittaustyökalu 19

6.2.2 Paine-eromittaustyökalu 19

6.2.3 Ilmamäärien säätäminen 19

6.2.4 Lämmönvaihtimen paine-erojen mittaus 20

6.2.5 Johtopäätös 20

7 PRE- JA REHEATING NESTEIDEN MITTAUKSET	21
8 NOXYGEN-LAITTEISTON HANKKIMINEN	21
9 TAAJUUSMUUTTAJIEN KÄYTTÖ PUHALTIMISSA	22
9.1 Taajuusmuuttaja	22
9.2 Sähkömoottorin nopeudensäätö	23
9.3 Taajuusmuuttajien ympäristöystävällisyys	24
9.4 Taajuusmuuttajien hankintakustannukset ja takaisinmaksuaika	24
10 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26
LIITTEET	
Liite 1 QTF Ab:n mittausraportti (alkuperäinen)	
Liite 2 QTF Ab:n mittausraportti (suomenos)	

1 JOHDANTO

Työ sai alkunsa, kun matkustaja-autolautta Silja Serenadella otettiin vesinäytteitä pre- ja reheating-nesteistä ja niiden todettiin olevan sakkaisia. Samoille nesteille tehtiin myös paine-erojen mittauksia, mikä herätti epäilyjä, että nesteessä olleet partikkelit laskivat painetta ja estivät kunnollisen lämmönjohdon. Tämän tutkimista ehdotettiin minulle Tallink Silja Oy:stä opinnäytetyön aiheeksi, koska olin työskennellyt Silja Serenadella vuodesta 2005 lähtien harjoittelujaksoilla ja kesäisin.

Pre- ja reheating-nesteiden tehtävänä laivalla on jäähdyttää tai lämmittää sisäilmaa. Lämmönvaihtimet ovat herkkiä tukkeutumiselle, ja nesteiden lämmönjohtokyky heikentyy, jos ne sisältävät likapartikkeleita. Tämän takia on ensiarvoisen tärkeää sisäilman kannalta että pre- ja reheating-nesteet pysyvät puhtaina ja lämmönvaihtimet avoimina.

Työ sisältää pre- ja reheating-nesteiden paine-erojen mittauksen lisäksi teoriaa ilmastoinnista yleensä, pre- ja reheating-nesteiden kaasunpoistosta, ilmastoinnin ilmamäärien optimoinnista ja taajuusmuuttajien käytöstä puhaltimissa. Työn tavoitteena oli kartoittaa mahdollisuuksia parantaa Silja Serenaden ilmastoinnin taloudellista tehokkuutta. Uudella teknologialla on mahdollista saavuttaa suuriakin polttoainetaloudellisia hyötyjä verrattuna 20 vuotta vanhaan teknologiaan, jolla Silja Serenade on rakennettu. Työ tehtiin melko löyhällä aikataululla. Se aloitettiin pitämällä palaveri Silja Serenadella heinäkuussa 2008. Palaverin jälkeen oli taukoa, ja konkreettisesti työn tekeminen aloitettiin alkuvuodesta 2009. Työ valmistui lokakuussa 2009.

2 ILMASTOINNISTA YLEENSÄ

2.1 Ilmastoinnin teoriaa

Ilmastoinnissa puhutaan yleensä ilman käsittelystä eli ilmaa lämmitetään tai jäähdytetään. Lisäksi ilman käsittelyyn kuuluu myös ilman suodatus, kosteuden poisto tai kostutus. Täydellinen ilmankäsittelylaitos sisältää kaikki edellä mainitut toiminnot. Ilmastoinnin tavoitteena on pitää ilma hyvänä ja tilojen käyttötarkoitukselle sopivana. Sisäilmasto koostuu seuraavista pääosista:

- lämpöolosuhteet
- kosteus
- ilman laatu
- säteilyolosuhteet
- sähköiset ominaisuudet
- valaistus
- melu.

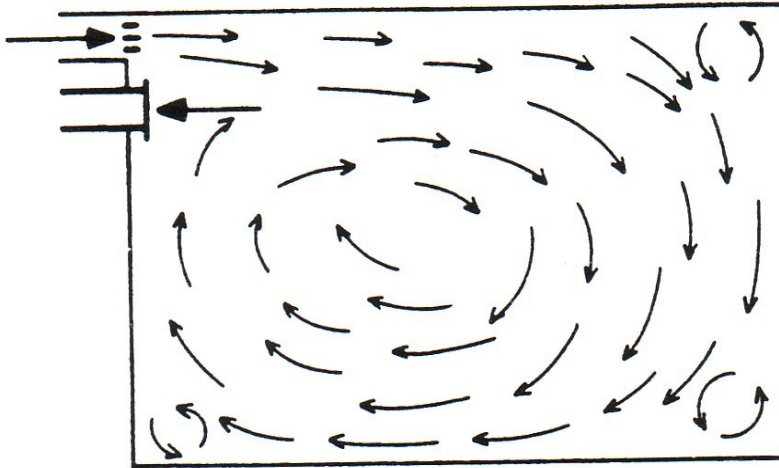
Ilmastoinnin kannalta keskeisimmät vaikuttajat ovat lämpöolosuhteet ja ilman laatu. Lämpöolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ovat ilman lämpötila, pintojen lämpötilat ja säteilyominaisuudet, lämpötilaerot ja vaihtelut, ilman liike ja ilman kosteus. Riittävä happipitoisuus, hajuttomuus sekä ilman epäpuhtauksien pieni määrä muodostavat perustan ilman laadulle. (1, 3)

2.2 Ilmastoinnin ilmanjako

Ilmanjakoon kuuluvat tulo- ja poistoilmalaitteistot ja niiden aiheuttamat virtaukset huoneessa. Ilmanjako voidaan tehdä kolmella eri tavalla: sekoittavalla, laminaarisella tai syrjäyttävällä virtauksella. Ilmajako on monesti ainut kohta ilmastoinnissa, johon ilmastoitujen tilojen käyttäjät kiinnittävät huomiota. (1, 153)

2.2.1 Sekoittava ilmanjako

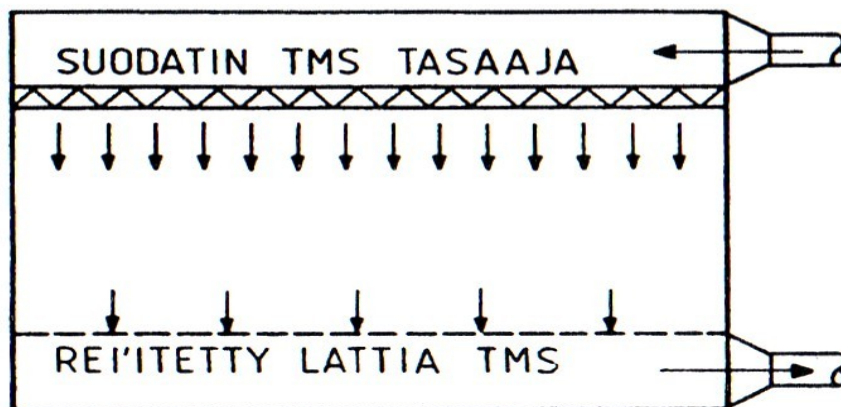
Sekoittavassa ilmanjaossa tuloilma sekoitetaan mahdollisimman tehokkaasti huoneilmaan. Tuloilma johdetaan huoneeseen ilmasuihkuna suurella nopeudella (jopa useita metrejä sekunnissa). Suihku tunkeutuu syvälle huoneilmaan ja sekoittuu siihen tehokkaasti. Näin huoneilmassa ei ole suuria lämpötilaeroja. Sekoittavia ilmavirtauksia syntyy myös lämpötilaeroista johtuen. Huoneilmaa voivat sekoittaa esimerkiksi ikkunat ja lämpöpatterit. Sekoittava ilmanvaihto soveltuu erinomaisesti tiloihin, joissa ei ole voimakkaita pistemäisiä epäpuhtauslähteitä. Silja Serenadella ilmanjako on suoritettu juuri sekoittavalla tavalla. (1, 153-154)



Kuva 1. Sekoittavan ilmanjaon periaate (1, 154).

2.2.2 Laminaarinen ilmanjako

Laminaarisessa ilmanjaossa ilmavirta pyritään jakamaan koko huoneeseen tasaisesti. Huoneeseen saadaan lähes samat ominaisuudet kuin tuloilmassa. Ilmanjaossa käytetään suuria pintoja, joista ilma johdetaan tasaisesti koko huoneeseen. Kun halutaan tarkka lämpötilansäätö tai erityisen puhdas tila, valitaan laminaarinen ilmanjako. (1, 154)

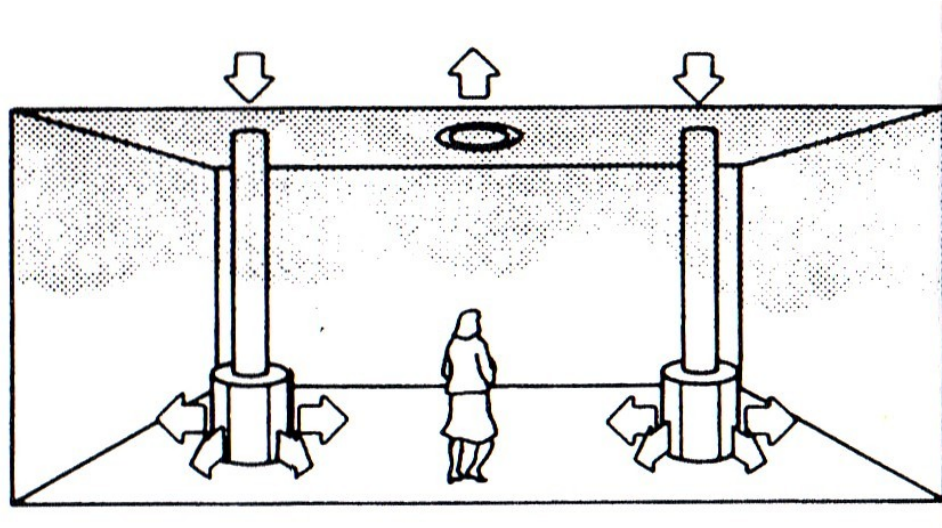


Kuva 2. Laminaarisen ilmanjaon periaate (1, 154).

2.2.3 Syrjäyttävä ilmanjako

Syrjäyttävässä ilmanjaossa tavoitellaan epäpuhtauksien ja lämpötilojen kerrostumista. Oleskeluvyöhykkeelle halutaan hyvät olosuhteet, muilla vyöhykkeillä sallitaan epäpuhtauksia ja lämpötilavaihteluita. Tuloilma tuodaan alhaisella nopeudella huoneeseen; näin vältetään ilman sekoittuminen. Tuloilma on myös hieman

alilämpöistä huoneilmaan nähden, jolloin se syrjäyttää lämmenneen ja likaisemman huoneilman. Syrjäyttävää ilmajakoa käytetään erityisesti tiloissa, joissa syntyy runsaasti lämpöä tai epäpuhtauksia. Käyttökohteita ovat teollisuushallit ja muut korkeat tilat. (1, 154)



Kuva 3. Syrjäyttävän ilmanjaon periaate (1, 154).

3 JÄÄHDYTYS

3.1 Ilman jäähdytys

Ilmastoinnissa ilman jäähdytys voidaan periaatteessa suorittaa kahdella eri tavalla: suoralla jäähdytyksellä tai välillisellä jäähdytyksellä. Suorassa jäähdytyksessä höyrystin, joka jäähdyttää ilmaa, on sijoitettu suoraan jäähdytettävään tilaan. Välillisessä järjestelmässä jäähdytetään lämpöä siirtävää liuosta, joka siirretään eristettyjä linjoja pitkin tilaan, jossa lämmönvaihto tapahtuu yleensä ilmastoinnin puhallinhuoneissa. Puhallinhuoneista jäähdytetty ilma puhalletaan jäähdytettäviin tiloihin. Välillisen järjestelmän liuosta voidaan myös lämmittää, jolloin ilmastointi toimii lämmittimenä. (2, 365)

Silja Serenadella on käytössä välillinen järjestelmä, joten sitä painotetaan tässä työssä.

3.2 Välillinen jäähdytys

Välillistä järjestelmää käytetään yleensä, kun

- jäähdytettäviä kohteita on useita
- tarvitaan tarkka lämpötilan säätö
- kompressorin ja jäähdytyskohteiden välinen etäisyys tai korkeusero on suuri
- halutaan keskitetty jäähdytyskoneisto
- halutaan varautua järjestelmän laajentamiseen
- halutaan pieni kylmäainetäytös (2, 378).

Välillinen jäähdytys pystyy myös tasaamaan lyhytaikaisia kuormitushuippuja, koska se varastoi lämpöä putkiston ja liuoksen suuren massan vuoksi. Välillisen järjestelmän selkeitä haittoja suoraan jäähdytykseen verrattuna ovat suurempi energian kulutus ja korkeampi hankintahinta. Suurempi energiankulutus johtuu 15 - 20 % matalammasta höyrystymislämpötilasta kuin suorassa järjestelmässä. Korkeampi hankintahinta taas selittyy yksikertaisesti sillä, että järjestelmä on monimutkaisempi ja suurempi. (2, 378)

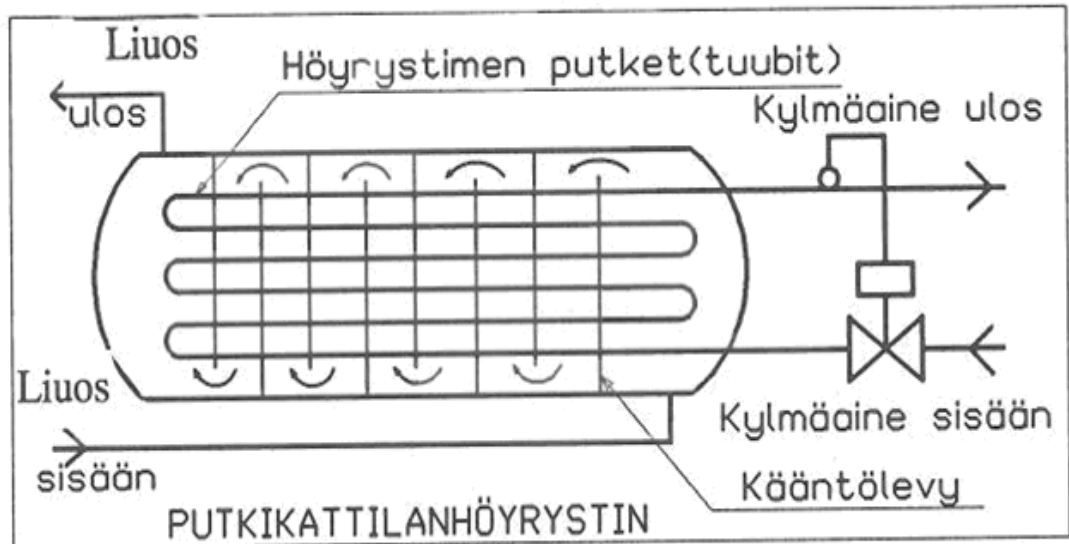
3.2.1 Välillisen järjestelmän koneisto

Välillisen järjestelmän koneisto koostuu *liuosjäähdyttimestä, kompressorikoneikosta, lauhduttimesta ja paisuntaventtiilistä* (3, 142).

3.2.2 Liuosjäähdytin

Liuosjäähdytin eli höyrystin on se kylmälaitoksen osa, joka ottaa lämpöenergiaa vastaan. Kun kylmäaine nesteen muodossa ohittaa paisuntaventtiilin ja virtaa höyrystimeen, on paineen alenemisen oltava niin suuri, että neste alkaa kiehua. Kylmäaineen täytyy höyrystyä matalammassa lämpötilassa kuin aine, jota jäähdytetään, koska vain näin saadaan lämpö siirtymään kylmäaineeseen. Höyrystimet voidaan erotella rakenteen mukaan seuraavasti: moniputkihöyrystimet, pienhöyrystimet, ilmahöyrystimet, lamellihöyrystimet, ripaputkihöyrystimet ja levyhöyrystimet. Höyrystimet jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan kuiviin höyrystimiin ja märkiin höyrystimiin. Kuivissa höyrystimissä kylmäaine virtaa

putkissa tavallisesti termostaattisen paisuntaventtiilin syöttämänä. Nimitys viittaa putkien loppupään kuivumiseen tarvittavan tulistuksen saavuttamiseksi. Märissä höyrystimissä lämpöä tuova pinta on upotettuna kylmäainesteeseen, mistä tulee nimi märkä höyrystin. (3, 134)



Kuva 4. Kuvassa on esitelty liuosjäähdytin ja sen toimintaperiaate (3, 143).

3.2.3 Kompressori

Kompressorin tehtävänä on imeä höyrystynyt kylmäaine pois, jotta höyrystimen paine säilyisi matalana ja kylmäaineen höyrystyminen höyrystimessä jatkuisi. Kompressorit jaetaan kahteen ryhmään toimintatavan mukaan. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat mäntä-, ruuvi- ja lamellikompressorit. Toiseen ryhmään kuuluvat dynaamisesti toimivat kuten turbokompressorit. (3, 150–151)

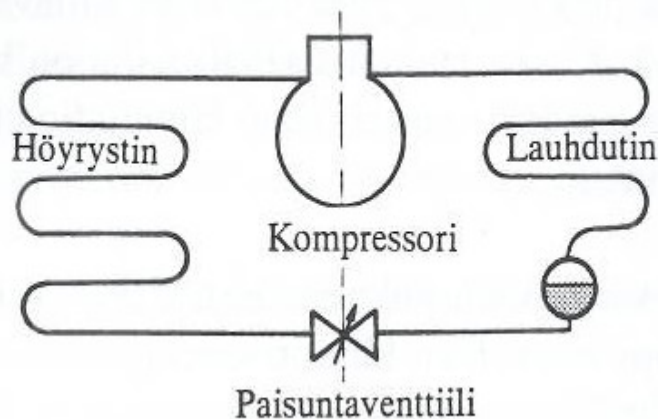
3.2.4 Lauhdutin

Lauhduttimen tehtävänä on siirtää pois se lämpöenergia, joka on otettu talteen höyrystimessä ja puristuksen kautta tuotu lauhduttimeen pois siirrettäväksi. Eri lauhdutintyyppit ovat saaneet nimensä jäähdytysaineensa mukaan: yleensä puhutaan vesi- ja ilmajäähdytteisistä lauhduttimista. Ilmajäähdytteinen lauhdutin on rakennettu putkista, joihin on prässätty lamelleja. Tavallisesti puhallin puhaltaa tai imee ilmaa lamellien välistä. Ilmajäähdytteinen lauhdutin voidaan sijoittaa vapaasti, jolloin voidaan varmistua viileän ilman saannista. Suuritehoisissa laitoksissa

lauhtumislämpöä voidaan myös ottaa talteen lämmöntalteenottolauhduttimella. Vesijäähdytteinen lauhdutin oli pitkään yleisin kylmätekniikassa käytetty lauhdutustapa. Syynä oli halpa hankintahinta ja pieni suhteellinen tilantarve ilmalauhduttimeen nähden. Kylmälaitoksissa, joissa on vesijäähdytteinen lauhdutin ja joissa vesi otetaan vesijohtoverkosta, säädetään lauhduttimen painetta jäähdytysveden tulopuolelle asennettavalla vesiventtiilillä. Vesiventtiiliä ohjataan joko lämpötilan tai paineen mukaan. Paineohjatussa vesiventtiilissä ohjaussignaali otetaan kylmäainepiiristä ennen lauhdutinta. (3, 146–147)

3.2.5 Paisuntaventtiili

Paisuntaventtiili on pieni mutta tärkeä osa kylmälaitosta. Venttiilillä on kaksi tehtävää: sen on säädettävä kylmäaineensyöttöä niin, että se vastaa höyrystimen kuormitusta, ja pidettävä yllä paine-eroa kylmälaitoksen matala- ja korkeapainepuolen välillä. (3, 107)



Kuva 5. Kuvasta käy ilmi kylmälaitoksen eri laitteiden sijoitukset toisiinsa nähden (3, 107).

3.3 Suora jäähdytys

Suoraa jäähdytystä käytetään tavallisesti, kun:

- kohteessa on vain 1 - 4 jäähdytettävää tilaa ja ne sijaitsevat lähellä toisiaan
- jäähdytysteho on pieni, alle 300 kW

– vettä ei voi käyttää (2, 377–378).

Suora jäähdytys tapahtuu ilman väliaineen käyttöä eli laitteisto on periaatteessa samanlainen kuin välillisessä jäähdytyksessä käytettävä, mutta höyrystin jäähdyttää suoraan jäähdytettävää ilmaa. Suoran laitteiston on sijaittava joko itse jäähdytettävässä tilassa tai heti sen läheisyydessä. (2, 378)

4 SILJA SERENADE

Silja Serenade on rakennettu Masa-Yardsin Turun telakalla ja se valmistui marraskuussa 1990. Aluksella on 986 hyttiä ja suurin sallittu henkilömäärä (matkustajat ja henkilökunta) on 3066 henkeä. Silja Serenadella on viisi ravintolaa, joiden henkilömäärä on noin 1200 henkeä. Lisäksi aluksella on kaksi tanssiravintolaa, joiden henkilömäärä on myös 1200 henkilöä, sekä konferenssitilat, joihin mahtuu 650 henkeä. Julkisten tilojen, jotka kaikki ovat ilmastoituja, pinta-ala on 13 700 m². Tilojen suuri pinta-ala ja suuret henkilömäärät asettavat omat vaatimuksensa ilmastoinnille. Ilmanvaihdon on oltava suljetussa laivassa ensiluokkaista matkustajien viihtyvyyden varmistamiseksi.

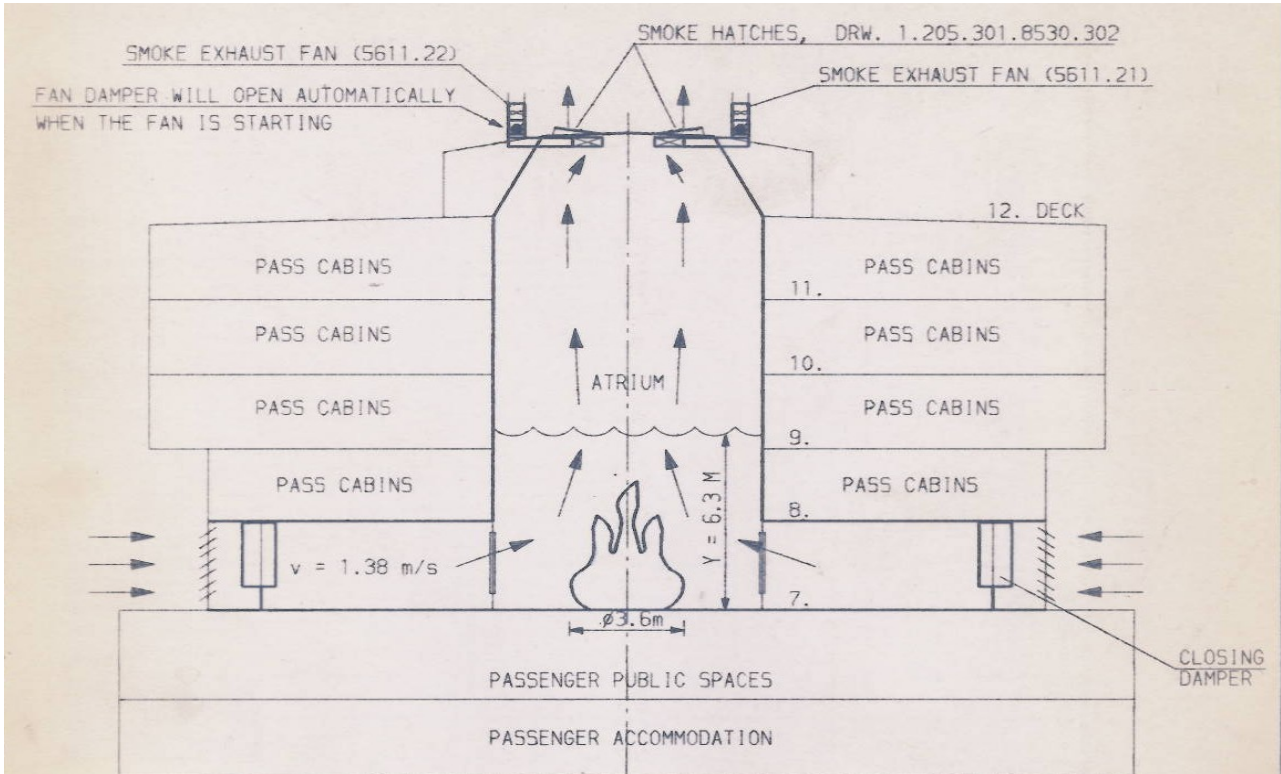
4.1 Silja Serenaden ilmastointi

Silja Serenadella ilmastointi on toteutettu välillisen järjestelmän mukaan, koska ilmastoitavia tiloja on paljon ja ne sijaitsevat ympäri laivaa. Esimerkiksi jokainen hytti, julkiset tilat ja ravintolat ovat ilmastoituja. Jäähdytyskoneisto on pystytty keskittämään konehuoneeseen. Ilmastointikoneikot on sijoitettu ympäri laivaa, lähelle ilmastoituja tiloja ja raikasta ilmaa. Ilmastointikoneikoilta ilma johdetaan kanavistoa pitkin ilmastoituihin tiloihin.

4.2 Paloturvallisuus ja ilmastointi Silja Serenadella

Silja Serenade on jaettu kuuteen paloalueeseen. Alueet yhdestä viiteen ovat laivan keulasta perään. Kuudes alue on Promenade eli kävelykatu. Ilmastointikanavissa on palopeltejä sekä savupeltejä. Palopeltien tehtävä on estää palon leviäminen. Savupeltien tehtävä taas on estää savun leviäminen laivan muihin tiloihin. Lisäksi Silja Serenadella on erillisiä savunpoistoluukkuja sekä puhaltimia johtuen laivan

rakenteesta.



Kuva 6. Kuvassa on Silja Serenaden poikkileikkaus viidennestä kannesta ylöspäin (4).

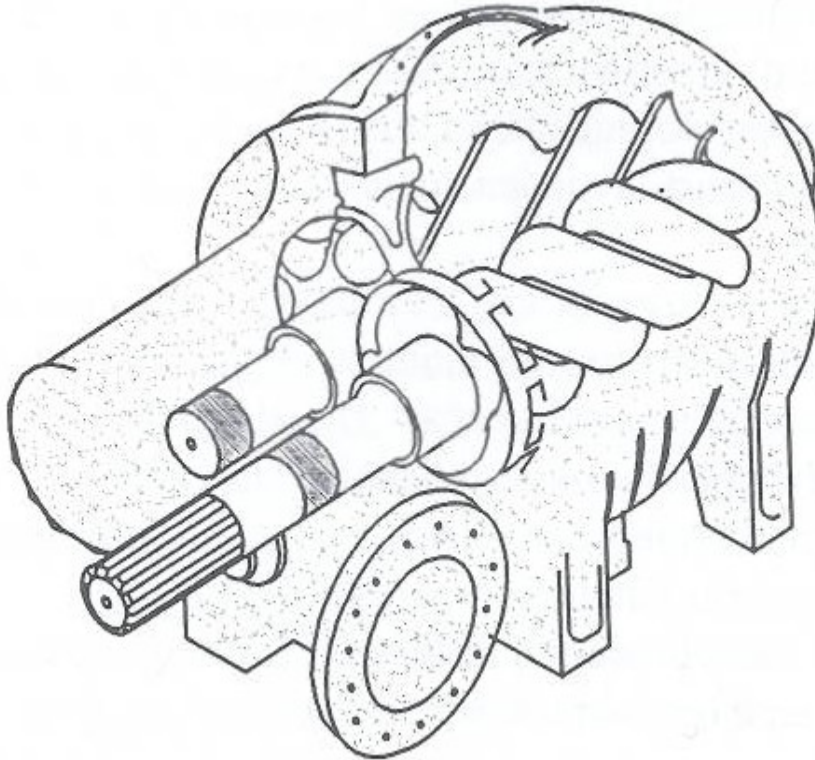
Kuvasta 6 käy ilmi, mitä tapahtuu jos Promenadella syttyisi tulipalo. Seitsemänneltä kannelta palopellit sulkeutuvat ja estävät paloa saamasta lisähapetta. Atriumin savupatsasta aletaan tuulettaa välittömästi, savuluukut aukeavat ja puhaltimet alkavat imeä savua ulos.

4.3 Ilman jäähdytys Silja Serenadella

Silja Serenadella on kaksi erillistä jäähdytyskoneikkoa, jotka on siis sijoitettu konehuoneeseen. Stal Refrigerationin toimittamat jäähdytyskoneikot ovat mallia VSM 73EC. Koneikkojen yhteenlaskettu jäähdytysteho on 5800 kW, joka riittää jäähdyttämään 810 m³/h +11,5-asteista nestettä +6-asteiseksi. Koneikot ovat suunniteltu käyttämään jäähdytysaineena R22-freonia tai ominaisuuksiltaan vastaavaa jäähdytysainetta.

Kompressorit ovat ruuvikompressoreita, joissa on kaksi erikoisteräksestä valmistettua ruuvia ja jotka ovat yhdessä valukappaleesta valmistetussa pesässä. Ajoruuvissa on

neljä uraa ja ajettavassa ruuvissa kuusi. Koneikkoa käytettäessä ruuvit toimivat yhdessä kuin hammaspyörät. Kompressorin pyörimisnopeus on 2975 kierrosta minuutissa. Kompressorissa on voiteluöljyn ruiskutus, jotta sisäistä kaasun vuotoa ja ääntä saadaan pienennettyä. Sen tehontarve on noin 580 kW. Kompressoria pyörittää kolmivaihesähkömoottori Strömberg HXUR 1005 HIB3. Sen teho on 590 kW ja pyörimisnopeus 2975 kierrosta minuutissa. Välittäjäaineena toimii glykoliliuos, josta höyrystyvä kylmäaine sitoo lämpöä eli jäähdyttää sitä. Jäähdytetty glykoliliuos johdetaan preheating-linjaa pitkin ilmastointikoneikoille, joissa se ottaa vastaan lämpöä jäähdytettävästä ilmasta, jota johdetaan ilmastoituihin tiloihin. Ilma suodatetaan karkealla suotimella ennen puhallinta ja hienolla suotimella puhaltimen jälkeen. Karkea suodin suodattaa suuremmat epäpuhtaudet ja hieno suodin poistaa pienemmät epäpuhtaudet ilmasta.



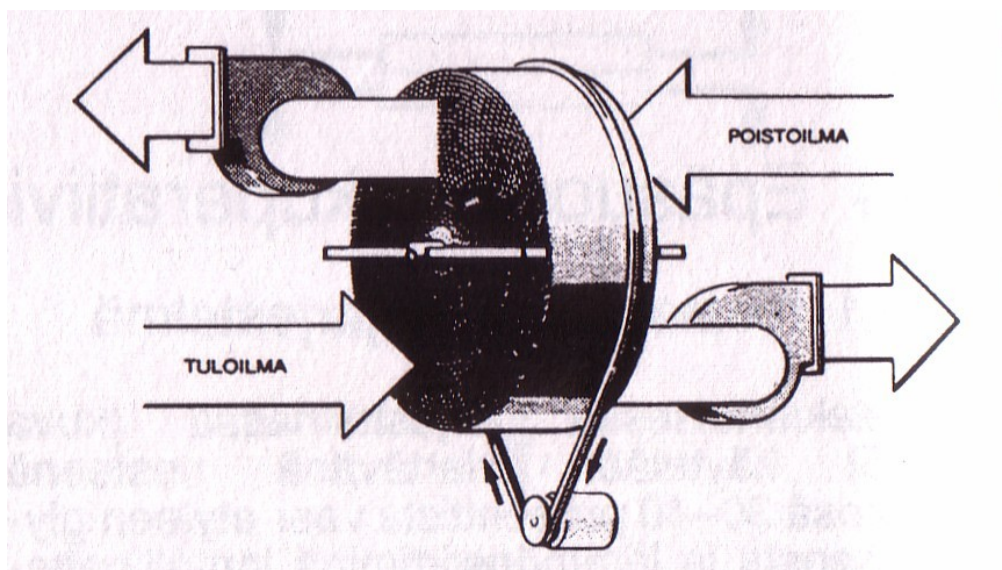
Kuva 7. Ruuvikompressorin läpileikkauksuvasta näkyvät ruuvit, jotka puristavat kylmäainehöyryä jatkuvasti, ilman imu- tai paineventtiileitä. (3, 153)

4.4 Ilman lämmitys Silja Serenadella

Kun huoneilmaa täytyy lämmittää, glykoliliuosta lämmitetään preheating- ja reheating-vesien avulla, joita taas lämmitetään apukoneistojen LT- ja HT-piirien avulla. Apukoneistoina toimii kaksi Wärtsilä Wasa 6R32 -moottoria ja kaksi Wärtsilä

Wasa 8R32 -moottoria. Apukoneilla tuotetaan kaikki sähköenergia, joka tarvitaan aluksella, noin 11000 kW. LT-piiri luovuttaa lämpöä preheating-puolelle ja HT-piiri taas reheating-puolelle. Lisäksi Silja Serenadella on lämmöntalteenottolaitteisto. Talvella, kun ulkoilmaa lämmitetään, laitteisto ottaa talteen ulos puhallettavasta ilmasta lämpöä ja luovuttaa sitä sisään otettavaan ilmaan. Kesällä laitteisto taas luovuttaa lämpöä ulos puhallettavalle ilmalle ja samalla jäädyttää sisään otettavaa ilmaa.

Laitteisto on pyörivä regeneratiivisesti lämpöä varastoiva: lämpöä siirtävä aine varastoi lämpöä ja vuorotellen lämpenee ja jäähtyy ilmapirrassa. Pyörivässä lämmönsiirtimessä massa jäähtyy ulkoilmavirrassa ja lämpenee poistoilmavirrassa. Lämmin poistoilma johdetaan regeneratiivisen lämmönsiirtimen läpi, johon lämpö varautuu. Lämmönsiirtimen pyöriessä lämmin massa siirtyy tuloilmapuolelle ja lämmittää ulkoilman tehokkaasti luovuttamalla lämmön massastaan. Tuloilma kulkee lämmönsiirtimen toisen puoliskon läpi ja poistoilma vastavirtaan toisen puoliskon läpi. Roottorin pienten kanavien läpi virtaa näin vuoroin tulo- ja vuoroin poistoilmaa toisiinsa nähden vastakkaisiin suuntiin. Silja Serenadella on myös kävelykatu eli Promenade. Promenade sijaitsee keskilaivassa ja on seitsemänneltä kannelta aivan ylös asti avoin tila. Talvella Promenadin ilmanvaihdossa ei kaikkea ilmaa ole järkevää vaihtaa koko ajan vaan ilmaa kierrätetään niin, että osa vanhasta ilmasta sekoitetaan uuteen ilmaan ja vain osa vanhasta ilmasta puhalletaan ulos. Näin säästetään lämmityskustannuksista, kun koko ilmamäärää ei tarvitse koko ajan lämmittää.

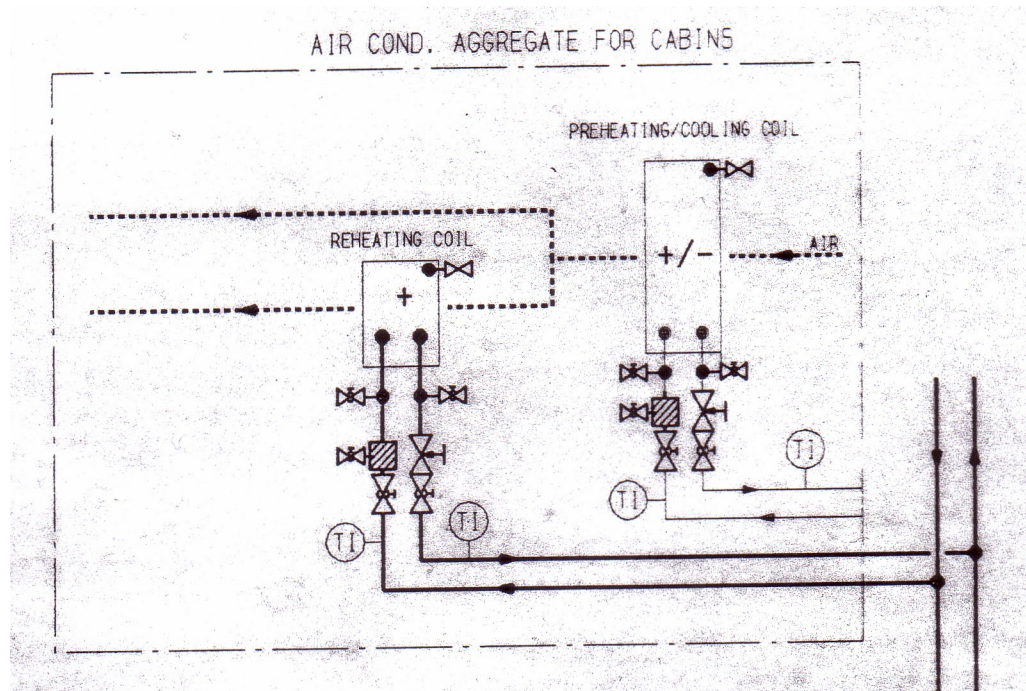


Kuva 8. Regeneratiivisen lämmöntalteenottimen periaate (1, 288).

5 PRE- JA REHEATING-NESTEET

Preheating-neste on nimensä mukaan esilämmitin eli se esilämmittää sisään otettavaa, jo lämmöntalteenottimen ennalta hiukan lämmittämää, ilmaa. Reheating taas on jälkilämmitin eli se lämmittää ilman lämmöntalteenottimen ja esilämmittimen jälkeen sopivan lämpimäksi johdettavaksi lämminilmakanavaan. Nesteet ovat evaporoitua vettä, johon on lisätty glykolia, jolla saadaan nesteeseen pakkaskestävyyttä.

Esimerkiksi mittauspäivänä 13.2.2009 ulkolämpötila oli $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Preheating-veden lämpötila ennen lämmönvaihdinta oli $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja lämmönvaihtimen jälkeen myös $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Reheating-puolen lämpötilat taas olivat ennen lämmönvaihdinta $+56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja lämmönvaihtimen jälkeen $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Kuva 9. Silja Serenaden pre- ja reheating-lämmönvaihtimet. Preheating-neste toimii talvella esilämmittimenä sekä kesällä jäähdyttimenä. Reheating-neste sen sijaan toimii vain lämmittimenä (4).

5.1 Pre- ja reheating-nesteiden painehäviöiden mittaus

Pre- ja reheating-nesteiden painehäviön mittaukset suoritettiin myös 13.2.2009. Mittauspaikka oli ilmastointikoneikon 312 preheating-lämmönvaihdin ja saman koneikon reheating-lämmönvaihdin. Preheating-nesteen paine koneihuoneesta lähtiessä

oli 7,9 bar. Ennen lämmönvaihdinta paine oli 3,5 bar ja sen jälkeen 3,4 bar. Reheating-nesteen paine oli konehuoneesta lähtiessä 7,5 bar. Ennen lämmönvaihdinta paine oli 3,2 bar ja sen jälkeen 3,0 bar.

Suuri, jopa 3,4 bar, paine-ero konehuoneen ja lämmönvaihtimen välillä selittyy korkeuserolla. Konehuone sijaitsee laivan alimmalla kannella ja lämmönvaihtimet laivan ylimmällä kannella, joten korkeusero on yli 40 metriä. Lämmönvaihtimen sisällä tapahtuva paineen lasku oli pientä: vain 0,1 - 0,2 bar. Lämmönvaihtimien paine-eroa voidaan saada pienennettyä puhdistamalla lämmönvaihtimet, suodattimet sekä vaihtamalla pre- ja reheating-nesteet.

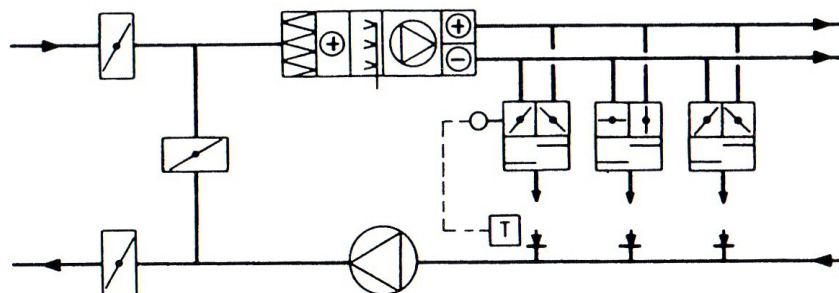
6 ILMASTOINNIN ILMAMÄÄRIEN MITTAUS JA OPTIMOINTI

6.1 Silja Serenaden kaksikanavajärjestelmä

Silja Serenadella ilmastointi tapahtuu kaksikanavajärjestelmän avulla.

Kaksikanavajärjestelmässä ilmastointikoneelta lähtee kaksi kanavaa ilmastoituihin tiloihin: kylmä- ja lämminilmakanava. Kylmäilmakanavaan puhallettava ilma kulkee vain lämmöntalteenottimen ja preheating-lämmönvaihtimen läpi ennen kylmäilmakanavaan kulkemista. Myös lämminilmakanavaan puhallettava ilma kulkee reheating-lämmönvaihtimen läpi, ennen kuin se johdetaan lämminilmakanavaan.

Kylmä ja lämmin ilma sekoitetaan halutun lämpöiseksi huonekohtaisissa sekoitusyksiköissä, joissa lämmin- ja kylmäilmakanavien ilmamääriä voidaan säätää huonekohtaisilla termostaateilla. Termostaatti liikuttaa kanaviin sijoitettuja venttiilejä, joilla voidaan säätää kylmän tai lämpimän ilman tuloa hytteihin. (1, 229) Näitä venttiilejä säätämällä suoritettiin ilmastoinnin ilmamäärien optimointi.



Kuva 10. Kaksikanavajärjestelmän periaate. (1, 229)

6.2 Ilmastoinnin ilmamäärien optimointi

Mittaukset M/S Silja Serenadella suoritettiin perjantaina 13.2.2009.

Mittaukset suorittivat Tero Mustonen, Silja Serenaden päivämestari Matti Pirinen sekä Silja Serenaden korjausmies Pentti Okkonen. Optimaaliset ilmamäärät ovat laskettu jokaiselle hyttikäytävälle laivan suunnitteluvaiheessa ja ne löytyvät laivan ilmastointikaavioista. Ilmamäärät on ilmoitettu kaavioissa termostaatin ollessa kokonaan kylmällä tuloilmalla, lämpimän ilman tulo on kokonaan suljettu, ja termostaatin ollessa kokonaan lämpimällä tuloilmalla, kylmän ilman tulopuoli ei tällöinkään ole kokonaan suljettu. Esimerkiksi mitatut hyttikäytävän ulkolaidan puolen hyttien ilmamäärät ovat kylmäpuolella 68 l/s ja lämpimällä puolella 22 l/s. Sisäpuolen eli hyttien arvot ovat 40 l/s ja 13 l/s. Sisäpuolen hyttien tuloilman määrät ovat pienemmät, koska sisähytit eivät ole kosketuksissa ulkoilman kanssa.

6.2.1 Virtausmittaustyökalu

Virtausmittaukset suoritettiin Thies Climan Digital fan-Wheel anemometer – mittarilla, joka kuuluu Silja Serenaden omiin varusteisiin. Sen skaala on 0,25...35,0 m/s ja tarkkuus on ± 2 %. Mittari on tarkoitettu mittaamaan ei-aggressiivisten kaasujen virtausnopeuksia. Mittaus kestää joko 2,6 tai 26 sekuntia, ja siinä lasketaan kyseisen ajan virtauksen keskiarvo. Mittauksissa käytettiin 2,6 sekunnin aikaa, koska laivan satamassaoloaika, jolloin mittaukset oli suoritettava, oli vain noin viisi tuntia. Mittaustulos oli metreinä sekunnissa, kun taas piirustuksissa arvot oli ilmoitettu litroina sekunnissa. Käytimme muuntotaulukkoa oikean arvon saamiseksi.

6.2.2 Paine-eromittaustyökalu

Paine-eromittaukset suoritettiin Comark C9500 -sarjan painemittarilla. Sekin kuuluu Silja Serenaden omiin työkaluihin. Mittari on sertifioitu BASEEFA EEx ia IIC T4. Se laskee mittauksen keskiarvon lyhytaikaisissa mittauksissa. Sen tarkkuus on $\pm 0,2$ %.

6.2.3 Ilmamäärien säätäminen

Mittasimme ja säädimme kannella 11 sijaitsevalla hyttikäytävällä kuuden hytin ilmamäärät, kolmesta hytistä ulkosivulta sekä kolmesta sisähytistä. Hytit kuuluvat

palovyöhykkeeseen numero 3. Hyttien ilmastointikoneikkona on koneikko numero 312, joka toimii koko kolmannen palovyöhykkeen ilmastointikoneikkona. Hytteihin tulevaa ilmavirtaa voidaan säätää kuristamalla tai avaamalla tuloilmaventtiiliä. Tuloilmalinjoja on jokaisessa hytissä kaksi, lämpimälle ja kylmälle ilmalle omansa. Poistoilma imetään hyttien wc-/pesutiloista, joista se kulkee lämmöntalteenottimen kautta ulos laivasta.

Ensimmäinen hytti, josta mittasimme ja säädimme ilmamäärät, oli ulkoyhti kannella 11. Hyttiin tuleva ilmamäärä oli voimakkaasti kohonnut sekä kylmällä että lämpimällä puolella. Kylmäpuolelta ilmaa tuli 7,2 m/s eli 110 l/s, lämpimältä puolelta 4,2 m/s eli 53 l/s. Arvojen tuli Silja Serenaden ilmastointikaavioiden mukaan olla 5,4 ja 1,8 m/s eli 68 ja 22 l/s. Säädimme tuloilmat kuristamalla molempia puolia ja saimme arvoiksi vaaditut 68 ja 22 l/s.

Seuraavaksi mittasimme samalta hyttikäytävältä sisähytin ilmamäärät, joiden ohjearvot ovat 3,2 ja 1,0 m/s eli 40 ja 13 l/s. Myös sisähytin ilmamäärät olivat koholla, kylmäpuoli 4,2 m/s eli 53 l/s ja lämminpuoli 3,4 m/s eli 43 l/s. Säädimme myös sisähytin ilmamäärät kuristamalla tuloilman määrää optimaaliseksi ohjearvoihin 3,2 ja 1,0 m/s eli 40 ja 13 l/s. Myös muissa mittaamisssamme hyteissä vaadittiin vastaavaa säätöä.

6.2.4 Lämmönvaihtimen paine-erojen mittaus

Mittasimme myös paine-eroja ennen ja jälkeen lämmönvaihtimien, jotta nähtäisiin, virtaako ilma esteettä niiden läpi. Ilmanpaine ennen preheating-lämmönvaihdinta oli 18,1 mbar ja sen jälkeen 15,7 mbar. Ennen reheating-lämmönvaihdinta ilmanpaine oli 15,7 mbar ja sen jälkeen 15,0 mbar. Painehäviöt olivat pieniä eivätkä aiheuta toimenpiteitä. Lämmönvaihtimista voidaan imuroida pöly pois ja pestä kiinteät liat pois, jos on tarvetta. Puhdistus parantaa ilmanvirtausta lämmönvaihtimen läpi ja painehäviöitä ei synny. Lisäksi puhdistus parantaa lämmönjohtavuutta, sillä lika lämmönvaihtimen pinnoilla toimii eristeenä.

6.2.5 Johtopäätös

Mittausten ja säätöjen jälkeen pohdittiin, miksi kaikkien hyttien ilmamäärät vaativat

hiukan säätöä. Syitä ei ollut vaikeaa löytää. Talvella, kun lämmityksen tarve on suurempi, laivan henkilökunta joutuu säätämään lämpimän ilman tuloilmaa suuremmalle tai kuristamaan kylmäpuolta, kesällä taas joudutaan avaamaan kylmäpuolta, jotta hyttien lämpötila ei nouse liikaa. Yksi syy saattaa myös olla hyteissä olevat lämpömittarit, joista asiakkaat näkevät hyttien lämpötilan. Asiakkaan toiveista säädetään hyttien lämpötilaa sopivammaksi ilmamääriä kuristamalla tai lisäämällä ilman määrää. Jos hyteissä ei olisi lämpömittareita, eivät asiakkaat välttämättä huomaisi, jos hytissä on muutaman asteen lämpötilaero verrattuna kodin lämpötilaan. Lämpömittareita ollaankin poistamassa hyteistä.

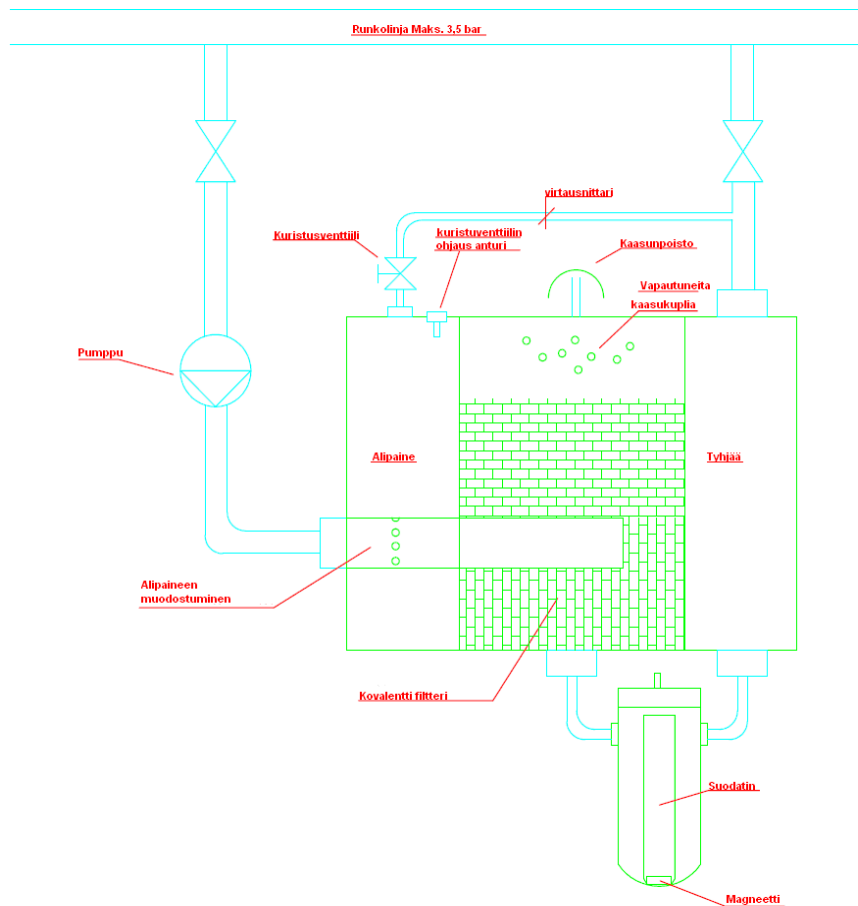
Ilmamäärien säätämiseen vuodenaikojen mukaan ei ole löytynyt muuta ratkaisua kuin käsin tehtävä säätö ilmojen lämmitessä keväällä ja viiletessä syksyllä tai taajuusmuuttajien asentaminen ilmastointikoneikkojen puhaltimiin, jolloin puhaltimien pyörimisnopeutta voidaan säädellä konevalvontahuoneesta tarpeen mukaan.

7 PRE- JA REHEATING-NESTEIDEN MITTAUKSET

Pre- ja reheating-vesien mittaukset suoritti ruotsalainen yhtiö nimeltä Quality Transfer Fluid AB. QTF AB suoritti tarvittavat mittaukset aluksella 16.5.2007. Mittauksissa tarkistettiin re- ja preheatinhnesteiden laatu. Nesteistä tarkistettiin laivalla happi ja hiilidioksidipitoisuudet, sähkönjohtavuus ja pH-arvo. Nesteistä lähetettiin näytteet myös laboratorioon, joka suoritti tarkemman analyysin. Alkuperäinen mittausraportti on ruotsiksi ja on liitteenä 1. Suomensin raportin ja suomennos on liitteenä 2.

8 NOXYGEN-LAITTEISTON HANKKIMINEN

NoXygen-laitteisto poistaa kaasukuplia nesteestä, jolloin nesteen lämmönjohtavuus pysyy hyvänä ja sähkönjohtavuus alhaisena eikä korroosiota pääse syntymään. NoXygen-laitteisto poistaa kaasukuplat alipaineen avulla ja suodattimella. Se myös suodattaa epäpuhtaudet ja metallit pois nesteestä magneetilla.



kuva 11. NoXygen-laitteiston toimintaperiaate. (5)

Laitteistojen hankinnassa tulee aina pohtia kuinka hyödyllinen laite on sen hankintahintaan nähden. Quality transfer fluidin NoXygen-laitteisto lisää taloudellisuutta aluksen jäähtyksessä sekä lämmityksessä. Poistamalla nesteestä kaasuja se lisää nesteen lämmönjohtavuutta ja vähentää painehäviöitä. Laitteisto siis vähentää polttoainekustannuksia ja myös päästöjä ilmakehään.

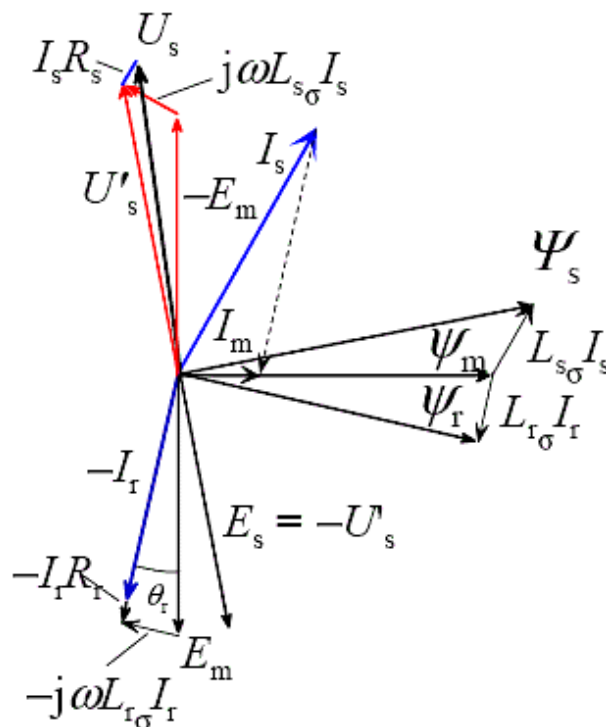
9 TAAJUUSMUUTTAJIEN KÄYTTÖ PUHALTIMISSA

9.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja, taajuudenmuuttaja, invertteri, moottorivaihtosuuntaaja. Taajuusmuuttajalla tunnetaan siis monella nimellä. Taajuusmuuttajasta on tullut yksi teollisuuden sähkönkäyttötekniikan tärkeimmistä komponenteista. Taajuusmuuttajalla hoidetaan sähkömoottorin nopeudensäätö. (6)

9.2 Sähkömoottorin nopeudensäätö

Sähkömoottorin nopeudensäätö tasavirtamoottorikäytössä on yksinkertaista ja tapahtuu pelkästään jännitettä muuttamalla. Oikosulkumoottorin eli vaihtovirtamoottorin nopeudensäätö tapahtuu muuttamalla jännitettä ja sen taajuutta. Tasavirtamoottorin vääntömomentin säätö on suoraviivaista, sillä moottorin ankkurivirta määrää suoraan verrannollisesti vierasmagnetoidun tasavirtakoneen vääntömomentin. Vaihtovirtamoottorin virta puolestaan sisältää sekä moottorin magnetoinnin että vääntömomentin tuottavat komponentit, minkä vuoksi vääntömomentin säätöä varten tarvitaan vektorisäätöä. Tämä tarkoittaa sitä, että taajuusmuuttajan prosessorijärjestelmään on luotu moottorista matemaattinen malli. Malli ratkaisee riittävän reaaliaikaisesti, mikä osuus oikosulkumoottorin virrasta on magnetointivirtaa ja mikä vastaavasti vääntömomenttia tuottavaa virtaa. (6)



Kuva 12. Oikosulkumoottorin vektori, jonka avulla mikroprosessori voi päätellä moottorin käyttöön liittyvät toimet. (6)

9.3 Taajuusmuuttajan ympäristöystävällisyys

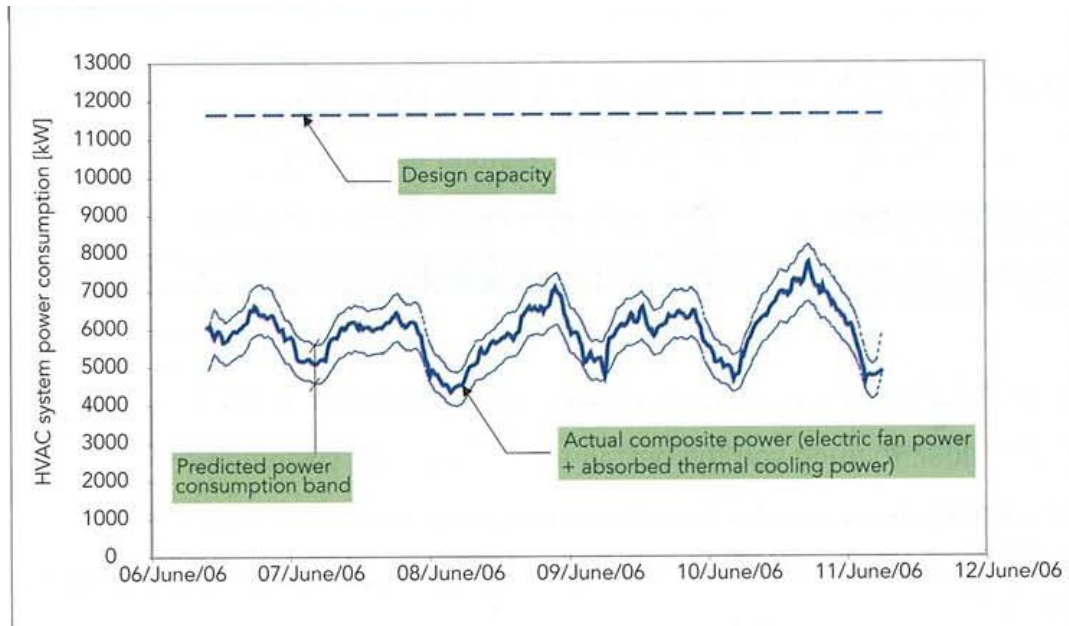
Taajuusmuuttajaa voidaan pitää merkittävänä ympäristöteknisenä laitteena. Kun moottoreita voidaan taajuusmuuttajan avulla säätää täsmälleen tarpeen mukaisesti, vähenee sähkönkulutus merkittävästi. Taajuusmuuttajan käytössä suurin hyöty tuleeekin energian säästöstä, moottorin pyöriessä aina optimaalisella nopeudella. Energian säästö on parhaimmillaan juuri puhallinkäytössä, jossa energian tarve pienenee huomattavasti suhteessa pyörimisnopeuteen. Esimerkiksi Silja Serenadella voitaisiin säätää puhallintehoja pienemmäksi päivisin, jolloin suurin osa matkustajista on poistunut laivalta ja ilmanvaihdon tarve on pienempi. (6)

9.4 Taajuusmuuttajien hankintakustannukset ja takaisinmaksuaika

Wilhelmsen Callenberg Fläkt Ab on tehnyt Carnival Cruise Linen Fantasy-luokan aluksille modifikaatiot, joissa ilmastointikoneikkojen puhaltimien sähkömoottoreihin on asennettu taajuusmuuttajat. Tästä saatuja tuloksia voidaan soveltaa Silja Serenadelle.

Wilhelmsen Callenberg Fläkt Ab asensi kahteen 10 kW:n puhaltimeen sähkönkulutusta mittaavat mittarit ja suoritti mittaukset yhden kuukauden aikana. Taajuusmuuttajien asennuksen jälkeen puhaltimien sähkönkulutus putosi 38 %, polttoainetta kerrottiin säästyvän 1400 tonnia vuodessa ja yhtiö kertoi takaisinmaksuajan olevan muutaman vuoden. Päästöt pienenevät myös kulutuksen myötä. Esimerkiksi hiilidioksidipäästöt vähenevät 3000 - 4000 tonnia vuodessa ja Nox-päästöt 50 - 70 tonnia vuodessa. (7, 20–23)

Silja Serenadella ei ole vielä tehty kyseisiä mittauksia. Silja Serenadella tulisi suorittaa vastaavat mittaukset, jotta nähdään kuinka paljon energiaa säästetään ja kuinka kauan laitteiston hankintahinnan kuoletus kestää. Järjestelmä kuitenkin selvästi säästää energiaa, joten sen hankinta on suositeltavaa.



Kuva 13. Fantasy-luokan aluksen sähkökulutuksen säästö.

Sähkönkulutus on pudonnut huomattavasti suunnitellusta n. 11500 kW:sta, nyt se on n. 4000 kW – 7500 kW vuorokaudenajasta riippuen. (7, 20–23)

10 YHTEEVETO

Päättötyön tarkoitus oli etsiä keinoja parantaa vanhojen matkustaja-autolauttojen ilmastoinnin taloudellisuutta. Taloudellisuuden parantaminen nykyteknologialla on mahdollista, mutta se vaatii investointeja alusten ilmastointiin.

Ilmastoinnissa käytettävien puhaltimien sähkökulutusta on mahdollista laskea asentamalla niihin taajuusmuuttajat, jolloin kuormaa voidaan säätää tarpeen mukaan. Aluksilla ilmastointi on toteutettu välillisen systeemin mukaan. Välittäjäaineena toimivien nesteiden puhtaus ja kaasuttomuus myös edesauttavat taloudellisuuden parantumista. Talvella lämmöntalteenotto ja kesällä viileän ilman talteenotto ovat myös tärkeässä roolissa taloudellisuuden kannalta.

Ilmastointi on suuri sähkökuluttaja Matkustaja-autolautoilla. Parantamalla taloudellisuutta saadaan polttoainekustannuksia laskettua sekä päästöjä ilmakehään laskettua.

LÄHTEET

1. Seppänen, Olli 1996 Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto.
Helsinki: Suomen Ivi liitto, Sulvi ry
2. Aittomäki, Antero 1992, Kylmäteknikka. Helsinki: Kylmätuki
3. Nydal, Roald 2002 Käytännön Kylmäteknikka. 2. painos Helsinki: Suomen kylmäyhdistys ry
4. Silja Serenaden ilmastointikaaviot
5. Månsson, Kristian Examensarbete, problem med gaser i tekniska vattensystem.
Saatavissa: http://www.qtf.se/3_Teknisk_information [viitattu 10.3.2009]
6. Taajuusmuuttaja. Lappeenrannan teknillisen yliopiston teknillisen tiedekunnan internetsivut. Saatavissa:
http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx [viitattu 17.3.2009]
7. Marine Engineers Review July/August 2006, sivut 20–23.

Quality Transfer Fluid i Kalmar AB Org.nr: 556687-4680
Hagbynäsvägen 5 Tele: 0480-266 66
392 43 KALMAR Bankgiro: 5928-5759
Sweden

Kalmar 2007-07-02

Silja Line OY AB
Marine Operation
PO Box 210
FIN-20101 Turku
FINLAND

Objekt: M/S Silja Serenade

Order nummer: V6850700595E

Er referens: Mch. Kalevi Lantonen

Rapport efter besiktning och analys av vätskeprov, Re och Pre- heat system.**Uppdrag**

Qtf AB genomförde 2007-05-16 kontroll av systemvätskorna på Re och Pre heat systemen. Provtagning utfördes ombord där syrgas, kolsyra, konduktivitet och pH mättes. Vätskeprov togs ut från luftbatteri på däck 4.

Utifrån mätningarna ombord samt analysresultatet från laboratoriet presenteras en riskbedömning för vätskesystemen samt förslag till korrigerande åtgärder.

Systembeskrivning

Enligt uppgift används inte tillsats av kemikalier i dag men kemikaliedosering har tidigare förekommit. En mindre mängd av glykol i systemet är tillsatt för att ge ett frysskydd på några minusgrader.

Re-heat systemet: Vätskan har klar färg men har en stor fällning av magnetit och slam. Kraftigt förhöjd ledningsförmåga och fouling på provflaskans vägg. Flockning på provkärlets yta vid provtagningen. Kolsyra (CO₂) gick inte att mäta på grund av andra gaser i vätskan.

Pre-heat systemet: Vätskan är guldfärgad med höga halter av magnetit samt fouling på provflaskans vägg. Ledningsförmågan är kraftigt förhöjd. Kraftig skumning vid uttag av vätskeprovet. Låg syrgashalt tyder på att annan gas finns i systemet. Kolsyra (CO₂) gick inte att mäta på grund av störningar i vätskan.

Quality Transfer Fluid i Kalmar AB Org.nr: 556687-4680
Hagbynäsvägen 5 Tele: 0480-266 66
392 43 KALMAR Bankgiro: 5928-5759
Sweden

Kemisk analys Re-heat.

Analys nummer: 96485201

- Kraftig korrosionsprocess pågår!
- Lågt Ph värde
- Magnetit i provflaskorna
- Hög konduktivitet 1661 (rekommenderat 150-600)
- Höga halter av magnetit (korrosionsslagg)
- Magnetit i provflaskan
- Vid provtagningen konstaterades systemvätskan vara starkt skummande, flockning på ytan i provflaskan och en kraftig fouling.

Slutsatser.

- Mycket förhöjda halter av järn i vätskan
- Förhöjda värden av zink och mangan
- Sänkt värmeväxlingsförmåga och risk för haveri

Kemisk analys Pre-heat.

Analys nummer: 96484701

- Kraftig korrosionsprocess pågår
- Lågt PH värde
- Skummande med kraftig fouling.
- Hög konduktivitet 1890 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rekommenderat 150-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Vid provtagning konstaterades systemvätskan vara starkt skummande, flockning på ytan i provflaskan och en kraftig fouling.
- Vätskan hade en kraftigt gul färgton.

Slutsatser.

- Mycket förhöjda halter av järn i vätskan
- Förhöjda värden av zink och mangan
- Sänkt värmeväxlingsförmåga och risk för haveri

Rekommendationer för Re och Pre-heat systemen.

Avblödning av systemen för att sänka konduktiviteten och få bort nedbrutna glykolrester samt fasta föroreningar.

Backspolning av luftbatterierna samt andra förbrukare.

Filtrering och avgasning (nollning) enligt Qtf metoden.

Installation av fast underhållsavgasare med filter, Typ NoXygen rekommenderas.

Om frostskydd önskas bör Etanol användas i stället för Glykol.

Quality Transfer Fluid i Kalmar AB Org.nr: 556687-4680
Hagbynäsvägen 5 Tele: 0480-266 66
392 43 KALMAR Bankgiro: 5928-5759
Sweden

Övrigt

Korrosionsprocessen i era system är kraftig och åtgärder bör tas omgående efter kommande semesterperiod. När ovan beskrivna åtgärder är utförda kommer värmeväxlingskapaciteten att öka. Backspolningsaggregat kan hyras av Qtf och utföras av er personal medan avgasningen och installationen och idrifttagningen av underhållsavgasaren utförs av Qtf.

Offert ges på er begäran. Bifogat: Analysrapport från Eurofins.

Vänligen kontakta undertecknad eller Björn Carlsson tfn: +46-707424375 för ytterligare information om så önskas.

Med vänlig hälsning,
Bo Packalén
Tfn: +46-707 42 43 76
e-post: bop@qtf.se
www.qtf.se

Qtf AB suoritti mittaukset 16.5.2007. Mittauksissa tarkastettiin re- ja preheating-vesien laatu. Vesistä tarkastettiin laivalla happi- ja hiilidioksidi-pitoisuudet, sähkönjohtavuus ja pH-arvo. Vesi otettiin neljännellä kannella sijaitsevasta ilmapatterista. Näytteet lähetettiin myös laboratorioon, joka suoritti riskiarvion sekä arvion tapahtuvan korroosion määrästä.

Systeemin kuvaus:

Nykyään ei lisäaineita juurikaan enää käytetä. Veteen on lisätty vain hiukan glykolia, jotta nesteellä olisi muutaman asteen pakkassuoja.

Reheating-neste:

Neste on kirkasta, mutta siinä on melko suuri määrä korroosiojätettä ja liejua. Sähkönjohtokyky on kohonnut voimakkaasti ja koepullon seinämällä on sakkaa. Hiilidioksidia ei voitu mitata, sillä muut nesteessä olevat kaasut estivät mittauksen.

Preheating-neste:

Neste on rusehtavaa ja siinä tulee suuri pitoisuus korroosiojätettä ja sakkaa koepullon seinämille. Johtokyky on voimakkaasti kohonnut. Neste vaahtosi näytettä otettaessa voimakkaasti. Matala happi osoittaa, että nesteessä on muita kaasuja. Hiilihappoa (CO₂) ei voitu mitata nesteessä olevien häiriöiden takia.

Kemiallinen analyysi reheating-neste:

Voimakas korroosio käynnissä.

Matala pH-arvo.

Magnetiittia koepulloissa.

Korkea johtavuus 1661 μ S/cm (suositeltu 150-600 μ S/cm).

Korkea määrä magneettia (korroosiosta).

Näytettä otettaessa voimakas vaahtoaminen ja paljon sakkaa nesteessä.

Päätelmä reheating-neste:

Voimakkaasti kohonnut rautapitoisuus nesteessä.
Kohonneet arvot sinkkiä ja mangaania.
Madaltunut lämmönvaihtokyky, vaurion riski kohonnut.

Kemiallinen analyysi preheating-neste:

Voimakas korroosio käynnissä.
Matala pH-arvo.
Vaahtoavaa ja paljon sakkaa.
Korkea johtavuus 1890 μ S/cm (suositeltu 150-600 μ S/cm)
Näytettä otettaessa neste vaahtosi voimakkaasti ja oli väriltään kellertävää.

Päätelmä preheating-neste:

Voimakkaasti kohonnut rautapitoisuus.
Kohonneet arvot sinkkiä ja mangaania.
Madaltunut lämmönjohtavuuskyky, vaurion riski kohonnut.

Suositukset re- ja preheating-systeemeille:

Systeemin nesteen vaihto, jotta saadaan laskettua sähkönjohtavuutta ja glykolijäämät poistettua sekä samalla myös kiinteät epäpuhtaudet poistuvat systeemistä.
Ilmapattereiden ja muiden lämmönvaihtimien puhdistus huuhtelemalla. Systeemin nesteen suodatus ja kaasunpoisto (Qtf). Kiinteän suodatus- ja kaasunpoistojärjestelmän asennus (NoXygen) suositellaan. Jos nesteeseen halutaan pakkassuojaa suositellaan käyttämään etanoliliuosta glykolin sijaan.