

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ

Tuomas Viinikkala

HINAAJA NEPTUNIN JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMIEN  
TARKASTELU

Tekniikan Porin yksikkö  
ENERGIA- JA LAIVAKONETEKNIIKAN  
KOULUTUSOHJELMA  
Energia- ja laivakonetekniikan suuntautumisvaihtoehto  
2007

## TIIVISTELMÄ

### HINAAJA NEPTUNIN JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMIEN TARKASTELU

Tuomas Viinikkala  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Energia- ja laivakonetekniikan koulutusohjelma  
Energia- ja laivakonetekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Tekniikan Porin yksikkö  
Toimeksiantaja: Alfons Håkans Oy Ab - Hinaaja Neptun  
Marraskuu 2007  
Opinnäytetyön valvoja: Pekka Zenger  
Opinnäytetyön ohjaajat: Ylikonemestari Atte Jalonen  
Opinnäytetyön sivumäärä: 38  
UDK: 62-71, 621.17, 629.124.2

Avainsanat: jäähdytys, hinaaja, laiva, lämmönvaihdin

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä hinaaja Neptunin konepuolen henkilökunnan kanssa, joka on myös opinnäytetyön toimeksiantaja. Merkittävimmät opinnäytetyössä käsiteltävät asiat ovat hinaaja Neptunin, sekä merivesijäähdytysjärjestelmän, että HT (High Temperature) järjestelmän perusteellinen tarkastelu. Työssä tarkastellaan myös laivan jäähdytysjärjestelmää yleisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä Neptunin nykyiselle ja tulevalle konehenkilökunnalle tiivis opas aluksen jäähdytysvesijärjestelmistä, koska hinaajan jäähdytysjärjestelmät poikkeavat hieman laivan jäähdytysvesijärjestelmistä. Hinaaja Neptunin jäähdytysvesijärjestelmissä on paljon hinaajille tyypillisiä ratkaisuja, joten työstä saa käsityksen myös hinaajan ja laivan jäähdytysjärjestelmien yleisimmistä eroavaisuuksista.

Työssä tarkastellaan myös pääkoneen vaatimuksia makealle jäähdytysvedelle, makean jäähdytysveden vedenkäsittelyä ja sen vaikutusta koneen jäähdytysvesijärjestelmälle. Aluksen verrattain laajan merivesijärjestelmän huoltoa ja kunnossapitoa on niin ikään käsitelty opinnäytetyössä.

Aluksen HT/SW lämmönvaihtajaa on ainoana aluksen monista lämmönvaihtajista lähemmin tarkasteltu. Mittaukset tehtiin kolmena eri kertana ja näiden tulosten avulla pystyttiin laskemaan SW/HT lämmönvaihtajan teho.

Työn yhteydessä piirrettiin hinaaja Neptunin jäähdytysvesijärjestelmien putkikaaviot uudestaan. Tämä oli tarpeellista, koska aluksen alkuperäiset kaaviot olivat huonossa kunnossa ja osin vanhentuneita lukuisten muutostöiden takia.

## ABSTRACT

### EXAMINATION OF THE TUGBOAT NEPTUN'S COOLING WATER SYSTEMS

Tuomas Viinikkala  
Satakunta University of Applied Sciences  
BSc Degree Programme in Energy and Marine Engineering  
Specialisation in Energy and Marine Engineering  
School of Technology, Pori  
Commissioned by: Alfons Håkans Oy Ab – Tugboat Neptun  
November 2007  
Tutor: Pekka Zenger  
Project Instructor: Chief Engineer Atte Jalonen  
Number of pages: 38  
UDC: 62-71, 621.17, 629.124.2

Keywords: cooling, tugboat, vessel, heat exchanger

---

This demonstration was made in collaboration with the engine personnel of the tugboat Neptun. The main points of the study involve the examination of both the seawater cooling and the HT (High Temperature) cooling systems. The cooling water systems of larger vessels have also been generally inspected in this study.

The main goal of this demonstration is to make a compact guide of cooling water systems for the tugboat's present and future engine crew. The study is useful because the cooling water systems of tugboats are slightly different from larger vessels. In the Neptun's cooling water systems there are many solutions that are typical for tugboats. Therefore this study can be used to understand the common differences between the cooling water systems of tugboats and larger vessels.

This demonstration discusses the maintenance of the Neptun's extensive seawater cooling system including the main engines demands for treated water and the treatments effect on the fresh water cooling system.

Although the tugboat has many heat exchangers the measurements and calculations have been done regarding only the SW/HT water cooler. The measurements for SW/HT cooler output calculations were carried out on three occasions.

As a part of this study new diagrams for HT and seawater cooling systems were drawn up. The original diagrams were badly damaged and aged. New diagrams were also needed because of many changes to the pipelines over the years.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>TERMILUETTELO</b> .....	5
<b>1 JOHDANTO</b> .....	6
<b>2 HINAAJA NEPTUNIN TEKNISET TIEDOT</b> .....	7
<b>3 YLEISTÄ LAIVAN JÄÄHDYTYKSESTÄ</b> .....	8
<b>4 HINAAJA NEPTUNIN MERIVESIJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ</b> .....	9
4.1 Merivesikaivot .....	9
4.2 Merivesipumput .....	10
4.3 Laita- ja pohjaventtiilit .....	11
4.4 Lämmönvaihdin .....	12
4.5 Putkistot .....	13
4.6 Jäähdytettävät kohteet .....	13
4.6.1 Pääkoneen voiteluöljyjäähdytin .....	14
4.6.2 Huuhteluilman jäähdytin .....	14
4.6.3 Alennusvaijde .....	15
4.6.4 Potkurin säätösiipilaitteisto .....	16
4.6.5 Hylsä .....	16
4.6.6 Hinausvinssi .....	16
<b>5 NEPTUNIN HT-JÄRJESTELMÄ</b> .....	17
5.1 Moottorin lämmitys .....	18
5.2 Stand by -pumppu .....	19
5.3 Paisuntasäiliöt .....	20
<b>6 VEDENKÄSITTELY JA HUOLTO</b> .....	21
6.1 Vedenkäsittely Neptunilla .....	22
6.2 Jäähdytysvesijärjestelmän huolto Neptunilla .....	22
<b>7 SW/HT LÄMMÖNVAIHDIN</b> .....	23
7.1 Lämpötilat .....	23
7.2 Meriveden virtausmittaus .....	24
7.3 HT veden virtausmittaus .....	24
7.4 Laskut .....	25
7.4.1 HT vedestä poistunut lämpöteho .....	25
7.4.2 Lämpötilalaskut .....	26
7.4.3 Tulokset .....	27
<b>8 PUTKISTOKAAVIOT</b> .....	28
<b>LÄHDELUETTELO</b> .....	29
<b>LIITELUETTELO</b> .....	30

## TERMILUETTELO

Dumpperi	Aluksen pakokaasukattiloiden tuottaman ylimääräisen höyryn lauhtutin, joka toimii yleensä merivedellä. Neptunilla ei ole höyryjärjestelmää eikä näin ollen dumpperiakaan.
Styyrpuuri	Aluksen oikea puoli perästä katsottuna.
Paarpuuri	Aluksen vasen puoli perästä katsottuna.
Huuhteluilma	Moottorin turbiinin antama ylipaineinen palamisilma sylintereille.
Ruiskutusventtiili	Moottorin sylinterien kansissa oleva polttoaineventtiili, joka ruiskuttaa korkeapaineisen polttoaineen sylinteriin.
Stand by	Laitteen valmiustila
By pass	Laitteen ohitus
Hullunkierto	Neste kiertää putkistossa ympäri vailla tarkoitusta kiertämättä esim. jäädytettävän kohteen kautta.
Korsteeni	Aluksen savupiippu, jossa sijaitsevat pakokaasu- ja huohotusputket.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä hinaaja Neptunin (Kuva 1) kanssa, jonka konepuolen henkilökunta toimi myös opinnäytetyön toimeksiantajana. Hinaaja Neptun kuuluu Alfons Håkans Oy Ab varustamolle, jonka omistuksessa on yhteensä 31 hinaajaa ja 4 proomua. Alfons Håkans Oy Ab on perustettu vuonna 1896 sahaksi, mistä se on kasvanut Suomen suurimmaksi hinauspalveluiden tuottajaksi.

Alus on rakennettu Hollmingin telakalla Raumalla vuosina 1979-1980, ja se valmistui vuonna 1980 nimellä Heimo Saarinen, aluksen tilaaja oli Hangon hinaus Oy. Aluksen nykyiselle omistajalle hinaaja siirtyi vuonna 1988 ja samalla nimi muutettiin Neptuniksi (Aluksen arkistot). Alus toimii nykyään satamahinaajana ja jäänmurto-tehtävissä lähinnä Rauman edustalla.

Opinnäytetyön lähtökohtana on selvittää hinaaja Neptunin jäähdytysvesijärjestelmien toimintaa sekä käyttöä. Työ jakautuu kolmeen osioon, joista ensimmäisessä käsitellään yleisesti laivan jäähdytysvesijärjestelmän eri järjestelmiä ja tarkoituksia. Toisessa osiossa käydään läpi Neptunin jäähdytysvesijärjestelmiä ja niiden käyttöä. Kolmannessa osiossa tarkastellaan aluksen SW/HT lämmönvaihtajaa.

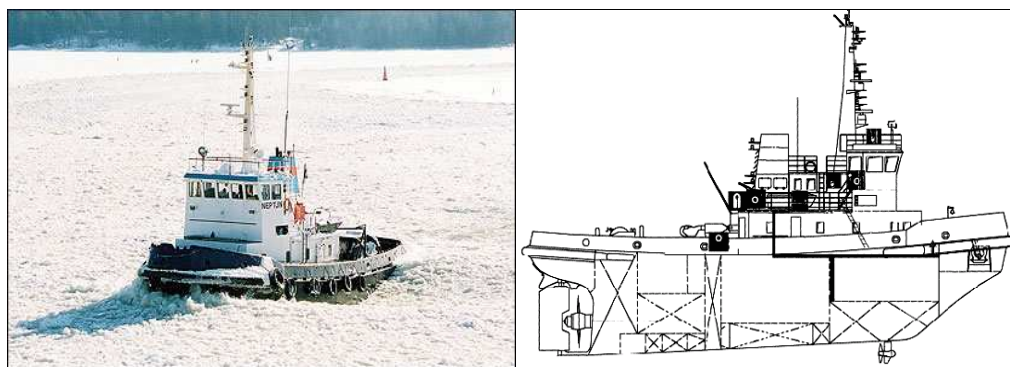
Opinnäytetyön tarkoituksena on saada tiiviiseen pakettiin selvitys Neptunin jäähdytysvesijärjestelmistä käyttäjää varten. Tämän vuoksi piirrettiin uudelleen jäähdytysvesijärjestelmien putkikaaviot.

Työssä on jätetty apukoneiden ja keulapotkurin jäähdytysjärjestelmien tarkastelu hyvin pintapuolisiksi, koska näillä on täysin omat toisista riippumattomat järjestelmänsä. Myös painolasti- ja palopotkisto on jätetty pois putkistokaavioista, sillä yleensä näitä järjestelmiä käytetään täysin irrallisena merivesijäähdytysjärjestelmästä, vaikka putkistossa onkin yhdysventtiileitä.

## 2 HINAAJA NEPTUNIN TEKNISET TIEDOT

Alustyyppi	Hinaaja
Rakennettu	Hollming Oy, Rauma,1980
Kutsusignaali	OIKS
Kotisatama	Turku
Omistaja	Alfons Håkans Oy Ab
IMO numero	7917965
Koneteho	2876 kW
Luokka	Suomen merenkulkulaitos 1A Super
GT	324 t
NT	98 t
Loa	31,57 m
Lpp	29,50 m
Boa	9,6 m
Syväys	5,2 m
Nopeus	13,5 kn
Polttoaineen laatu	MGO
Pääkone	Wärtsilä Vasa 9R32
Apukoneet	2 x Scania DSI 11, 165 kW
Potkuri	A.M. Liaen, neljälapainen säätösiipipotkuri
Keulapotkuri	Aquamaster UL-400 / Scania DSI 14
Paaluveto	37 t

(Aluksen arkistot)



Kuva 1. Hinaaja Neptun

### 3 YLEISTÄ LAIVAN JÄÄHDYTYKSESTÄ

Dieselmoottorin polttoaineen sisältämästä energiasta noin neljännes kuluu jäähdytys-häviöihin, tämä lämpöenergia siirtyy meriveteen. Jäähdytysjärjestelmässä on yleensä myös pienempiä kuluttajia, joiden lämpömäärät ovat pienempiä. Jos aluksessa on pakokaasukattila, niin höyryntuotanto ylittää usein höyryn tarpeen, joten ylimääräinen höyry pitää lauhduttaa dumpperissa yleensä merivedellä. Jos aluksessa on kylmälaitteita, niin niillä on yleensä oma erillinen jäähdytys.

Jäähdytysjärjestelmän kierrot on yleensä jaettu kolmeen ryhmään SW (sea water) eli merivesikierto, LT (low temperature) eli 30-40 asteinen jäähdytys joka kattaa suurimman osan konehuoneen apulaitteista ja HT (high temperature) eli 80-90 asteinen sylinterien jäähdytysvesi. Joissain tapauksissa HT vettä käytetään myös koneen huuhteluilman lämmityksessä alhaisilla kuormilla. Nämä kolme kiertoa ovat kytketty toisiinsa siten että merivesi jäähdyttää LT vettä LT vesi jäähdyttää HT vettä. (Häkkinen 1993, 171-173)

Hinaaja Neptunin Jäähdytysvesijärjestelmässä ei ole lainkaan LT kiertoa, vaan merivesikierto on varustettu termostaattiventtiilillä, joka pitää meriveden lämpötilan halutussa lämpötilassa. (A. Jalonen, Henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2007.)

LT kierron tärkeimmät kohteet ovat moottorin huuhteluilman ja voiteluöljyn jäähdytys, myös alennusvaihde, kannatinlaakerit, säätösiipipotkurien öljy ja käynnistysilmakompressorit saavat jäähdytyksen LT piiristä. Monen jäähdytettävän kohteen takia LT putkistosta tulee helposti pitkä, joten kustannussyistä se on hyvä tehdä maakealle vedelle jolloin voidaan käyttää putkistossa tavallista terästä. (Häkkinen 1993, 173-174)

Raskasöljykäytössä olevilla laivoilla pitää jäähdyttää ja lämmittää myös polttoaineen ruiskutusventtiileitä, tällöin jäähdytysvesi on vaarassa likaantua. Likaantumisvaaran takia polttoaineventtiilien jäähdytysvesikierto on yleensä erotettu omaksi systeemikseen, jolloin LT tai HT vesi jäähdyttää polttoaineventtiilien jäähdytysvettä. On erit-



täin tärkeää että polttoaineventtiilit pidetään oikean lämpöisinä myös aikana jolloin kone ei käy, joten systeemiin on myös liitetty höyrylämmitys.

## **4 HINAAJA NEPTUNIN MERIVESIJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ**

Aluksen merivesijärjestelmä on huomattavasti laajempi mitä isommassa laivassa, johtuen hinaajan pienemmästä koosta ja siitä ettei hinaajassa ole lainkaan LT järjestelmää.

### **4.1 Merivesikaivot**

Aluksella on kaksi erillistä merivesikaivoa, yksi pohjakaivo ja yksi jääkaivo. Pohjakaivo sijaitsee keskilaivassa alennusvaihteen peräpuolella. Pohjakaivosta on imumahdollisuus kaikkiin jäähdytettäviin kohteisiin ja myös palopumppuun. Jääkaivo sijaitsee hinaajan styyrpuurin puolella, alennusvaihteen ja pääkoneen välissä ja nousee pääkannelle asti. Myös jääkaivosta on imumahdollisuus kaikille samoille kuin pohjakaivostakin. (Aluksen putkistojen piirustukset ja dokumentit)

Jääkaivoa käytetään jääolosuhteissa ja tällainen kaivo on vaatimuksena kaikille A1 tai paremman jääluokan laivoille. Jäähdytyskierrosta tuleva lämmin merivesi johdetaan takaisin jääkaivoon jolloin jääkaivo pysyy sulana eikä jää tai sohjo pääse tukkiamaan meriveden imupuolta. Joissain laivoissa jääkaivoon on johdettu myös höyrylinja jolloin kaivoon pystytään puhaltamaan kuumaa höyryä, mutta Neptunissa tällaista mahdollisuutta ei ole. (Aluksen putkistojen piirustukset ja dokumentit)

## 4.2 Merivesipumput

Aluksessa on kaksi rinnan olevaa merivesipumppua (Kuva 2) tyypiltään NORMI-MAKO VPM 100-315 51 PPP. Toinen pumpuista on käynnissä ajon aikana ja merkinnässä 100 tarkoittaa poistolaipan nimellismittaa DN 100, 315 on juoksupyörän nimellismitta 315 mm, 51 on rakenneyhdistelmä (öljyvoidellut uralaakerit, kromiteräsakseli ja nauhatiiviste) sekä PPP tarkoittaa että juoksupyörän materiaali on pronssia. Pumpun tyyppikilpi antaa pumpulle tuotoksi  $120 \frac{m^3}{h}$  ja nostokorkeudeksi 25 metriä. Pumppua pyörittää 18,5 kW sähkömoottori. Kaikki pumput ovat sijoitettu aluksen vesirajan alapuolelle, joten imukorkeutta pumpuille ei muodostu. Aluksella pumppuja ajetaan vuorotellen apukoneiden käyntituntien mukaan. (Aluksen konehuoneen apulaitteiden käyttöohjeet ja dokumentit)

Kahden edellä mainitun merivesipumpun lisäksi reservissä on vielä palopumppu mallia NORMI-MAKO VPM 65-250 51 PPP, joka tyyppikilven mukaan antaa  $70 \frac{m^3}{h}$  tuoton ja 70 metrin nostokorkeuden. Palopumppua pyörittää 27 kW sähkömoottori. Pumpun suurempi nimellispaine ja pienempi nimellistuotto perustuu palopumpulle asetettuihin vaatimuksiin. Varsinkin, jos merivesi on lämmintä, ei pääkoneella välttämättä voi ajaa täydellä kuormalla jäähdytyksen ollessa ainoastaan palopumpun varassa. Tällainen tilanne on jo eräänlainen hätätilanne ja tällöin täydellä kuormalla ei ole tarvettakaan ajaa. (A. Jalonen, Henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2007.)

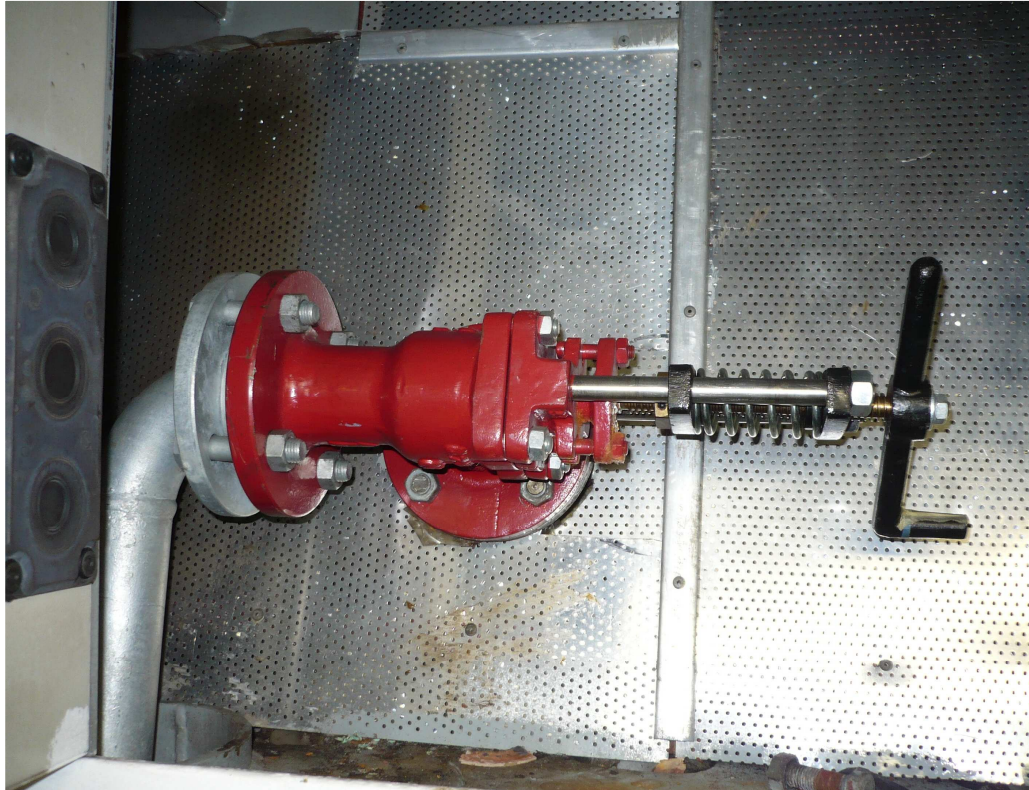


Kuva 2. Hinaaja Neptunin merivesipumput

Aluksen apukoneilla ja keulapotkurin koneella on omat pienet merivesipumput kytettyinä nokka-akseliin. Nämä ”jabscot” antavat jäähdytyksen ainoastaan omalle koneelleen. ”Jabscoissa” on kumiset hammaspyörät ja ne toimivat keskipakoperiaatella. Myöskin apukoneet ja keulapotkurin kone ovat sijoitettu vesirajan alapuolelle joten imukorkeutta ei tule. Apukoneita voidaan jäähdyttää myös perän painolastitankin tai syvätankin vedellä, ja näin toimitaankin talvella jäätymisvaaran takia. (A. Jalonen, Henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2007.)

### 4.3 Laita- ja pohjaventtiilit

Aluksessa on neljä jäähdytysveden laitaventtiiliä (Kuva 3), yksi pääkoneelle, yksi apukoneille, yksi keulapotkurin koneelle ja yksi konehuoneen apulaitteiden jäähdytykselle vaikka jäähdytysvesi näihin tuleekin pääkoneen pumpulta. Laitaventtiilit ovat jousella varustettuja takaiskuventtiileitä, jouset ovat mitoitettu halutun vastapaineen mukaan. Laitaventtiilien pitää aina olla takaiskuventtiileitä, jottei merivesi missään tapauksessa pääse konehuoneeseen mahdollisen putkirikon yms. aikana.



Kuva 3. Yksi merivesilinjan jousikuormitetuista laitaventtiileistä

Laivan pohjakaivossa on kaksi pohjaventtiiliä jäähdytykselle, apukoneille yksi ja pääkone ja keulapotkuri ottavat jäähdytyksensä samasta. Jääkaivossa kaikki ovat saman venttiilin takana. Kaikkien pohjaventtiilien jälkeen on aina merivesisihti, joka estää minkään pumppuja vaurioittavien tavarain pääsyn pumpulle asti. Kaikki pohjaventtiilit pidetään kiinni aluksen ollessa miehittämätön ja kun koneet eivät käy, tällä estetään yllättävät vuodot konehuoneessa aluksen ollessa miehittämätön. (Aluksen konehuoneen apulaitteiden käyttöohjeet ja dokumentit)

#### 4.4 Lämmönvaihdin

SW/HT lämmönvaihdin (Kuva 4) on Wärtsilä 9R32 koneen oma putkilämmönvaihdin (Liite 1). Lämmönvaihtimeen liittyy myös kaksi kappaletta kolmitie termostaattiventtiileitä, toinen HT vedelle ja toinen merivedelle. Termostaattiventtiilit pitävät jäähdytysvedet halutuissa lämpötilassa. Merivesipuolen termostaattiventtiili antaa lämmönvaihtimelta tulevasta lämpimästä vedestä osan merivesipumppujen imupuolelle pitäen näin meriveden halutun lämpöisenä. Lämmönvaihtimeen palataan tämän

työn myöhemmässä vaiheessa. (Aluksen konehuoneen apulaitteiden käyttöohjeet ja dokumentit)



Kuva 4. SW/HT lämmönvaihdin

#### 4.5 Putkistot

Merivesiputkisto on rakennettu alumiinipronssimessingistä valmistetuista erikokoisista putkista siten, ettei virtausnopeus ylitä 2 m/s missään putkiston osassa. Osa putkistosta on kuitenkin uusittu ja uudet putket ovat rakennettu ruostumattomasta teräksestä. Turhia mutkia on pyritty välttämään ja keskipakopumppujen imut on tehty mahdollisimman virtausvastuksettomiksi. (Liite 2)

#### 4.6 Jäähdytettävät kohteet

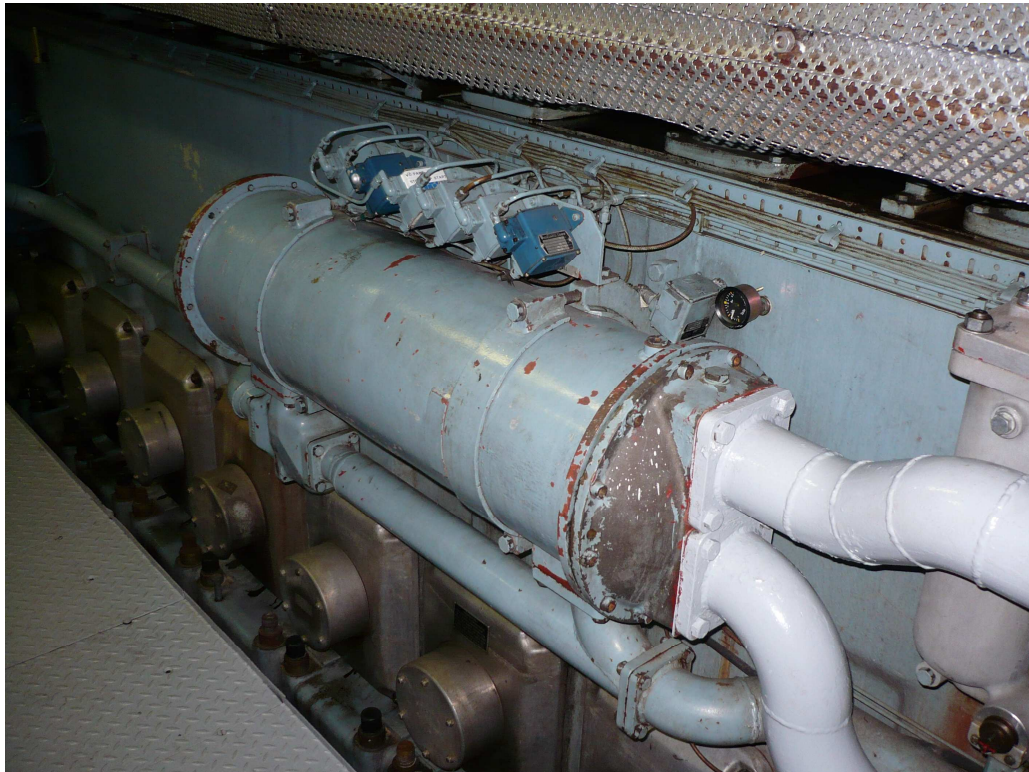
Aluksen merivesijärjestelmässä on useita jäähdytettäviä konehuoneen apulaitteita, nämä ovat sijoitettuna ympäri konehuonetta. Tämän takia Neptunin merivesiputkisto on verrattain laaja



#### 4.6.1 Pääkoneen voiteluöljyjäähdytin

Pääkoneen voiteluöljyjäähdytin (Kuva 5) on samanlainen putkilämmönvaihdin kuin HT/SW jäähdytin eli Wärtsilän oma malli koneelle 9R32 (Liite 1). Voiteluöljy on tärkein jäähdytettävä kohde merivesijäähdytyslinjassa, koska ilman jäähdytystä öljy lämpenee pienelläkin kuormalla ja tällöin öljyn voiteluominaisuus heikkenee huomattavasti. Voiteluöljyn lämmitessä myös öljyn jäähdyttävä vaikutus heikkenee.

Voiteluöljyjäähdyttimessä on ohivirtaustermostaattiventtiili voiteluöljylle, jottei öljy pääse jäähtymään liikaa. Koneeseen sisään menevän öljyn lämpötila on noin 70 astetta ja koneessa öljy lämpenee kuormasta riippuen noin 5 astetta eli ulos tuleva öljy on noin 75 astetta.



Kuva 5. Pääkoneen voiteluöljyjäähdytin

#### 4.6.2 Huuhteluilman jäähdytin

Turbiinin puristaessa huuhteluilmaa koneeseen se kuumenee, joten sitä pitää jäähdyttää. Jos huuhteluilma on liian kuumaa, niin ilman tiheys on pienempi jolloin

polttoaine ei saa tarpeeksi ilmaa puhtaaseen palamiseen ja koneen teho laskee. Liian lämmin huuhteluilma aiheuttaa täten karstoittumista ja hyötysuhteen heikkenemistä. Aluksen pääkone käy dieselöljyllä joten liian alhainen huuhteluilma ei ole suuremmin haitaksi, joten koneeseen ei ole asennettu huuhteluilman lämmitysmahdollisuutta pienille kuormille. Aluksen pääkoneen huuhteluilman lämpötila täydellä kuormalla on 45 astetta. (Kuva 6)



Kuva 6. Pääkoneen huuhteluilman jäähdytin

#### 4.6.3 Alennusvaihde

Aluksen pääkoneen ja potkurin alennusvaihde on Valmet AUS-71, joka muuttaa koneen 800 rpm:n potkurille sopivaksi 240 rpm:ksi. Alennusvaihteessa on myös painelaakeri joka ottaa vastaan potkurin 52 tonnin työntövoiman. Alennusvaihteessa on 470 litraa voiteluöljyä, jota pitää jäähdyttää. Voiteluöljyn sopiva lämpötila on 55 astetta. Voiteluöljyn jäähdytin on Oeltechnik/ OKS 4/21N. (Liite 3)

#### **4.6.4 Potkurin säätösiipilaitteisto**

Alus on varustettu Liaaen EG 105 säätösiipipotkurilaitteella, joka tarkoittaa että pääkoneen kierrosluku ja käyntisuunta voivat olla vakiot kaikissa tilanteissa. Tällä laitteella on oma hydraulinen öljysysteemi, joka säätelee potkurin neljän lavan asentoa. Öljyn lämpötila tulee pitää alle 60 asteessa, joten tämä öljy tarvitsee myös lämmönvaihtajan, joka on Sperre DV 152/1200 (Liite 4).

#### **4.6.5 Hylsä**

Hylsän eli potkuriakselitiivisteen tehtävänä on tiivistää pyörivä potkuriakseli. Aluksella on Cedervallin hylsä (Liite 5). Hylsän suurin jäähdyttävä on ympärillä oleva painolastitankin vesi, mutta jos painolastitankki on tyhjä niin apujäähdytykselle on tarvetta. Jos hylsä ei ole painolastitankissa vaan sitä ympäröi merivesi, niin ulkopuolista jäähdytystä ei välttämättä tarvita lainkaan.

#### **4.6.6 Hinausvinssi**

Aluksella on hydraulikäyttöinen hinausvintturi (Kuva 7) HV 15-V-N, jonka voima on noin 300 kN. Tämän vinssin öljyä jäähdyttää kaksi erillistä lämmönvaihtajaa, pieni mallia BOWMAN FG 120 ja iso mallia PILAN TP-02. Lämmönvaihtimet on asetettu jäähdyttämään rinnan. Toinen lämmönvaihdin on jälkiasennettu, koska vinssin jarrun pettäessä yksi jäähdytin ei riitä koska vinssin pitää tällöin vetää koko ajan.





Kuva 7. Hinaaja Neptunin hinausvinssi.

## 5 NEPTUNIN HT-JÄRJESTELMÄ

Pääkonetta jäähdytetään makealla vedellä, joka on käsitelty korroosion ja kerrostumien ehkäisemiseksi.

Suorakäyttöinen kiertovesipumppu pumppaa veden järjestelmän läpi. Pumpusta vesi virtaa moottorilohkon jakokanavaan haarautuen sylinterien vesivaippoihin sylinteriholkin porausten läpi, liitäntäkappaleen kautta sylinterikanteen. Kannen välipohjan ohjaamana jäähdytysvesi ohjautuu pitkin sylinterikannen pohjaa venttiilien ympäri ja ylös ruiskutusventtiilin ympäri jäähdyttäen tehokkaasti kaikkia näitä osia. Sylinterikannesta vesi virtaa liitäntäkappaleen läpi kokoojaputkeen, joka koostuu helposti poistettavista yksisylinterisistä kappaleista. Samanaikaisesti sylinterin jäähdytyksen kanssa osa vedestä virtaa turboahtimeen (Liite 6).

Kokoojaputkesta vesi virtaa erilliseen termostaattiventtiilillä varustettuun HT/SW jäähdyttimeen. Termostaattiventtiili säätää veden lämpötilan jäähdyttimen jälkeen ja siten ennen moottoria sopivaksi. Ennen ja jälkeen moottorin ja turboahtimen jälkeen lämpötilat voi tarkistaa lämpömittareista.

Siltä varalta, että kiertoveden lämpötila on moottorin jälkeen liian korkea, lämpötila-anturi on yhdistetty automaattiseen hälytysjärjestelmään ja toinen anturi automaattiseen pysäytysjärjestelmään, joka toimii jos lämpötila nousee vielä lisää. Neptunissa hälytys tulee 90 asteessa ja kone pysähtyy 98 asteessa, nämä toiminnot voidaan kuitenkin hätätilanteessa ohittaa.

Mittaritaulussa oleva painemittari osoittaa paineen ennen moottoria pumpun jälkeen. Paine riippuu paisuntasäiliön pinnankorkeudesta ja moottorin kierrosluvusta, koska kyseessä on suorakäyttöinen pumppu. Neptunissa on asennettu hälytys matalalle painelle, jolloin stand by pumppu lähtee käyntiin. (Wärtsilä 9R32 manuaali, luku 19.2)

## **5.1 Moottorin lämmitys**

Jottei koneen lämpötila pääsisi liian alhaiseksi koneen ollessa pysähdyksissä, niin on HT järjestelmään kytketty esilämmitin, joka lämmittää HT vettä kuumavesikattilan vedellä. Pieni kiertovesipumppu (Kuva 8) kierrättää lämmitettyä vettä koneessa 30 l/min. HT veden esilämmittimessä on by-pass termostaattiventtiili, joka pitää veden ja koneen noin 70 asteisena. Pääkoneen käydessä kiertovesipumppu on pysähdyksissä ja venttiilit ovat kiinni.



Kuva 8. Pääkoneen esilämmitin vasemmalla ja kiertovesipumppu edessä oikealla

## 5.2 Stand by -pumppu

Aluksen pääkoneen HT kierto on varustettu sähkökäyttöisellä stand by -kiertopumpulla (Kuva 9), joka turvaa normaalin ajon vaikka suoraikäyttöinen HT pumppu menee epäkuntoon. Stand by -pumppu on, kuten merivesipumputkin, mallia NORMI-MAKO VPM 100-250 51 PPP, joka antaa  $110 \frac{m^3}{h}$  tuoton ja 20 metrin nostokorkeuden. Pumppua pyörittää 10 kW sähkömoottori. Stand by -pumppua voidaan käyttää myös suoraikäyttöisen pumpun rinnalla koneen käydessä pienillä kierroksilla, jotta HT veden paine pysyy hyvänä. Stand by -pumppu on varustettu myös takaiskuventtiilillä hullunkierron välttämiseksi. (Aluksen konehuoneen apulaitteiden käyttöohjeet ja dokumentit)



Kuva 9. Pääkoneen Stand by -HT pumppu

### 5.3 Paisuntasäiliöt

HT veden tilavuus vaihtelee lämpötilasta riippuen, vettä myöskin häviää haihtumisen ja mahdollisten vuotojen seurauksena, tämän takia tarvitaan erillinen paisuntasäiliö (Kuva 10). Paisuntasäiliö on sijoitettu koneen yläpuolelle, näin koneessa on aina tietty hydrostaattinen paine.

Neptunissa on kaksi paisuntasäiliötä, konehuoneessa noin 800 litran säiliö ja korsteenissa noin 50 litran säiliö. Säiliöissä on yhdysputki siten, että kun pienemmässä säiliössä on vettä niin isompi säiliö on aina täynnä. Isommasta säiliöstä on putki auki kiertopumpun imupuolelle ja pienemmästä säiliöstä koneelle pitäen hydrostaattisen paineen koneessa aina noin 0,6 barissa.





Kuva 10. Pääkoneen HT veden iso paisuntasäiliö konehuoneessa

## 6 VEDENKÄSITTELY JA HUOLTO

Korroosion sekä kalkki- tai muiden kerrostumien välttämiseksi suljetussa kierto-vesijärjestelmässä on jäähdytysvesi käsiteltävä lisäaineilla.

Ennen käsittelyä on jäähdytysveden oltava kirkasta, sen tulee omata niin alhainen kovuus kuin mahdollista, kloridipitoisuuden tulee olla alhaisempi kuin 80 mg/l, sekä pH-arvon korkeampi kuin 7. Paras tulos saavutetaan käyttämällä kokonaan suolattonta vettä esimerkiksi makeavesigeneraattorista ja lisäaineita.

Jo vähäinen määrä merivettä aiheuttaa järjestelmään päästessään voimakasta korroosiota ja kerrostumia. Sadeveden happi- ja hiilidioksidipitoisuus on suuri, näin se

aiheuttaa suuren korroosion muodostumisvaaran ja on siten sopimatonta jäähdytysvedeksi. (lähde: Wärtsilä 9R32 ohje luku 2.3.1)

### **6.1 Vedenkäsittely Neptunilla**

Aluksella tehdään jäähdytysveden vesitestit 3 kuukauden välein, testissä katsotaan veden nitriittipitoisuus ja pH-arvo. Nitriittipitoisuuden tulee olla 1000-2000 ppm ja pH-arvon yli 8. Testit tehdään Marisolin toimittamalla testipakkauksella.

Neptunin jäähdytysveden lisäaineena käytetään Marisol CW kemikaalia, jota tulee olla 6 litraa kuutiossa jäähdytysvettä. Kemikaali lisätään erillisellä käsipumpulla suoraan konevesikiertoon. Yleensä testin jälkeen joudutaan lisäämään 3-6 litraa kemikaalia jäähdytysveteen. (Marisol CW kemikaalin ohjeistus)

Jos jäähdytysjärjestelmässä ei ilmene suurempia vuotoja tai jäähdytysvettä ei jouduta valuttamaan ulos, niin noin 30 litran lisäys kerran 3 kuukaudessa riittää pitämään vedenpinnan paisuntasäiliössä riittävän korkealla; tällöin ei kemikaalia yleensä lisätä. Mutta jos lisätään suurempia määriä vettä, niin pitää kemikaaliakin lisätä sopivassa suhteessa. Jäähdytysjärjestelmän raakavesi otetaan aluksen makeavesijärjestelmästä, jonka vesi on Rauman vesijohtovettä.

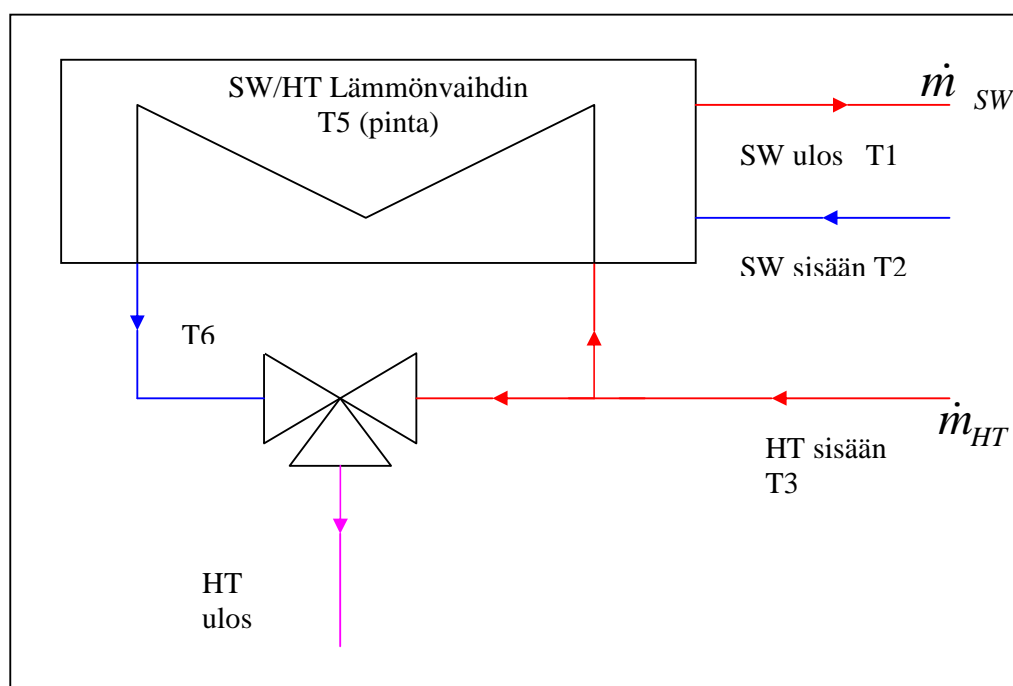
### **6.2 Jäähdytysvesijärjestelmän huolto Neptunilla**

Aluksen jäähdytysvesijärjestelmän huolto keskittyy lähinnä merivesikiertoon. Kerran vuodessa putsataan SW/HT jäähdyttimen merivesituubit, puhdistetaan merivesikaivojen sihdit ja vaihdetaan merivesijäähdyttimien korroosiopalat. Mahdolliset ylimääräiset korjaukset ja huollot liittyvät lähinnä vuotoihin.

Aluksen jäähdytysvesipumput huolletaan 5000 käyntitunnin välein. Aluksen tietokoneella on oma huollonseurantaohjelma, joka ilmoittaa tulevista huolloista. Myös pumpuille voidaan joutua tekemään ylimääräisiä huoltoja, jos toimintahäiriöitä ilmenee. (A. Jalonen, Henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2007.)

## 7 SW/HT LÄMMÖNVAIHDIN

Mittaukset jouduttiin ottamaan kolmena eri kertana johtuen hinaajan lyhytkestoisista ajokerroista, satamahinaaja ei yleensä ole ajossa kuin noin yhden tunnin kerrallaan. Myös hinaajan koneen kuorma vaihtelee rajusti melkein koko ajon ajan. Tämän takia on mittaustuloksia jouduttu hieman soveltamaan. Lämmönvaihtimesta mitattiin kuusi eri lämpötilaa sekä HT veden ja meriveden virtausmäärät (Kuva 11). Merivesi ja makeavesi oletetaan laskuissa ominaisuuksiltaan samanlaisiksi.



Kuva 11. SW/HT lämmönvaihtimen mittauspisteet

### 7.1 Lämpötilat

Lämpötilamittaukset suoritettiin lauantaina 27.9.2007 kello 09:30 noin kahden tunnin ajon jälkeen, kun alus oli matkalla hinaustehtävään Kaskisiin. Mittaukset suoritettiin aluksen omalla pintalämpömittarilla ja mittaukset suoritti aluksen konehenkilökunta. Tuloksiksi saatiin seuraavat:  $T1 = 35^{\circ}\text{C}$ ,  $T2 = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $T3 = 75^{\circ}\text{C}$ ,  $T4 = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $T5 = 47^{\circ}\text{C}$  ja  $T6 = 31^{\circ}\text{C}$ . Lämpötilojen mittaushetkellä HT veden termostaattiventtiilin by

pass oli 80 % auki, joten vain 20 % HT vedestä virtasi lämmönvaihtimen läpi. Konehuoneen lämpötila mittaushetkellä oli 21°C.

## 7.2 Meriveden virtausmittaus

Meriveden virtausmittaus suoritettiin lyhyen hinaustehtävän aikana Rauman satamassa 31.10.2007 kello 18:30 ja 19:30 välisenä aikana. Mittaus suoritettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun ultraäänimittarilla. Mittauspaikaksi valittiin lämmönvaihtajalta tuleva putki sen hyvän sijainnin ja tarpeeksi pitkän suoran osuuden takia.

Meriveden virtaus lämmönvaihtimen läpi vaihteli suuresti koneen kuorman mukaan, sillä mitä enemmän termostaattiventtiili päästää vettä takaisin mereen, niin sitä pienempi on virtausvastus. Eli pienemmällä kuormalla enemmän merivettä kulki konehuoneiden apulaitteiden jäähdytyksen kautta takaisin mereen virtaamatta mitatun lämmönvaihtimen kautta.

Mittauksen alkuvaiheessa koneen ollessa tyhjäkäynnillä massavirraksi saatiin noin 22 kg/s, kuorman noustessa ja koneen lämmitessä meriveden massavirta jäähdyttimen läpi nousi. Suurimmillaan massavirta oli 26,5 kg/s, tämä oli koneen käydessä lähes täysillä, joten kyseistä tulosta käytetään laskuissa eli  $\dot{m}_{sw} = 26,5 \frac{kg}{s}$ . Massavirta mittauksen aikana oli keskimäärin 24-25 kg/s, mutta suurimman osan mittauksen ajasta koneen kuorma oli melko pieni. Virtauksen nopeudeksi mitattiin keskimäärin noin 2,7 m/s, joka on melko suuri nopeus merivedelle.

## 7.3 HT veden virtausmittaus

HT veden virtausmittaus suoritettiin myös hinaustehtävän aikana Rauman satamassa 5.11.2007 kello 16:45 ja 17:45 välisenä aikana. Mittaus suoritettiin samalla ultraäänimittarilla kuin meriveden virtausmittauskin. Mittauspaikaksi valittiin koneesta tuleva putki ennen lämmönvaihdinta ja termostaattiventtiiliä hyvän sijainnin takia. HT veden kiertopumppu on kytketty suoraan koneeseen joten koneen kierrosluku vai-



kuttaa suorasti HT veden virtaukseen, koneen kierrosluku mittaustilanteessa oli 780 rpm.

HT veden massavirtaus vaihteli mittauksen aikana hieman koneen kuorman mukaan, muttei läheskään niin paljon kuin meriveden massavirtaus. Aluksi HT veden massavirta oli 31 kg/s ja suurimmillaan massavirta oli 32 kg/s. Laskuissa käytetään jälkimmäistä arvoa eli  $\dot{m}_{HT} = 32 \frac{kg}{s}$ . HT veden nopeudeksi mitattiin 3,5 m/s.

## 7.4 Laskut

Kun merivesi jäädyttää HT vettä, niin siihen siirtyy lämpötehoa HT vedestä. Merivedeen siirtynyt lämpöteho voidaan laskea kun tiedetään sisään menevän ja ulostulevan meriveden lämpötilaero, massavirtaus ja ominaislämpökapasiteetti, joka on  $c_{vesi} = 4,2 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$ . (Zenger, P. 2005, Opiskelumateriaali)

$$\text{Lämpötilaero } \Delta T = T_1 - T_2 = 35^\circ C - 25^\circ C = \underline{10^\circ C}$$

$$\text{Massavirta } \dot{m}_{SW} = \underline{26,5 \frac{kg}{s}} \text{ (mittaustulos)}$$

$$\text{Lämpöteho } Q_{SW} = \dot{m}_{SW} * c_{vesi} * \Delta T = 26,5 \frac{kg}{s} * 4,2 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} * 10^\circ C = \underline{\underline{1113 kW}}$$

Eli merivesi ottaa vastaan 1113 kW lämpötehoa SW/HT lämmönvaihtimesta.

### 7.4.1 HT vedestä poistunut lämpöteho

Kun HT vesi jäähtyy, niin siitä siirtyy lämpötehoa pois. Tämä lämpöteho voidaan laskea samanlaisesti kuin merivedenkin. Laskussa oletetaan että HT veden ominaislämpökapasiteetti on sama kuin merivedenkin. Massavirta pitää laskea siten että vain 20% HT vedestä virtaa lämmönvaihtimen läpi.

$$\text{Lämpötilaero } \Delta T = T_2 - T_1 = 75^\circ C - 31^\circ C = \underline{44^\circ C}$$

$$\text{Massavirta } \dot{m}_{HT} = 0,2 * 32 \frac{kg}{s} = \underline{6,4 \frac{kg}{s}}$$

$$\text{Lämpöteho } Q_{HT} = \dot{m}_{HT} * c_{vesi} * \Delta T = 6,4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * 44^\circ\text{C} = \underline{\underline{1182\text{kW}}}$$

Eli HT veden luovuttama lämpöteho on 1182 kW.

#### 7.4.2 Lämpötilalaskut

$$\text{Lämmönvaihtajan asteisuus} = T_3 - T_1 = 75^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C} = \underline{40^\circ\text{C}}$$

HT veden lämpötilahyötysuhde eli rekuperaatioaste

$$\varepsilon = \frac{(T_3 - T_6)}{(T_3 - T_2)} = \frac{(75 - 31)^\circ\text{C}}{(75 - 25)^\circ\text{C}} = \underline{0,88}$$

Eli HT vesi jäähtyy 88% siitä, mitä se voisi teoriassa jäähtyä. Meriveden puolelle ei rekuperaatioastetta ole syytä laskea, koska tavoitteena ei ole lämmittää merivettä, vaan jäähdyttää HT vettä.

$$Q_{sw} \approx Q_{HT} \approx Q = 1150 = k * A * \Delta T_m$$

$k(\frac{\text{W}}{\text{m}^2})$  = Lämmönvaihtimen lämmönläpäisykerroin

$A(\text{m}^2)$  = Lämmönsiirtopinta-ala

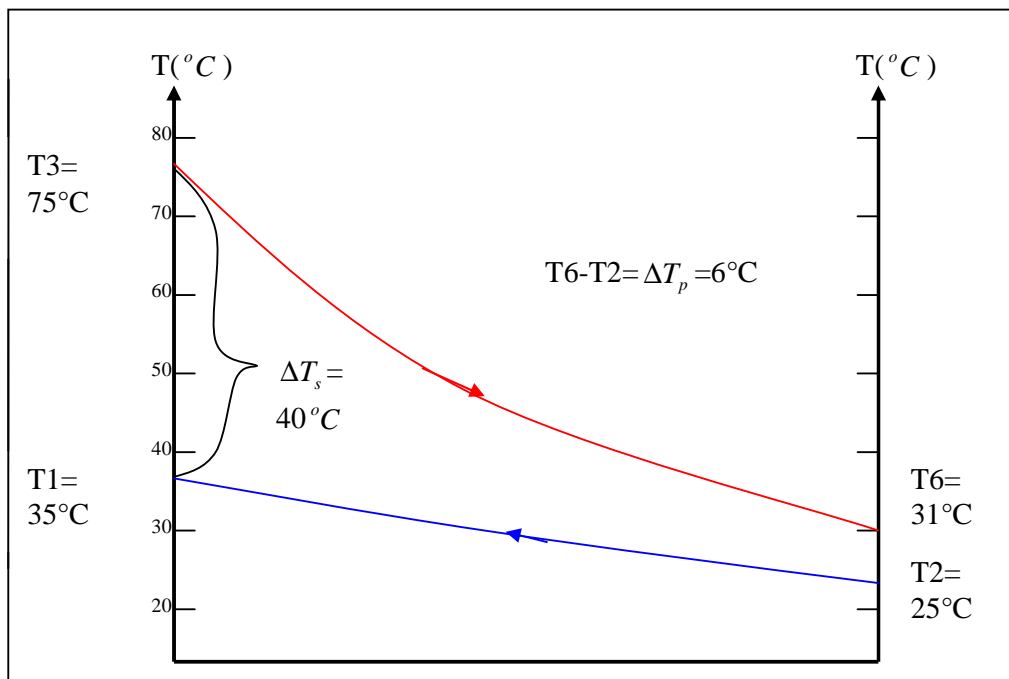
$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_s - \Delta T_p}{\ln \frac{\Delta T_s}{\Delta T_p}} = \frac{40^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}}{\ln \frac{40^\circ\text{C}}{6^\circ\text{C}}} = \underline{17,92^\circ\text{C}}$$

$\Delta T_s$  ja  $\Delta T_p$  saadaan lämmönvaihtimen lämpötilakuvaajasta. (Kuva 12)

Konduktanssi =  $G = k * A$  ( $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ )

$$\Rightarrow Q = G * \Delta T_m \Rightarrow G = \frac{Q}{\Delta T_m} = \frac{1150\text{kW}}{17,92^\circ\text{C}} = \underline{64,2\text{kW}/^\circ\text{C}}$$

Lämmönvaihtimen lämmönläpäisykerrointa ei voida laskea, koska lämmönsiirtopinta-ala ei tiedetä.



Kuva 12. Lämmönvaihtimen lämpötilakuvaaja

### 7.4.3 Tulokset

HT veden luovuttaman lämpötehon suurempi määrä meriveden vastaanottamaan lämpötehoon nähden selittyy lämmönvaihtajan pintalämpösäteilystä. Lämmönvaihtajassa merivesi virtaa tuubeissa ja HT vesi vaipassa, joten lämmönvaihtajan luovuttama säteilylämpöteho tulee kaikki HT vedestä.

Meriveteen siirtynyt lämpömäärä pelkästään SW/HT lämmönvaihtajassa on verrattain suuri, 1113 kW, kun ajatellaan että pääkoneen nimellisteho on 2876 kW. Ja tämä on esimerkki vain yhdestä lämmönvaihtajasta, aluksellahan jäädytettäviä kohteita on lukuisia. Tästä tuloksesta huomaa konkreettisesti kuinka suuri osa polttoaineen sisältämästä energiasta kuluu lämpöhäviöihin.

Mittaustilanteessa HT veden termostaattiventtiilin asento selittyy kylmällä vuodenajalla, vaikka merivesi on vain 25 asteista tullessaan lämmönvaihtimelle, niin on se kiertänyt jo pääkoneen voiteluöljyjäähdyttimen ja huuhteluilmajäähdyttimen kautta. Kun meriveden lämpötila nousee niin nousee myöskin lämmönvaihtimelle tulevan veden lämpötila ja näin myös lämmönvaihtajalta ulostulevan HT veden lämpötila.

Tällöin termostaattiventtiilin sekoitussuhde muuttuu, koska koneelle menevän HT veden lämpötila tulee aina olla noin 70 astetta.

Lämmönvaihtimen sisällä HT veden lämpötila vaihtuu huomattavasti enemmän mitä meriveden. Tämä johtuu epätasaisista massavirroista. Merivettä virtaa lämmönvaihtimen läpi yli neljä kertaa niin paljon kuin HT vettä.

## **8 PUTKISTOKAAVIOT**

Aluksen merivesi- ja makeavesijäähdytysjärjestelmien kaaviot päivitettiin työn yhteydessä (Liite 7 ja Liite 8). Vanhat kaaviot ovat huonossa kunnossa ja osin vanhentuneita lukuisten muutostöiden takia, joita on tehty hinaajan käyttöönoton jälkeen.

Putket seurattiin tarkasti konehuoneessa ja kaaviot piirrettiin tyhjälle paperille ottamatta mallia vanhoista kaavioista. Putkien eri kokoja ja materiaaleja ei kaavioihin ole merkitty, kuten ei ole merkitty myöskään vanhoihin kaavioihin. Piirrosmerkkeinä käytettiin samoja merkkejä kuin vanhoissa kaavioissa.

## LÄHDELUETTELO

Aluksen arkistot

Aluksen putkistojen piirustukset ja dokumentit

Häkkinen, P. (1993). Laivan koneistot. Espoo.

Aluksen konehuoneen apulaitteiden käyttöohjeet ja dokumentit

Wärtsilä diesel 9R32 käyttöohje

Marisol CW kemikaalin ohjeistus

Zenger, P. (2005). Koneteknillinen fysiikka, opiskelumateriaali. Pori: SAMK

Jalonen, A (2007). Ylikonemestari, Alfons Håkans Oy Ab. Rauma, Henkilökohtainen tiedonanto 25.10.2007.

## **LIITELUETTELO**

### **LIITE 1**

Pääkoneen öljynjäähdyttimen ja SW/HT lämmönvaihtajan rakenne

### **LIITE 2**

Vaatimuksia putkistoille uudisrakennusvaiheessa

### **LIITE 3**

Alennusvaihteen öljyjäähdytin

### **LIITE 4**

Säätösiipipotkurilaitteiston öljyjäähdytin

### **LIITE 5**

Hylsä eli potkuriakselin tiiviste

### **LIITE 6**

Kuva pääkoneen jäähdytyksestä

### **LIITE 7**

Uusi putkistokaavio aluksen HT järjestelmästä

### **LIITE 8**

Uusi putkistokaavio aluksen merivesijärjestelmästä

(Liitteet löytyvät vain painetusta versiosta)