



**Linnéuniversitetet**  
Sjöfartshögskolan

Sjöingenjörsprogrammet

Examensarbete

# Avgasning av färskkylvattensystem för marina dieselmotorer

Andreas Idberg

2010-03-01

Sjöingenjörsprogrammet

Examensarbete 7,5 hp

Linnéuniversitetet  
Sjöfartshögskolan i Kalmar

<b>Utbildningsprogram:</b>	Sjöingenjörsprogrammet 180 hp
<b>Arbetets art:</b>	Examensarbete, 7,5 hp
<b>Titel:</b>	Avgasning av färskkylvattensystem för dieselmotorer
<b>Författare:</b>	Andreas Idberg
<b>Handledare:</b>	Fredrik Ahlgren
<b>Examinator:</b>	Fredrik Hjorth

#### ABSTRAKT

Arbetet handlade om ett projekt att avgasa kylvattensystemet för dieselmotorerna på M/S Gotland. Gotlandsbolaget ville med projektet undersöka om avgasning av systemet kunde ersätta den inhibitor som användes på fartygen. Gotlandsbolaget ville även se om avgasning var lösningen på deras problem med sprickbildning i cylinderhuvudena på dieselmotorerna. Något liknande projekt hade inte genomförts innan, därför ville företaget QTF Sweden AB dokumentera avgasningen på ett akademiskt sätt. Företaget ville med projektet öppna den marina marknaden för deras avgasningsutrustningar. Min roll i projektet var att samla in mätvärden under projektet för att dokumentera resultatet av avgasningen. Slutsatser som dragits efter projektets avslutande var att avgasningen hade positiv effekt på mängden inlöst syrgas i systemet vilket i sin tur medförde mindre inblandning av inhibitor. Miljön i systemet förbättrades ur korrosionssynpunkt.

#### Nyckelord:

Avgasning, inlöst gas, diffusion, korrosion, mättad vätska, omättad vätska och inhibitor.

Linnaeus University  
Kalmar Maritime Academy

**Degree course:** Marine Engineering  
**Level:** Diploma Thesis 7,5 ETC  
**Title:** Degasification of fresh cooling water system for marine diesel engines  
**Author:** Andreas Idberg  
**Supervisor:** Fredrik Ahlgren  
**Examiner:** Fredrik Hjorth

#### ABSTRACT

The work involved a project to de-gas the cooling-water system for diesel engines on the M/S Gotland. Gotlandsbolaget wanted to investigate if degassing the system could replace the inhibitor used onboard. Gotlandsbolaget also wanted to see if degassing of the system was the solution to their problems with cracking of cylinder heads on their main engines. This was the first project of this kind; something similar had not been conducted before. The company QTF Sweden AB wanted to document the degasification of the system in an academic way. The company wanted the project to open the marine market for their degassing equipment. My role in this project was to collect measured values during the project and to document the result of the degasification.. Conclusions that could be drawn was that the degasification had a positive effect on the amount dissolved oxygen in the system, which in turn led to reduced need of an inhibitor in the system. The environment of the system was improved from a corrosion point of view.

#### **Keywords:**

Degasification, dissolved gas, diffusion, corrosion, saturated solution, unsaturated solution, and inhibitor.

## Förord

Jag har under mitt yrkesverksamma liv levt på att kunna lite om mycket!

När jag fick erbjudande om att delta i det här projektet insåg jag att jag var ute på djupt vatten med mina begränsade kunskaper om vattnets kemi. Som tur är finns det de som kan det mycket bättre och kan stötta med sakkunskap om hur det verkligen ligger till. Jag vill här passa på att tacka Björn Carlsson för tålamod och kunskap.

Vill även tacka alla som hjälpt mig under projektet framför allt mina bröder som ställt upp i vått och torrt och Fredrik Ahlgren för värdefulla tips och råd. Maskinbesättningarna på M/S Gotland och M/S Visby har varit till stor hjälp med mätvärden och sakkunskap avseende driftsförhållanden och systemkunskap.

## Innehållsförteckning

1. Inledning .....	1
2. Uppdragsbeskrivning .....	2
3. Syfte .....	2
4. Bakgrund .....	3
5. Frågeställning .....	4
6. Avgränsningar .....	4
7. Metod .....	5
8. Beskrivning av kylvattensystem .....	8
9. Teori .....	11
10. Genomförande .....	19
11. Resultat .....	20
12. Diskussion .....	23
13. Slutsats .....	28
14. Förslag till fortsatt arbete .....	29
15. Litteraturförteckning .....	30

Bilaga A Uppdragsbeskrivning

Bilaga B Beskrivning uttagning av mätdata M/S Gotland

Bilaga C Mätinstruktion

Bilaga D Ritning sjökylvattensystem

Bilaga E Ritning lågtemperatur färskkylvattensystem

Bilaga F Ritning högtemperatur färskkylvattensystem

## Figur och tabellförteckning

Figur 1: Syrets löslighet i vatten beroende av temperatur vid atmosfärstryck. ....	12
Figur 2: Luftens inlösning i olika vätskor beroende av det omgivande trycket. (Fitch, 1992)	13
Figur 3: Diagram över blandningsventilernas öppningsgrad .....	20
Figur 4: Diagram över syrgasvärden .....	21
Figur 5: Diagram över ledningsförmåga .....	21
Figur 6: Diagram över pH-värde .....	22
Figur 7: Diagram över nitrit, pH, klorid och dosering. ....	22
Tabell 1: Valda mätpunkter .....	5
Tabell 2: Manuella mätvärden .....	7
Tabell 3: Blandningsventilernas medelöppning .....	20

## 1. Inledning

Gotlandsbolaget äger och förvaltar färjor, ro-ro och produkttankfartyg samt genomför operativ fartygsdrift genom dotterbolaget Destination Gotland AB. Projektet kommer innefatta fartyget M/S Gotland och i viss mån systerfartyget M/S Visby. Fartygen byggdes 2003 vid Guangzhou Shipyard International Co Ltd (GSI) i Kina och har sedan dess gått i trafik mellan Oskarshamn/Nynäshamn och Visby.

Fartygen har sedan leverans haft problem med sprickbildning på huvudmotorernas cylinderhuvuden. Troliga flödesstörningar har påverkat systemet och skapat små luftfickor i kylsystemet framför allt kring cylinderhuvuden. Efterhand som cylinderhuvuden och tätningar ersatts samt effekten reducerats har problemen minskat. Då huvudmotorerna levererats av Wärtsilä Corporation initierades ett möte 2009-12-08 mellan QTF och Wärtsilä Sweden AB för att få motortillverkarens syn på problemen och att få klartecken att inleda projektet. Kärnan är enligt Wärtsilä Sweden AB att kylningen och den termiska belastningen på motorerna har ökat i och med ombyggnad till högre temperaturer för att katalysatorerna skall fungera optimalt. Det har gjorts prov på fartygen med elysatorer i kylsystemet för att minska korrosionen. Provet är dock avbrutet då resultaten uteblev. Gotlandsbolaget ser vinster med att reducera användningen av tillsatser ur ett miljöperspektiv samt genom en förbättrad arbetsmiljö men även ur ett kostnadsperspektiv.

## 2. Uppdragsbeskrivning

Bifogas under bilaga A.

## 3. Syfte

Examensarbetet syftar till att avgasningen skall dokumenteras på ett riktigt sätt och för att resultatet skall bli trovärdigt och på ett bra sätt kunna presenteras för inblandade parter.

## 4. Bakgrund

Jag blev kontaktad av företaget QTF Sweden AB (QTF). Anledningen att jag blev kontaktad var att företaget behövde kvalificerad hjälp med mätdatainsamlingen. Jag har tidigare arbetat ihop med Fredrik Ahlgren som är projektledare för avgasningsprojektet på företaget. Mitt intresse väcktes och frågorna och funderingarna avlöste varandra och jag insåg hur lite jag visste om hur gaser påverkar ett kylsystem. I mitt dagliga arbete i Försvarmakten som 2:e maskinist på HMS Uppland som är en ubåt i Gotlandsklass ingår underhållsplanering och systemåtgärder på bland annat kylsystem, dock inte lika stora system som på M/S Gotland men ingående komponenter är ungefär jämförbart.

QTF är ett företag i Kalmar specialiserat på analys av vätskor och åtgärder på tekniska kyl- och värmesystem. Företaget har genomfört många avgasningar men dessa har varit på landbaserade värme och kylanläggningar. Det genomgående resultatet av genomförda avgasningar på land har varit positiva och kunderna har gjort vinster ekonomiskt men också reducerat buller och miljöpåverkan.

Avgasningsmetoden är en process i två steg. Det första steget ser till att skapa ett kraftigt undertryck. Nästa steg i processen är att frigöra gaserna ur systemvätskan. Detta görs genom att breda ut vätskan över en stor yta vilket möjliggör en effektiv avgasning av systemvätskan. Vätskan återleds till systemet och är nu avgasad till 90 %. Detta innebär att om vätskan var mättad av gas vid normalt lufttryck och en temperatur av 25 °C, återstår endast ca: 1 mg syre per liter vatten, processen fortsätter och mängden inlöst gas kommer att minska ytterligare. Syrgasnivån i systemet kommer att stabilisera sig på en miniminivå beroende på hur systemet är uppbyggt, normalt kring 0,5 mg/l.

## 5. Frågeställning

Hur kommer kylvätskan reagera på avgasning avseende tillsatser, förbättrad värmeöverföring och är metoden lämplig för färskkylvattensystem för marina dieselmotorer?

## 6. Avgränsningar

Undersökningen genomförs på M/S Gotland. Mätningar och provtagningar samt efterföljande analys kommer endast att genomföras för att utröna ändrade temperaturer eller öppningsgrader på ventiler i kylvattensystemet samt behovet av inblandning av additiv i systemvätskan. Inga mätningar kommer att genomföras på andra system ombord.

För att projektet skall kunna slutföras inom tidsramen för examensarbetet måste tidsplanen följas detta innebär att:

V002-003 – Installation av avgasningsaggregat ombord på M/S Gotland och påbörja avgasning. Kylvattensystemet bedöms vara avgasat innan slutet V003.

V003-008 – Fortsatt datainsamling av avgasat system. Analys av mätvärden kommer att pågå parallellt med datainsamling.

V009 – Råkopior av resultatrapport skall redovisas av Andreas Idberg.

V010 – Presentation av resultat för Gotlandsbolaget och Wärtsilä.

## 7. Metod

Med metod avses ett vetenskapligt sätt att närma sig det ämne man skall skriva om och hur man ämnar behandla ämnet. (Ejvegård, 2009)

Jag har valt att använda mig av två metoder, *deskription* och *komparation*. Den enklaste metoden är beskrivningen. Man redogör helt enkelt hur ett land ser ut, hur det styrs eller hur skattesystemet ser ut, hur en organisation eller en administration fungerar... (Ejvegård, 2009)

I den inledande delen av arbetet kommer jag redogöra för hur kylvattensystemet är uppbyggt, under denna delen kommer jag att använda mig av metoden *deskription*. När arbetet går över i diskussion och en jämförelse kommer att ske mellan vätskorna före och efter avgasning, kommer jag att använda mig av metoden *komparation*. Metoden är dock mycket svår av den enkla anledningen att det inte utan vidare går att göra jämförelser mellan olika företeelser... (Ejvegård, 2009)

Enligt Ejvegård måste man utgå från enheter som man tror går att jämföra. I det här fallet anser jag att de förutsättningarna väl uppfylls då systemet är likadant innan som efter avgasning, det man ändrat på är isolerat och berör endast vätskan.

Mätpunkterna som sparas på övervakningsdator ombord:

**Tabell 1: Valda mätpunkter**

Mätpunkt	Namn(övervakningsdator)	Förklaring
1	001001	ME 1 Fuel link position (%)
2	001002	ME 2 Fuel link position (%)
3	001003	ME 3 Fuel link position (%)
4	001004	ME 4 Fuel link position (%)
5	009482C_InnerloopCtrlOutput	ME HT/LT Blandningsventil
6	020214C_Output_AE HT FCW	AE HT/LT Blandningsventil
7	005450	LT Temp efter kylare
8	P01GPOWR	AE1 Power
9	P02GPOWR	AE2 Power
10	P03GPOWR	AE3 Power
11	009482	HT systemtemp after ME
12	009488	ME HT CFW Temp after pump

Punkterna ovan sparas av övervakningsdatorn i 168 timmar, värdet sparas varje sekund. En skriftlig instruktion för uttagandet av mätvärden lämnades ombord och besättningen skötte nedladdning och vidarebefordring av värdena på uppmaning av mig, nedladdning skedde varje fredag under projektet. Instruktionen återfinns under bilaga B.

Litteratur som berör ämnet korrosion i allmänhet finns i ganska stor utsträckning. Det jag hade problem med var att hitta litteratur som berör fenomenet med lösta gaser i vätskor och framför allt då i kylvatten. Det jag fick fram var korta avsnitt i allmänna böcker om kemi och böcker som berör fenomenet korrosion.

Metodlitteraturen är sådan som rekommenderats av Linnéuniversitetet och sådan som jag själv sökt.

Metodlitteratur:

Backman, J. (2008). *Rapporter och uppsatser*. (egen litteratur)

Ejvegård, R. (2009). *Vetenskaplig metod*. (Rekomenderad litteratur)

Starrin, B., & Svensson, P.-G. (1994). *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. (sök i statsbibliotekets databas "metod")

Kemiböcker:

Kegley, S. E., & Andrews, J. (1988). *The chemistry of water*.

Stigbrand, T. (1990). *Grundläggande kemi för medicinsk och biovetenskaplig utbildning*

Pilström, H., Wahlström, E., Lüning, B., & Viklund, G. (2000). *Modell och verklighet*.

Litteraturen som berör kemi har jag funnit när jag letat under kemi på både statsbiblioteket i Karlskrona och Linnéuniversitetets bibliotek.

Litteratur om korrosion:

Chandler, K. A. (1985). *Marine and Offshore Corrosion*.

Mattson, E. (1987). *Elektrokemi och korrosionslära*.

Trethewey, K. R., & Chamberlain, J. (1995). *Corrosion for science and engineering*.

Litteraturen som rör korrosion har jag hittat på Linnéuniversitetets bibliotek.

Litteratur om underhåll:

Fitch, E. C. (1992). *Provocative Maintenance for Mechanical Systems*.

Boken ovan som rör förebyggande underhåll är rekommenderad av Fredrik Ahlgren, handledare.

Efterbehandlingen av rådata syftar till att kunna indikera en förändring i kylvattensystemet. Rådata som erhållits från övervakningsdatorm ombord lästes in i Excel. Rådata är nu på sekundnivå. En tabell aggregeras (indata temp) på minutbasis med beräknade medelvärden för minuten. Endast datapunkter då den samlade huvudmotoreffekten är över 50 % exporteras till en tabell (utdata). Från tabellen görs sedan en pivottabell vilken endast tar med blandningsventilernas läge när huvudmotoreffekten är över 70 %. Graferna som visas i diagrammen är byggda på medelvärde under dygn.

Mätvärden som skall ingå i studien som måste avläsas manuellt är:

**Tabell 2: Manuella mätvärden**

Mätpunkt	Namn	Förklaring
13	Syrgasinnehåll	Genomförs av Andreas Idberg.
14	Ledningsförmåga	Genomförs av Andreas Idberg.
15	Ph-värde	Genomförs av Andreas Idberg
15	Nitritnivå (ppm)	Genomförs av besättningen.
16	Kloridnivå (ppm)	Genomförs av besättningen.
17	Inblandning av Marisol CW	Genomförs av besättningen.

Då mängden data som sparats ner under projektet är väldigt stor kommer rådata att sparas av mig och på QTF:s nätverk av Fredrik Ahlgren. Instrumentet som användes för syrgasmätning, pH och ledningsförmåga är Hach HQ30d. Instruktion om hur mätningarna genomfördes återfinns under bilaga 2. På aggregatet finns en avtappning för provtagning vilken har använts. Mätintervallet fastställdes till 3 dagars mellanrum och under tiden som någon inblandad i projektet medföljde ombord genomfördes mätningar oftare. Nitrithalten mäts med ett test från Maritech AB, och heter NITRITE TEST COOLING WATER. Värdet för pH mäts med pH-Fix 0-14 från företaget Macherey-Nagel. Kloridnivån mäts med ett test från HACH och heter Test kit chloride. Protokoll över inblandningen av Marisol CW förs av besättningen på tillhandahållet formulär från tillverkaren.

## 8. Beskrivning av kylvattensystem

Beskrivningen av kylvattensystemet har jag gjort dels genom studier av ritningsunderlag och dels genom diskussion med besättningen under besök ombord.

Fartyget har ett gemensamt färskkylvattensystem som totalt rymmer ca 50 m<sup>3</sup>, för kylning av all värmealstrande utrustning ombord. Systemet är uppdelat i ett högtemperatursystem (HT) och i ett lågtemperatursystem (LT). Systemvätskan förvaras i en tank som också tjänar som expansionstank, vilken är förbunden med atmosfären via en avluftning. Tanken är placerad högt upp i fartyget vilket skapar ett statiskt systemtryck. Tanken är övervakad med ett nivåalarm, vid låg nivå fylls tanken från dräneringstanken tills det rinner över i ett bräddavlopp vilket övervakas lokalt i maskin varpå fyllningen avbryts. Dräneringstanken tjänstgör som buffert samt som förvaringskärl för systemvätska när underhållsarbeten utförs på systemet eller motorerna.

### 8.1 HT-systemet

Systemet innehåller tre huvudpumpar vilka kan väljas för att få önskat flöde på systemvätskan. Den högtempererade systemvätskan får en inblandning av lågtempererad systemvätska via en blandningsventil (RB 129). Inblandningen sker till en av maskinisten förutbestämd öppningsprocent vilken styrs av temperaturerna i de olika systemen. Den blandade vätskan kommer sedan fram till HT-pumparna (504.50). Huvudmaskineriet som består av 4 st Wärtsilä 12V46C kyls med ett delflöde av systemvätskan. När vätskan lämnar motorerna har temperaturen ökat från ca 76°C till ca 90°C. Avluftningar sitter på spilluftkylarna och på en högpunkt i stamledningen efter motorerna. Flödet från respektive avluftning leds till expansionstanken. Huvudflödet från motorerna går till en samlingsledning för returvatten. Samlingsledningen mynnar ut i en aerator vilken har till uppgift att lufta av systemvätskan från fri luft. Avluftning sker genom att vätskan leds in i övre delen av en cirkulär behållare och bringas i rotation. Då behållaren är något konisk kommer den eventuella luften att cirkulera nedåt för att där ledas bort i ett luftavlopp som är centralt placerat. Systemvätskan leds ut i botten av aeratorn och passerar blandningsventilen på nytt. Som tidigare beskrivits så kyler ett delflöde huvudmaskineriet, det andra delflödet är till för att kyla hjälpmaskineriet som består av 3 st Wärtsilä (9L20C). Hjälpmaskineriet får sitt flöde från huvudkretsen genom en strypventil (RB 52). Temperaturen höjs från ca 78°C till ca 93°C

när systemvätskan passerar hjälpmaskineriet. På samma sätt som i huvudmaskineriet leds vätska från hjälpmotorernas kritiska punkter direkt till expansionstanken medan huvudflödet ansluter till samlingsledningen för returvatten och avluftas med resterande systemvätska i aeratorn.

## 8.2 Hamnmode

Ovanstående beskrivning gäller endast då fartyget är till sjöss. När huvudmaskineriet stoppas kopplas kretsen till huvudmaskineriet bort tillsammans med de ordinarie pumparna, systemvätskan får istället ett flöde med hjälp av en hamnpump (504.51). I hamnmode fungerar kylningen till hjälpmaskineriet precis som när huvudmaskineriet är i drift. Ett delflöde tas från kretsen till hjälpmaskineriet för att förvärma huvudmaskineriet.

## 8.3 LT-systemet

Det lågtempererade kylvattensystemet används till kylning av lågtempererad utrustning samt för att hålla ner temperaturen i HT-systemet genom inblandning i detsamma.

Vätskan kyls i två värmeväxlare (512.03) som i sin tur kyls med sjövattnet. Systemet innehåller tre pumpar (512.01) vilka används vid drift med huvudmaskineriet. Efter pumparna delas flödet upp till förbrukarna i två olika kretsar. Huvudmaskineriet får direkt kylning av LT-systemet, kylningen består av laddluftkylning samt smörjoljekylning. I likhet med HT-systemet går del av kylvattenflödet när det passerat kylpunkterna direkt till expansionstanken. Huvudflödet passerar motorerna och samlas upp i returvattenledningen. Andra konsumenter av LT-systemets kylvatten är hydrauloljesystem, axelgeneratorer, växlar, propelleraxlarnas bärlager och propelleraxelhylsornas kylning. Komponenterna som nämnts ovan är sådana komponenter som behöver kylning när huvudmaskineriet är i drift. Dessa komponenter behöver ingen kylning då fartyget ligger förtöjt och är därför samlade i en egen kylvattenkrets för att enkelt kunna kopplas bort.

Den andra kretsen innehåller komponenter som behöver kylning både vid drift med huvudmaskineriet och när fartyget ligger till kaj. Kretsen kyler framför allt hjälpmaskineriets generatorer, smörjoljan samt laddluft. Övriga komponenter som ingår i kretsen är kompressorerna till kyl och frysutrymmen.

Kylvattnet som varit ute i systemet kommer tillbaka till samlingsledningen för returvatten och likt HT-systemet genom en aerator och efter denna sker inblandning i HT-systemet för att få önskad temperatur på detsamma.

## 8.4 Hamnmode

När fartyget är i drift med huvudmaskineriet får den andra kretsen sitt kylvatten via en strypventil (QB020). När fartyget ligger förtöjt kopplas huvudkretsen bort genom att pumparna stoppas, för att kyla den andra kretsen startas en hamnpump.

## 8.5 Inhibitor

Kylvattensystemet skyddas i nuläget mot korrosion genom inblandning av Marisol CW. Marisol CW är en nitritbaserad inhibitor som också innehåller propylenglykol.

## 8.6 Sjökyllvatten

Sjökyllvattnet kan tas in i fartyget via tre olika inlopp, oavsett vilken som används leds flödet via muddboxar för att sedan fördelas till förbrukarna genom stamledningen. Största förbrukaren på systemet är värmeväxlarna till LT-systemet. Värmeväxlarna försörjs med sjökyllvatten av tre frekvensstyrda pumpar vilka regleras av kylbehovet. Efter värmeväxlarna sitter en reglerventil som gör det möjligt att återleda en del av det uppvärmda sjökyllvattnet tillbaka till inloppet, återkopplingen gör det möjligt att reglera temperaturen i inkommande vatten.

Andra förbrukare på systemet är kylning till klimatanläggning, sprinklersystem, brandpumpar, ballastsystem med mera.

## 9. Teori

### 9.1 Vattnets egenskaper ur ett kylvattenperspektiv

Vatten har många bra egenskaper som man använder sig av när vatten skall användas för kylning. En grundläggande egenskap är att vatten är i flytande form mellan 0°C och 100°C vid 101,3 kPa. Vatten har en hög värmekapacitet vilket medför att en förhållandevis stor värmemängd måste tillföras en given mängd vatten för att temperaturen skall stiga. Denna egenskap gör att vatten kan ta upp mycket värme innan det når ångbildningstemperaturen (Stigbrand, 1990). Att vatten är flytande vid rumstemperatur är en egenskap som är nödvändig för att vattnet ska kunna pumpas och därigenom kunna reglera kylningen i ett system.

Vatten som står i förbindelse med en gas kommer att lösa delar av densamma. Den mängd gas som kan lösas i en vätska beror på egenskaperna hos både gas och vätska liksom på gasens tryck ovanför lösningen och på temperaturen (Stigbrand, 1990).

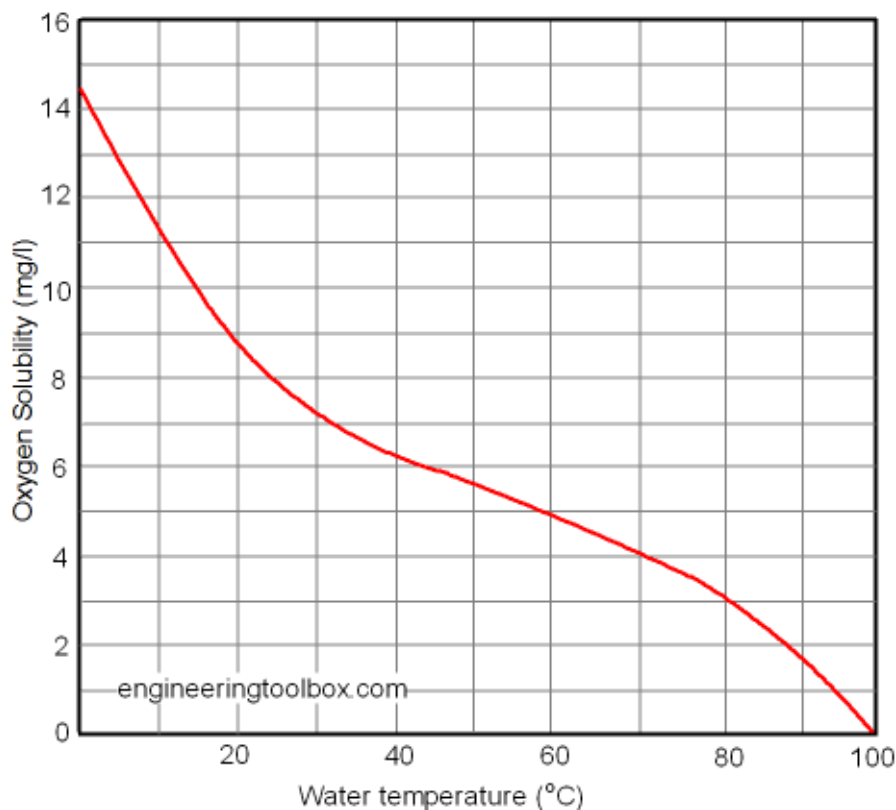
En vattenyta som står i kontakt med luft vid normalt lufttryck 101,3 kPa och en temperatur av 25 °C kan lösa ca: 8 mg syrgas per liter. Olika kemiska föreningar har olika förmåga att lösa gaser. Om till exempel salt tillsätts vatten kommer dess förmåga att lösa gas att minska, omvänt förhållande gäller om alkoholer eller glykoler tillsätts då kommer vattnets förmåga att lösa gaser öka. Temperaturen påverkar lösligheten på samma sätt som salthalten, detta innebär att en ökning av temperaturen kommer att minska lösligheten. Partialtryckets påverkan på gasers löslighet i vätska kan formuleras med hjälp av Henrys lag:

$$C_a = k_a \cdot p_a$$

där  $C_a$  är koncentrationen löst gas,  $k_a$  är en löslighetskonstant och  $p_a$  är partialtrycket av gasen ovanför vätskan. Med stigande tryck löser sig sålunda alltmer gas, och omvänt (Stigbrand, 1990).

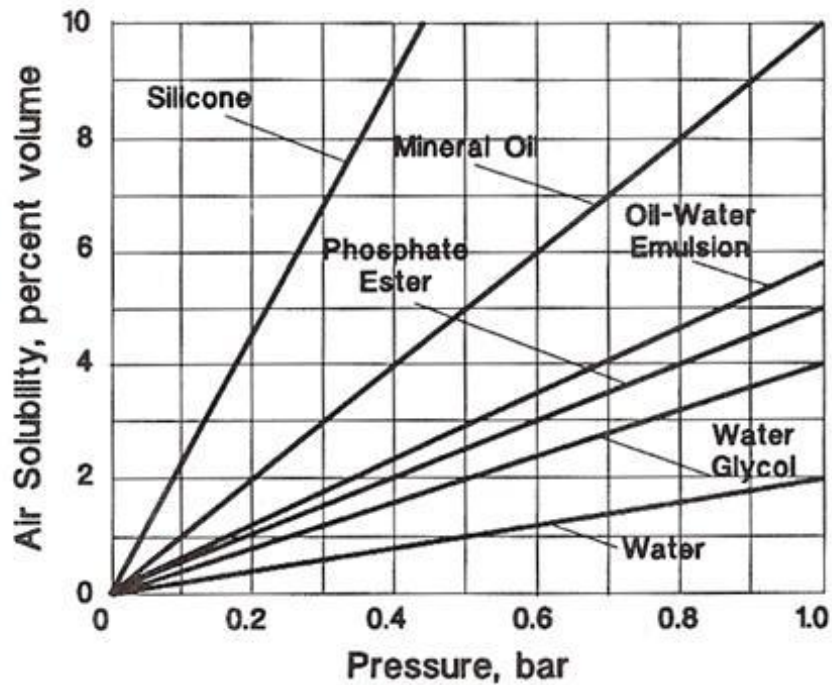
## 9.2 Mättad eller omättad vätska

Vatten kan lösa en viss mängd gas vid ett konstant tryck och temperatur, vattnet blir mättat med gas. En vätska som har möjlighet att lösa in mer gas enligt Henrys lag beroende på tryck och temperatur är en omättad vätska. Eftersom naturen går mot utjämning kommer den omättade vätskan att i direkt kontakt med luft eller annan gas att mättas eller gå mot mättning. En vätska som är mättad vid ett visst tryck kommer att lösa ut gas om trycket som påverkar vätskan sjunker eller om temperaturen stiger. Den luft som inte är löst i vätskan på grund av att vattnet är mättat framträder i systemet som fria bubblor av olika storlekar. Diagrammet nedan visar vattnets förmåga att lösa syre i förhållande till temperatur. Vid höga temperaturer kommer vattnet att ha mindre förmåga att lösa syre.



Figur 1: Syrets löslighet i vatten beroende av temperatur vid atmosfärstryck. (Engineering toolbox)

I figuren nedan visas luftens löslighet i olika vätskor beroende på vilket tryck vätskan påverkas av. Här framgår det bland annat att en inblandning av glykol i vatten kommer att öka vätskans förmåga att lösa gaser.



Air Solubility of Various System Fluids  
Versus Pressure.

Figur 2: Luftens inlösning i olika vätskor beroende av det omgivande trycket. (Fitch, 1992)

### 9.3 Problem med gaser i kylvattensystem

Lösta gaser kan skapa problem i kylvattensystem. De flesta problemen kan härledas till luftgasblandning som löst sig i vattnet. Luftens består i grova drag av 78 % kväve och 21 % syre, då syre löser sig lättare i vattnet kommer andelen löst syre i förhållande till kväve vara större i vattnet. Kvävet har i sig ingen skadlig inverkan på systemet förutom det faktum att det är en inlöst gas. Syre däremot skapar problem i systemet då det reagerar med metallerna och dessa börjar oxidera. Andra problem som kan uppstå med fria luftbubblor är kavitation i pumpar, korrosion, försämrade kylning, flödesstörningar och en ökad bullernivå.

Andra gaser som skapar problem i kylvattensystem är vätgas, koldioxid och svavelväte. Vätgasen bildas vid korrosionsprocessen och försurar vattnet och fungerar därmed som en katalysator i oxidationsprocessen. Den kan även angripa metallen genom att tränga in i metallen och därmed påverka dess hållfasthet.

Koldioxid bildas vid förbränning, växtsyntes och jäsningsprocesser. Koldioxid och vatten under tryck bildar kolsyra (flytande) vilken verkar försurande i tekniska vattensystem.

Svavelväte bildas genom nedbrytning av alger och bakterier, är mycket aggressivt mot metaller (Carlsson, 2000).

### 9.4 Diffusion

Diffusion uppkommer till följd av olika praktiska lösningar, materialval, sammanfogningstekniker och den ökande mängden plast i dagens värmesystem. Diffusion är när gaser tränger igenom materialet in i ett system trots att systemtrycket kan vara högre än trycket på den omgivande gasen. Diffusionen ökar efterhand som de lösta gaserna minskar i systemet, vätskan blir lufthungrig. När tryck och temperatur ändras i systemet kan den luft som diffunderat in fällas ut och framträda som fria luftbubblor. Bubblorna kan ge upphov till fouling, ett isolerande bubbelskikt som sätter sig i värmeväxlare och kylkanaler.

## 9.5 Oxidation och reduktion

Med oxidation menas ett avgivande av elektroner, och med reduktion menas ett upptag av elektroner (Stigbrand, 1990).

En oxidation sker aldrig ensam. De elektroner som avges kan inte existera fritt utan måste tas upp av något annat ämne och därför sker alltid en reduktion samtidigt. En kemisk reaktion, där ett atomslag avger elektroner (oxideras) samtidigt som ett annat tar upp elektroner (reduceras) kallas en redoxreaktion (Pilström, Wahlström, Luning, & Viklund, 2000).

## 9.6 Korrosion

Då metaller framställs i hyttor och smältverk, överförs de från det stabila tillståndet i malmen till det metalliska tillståndet, som under de flesta förhållanden i praktiken inte är stabilt. Det finns därför hos de flesta metaller i utomhusmiljö en drivkraft för omvandling till stabila föreningar liknande dem som ingår i malmerna. I allmänhet är det ett sådant återfall till malmstadiet som sker när metall korroderar (Mattson, 1987).

Dagens kylvattensystem och ingående komponenter vad avser motorer, värmexväxlare och pumpar är till största del tillverkade av olika legeringar av järn. Systemet kommer att utsättas för kylvatten och det syre som finns i vattnet antingen löst eller som fria bubblor.

Avgörande betydelse för vattnets korrossivitet har dess halt av löst syre eftersom detta ämne medverkar i katodreaktionen -  $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}$ . Vid brist på syre saknas vanligen verksamt oxidationsmedel, varför katodreaktionen och därmed hela korrosionsprocessen uteblir (Mattson, 1987).

Vattnets roll i redoxreaktionen är att vara jonbärare, vattnet transporterar de joner som fälls ut från järnet och ser till att träffa på en syreatom som den förenar sig med. De jonbärande egenskaperna ökar med ökad salthalt och ökad surhet (konduktivitet). Flödet i ett kylvattensystem ser till att hela tiden hålla reaktionen igång och fylla på med nya syreatomer. Resultatet blir det vi kallar korrosion. Av järnet och syret bildas järnoxid och hydroxidjoner.

## 9.7 Metoder för att minska den korrosiva miljön

Många metoder har tagits fram för att skydda metaller som befinner sig i korrosiva miljöer. Här kommer jag att översiktligt redogöra för de vanligaste metoderna att skydda mot korrosion enligt Korrosionsinstitutets BULLETIN nr 100 (Mattson, 1987).

### 9.7.1 Korrosionsinhibitorer

En korrosionsinhibitor är ett ämne, som minskar korrosionshastigheten, då det tillsätts korrosionsmediet eller materialet i lämplig halt, utan att halterna av närvarande korrosiva ämnen ändras nämnvärt. En inhibitor är i regel effektiv, om den är närvarande i låg halt (Mattson, 1987). Tillsatser eller korrosionsinhibitorer används vanligen i slutna och öppna färskkylvattensystem. Marknaden för inhibitorer är stor med en mängd fabrikat. Gemensamt för dem är att de ger metallen ett skyddande skikt vilket skiljer metallen från den jonbärande vätskan.

### 9.7.2 Anodiska inhibitorer

Påverkar till största del anodreaktionen och verkar genom att bilda ett skyddande oxidskikt på metallytan. Med denna typ av inhibitor är det viktigt att doseringen inte blir för låg, dessa inhibitorer benämns därför som farliga inhibitorer. Vid en för låg inblandning av inhibitor uppstår områden som inte har något skydd, i dessa områden accelererar då korrosionen.

### 9.7.3 Katodiska inhibitorer

Som namnet antyder påverkar dessa inhibitorer katodreaktionen, innehållet varierar men kan vara zinksalter, polyfosfater och/eller fosfonater. Till skillnad från de anodiska inhibitorerna verkar de katodiska inhibitorerna positivt ur korrosionssynpunkt redan vid låga halter och ger ett visst skydd till hela systemet.

### 9.7.4 Dubbelverkande inhibitorer

Dessa inhibitorer är en blandning av ovanstående för att ge ett så bra skydd som möjligt i system med inslag av olika metaller.

### 9.7.5 Skyddande design

Redan i designstadiet görs åtgärder för att minska korrosionen i systemen. Stor vikt läggs vid materialval för att skapa en bättre miljö för metallerna i systemen. Exempel på olika åtgärder kan vara strömlinjeform på rörsystem för att undvika erosionskorrosion, undvika fickor där det kan samlas smuts och fukt eller att undvika att olika metaller kommer i direktkontakt med varandra. En annan åtgärd kan vara att lägga in valda rördelar som är av sämre kvalité för att korrosionen skall angripa ett specifikt utvalt avsnitt av systemet, avsnittet övervakas och ersätts under underhållsperioder.

### 9.7.6 Katodiskt skydd med påtryckt ström

Katodiskt skydd med påtryckt ström används med fördel i sjökylvattensystem, skydda nedgrävda cisterner och tankar, stålplåtar vid hamnanläggningar och i andra anläggningar där det är svårt att komma åt med andra åtgärder. Skyddet fås genom att skyddsföremålets yta belastas med katodisk ström, detta får elektroner att vandra från skyddets anod till skyddsföremålet.

### 9.7.7 Offeranoder

Offeranoder används framför allt inom sjöfarten och där för att skydda fartygets undervattensdelar mot korrosion. Skyddet fungerar genom att reaktionerna äger rum i de mindre ädla metallerna i anoderna istället för i fartygets metallskrov. Anoderna förbrukas med tiden och måste därför bytas ut med jämna mellanrum.

### 9.7.8 Ytbehandlingar

Metallerna kan skyddas med olika former av ytbehandlingar som till exempel kromning, metallsprutning, fosfatering, målning eller en beläggning av gummi eller plast.

### 9.7.9 Avgasning

Som jag behandlat tidigare i detta kapitel har syret en avgörande roll i katodreaktionen. Finns det inget syre kan heller ingen korrosion äga rum. Vatten kan inte lösa några gaser när det når sin kokpunkt, detta faktum nyttjas vid termisk avgasning. Kylvattnets temperatur ökas till nära kokpunkten och cirkuleras till ett kärl där gaserna lämnar systemet. Andra former av avgasning använder sig av samma princip men sänker istället trycket som påverkar vätskan och når på så sätt samma resultat.

## 10. Genomförande

Projektet startade planenligt och efter projektresan den 5:e december påbörjades mätdatauttag den 25:e december för att få så stor referensbank som möjligt.

Den 26:e januari påbörjades avgasning ombord av Björn Carlsson och Bo Packalén från QTF. Aggregatet kopplades in över LT-pumparna vilket inte är optimalt ur avgasningssynpunkt eftersom aggregatet då får jobba mot ett övertryck. Aggregatet som användes för avgasningen har stor kapacitet och är anpassat för den landbaserade marknaden, avgasningen föll väl ut och systemets syreinhåll togs ner till under 1 mg/l på 24 timmar. Avgasningen fortsatte under ytterligare ett dygn och syreinhållet höll sig strax under 1 mg/l. Företaget tog här ett beslut att aggregatet hade för hög kapacitet och att man skulle tillverka ett nytt aggregat för marint bruk. Aggregatet skulle vara anpassat för det syre som systemet löste, vara mindre och ha intern kylning.

Avgasningen avbröts här och syrgashalten steg snabbt och stabiliserade sig vid 4,5 mg/l

Den 11 februari var aggregatet färdigbyggt och Bo Packalén och jag åkte med M/S Gotland för att koppla in det nya aggregatet. En ny anslutning gjordes på lågtryckssidan av pumpen med NOTAP som möjliggör anslutning utan driftstörning. Installationen fortlöpte utan incidenter och avgasningen var igång 10:00 den 12:e februari.

Det genomfördes kolvhalning på huvudmotorerna under de här dagarna, detta innebär att kylvattnet tappas ner i dräneringstanken och när kolvhalningen är klar fylls motorn på igen. Vattnet som varit i dräneringstanken syresätts på detta sätt igen och detta påverkar i sin tur systemet genom att syresatt vatten återförs.

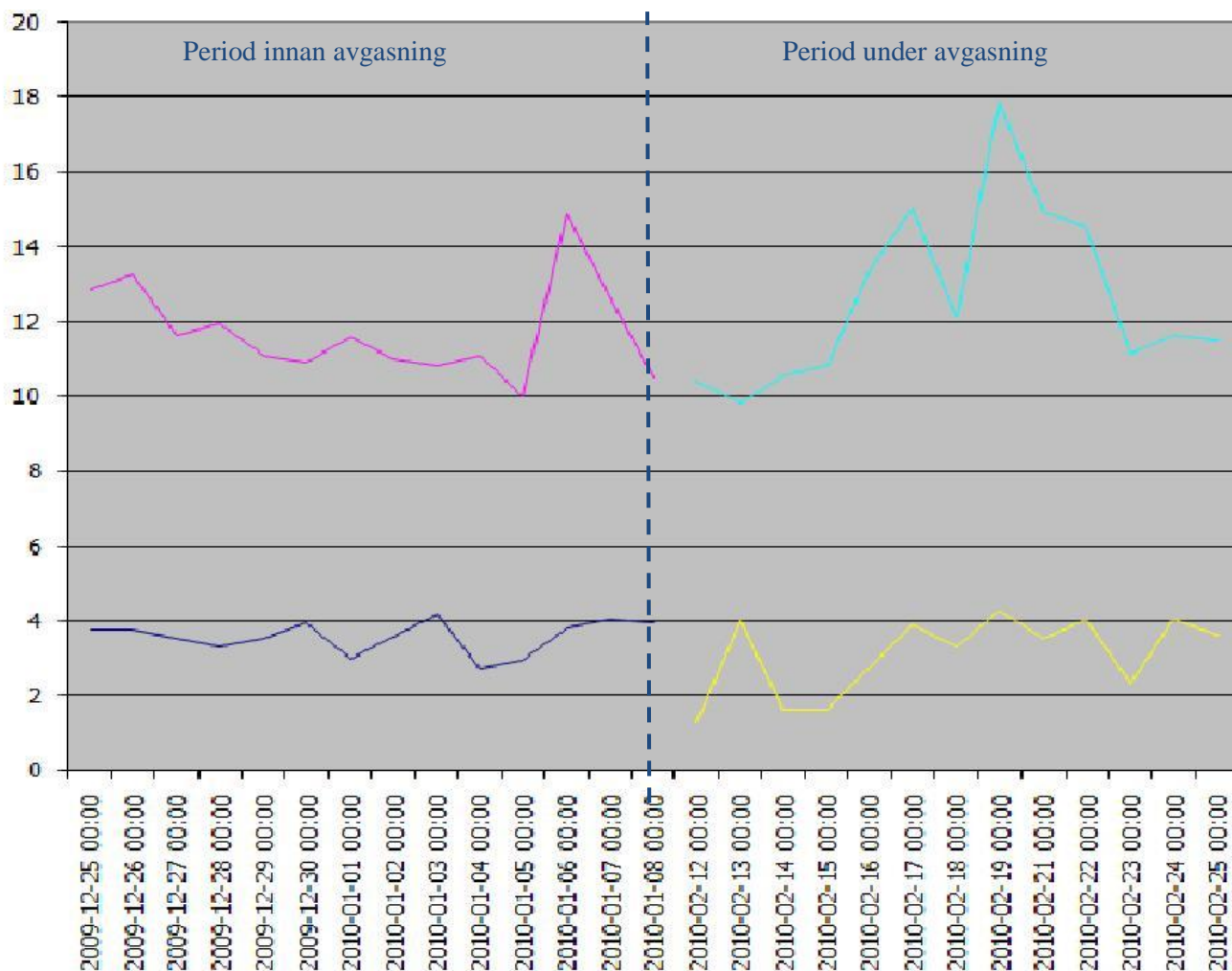
Under dagen togs fortlöpande värden på systemet. Måndagen den 15:e februari var jag åter i Oskarshamn och passade på att ta mätvärden under den timme som fartyget låg till kaj.

Fredagen den 19:e februari togs värden under en likadan kajstuds.

Jag gick ombord den 21:e februari och med mig hade jag en utbytesenhet till aggregatet.

Enheten som satt i aggregatet var begagnad och effektiviteten i densamma ifrågasattes på grund av något höga syrgasvärden i systemet. Under vistelsen ombord passade jag på att kontrollera hur stor turbulensen var i expansionstanken. Mycket tyder på att det är där vattnet syresätts och ju mer turbulent det är ju mer syre löser vattnet. Mätvärden samlades in med jämna mellanrum under dygnet.

## 11. Resultat



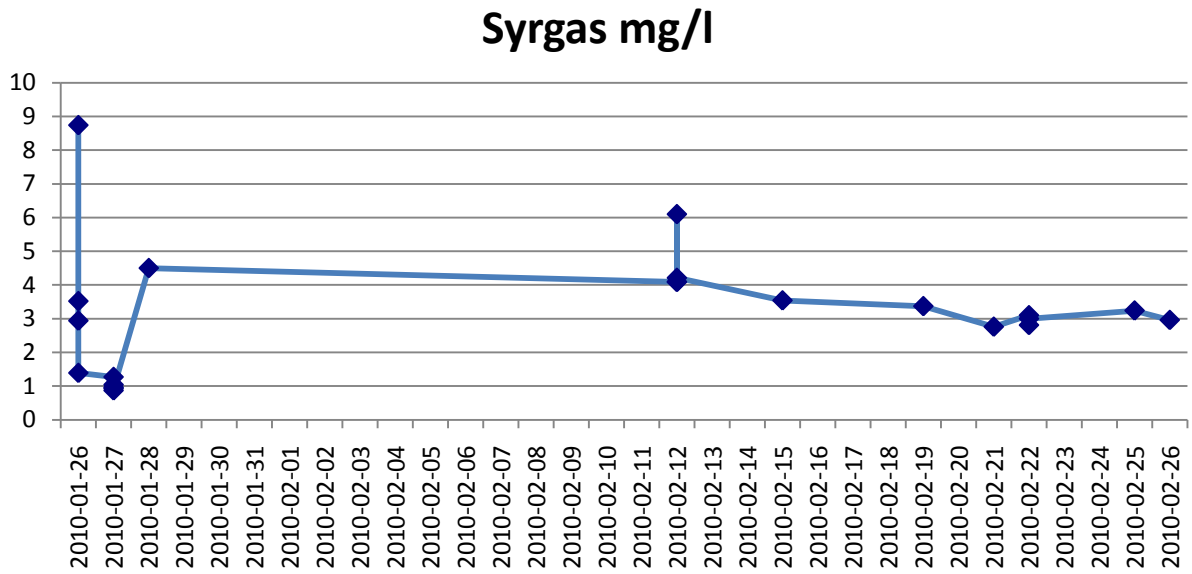
**Figur 3: Diagram över blandningsventilernas öppningsgrad**

I diagrammet syns blandningsventilernas öppningsgrad i % för hjälpkraftsmotorerna (överst) och för huvudmotorerna (underst).

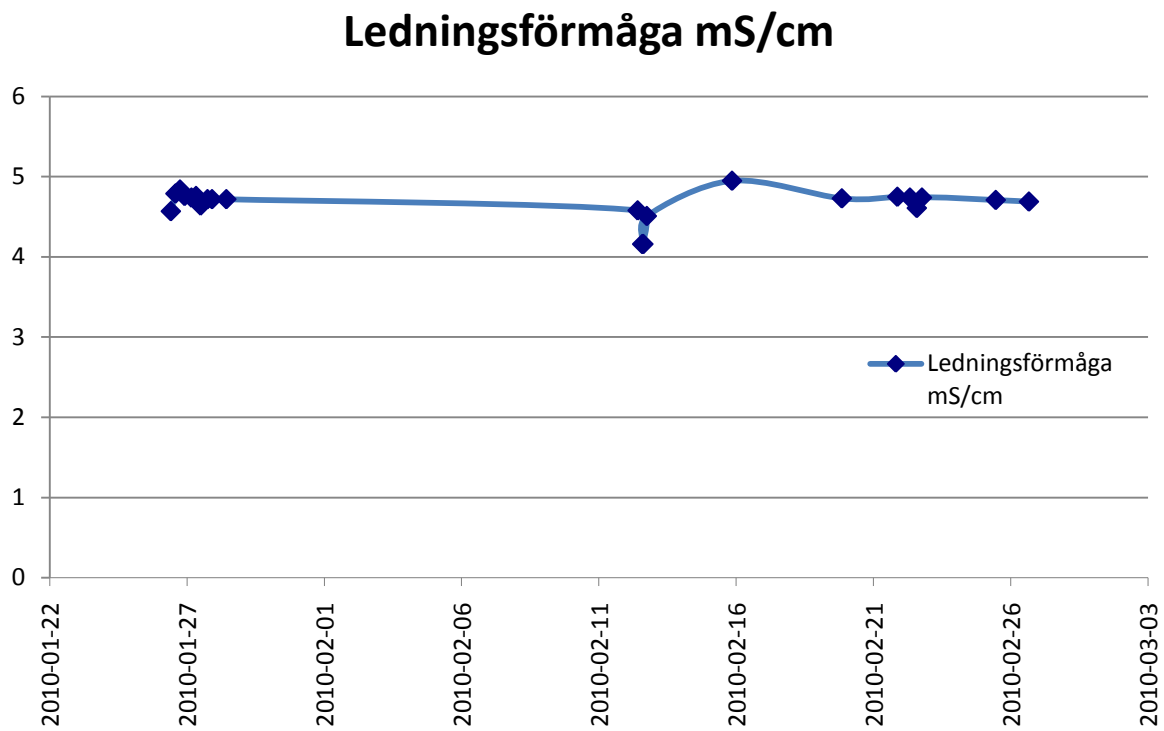
**Tabell 3: Blandningsventilernas medelöppning**

ME innan avgasning	AE innan avgasning	ME under avgasning	AE under avgasning
3,58 %	11,96 %	3,37 %	13,30 %

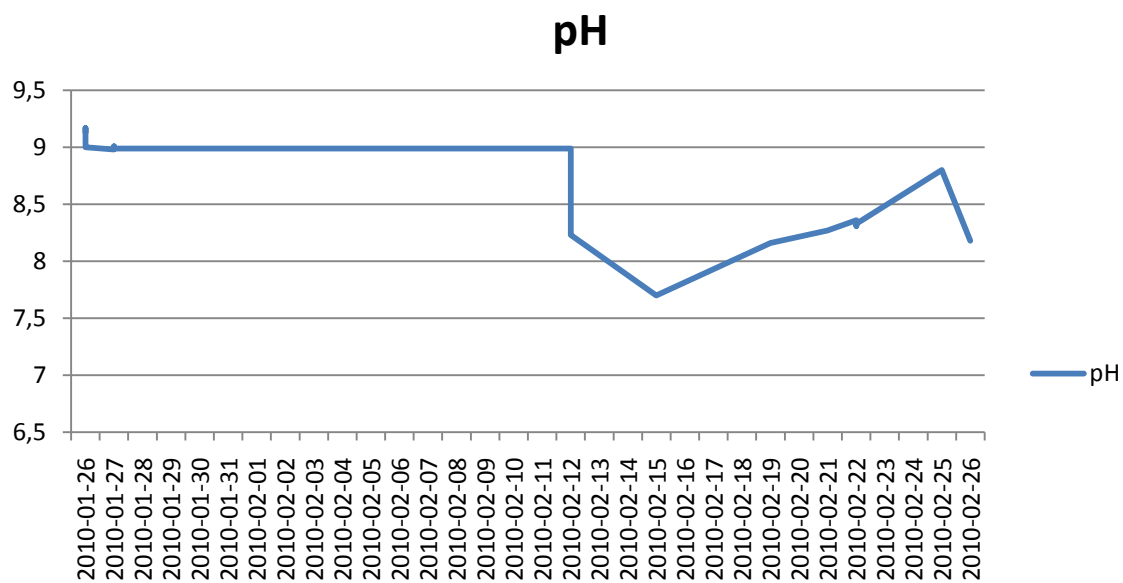
I tabellen ovan visas ventilernas medelläge över två perioder om vardera 14 dagar.



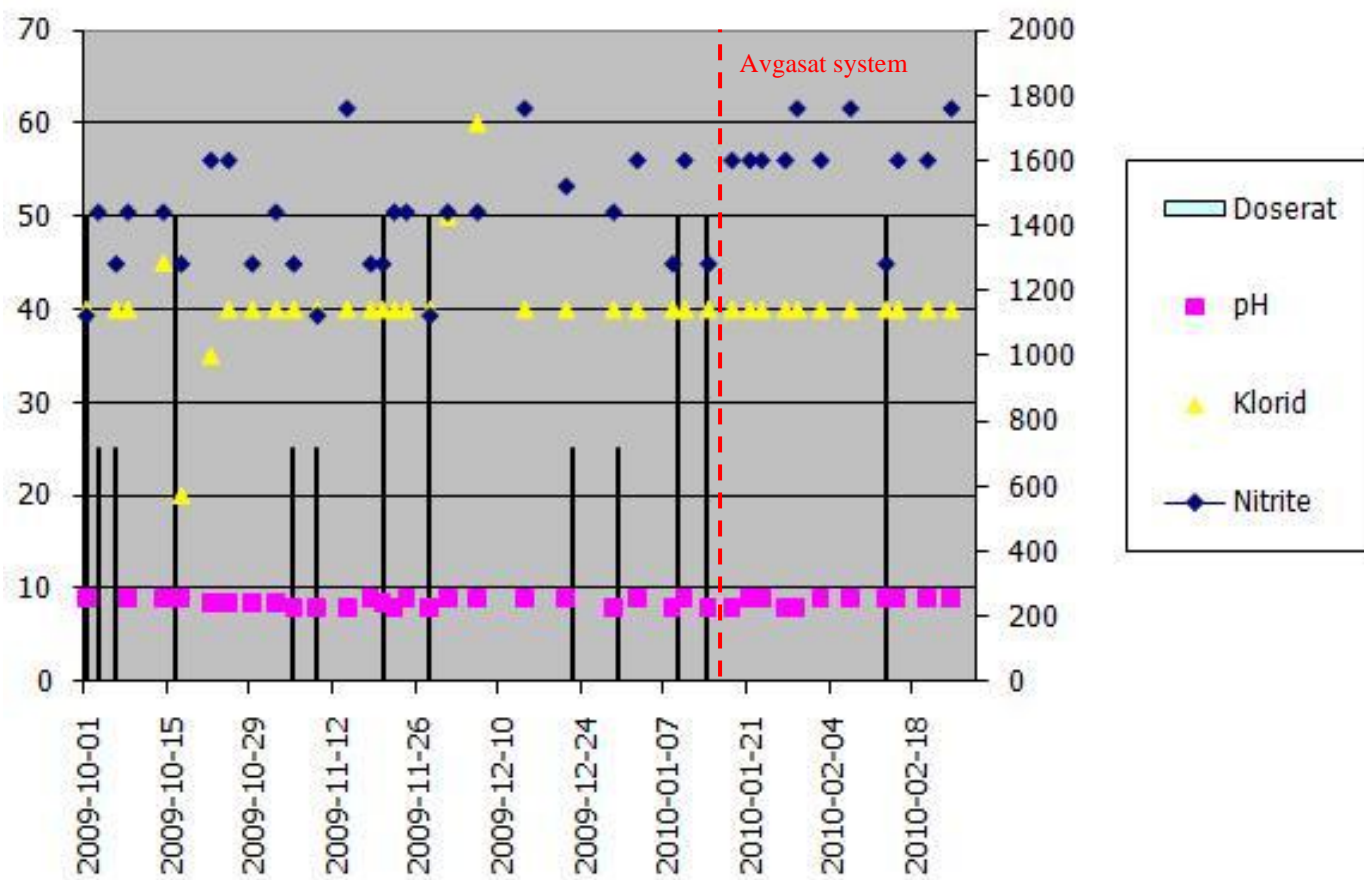
Figur 4: Diagram över syrgasvärden



Figur 5: Diagram över ledningsförmåga



Figur 6: Diagram över pH-värde



Figur 7: Diagram över nitrit, pH, klorid och dosering.

## 12. Diskussion

Under första delen av projektet identifierades värden som jag skulle vilja följa upp för att kunna göra jämförelsen mellan systemvätskorna före och efter avgasning. Identifieringen bygger på mina tidigare erfarenheter av kylvattensystem för dieselmotorer. Uppbyggnaden av M/S Gotlands kylvattensystem framgår av systembeskrivningen.

Önskade mätpunkter:

Sjökylvattentemperatur.
Färskkylvattentemperatur.
Gasinnehåll (över tiden/under avgasning).
Cylinderhuvud/cylindertemperatur.
Multipelmätning på cylinderhuvud för att identifiera gasfickor.
Mäta strömmen på färskkylvattenpumpar.
Kapacitet på pumpar.
Kemikalieåtgång.

Sjökylvattentemperaturen är av intresse för att veta vilken kyleffekt färskkylvattensystemet påverkas av. Under projektets gång bedöms den inte ha så stor betydelse då projektet pågår under vintermånaderna och temperaturen i vattnet kan anses vara konstant. Dock anser jag att den är en viktig mätpunkt beroende på om projektet fortsätter och temperaturen i vattnet stiger. Färskkylvattentemperaturen är av största vikt dels för att kunna identifiera vinster i systemets värme/kylöverförande egenskaper och dels för avgasningsutrustningens utförande och gränsvärden för densamma vad avser temperatur. Gasinnehåll är den mätpunkt som är mest intressant för samtliga inblandade i projektet. Här identifieras avgasarens kapacitet men också vilka egenskaper systemvätskan har ur korrosionssynpunkt.

Cylinderhuvud/cylindertemperatur och multipelmätning på cylinderhuvud är till för att identifiera gasfickor och lokala temperaturökningar på motorns varma delar. Jag vill mäta strömmen på färskkylvattenpumparna för att se om avgasningen har någon effekt på

systemvätskan och dess densitet. En strömökning skulle indikera ett tätare medium med mindre släpp som orsakats av luft i systemet. Kapacitetsmätningen har samma syfte som strömmätningen men görs för att kunna jämföras med strömmätningen för att eliminera andra orsaker som ex jordfel, spänningsfall med mera. Kemikalieåtgången är tillsammans med gasinnehållet de mätningar som är mest intressanta ur ett resultatperspektiv. Här kommer jag direkt att se de eventuella vinsterna med avgasning tydligast.

## 12.1 Val av mätpunkter

Tillvägagångssättet för att dokumentera avgasningen fastställdes ombord under en projektresa den 5:e december 2009 med M/S Visby. Med på resan var Andreas Idberg, Fredrik Ahlgren (QTF) och Bo Packalén (QTF). Syftet med resan var dels att gå igenom ritningsunderlaget och få en bild av hur systemet är uppbyggt och dels för att identifiera lämpliga anslutningspunkter för avgasningsaggregatet. Under resan fick vi bra stöttning från maskinbesättningen med sakkunskap avseende funktion samt komponenternas placering. Under resans gång identifierades de värden som var viktiga för resultatet och som gick att mäta.

Utvalda mätpunkter:

Mät punkt	Namn(övervakningsdator)	Förklaring
1	001001	ME 1 Fuel link position (%)
2	001002	ME 2 Fuel link position (%)
3	001003	ME 3 Fuel link position (%)
4	001004	ME 4 Fuel link position (%)
5	009482C_InnerloopCtrlOutput	ME HT/LT Blandningsventil
6	020214C_Output_AE HT FCW	AE HT/LT Blandningsventil
7	005450	LT Temp efter kylare
8	P01GPOWR	AE1 Power
9	P02GPOWR	AE2 Power
10	P03GPOWR	AE3 Power
11	009482	HT systemtemperatur after ME
12	009488	ME HT CFW Temp after pump

ME 1-4 fuel link position indikerar reglerstången för bränsleinsprutningens läge. Här kommer mätvärdet användas för att fastställa med vilken effekt huvudmotorerna arbetar. Anledningen till mätpunkterna är att jag vill kunna jämföra de andra mätpunkterna under samma förhållanden inom ett givet effektintervall där systemet belastas med en viss värmeeffekt. AE 1-3 Power indikerar hjälpkraftsmotorernas effekt, dessa punkter valdes i likhet med punkterna ovan för att indikera hur stor värmebelastning kylvattensystemet utsätts för. LT temp efter kylare mäter temperaturen på den lågtempererade systemvätskan efter att den gått igenom värmeväxlarna mot sjökylvattensystemet. Mätpunkten valdes för att kunna indikera förändringar i temperaturen före och efter avgasning. Mätpunkten är inte optimal då den sitter efter värmeväxlarna vars kylning regleras med hjälp av frekvensstyrda pumpar på sjökylvattensidan. Här upptäcks om systemtemperaturen ändras i lågtemperatursystemet. Mätpunkterna 11 och 12 mäter temperaturen innan och efter huvudmotorerna. Här indikeras förändringar i systemvätskans värmeupptag då den passerar huvudmotorerna vilket i sin tur indikerar en förändring i systemvätskan. ME HT/LT Blandningsventil och AE HT/LT Blandningsventil är enligt min bedömning de mätpunkter där en eventuell förändring kommer att ge bäst utslag. En minskning i öppningsgrad för att nå samma kyleffekt indikerar ett tätare medium med bättre kylegenskaper. Punkterna valdes i samråd med QTF efter inläsning av ritningsunderlaget och systemanalys. Mätpunkterna är de som finns tillgängliga och som mest motsvarar de värden som togs fram initialt. Tyvärr fick jag göra avkall på önskan att mäta cylindertemperatur och multipelmätning på cylinderhuvud. Anledningen till detta är att inga mätpunkter fanns i cylinder eller cylinderhuvud och att sätta in sådana skulle innebära stora ingrepp i konstruktionen.

Mätvärden som avlästes manuellt:

Mätpunkt	Namn	Förklaring
13	Syrgasinnehåll	Genomförs av Andreas Idberg.
14	ledningsförmåga	Genomförs av Andreas Idberg.
15	Ph-värde	Genomförs av Andreas Idberg
15	Nitritnivå(ppm)	Genomförs av besättningen.
16	Kloridnivå(ppm)	Genomförs av besättningen.
17	Inblandning av Marisol CW	Genomförs av besättningen.

Syrgasmätningen genomfördes tre gånger vid varje mättillfälle och den sista av dessa tre bestämdes utgöra det faktiska mätresultatet. Under mätningarnas genomförande upptäcktes att systemvätskan blir för varm för syrgasmätning om prov tas under eller strax efter drift av HM. Problemet löstes genom att kyla proverna något genom att ställa dem i ett vattenbad tills dess att temperaturen sjunkit under 50°C. Detta innebär att mätresultaten för syrgas kan vara något högre än verkligt värde i systemet eftersom vätskan går mot mättat tillstånd vid avtappning från systemet. Samma instrument användes för att mäta pH och ledningsförmåga dock behövdes ingen kylning under dessa två mätningar.

Syrgasinnehållet mäts för att indikera hur mycket syre som finns kvar i systemet och på så sätt hur väl avgasningen fungerar. Ledningsförmågan mäts för att indikera hur bra eller dåligt vätskan leder joner. Ökad ledningsförmåga innebär att vätskan främjar korrosionen i systemet. Besättningen utför mätningar på nitrithalt, pH och kloridhalt, mätningarna görs för att kunna göra rätt dosering av Marisol CW. Värdet för pH tas för att undersöka vilken kvalitet vattnet har ur ett surhetsperspektiv då ökad surhet främjar korrosionen i systemet. Kloridtestet syftar till att se om sjövattnet läcker in via värmeväxlarna till färskkylvattenkretsen.

## 12.2 Resultatdiskussion

Underhållsinsatser på både huvudmotorer och hjälpkraftsmotorer har genomförts över tiden under hela projektets gång vilket i viss mån påverkat mätvärdena. 2010-02-12 och 2010-02-15 genomfördes kolvhalning med efterföljande fyllning. Mätvärdena under de här två dagarna skiljer sig från övriga och förändringarna i diagrammen beror på ovan nämnda fyllning.

Totalt har ca 500 MB mätvärden extraherats från övervakningsdatorn. Vid jämförelse av mätvärden för blandningsventilernas läge före och efter avgasning kan jag inte se någon röd tråd som skulle indikera bättre eller sämre kylning med ett avgasat system. Som jag nämnde har underhåll påverkat mätningarna men jag anser inte att vi skulle nått ett annat resultat om projektet genomförts under en annan tidsperiod. Mätvärden som använts för att indikera värmeöverföringen har tagits ut då huvudmotorerna gått med en sammanlagd effekt över 70 %. Urvalet gjordes för att få mätvärden när motorerna nått driftstemperatur och fartyget befinner sig till sjöss. På detta sätt undviks förtöjningar och losskastningar och tillfällen då fartyget går på dellast.

Syrgasnivån i systemet har tagits ner från initialt 8,73 mg/l till enligt sista mätningen 2,96 mg/l. Resultatet av en lägre mängd inlöst syrgas blir en mindre korrosiv miljö.

Ledningsförmågan i systemet har varit i stort sett konstant. Något lägre värden indikerades några timmar efter installationen, värdena kan förklaras av den fyllningen av kylvätska som gjordes efter kolvhalning samma dag.

Att pH-värdet indikerar en sänkning under avgasning förbryllar mig något. Erfarenheterna från tidigare avgasningar visar på en höjning av pH-värdet. Vätskans sammansättning är i det här läget oklar. Vattnets kvalitet som användes vid fyllning av systemet har stor betydelse. De kväveföreningar som bildas vid nedbrytningen av inhibitorn har också inverkan på pH-värdet. Även här kan fyllningen efter kolvhalningar ha inverkat på mätresultatet.

Mätningar som besättningen gjort på pH-värdet är med hjälp av pappersstickor vilka bara indikerar med färgomslag vilket värde som uppnåtts. Resultaten av dessa mätningar blir ganska grova varpå noggrannheten endast blir 0,5 enheter. Detta indikeras i diagrammet och där syns inte samma pH-sänkning som med instrumentet.

Nitritnivån i systemet har efter avgasning legat på en stabil hög nivå. Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) tillförs kylvätskan med Marisol CW och ska i kylvätskan reagera med löst syre och restprodukten blir bland annat nitrat ( $\text{NO}_3$ ), vätskan strävar sedan efter att mättas och nytt syre löses in. Nitriten har inte förbrukats i samma takt som tidigare vilket beror på att mängden inlöst syre minskat.

Fördelen med ett avgasat färskkylvattensystem jämfört med ett traditionellt system med inblandade inhibitorer är att anläggningens driftpersonal kan ha kontroll på systemet. Här vet man att man inte har tillsatt något i vattnet, det är rent. En tillsatt inhibitor kommer att reagera och bilda nya föreningar, kontrollen blir då svår. Miljöfördelarna är kanske den största vinsten med tanke på tillverkning och efterföljande destruktion.

## 13. Slutsats

Mätresultaten tyder varken på vinster eller förluster i värmeöverföringen. Huvudmotorernas blandningsventil om man ser till medelvärdet har haft en mindre inblandning från LT-systemet, medan hjälpkraftsmotorerna haft en högre. Mätningar bör genomföras under en längre tid på ett helt avgasat system för att kunna dra slutsatser angående värmeöverföringen. Mätresultaten från systemet visar på en jämnare högre nivå av nitrit vilket tyder på att syrereduktionen i systemet påverkat systemet positivt. Slutsatsen stöds av att inblandningen av Marisol CW minskat efter det att avgasningen påbörjats. Den mer än halverade mängden av inlöst syrgas i systemet kommer att medföra en bättre miljö ur korrosionssynpunkt. De vinster som gjorts i systemet tycker jag pekar i rätt riktning för att metoden skulle vara lämplig för användning i färskkylvattensystem för marina dieselmotorer. När inkörsperioden är över och företaget optimerat utrustningen för marint bruk anser jag att man kommer att nå de resultat man strävat efter.

QTF kommer att fortsätta projektet med avgasning av kylvattensystemet på M/S Gotland och ta fram ändamålsenlig utrustning för fartygsmontage. Resultatet av det fortsatta arbetet kommer att redovisas på QTF:s hemsida [www.qtf.se](http://www.qtf.se).

## 14. Förslag till fortsatt arbete

En djupare analys bör genomföras av restprodukterna som bildas vid nedbrytning av inhibitorer. Dessa restprodukter påverkar systemet genom att bilda nya föreningar som i sin tur kan vara skadliga för systemet och farliga för miljö och människa.

## 15.Litteraturförteckning

- Backman, J. (2008). *Rapporter och uppsatser*. Lund: Studentlitteratur.
- Chandler, K. A. (1985). *Marine and Offshore Corrosion*. Butterworths.
- Ejvegård, R. (2009). *Vetenskaplig metod*. Lund: Studentlitteratur.
- Fitch, E. C. (1992). *Provocative Maintenance for Mechanical Systems*. Abingdon , UK: Professional Book Supplies.
- Kegley, S. E., & Andrews, J. (1988). *The chemistry of water*. Sausalito: University science books.
- Mattson, E. (1987). *Elektrokemi och korrosionslära*. Stockholm: Korrosionsinstitutet.
- Pilström, H., Wahlström, E., Lüning, B., & Viklund, G. (2000). *Modell och verklighet*. Stockholm: Natur och kultur.
- Starrin, B., & Svensson, P.-G. (1994). *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. Lund: Studentlitteratur.
- Stigbrand, T. (1990). *Grundläggande kemi för medicinsk och biovetenskaplig utbildning*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Trethewey, K. R., & Chamberlain, J. (1995). *Corrosion for science and engineering*. Longman.

# Projektbeskrivning avgasning kylvatten M/S Gotland

---

## 1. Abstrakt

QTF Sweden AB i samarbete med Rederi AB Gotland och Wärtsilä Sweden AB kommer under vintern att genomföra ett prov i avgasning av dieselmotorernas färskkylvattenkrets ombord M/S Gotland.

## 2. Bakgrund

QTF Sweden AB (QTF) är ett företag i Kalmar specialiserat på analys av vätskor i tekniska kyl och värmesystem. QTF startades 2006 och är ett innovativt företag under en nuvarande stark expansion. QTF har tidigare till största del avgasat anläggningar i land och kommer att använda detta projekt som ett pilotprojekt för vidare utveckling mot marinsidan. Det har ej tidigare gjorts några studier på avgasade vätskor i kylvattensystem för dieselmotorer.

Redovisningsdelen av projektet kommer att genomföras i form av ett examensarbete av Andreas Idberg genom sjöfartshögskolan i Kalmar. Andreas kommer att vara ansvarig för all insamling av mätvärden före och efter avgasningen. Slutrapporten för projektet kommer att vara resultatet av examensarbetet. Projektansvarig Fredrik Ahlgren agerar även som handledare för examensarbetet gentemot högskolan.

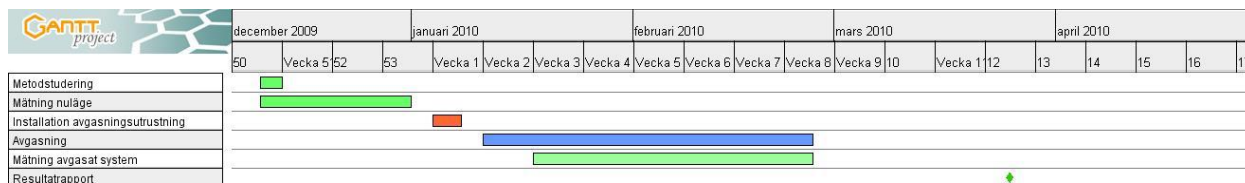
Problem med gaser i vätskor har alltid funnits och är ett grundproblem där man ofta bara behandlar symptomen på. Gasers löslighet i vatten kan bäst beskrivas med Henrys lag men enkelt beskrivet så har en vätska större förmåga att lösa in gas vid ökat tryck och minskad temperatur. Vatten kan vid 100°C och 1 ATA inte lösa in några gaser. Fenomenet som kan uppstå i en värmväxlare är att inlösta gaser kan lösa ut till fri gas och därmed bilda ett isolerande skikt. Ett tryckfall innebär att vätskan löser ut inlöst gas till nytt jämviktsläge har uppstått. Är vätskan då mättad med gas vid ett högre tryck kommer gas att lösas ut vid ett lägre. Syrgas och CO<sub>2</sub> är också en källa till korrosion i systemet och ofta det som kylvattenkemikalier försöker motverka.

### 3. Syfte

Gotlandsbolaget har idag en stor kemikaliekostnad som eventuellt kan minska eller försvinna helt. Ur miljösynpunkt finns många fördelar att minska användandet av kemikalier. QTF kommer genom detta pilotprojekt att testa en ny applikation på avgasning. Detta projekt syftar till att undersöka vilka fördelar man kan uppnå med ett avgasat kylvattensystem på dieselmotorerna ombord.

### 4. Projektplan

Projektstart är torsdag den 3 december 2009. Kontakt har tidigare under hösten tagits med berörda parter.



V949-951 – Grundläggande metod skall vara fastställd. Vad skall mätas och hur skall det mätas. Under denna period skall referensvärden på icke avgasat system mätas upp. Detta görs i samråd med besättningen av Andreas Idberg.

V002-003 – Installation av avgasningsapparat ombord på M/S Gotland och påbörjan av avgasning. Kylvattensystemet bedöms vara avgasat innan slutet V003.

V003-008 – Fortsatt datainsamling av avgasat system. Analys av mätvärden kommer att pågå parallellt med datainsamling.

V009 – Råkopior av resultatrapport skall redovisas av Andreas Idberg.

V010 – Presentation av resultat för Gotlandsbolaget och Wärtsilä.

Beräknad tidsåtgång ombord M/S Gotland:

Metodundersökning och mätning – 5 t/r resor.

Installation utrustning och avgasning – 3 t/r resor.

Presentation av resultat ombord M/S Gotland och Gotlandsbolagets huvudkontor – 1 t/r resa.

Fredag 18/12 skall projektstatusen uppdateras till samtliga berörda parter. Detta datum skall QTF presentera en plan för utrustningsinstallation inför V001.

## 5. Metod

All datainsamling av temperaturer, tryck och flöden kommer i första hand att tas ifrån fartygets egna övervakningssystem. Om externa givare behövs kommer detta att köpas in efter behov. Mätning av kylvattenkvalité kommer att ske av externt laboratorium före och efter avgasat system. Mätning av kemikalieförbrukning kommer att göras av besättningen enligt överrenskomett protokoll. Mätning/uppföljning av eventuellt underhåll och driftstopp kommer att göras kontinuerligt i samråd med fartygets besättning. Mätning av nuvarande system kommer att ske innan v.951 för att få relevanta mätdata som kan jämföras med ett avgasat system. Ansvarig för all mätdatainsamling är Andreas Idberg.

## 6. Förväntade resultat

Förväntade resultat är att inga kemikalier i förlängningen skall behövas användas. Vi förväntar oss en effektivare värmeöverföring i motor och värmväxlare. Genom att evakuera gaser ur kylvattensystemet elimineras risk för gasfickor och därmed risk för sprickbildning genom ojämn kylning.

## 7. Resultatredovisning

Redovisas i form av ett examensarbete för Sjöfartshögskolan i Kalmar av Andreas Idberg. Detta beräknas vara klart v010.

## 8. Budget

Budget för projektet kommer att redovisas internt inom QTF.

## Kontaktpersoner

Fredrik Ahlgren, *Projektledare QTF Sweden AB*  
0480-43 00 90  
[fredrik.ahlgren@qtf.se](mailto:fredrik.ahlgren@qtf.se)

Bo Packalén, *QTF Sweden AB*  
0480-43 00 85  
[bo.packalen@qtf.se](mailto:bo.packalen@qtf.se)

Andreas Idberg, *Student Linnéuniversitetet*  
0707-7755533  
[andreas@idberg.com](mailto:andreas@idberg.com)

Maskinchef M/S Gotland  
0702-548 366  
[maskinchef.msgotland@destinationgotland.se](mailto:maskinchef.msgotland@destinationgotland.se)

Mats Emanuelson, *Rederi AB Gotland*  
0705-834256  
[mats.emanuelson@gotlandsbolaget.se](mailto:mats.emanuelson@gotlandsbolaget.se)

Bengt Bolin, *Wärtsilä Sweden AB*  
0706-165668  
[bengt.bolin@wartsila.com](mailto:bengt.bolin@wartsila.com)

## Beskrivning uttagning av mätdata M/S Gotland

Mätvärden sparas på en USB-sticka som sätts in i den vänstra datorn under kontrollpanelen. Datorn kan max spara punkter en vecka bakåt i tiden och vid val av tid är vi således intresserade av en vecka bakåt.

På vänstra skärmen välj meny ”Graph”. Därefter välj ”Create Dynamic Graph” i listan. Välj därefter in följande mätpunkter till mätlistan i följande ordning:

Mätpunkt	Förklaring
001001	ME 1 Fuel link position (%)
001002	ME 2 Fuel link position (%)
001003	ME 3 Fuel link position (%)
001004	ME 4 Fuel link position (%)
009482C_InnerloopCtrlOutput	ME HT/LT Blandningsventil
020214C_Output_AE HT FCW	AE HT/LT Blandningsventil
005450	LT Temp efter kylare
P01GPOWR	AE1 Power
P02GPOWR	AE2 Power
P03GPOWR	AE3 Power
009482	HT Sys temp after ME
009488	ME HT CFW Temp after pump

Mätpunkterna letas enklast upp genom att skriva in dem manuellt i inmatningsfältet. När vald mätpunkt valts tryck in ”Add” så hamnar den i vänstra kolumnen. Efter samtliga mätpunkter valts in (max 10 åt gången) tryck på ”OK”. Vid val av datum välj en vecka bakåt i tiden genom att trycka på ”Begin date”. Låt de förvalda värdena stå och tryck på ”OK” för att göra grafen. När grafen har ritats upp på den högra skärmen så vänsterklicka på grafen. Då kommer en rullgardinsmeny upp och där väljs ”Show values list...”. Se till att USB-stickan är instoppad i datorn och välj därefter ”Export as .CSV”. Välj in att spara filen på USB-stickan och döpa filen till vilket mätintervall det handlar om. Har 10 mätpunkter valts in och en vecka bakåt i tiden så tar det flera minuter att lägga ner filen till stickan. Filen blir ganska skrymmande (ca: 40Mb) och behöver komprimeras innan den skall skickas via mail. Detta görs enklast med att högerklicka på filen i Windows, välj därefter ”Skicka till” och sen ”Komprimerad mapp”

## Mätinstruktion

Mätutrustningen förvaras i skåpet vid fikabordet i en låda märkt QTF.

På aggregatets nedre del sitter en ballofixventil med påmonterad slang, vätska fylls på i medföljande provkärl. Kärlet hålls något vinklat och vätska fylls på långsamt så att det får rinna över kanten.

### Syrgasmätning

Instrumentet slås på och proben för syrgasmätning ansluts (den största). Man behöver inte skruva fast den utan bara trycka in den. I fönstret visas mg/l.

Proben förs ner i vätskan med vinkel enligt tidigare och proben slås mot botten 3 ggr för att evakuera luft genom öppningen i proben. Rör sedan sakta upp och ner, en vevande rörelse och värdet kommer att stabilisera sig efter ca 20 sekunder. Syrgasvärdet tas 3 ggr med ny vätska varje gång..

Glöm inte att skriva upp procentsatsen som visas!

Ett problem som kan uppstå är att vätskan är för varm för att kunna mätas. Jag använde pytsen som står bredvid aggregatet och fyllde den med kallvatten och lät proven stå där i ett tag.

### pH-mätning

Anslut proben för pH-mätning, den med kork (tas av). Låt proben stå i provet tills värdet låst sig.

Här tas också temperaturen på vätskan, skall ej kylas.

1 gång räcker.

### Konduktivitet

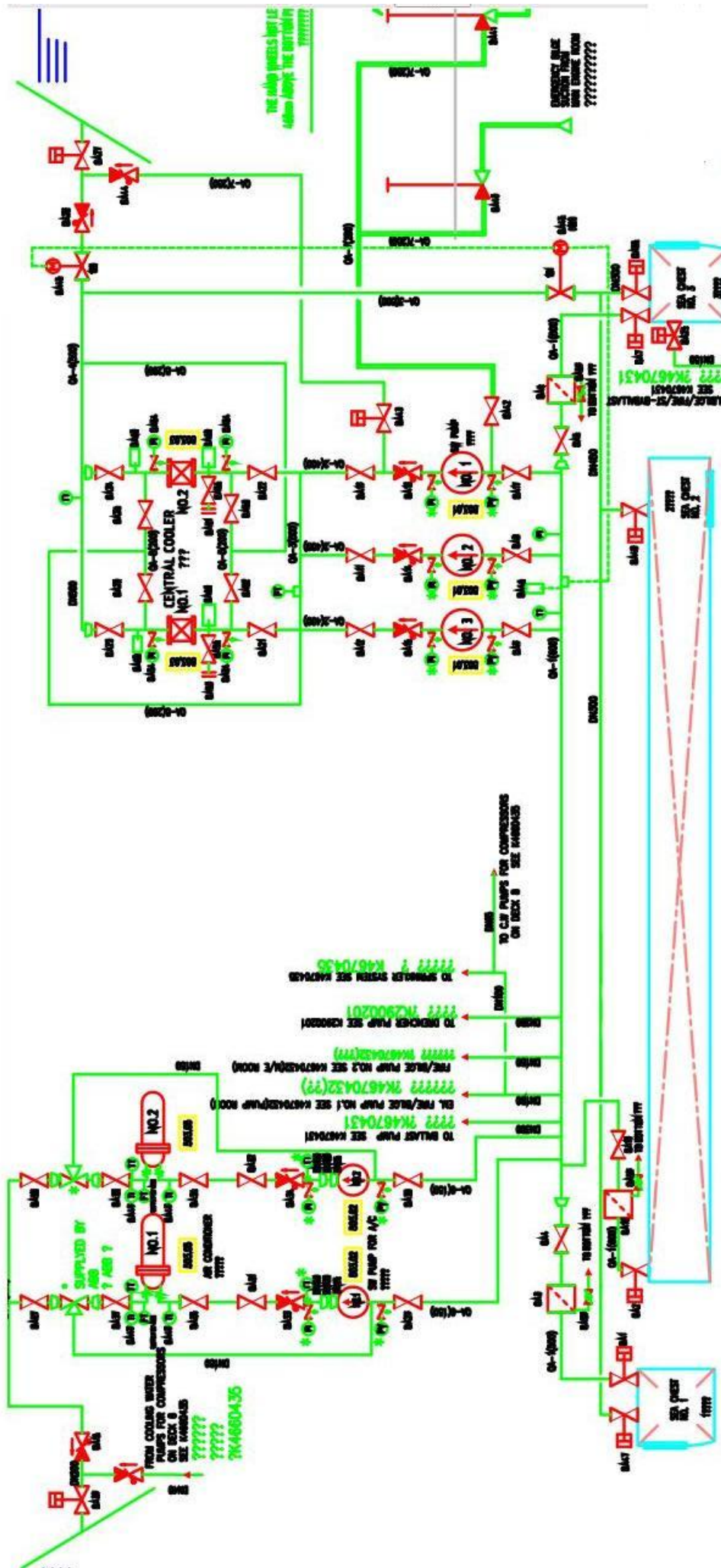
Anslut proben för konduktivitet, låt den stå i provet tills värdet låst sig.

1 gång räcker.

Syrgas mg/l	Syrgas %	Ph.	Kond.	Temperatur.
1.		1.	1.	1.
2.				
3.				

Det var det hela!

Tack för hjälpen!



THE VALVE PRESSURE POINT IS  
ALSO MARKED FOR IDENTIFICATION

EMERGENCY BLU/BLU  
SECTION THAT  
DOES ENGINE ROOM  
????????????

BLU/BLU PUMP NO.1  
NO.2  
NO.3  
SEE K4680431

SEE K4680431

TO AIR PUMPS FOR COMPRESSIONS  
ON DECK 8  
SEE K4680435

TO SWINLEIGH SYSTEM SEE K4680435

TO RECHER PUMP SEE K4680431

TO BLU/BLU PUMP NO.2 SEE K4680432(??)

TO BLU/BLU PUMP NO.1 SEE K4680431

FRESH COOLING WATER  
SUPPLIED BY  
MAIN ENGINE COMPRESSOR  
ON DECK 8  
SEE K4680435

SEE K4680435

