

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för maskinteknik

# UNDERSÖKNING AV SCRUBBERINSTALLATION M/S Finlandia

Dan-Anders Sandberg, Erik Sundqvist



2021:04

Datum för godkännande: 12.05.2021  
Handledare: Hans Lavonius

# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Maskinteknik
<b>Författare:</b>	Dan-Anders Sandberg, Erik Sundqvist
<b>Arbetets namn:</b>	Undersökning av scrubberinstallation - M/S Finlandia
<b>Handledare:</b>	Hans Lavonius
<b>Uppdragsgivare:</b>	Rederi Ab Eckerö

### Abstrakt

Syftet med detta examensarbete är att undersöka möjligheten att installera en scrubberanläggning på M/S Finlandia. Vi har undersökt två olika varianter av scrubberanläggningar, torr- och våtscrubbers. Bland annat har stabilitet, effekt, och olika kostnader tagits i beaktande. Enligt undersökningen är det fullt möjligt att installera både torr- och våtscrubber, men att en installation inte är ekonomiskt försvarbar med de bunkerpriser vi har idag. Fartygets möjlighet att anpassas till olika driftförhållanden kan också försvåras.

### Nyckelord (sökord)

Våtscrubber, Torrscrubber, Scrubbersystem, Avgasrening

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
2021:04	1458-1531	Svenska	41 sidor

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
12.04.2021	12.05.2021	12.05.2021

# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Marine Engineering
<b>Author:</b>	Dan-Anders Sandberg, Erik Sundqvist
<b>Title:</b>	Investigation of Scrubber Installation - M/S Finlandia
<b>Academic Supervisor:</b>	Hans Lavonius
<b>Technical Supervisor:</b>	Rederi Ab Eckerö

### Abstract

The purpose of this thesis is to investigate the possibility of installing a scrubber plant on M/S Finlandia. We have been looking at two different types of scrubber plants, dry and wet scrubbers. Stability, power, and various costs, among other things, have been taken into account. According to the survey, it is possible to install both dry and wet scrubbers, but it is not economically justifiable to install it due to the bunker prices we have today. The ship's ability to adapt to different operating conditions can also be reduced.

### Keywords

Wet scrubber, Dry scrubber, Scrubber system, Exhaust gas cleaning

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
2021:04	1458-1531	Swedish	41 pages

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
12.04.2021	12.05.2021	12.05.2021

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1 Syfte och uppgift	6
1.2 Metod	7
1.3 Avgränsningar	7
1.4 Definitioner	7
<b>2. FAKTA OM M/S FINLANDIA</b>	<b>9</b>
<b>3. FAKTA OM SCRUBBERS</b>	<b>10</b>
3.1 Våtscribber	11
3.2 Torrscribber	13
<b>4. DATAINSAMLING FRÅN FARTYGET</b>	<b>15</b>
4.1 Bränsleförbrukning	15
4.1.1 Huvudmaskiner	15
4.1.2 Hjälpmotorer	15
4.2 Fartygets eleffektförbrukning	15
4.3 Platsrekognosering och avläsning av ritningar	16
4.4 Fartygets stabilitet	17
<b>5. DATAINSAMLING FRÅN LEVERANTÖRER</b>	<b>19</b>
5.1 Alfa Laval	19
5.2 Valmet	20
5.3 Wärtsilä	20
5.4 Andritz	20
<b>6. UNDERSÖKNING AV INSTALLATIONSMÖJLIGHETER AV VÅTSCRUBBER</b>	<b>22</b>
6.1 Stabilitet	22
6.1.1 Viktökning	23
6.2 Placering	24
6.3 Effektbehov	24
6.4 Placering av kringutrustning	25
6.5 Arbetsbelastning	26
6.5.1 Underhåll av scribberanläggning	26
6.5.2 Underhåll på grund av bränslebyte	26
6.6 Tillsatsämnen och avfallshantering	26
6.6.1 Tillgång till tillsatser	27
6.6.2 Avfallshantering	27
<b>7. UNDERSÖKNING AV INSTALLATIONSMÖJLIGHETER AV TORRSCRUBBER</b>	<b>28</b>

7.1 Placering	28
7.1.1 Förstärkning	28
7.2 Stabilitet	29
7.2.1 Viktökning	29
7.2.2 Vindpåverkan	30
7.3 Placering av kringutrustning	32
7.4 Tillsatsämnen och avfallshantering	32
7.4.1 Tillgång till tillsatser	32
7.4.2 Avfallshantering	32
7.5 Underhåll	33
<b>8. EKONOMISK KALKYL</b>	<b>34</b>
8.1 Våtscrubber	36
8.2 Torrscrubber	36
<b>9. SLUTSATS</b>	<b>38</b>
<b>9.1 Kritisk granskning</b>	<b>38</b>
<b>KÄLLOR</b>	<b>40</b>
<b>BILAGOR</b>	<b>42</b>

# 1. INLEDNING

Sjöfarten i dagsläget står inför många nya regler som kommer att införas för att förbättra fartygens miljöpåverkan. Miljöfrågor är ett stort diskussionsämne. Inom sjöfarten ser man mycket på utsläppen svavel, kväve och partiklar. Från och med 1 januari 2020 är det endast tillåtet med 0,5 % svavel i avgaserna med undantag av SECA-område där endast 0,1 % är tillåtet från och med 1 januari 2015, hit hör Östersjöområdet. Detta medför att världens redare står inför ett vägskäl där ett val behöver göras. Fartygen behöver köra på bränslen med låg svavelhalt av renare kvalitet som medför högre kostnader, alternativt installera avgasreningssystem för att kunna köra på bränsle av smutsigare kvalitet som även är billigare att införskaffa. Denna typ av system som renar avgaserna från svavel kallas för scrubber. Alla bilagor och vissa tabeller i den offentliga versionen kommer att tas bort på begäran av leverantörerna av scrubberanläggningarna. Endast uppdragsgivaren Rederi AB Eckerö och vår handledare kommer att se det fullständiga arbetet.

## 1.1 Syfte och uppgift

På Rederi AB Eckerös begäran skall vi se hur tekniken ser ut i dagsläget för scrubbersavgasreningssystem, samt undersöka en möjlig installation av scrubbersystem på deras fartyg M/S Finlandia. Installationen skulle gälla för deras fyra huvudmotorer. Till detta hör då att undersöka:

- Påverkan av stabilitet
- Var utrustning inklusive tankar kan placeras
- En uppskattning av viktökning
- Ökat effektbehov och bränsleförbrukning
- Ökad arbetsbelastning
- En ekonomisk kalkyl

Rederi AB Eckerö är mest intresserade av så kallad closed loop inline-scrubbersystem men är även intresserad av ny teknik inom torrscrubbersystem.

## 1.2 Metod

Till detta arbete för att söka information har vi använt oss av sökmotorer som Google, Google Scholar samt Högskolan på Ålands egen databas, HÅ Discovery Service. Där får man tillgång till vetenskapliga artiklar från en mängd andra databaser. Information och data har samlats in från fartyget där vi även har varit på besök och bekantat oss med utrymmen ombord för att ge en överblick om fartyget. Där har vi även talat med personal för att få en djupare förståelse och behövlig information. Vi har också haft en nära kommunikation med personalen på kontoret som har hjälpt oss med information. För datainsamling angående olika leverantörers scrubberutrustning har både muntlig och aktiv mailkontakt använts. Mycket information har även tagits från de fyra år vi har studerat till sjöingenjör.

## 1.3 Avgränsningar

I de ovan nämnda databaserna gjordes sökningar med hjälp av sökorden “marine scrubber system”, “wet scrubber” och “dry scrubber”. Ett inklusionskriterium var att publikationerna inte fick vara äldre än från 2015. Inga språkliga eller geografiska avgränsningar gjordes, men artiklarna som vi tog del av var på engelska eller svenska. Totalt hittades 20 artiklar med dessa kriterier. Det faktum att det inte finns så många vetenskapliga artiklar som behandlar scrubberavgasrening tyder på att ämnet är väldigt specifikt och kan vara värt att ha i åtanke.

## 1.4 Definitioner

Våtskrubber - avgasreningssystem som tvättar avgaserna med vatten för att ta bort svavel.

Torrscrubber - avgasreningssystem som renar avgaserna med t.ex. filter.

Closed loop - slutet system, vattnet som renat avgaserna rengörs och åter cirkuleras i system, inget svavel når vattnet.

Open loop - ett öppet system, havsvatten renar avgaserna som sedan släpps ut i havet.

Hybridsystem - en kombination av både öppet och slutet system.

I-typ scrubber - Avgaserna går in i botten av anläggningen och ut i toppen.

U-Typ scrubber- Avgaserna går in i anläggningen via ett u-böj på röret för att förhindra att vatten ska komma ner till maskinerna.

Hm - Huvudmotor, sköter om fartygets framdrift.

Hjm - Hjälpmotor, sköter om fartygets elförsörjning.

Evaporator - Avsaltar havsvatten som används till tekniskt vatten ombord på fartyg.

SFOC - Specifik bränsleförbrukning g/kWh.

PTO - Power take out, kraftuttag.

HFO - Heavy fuel oil.

LFO - Light fuel oil.

ULSFO - Ultra low sulfur fuel oil, bränsle med max 0,1% svavel.

VLSFO - Very low sulfur fuel oil, bränsle med max 0,5 % svavel.

LS MGO - Low sulfur marine gas oil bränsle med max 0,1% svavel.

IMO - International Maritime Organization.

MARPOL - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.

GM - Avståndet mellan tyngdpunkten och metacenterhöjden.

GZ - Rätande hävarm.

FSM - Den fria vätskeytans moment.



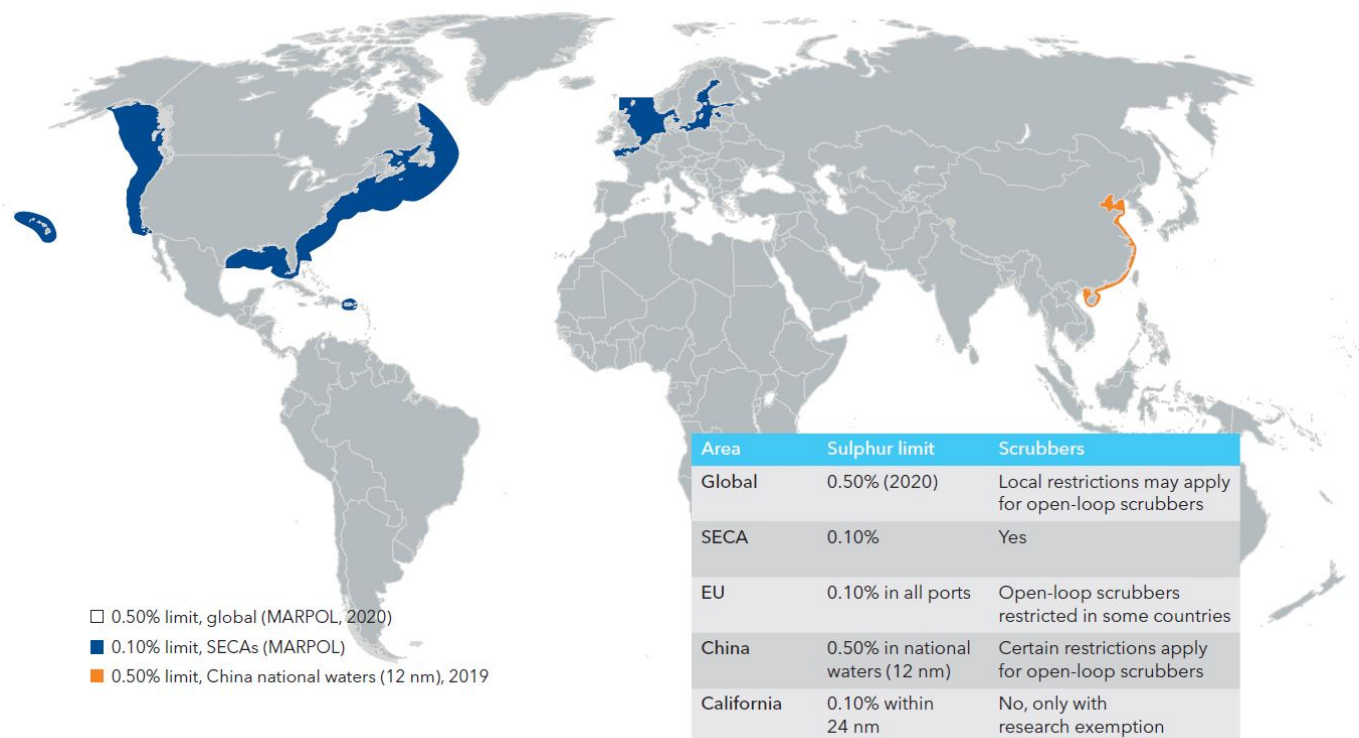
## 2. FAKTA OM M/S FINLANDIA

M/S Finlandia trafikerar rutten Helsingfors - Tallinn med 6 avgångar per dag. En resa mellan de båda städerna tar ca 2 timmar. M/S Finlandia ägs av Rederi Ab Eckerö. Hon köptes av det italienska rederiet Moby Line år 2012. Hon är idag inte utrustad med någon avgasrening ("Fakta Om Fartyg" n.d.). Huvudmaskinernas effekt är nedtagna till 10 710 kW per motor för isklassningens skull.

- Byggt av Daewoo Shipbuilding & Heavy Machinery Ltd Sydkorea år 2001.
- Varvsnummer: 7506.
- Dimensioner: 174,99 x 27,60 x 7,00 m.
- GT/NT/DWT: 36365/15434/5506.
- Maskineri: Fyra Wärtsilä 12V46C.
- Effekt: 50400 kW.
- Fart: 27 Knop.
- Passagerare: 2520 st.
- Hyttplatser: 1190 st.
- Bilar: 665 st.
- Lastmeter: 1950 m.
- IMO: 9214379.

### 3. FAKTA OM SCRUBBERS

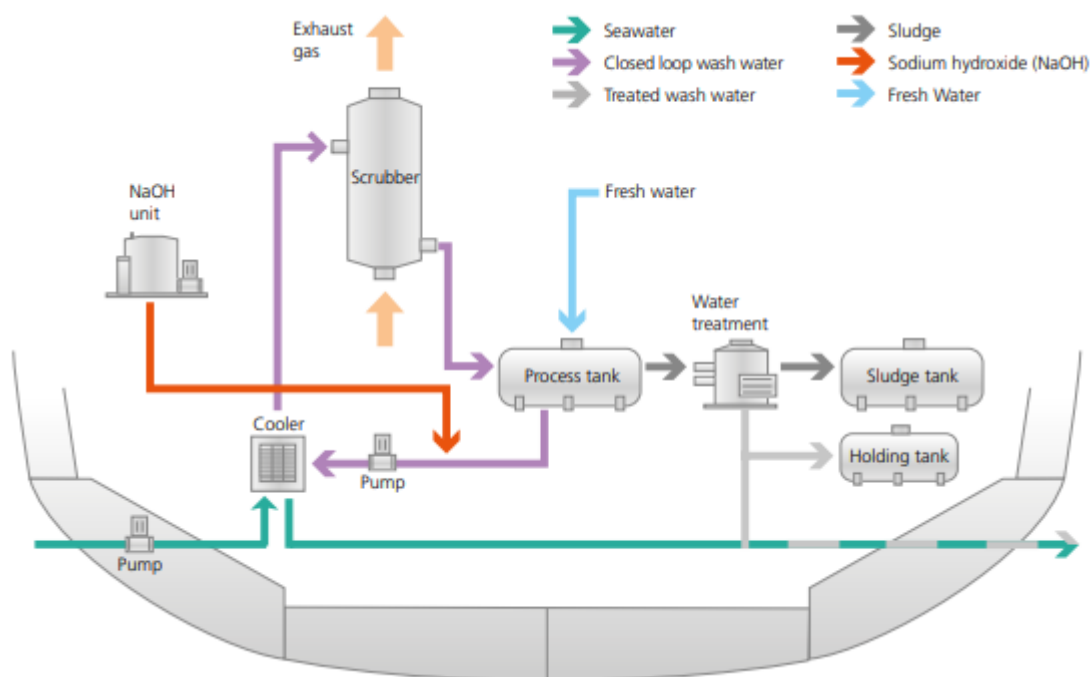
Scrubbers är ett samlingsnamn för avgasreningssystem som renar avgaserna från svavel-syre-föreningar (SOx). De olika reningsmetoderna kan kategoriseras som våtskrubber och torrskrubber. I och med direktiv av IMO och MARPOL är scrubber med HFO ett alternativ till att köra fartyget med ULSFO. Figur 1 visar var de olika svavelkraven skall uppfyllas. I Europa tillämpas sedan 2015 svavelgränsen på 0,1 %. Vissa länder har förbjudit att open loop-system körs i hamn pga. koncentrerade svavelutsläpp i vattnet i och utanför hamnen. Bland dem som rekommenderat att förbjuda open loop-skrubber i hamn finns Tyskland, Spanien, enstaka hamnar i Sverige, samt Litauen och Lettland. Estlands sjöfartsverk har vissa restriktioner som skall uppfyllas, då man måste kunna bevisa att fartyget följer de krav som finns enligt MARPOL (“Global Sulphur Cap 2020 - DNV GL” n.d., “Industry News: No Scrubs: More Ports Declare Ban on EGCS Discharges” n.d.; Republic of Estonia Maritime Administration, n.d.).



Figur 1. Överblick över direktiven i Marpol 2020 (“Global Sulphur Cap 2020 - DNV GL” n.d.).

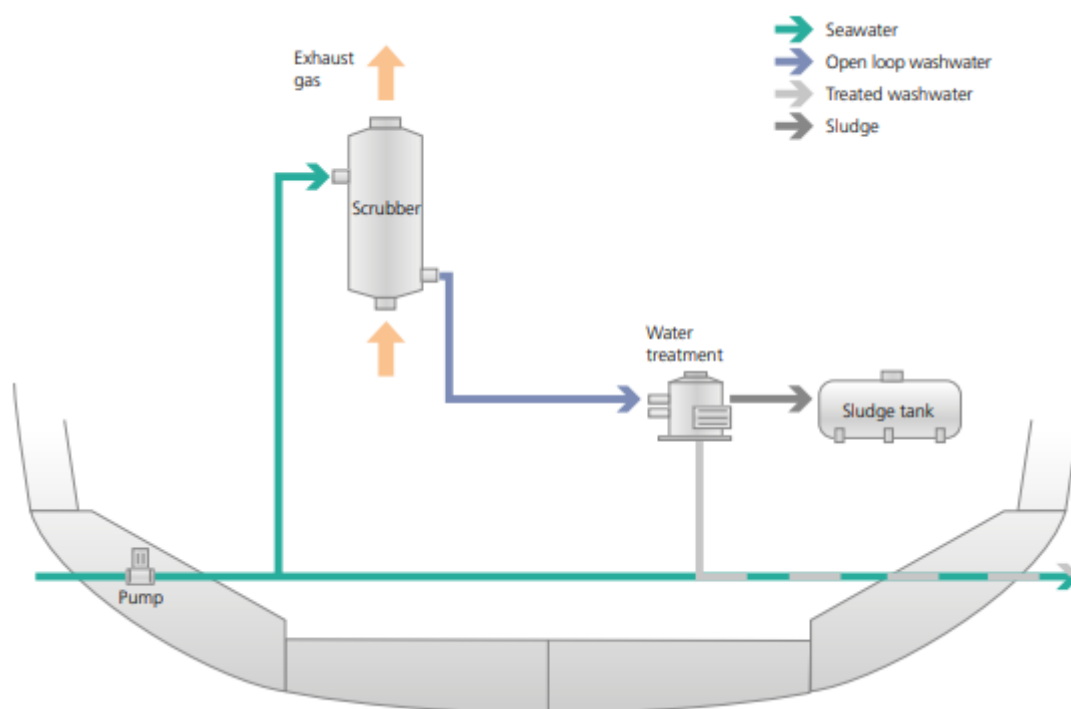
### 3.1 Våtscrubber

I dagsläget är våtscrubber den mest använda typen av avgasreningssystem ute på fartyg. Det kan delas in i tre olika varianter: closed loop, open loop och hybrid loop. Closed loop-systemet fungerar så att havsvatten tas från havet in genom en kylare som sedan helt okontaminerat skickas tillbaka ut i havet. Det andra mediet till kylaren är vanligt vatten där man normalt använder kaustiksoda, men även magnesiumoxid förekommer. Denna blandning pumpas upp i skorstenen till scrubbertornet. Här besprutas avgaserna med lösningen som sedan reagerar med svavlet. Kontaminerat vattnet rinner ner längst ner i scrubbertornet. Därifrån rinner det vidare till en cirkulations tank, härifrån skickas vattnet tillbaka upp i skorstenen. Från cirkulationstanken tas kontaminerat vatten till reningsverk. Vattnet renas från svavel och avfallet skickas sedan till en avfallstank. Det renade vattnet skickas tillbaka till cirkulationstanken och kan därmed återgå i reningsprocessen. Se figur 2 för ett flödesschema för closed loop-system (Poullikkas 2015; Glibberg n.d.; Lloyd's Register 2015).



Figur 2. Schema över closed loop system (Lloyd's Register 2015).

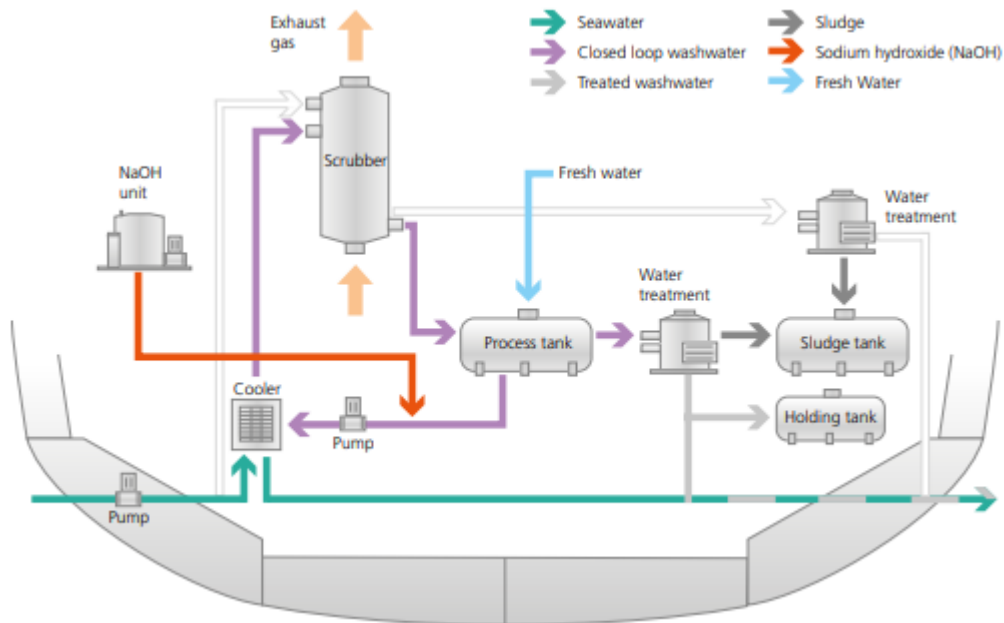
Open loop-system fungerar genom att havsvatten pumpas direkt upp till skorstenen där tornet befinner sig. Vattnet sprutas in i skorstenen som på samma vis som tidigare, faller ner och reagerar med svavlet i avgaserna. Det kontaminerade havsvattnet tas sedan till en reningsanläggning där en del av svavlet renas bort. Resterna pumpas sedan ut i havet. Se figur 3 för ett flödesschema för open loop-system (Poullikkas 2015; Glifberg n.d.; Lloyd's Register 2015).



Figur 3. Schema över open loop system (Lloyd's Register 2015).

Hybridsystemet är en kombination av closed loop och open loop. Detta gör det möjligt för fartyg att välja beroende på behov vilket system som körs. Då fartyget anländer till ett hamnområde där det inte är tillåtet att släppa ut svavelvatten till havet, körs fartyget med closed loop. Så fort fartyget kommit ut till havs, ges möjlighet att köra på open-loop. Detta är ett mer ekonomisk alternativ för ett fartyg som rör sig i sådana farvatten. Med andra ord när fartyget är ute till havs behövs inte t.ex. kaustiksoda användas till reningsprocessen, vilket

sparar pengar. Se figur 4 för ett flödesschema för hybridssystem (Poullikkas 2015; Glifberg n.d.; Lloyd's Register 2015).



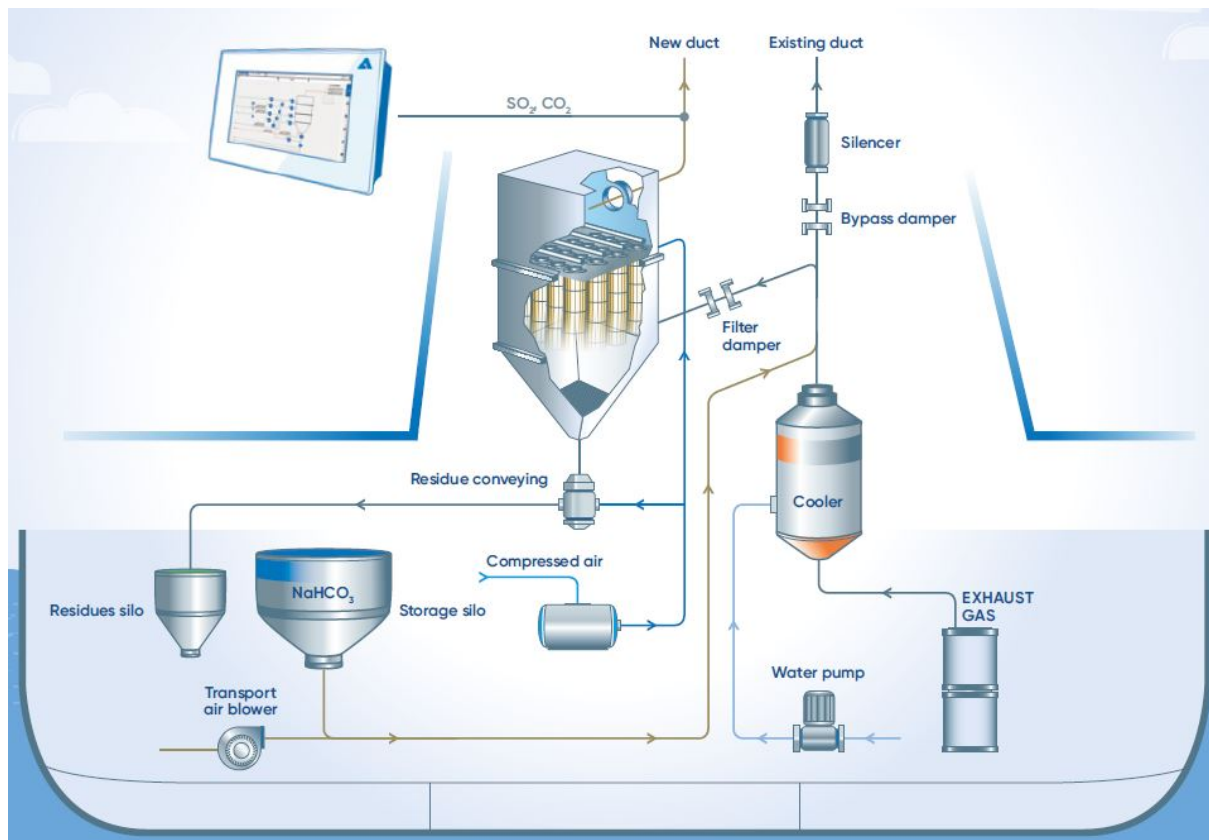
Figur 4. Schema över hybridssystem (Lloyd's Register 2015).

När det gäller closed loop är kaustiksoda i dagsläget det mest använda lösningsmedlet till att rena avgaserna. Det finns studier när man använt sig av urealösning som visar sig vara effektivt att rena avgaserna från både svaveloxider och kväveoxider med. För open loop-system finns det studier där man använt sig av sjövattnet till sjövattnenkaskadrening, det vill säga att avgaserna renas i flera steg. Detta visar sig vara mer effektivt än det traditionella open loop-reningsystemet (Kuang et al. 2020; Zhou and Wang 2020).

### 3.2 Torrscrubber

Torrscrubber-varianten är inte beroende av vatten. Traditionellt förs avgaserna in en kammare försedd med granulat av kalk. Där inne sker en process där svavlet skiljs från avgaserna och förenar sig med granulatet; restprodukten av detta blir gips.

Denna typ av scrubber system är i dagsläget den minst använda typen av ovan nämnda scrubbersystem, på grund av den höga vikten och stora utformningen. Enligt Lloyd's Register (2015) väger en anläggning för maskiner på 20 MW ca 211 ton. Med M/S Finlandias effekt på ca 50,4 MW skulle det innebära ca 500 ton. Med ny forskning och teknik finns det nu en torrscrubbersvariant med filter. För denna typ sprutas natriumbikarbonat in med en fläkt tillsammans med avgaserna innan avgaserna går in i filterkammaren. Natriumkarbonatet förenar sig med svavlet som sedan fastnar i filtret tillsammans med partiklar och sot. Filtret rengörs med jämna mellanrum med tryckluft och avfallet transporteras till en förvaringssilo. Se figur 5 för flödesschema. Denna lösning förväntas rena avgaserna från svavel enligt kraven, dvs. ner till minst 0,1 %, samt rena avgaserna från partiklar upp till 99,9%. Med denna nya teknologi finns även möjlighet att rena avgaserna från kväveoxider, vilket kan komma bli något som fartygen i framtiden behöver reglera utsläpp av. Denna typ av torrscrubber har installerats på en färja i Frankrike med lyckade resultat (Andritz, n.d.). Se figur 5



Figur 5. Torrscrubber av filtertyp (Andritz n.d.).

## **4. DATAINSAMLING FRÅN FARTYGET**

### **4.1 Bränsleförbrukning**

M/S Finlandia kör idag på RMB 30 som är ett lågsvavligt bränsle till alla deras maskiner och pannor ("RMB 30" n.d.). Bränsleförbrukningen vi har tittat på är på årsbasis för att få en överblick hur det ser ut.

Total bränsleförbrukning år 2020 för hm är xxxx ton

Total bränsleförbrukning år 2020 för hjm är xxxx ton

#### **4.1.1 Huvudmaskiner**

M/S Finlandia är utrustad med fyra huvudmaskiner som är sammankopplade till två växlar som är utrustade med varsin PTO, två HM per växel som sedan är kopplad till en propelleraxel med ställbar propeller.

#### **4.1.2 Hjälpmotorer**

M/S Finlandia är utrustad med tre Hjm av märket Wärtsilä 20L9, med en effekt på 1760 kVA, samt en som är eftermonterad och av samma märke men med en effekt på 1920 kVA.

### **4.2 Fartygets eleffektförbrukning**

Ombord på M/S Finlandia finns fyra Hjm att tillgå men endast tre av dem kan vara inkopplade på elnätet samtidigt. Vid manövrering körs bogpropellrarna på fartygets två axelgeneratorer, och belastar således inte nämnvärt Hjm.

Total tillgänglig effekt på elnätet kan uppgå till 4200 kW. Detta gäller data som är insamlat vintertid. Sommartid kommer effektbehovet att öka då luftkonditioneringskompressorer körs. Fartyget är utrustat med tre stycken sådana och anläggningen som de utgör uppskattas kräva maximalt 600 kW. Enligt M/S Finlandias maskinpersonal körs det största luftkonditioneringsaggregatet endast 1-4 veckor per år. Uppskattningsvis är alltså den maximala effektförbrukningen under normal drift 600kW. I tabell 1 redovisas Hjm:s

elbelastning vid sjöresa, manöver och hamn under vinter- respektive sommartid, samt hur mycket eleffekt som teoretiskt skulle vara tillgänglig för scrubberdrift.

Tabell 1. Elbelastning av Hjm vid olika drifttillfällen.

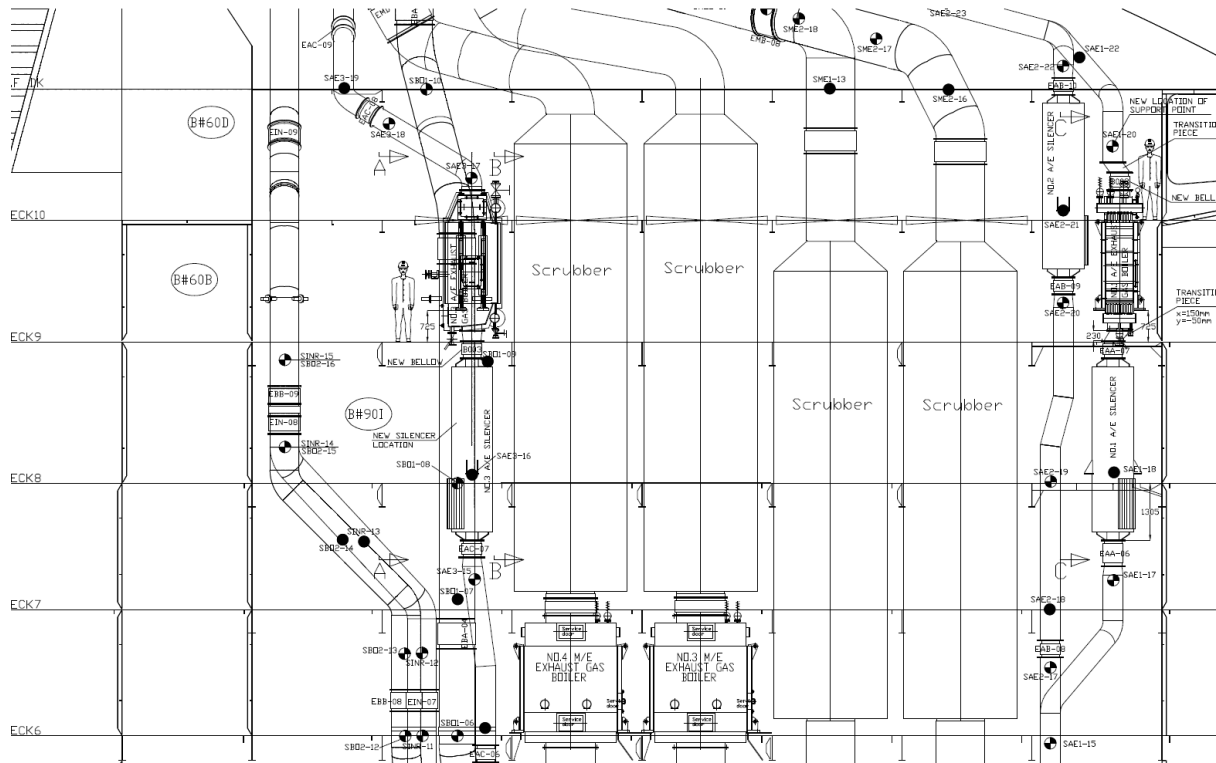
	<b>Sjöresa</b>	<b>Manöver</b>	<b>Hamn</b>
<b>Antal Hjm igång(st.)</b>	2	2	2
<b>Elbelastning höst (kW)</b>	1100	1100	1200
<b>Tillgänglig eleffekt höst (kW)</b> (total tillgänglig eleffekt - elbelastning höst)	1700	1700	1600
<b>Teoretisk elbelastning sommar (kW)</b>	1700	1700	1800
<b>Teoretisk tillgänglig eleffekt sommar (kW)</b> (total tillgänglig eleffekt - elbelastning sommar)	1100	1100	1000

### 4.3 Platsrekognosering och avläsning av ritningar

Under besöket ombord på M/S Finlandia som varade ett dygn fick vi bekanta oss med fartygets utrymmen för att få en överblick hur man skulle kunna placera utrustning vid en eventuell scrubberinstallation. Våra idéer kring placering av utrustning grundar sig på en önskan att effektivisera utrymmet ombord. Detta skulle göra att t.ex. evaporatorn och de två reningsverken tas bort då de inte längre är i drift. Detta skulle medföra minskad viktökning samt utrymme som skulle kunna utnyttjas bättre. Detta exempel gäller först och främst våtscrubberinstallation, då det i dessa utrymmen skulle kunna installeras t.ex reningsverk för scrubbevatten. Mer utrymme i schaktet för att kunna placera scrubbertornen i skorstenen skulle kunna åstadkommas genom att avlägsna ljuddämparna. Deras funktion skulle också ersättas av scrubbertornet. Avgaspannorna kan sänkas ner i schaktet, eftersom de storleks-



och dimensionsmässigt skulle passa in i schaktet mellan däck. Detta medför en möjlighet att kunna få plats med en våtscrubber av I-typ utan att större modifikationer på skorstenens utsida behöver göras. Se figur 5.



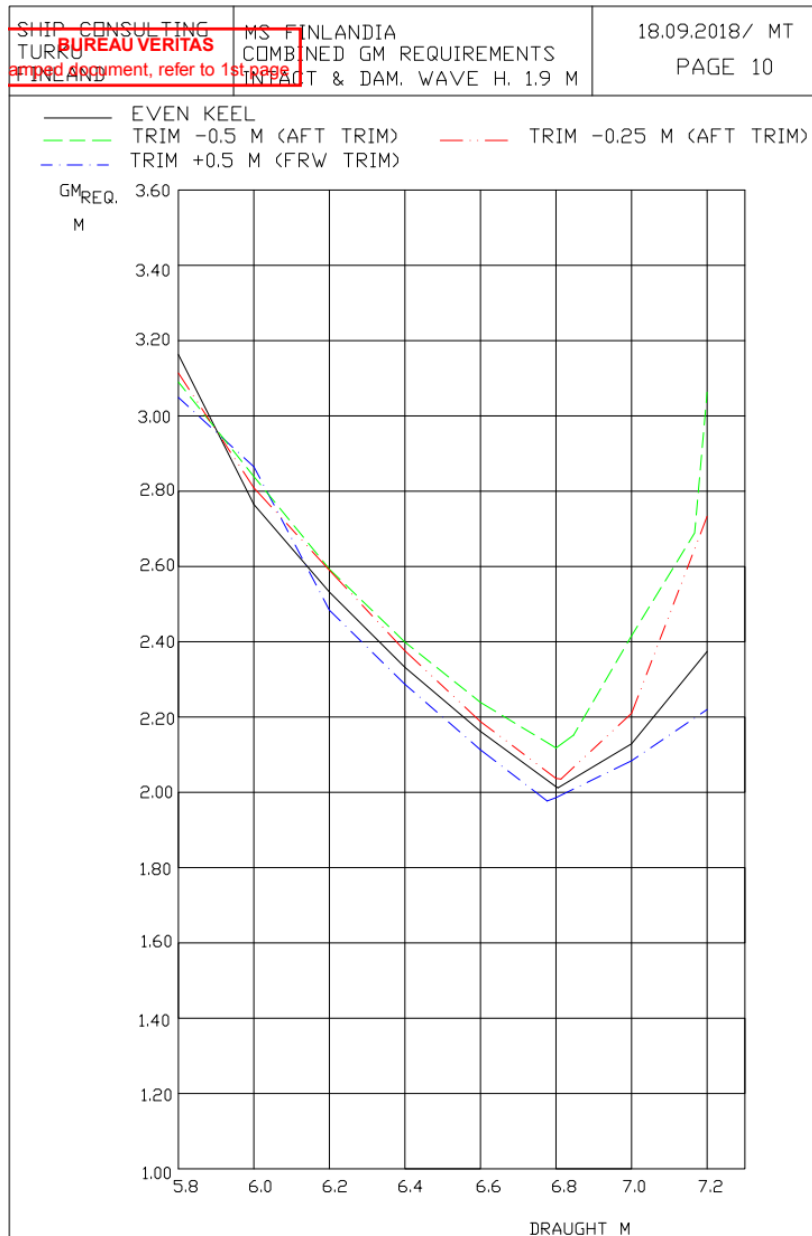
Figur 5. Teoretisk placering av våtscrubber efter ombord besök

#### 4.4 Fartygets stabilitet

Fartyget har en mycket god grundstabilitet, och det mest kritiska med att tillföra en scrubberanläggning kommer att vara lastmärket. Vid vissa lastkonditioner i dagsläget avgår fartyget på lastmärket som är på 7,0 meter. Fartygets stabilitetsbok uppdaterades senast 2018 med en lättvikt på 14 196,7 ton. Då var detta en ökning av lättvikten med 1,46 %. Enligt Traficoms regler, behöver ett fartyg förnya sin stabilitetsbok samt göra ett nytt krängningsprov då fartygets lättvikt har ökat med 2%. Detta måste även utföras om fartygets tyngdpunkt har förskjutits längs skepps med över 1% (Traficom n.d.). Utöver detta behöver vi undersöka hur fartygets GM och GZ påverkas av att installera en scrubberanläggning. Detta

kommer att undersökas med hjälp av fartygets stabilitetslasthanteringprogram. Enligt figur 6 kan vi få en uppfattning av fartygets stabilitet gällande GM kravet vid olika djupgåenden och trim.

Enligt undersökningar från rederiets sida har det kommit fram att fartyget går mest ekonomiskt med förligt trim på -0,5 m. Därför är det bäst att försöka få så mycket ny vikt som möjligt belägen nära centrum för fartygets flytpunkt.



Figur 6. Erforderligt GM vid olika djupgående och  $\pm 0,5$  trim.

## 5. DATAINSAMLING FRÅN LEVERANTÖRER

Här beaktas installationsmått, vikt samt elförbrukning. Nedan, i tabell 2, redovisas den data som vi uppgav till leverantörerna för att de skulle kunna ge oss en så bra specifikation som möjligt.

Tabell 2. Data som sändes till leverantörerna

<b>Huvudmotorer 4 st</b>	Wärtsilä
<b>Modell</b>	12v46C
<b>Effekt 100% MCR</b>	10,71 MW
<b>Bränsleförbrukning 100% MCR</b>	200 g/KWh
<b>Avgasflöde 100% MCR</b>	71640 Kg/h
<b>Avgastemperatur</b>	321 °C
<b>Max svavelinnehåll</b>	3,5 %
<b>System typ</b>	Closed loop

### 5.1 Alfa Laval

Alfa Laval har valt att ge en specifikation på en våtscrubber för fyra huvudmaskiner av modellen closed loop U-type system. För noggrannare specifikationer se bilaga (1).

Tabell 3. Huvuduppgifter om scrubber

-

## 5.2 Valmet

Valmet gav två specifikationer på closed loop-scrubbersystem till M/S Finlandia. Det ena systemet har fyra scrubbers för fyra huvudmaskiner, och det andra har två scrubbers för fyra huvudmaskiner. Vi valde att titta närmare på systemet med fyra scrubbers för att det andra alternativet inte skulle få plats i avgasupptaget. För noggrannare specifikationer se bilaga (2).

*Tabell 4. Huvuduppgifter om scrubber*

-

## 5.3 Wärtsilä

Wärtsilä valde att ge en specifikation på ett hybridscrubbersystem till M/S Finlandia med fyra scrubbers: en per huvudmotor som kan köras på antingen open loop eller closed loop. Hur de systemen fungerar förklaras i delen "Fakta om våtskrubber". Nedan visas den tekniska specifikationen från Wärtsilä. För noggrannare specifikationer se bilaga (3).

*Tabell 5. Huvuduppgifter om scrubber*

-

## 5.4 Andritz

Andritz kan erbjuda både våt- och torrscrubber. Av dem har vi valt att ta del av information för deras torrscrubbersystem. Företagets torrscrubbersystem är uppbyggt av filtermoduler, där cirkulära filterpåsar hänger. Deras typ av scrubbersystem renar avgaserna både från svavel och partiklar upp till 99,9 %. Denna variant kallas dual filtration system, medan den som även renar avgaserna från kväveoxider heter multi filtration system. Det som krävs för detta system är att lägga till katalysatorfilterpåsar, något som företaget kallar "bag on bag solution". Utöver detta behöver det även installeras en tank med urea- eller ammoniakvatten, vilket avgaserna besprutas med före filterkammaren. Oavsett vilken av dessa två systemtyper som används kommer avgaserna renas mer än vad ett våtscrubbersystem klarar av att rena. Installationen är relativt lätt och snabb, därför behövs ingen torrdockning göras. Se tabell 6 för data. För noggrannare specifikationer se bilaga (4)

*Tabell 6. Data om torrscrubber*

-

## 6. UNDERSÖKNING AV INSTALLATIONSMÖJLIGHETER AV VÅTSCRUBBER

### 6.1 Stabilitet

De olika scrubber alternativen har lagts in i lasthanterings- och stabilitetsprogrammet Loadmaster för att ge en överblick hur den påverkar stabiliteten. Tre stycken olika fall har tillämpats: ett godkänt lastfall från stabilitetsboken (L1-full trailer load dep), samt två verkliga lastfall. Utöver detta har vi gjort ett eget stabilitetsprogram i ett Excel-kalkylblad för att kunna beräkna momentet för fri vätskeyta (FSM). Detta för att Loadmaster inte har möjlighet att lägga till nya tankar. Tankarna lades till som förrådsdetaljer, vilket då inte tar hänsyn till FSM. Se bifogade stabilitetsrapporter bilaga 5,6,7 och 8. Stabilitetsrapporterna har gjorts på Rederi AB Eckerös kontor.

Enligt stabilitetsrapporten för L1- max trailer load dep, lastat med 2580 ton, kommer fartyget att klara stabilitetskraven för closed loop-varianten. För hybridutförandet kommer kravet för djupgående inte uppfyllas med de vikter som finns tabellerade nedan i kapitel 6.1.1., dock endast med 0,002 m. Ett vanligt lastfall som valdes är turen 12.2.2021 kl 09:00 från Helsingfors. I detta fall var fartyget lastat med 1646 ton. Samtliga typer klarar av stabilitetskraven i detta fall, enligt stabilitets programmet. För hybridvarianten har samtliga tankar som krävts gjort nya. För de nya tankarna är GM och FSM i stabilitetsrapporten inte beaktat. Detta kontrolleras i Excel programmet genom att beräkna det nya FSM med formler för rektangulära tankar. En tank kommer få högre FSM ju större bredden på tanken blir, samt ju högre densitet vätskan har.

Att notera är att för samtliga lastfall ligger fartyget med akterligt trim. Vi kontrollerar hur mycket stabiliteten förändras för att sätta fartyget till noll-trim med hjälp av Excel. Detta har primärt granskats med closed loop varianten pga. de förutsättningar som finns ovan. Fallet max trailer load dep. kommer fartygets maximala djupgående överstigas. Detta gäller både för vattendensitet 1,025 samt 1,005. För de mer vanliga lastfallet klarar fartyget av det maximala djupgåendet med ett djupgående på ca 6,975 m . Att notera i detta fall är att

fartyget är endast lastat med cirka 25 % ULSFO av den totala möjliga volymen. Samt att det skiljer ca 900 ton lastvikt mellan max trailer load och det mer vanliga lastfallet. Se bilaga 9,10

### 6.1.1 Viktökning

Nedan i tabell 7 har de tre tillverkarnas vikter ställts upp efter bästa förmåga. Den totala ökade vikten kommer att uppgå till ca 300-370 t för en closed loop/hybrid scrubber i drift. Till största del kommer denna vikt att utgöra dödvikt i form av vatten och kemikalier. För samtliga tillverkare är dödvikten näst intill identisk. Enligt Traficoms regler kommer fartyget med våtscrubber-varianten att klara sig undan att förnya stabilitetsboken på båda punkterna angående ökad lättvikt samt förflyttad tyngdpunkt långskepps. Tyngdpunkten långskepps flyttas marginellt eftersom utrustningen kommer att placeras relativt jämnt både akter och förr om fartygets långskepps tyngdpunkt som ligger på lcg 71,04 m. Med Wärtsiläs lättvikt förflyttas tyngdpunkten långskepps ca 0,17%. Detta har granskats med eget tillverkat stabilitetsprogram i kalkylblad med lastfall L0 Light ship från stabilitetsboken som referens. Observera att detta är placerat enligt Wärtsiläförslaget och är beroende av hur utrustningen placeras i fartyget. I lättviktssammanställningarna nedan har vi räknat med att nya tankar tillverkas för att ge den maximalt tänkbara ökade vikten. För rören i sammanställningen har tabelldata för glasfiberförstärkta epoxyrör (GRE-rör) använts (Future Pipe Industries, n.d.). Se tabell 7,8 9,10.

Tabell 7. Lättvikt, procentuell ökning.

Lättvikt scrubber	61,89 ton	
Fartygets lättvikt aktuell: (ca 1,46 %)	14196,7 ton	
Lättvikt ökning med scrubber %	0,42 %	
<b>Lättvikt ökning Total %</b>	<b>1,88 %</b>	

Tabell 8. Alfa Laval-U typ closed loop. Viktökning

-

Tabell 9. Valmet-I typ closed loop

-

Tabell 10. Wärtsilä-I typ Hybrid

-

## 6.2 Placering

Vi kan konstatera att det är fullt möjligt att placera alla våtscrubber tillverkarna som vi tittade på i skorstensschakt på Finlandia. För att göra detta behöver man ta bort ljuddämparna, flytta ner avgaspannorna till däck 5 vilket är fullt möjligt då de har ett sådant mått så de passar att sänka ner utan att bygga om. Vi tittade även på temperaturen om den skulle öka om man skulle flytta ned de och vad vi kunde se så ökar den bara med ca 5 °C vid inloppet till avgaspanna, vilket är inom gränserna. Man kan även använda samma skorstensprofil som idag. Detta ovan gäller Valmet och Wärtsilä. För Alfa Laval så placerar man scrubbern uppe i skorstenen för att de använder en bypassventil så att man kan leda avgaserna förbi scrubbern, så då måste ljuddämparna vara kvar. Då måste också skorstensprofilen ändras för att få plats med scrubbern.

## 6.3 Effektbehov

Här har vi sammanställt en tabell på effektbehovet på elnätet för våtscrubbers som ligger mellan 500-800 kW. Samt en tabell över det scrubbersystemet som kommer att belasta elnätet mest. Vi kan utifrån detta se att det skulle räcka med att ha två Hjm igång även på sommaren då man kör med det stora AC-aggregatet igång men detta var bara ca 3-4 veckor per sommar enligt personalen ombord. Om man tittar på effekten som skulle var på elnätet under hösten 1895,5 kW så skulle man få mera belastning på två Hjm ca 79% mot idag som är ca 45% . Man skulle få en bättre SFOC med de två Hjm som körs på ca 79% belastning mot det man har idag på 45% som är nästan tomgång. Att tillägga är att effektbehovet i tabell 11 och 12 är den absolut största totala installerade pump och övrig eleffekt. I verkligheten kommer den att vara lägre eftersom frekvensomriktare är installerade på pumpar och all utrustning kommer inte belastas fullt samtidigt.



Tabell 11. Total elförbrukning

-

Tabell 12. Största eleffektbehovet från en av scrubbertillverkarna

	<b>Sjöresa</b>	<b>Manöver</b>	<b>Hamn(uppstart)</b>
<b>Antal Hjm igång(st.)</b>	2	2	2
<b>El belastning (kW)</b> <b>Höst</b>	1895,5	1895,5	1995,3
<b>Tillgänglig eleffekt (kW)</b> <b>Höst</b>	904,7	904,7	804,7
<b>Teoretisk elbelastning sommartid (kW)</b>	2495,3	2495,3	2559,3
<b>Teoretisk tillgänglig eleffekt sommartid (kW)</b>	304,7	304,7	204,7

## 6.4 Placering av kringutrustning

Vi kan konstatera att det är fullt möjligt att installera kringutrustningen ombord på Finlandia.

Det finns en hel del utrustning ombord idag som man skulle kunna ta bort och istället placera scrubberutrustning för att minimera installerad vikt som t.ex. de gamla reningsverken som inte har varit i användning på flera år och som troligen inte är i sådant skick att de inte går att använda igen. Sedan finns det en gammal evaporator som inte längre används och som vi fått uppgift om att inte fungerar. Vidare funderade vi att man kunde använda sig av Void n:r 10 och 11 för tankar. Sedan skulle man kunna göra om Void 17 till materiallager och använda AMR n:r 5 för placering av utrustning för scrubberanläggningen. Då har man även nära till

AMR n:r 3 där den gamla evaporatorn står idag. Vill man ha vikten längre förut så skulle man kunna använda sig av hotel store-utrymmet som mest är fullt av gammalt bråte idag och då får man tillgång till Void n:r 5 och Void nr: 4, som man kan använda som tank. Se bilaga 11 för vår egen placering av utrustning och tankar, samt bilaga 12 för Wärtsiläs förslag.

## **6.5 Arbetsbelastning**

Arbetsbelastningen torde inte öka avsevärt mycket från vad den är idag. Möjligen att det skulle kunna tänkas bli lite varmare maskinrummet då man börjar köra på HFO p.g.a all extra ånga för uppvärmning av tankar, rör och förvärmning av bränsle.

### **6.5.1 Underhåll av scrubberanläggning**

Men den informationen som vi har tagit del av kan vi konstatera att underhållet på scrubberanläggningen inte kommer att kräva så mycket arbete mer än att tvätta filter och inspektion av munstyckena som sitter inne i scrubber tornen och allmän kontroll av anläggningen med jämna mellanrum. Den utrustningen som läser av svavelhalten i avgaserna byts ut med jämna mellanrum på serviceintervall av scrubbertillverkaren. se bilaga 13

### **6.5.2 Underhåll på grund av bränslebyte**

Det underhåll som kan tänkas komma till p.g.a byte till HFO skulle kunna vara mera tätare filterbyte och kanske tätare serviceintervall på separatorer, kanske även tätare byten av bränslespridare samt överhaling av bränslepumpar på huvudmaskinerna. Service intervallerna skulle sjunka till 12000 drifttimmar på cylinderfoder, cylinderlock, kolvar, vevstakar och insprutningspumpar från 18000 drifttimmar på LFO enligt motortillverkaren Wärtsilä.

## **6.6 Tillsatsämnen och avfallshantering**

Traditionellt har kaustiksoda används som tillsats i våtscrubber. Denna kemikalie är frätande och skadlig och kräver skyddsutrustning vid bunkring och hantering. I jämförelse har magnesiumhydroxid med har en densitet på 1,44 kg/l mot kaustiksoda 1,51 kg/l . Den lättare

och är inte korrosiv. Magnesiumhydroxiden är dessutom mer effektiv än kaustiksoda, ca 30% skillnad i förbrukningen (“Reagent for Marine Scrubbers · Europiren B.V” n.d.).

### **6.6.1 Tillgång till tillsatser**

Tillgången på tillsatsen NaOH 50% kaustiksoda finns i Finland och kan t.ex. levereras av Fluechem och de kan leverera med lastbil direkt till fartyget (“Caustic Soda 50 Bunkering & Supply for Shipping” n.d.). Tillgången till magnesiumhydroxid finns så pass nära som i Raumo i Finland där det tillverkas och är enkelt att frakta till Helsingfors med lastbil enligt tillverkaren (“Reagent for Marine Scrubbers · Europiren B.V” n.d.).

### **6.6.2 Avfallshantering**

Helsingfors hamn har den servicen där de tar hand om scrubberavfall, helst så torrt som möjligt. Citat enligt kostnadsanvisning från Helsingfors hamn: “Avgifter för mottagning och hantering av annat avfall (t.ex. avfall som genereras av scrubber) som lämnas av ett fartyg i hamnen baseras på de faktiska kostnader. Dessa avgifter inkluderar en behandlingsavgift som är 2,5% av det totala fakturabeloppet eller minst 40,00 euro” (PortOfHelsinki, n.d.).

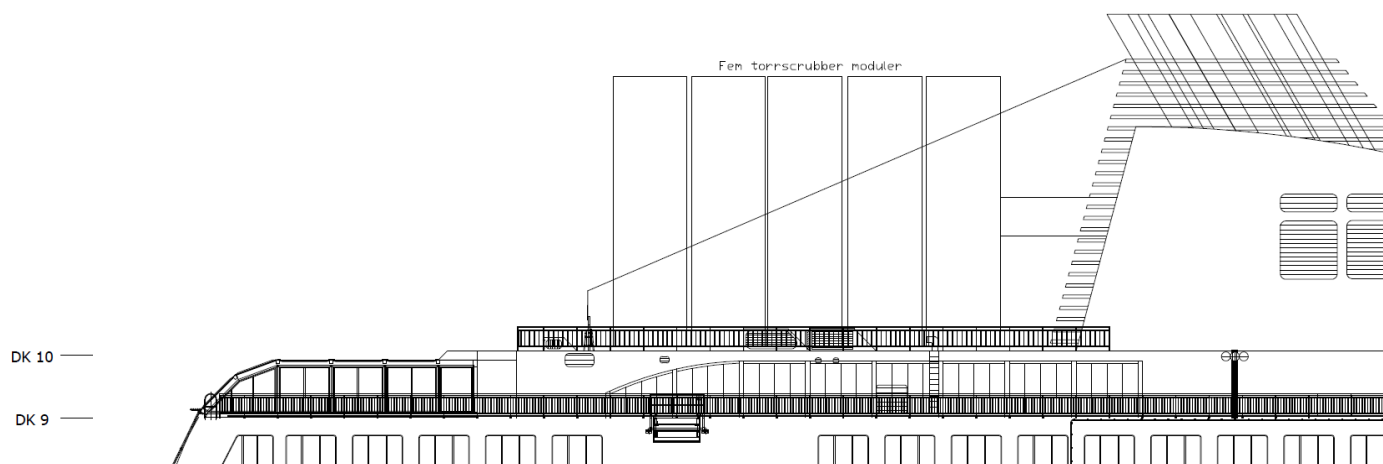
Fortum har möjlighet att ta hand om scrubberavfallet. Priset är då ca. 335 euro/ton för svavelvatten.

# 7. UNDERSÖKNING AV INSTALLATIONSMÖJLIGHETER AV TORRSCRUBBER

Andritz är det enda företaget inom torrscrubbermarknaden som vi varit i kontakt med, även det enda företaget vi stött på som har sådan utvecklad produkt av torrscrubber. Därmed kommer följande underrubriker endast vara tillämpade efter deras data.

## 7.1 Placering

Denna typ kommer att placeras bakom skorsten på däck 10 som fem stycken moduler. Detta betyder att den ursprungliga skorstenskonstruktionen inte kommer att förändras. Systemet utnyttjar ett by-pass system så att filtermodulerna kan kopplas bort sinsemellan ellet helt och hållet för att sedan köra med det ursprungliga avgassystemet. Detta för att lätt kunna utföra servicearbete. Se figur 8 för placering.



Figur 8. Överblick av hur modulerna kan placeras.

### 7.1.1 Förstärkning

Konstruktionen ovan däck 9, akter om skorsten kommer att behöva förstärkas då denna är byggd av aluminium. Vi kommer inte att beakta detta i vårt arbete.

## 7.2 Stabilitet

Denna anläggning har lagts in i lasthanterings-stabilitet programmet Loadmaster för att ge en överblick hur den påverkar stabiliteten. Tre stycken olika fall har tillämpats, ett godkänt lastfall från stabilitets boken (L1-max trailer load dep), samt två stycken verkliga last fall. Se bifogade stabilitetsrapporter bilaga 14,15. Placeringen av filtermodulerna akter om skorstenen medför att nedisningen måste tas med och räknas med. Enligt Finlandias stabilitetsbok, räknas nedisningen på horisontella ytor med 20 kg/m<sup>2</sup> och vertikala ytor 10 kg/m<sup>2</sup>. Horisontella ytor kommer inte att tilläggas i beräkningen, medan de vertikala ytorna kommer att ge en ökad isbildningsvikt på ca 4640 kg per sida. Detta är grundat på en ny sidoyta beräknat från tabell 6.

Enligt stabilitet rapporterna med fartygets last hanteringsprogram kommer denna att klara av stabilitetskraven och djupgående, att anmärka på är att fartyget kommer att ligga på akterligt trim. Detta har granskats, hur fartygets stabilitet förändras genom att ballasta fartyget till 0-trim, detta med hjälp av excel. Med torrscrubber och lastfall max trailer load dep. kommer fartyget sjunka djupare än den maximalt tillåtna djupgående för att uppnå 0 trim, fartyget är här lastat med 2580 ton. Det första verkliga lastfallet är lite av ett extremfall och har lastat totalt 2436 ton. För att uppnå 0-trim kommer fartyget sjunka ner till ett djupgående på ca 7,125 m i vatten med densitet 1,005 ton/m<sup>3</sup> vilket kommer överstiga det maximala djupgåendet. För det andra verkliga lastfallet är fartyget lastat med 1646 ton och för att uppnå 0 trim kommer fartyget att få ett djupgående på ca 6,950 m. För båda dessa verkliga lastfall är fartyget lastat med cirka 27 till 30 % ULSFO av den totala bränsle tankvolymen för HM. För lastfallet med 2436 ton last, skulle cirka 440 ton last behöva lämnas för att bibehålla 0 trim samt få ett djupgående på 7,0 meter. Se bilaga 16.

### 7.2.1 Viktökning

Viktökningen av fartyget kommer att överstiga den maximalt tillåtna lättviktsökningen utan att förnya stabilitetsboken och göra nytt krängningsprov. Att notera är även att förstärkning av däck 10 där scrubbern kommer vara belägen är inte beaktade i lättviktsberäkningen, se tabell 13. I tabell 14 behandlas den ungefärliga totala viktökningen vid en torrscrubberinstallation.

Tabell 13. Torrscrubbers lättvikt

Lättvikt scrubber	150,00 ton
Fartygets lättvikt aktuell: (ca 1,46 %)	14196,7 ton
Lättvikt ökning med scrubber %:	1,06 %
<b>Lättvikt ökning Total %</b>	<b>2,52 %</b>

Tabell 14. Torrscrubbers total viktökning

-

## 7.2.2 Vindpåverkan

Det som även behöver beaktas är att den totala sidoytan kommer att öka med motsvarande 232 m<sup>2</sup>. Detta kan komma att påverka manöverförmågan vid stark sidvind vid hamnanlöp. Enligt rederiet behöver fartyget hjälp av bogserbåt i hamn vid vindar över ca 20 m/s. Under år 2020 behövdes bogserhjälp ca 110 gånger. M/S Finlandia är utrustad med 2 st Kamewa bogpropeller med en total effekt på 2000 kW. Genom att undersöka hur stor vindkraften är vid 20 m/s för fartyget med och utan torrscrubber, kan vi få en överblick om fartyget kommer behöva ta bogserhjälp tidigare.

Vindpåverkan har beräknats utifrån 7 m djupgående och med den ökade sido arean av torrscrubber. Formeln för att beräkna kraften vinden påverkar fartyget med:

$$F_{vind} = 0.5 * C * A * \rho_{luft} * V_{vind}^2$$

C=koefficient beroende av fartygets form

A=total sido area

$\rho_{luft}$  =luft densitet

V=vindhastighet

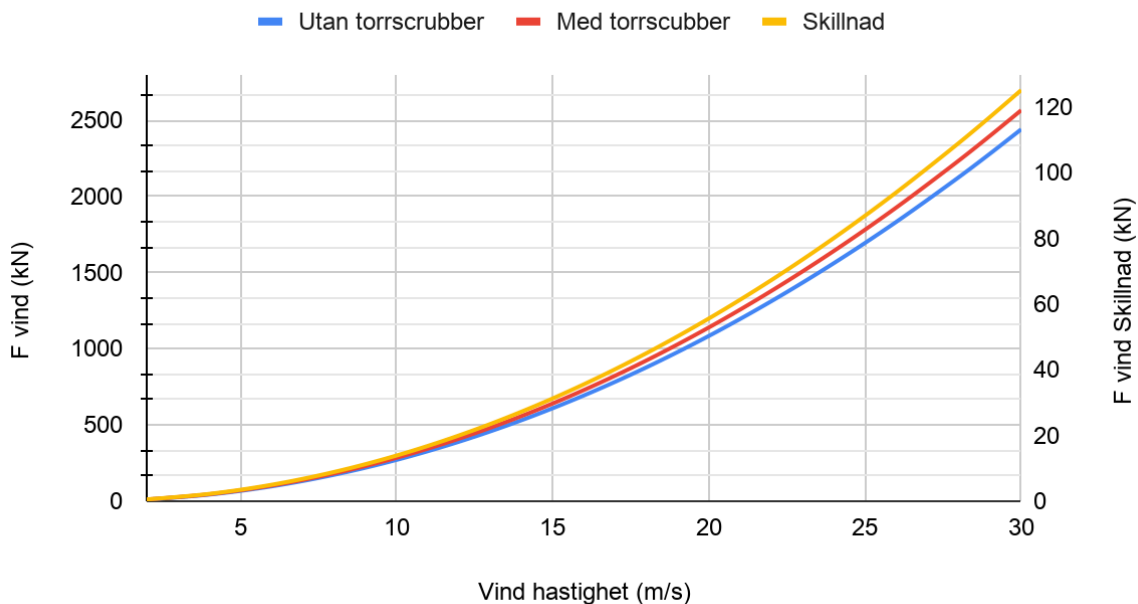
Två exempel beräknas för vindhastighet 20 m/s med och utan torrscrubber. C koefficienten bestäms till 1 och är då aningen överdimensionerade enligt. Area utan scrubber bestäms till 4520 m<sup>2</sup>. Area med scrubber bestäms till 4752 m<sup>2</sup> (Vincent n.d.; Milchert, n.d.).

$$F_{vind, utan} = (0.5 * 1 * 4520 m^2 * 1.2 kg/m^3 * (20 m/s)^2) / 1000 = 1084.8 \text{ kN}$$

$$F_{vind, med} = (0.5 * 1 * 4752 m^2 * 1.2 kg/m^3 * (20 m/s)^2) / 1000 = 1140.5 \text{ kN}$$

Denna ökning av vindkraft motsvarar ca 5 % vid vindhastighet 20 m/s. Detta skulle tyda på att M/S Finlandia skulle behövt ta bogserhjälp 116 gånger med vindar som var under år 2020 med en torrscrubberanläggning installerad. Se figur 9 för att se hur kraften förändras med vindhastigheten.

### Vindkraft, 90 grader mot fartygets långsida



Figur 9. Vindkraft som funktion av vindhastighet

### **7.3 Placering av kringutrustning**

Utöver filtermodulerna, kommer utrymme för förvaring av natriumbikarbonat och avfall behövas. Detta skulle kunna lösas genom att placera en container på däck bakom filtermodulerna dit avfallet kan transporteras. Var efter att containern blir full byts den ut i hamn med hjälp av en kran. Alternativt skulle man kunna ha en silo eller containrar placerade på bildäck för att lättare kunna byta ut dessa. Det senare alternativet kommer att vara mer kostsamt att bygga då mer utrustning behövs pga. längre transportsträcka av natriumbikarbonat och avfallet. Dock behövs ingen kran för att lyfta av containern från däck 10 vilket kan bli mer fördelaktigt i längden. Eleffektförbrukningen för tillhörande utrustning är enligt tillverkaren mindre än 100 kW, vilket inte kommer ha någon större inverkan på hjm:s belastning.

### **7.4 Tillsatsämnen och avfallshantering**

Tillsatser till denna typ av torrscrubber finns tillgänglig både i Tallinn och Helsingfors.

#### **7.4.1 Tillgång till tillsatser**

Tillverkaren av torrscrubber och Solvay (“All the Chemical Categories We Work with” n.d.) har ett samarbete angående logistiken. Priset är ungefär det samma i Helsingfors och Tallinn, en skillnad på ca. 15 euro.

#### **7.4.2 Avfallshantering**

Solvay kan erbjuda ett paketpris med leverans av natrium bikarbonat och hämtning av avfallet. Till priset ... euro/ton räknar man med att på 1 ton natriumbikarbonat kommer 800 kg avfall transporteras bort, detta pris gäller för Helsingfors. Fortum har även möjlighet att hantera denna typ av avfall. Priset är dock svårt att uppskatta då de behöver mer exakt ämnessammansättning. Priset kan röra sig mellan 580-1200 euro/ton.



## 7.5 Underhåll

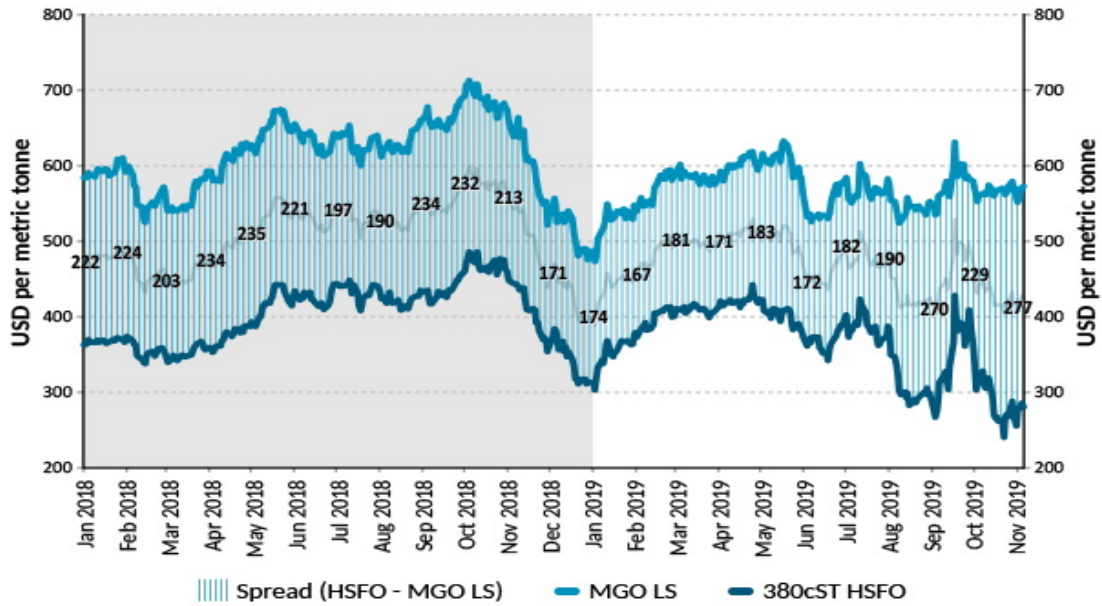
Filterpåsarna har två års garanti men på land ser man en livslängd på fyra till fem år. En filterpåse beräknas kosta ca 50-100 euro att byta ut. Kamrarna är utrustade med ett själv-detekterande system så att man har överblick om en filterpåse slutar fungera som den ska. Totalt kommer fem moduler innehålla 1530 filterpåsar. Med tanke på garanti och livslängd behöver man räkna med att behöva börja byta ut filterpåsarna efter två år. Då behöver man även räkna med att samtliga påsar behöver bytas ut över en fyra till fem års period.

## 8. EKONOMISK KALKYL

I den ekonomiska kalkylen har vi titta närmare på hur mycket drifttimmar en Hm går på ett år, hur mycket tillsatsämne som förbrukas samt avfall en scrubberanläggning producerar. Bunker priser för olika bränslen och priset tillsatser och avfallshantering har beaktats. I kalkylen har vi beräknat en ungefärlig tid för avbetalning av en scrubberanläggningen. Eftersom 2020 var ett exceptionellt år även i priset för bunker pga Covid-19, så har vi fått en väldigt bra överblick i hur mycket skillnaden i bunkerpriser kan påverka en scrubberinvestering. I figur 10 och 11 kan man se priset på HFO och LS MGO i Rotterdam. Det var svårt att hitta priser på ULFSO, därför valde vi att söka på LS MGO istället.

Att anmärka är att i kalkylen har förbrukning av tillsatsämnen och produktion av avfall beräknats för kontinuerligt full effekt samt för bränsle med 3,5% svavelinnehåll. Att fartyget skulle gå kontinuerligt på full effekt på alla fyra HM är inte realistiskt eftersom drifttiden innehåller uppstart, manöver och körning på lägre effekt, detta skulle medföra att kostnaderna för avfallshantering och inköp av tillsatsämnen skulle bli lägre än det som är beräknat, vilket skulle resultera i kortare avbetalningstid då tillsatsämnesförbrukning och avfallsproduktionen minskar. Värt att nämna, men som inte beaktas i kalkylen, är att Helsingfors hamnar ger rabatt på hamnavgifter för fartyg med miljövänliga innovationer, upp till 6% (Port of Helsinki, n.d.). Se bilaga 17,18,19 och 20 för offerter.

## Rotterdam bunker fuel prices 2018-2019



Source: BIMCO, Marine Bunker Exchange (MABUX)

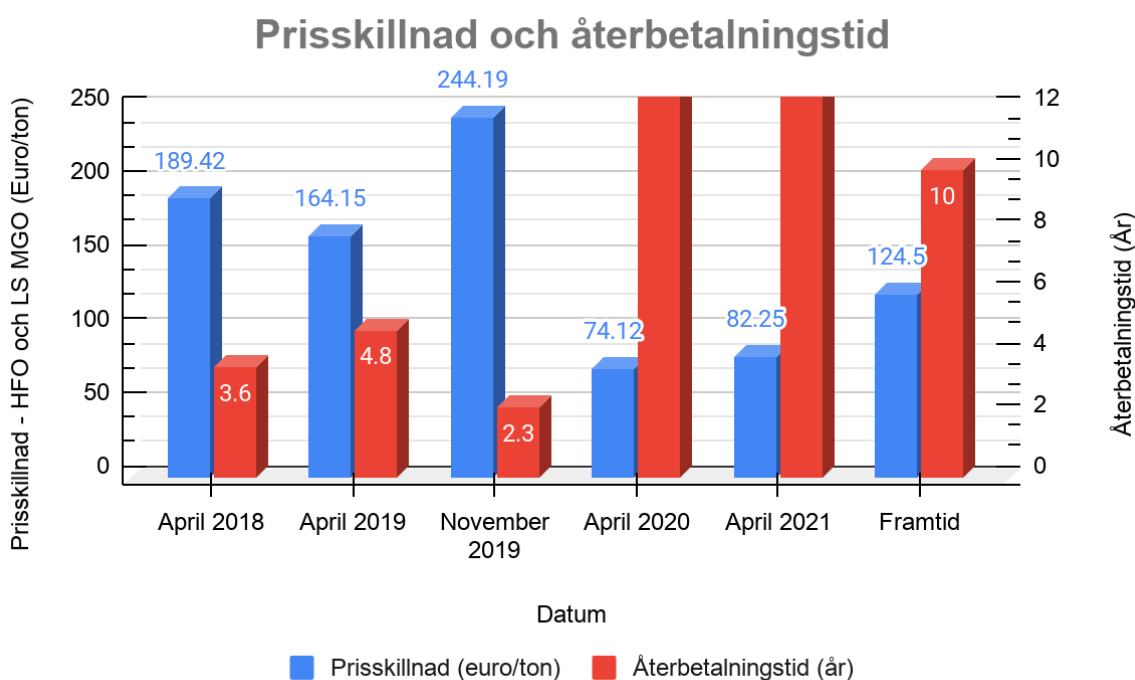
Figur 10. Bunkerpriser 2018-2019 (Sand 2019)



Figur 11. Bunkerpriser Rotterdam från april 2018 till april 2021 (“Rotterdam Bunker Prices” n.d.)

## 8.1 Våtscrubber

I figur 12 nedan kan man se prisskillnaden mellan HFO och LS MGO och hur återbetalningstiden varierar med prisskillnaden. I figur 12 kan vi se att tiden före 2020 hade återbetalningstiden för en våtscrubber varit relativt kort, mellan ca två och fem år. Under tiden då världen drabbades av Covid-19-pandemin sjönk bunkerpriserna kraftigt samt att skillnaden mellan låg- och högsvavligt bränsle blev mindre. I dagsläget skulle en scrubber installation innebära en förlust då den totala kostnaden för inköp av HFO-bunker, tillsatser och hanteringen av avfall överstiga inköpet av lågsvavlig bunker. För att en installation skulle bli ekonomiskt försvarbar med en återbetalningstid på tio år skulle skillnaden i bunkerpriser minst behöva vara ca 125 euro/ton.



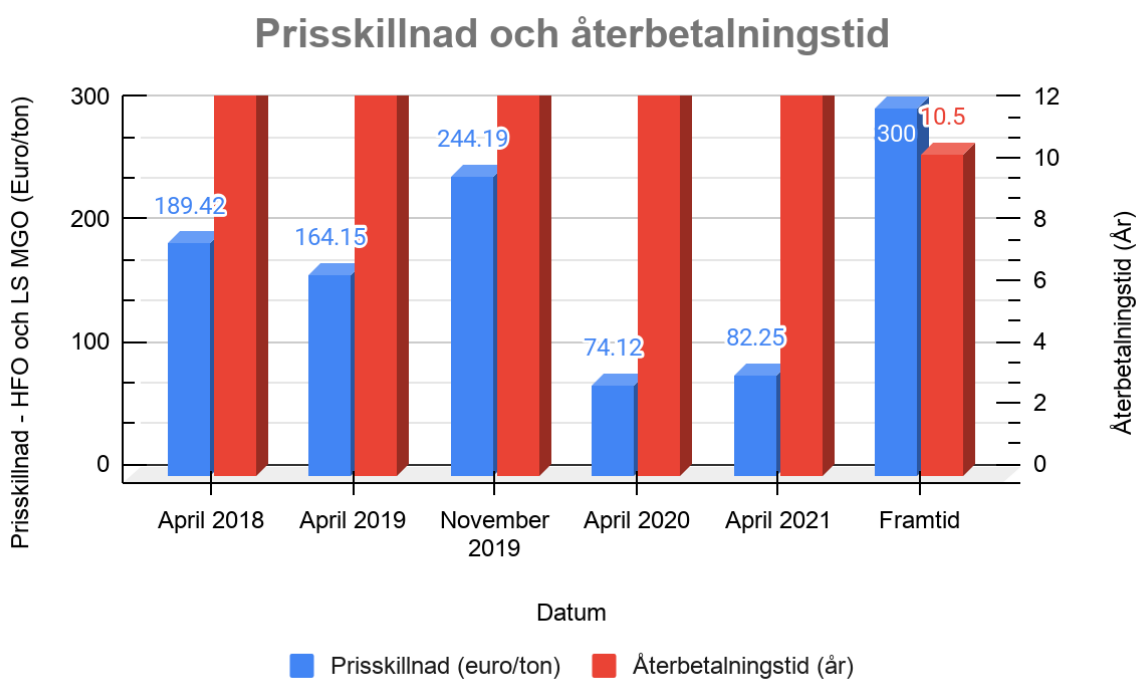
Figur 12. Prisskillnad HFO och LS MGO samt återbetalningstid för våtscrubber vid olika prisskillnader.

## 8.2 Torrscrubber

Torrscrubber-varianten, med de uppgifter vi har fått till förfoganden kommer avfallshantering och inköp av natrium bikarbonat vara mera kostsamt i jämförelse med motsvarande kostnader

för våtskrubber. Detta syns i den ekonomiska kalkylen väldigt tydligt då dessa utgör en stor utgift. Se figur 13 för återbetalningstid beroende på prisskillnad av bunkerpriser.

För denna typ blir det även väldigt tydligt att med ett bränsle med lägre svavelhalt så sjunker behovet av natriumbikarbonat och avfalls produktionen. Det är ca 30 % skillnad mellan bränsle med 3,5 % och 2,5 % svavel.



Figur 13. Prisskillnad HFO och LS MGO samt återbetalningstid för torrskrubber vid olika prisskillnader.

## 9. SLUTSATS

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att det är fullt möjligt att installera både torrscrubber och våtscrubber på M/S Finlandia. Detta kommer dock att innebära att man under vissa förhållanden inte kommer att kunna ta full last ombord, p.g.a. den stora viktökningen som installationen innebär. Vi kan också notera att det stabilitetsmässigt inte innebär några problem att installera varken torrscrubber eller våtscrubber. Det som kommer kunna utgöra ett problem är fartygets djupgående, som idag ligger på sju meter. Med full last ombord idag är det redan väldigt nära sju meter djupgående, vilket innebär att en installation av torr- och våtscrubber gör att man överskrider detta.

Vad gäller den ekonomiska biten, dvs. ifall det lönar sig att installera scrubbers ombord på M/S Finlandia, så är det beroende av skillnaden i priset mellan hög och lågsavligt bränsle. Som det ser ut idag så skulle det inte löna sig med en scrubberinstallation. Då har vi inte tagit i beaktande att man kommer att behöva lämna last efter sig vissa avgångar, för att inte överskrida det ovan nämnda maximala djupgåendet. Om prisskillnaden mellan hög och lågsavligt bränsle blir större så blir återbetalningstiden kortare och om priserna går tillbaka som det var före Covid-19 så lönar det sig att installera en scrubberanläggning på M/S Finlandia.

Om man skulle välja att installera scrubbers på M/S Finlandia så skulle en våtscrubber vara det mest kostnadseffektiva samt att försöka placera tankar och utrustning förr om flytpunkten för fartyget, för att få fartyget i bättre trim. Man skulle således inte behöva lämna lika mycket last efter sig.

### 9.1 Kritisk granskning

Under arbetets gång har vi upptäckt intressanta synvinklar som kan undersökas som inte har rymts med i vårt arbete. Det finns flera intressanta leverantörer av våtscrubbers på marknaden där bland annat Langh tech och Andritz. Båda dessa har rektangulära scrubber torn, vilket skulle medföra en bättre passform i skorstenen.

Det finns vissa saker som vi inte har kunnat beakta pga Covid-19. En av de sakerna är att idag bunkrar M/S Finlandia varje dag i Helsingfors och det gör att man inte behöver fylla bunkertankarna för att klara sig en längre tid. I kombination med en installerad scrubberanläggning och att behöva bunkra mer än i dagsläget, skulle detta påverka mängden last som man kan ta med.

Ifall det skulle bli aktuellt med att installera torrscrubbers så måste man undersöka hållfasthet på däck 10. En annan intressant aspekt för torrscrubber är att undersöka om det skulle vara ekonomiskt försvarbart att endast installera dessa för Hjm och pannor. Detta skulle inte vara lika stor påverkan på fartygets djupgående samt att fartyget skulle bibehålla sin förmåga att anpassas till olika driftförhållanden. Utsläppen från Hjm och pannor skulle alltid vara renade samt att investeringen inte skulle utgöra en lika stor risk för ett ekonomiskt bakslag om skillnaden i bunkerpriset blir för litet.

# KÄLLOR

- “All the Chemical Categories We Work with.” n.d. Accessed February 26, 2021.  
<https://www.solvay.com/en/chemical-categories>.
- Andritz. n.d. “Andritz-Seasoxdry.”  
<https://www.andritz.com/resource/blob/368912/1a81b1071469d7d67132851249bf2d3b/andritz-seasoxdry-leaflet-a4-sep20-web-data.pdf>.
- . n.d. “ANDRITZ SeaSOx Dual/Multi Filtration.” Accessed February 25, 2021.  
<https://www.andritz.com/products-en/group/environmental-solutions/air-pollution-control/seasox-exhaust-gas-cleaning/dry-desulphurization-process>.
- “Caustic Soda 50 Bunkering & Supply for Shipping.” n.d. Accessed February 22, 2021.  
[https://www.fluechem.com/services/caustic-soda-50-supply/?gclid=CjwKCAiAyc2BBhAaEiwA44-wW6CsbOkRWBFSuM6XcHVMDfTc-n8YNGcS-SNxrxj34aqYoDQuPWM7TBoCcVAQAvD\\_BwE](https://www.fluechem.com/services/caustic-soda-50-supply/?gclid=CjwKCAiAyc2BBhAaEiwA44-wW6CsbOkRWBFSuM6XcHVMDfTc-n8YNGcS-SNxrxj34aqYoDQuPWM7TBoCcVAQAvD_BwE).
- “Fakta Om Fartyg.” n.d. Accessed January 22, 2021. <https://www.faktaomfartyg.se/>.
- Future Pipe Industries. n.d. “17124-FPI-Productlist.”  
<https://futurepipe.com/wp-content/uploads/2018/07/Wavistrong-Product-List-WS-TCD-007-rev.-2-20170301.pdf>.
- Glifberg, Alexander Engström David. n.d. “Hantering I Hamn.” Accessed February 23, 2021.  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:814637/FULLTEXT01.pdf>.
- “Global Sulphur Cap 2020 - DNV GL.” n.d. Accessed February 24, 2021.  
<https://www.dnvgl.com/maritime/global-sulphur-cap/index.html>.
- “Industry News: No Scrubs: More Ports Declare Ban on EGCS Discharges.” n.d. Accessed February 24, 2021.  
<https://www.nepia.com/industry-news/no-scrubs-more-ports-declare-ban-on-egcs-discharges-update/>.
- Kuang, Min, Jinxin Wang, Xuehui Hu, and Guohua Yang. 2020. “Seawater/Seawater Cascade-Scrubbing Desulfurization Performance for Exhaust Gas of a 162-kW Marine Diesel Engine.” *Journal of Environmental Engineering* 146 (1): N.PAG – N.PAG.
- Lloyd’s Register. 2015. “Your Options for Emissions Compliance.”
- Milchert, Thomas. n.d. “Handledning I Fartygs Projektering.”
- Port of Helsinki. n.d. “Environmentaldiscount.pdf.”  
<https://www.portofhelsinki.fi/sites/default/files/attachments/Additional%20information%20and%20implementation%20guidelines%20concerning%20the%20environmental%20discount.pdf>.
- PortOfHelsinki. n.d. “Price\_List\_2021.pdf.”  
[https://www.portofhelsinki.fi/sites/default/files/attachments/Price\\_List\\_2021.pdf](https://www.portofhelsinki.fi/sites/default/files/attachments/Price_List_2021.pdf).
- Poullikkas, Andreas. 2015. “Review of Design, Operating, and Financial Considerations in Flue Gas Desulfurization Systems.” *International Journal of Energy Technology and Policy* 2 (1): 92–103.
- “Reagent for Marine Scrubbers · Europiren B.V.” n.d. Accessed February 25, 2021.  
<https://www.europiren.com/reagent-for-marine-scrubbers/>.
- Republic of Estonia Maritime Administration. n.d.  
“Clarification\_of\_exhaust\_gas\_cleaning\_system\_egcs\_operations\_in\_territorial\_waters\_and\_ports\_of\_estonia.pdf.”  
[https://veeteedamet.ee/sites/default/files/content-editors/clarification\\_of\\_exhaust\\_gas\\_cleaning\\_system\\_egcs\\_operations\\_in\\_territorial\\_waters\\_and\\_ports\\_of\\_estonia.pdf](https://veeteedamet.ee/sites/default/files/content-editors/clarification_of_exhaust_gas_cleaning_system_egcs_operations_in_territorial_waters_and_ports_of_estonia.pdf).
- “RMB 30.” n.d. Accessed February 15, 2021. <http://www.energynet.com.cy/rmb-30.html>.
- “Rotterdam Bunker Prices.” n.d. Accessed April 9, 2021.  
<https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam>.



- Sand, Peter. 2019. "IMO2020: Market Uncertainty Brings More Fuel Oil Price Volatility." BIMCO. November 7, 2019.  
[https://www.bimco.org/news/market\\_analysis/2019/20191107\\_imo2020\\_market\\_uncertainty?ftp=7a2c34988ca94ad68232c359d0964647&pn=0](https://www.bimco.org/news/market_analysis/2019/20191107_imo2020_market_uncertainty?ftp=7a2c34988ca94ad68232c359d0964647&pn=0).
- Traficom. n.d. "Lag Om Fartygs Tekniska Säkerhet Och Säker Drift Av Fartyg (1686/2009), 15, 3 Mom., 21, 3 Mom. Och 23, 1 Mom." Accessed February 15, 2021.  
[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/TRAFICOM\\_193813\\_03\\_04\\_01\\_00\\_2019\\_SV\\_Fartygs%20stabilitet.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/TRAFICOM_193813_03_04_01_00_2019_SV_Fartygs%20stabilitet.pdf).
- Vincent, Ingrid Marie. n.d. "Wind Forces on Container Ships." Accessed March 19, 2021.  
[https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/9771677/Mercator\\_Wind\\_kort\\_endelig.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/9771677/Mercator_Wind_kort_endelig.pdf).
- Zhou, Jinxi, and Hewen Wang. 2020. "Study on Efficient Removal of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> from Marine Exhaust Gas by Wet Scrubbing Method Using Urea Peroxide Solution." *Chemical Engineering Journal* 390 (June): N.PAG – N.PAG.

# BILAGOR

Bilaga 1. Teknisk spec Alfa Laval

Bilaga 2. Teknisk spec Valmet

Bilaga 3. Teknisk spec Wärtsilä

Bilaga 4. Teknisk spec Andritz

Bilaga 5. Stabilitetsrapport våtscrubber

Bilaga 6. Stabilitetsrapport våtscrubber

Bilaga 7. Stabilitetsrapport våtscrubber

Bilaga 8. Stabilitetsrapport våtscrubber

Bilaga 9. Stabilitetsrapport våtscrubber

Bilaga 10. Stabilitetsrapport våtscrubber

Bilaga 11. Placering av utrustning eget förslag

Bilaga 12. Placering av utrustning Wärtsilä förslag

Bilaga 13. Underhållsschema Wärtsilä

Bilaga 14. Stabilitetsrapport torrscrubber

Bilaga 15. Stabilitetsrapport torrscrubber

Bilaga 16. Stabilitetsrapport torrscrubber

Bilaga 17. Offert Valmet

Bilaga 18. Offert Alfa Laval

Bilaga 19. Offert Wärtsilä

Bilaga 20. Offert Andritz