

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för maskinteknik

INSTALLATION AV ÅNGTURBIN OMBORD M/S VIKING GRACE

Anton Lönnfors, Albin Sjögren



2021:42

Datum för godkännande: 08.11.2021
Handledare: Göran Henriksson

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Maskinteknik
Författare:	Anton Lönnfors, Albin Sjögren
Arbetets namn:	Installation av ångturbin ombord M/S Viking Grace.
Handledare:	Göran Henriksson
Uppdragsgivare:	Viking Line

Abstrakt

I vårt examensarbete skriver vi om möjligheten att installera en ångturbin ombord M/S Viking Grace. Syftet med arbetet är att se om det är möjligt med hjälp av en ångturbin minska bränsleförbrukningen ombord på fartyget. Resultatet baseras på följande frågeställning: Finns det tillräckligt med överloppsånga ombord för att driva turbinen och blir det lönsamt att driva turbinen? För att uppnå syftet har olika mätningar gjorts ombord samt data som tas upp av kontrollsystemet ombord använts. Materialet har analyserats med hjälp av Excel. Resultatet visar att det är möjligt att driva en ångturbin under en del av året och att det då skulle sparas ca, 80 000 € per år i bränslekostnader. Slutsatsen är att det kan vara lönsamt att installera en ångturbin ombord M/S Viking Grace men det beror också på installationskostnaden.

Nyckelord (sökord)

Ångturbin, Avgaseconomizer, Ångpanna, Effekt

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
2021:42	1458-1531	Svenska	34 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
19.09.2021	30.09.2021	08.11.2021

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Degree Programme:	Mechanical engineering
Author:	Anton Lönnfors, Albin Sjögren
Title:	Installation of Steam Turbine onboard M/S Viking Grace
Academic Supervisor:	Göran Henriksson
Commissioned by:	Viking Line

Abstract
<p>In our thesis, we write about the possibility of installing a steam turbine onboard M/S Viking Grace. The purpose of the work is to see if it is possible with the help of a steam turbine, to reduce fuel consumption on board the ship. The result is based on the following questions: Is there enough overflow steam on board to power the turbine and will it be profitable to run the turbine. To achieve this, various measurements have been made on board and data that has been taken up by the control system on board have been used. The material has been analyzed using Excel. The results show that it is possible to operate a steam turbine during part of the year and that it would then save approx. 80 000€ per year in fuel costs. The conclusion is that it can be profitable to install a steam turbine on board M/S Viking Grace, but it also depends on the installation cost.</p>

Keywords
Steam turbine, Exhaustgas economizer, Steam boiler, Power

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
2021:42	1458-1531	Swedish	34 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved:
19.09.2021	30.09.2021	08.11.2021

INNEHÅLLSFÖRTECKNING/TABLE OF CONTENTS

Ordlista	6
1. INLEDNING	7
1.1 Syfte	7
1.2 Frågor som skall besvaras	7
1.3 Metoder	8
1.4 Begränsningar	8
1.5 Problem	8
2. ALLMÄNT	8
2.1 M/S Viking Grace Data	9
2.2 Fartygets rutt	9
2.3 Fartygets maskineri	10
2.4 Drift av maskineri	10
3. ÅNGSYSTEM	11
3.1 Avgaseconomizer EME-VFT	12
3.1.1 Teknisk data	12
3.2 Ångpanna FMB/VM	12
3.2.1 Teknisk data	13
3.3 Dumpning av ånga	14
3.4 Ångförbrukningen	14
4. CLIMEON	15
4.1 Värmekraftsmodul	15
4.2 Ångturbin	16
5. MÄTUTRUSTNING	17
5.1 Flexim Fluxus F601	17
5.2 SQ2010 Squirrel Universal Input Data Logger	19
6. MÄTNINGAR	20
6.1 Första besöket	20
6.2 Första tillvägagåendet	20
6.3 Andra tillvägagåendet	20
6.4 Tredje tillvägagåendet	21
6.5 Uppmätt data	21
6.5.1 Tillgänglig data	21
6.5.2 Ångproduktion	22
6.5.2 Ångförbrukning	23

6.5.3 Överflödig ånga	23
7. SAMMANSTÄLLNING AV DATA	25
7.1 Turbinens effekt som funktion av ångflödet	25
7.2 Elproduktion beroende på utetemperatur	26
7.3 Varaktighetskurva	27
7.4 Elproduktion på ett år	28
7.4.1 Verklig elproduktion per år för 3 maskiners drift	28
7.5 Antal maskiner per dygn	29
8. RELEVANTA RESULTAT FÖR INSTALLATION AV ÅNGTURBIN	30
8.1 Resultat av data	30
8.2 Placering av ångturbin ombord	31
9. SLUTSATS	32
9.1 Syfte	32
9.2 Slutdiskussion	33
KÄLLFÖRTECKNING/REFERENCE LIST	34

Ordlista

- Hotwell- En uppsamlingstank som samlar upp varmt kondensat innan det pumpas till en panna via matarvattenpumpar.
- Ångturbin- En maskin som är kopplad till en generator för att producerar el med hjälp av ånga som driver turbinen.
- Ångpanna- Producerar ånga med hjälp av en brännare från varmt kondensat som kommer från en hotwell tank.
- Avgaseconomizer- Producerar ånga med hjälp av de varma avgaserna från en maskin. Varmt kondensat från en ångpanna pumpas in i avgaseconomizern som värmer det ytterligare för att det skall förångas när det återvänder till en ångpanna.
- Dumpningskondensator- Kondenserar överlopps ånga som sedan leds tillbaka till en hotwell tank.
- LNG- Står för liquid natural gas eller flytande naturgas. Används som huvudsakligt bränsle ombord M/S Viking Grace.
- HFO- Står för heavy fuel oil eller tjockolja.
- MDO- Står för marine diesel oil eller diesel olja. Används som pilot bränsle ombord M/S Viking Grace.
- Värmeväxlare- En komponent som för över värmeenergi mellan två medier.
- MCR- Max continuous rating, kontinuerlig maxbelastning för en motor.
- LT och HT vatten- Låg och hög temperaturs kylvatten för maskinerna.

1. INLEDNING

I detta examensarbete behandlar vi möjligheten till att installera en ångturbin ombord M/S Viking Grace. Andra saker som hör till detta examensarbete är att ta reda på ångproduktionen från avgaseconomizerna vid olika årstider och driftförhållanden, samt att tänka på en möjlig placering av ångturbinen ombord.

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att bestämma om det skulle vara lönsamt, att installera en ångturbin ombord på fartyget M/S Viking Grace för att minska bränsleförbrukningen samt utsläppen. Ångturbinen skulle drivas med ångan producerad av avgaseconomizerna. Fartygets ångsystem är dimensionerat för HFO-drift, som kräver mycket uppvärmning av tankar, bränsleledningar och separatorer. Men eftersom LNG används som bränsle, som inte kräver uppvärmning, har vi ett stort överflöd av ånga som dumpas, vilket betyder mycket värmeenergi som inte utnyttjas.

1.2 Frågor som skall besvaras

För att kunna bestämma om det är möjligt att installera en ångturbin måste vi få reda på vissa saker. Dessa saker är att om det produceras mera ånga än vad som behövs ombord samt om den mängden överlopps ånga är tillräcklig för att driva en ångturbin. Andra saker som måste tas reda på är om det finns överlopps ånga under alla årstider, eller bara under en viss del och i så fall hur stor del av året det finns tillräckligt med överlopps ånga för att driva en ångturbin.

1.3 Metoder

För att komma fram till svaren på dessa frågor har vi spenderat tid ombord på fartyget och använt oss av olika mätare för att få upp all den data som vi behöver. Vi har också fått en stor del data som fartygets automationssystem har tagit upp. Vi kommer berätta om vad som varit svårt med mätningar samt hur vi har gjort för att få fram de värden som vi behöver.

1.4 Begränsningar

En del saker som vi inte alls har forskat i är t.ex. ångturbinens koppling till elsystemet., fartygets stabilitet om man installerar en ångturbin och ångturbinens koppling till ångsystemet. En sak till som vi inte har räknat med är då det är 4 stycken maskiner i drift. Detta har vi inte räknat med eftersom det inte är något som förekommer normalt.

1.5 Problem

Under tiden vi har hållit på med examensarbetet har vi varit i mitten av Covid 19-pandemin. Detta har lett till att vi inte har kunnat vara ombord på fartyget så mycket som vi har velat. Detta i sin tur har lett till att vi har missat tillfällena då vi skulle ha kunnat mäta värden vid vissa utetemperaturer.

Det vi har gjort för att åtgärda detta problem är att vi har gått från den data som vi har kunnat mäta upp och sedan använt oss av trendlinjer för att få så användbara värden som möjligt vid de ute temperaturerna.

2. ALLMÄNT

M/S Viking Grace är en kryssningsfärja som trafikerar mellan Åbo-Mariehamn-Stockholm. Fartyget började byggas år 2010 och levererades till Viking Line år 2013. En bild på fartyget kan ses i figur 1 nedan.



Figur 1. M/S Viking Grace (Viking Line, 2021)

2.1 M/S Viking Grace Data

Längd: 218 m

Bredd: 31,8 m

Djupgång: 6,8 m

Bruttoton: 57 565

Maskineri: 4 x Wärtsilä 8L50DF

2 x ABB 10,5 MW

Knop: 22,0

Antal passagerare: 2800 st

Hyttplatser: 2980 st

Lastmeter: 1275 m

(Viking Line 2021, n.d.-a)

2.2 Fartygets rutt

M/S Viking Grace avgår från Åbo klockan 20.55 och anländer till Långnäs klockan 01.05 och fortsätter mot Stockholm klockan 01.10. Fartyget anländer till Stockholm 06.30. Fartyget seglar tillbaka mot Åland klockan 07.45 och anländer i Mariehamn klockan 14.10 och åker vidare till Åbo klockan 14.25 och anländer 19.50.

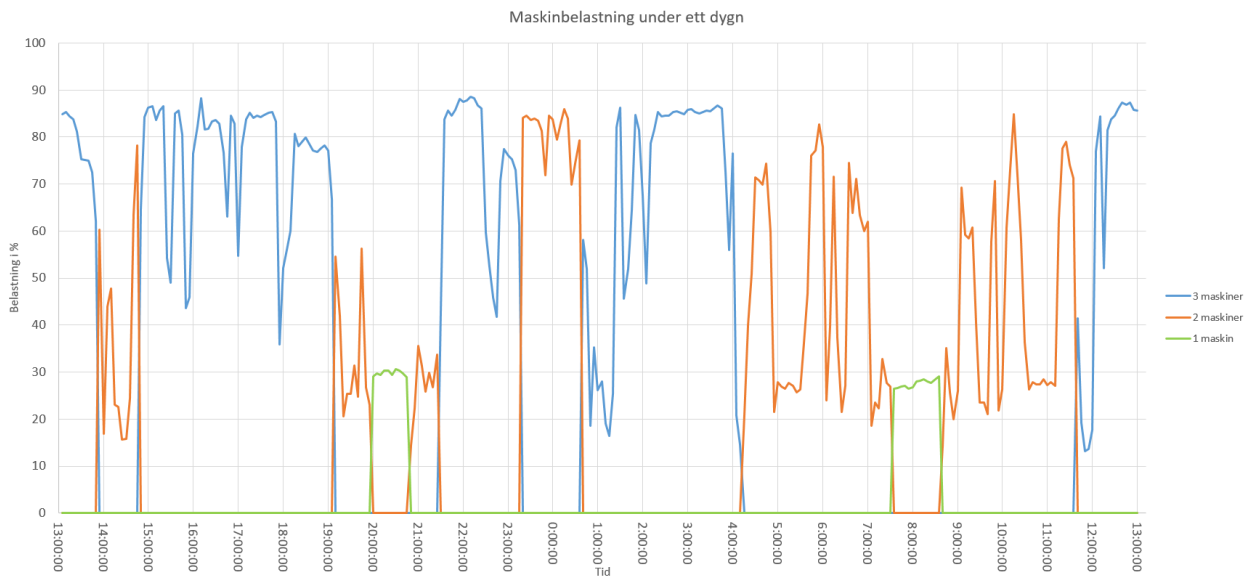
Alla tider är lokala (Viking Line 2021, n.d.-b).

2.3 Fartygets maskineri

M/S Viking Grace framdrivningskraft samt all elproduktion fås från dess 4 st. Wärtsilä 8L50DF-motorer. Motorerna kan köras på LNG (liquefied natural gas), marindiesel eller HFO (heavy fuel oil). LNG är det huvudsakliga drivmedlet för fartyget. Fartyget har dieselektrisk framdrift, vilket betyder att maskinerna driver generatorer, som i sin tur driver framdrivningsmaskineri som är direkt kopplade med axel till propellrarna. Detta har många fördelar: Hjälpmotorer för elproduktion behövs inte ombord, och man kan köra ojämnt antal maskiner men ändå ha jämnt fördelad last på framdrivningsmaskinerna.

2.4 Drift av maskineri

M/S Viking Graces körs ca. 22 timmar om dygnet och har alltid en maskin igång när fartyget är i hamn. Under normal körning används normalt 2 till 3 maskiner beroende på vilken del av ruten fartyget är på. Nedan kan man se hur belastningen av maskinerna varierar under ett normalt dygn i figur 2.

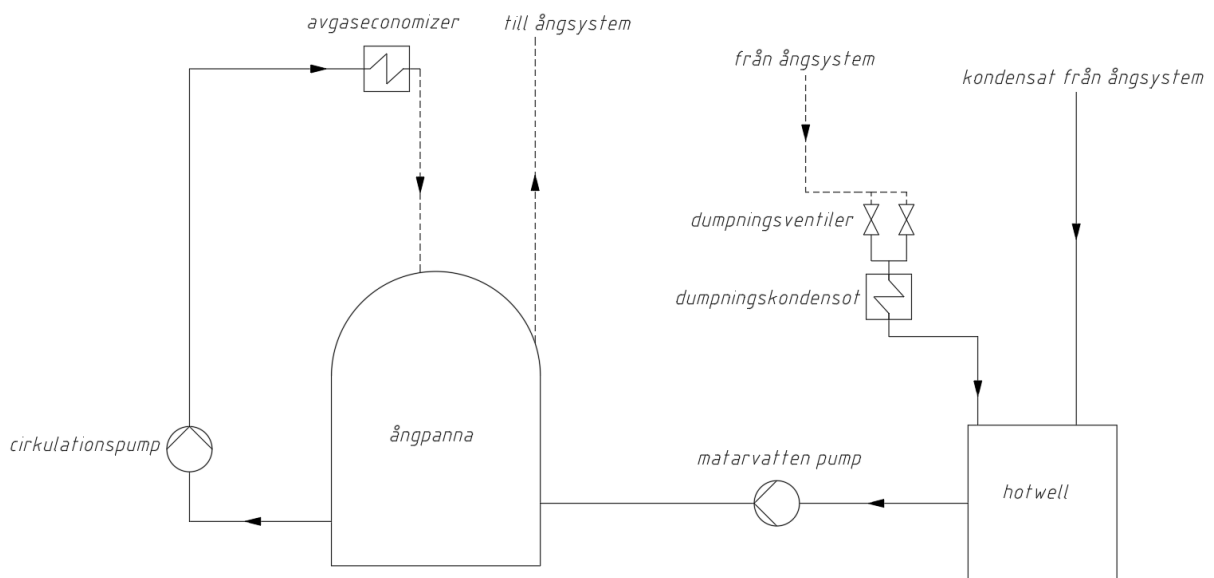


Figur 2. Belastning av maskinerna under ett normalt dygn.

3. ÅNGSYSTEM

Ångsystemet ombord körs på ett tryck på 7 bars övertryck. Trycket hålls uppe under drift med hjälp av 4 stycken avgaseconomizers, en för varje motor. Då som avgaseconomizersna inte klarar av att producera all ånga som behövs, hjälper två stycken ångpannor att hålla upp trycket. Ångpannorna använder antingen LNG eller MDO som bränsle.

Det är mest önskvärt att producera ångan som krävs med hjälp av avgaseconomizerna, eftersom då görs det med hjälp av energi som annars skulle gå förlorad i avgaserna. Man vill köra så lite som möjligt på ångpannorna eftersom dom använder ytterligare bränsle för att producera ångan. En simpel ritning över halva ångsystemet kan ses nedan i figur 3.



Figur 3. Förenklad ritning över halva ångsystemet.

Modellen på avgaseconomizerna som används är EME-VFT som är tillverkad av SAACKE Marin Systems. Modellen på ångpannorna är FMB/VM och är också tillverkade av SAACKE Marine Systems.

3.1 Avgaseconomizer EME-VFT

En avgaseconomizer är en värmeväxlare som använder de varma avgaserna från maskinerna för att överföra värme till cirkulerande vatten i economizer tuberna. Economizerna är kopplade till ångpannorna och får det vatten som behövs från ångpannorna med hjälp av cirkulationspumpar. Ingen ånga bildas i avgaseconomizerna utan den bildas då det varma vattnet åker tillbaka till ångpannorna där det är ett lägre tryck.

3.1.1 Teknisk data

All data för denna typ av avgaseconomizer är tagen från Saacke Marine Systems manual. I den manualen är ingen maskin specificerad. Detta betyder att uppmätta värden inte helt stämmer överens med den tekniska datan.

Maskin belastning (LNG drift): 85%.

Ångproduktion: 1710 kg/h.

Arbetstryck: 7.0 bar g.

Design tryck: 9.0 bar g.

Avgasflöde: 38520 kg/h.

Avgastemperatur vid EGE inlopp: 404.0 °C.

Avgastemperatur vid EGE utlopp: 301.2 °C.

Matarvattentemperatur: 60 °C.

(SAACKE MARINE SYSTEMS, 2011)

3.2 Ångpanna FMB/VM

Dessa ångpannor är vertical oljeeldade vatten tubs och röktubs-pannor. Pannornas brännare kan drivas på diesel, tjockolja eller LNG. LNG används som huvudsakligt bränsle för ångpannorna.

Brännarens uppgift är att starta om trycket i pannan sjunker för lågt. Då trycket har ökat igen så stängs dom av. Båda ångpannorna behöver inte starta utan endast den ångpanna som trycket har sjunkit i. Då vattennivån blivit låg i pannan fylls den på från hotwell men hjälp av matarvattenpumpar.

3.2.1 Teknisk data

All data för denna typ av ångpanna är tagen från Saacke Marine Systems manual.

Boiler belastning (LNG drift): 100%.

Ångproduktion: 7000 kg/h.

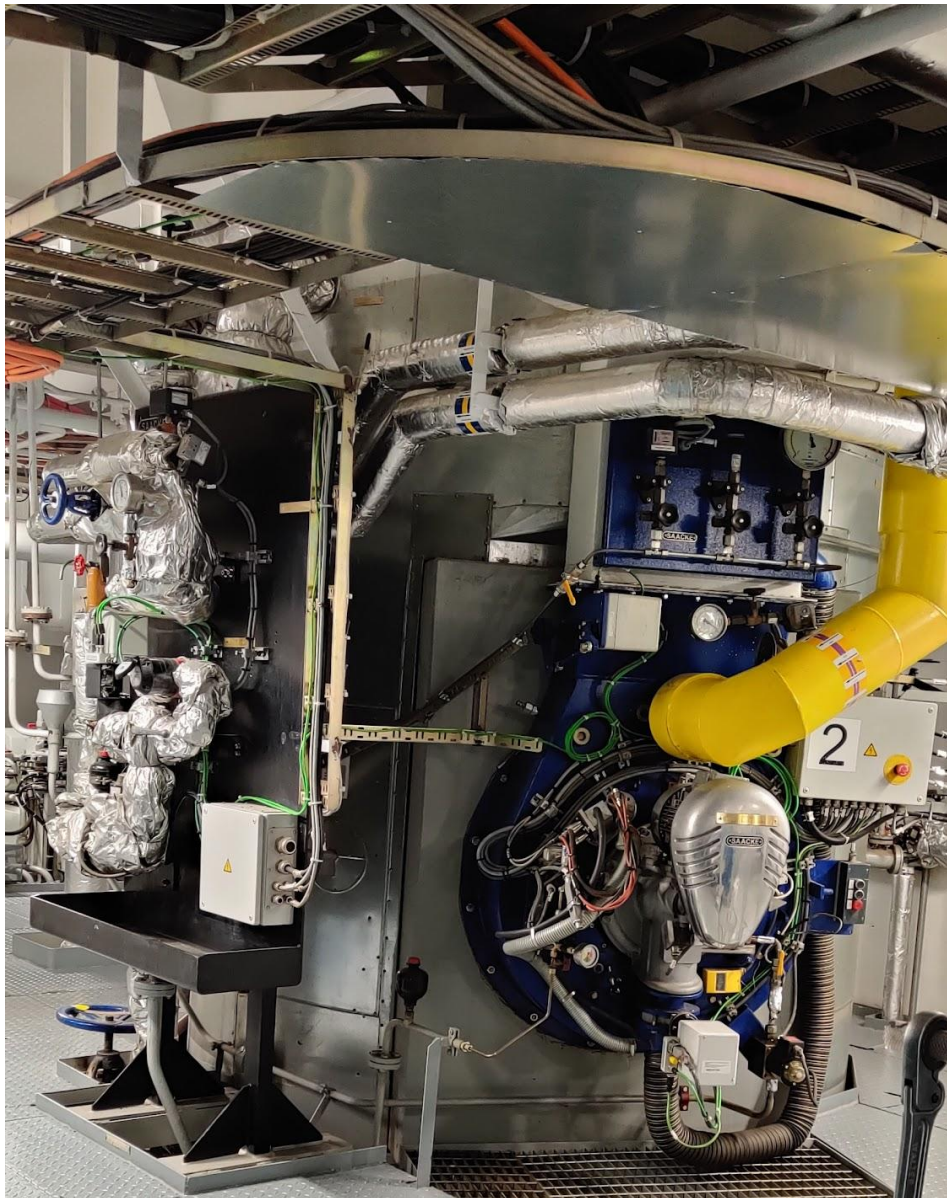
Arbetstryck: 7.0 bar g.

Design tryck: 9.0 bar g.

Matarvattentemperatur: 60 °C.

Bränsle förbrukning: 433 kg/h.

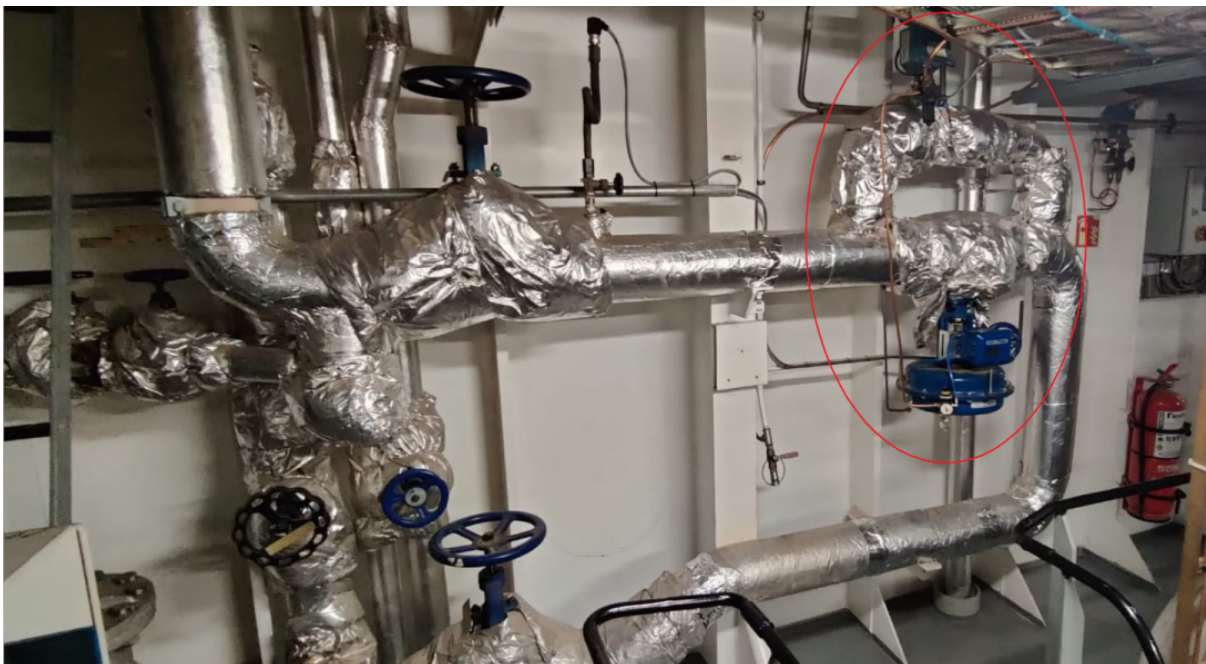
En bild på en ångpanna kan ses nedan i figur 4 nedan.



Figur 4. En av fartygets ångpannor.

3.3 Dumpning av ånga

Dumpningen av ånga sker med hjälp av dumpningsventiler. Det finns två per sida, en av dem styrs av ångtrycket (den större), då ångtrycket i ånglinjen blir för högt öppnar den dumpningsventilen för att sänka trycket. Den andra styrs med temperatur. Då temperaturen på ångan i ångledningen blir för hög öppnar den dumpnings ventilen. Efter ventilerna kommer dumpningkondensorn, som är en rörvärmeväxlare som kyler ner kondensatet med hjälp av motorernas LT- vatten. Kondensatet leds sedan till den sidans hotwell. En bild på dumpningssystemet med ventilerna kan ses nedan i figur 5.



Figur 5. Dumpningssystemet med dumpnings ventilerna inringade.

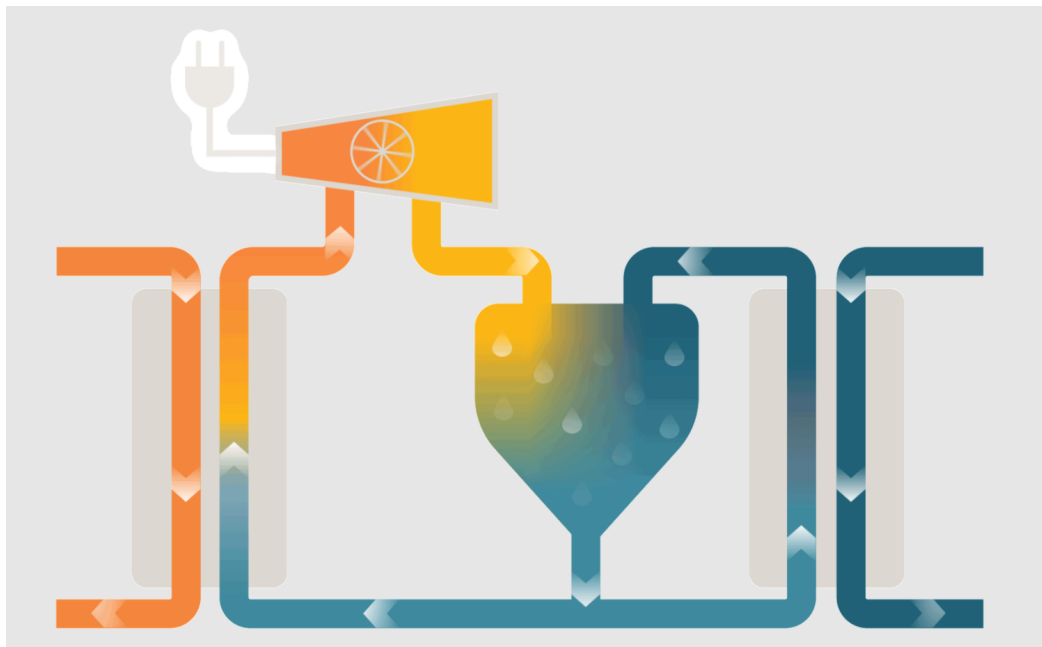
3.4 Ångförbrukningen

Ångan som förbrukas ombord på M/S Viking Grace går till flera olika ställen. Största delen av den används för uppvärmning av inomhusutrymmen på fartyget samt uppvärmning av bildäck. En liten del går åt att värma tankar, förvärmning av maskiner och till separatorer mm. Eftersom bildäcksvärmningen endast används under en liten del av året, så frigörs en hel del ånga som istället dumpas. Det finns ingen specifik temperatur då bildäcks värmningen stängs av utan det görs då som det känns att det är varmt nog.

4. CLIMEON

4.1 Värmekraftsmodul

Ombord på fartyget finns också ett Climeonsystem som omvandlar värmeenergi i huvudmaskinernas kylvatten till elenergi. Med hjälp av ett varmt medie och ett kallt medie värmer vi och kyler vi arbetsmediet för att skapa en tryckskillnad i systemet. Denna tryckskillnad betyder att vi har ett flöde genom systemet. Detta flöde driver en turbin som är kopplad till en generator som producerar elektricitet. En bild som visar hur det fungerar kan ses i figur 6 nedan. En bild på värmekraftsmodulen kan ses i figur 7 nedan.



Figur 6. Climeon anläggningens process simplifierad, (Climeon 2021, n.d.).



Figur 7. Climeon värmekraftsmodul.

4.2 Ångturbin

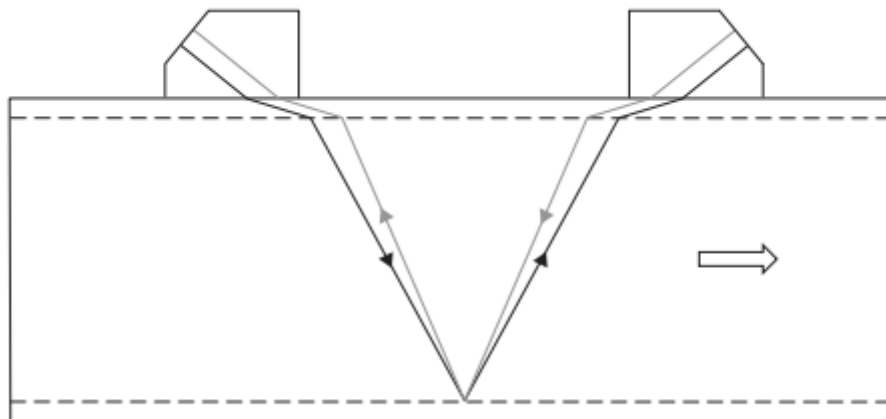
Tillverkaren av ångturbinen som vi har valt att fokusera oss på är Climeon. Enligt deras information kan den producera 135 kW vid ett ångtryck på 7 bars övertryck samt ett ångflöde på ~3240 kg/h. Turbinen drivs på mättad ånga. Desto lägre ångflödet blir desto mindre effekt producerar turbinen. Det är alltså möjligt att köra ångturbinen på lägre ångflöde om det behövs. Två av dessa turbiner är installerade ombord Viking Lines nybygge M/S Viking Glory.

5. MÄTUTRUSTNING

Nedan kommer vi berätta om mätutrustningen som vi använt under arbetet samt lite om hur dom fungerar.

5.1 Flexim Fluxus F601

Flexim Fluxus F601 är en ultraljudsflödesmätare vars givare kopplas på utsidan av ett rör som man vill mäta flödet i. Den har 2 stycken givare som tar emot och skickar ut signaler. Då ett flöde finns i röret blir det en liten fördröjning i signalen. Med hjälp av det kan den räkna ut flödet. Dem skickar och tar emot signaler ständigt vilket ger oss en bra bild på hur stort flöde vi har i röret och hur det förändras under tiden. En bild på givarnas funktion kan ses i figur 8 nedan.



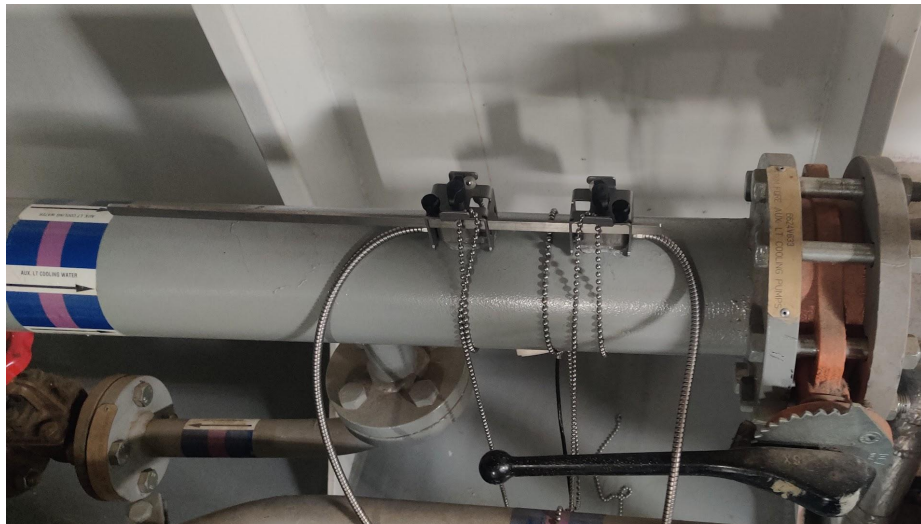
Figur 8. Givarnas funktion vid flödesmätning (FLUXUS F601, 2021).

Vi hade 2 stycken av dessa mätare varav en hade möjlighet att mäta temperatur, vilket i kombination med flödet kunde omvandlas till energi. Allt som krävs för detta är bara att montera ett par temperaturgivare till samma rörsystem du vill mäta flödet i. Nedan finns bild på upplägget i figurerna 9, 10 och 11.

Mätaren har möjligt att spara en massa data som sedan kan laddas ner till en dator som en Excelfil.



Figur 9. Flexim Fluxus-mätaren.



Figur 10. Montering av Flexim-mätsensorer.



Figur 11. Temperatursensor monterad på röret.

5.2 SQ2010 Squirrel Universal Input Data Logger

Denna utrustning är en universal mätare som kan mäta upp bl.a. temperatur, spänning, ström och motstånd. Men i våra mätningar har vi endast använt oss av temperaturmätningen.

Mätaren sparar datan som sedan kan konverteras till Excelformat. En bild på mätaren kan ses nedan i figur 12.



Figur 12. Squirrel universal input data logger.

6. MÄTNINGAR

Nedan kommer vi berätta om hur vi har gått till väga för att göra våra mätningar ombord på fartyget. Vi kommer också skriva om några problem vi stötte på under mätningarna.

6.1 Första besöket

Vi började med ett besök ombord för att se på ritningar och bekanta oss med utrustningen på plats. Därefter gjorde vi upp en plan på hur vi skulle gå tillväga.

6.2 Första tillvägagåendet

Vår första plan var att mäta flödet direkt ut ur dumpningkondensorn. På det sättet skulle vi genast få veta hur mycket ånga som dumpas under en viss tid och jämföra detta med motorbelastningen, för att sedan kunna rita upp en kurva på hur motorbelastningen påverkar dumpningen. Detta visade sig inte fungera eftersom det kom ut ångblandat kondensat ur dumpningkondensorn. Detta betydde att Flexim-mätaren inte kunde mäta flödet eftersom den endast fungerar på vätskor.

6.3 Andra tillvägagåendet

Vår nästa plan var att mäta upp flödet från hotwelltankarna in till pannorna, vilket skulle vara vår ångproduktion. Vi skulle också mäta upp kondensat returen till hotwell tankarna, detta skulle vara vår ångförbrukning och med hjälp av det få ut mängden överflödigt ånga, alltså dumpad ånga.

Detta visade sig också vara svårt eftersom kondensatet som kom tillbaka till hotwelltankarna också var ångblandat kondensat vilket betydde att Flexim-mätaren inte kunde mäta flödet. Mätandet av ångproduktionen fungerade annars bra och den använde vi oss av i senare tillfällen.

6.4 Tredje tillvägagåendet

Tredje försöket gick ut på att mäta flödet från hotwelltankarna in till pannorna, samt mäta flödet och värme upptagningen på kylvattnet till dumpningskondensatorerna. Detta visade sig fungera rätt så bra. Dessa test var vi tvungna att ta enskilt eftersom vi endast hade 2 stycken Flexim-mätare och skulle i detta fall ha behövt 4 stycken. Eftersom bägge pannor går ihop till ett och samma ångsystem så var vi tvungna att mäta produktion och dumpning enskilt. Detta gjorde vi genom att under ett normalt driftsdygn mäta ångproduktionen och nästa normala driftsdygn mäta värmeupptagningen på kylvattnet till dumpningskondensatorerna. På detta sätt fick vi så noggranna värden som tillfället gav oss.

Denna process upprepades fler gånger eftersom vår ångförbrukning varierar mycket beroende på utetemperatur. Vi ville få så noggrann data som möjligt på ångproduktionen beroende på motorbelastningen.

Då vi analyserade datan visade det sej att dumpningen inte kunde användas eftersom den varierade för mycket. Alla variabler som ständigt ändrade gjorde att datan inte ansågs logisk.

6.5 Uppmätt data

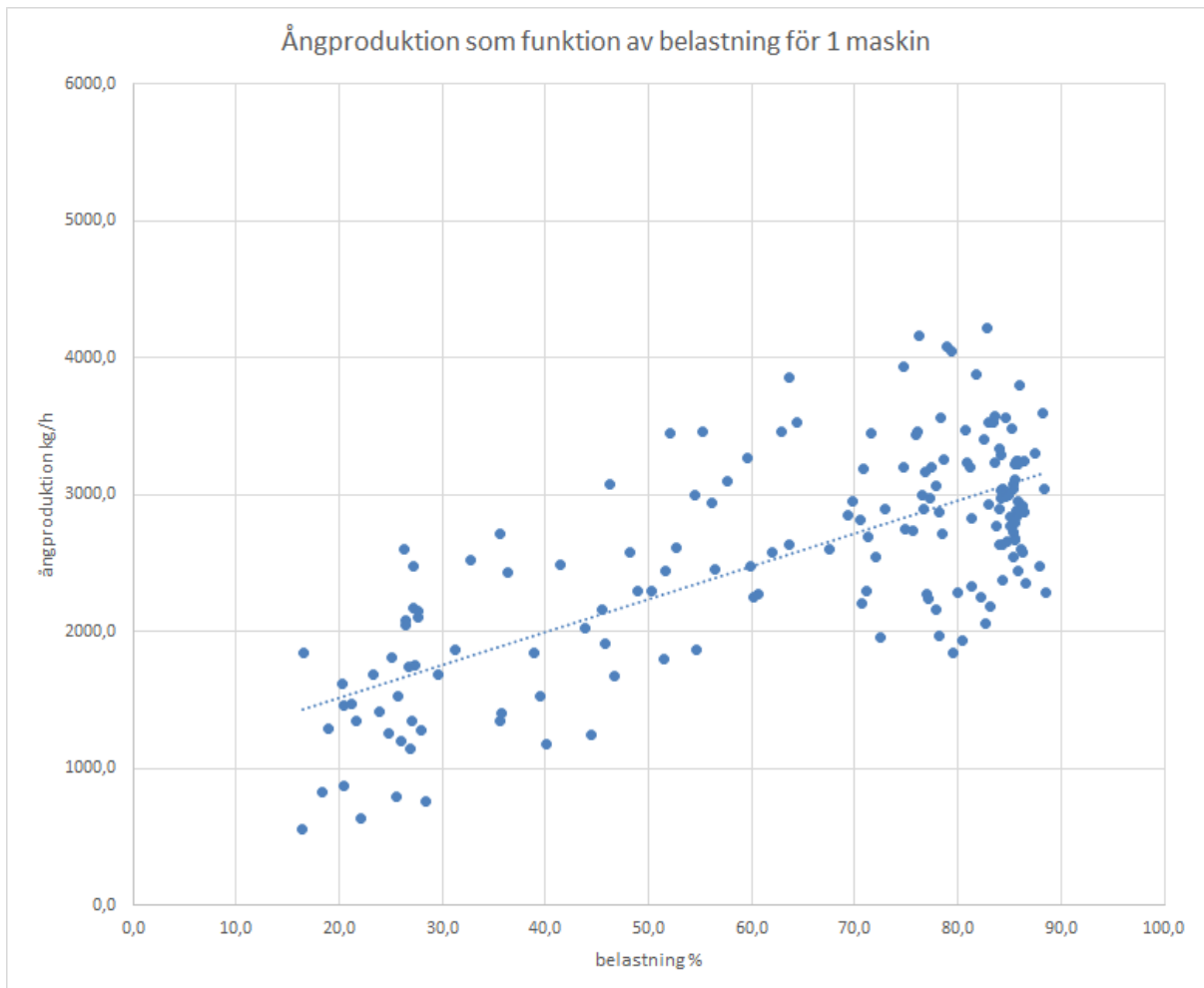
6.5.1 Tillgänglig data

Från fartygets automationssystem kunde vi få ut mätvärden på motorbelastning, antal motorer som var igång, utetemperatur samt om ångpannornas brännare var på eller av. All denna data fick vi i enkla Excelfiler. Med hjälp av detta kunde vi se hur ångproduktionen och förbrukningen varierade med dessa variabler.

6.5.2 Ångproduktion

Eftersom vi har så många variabler som ständigt ändrar var vi tvungna att ta en trendlinje på våra uppmätta värden. Då vi analyserade datan granskade vi att ångpannans brännare ej var igång eftersom skulle ha stört vår tillverkning, eftersom vi endast är intresserade av vad avgaseconomisern producerar.

Vi undvek också att ta med data då snabba belastningsändringar har inträffat eftersom det skulle störa våra mätningar. I figur 13 nedan har vi också valt att ta bort värden som anses totalt orimliga. Som tidigare sagt är Flexim-mätaren rätt så känslig så vissa värden var vi tvungna att ta bort.

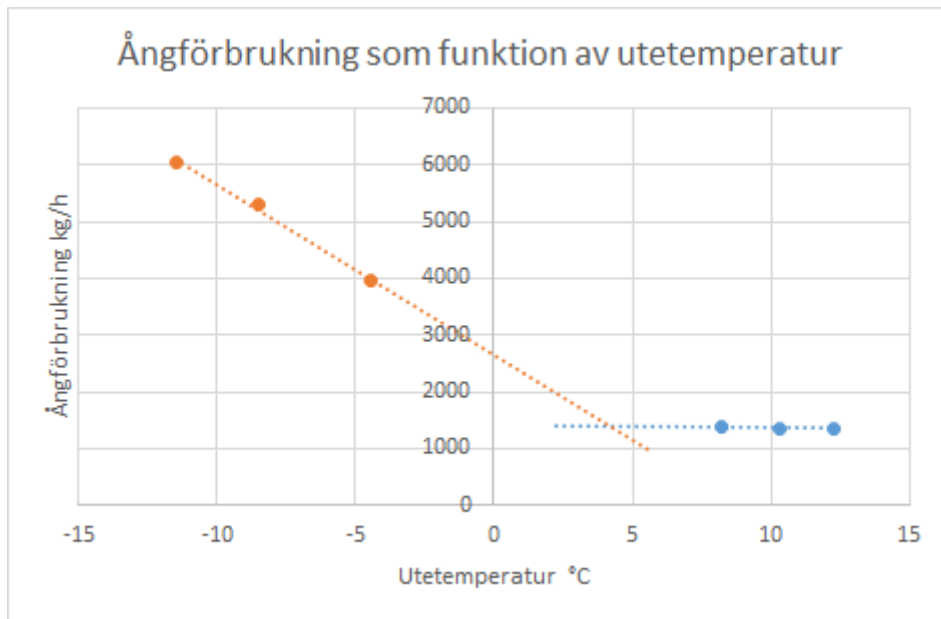


Figur 13. Ångproduktion som funktion av belastning i %.

Som vi kan se i diagrammet så verkar detta helt rimligt. Enligt data som vi har fått från Viking Line ska vår ångproduktion ligga kring 2320 kg/h vid 85 MCR men enligt våra egna uppmätta värden verkar det vara bättre produktion än det.

6.5.2 Ångförbrukning

För ångförbrukningen tog vi och mätte upp flödet till ångpannorna från hotwelltankarna vid tillfällen då ångpannornas brännare kördes och dumpningsventilerna var stängda, dvs. då avgaseconomisers ångproduktion inte räckte till. Detta blir alltså vår rena ångförbrukning eftersom ingen överflödiga ånga produceras, allt som produceras används. Figur 14 nedan visar vår uppmätta förbrukning vid olika utetemperaturer.



Figur 14. Ångförbrukning som funktion av utemperaturen.

Enligt oss borde förbrukningen sjunka rätt så snabbt ner vid det skedet då bildäcksvärmingen stängts av eftersom det är en rätt så stor konsument av ånga. Tyvärr har vi inte kunnat mäta upp värden mellan ca -5 och +7 grader. Covid-19-pandemins läge gjorde det omöjligt för oss att vistas ombord vid dessa temperaturer. Vi har gjort en anpassning för dessa temperaturer istället i form av en trendlinje.

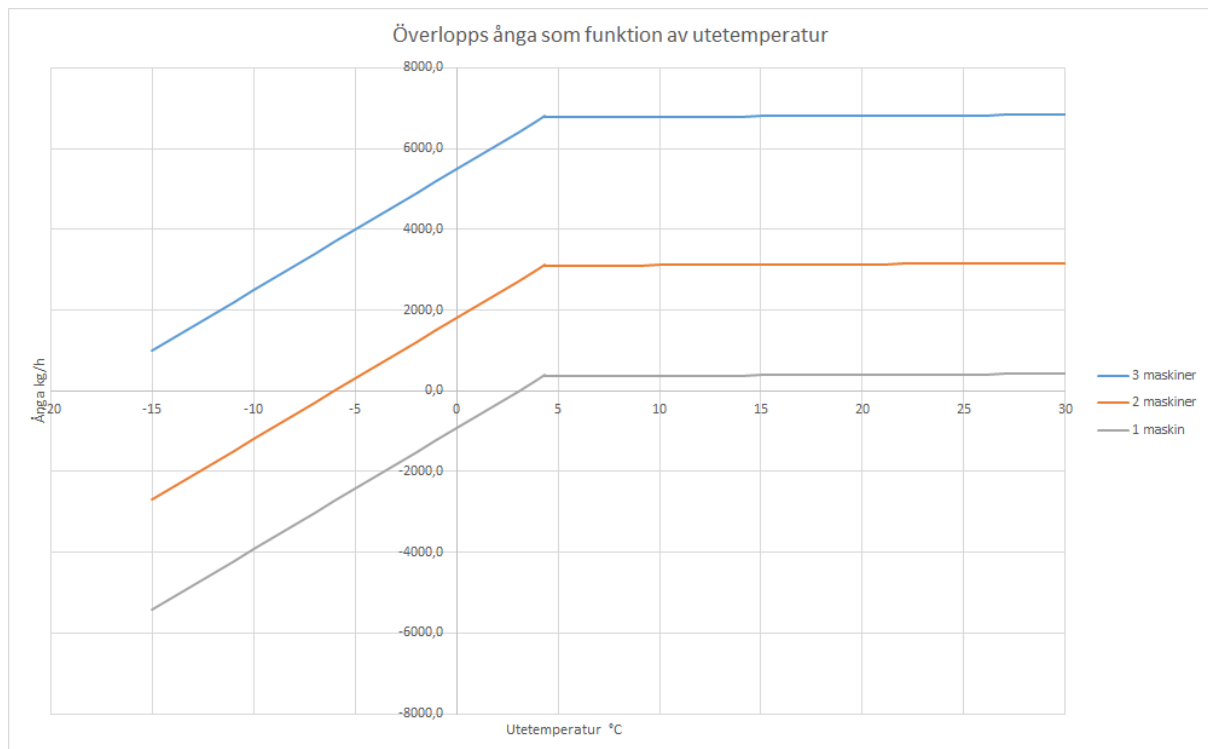
6.5.3 Överflödiga ånga

Då vi har mätt upp ångproduktionen samt ångkonsumtionen kan vi räkna ut hur mycket överflödsånga vi har. Det gör vi på följande sätt:

$$\text{ångproduktion} \times \text{antal maskiner} - \text{ång konsumtion} = \text{överloppssånga}$$

Belastningen på maskinerna varierar men är alltid jämnt fördelad på samtliga maskiner som är i drift. Vi har tagit ett medeltal på belastningen för att det skall gå att beräkna så tydligt som möjligt. Under 3 normala driftsdygn har vi tagit upp procenterna på belastningen för att få ett medeltal på belastningen. Vid 3 maskiners drift blev medelbelastningen ~70%, 2 maskiners drift ~50% och en maskinsdrift ~29%. Belastningen vid 3 och 2 maskiners drift rör sig mellan 13% och 89%. För en maskins drift rör belastningen sig mellan 27% och 32%.

Med dessa medelbelastningar kan vi nu räkna ut medel ångproduktion och med ångkonsumtionen kan vi lägga upp detta i ett diagram som kan ses nedan i figur 15 nedan.



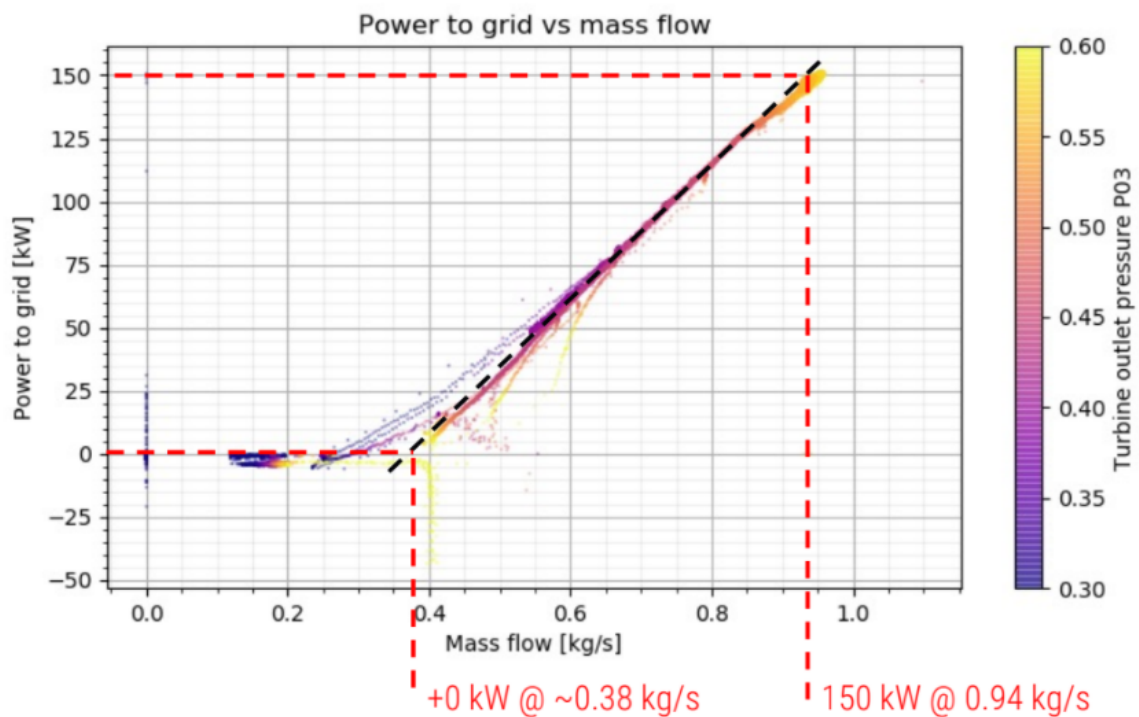
Figur 15. Mängden överlopps ånga som funktion av utetemperatur.

Vi kan se ett stort överflöd av ånga för två- och tremaskinsdrift. 1 maskinsdrift i sin tur producerar knappt någon överflöd av ånga oberoende av utetemperatur.

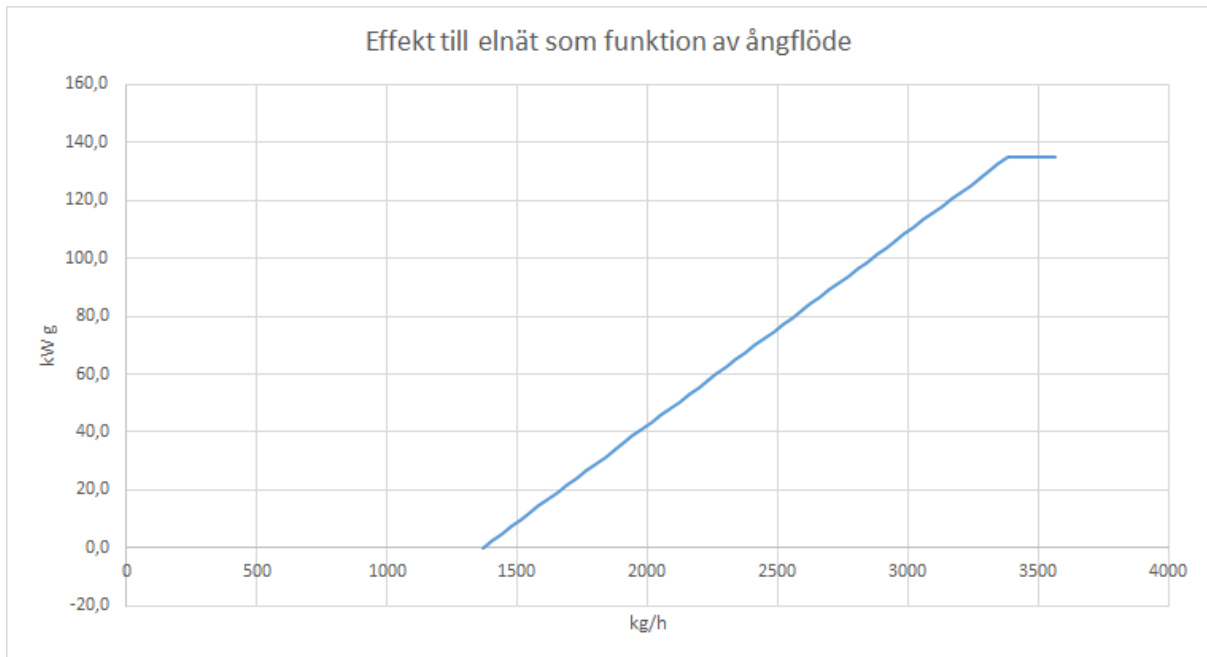
7. SAMMANSTÄLLNING AV DATA

7.1 Turbinens effekt som funktion av ångflödet

Med hjälp av ett diagram som vi fick från Climeon kunde vi rita upp en effektkurva, beroende på ångflödet. Diagrammet från Climeon kan ses nedan i figur 16. Vår uppritade effektkurva kan ses nedan i figur 17. Vår kurva avtar vid 135 kW eftersom det är vår maxproduktion vid 7 bar enligt Climeon.



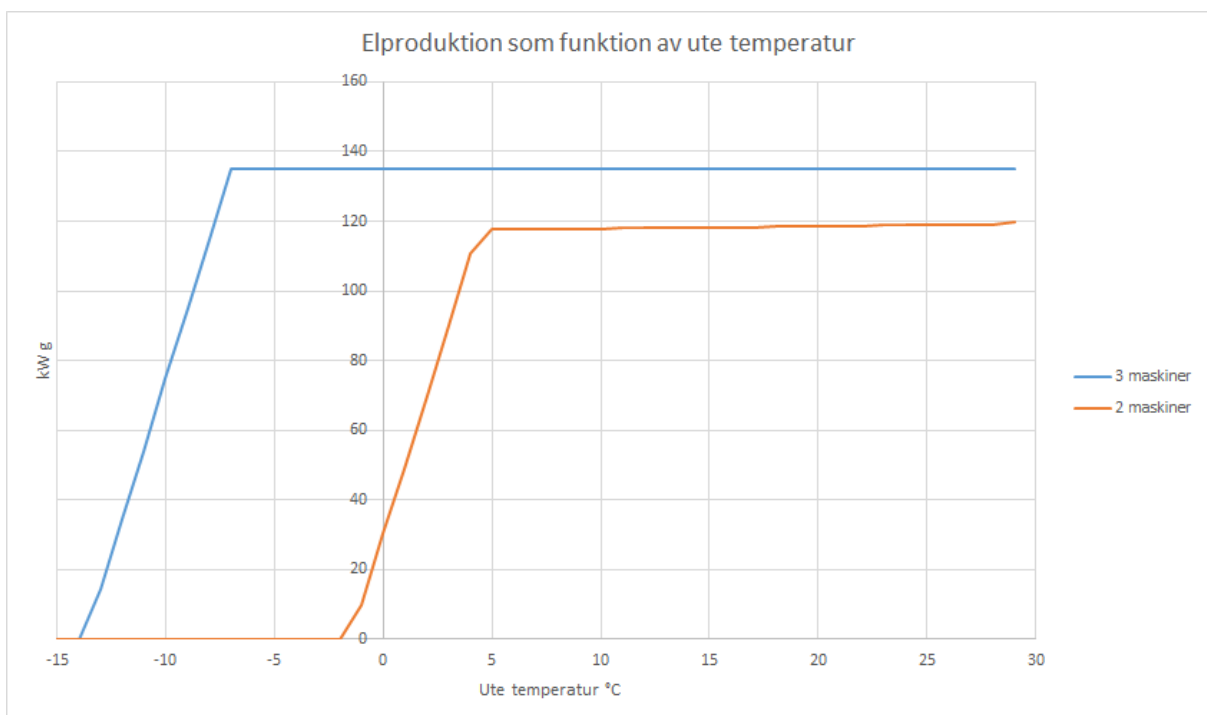
Figur 16. Effekt till elnät som funktion av ångflödet (Climeon 2021).



Figur 17. Effekt till elnät som funktion av ångflödet.

7.2 Elproduktion beroende på utetemperatur

Eftersom vi nu vet mängden överflödigg ånga beroende på utetemperaturen, samt turbinens effekt beroende på ångflödet, kan vi nu kombinera dem för att få veta elproduktionen som funktion av utetemperaturen. Diagrammet som vi har fått fram kan ses i figur 18 nedan.

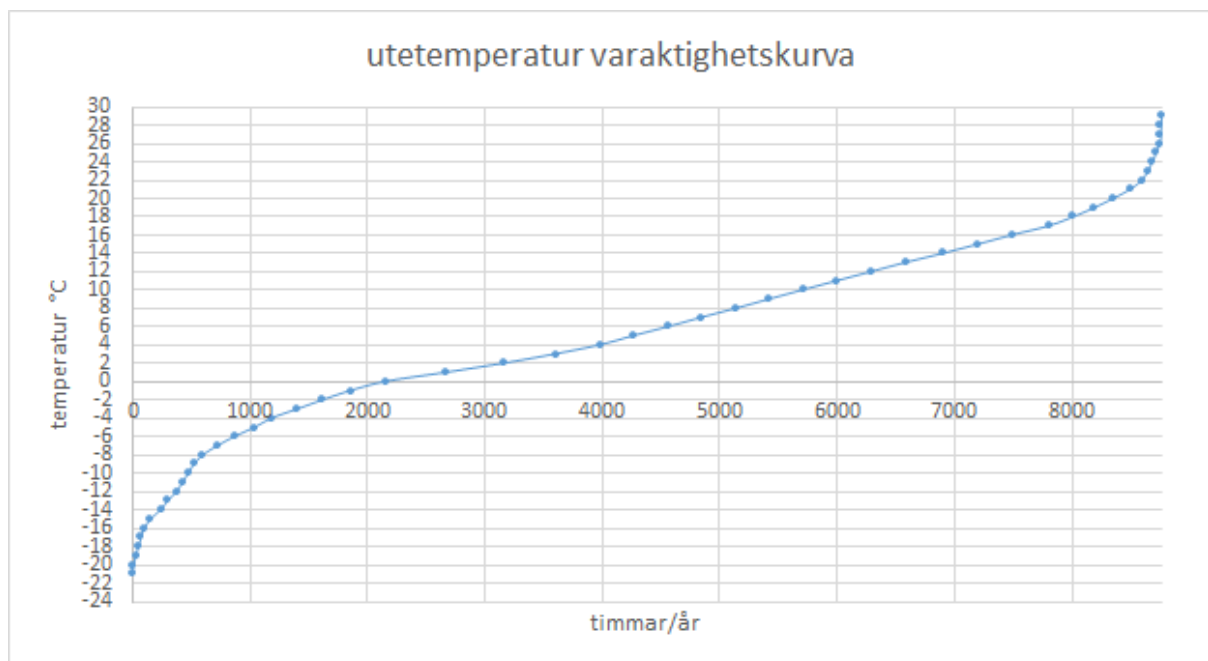


Figur 18. Elproduktion som funktion av utetemperatur.

7.3 Varaktighetskurva

Vi har använt oss av finska meteorologiska institutets undersökning från 2012 vilket är den senaste som gjorts. Med hjälp av värden från den undersökningen som har mätt upp hur många timmar om året det är vissa temperaturer, har vi kunnat framställa följande graf som kan ses i figur 19 nedan. Denna graf är uppmätt i Vanda vilket är den närmaste mätpunkten som finns till området där M/S Viking Grace seglar.

En kort beskrivning om grafen nedan: T.ex. ser vi en punkt vid 4 °C och 4000 timmar, vilket betyder att 4000 timmar om året är det 4 °C eller kallare. Vi kan alltså se att temperaturen är rätt så jämnt fördelad förutom vid riktigt låga samt höga temperaturer (Ilmantieteenlaitos, 2012)

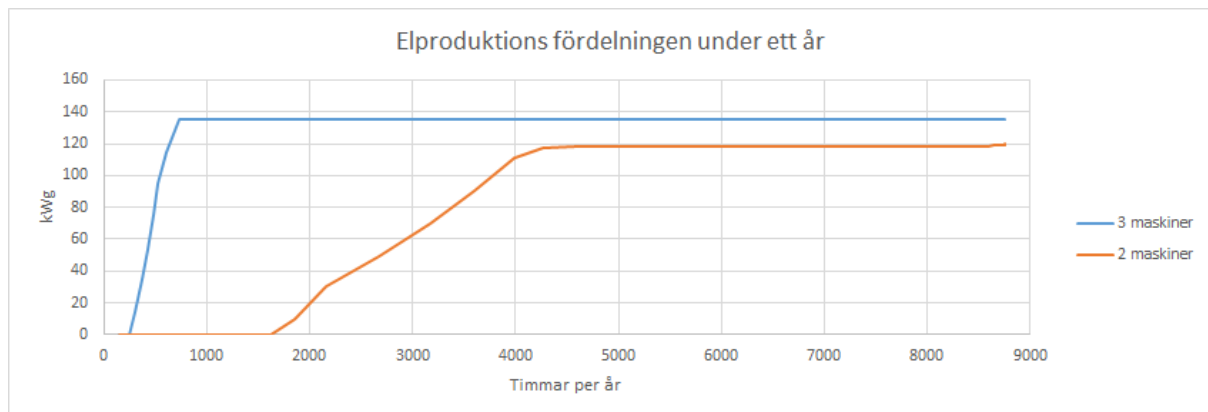


Figur 19. Varaktighetskurva.

7.4 Elproduktion på ett år

Då vi har tagit fram elproduktionen som funktion av utetemperaturen kan vi nu kombinera det med varaktighetskurvan. Då får vi fram hur många kW vi kan producera på ett år vid 3 maskiners drift och 2 maskiners drift som kan ses i figur 20 nedan. Observera att vi i detta skede inte ännu har beaktat hur många timmar om dygnet man kör på 2 och 3 maskiner, det kommer i ett senare skede.

En annan sak som vi måste nämna är att vi inte har tagit med 1 maskinsdrift i detta diagram. Detta eftersom det blir en så låg produktion att det inte är värt att räkna med.



Figur 20. Elproduktion på ett år, 2 och 3 maskiner.

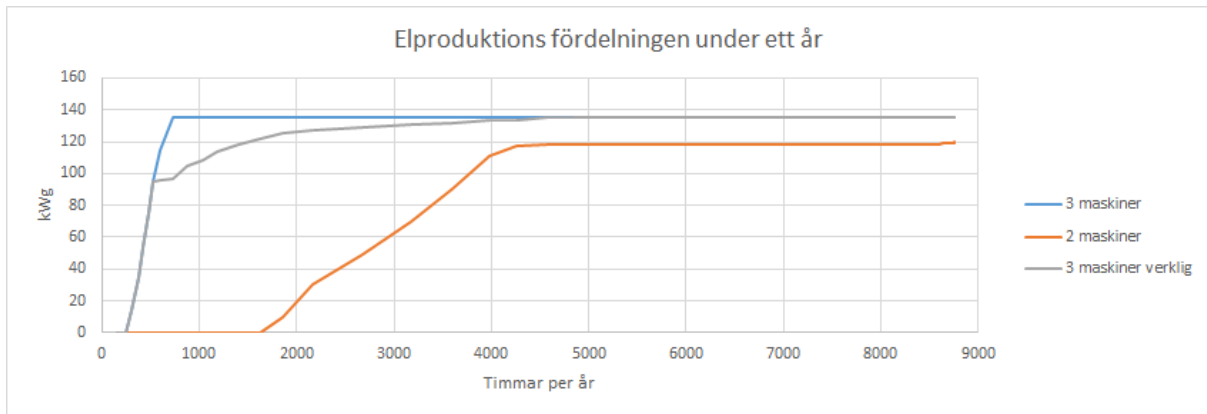
Om vi nu beräknar arean under dessa två kurvor i diagrammet kommer vi fram till hur många kWh som skulle produceras på ett år för de olika drifts lägena.

För 3 maskiners kontinuerlig drift skulle det bli ca. 1 120 000 kWh eller 1120 MWh.

För 2 maskiners kontinuerlig drift skulle det bli ca. 693 000 kWh eller 693 MWh.

7.4.1 Verklig elproduktion per år för 3 maskiners drift

Eftersom vi har använt oss av medeltal stötte vi på följande problem: Då turbinen körs på maxbelastning kan man inte längre använda sig av medeltalet på ångtillverkningen. All ånga som tillverkas över behovet för turbinen bidrar inte till mera effekt. Vi har tagit ut en medelproduktion för tider då ångan ej räcker till för att köra turbinen på max effekt. Sedan har vi räknat ut ångturbinens effekt för dessa, samt hur stor andel av tiden som turbinen ej körs på max effekt. Vi har sedan summerat dessa effekter med respektive procent av tiden som det körs för att få upp följande graf som kan ses nedan i figur 21.



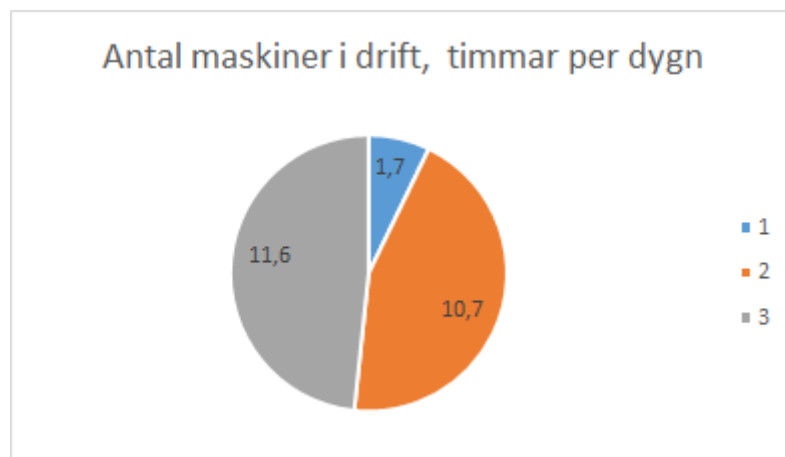
Figur 21. Verklig elproduktion per år.

Som man kan se så minskar elproduktionen för 3 maskiners drift med en del. Den gråa linjen är alltså vår slutliga elproduktion. Om vi beräknar arean under den verkliga kurvan får vi veta hur många kWh ångturbinen på riktigt producerar under ett år.

Verklig elproduktion per år för 3 maskiners kontinuerlig drift blir ca. 1 080 500 kWh eller 1080,5 MWh.

7.5 Antal maskiner per dygn

För att få ett medeltal på hur många timmar under ett normalt drifts dygn det körs på olika antal maskiner tog vi värden från fartygets automationssystem. Vi tog ett medeltal för tre normala drift dygn och fick då ett medeltal som kan användas. Nedan i diagrammet som kan ses i figur 22 kan man se dessa värden.



Figur 22. Antal timmar som ett visst antal maskiner körs under ett dygn.

8. RELEVANTA RESULTAT FÖR INSTALLATION AV ÅNGTURBIN

Med hjälp av all data vi har samlat samt lagt ihop kan vi nu räkna ut hur mycket effekt som ångturbinen skulle producera under ett år vid olika driftslägen. Vi kan börja med att räkna ut vilken procent av ett år det körs på 3 maskiner samt 2 maskiner. Det görs på följande sätt.

8.1 Resultat av data

3 maskiner: $11,6h/24h = 0,48 = 48\%$

2 maskiner: $10,7h/24h = 0,45 = 45\%$

Detta betyder att under ett år körs det 48% på 3 maskiner och 45% på 2 maskiner. Resterande 7% körs det på 1 maskin.

Dessa procenter multipliceras nu med respektive energiproduktion på ett år.

3 maskiner: $1080,5 MWh * 0,48 = 518,6 MWh$

2 maskiner: $693 MWh * 0,45 = 309 MWh$

Totalt = $827,6 MWh / \text{år}$

Detta betyder att på ett år skulle ångturbinen producera ca. 827,6 MWh el som fartygets maskiner inte skulle behöva producera.

Från fartyget att vi fått veta att det kostar ca. 100 € för att producera 1 MWh eller då 100 €/MWh. Med det kan vi beräkna inbesparningen per år på bränsle på följande sätt.

$100 \text{ €/MWh} * 827,6 MWh/\text{år} = 82\,760 \text{ €/år}$

Detta avrundar vi till ca 80 000€/år eftersom bränslepriserna kan variera samt att vi har gjort några antaganden.

observera att denna data fick vi i augusti 2021.

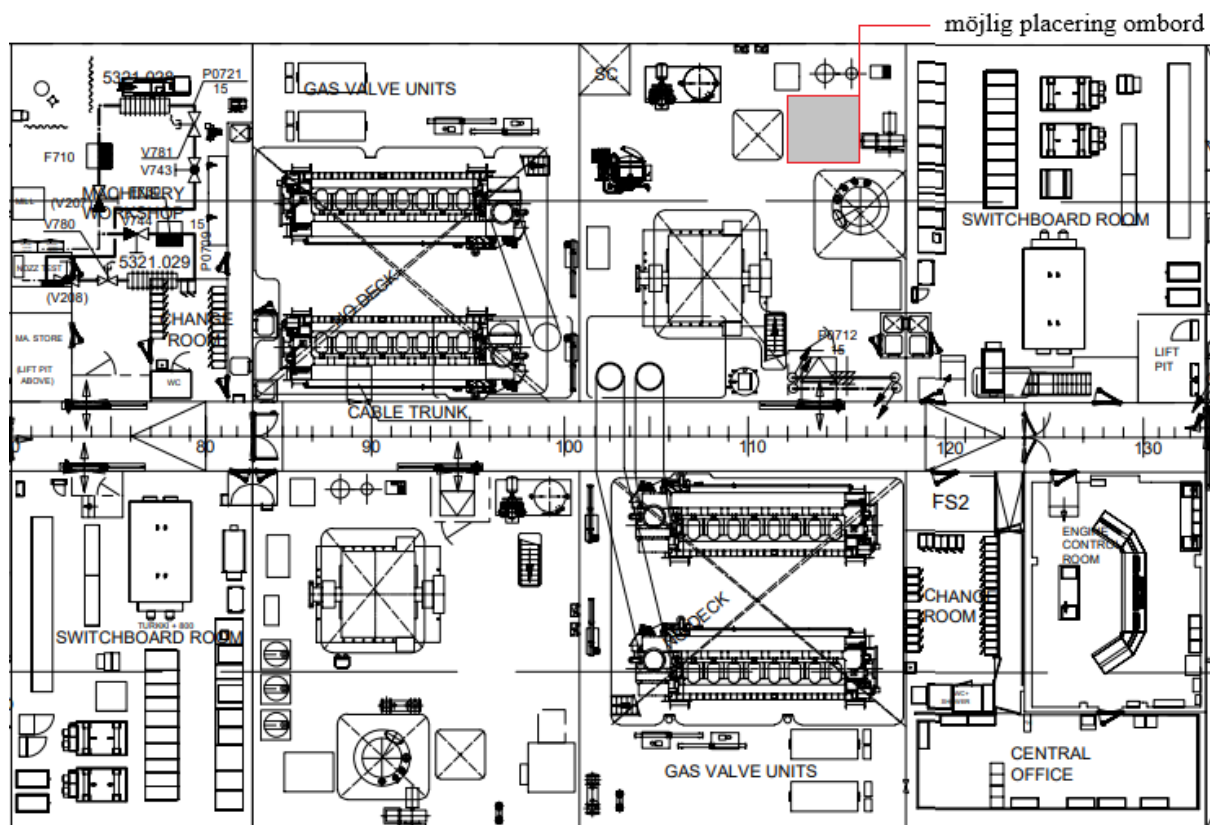
8.2 Placering av ångturbin ombord

En tänkbar placering av ångturbinen skulle vara på babordssida däck 2, i närheten av ångpannan som står där. Det finns gott om utrymme samt att det troligen blir lättare att koppla in den till ångsystemet då. En bild av den möjliga placeringen kan ses i figur 23 nedan samt en ritning av området kan ses i figur 24 nedan .



Figur 23. Möjlig placering ombord.

tyvärr har vi inte fått någon data från Climeon angående kringutrustning som enheten kräver, eller mått på själva enheten.



Figur 24. Turbin placering ombord (ritning).

9. SLUTSATS

9.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att ta reda på om det är möjligt att installera en ångturbin ombord M/S Viking Grace samt ta reda på hur lönsamt det är med tanke på bränslebesparing. Detta kan vi nu säga att vi har lyckats med att göra.

Under tiden som vi har gjort det så har vi också kommit fram med ett svar på hur mycket ånga en avgaseconomizer producerar med tanke på motorbelastningen samt fartygets ångförbrukning beroende på utetemperaturen.

Den sista saken vi har gjort är att tänka på ett ställe att placera ångturbinen om det skulle vara så att den skulle bli införskaffad.

9.2 Slutdiskussion

Några saker man måste tänka på gällande detta slutarbete är alla variabler som finns. När vi har gjort våra beräkningar så har vi använt oss av en medelbelastning på maskinerna vid de olika driftslägena. Vi har gjort detta eftersom det är väldigt svårt att få fram användbar data med belastningar som konstant ändrar sig. Detta betyder att resultaten som vi har nämnt inte kommer stämma helt överens med verkligheten. Dom fungerar mera som riktlinjer.

För att få mera noggranna resultat så skulle vi ge följande förslag:

- Mäta ångförbrukningen vid flera olika låga utetemperaturer.
- Göra längre mätningar för att kunna få mera användbar data.
- Mäta produktionen av ånga från avgaseconomizerna vid hög utetemperatur så att ångpannorna går så lite som möjligt för att få så noggrann data som möjligt.

Installationen av ångturbinen ombord kräver inte stora ombyggnader. Detta eftersom ångturbinen fungerar med mättad ånga. Det betyder att det inte behövs installeras t.ex. överhettare med turbinen. Den kan drivas rakt av ångan som produceras ombord.

Något vi inte vet är hur stort jobb det skulle vara är att installera ångturbinens elproduktion till elnätet.

KÄLLFÖRTECKNING/REFERENCE LIST

Climeon 2021. (n.d.). Climeon.com. Retrieved September 1, 2021, from

<https://climeon.com/how-it-works/>

FLUXUS F601. (2021). Flexim.com. <https://www.flexim.com/us/product/fluxus-f601>

Ilmantieteenlaitos, S. (2012). *varaktighetskurva*.

https://www.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/359229/Vantaa_pysyvyydet_TRY2012.pdf/aa04206f-1c99-4e62-a44d-fec3d25a3118

SAACKE MARINE SYSTEMS. (2011). *SAACKE 2011*.

Viking Line 2021. (n.d.-a). Vikingline.com.

https://www.sales.vikingline.com/globalassets/documents/ships_and_on_board/ship_info/viking-grace_sv-en-fi-ee.pdf

Viking Line 2021. (n.d.-b). Retrieved September 1, 2021, from

<https://www.vikingline.ax/hitta-resa/tidtabelleranslutningar/tidtabeller/abo-mariehamnlangnas-stockholm/>