

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för Elektroteknik

ENERGIEFFEKTIVISERING AV M/S ECKERÖ

Calle Laine, Björn Karlsson



05:2020

Datum för godkännande: 14.05.2020
Handledare: Kjell Dahl, Key Ginman

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Elektroteknik
Författare:	Calle Laine, Björn Karlsson
Arbetets namn:	Energieffektivisering M/S Eckerö
Handledare:	Kjell Dahl, Key Ginman
Uppdragsgivare:	Andreas Strömberg, Rederi AB Eckerö

Abstrakt

Syftet med detta arbete är att undersöka om det går att få ner bränsleförbrukningen genom att installera batteripaket och variabla frekvensomriktare ombord på passagerarfärjan M/S Eckerö.

För att undersöka detta projekt har vi utgått från driftsdata som samlats in under flera dagar tillsammans med tillgänglig teknisk information över de processer som är väsentliga för projektets resultat. Denna data har sedan använts som grund till arbetet samt de beräkningar och undersökningar som gjorts.

Slutsatsen för denna undersökning är att detta projekt inte är ekonomiskt försvarbart i hennes nuvarande trafik på grund av huvudmaskinernas höga belastning.

Nyckelord (sökord)

Energioptimering, Variable Frequency Drive (VFD), Batterier, Variable Speed Shaft Generator (VSSG)

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
2020:05	1458-1531	Svenska	38 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
12.05.2020	12.05.2020	14.05.2020

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Electrotechnical Engineering
Author:	Calle Laine, Björn Karlsson
Title:	Energy Optimizing of M/S Eckerö
Academic Supervisor:	Kjell Dahl, Key Ginman
Technical Supervisor:	Andreas Strömberg, Rederi AB Eckerö

Abstract
<p>The purpose of this project is to investigate the possibility of reducing the fuel consumption by installing batteries and variable frequency drives onboard the passenger ferry M/S Eckerö.</p> <p>To investigate this project, we've collected operational data within several days together with the available technical information for the processes that are most essential for the result of this project. This data has then been used as a base for the project as well as the calculations and the investigations that's been concluded.</p> <p>The conclusion of this study is that the project is not economically defensible in her current traffic due to the already high load on the main engines.</p>

Keywords
Energy optimization, Variable Frequency Drive (VFD), Batteries, Variable Speed Shaft Generator (VSSG)

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
2020:05	1458-1531	Swedish	38 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
12.05.2020	12.05.2020	14.05.2020

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	6
1.1 Syfte	6
1.2 Problem	6
1.3 Uppgift samt mål	6
1.3.1 Variable Frequency Drive	7
1.3.2 Batteripack	7
1.4 Metoder	7
1.5 Avgränsningar	7
1.6 Definitioner	8
2 ÄNDAMÅLSENLIK BAKGRUNDSINFORMATION	10
2.1 Teknisk information M/S Eckerö	11
3 DRIFTSPROFILER	12
3.1 Under färd	13
3.1.1 Fyra huvudmaskiner	13
3.1.2 Snedbelastning med tre huvudmaskiner	13
3.2 Hamnanlöp/Manövrering	13
3.3 Hamntid	14
3.4 Effektberäkning	14
3.5 Sommar och vintertid	15
3.6 Landström	16
3.7 Kombinatordrift	16
4 BATTERIER	17
4.1 Teknisk information	17
4.2 Storlek	18
4.3 Inkapsling	18
4.4 Laddning/Urladdning	18
5 VARIABLE FREQUENCY DRIVE	20
5.1 Teknisk information	20
5.1.1 Höglunds VFD	20
5.1.2 WE-Techs VFD	21
5.2 Transformator och LCL-Filter	21
6 PLACERING AV BATTERIER OCH VFD	23
6.1 Placering av batterier och dess inkapsling	23

6.1.1 Kabelschakt	23
6.2 Placering av VFD	24
7 OMBYGGNATION AV HUVUDTAVLAN	25
7.1 Höglunds förslag på ombyggnation	26
7.2 WE-Techs förslag på ombyggnation	26
8 EKONOMISK KALKYL	28
8.1 Bunkerpriset	28
8.2 Bunkerförbrukning för dieselgeneratorer	29
8.3 Bunkerförbrukning för huvudmaskiner	29
8.4 Driftstimmar	30
8.5 Lönsamhetskalkyl	31
8.5.1 Bunkerbesparing dieselgeneratorer	32
8.5.2 Bunkerförbrukning huvudmaskiner	32
8.5.3 Lönsamhetskalkylens resultat	34
9 SLUTSATS	36
KÄLLOR	37
BILAGOR	39

1. INLEDNING

Vi gick ut med en förfrågan till Rederi AB Eckerö för att ta reda på ifall de hade något passligt examensarbete för oss. De hade ett arbete som skulle gå ut på att energieffektivisera passagerarfartyget M/S Eckerö med hjälp av bland annat batterier och frekvensomriktare. Detta tyckte vi lät intressant så vi bokade in ett möte med den tekniska inspektören Andreas Strömberg för att få reda på mera i detalj vad energieffektiviseringen skulle gå ut på. Efter att ha träffat Andreas och fått mera insikt i vad arbetet gick ut på så ansåg vi att detta skulle vara ett passande arbete samt ett tillfälle att få vara med i utvecklingen av framtidens energioptimering ur ett ekonomiskt perspektiv med stort fokus på miljön.

1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka om det går att få ner bränsleförbrukningen genom att stänga av en eller flera dieselgeneratorer och istället använda sig av batterier och axelgeneratorer.

1.2 Problem

I nuläget finns det två stycken axelgeneratorer som inte är kopplade till fartygets huvudtavla. Axelgeneratorerna är kopplade direkt till bogpropellrarna vilket resulterar i att dessa endast används vid manöver av fartyget. Detta utgör ett stort problem då man inte kan utnyttja axelgeneratorernas fulla potential under drift.

1.3 Uppgift samt mål

Vår uppgift i detta arbete var att se på möjligheterna av en energioptimering på M/S Eckerö genom en installation av batterier och "Variable Frequency Drive"(VFD) ombord. Målet med detta arbete var att undersöka möjligheterna att utföra denna installation ombord och huruvida det är ekonomiskt försvarbart för Rederi AB Eckerö.

1.3.1 Variable Frequency Drive

För att använda den tillgängliga effekten från axelgeneratorerna under normal drift skulle variabla frekvensomriktare kunna utnyttjas. Dessa gör det möjligt att använda effekten från axelgeneratorerna till huvudtavlan, utan att behöva ta hänsyn till huvudmaskinernas varvtal och axelgeneratorernas frekvens inom ett givet område.

1.3.2 Batteripack

För att utnyttja all tillgänglig effekt från axelgeneratorerna skulle man kunna installera batterier som laddas av de variabla frekvensomriktarna under färd. Dessa batterier skulle sedan användas under hamntid samt vid manöver. Det skulle då resultera i att man kan stänga av en eller flera dieselgeneratorer under hamntiden/manöver och använda batterierna istället.

1.4 Metoder

Vi har kontaktat tre företag, WE-Tech, Höglunds Automation och Alandia Engineering, för att undersöka ifall deras produkter kunde implementeras i projektet.

Stora mängder data har samlats in från M/S Eckerös maskinövervakningssystem. Detta användes sedan för att bekräfta rimligheten av WE-Techs effektberäkning av batterierna. Denna data användes också till att skapa en ekonomisk kalkyl genom att undersöka bränsleförbrukningen. Vi har även tagit emot offerter på utrustning för denna undersökning. Driftsdata över fartygets turer för ett helt år har också samlats in för att beräkna besparingarna av bunkern.

1.5 Avgränsningar

Våra avgränsningar är att vi inte har valt att räkna ut storleken på batterierna utan endast verifiera det som företagen har räknat ut och se om det överhuvudtaget är rimligt. Installationen av batterierna och tillhörande klassningsregler kommer vi inte gå in djupare på.

1.6 Definitioner

Max DoD (Depth of Discharge)

Anger i procent hur mycket av batteriets kapacitet man kan använda sig av under en urladdning.

GT:

Är fartygets bruttodräktighet och förkortas GT från engelska Gross tonnage.

Bruttodräktigheten är ett mått på fartygets totala inneslutna volym. (Wikipedia contributors, 2019)

NT:

Är fartygets nettodräktighet och förkortas NT från engelska Net tonnage. Nettodräktigheten baseras på lastutrymmenas totala volym. (Wikipedia contributors, n.d.-a)

Bureau Veritas:

Ett klassningssällskap som handhar klassifikationen av M/S Eckerö

Ro-Pax:

Är en färjeform där ro-ro fartygets lastkapacitet kombineras med passagerarfärjornas komfort. (Wikipedia contributors, n.d.-b)

DG:

Förkortning för dieselgenerator, även kallad hjälpkärra i dagligt tal.

“Battery management system” (BMS):

Är den engelska benämningen för ett batteriövervakningssystem.

LT-system:

Är förkortningen för Låg temperatur- kylvattensystem. Det är ett slutet system som är en del av fartygets kylningssystem där syftet är att kyla fartygets maskineri.

Värmeväxlare:

Är en modul vars avsikt är att överföra värmeenergi från en vätska till en annan. På detta sätt kan man då värma eller kyla ner en process. (HEAT EXCHANGERS, n.d.)

LCL-filter:

Ett filter som är specifikt konstruerade för att minska övertoner och transienter i ett elnät där känslig utrustning finns.

Skiljetransformator:

En transformator (1:1) vars uppgift är att ge galvanisk åtskildhet för att förhindra att fel i elnät sprids vidare till känslig utrustning.

GM:

Metacentrisk höjden är det uppmätta avståndet mellan massacentrumet(G) och metacentrumet(M). Detta är ett mått på stabiliteten för en flytande kropp.(Term, n.d.)

AC-rum:

Ett utrymme där luftkonditioneringsutrustningen är installerad.

Maskinövervakningssystem:

Systemet som övervakar stora delar av maskinrumsutrustningen.

Disconnecting link:

En fastskruvad avskiljare som går att skruva loss manuellt för att dela huvudtavlan vid service eller eventuellt fel.

PLC:

Från engelskans "Programmable Logic Controller", är en form av industriell dator som programmeras för att exempelvis övervaka och styra olika ingångar respektive utgångar.(Programmable Logic Controller (PLC) - Glossary | CSRC, n.d.)

PMS:

"Power Management System" är en del av maskinövervakningssystemet som styr bland annat generatorernas elproduktion samt ser till att den tillgängliga effekten är tillräcklig för vad fartyget förbrukar.(Power Management System - an overview | ScienceDirect Topics, n.d.)

Kombinatordrift:

Manöversystem för fartyg med ställbar(a) propeller/propellrar, där propellervarvtal och -stigning automatiskt ställs in till förutbestämda värden, utgående från pådragsläget på bryggan. (Ginman, 2020)

VSSG:

"Variable Speed Shaft Generator" är en axelgenerator som trots att den körs på variabelt varvtal ger ut rätt frekvens med hjälp av frekvensomriktare.

Huvudtavla:

"Main Switchboard" förkortat MSB är en eltavla vars huvudsakliga uppgift är att ta in elenergi från t.ex. generatorer och sedan distribuera det på ett säkert ut till olika förbrukare i fartygets elnät.(Main switchboard (MSB) | Irbis, n.d.)

2 ÄNDAMÅLSEN LIG BAKGRUNDSINFORMATION

Vår uppdragsgivare är Rederi AB Eckerö. Rederiet grundades 1962 på Åland och opererar främst i Östersjön. För tillfället har Rederi AB Eckerö totalt sju fartyg. I flottan finns det tre RO-RO fartyg, tre passagerarfartyg samt ett ROPAX fartyg. Av dessa tre passagerarfartyg har vi fått en förfrågan om att göra ett examensarbete på M/S Eckerö. M/S Eckerö är ett svenskflaggat passagerarfartyg som trafikerar Sverige - Åland med hamnanlöp i Grisslehamn och Eckerö, en rutt på cirka 4 timmar tur och retur. I tabell 1 och 2 ses turlistan för M/S Eckerö under år 2019, alla tider är lokala.

Tabell 1. Turlista över M/S Eckerö från och med 1.1-13.6.2019 och 19.8.2019-31.12.2019

Grisslehamn-Eckerö	Alla dagar	Alla dagar	Tors-sön även
Båtavgång Grisslehamn	10.00	15.00	20.00
Båtankomst till Eckerö	13.00	18.00	22.45
Eckerö-Grisslehamn	Alla dagar	Alla dagar	Fre-mån även
Båtavgång Eckerö	13.30	18.30	08.30
Båtankomst till Grisslehamn	14.30	19.30	09.15

Tabell 2. Sommarturlista över M/S Eckerö från och med 14.6-18.8.2019

Grisslehamn-Eckerö	Alla dagar	Alla dagar	Alla dagar
Båtavgång Grisslehamn	10.00	15.00	20.00
Båtankomst till Eckerö	13.00	18.00	22.45
Eckerö-Grisslehamn	Alla dagar	Alla dagar	Alla dagar
Båtavgång Eckerö	13.30	18.30	08.30
Båtankomst till Grisslehamn	14.30	19.30	09.15

2.1 Teknisk information M/S Eckerö

M/S Eckerö är byggd i Aalborg Vaerft A/S som ligger i Aalborg, Danmark. Fartyget sjösattes 1979. M/S Eckerö ägdes då av Bornholmstrafikken A/S och trafikerade Köpenhamn - Rønne - Ystad. M/S Eckerö köptes av Rederi AB Eckerö år 2005 och mindre ombyggnationer har skett löpande sedan dess.

- Längd: 121.2 m
- Bredd: 24,8 m
- Passagerare: 1745
- Isklass:1B
- Lastmeter: 515 m
- Fordonskapacitet: 265 st
- Djup: 5.25 m
- Fart: 19.5 knop
- GT/NT/: 12358/3708

Huvudmaskiner:

- 2 x Wärtsilä W6L32 3000kW vid 775 rpm
- 2 x B&W ALPHA 16U28LU 3121kW vid 775 rpm

Axelgeneratorer:

- 2 x NEBB WAB 500 D4 950kVA
- 400V/50Hz

Dieselgeneratorer:

- 2 x WÄRTSILÄ AUXPAC20 6L20 860kW
- 1 x Frichs 8,185 CUS 736kW

Generatorer:

- 2 x AVK DSG 86 K1-6 1075kVA
- 1 x NEBB 870kVA
- 400V/50Hz

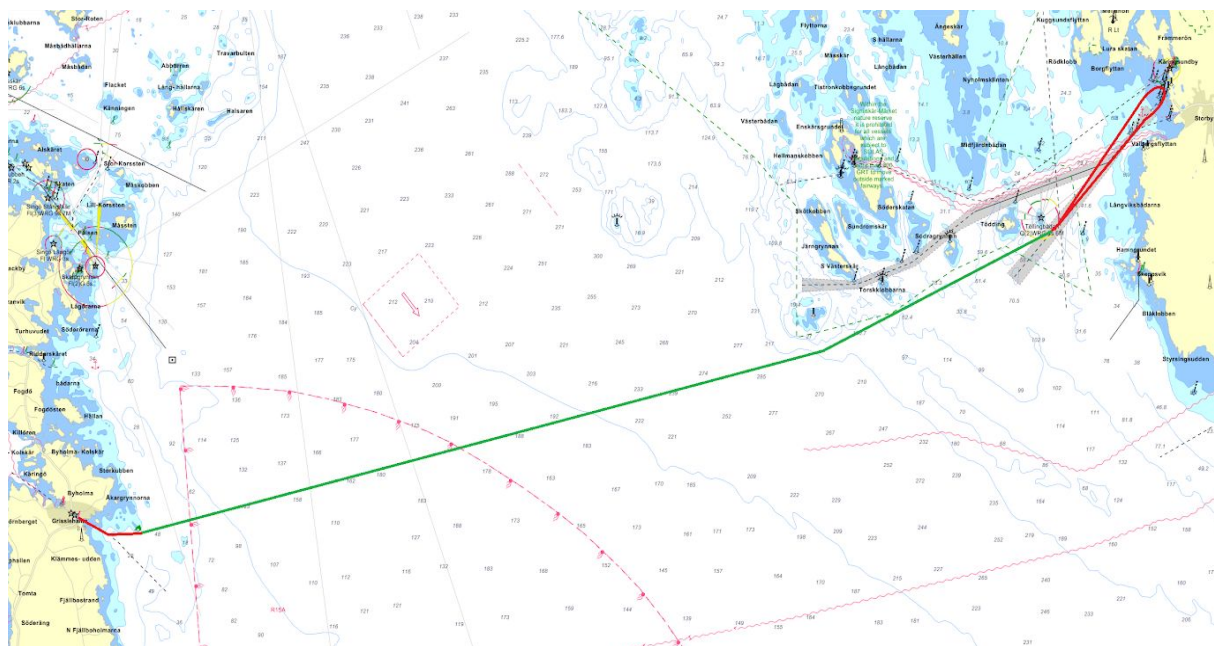
Bogpropellrar:

- 2 x KaMeWa 2000/AS-CP 880kW

3 DRIFTSPROFILER

I dagsläget under normal drift används två dieselgeneratorer, DG1 och DG2. Dessa förser fartyget med ström och är igång cirka 13-18 timmar per dygn. Dessa tider varierar beroende på årstid och veckodagar. Normalt körs det med två huvudmaskiner om vädret tillåter och i snitt ligger de på 80 procent belastning förutom de snabbare turerna (se tabell 1 och 2), då ligger belastningen på cirka 90 - 95 procent på två huvudmaskiner. Om vädret och vindriktningen är ogynnsam kör man oftast med fyra huvudmaskiner. Under natten används landströmmen, som är inkopplad i cirka 6-11 timmar per dygn. Fartyget förses med landström under de timmar som dieselgeneratorerna är avstängda.

Axelgeneratorerna är kopplade direkt till bogpropellrarna och detta innebär att de enbart kan användas vid manövrering och startas upp med hjälp av magnetiseringen. Bogpropellrarna startas då fartyget passerat lotsplatserna cirka tio minuter innan hamnanlöp. Det grönmärkerade området på figur 1 motsvarar 89 minuter till 98 minuter beroende på veckodag (se fig.1).



Figur 1. M/S Eckerös rutt mellan Grisslehamn och Berghamn. Det rödmärkerade området visar ruttan mellan lotsplats och hamnen. Det gröna området är färden mellan lotsplatserna.

3.1 Under färd

Under färd d.v.s. mellan lotsplatser skulle enbart de båda axelgeneratorerna leverera effekt till huvudtavlan. Här är också tanken att man tar tillvara på den tillgängliga effekten i axelgeneratorerna och använder det till att ladda batterierna. Nedan beskrivs två olika driftsfall som utgått ifrån då driftsprofilen utvecklats.

3.1.1 Fyra huvudmaskiner

På grund av den höga belastningen på två huvudmaskiner i hennes nuvarande trafik så är det inte möjligt att använda sig av axelgeneratorerna under färd. Detta eftersom axelgeneratorerna ökar belastningen på huvudmaskinerna minst lika mycket som generatorerna utvinner i eleffekt med avseende på förluster i reduktionsväxeln och verkningsgrad. Om man istället använder sig av fyra huvudmaskiner blir belastningen på huvudmaskinerna 51% på de långsamma två timmars turerna respektive 60% på de snabbare en timme och 45 minuters turerna. Detta är ett alternativ som möjliggör att man använder sig av axelgeneratorerna under färd. Se kapitel 8.5.2 för en mer utförlig beskrivning av detta förslag.

3.1.2 Snedbelastning med tre huvudmaskiner

Ett annat alternativ för att använda axelgeneratorerna under färd är att använda sig av tre huvudmaskiner och sedan snedbelasta dem. Detta eftersom man vill ha så hög verkningsgrad på huvudmaskinerna som möjligt. I detta fall skulle man låta den ena axelgeneratoren med två huvudmaskiner producera mera eleffekt än den andra axelgeneratoren med en huvudmaskin. Belastningarna på respektive huvudmaskin på de långsamma turerna skulle bli 54% på de två huvudmaskiner med axelgeneratoren som producerar mera eleffekt respektive 98% på den ensamma huvudmaskinen med axelgeneratoren som producerar mindre.

3.2 Hamnanlöp/Manövrering

Under manövrering kommer en dieselgenerator samt de båda batteripacken förse fartygets förbrukare med ström. Batterierna kan användas till att ta en del av lasten eller användas som "peak shaving" där man låter batterierna ta hand om den höga last som kan ske under korta

stunder. De båda axelgeneratorerna kommer vara kopplade direkt till bogpropellrarna för att kunna förse dessa med den effekt de behöver.

3.3 Hamntid

När fartyget ligger i hamn kommer de båda batteripacken vara inkopplade. Dessa kommer förse fartyget med ström under de 30 minuter fartyget ligger i hamn. Med avseende på batteriernas storlek så bör en god marginal av tillgänglig effekt finnas kvar efter hamntiden. På grund av den korta hamntiden så bör man ta avsvältningsfasen av en dieselgenerator efter dess avstängning i beaktande. En lång avsvältningsfas skulle innebära att en dieselgenerator skulle gå en längre period efter att blivit utfasad från nätet. Detta betyder att det skulle vara onödigt att stänga av dieselgeneratorm då hamntiden är så kort då den ändå förbrukar bunker. I detta fall är nedkylningsfasen av en dieselgenerator 180 sekunder vilket är en relativt kort tidsperiod och möjliggör en avstängning under hamntid (se tabell 3).

Tabell 3. Driftsfall över M/S Eckerö. Gäller hela året.

<i>Driftfall M/S Eckerö</i>	<i>Laddning av batterier</i>	<i>Batteridrift</i>	<i>Dieselgenerator</i>	<i>Axelgeneratorer till huvudtavla</i>	<i>Axelgeneratorer till bogprop.</i>
<i>Under färd</i>	x			x	
<i>Manövrering</i>		x	x		x
<i>Hamntid</i>		x			

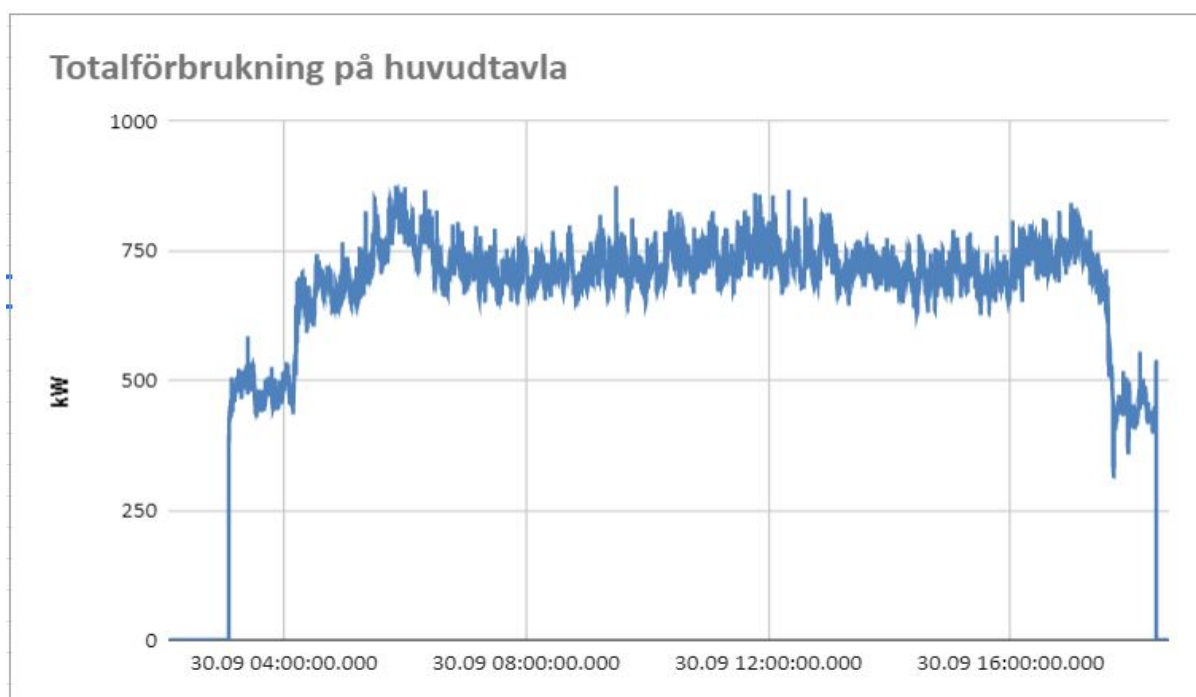
3.4 Effektberäkning

En effektberäkningstabell har skapats där man kan se de totala effekterna över t.ex. huvudtavla och batterier över de olika driftfallen (se tabell 4). För att göra dessa beräkningar har vi utgått från den normala effektförbrukningen på huvudtavlan (se figur 2).

Tabell 4. Effektberäkningstabell för den nya driftsprofilen över M/S Eckerö.

<i>M/S Eckerö</i>	<i>Under färd (89-98 min)</i>	<i>Manöver (10 min)</i>	<i>Hamntid (30 min)</i>
<i>VSSG</i>	2x550kW	-	-
<i>Dieselgeneratorer</i>	-	1x860kW	-

Totalförbrukning på huvudtavla	~ 800kW	~ 800kW	~ 800kW
Total tillgänglig effekt på huvudtavlan	~300kW	60kW	-800kW
Batteriernas laddning/effektuttag	Axelgeneratorernas resterande effekt räcker till att ladda upp batterierna. (Styrs av BMS)	Batterierna används för att öka den totala tillgängliga effekten vid manöver.	Batterierna kan förse huvudtavlan med upp till 2x820kW(2C) beroende på urladdningen vid manöver.



Figur 2. Den totala effektförbrukningen på M/S Eckerös huvudtavla på ett dygn.

3.5 Sommar och vintertid

En stor energiförbrukare som finns ombord är AC-kompressorn, som ligger på 225kW och har normalt en större belastning under sommaren än under vintern. Under sommaren körs AC-kompressorn på full effekt beroende på antalet passagerare och temperaturen utomhus. Den resterande delen av året används AC-kompressorn på halv kapacitet eller lägre.

3.6 Landström

Under natten är landströmmen inkopplad och dieselgeneratorerna avstängda. I dagsläget finns det 0-200A i överloppsström beroende på årstid. För att behålla en säkerhetsmarginal samt undvika onödiga uppstarter av dieselgeneratorerna så har vi valt att inte ladda batterierna under natten. Den lilla kvarvarande effekten räcker ändå inte för att ladda upp batterierna fullt. Efter en installation av batterier kan man överväga att använda en liten del av landströmmen till laddning.

3.7 Kombinatordrift

Frekvensomvandlarna gör det möjligt för huvudmaskinerna att nyttja kombinatordrift. Detta betyder att man kan variera huvudmotorns varvtal inom ett givet område istället för att ha ett låst varvtal, samtidigt som man får en fast frekvens ut på nätet. En fördel med det här är att huvudmaskinernas varvtal samt propellerstigning justeras för att få en mera optimal verkningsgrad.

4 BATTERIER

Batterierna är tillverkade av Corvus Energy, ett bolag som grundades 2009 i Kanada. Corvus Energy var det första företaget att leverera batterier för marina applikationer. Idag är de störst vad gäller Energy Storage Systems (ESS) med flest antal projekt färdigställda. Båda leverantörer vi har varit i kontakt med använder sig av Corvus batterier i detta fall. (*About Corvus Energy - Corvus Energy, n.d.*)(*The Corvus Energy Journey - Corvus Energy, n.d.*)

4.1 Teknisk information

Både WE-Tech och Höglunds Automation har valt att använda sig av typen Corvus Orca. Denna typ av batterier och dess fördelar är att den är skalbar ända upp till 10MWh, har en modulär design och är specifikt designad för en maritim miljö. Nedan finner ni en specifikationslista över batterierna.

- Tillverkare: Corvus
- Typ: Lithium jon NMC/Grafit
- Kylning: Luftkyld
- BMS(Battery Management System): Ingår
- Kapacitet: 510 kWh
- Max laddning: 1C = 510 kW
- Max urladdning: 3C = 1525 kW
- Max DoD (Depth of Discharge) 80% = 408kW, (DoD styrs av BMS)
- Max Spänning: 780 VDC (preliminärt)
- Min Spänning: 550 VDC
- Arbetstemperatur: Max +20°C
- Antal moduler: 6x 15 modules
- Modulernas storlek (BxHxD) 865 x 738 x 1749 mm
- Totala storleken: 6x (865 x 738 x 1749 mm)
- Totala vikten: 7000 kg Approximation
- IP klass: IP44
- Kabelgenomföring: From side of bottom

4.2 Storlek

Storleken på batterierna har blivit uträknad till 2x510kWh av företaget WE-Tech som gjorde denna uträkning innan vi fick förfrågan om att göra arbetet. Uträkningen är baserad på att man kan ladda batterierna fullt på en resa av axelgeneratorerna. Detta har vi sedan kontrollerat genom att titta på hur stort effektbehov det fanns ombord under olika driftssituationer men också hur mycket laddning som kan tas ut från axelgeneratorerna till batterierna.

4.3 Inkapsling

Eftersom batterimodulerna levereras som skilda enheter som sedan kopplas samman så behöver dessa installeras i ett specialbyggt utrymme för att klara de klassningskrav som ställs på utrymmen där batterier får placeras. Några av de krav som klassningssällskapet Bureau Veritas ställer på batteriutrymmet är på brandzon, fast släckningssystem samt ventilation (– Additional Class, n.d.). Vi har varit i kontakt med Alandia Engineering angående inkapslingen av projektets batterier. Deras lösning är en specialbyggd 20 fots container som utrustats för att klara dessa klassningskrav.

4.4 Laddning/Urladdning

Laddningen och urladdningen styrs av batteritillverkarens BMS. Den kontrollerar hur stor del av batteriet som laddas ur, hur fort det går och monitorerar batteriernas kondition. Några exempel på vad som övervakas och styrs är över- och underspänning samt temperaturen. Nämnvärt är att batterimodulerna klarar av att bryta vid full last vid ett eventuellt fel. (*Corvus Orca Energy - Corvus Energy, n.d.*)

4.4.1 C-Faktor

C-faktorn är ett mått på den hastighet som det tar för ett batteri att laddas eller urladdas med avseende på den totala kapaciteten. I detta fall är $1C=510kW$ och betyder att man rent teoretiskt kan ta ut 510kW under en timme. Om man vill ta ut den dubbla effekten 1020kW blir C-faktorn 2C, då halveras förbrukningstiden på batterierna till en halvtimme. Dessa batterier har en maximal kontinuerlig urladdningsfaktor på 3C vilket ger 1525kW och en

laddningsfaktor på 1C som ger 510kW. Olika förluster fås vid laddning och urladdning beroende på vilken C-faktor man tillämpar (Dahl, 2020). (*Corvus Orca Energy - Corvus Energy*, n.d., *summary_battery_specifications.pdf*, n.d.)

5 VARIABLE FREQUENCY DRIVE

Variable Frequency Drive eller kortare sagt VFD är en frekvensomriktare som i detta fall kommer att användas för att ta in en variabel frekvens på ingången från axelgeneratorerna och ge ut en konstant frekvens på nätet.

5.1 Teknisk information

Nedan har vi listat den tekniska informationen vi fått för de båda företagens olika VFD-moduler. Båda leverantörer använder sig av tillverkaren Vacon.

5.1.1 Höglunds VFD

Höglunds förslag på VFD är en luftkyld modell.

- Maximal kontinuerlig effekt: 800 kW ($\cos \varphi > 0.88$).
- Matningsspänning: 525 V - 15 % till +20%
- Matningsfrekvens: 50 Hz \pm 10%.
- Likriktarenhet: NXP1030.
- VSSG enhet: NXP1030.
- IP-klass: IP23.
- Serviceyta framför skåpet: 1200mm.
- Driftsätt: Kontinuerligt.
- Kylningssätt: Luftkyld.
- Drifttemperatur: 0-35°C/ <95% luftfuktighet
- Förvaringstemperatur: -40 - 55°C
- Dimension: 3006x2275x605mm (BxHxD).
- Vikt: 2430 kg

5.1.2 WE-Techs VFD

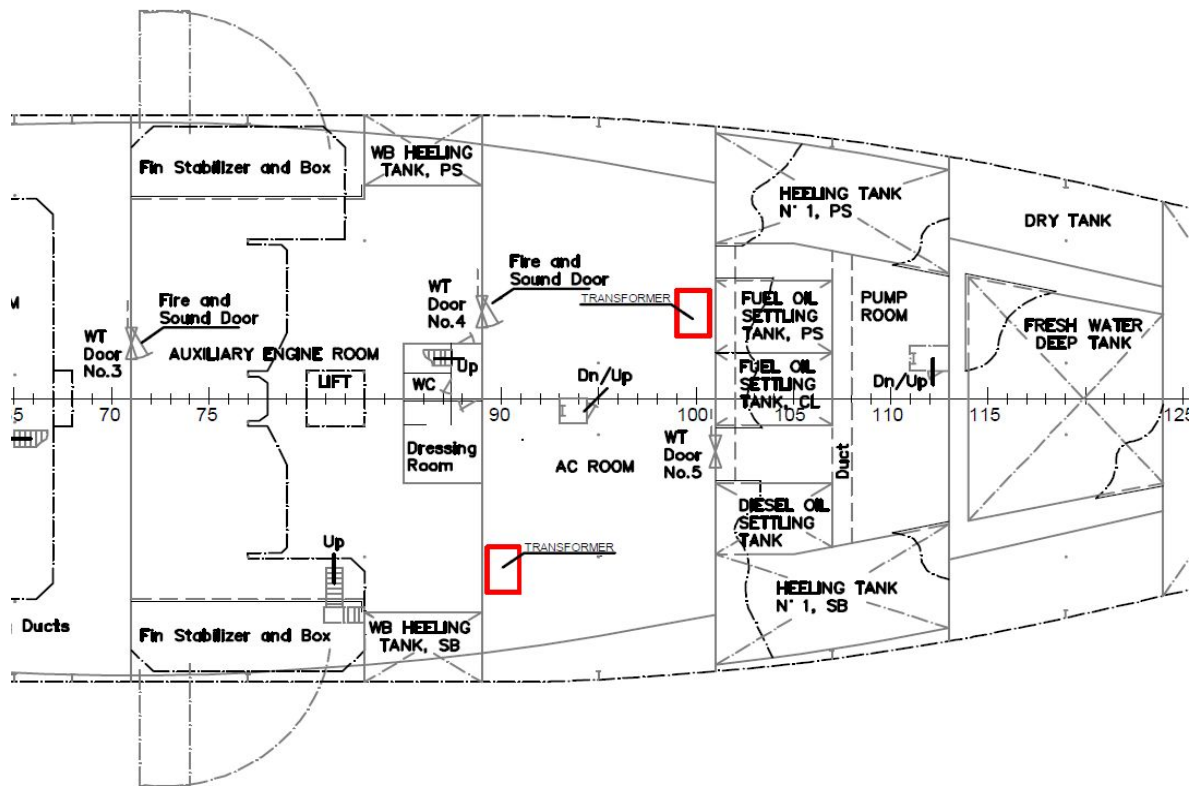
WE-Tech förslag är en vattenkyld modell som levereras komplett med pumpautomatik och värmeväxlare för kylning av deras drive. Detta kopplas sedan samman med fartygets LT-system.

- Maximal kontinuerlig effekt: 550 kW ($\cos \varphi > 0.8$).
- Matningsspänning: 380 V - 500 V.
- Matningsfrekvens: 50 Hz \pm 10%.
- Växelriktare till MSB: NXP2300 (vätskekyld).
- VSSG: NXP1640 (vätskekyld).
- IP-klass: IP44
- Driftsätt: Kontinuerligt.
- Kylningssätt: Vätskekyld.
- Dimension: 3600x2200x760mm (BxHxD).
- Axelgenerator LCL filter: RLC1180 (vätskekyld).
- MSB LCL filter: RLC1180 (vätskekyld).
- DC/DC riktare: NXP730 (vätskekyld).
- Verkningsgrad: 95.5% (Förluster: 4.5%)

5.2 Transformator och LCL-Filter

I Höglunds offert ingår det två stycken transformatorer på 1200kVA styck (se fig 3).

Transformatorerna kommer användas som galvanisk avskiljare mellan VFD och huvudtavla för att förhindra att transienter och störningar som frekvensomriktarna avger inte skall sprida sig vidare till huvudtavlan (*EMC och elkvalitet* | *Elsäkerhetsverket*, n.d.). I WE-Techs offert ingår det ingen skiljetransformator, deras lösning är att placera LCL-filter istället. Dessa sitter inuti WE-Techs VFD och ska förhindra störningar och transienter mellan VFD och huvudtavla.



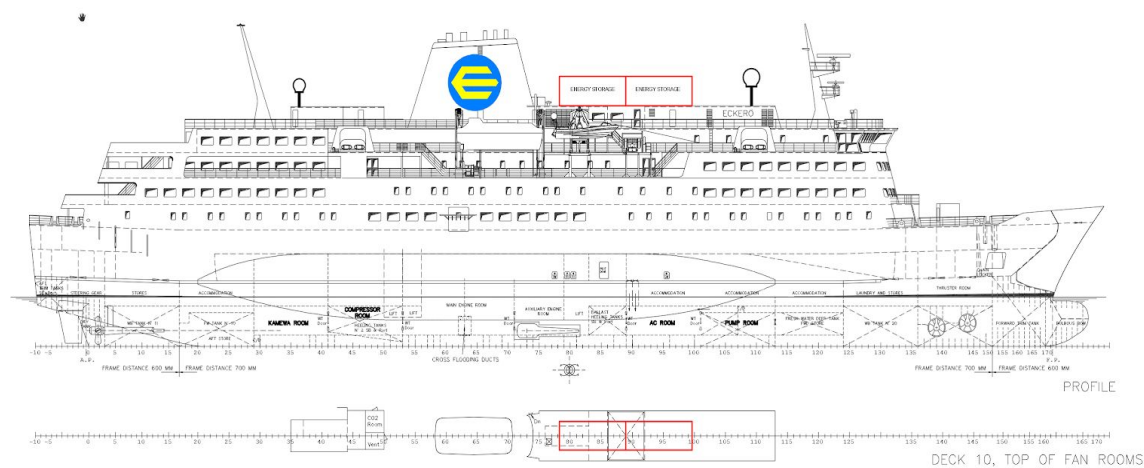
Figur 3. Placering över Höglunds transformatorer. Dessa kommer stå bredvid de båda frekvensomvandlarmodulerna (VFD).

6 PLACERING AV BATTERIER OCH VFD

I samråd med driftpersonalen ombord och Andreas Strömberg har vi kommit fram till de optimala placeringarna av utrustningen. Detta har skett med avseende på storleken på batterier och frekvensomriktare samt arbetsytan som behövs för service av den utrustningen.

6.1 Placering av batterier och dess inkapsling

Batterierna kommer att placeras uppe på väderdäck i två stycken specialutformade containrar byggda för att klara av klassningskraven som Bureau Veritas ställer på batteriutrymmen (se figur 4). Placeringen på väderdäck görs på grund av platsbristen ombord. Detta medför att masscentrummet höjs med cirka 6 centimeter och GM minskar med motsvarande avstånd (Rosenqvist, 2020). Resultatet blir att stabiliteten försämras men i hennes nuvarande trafik är detta inget problem. Att placeringen av batterierna sker på väderdäck är också bra med tanke på säkerheten för passagerare och besättning.

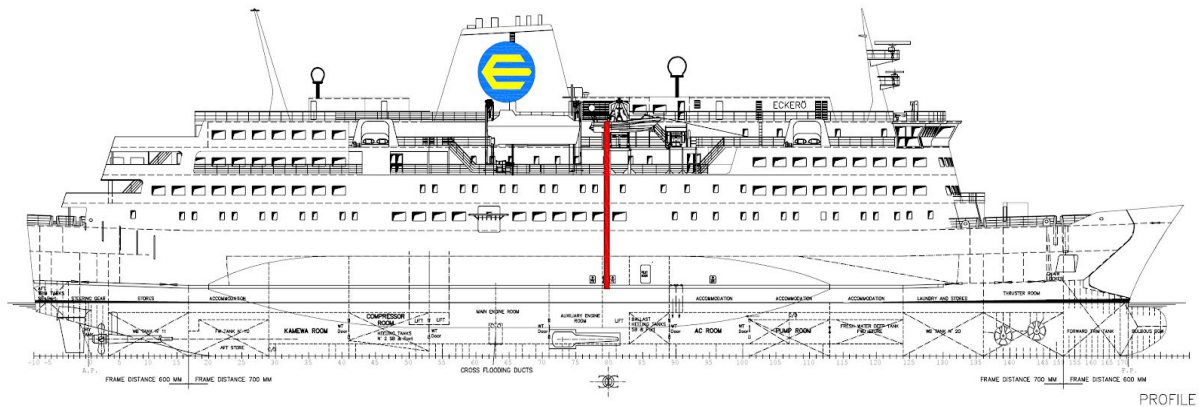


Figur 4. Ritning över fartyget där de rödmarkerade områdena är containrar som batterimodulerna skall placeras i.

6.1.1 Kabelschakt

I närheten av containrarna och dess placering finns ett kabelschakt. Detta kabelschakt går hela vägen från däck 8 till maskinavdelningen på däck 2. Kabelschaktet gör det möjligt att

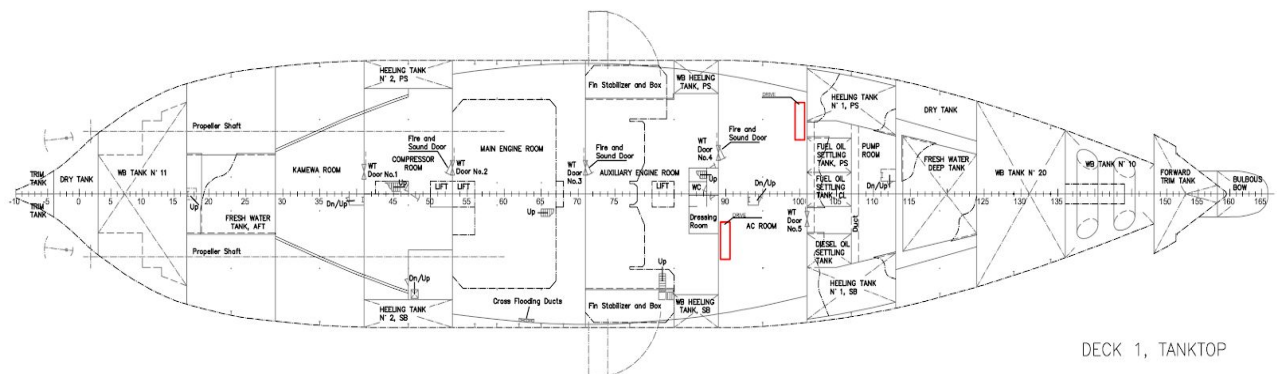
dra all kabel från batterierna och dess kringutrustning till maskinavdelningen på ett smidigt sätt (se figur 5).



Figur 5. Det rödmarkerade området visar kabelschaktet från däck 8 till däck 2.

6.2 Placering av VFD

Frekvensomriktarna kommer att placeras i AC-rummet nere i maskin på däck 1 (se figur 6). Då frekvensomriktarmodulerna är relativt höga och långa så var det svårt att hitta ett utrymme som uppfyllde båda dessa kriterier, vilket AC-rummet gjorde. Då dessa moduler även kräver en anslutning till fartygets LT-vatten för kylning passar detta utrymme utmärkt eftersom det är vägg i vägg med dieselgeneratorrummet där LT-vatten finns tillgängligt.

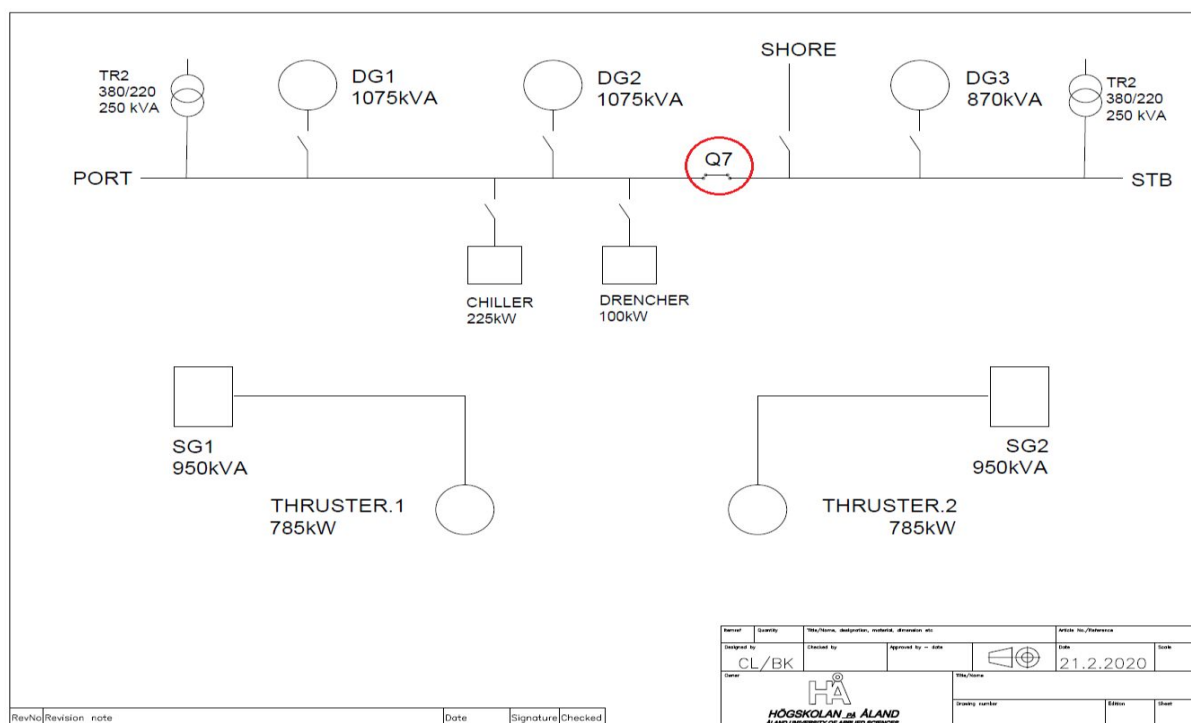


Figur 6. Visar placeringarna av de båda frekvensomriktarna i AC-rummet på däck 1.

7 OMBYGGNATION AV HUVUDTAVLAN

Planeringen av huvudtavlan har skett enligt rederiets önskemål och i samarbete med leverantörerna WE-Tech och Höglunds Automation. Det främsta arbetet på huvudtavlan kommer att gå ut på att installera nya effektbrytare för att få in VFD-modulerna och batteriernas elproduktion till huvudtavlan. Principen för ombyggnationen ser likadan ut för båda leverantörerna, den största skillnaden blir placeringarna av generatorbrytarna. Mera specifika ritningar över huvudtavlan från de båda leverantörerna finns som bilaga.

Bilden nedanför visar hur M/S Eckerös huvudtavla ser ut idag. Märkbart är att axelgeneratorerna är helt isolerade från fartygets huvudtavla. Den rödmarkerade avskiljaren Q7 är en “disconnecting link” (se figur 7). Denna avskiljare är avsedd för att kunna dela på fartygets huvudtavla under eventuella fel. I dagsläget så är denna avskiljare fastskruvad i skenorna vilket i praktiken betyder att vid ett eventuellt fel så måste fartygets huvudtavla göras spänningslöst före delningen kan genomföras.



Figur 7. Visar den originala ritningen över huvudtavlan på M/S Eckerö.

7.1 Höglunds förslag på ombyggnation

Höglunds förslag är att installera två stycken nya effektbrytare i huvudtavlan d.v.s. brytare Q1 och Q4 (se figur 8). Det finns en ledig plats för dessa på baksidan av huvudtavlan. Det går även att lägga till en ny sektion på baksidan av huvudtavlan. En ny sektion skulle innebära en ganska stor ombyggnation vilket resulterar i större installationskostnader så detta är någonting vi inte rekommenderar.

Två stycken effektbrytare till bogpropellrarna skall också installeras d.v.s Q3 och Q6 (se figur 8). För att spara på utgifterna och på grund av platsbristen i huvudtavlan så är det tänkt att dessa ska installeras i ett varsitt skåp lokalt i bogpropellerrummet.

Rederi AB Eckerö uppdaterade M/S Eckerös maskinövervakningsystem helt och hållet i januari 2019. Detta gjordes av Höglunds Automation. Enligt Höglunds anvisningar så skall en integration av batterier och frekvensomvandlare med fartygets överordnade system såsom maskinövervakningssystemet kunna göras utan några större modifikationer.

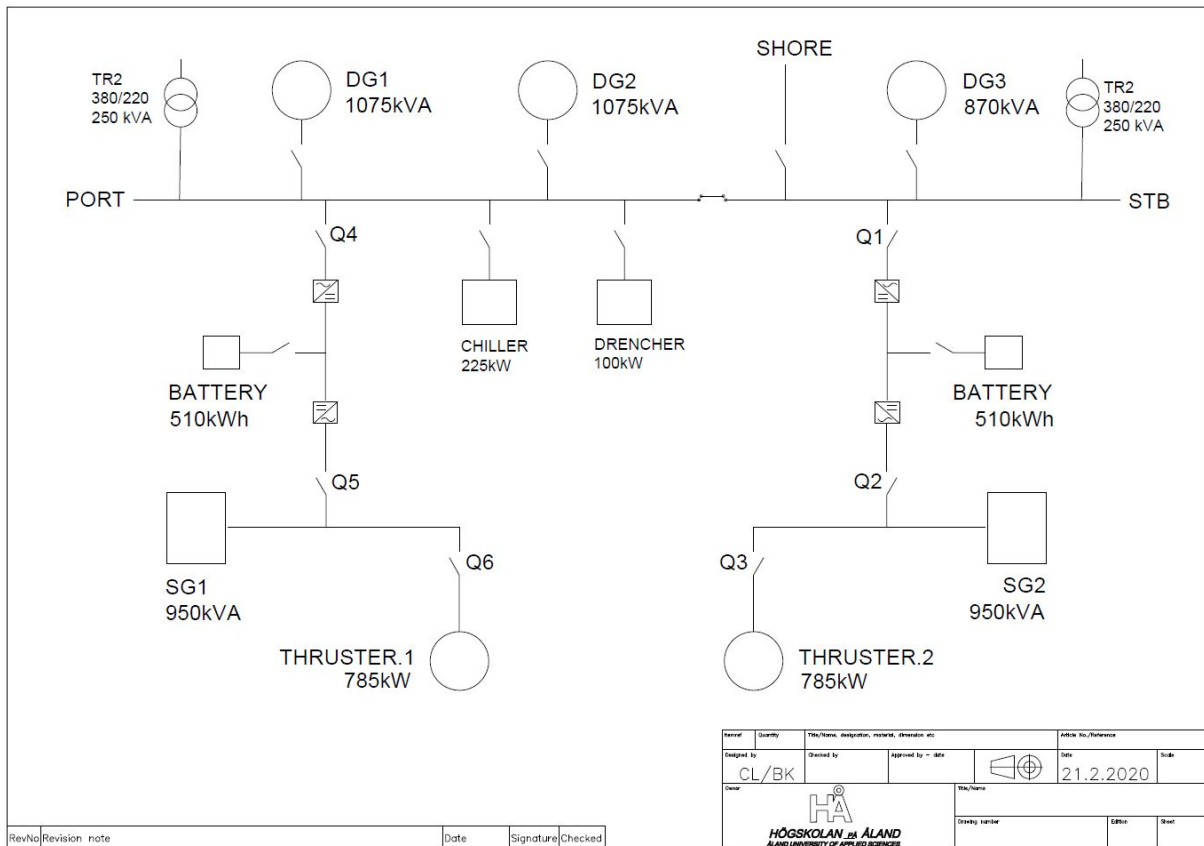
7.2 WE-Techs förslag på ombyggnation

I WE-Techs förslag skall det också installeras två stycken effektbrytare mellan WE-Techs VFD och huvudtavlan d.v.s. Q1 och Q4 (se figur 8). Även här kommer den befintliga lediga platsen att utnyttjas på baksidan av fartygets huvudtavla.

En stor skillnad mellan Höglund och WE-Techs förslag är de två effektbrytare för bogpropellrarna som skall installeras. De två effektbrytarna Q3 och Q5 kommer färdigt installerade inuti WE-Techs VFD. Detta underlättar vid installationen och minimerar kostnaden då inget nytt installationsskåp med tillhörande styr- och övervakningssystem behöver installeras i bogpropellerrummet.

I WE-Techs drive enhet ingår det ett dedikerat styrsystem för de olika drive enheterna. WE-Techs styrenhet är baserat på en Omron PLC som handhar kommunikationen med

överordnade system som exempelvis PMS, framdriftens kontrollsystem och maskinövervakningssystemet.



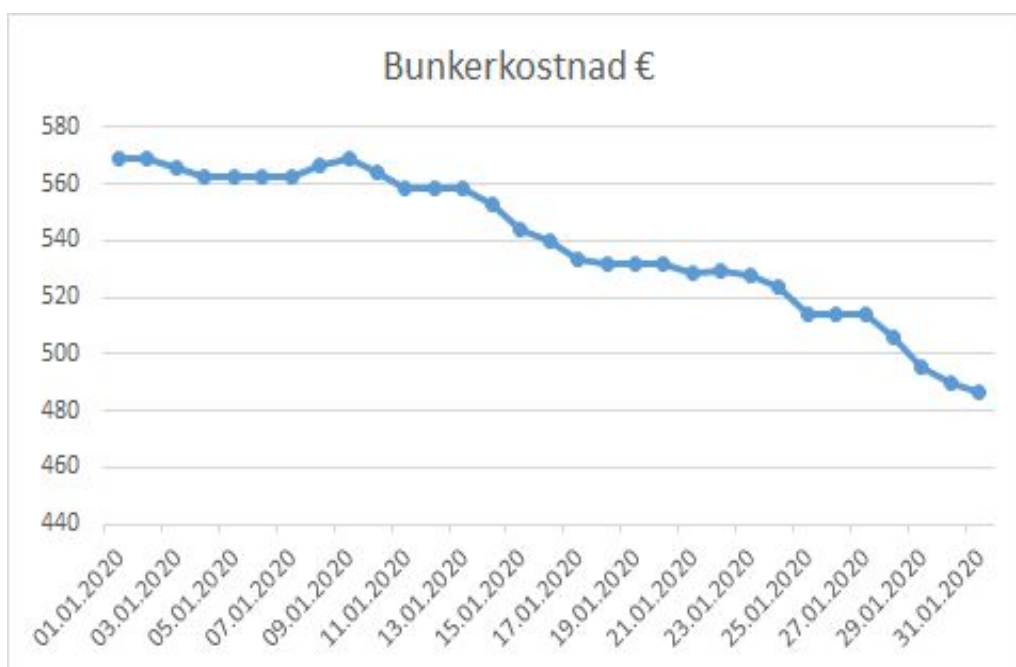
Figur 8. Visar hur den nya ritningen kan se ut över huvudtavlan på M/S Eckerö.

8 EKONOMISK KALKYL

Enligt rederiets önskemål har en ekonomisk kalkyl skapats. Detta för att klargöra om en investering i utrustning och installation kan betalas tillbaka inom en 10-årsperiod. Eftersom batteriernas livslängd är 10 år så bör projektet rimligtvis vara återbetalt inom denna tidsperiod för att det ska vara ekonomiskt försvarbart för Rederi AB Eckerö.

8.1 Bunkerpriset

Ett medelvärde på bunkerpriset från januari har vi räknat ut till 539,51 €/T. Detta för att få ett mera riktigande värde då priserna kan variera mycket. Eftersom medelförbrukningen är beräknad i kilogram per timme så omvandlar vi medelpriset på bunker till euro per kilogram istället. Detta resulterar i ett medelpris på 0,53951 €/kg. Det fallande bunkerpriset under januari månad kan bero på Coronavirusets framfart (se figur 9). (Ziady & CNN Business, 2020)



Figur 9. Visar bunkerpriset över januari månad.

8.2 Bunkerförbrukning för dieselgeneratorer

För att beräkna bunkerförbrukningen för dieselgeneratorerna har vi samlat in mätdata från M/S Eckerös maskinövervakningssystem. Från övervakningssystemet har vi fått ut mellan 40.000 till 50.000 mätpunkter per datainsamlingstillfälle som vi sedan implementerat i beräkningarna. Eftersom det inte finns mätpunkter för förbrukningen för varje enskild dieselgenerator och huvudmaskin så har vi beräknat ett medelvärde på vad DG1 och DG2 förbrukar tillsammans. Vi har sedan halverat dessa värden och använder det som utgångspunkt i våra beräkningar. Detta är möjligt att göra eftersom dieselgeneratorerna och huvudmaskinerna har jämnt fördelade laster vilket vi med hjälp av kontoret och mätdata kunnat bekräfta att stämmer. I tabellerna 5 och 6 ses bränsleförbrukningen för dieselgeneratorerna under fem dagar samt mellan vilka tider de är tagna. Tabellerna innehåller även de sammanställda medelförbrukningarna för båda dieselgeneratorer med avseende på equal-load

Tabell 5. Medelförbrukningen för dieselgeneratorerna.

<i>Datainsamlingstillfälle</i>	<i>Medelförbrukning [kg/h]</i>
29.09.2019 07.00-21:00	181,558
30.09.2019 05.10-18.30	175,109
1.10.2019 07.00-18.00	186,189
2.10.2019 07.40-18.40	192,783
3.10.2019 07.30-21.00	193,993
<i>För två dieselgeneratorer under fem dagar</i>	185,727
<i>För en dieselgenerator under fem dagar</i>	92,863

8.3 Bunkerförbrukning för huvudmaskiner

För att ta reda på hur mycket bunker huvudmaskinerna förbrukar under olika belastningar har vi använt oss av Wärtsiläs produktguide för W6L32 (se bilaga 1), där finns de specifika bunkerförbrukningarna vid olika belastningar. För att få en mera riktgivande förbrukning för B&W Alpha 16U28LU fick vi reda på från Rederi AB Eckerö (Strömberg, 2020) att B&W

Alpha har cirka 25% högre bunkerförbrukning än Wärtsilä W6L32. Detta konstaterades efter att man installerat de nyare Wärtsilämaskinerna. Se tabell 6 nedan.

Tabell 6. Specifika bränsleförbrukningen för de två olika huvudmaskinsmodellerna vid olika belastningar.

<i>WÄRTSILÄ W6L32</i>		<i>B&W ALPHA 16U28LU</i>	
<i>Belastning [%]</i>	<i>Förbrukning [kg/h]</i>	<i>Belastning [%]</i>	<i>Förbrukning [kg/h]</i>
100	526,4	100	658
85	438,5	85	548,1
75	386	75	482,5
50	259,2	50	324

8.4 Driftstimmar

För att ta reda på hur många timmar de två dieselgeneratorerna och huvudmaskinerna varit igång under ett år så använde vi oss av statistiken för hur många turer M/S Eckerö genomfört under året 2019. Vi har även tagit hamntiden under dagen och manövertiden i beaktande. Eftersom fartyget var på dockning i januari 2019 har vi även gjort upp en tabell för 2019 där man uteslutit docken och antagit att fartyget gått under normal drift även under januari månad. De två olika situationernas turer samt timmar kan ses i tabell 7 och 8. Dessa driftstimmar kan användas för att kunna beräkna hur mycket bunker en eller flera dieselgeneratorer och huvudmaskiner använder på ett år och sedan även hur stor driftskostnaden är för dessa. Denna statistik har vi fått av avdelningen System & Statistik på rederikontoret i Mariehamn.

Tabell 7. Antal turer och timmar för M/S Eckerö år 2019 med dockningen inräknad

<i>M/S Eckerö 2019</i>	<i>Tur 1 08:30-09:15</i>	<i>Tur 2 10:00-13:00</i>	<i>Tur 3 13:30-14:30</i>	<i>Tur 4 15:00-18:00</i>	<i>Tur 5 18:30-19:30</i>	<i>Tur 6 20:00-22:45</i>
<i>Totala turer</i>	228	345	345	345	345	226
<i>Timmar per tur</i>	399	690	690	690	690	396
<i>Timmar i hamn</i>	-	114	173	173	173	113

<i>Totala timmar till sjöss</i>	3555
<i>Totala timmar i hamn</i>	745
<i>Totala timmar under manövrering</i>	611
<i>Totala timmar med hamntid inräknad</i>	4299

Tabell 8. Antal turer och timmar för M/S Eckerö år 2019 under normal drift.

<i>M/S Eckerö 2019</i>	<i>Tur 1 08:30-09:15</i>	<i>Tur 2 10:00-13:00</i>	<i>Tur 3 13:30-14:30</i>	<i>Tur 4 15:00-18:00</i>	<i>Tur 5 18:30-19:30</i>	<i>Tur 6 20:00-22:45</i>
<i>Totala turer</i>	237	363	363	363	363	235
<i>Timmar per tur</i>	415	726	726	726	726	411
<i>Timmar i hamn</i>	-	119	182	182	182	118
<i>Totala timmar till sjöss med manövrering</i>	3730					
<i>Totala timmar i hamn</i>	781					
<i>Totala timmar under manövrering</i>	641					
<i>Totala timmar med hamntid inräknad</i>	4511					
<i>Totala timmar till sjöss utan manövrering</i>	3089					

8.5 Lönsamhetskalkyl

Eftersom målet för att detta projekt skall kunna fullföljas i praktiken är att alla utgifter för utrustning samt installation skall vara återbetalda inom en tioårsperiod så har vi utgått från detta kriterium då vi gjort dessa beräkningar. I dessa beräkningar kommer vi undersöka hur

mycket mindre bunker som kommer att gå åt för dieselgeneratorerna och hur mycket mer det kommer att gå åt till huvudmaskinerna. Beräkningarna nedan är skapta efter den nya driftsprofilen i kapitel 3.

8.5.1 Bunkerbesparing dieselgeneratorer

Bunkerbesparingen för dieselgeneratorerna har vi beräknat under normal drift d.v.s. att en dockning inte är inräknad. Detta eftersom en dockning av fartyget inte sker löpande varje år. Se tabell 9 nedan för beräkningarna.

Tabell 9. Beräkningar samt årlig besparing av dieselgeneratorerna.

Bunkerberäkning DG	Under färd 2xDG	Manöver 1xDG	Hamn 2xDG
Bunkerpris [€/kg]	0,53951	0,53951	0,53951
Medelförbrukning [kg/h]	185,727	92,863	185,727
Driftstimmar [h]	3 089	641	781
Årsförbrukning [kg]	573 711	59 525	145 053
Årlig besparing [€]	309 528	32 114	78 257
Total årlig besparing [€]	419 899		

8.5.2 Bunkerförbrukning huvudmaskiner

För att kunna göra en uppskattning på hur mycket företaget möjligen sparar in på att stänga av dieselgeneratorer och använda batterier måste vi beräkna hur mycket huvudmaskinerna förbrukar i dagsläget och hur mycket mer de kommer att förbruka vid den nya driftsprofilen. Vi har valt att använda oss av timmarna från tabellen utan dockningen inräknad.

För att ta reda på vad belastningen blir både procent- och effektmässigt har vi utgått från den maximala effekten på huvudmaskinerna och tagit bort 5 procent från detta enligt anvisning från rederikontoret i Mariehamn. Det vill säga för Wärtsilämaskinerna blir den maximala effekten då 2850 kW istället för 3000 kW och för B&W Alpha blir detta då 2965 kW istället för 3121 kW. Nedan ses en belastningstabell som beskriver vad de olika belastningsprocenterna motsvarar i effekt för de olika maskinmodellerna.

I dagsläget finns det två olika turer, en snabbare på 1 timme och 45 minuter samt en långsammare på två timmar, som vi måste ta hänsyn till i beräkningarna. Den långsammare turen körs två huvudmaskinerna med en snittbelastning på 80% vilket motsvarar 2280 kW och resulterar i en förbrukning på cirka 412 kg/h för vardera huvudmaskin eller sammanlagt 824 kg/h för de båda maskinerna. Under den snabbare turen har huvudmaskinerna en snittbelastning på 95% som motsvarar 2708 kW och ger en förbrukning på cirka 467,8 kg/h per maskin eller 935,6 kg/h för de båda. Denna förbrukning har vi sedan multiplicerat med antalet långsamma turers timmar till sjöss och januaris medelpris för bunker (Se tabell 10). Eftersom M/S Eckerö nästan uteslutande kör dessa turer med bara Wärtsilämotorerna har vi använt deras specifika bränsleförbrukning (se tabell 6).

Tabell 10. De totala bunkerkostnaderna på ett år för M/S Eckerö

Bunkerkostnader i dagsläget	Snabba turen, 1h 45min	Långsamma turen 2h
Belastning [%]	95	80
Förbrukning [kg/h]	994,2	824
Driftstimmar [h]	826	2904
Bunkerpris [€/kg]	0,53951	0,53951
Bunkerkostnader [€/år]	443 051	1 290 991
Totala bunkerkostnader [€/år]	1 734 042	

Vi har valt att undersöka driftfallet med fyra huvudmaskiner som vi tidigare nämnt i kapitel 3 om driftsprofiler eftersom denna profil passar hennes nuvarande trafik.

Under de långsamma två timmars turerna har vi då istället för 80% belastning på två huvudmaskiner istället 40% på fyra maskiner. Dessa 40% motsvarar en belastningseffekt på 1140 kW för Wärtsilämaskinerna och 1186 kW på B&W Alphasmaskinerna. Sedan måste vi ta belastningen som de två axelgeneratorerna ger på maskinerna i beaktande för att räkna ut den verkliga belastningen på huvudmaskinerna. Belastningen som tas ut från de båda axelgeneratorerna ligger på cirka 650 kW vardera vilket då ger en belastningsökning på 325

kW för varje huvudmaskin. Den nya belastningen blir då cirka 50% per huvudmaskin. Dessa 50% motsvarar då 1465 kW för Wärtsilämaskinerna respektive 1511 kW för de båda B&W Alpha. Wärtsilämaskinerna får då en förbrukning på 259,2 kg/h och B&W Alphamaskinerna en förbrukning på 324 kg/h.

För de snabbare tureorna på en timme och 45 minuter går belastningen från 95% på två huvudmaskiner till 47,5% på fyra maskiner. För Wärtsilämaskinerna ger dessa 47,5% en effekt på 1354 kW och för B&W Alpha en effekt på 1408 kW. Även här måste vi ta axelgeneratorernas effekt på 2x700 kW i beaktande vilket resulterar i att totaleffekten ökar med 350 kW för varje huvudmaskin. Den nya effekten på Wärtsilämaskinerna blir då 1704 kW respektive B&W Alpha blir detta då 1758 kW per maskin vilket ökar huvudmaskinernas effekt till 60%. Under denna tur får Wärtsilämaskinerna en förbrukning på 310 kg/h och Alphamaskinerna får då en förbrukning på 387,5 kg/h (se tabell 11).

Tabell 11. De totala bunkerkostnaderna över det nya driftfallet för M/S Eckerö

Bunkerkostnader driftfall fyra HM	Snabba turen, 1h 45min		Långsamma turen 2h	
	Wärtsilä	B&W Alpha	Wärtsilä	B&W Alpha
Belastning [%]	60		50	
Förbrukning [kg/h]	310	387,5	259,2	342
Driftstimmar [h]	826		2904	
Bunkerpris [€/kg]	0,53951			
Bunkerkostnader [€/år]	621 661		1 827 442	
Totala bunkerkostnader [€/år]	2 449 103			

8.5.3 Lönsamhetskalkylens resultat

Resultatet av dessa beräkningar ses i tabellen nedan (tabell 12). Dessa beräkningar visar att bunkerkostnaderna för huvudmaskinerna gentemot bunkerbesparningarna av dieselgeneratorerna oberoende av driftfall för detta projekt inte ger någon ekonomisk vinning.

Kostnaderna av utrustningen och installationen är irrelevant i detta fall eftersom beräkningarna nedan visar på förlust redan i detta skede.

Tabell 12. Visar resultatet av den ekonomiska kalkylen.

Lönsamhetskalkyl	Belopp
Bunkerkostnad för HM i dagsläget [€/år]	1 734 042
Bunkerkostnad fyra huvudmaskiner [€/år]	2 449 103
Ökad bunkerkostnad för fyra HM [€/år]	-715 061
Bunkerbesparingar dieselgeneratorer [€/år]	+419 899
Totala förlusten [€/år]	-295 162

9 SLUTSATS

Vi kan efter denna undersökning konstatera att det inte finns någon lönsamhet i att installera både batterier och VFD-moduler ombord på M/S Eckerö i dagsläget. Den största orsaken till detta är på grund av de höga belastningen på huvudmaskinerna som finns i hennes nuvarande trafik. En eller flera axelgeneratorer som kopplas in under färd fordrar mera effekt än vad två huvudmaskiner klarar av i dagsläget.

Vi har även undersökt andra driftfall för att se ifall det finns någon annan lösning för att kunna genomföra detta projekt. Ett av dessa fall är när man snedbelastar genom att använda tre huvudmaskiner. Även detta fall gav en förlust i bunkerberäkningarna, dock en lägre sådan. Problemet med denna lösning var istället att huvudmaskinerna får en för hög belastning vid de snabbare turerna vilket resulterar i att detta inte passar för hennes nuvarande trafik.

Ett förslag från vår sida skulle vara att se över den höga belastningen på de två huvudmaskinerna och om möjligt försöka få ner dessa med fem till tio procent. Lyckas man med detta skulle projektet kunna vara fullt möjligt vid användning av två huvudmaskiner eftersom man då inte skulle gå över belastningsgränsen för dessa. Dock skulle inte den snabbare turen vara möjlig i detta fall heller eftersom man där ökar belastningen över vad huvudmaskinerna klarar återigen.

Ett annat alternativ till detta förslag ovan skulle vara att undersöka möjligheten till att bara installera VFD ombord. Detta skulle reducera kostnaderna för utrustningen och installationen markant. Här skulle det troligtvis vara ekonomiskt försvarbart eftersom man kan stänga av två dieselgeneratorer under färd. I detta fall skulle man inte heller behöva ha en inbesparingsplan på tio år eftersom man inte är begränsad av batteriernas livslängd. Dock måste man även här se över de höga belastningarna på de två huvudmaskinerna som finns i dagsläget.

KÄLLOR

About Corvus Energy - Corvus Energy. (n.d.). Corvus Energy. Retrieved February 19, 2020, from <https://corvusenergy.com/about/>

– Additional Class, P. (n.d.). *Rules for the Classification of Steel Ships.*

https://marine-offshore.bureauveritas.com/sites/g/files/zyzpfnx136/files/pdf/NR467_F1_2018-07.pdf

Corvus Orca Energy - Corvus Energy. (n.d.). Corvus Energy. Retrieved February 19, 2020, from <https://corvusenergy.com/products/corvus-orca-energy/>

EMC och elkvalitet | Elsäkerhetsverket. (n.d.). Elsäkerhetsverket. Retrieved February 24, 2020, from

<https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/vi-arbetar-med/tillsyn-och-marknadskontroll/EMC/EMC-och-elkvalitet/>

HEAT EXCHANGERS. (n.d.). Retrieved March 16, 2020, from

<http://www.thermopedia.com/content/832/>

Main switchboard (MSB) | Irbis. (n.d.). Retrieved April 1, 2020, from

<http://www.irbis-technology.lv/en/main-switchboard-msb>

Power Management System - an overview | ScienceDirect Topics. (n.d.). Retrieved April 1, 2020, from

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/power-management-system>

Programmable Logic Controller (PLC) - Glossary | CSRC. (n.d.). Retrieved April 1, 2020, from https://csrc.nist.gov/glossary/term/Programmable_Logic_Controller

summary_battery_specifications.pdf. (n.d.).

http://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf

Term. (n.d.). Encyclopedia. Retrieved April 1, 2020, from

<https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/metacentric-height>

The Corvus Energy Journey - Corvus Energy. (n.d.). Corvus Energy. Retrieved February 19,

2020, from <https://corvusenergy.com/about/history-2/>

Wikipedia contributors. (n.d.-a). *Dräktighet (sjöfart)*. Wikipedia, The Free Encyclopedia.

Retrieved March 16, 2020, from

[https://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Dr%C3%A4ktighet_\(sj%C3%B6fart\)&oldid=29933097](https://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Dr%C3%A4ktighet_(sj%C3%B6fart)&oldid=29933097)

Wikipedia contributors. (n.d.-b). *Ro-pax*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved

March 16, 2020, from

<https://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Ro-pax&oldid=47379179>

Wikipedia contributors. (2019, December 25). *Gross tonnage*. Wikipedia, The Free Encyclopedia.

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gross_tonnage&oldid=932363400

Ziady, H., & CNN Business. (2020, January 27). Oil prices have fallen 10% as coronavirus raises fears for global growth. *CNN*.

<https://www.cnn.com/2020/01/27/business/oil-prices-coronavirus/index.html>

Strömberg, A. (2020, April 01). Teknisk inspektör M/S Eckerö.

Ginman, K. (2020). Lektor, Högskolan på Åland

Dahl, K. (2020). Lektor, Högskolan på Åland

Rosenqvist, S. (2020). Safety Manager, Rederi AB Eckerö

BILAGOR

Bilaga 1: Tabell från Wärtsiläs produkt guide över bränsleförbrukningen.

Bilaga 2: Layout för WE-Drive.

Bilaga 3: Layout för Corvus Orca batterier.

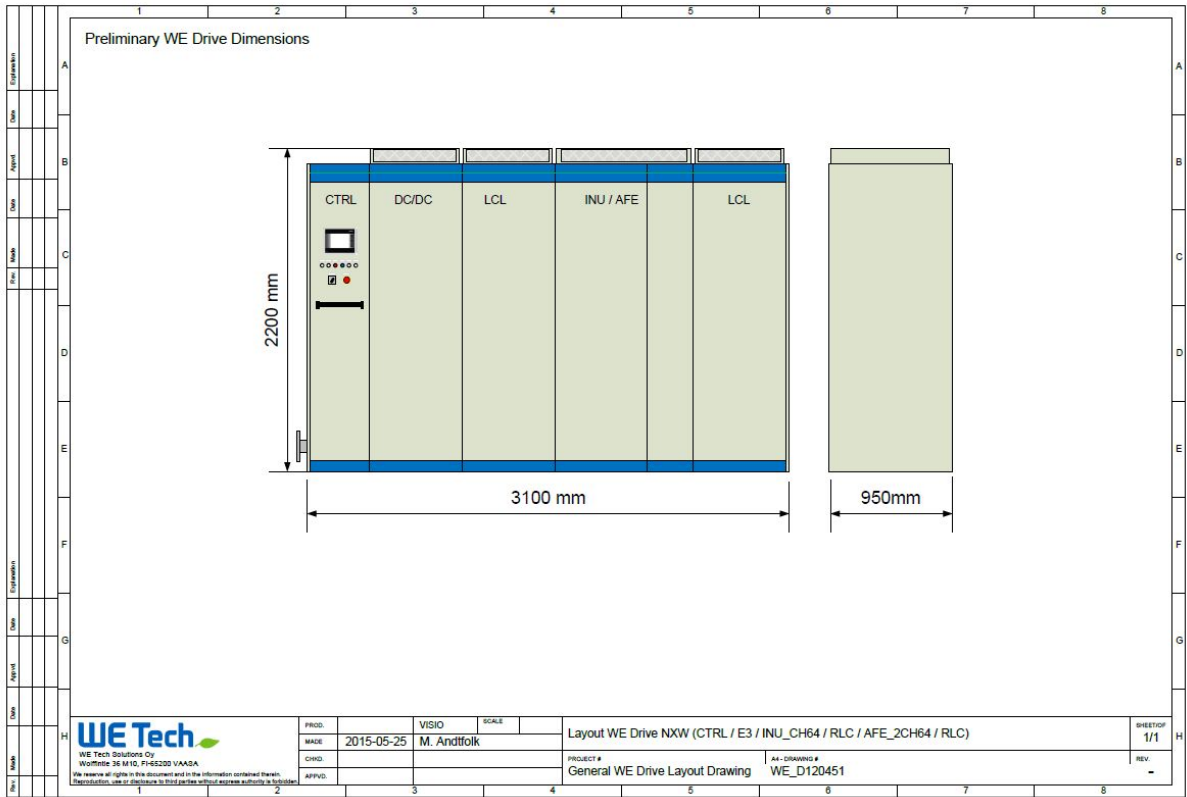
Bilaga 4: Alandias layout för batteriutrymmen samt tillhörande utrustning.

Bilaga 5: Layout för Höglunds transformatorer.

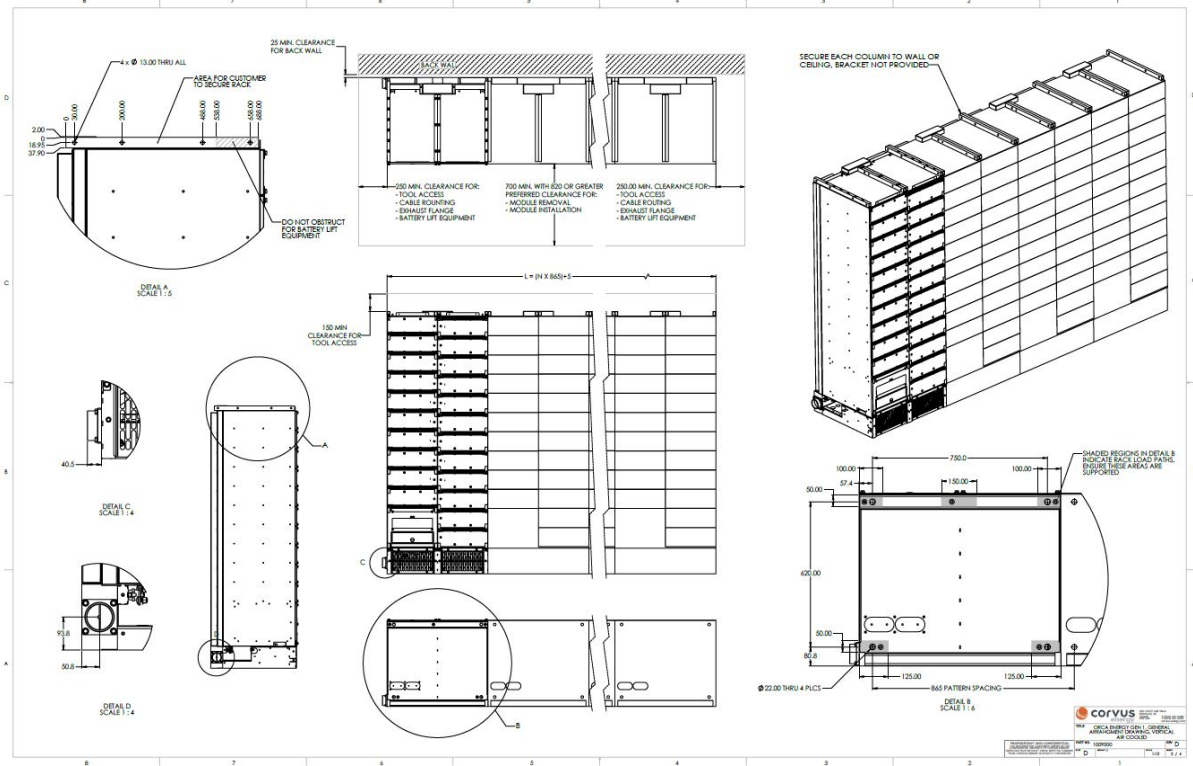
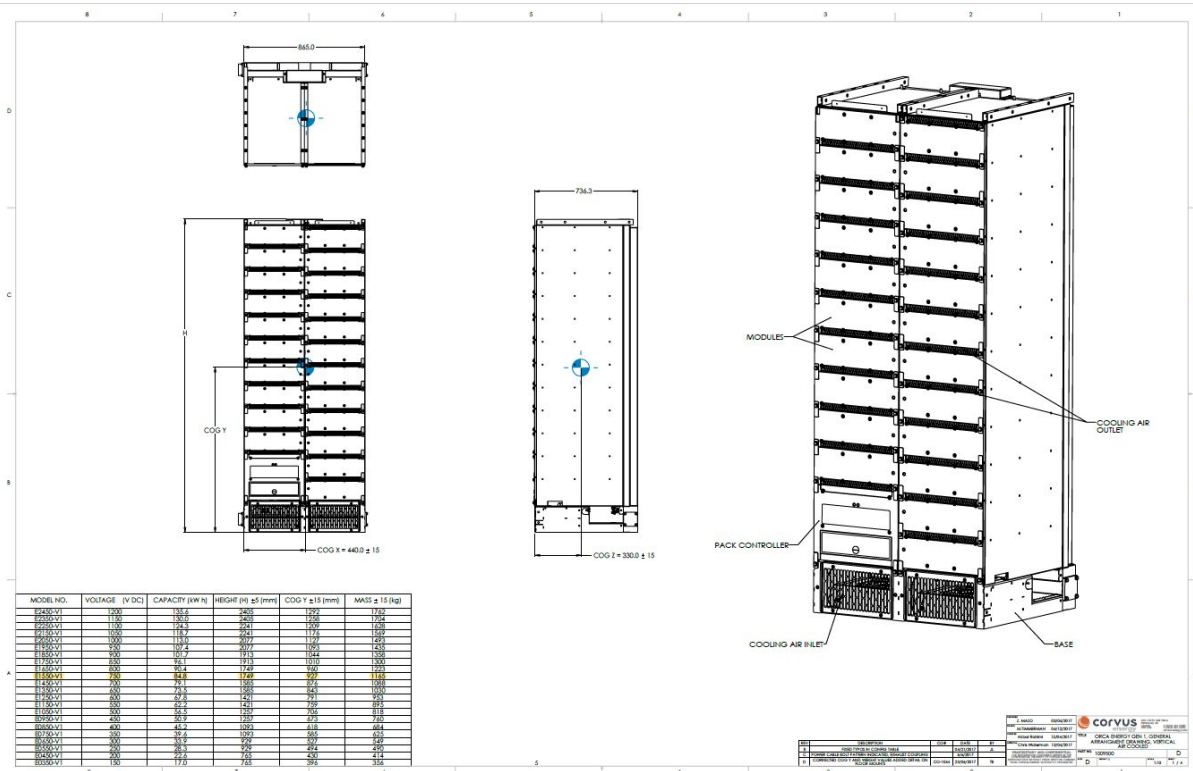
Bilaga 6: Höglunds Layout för VFD.

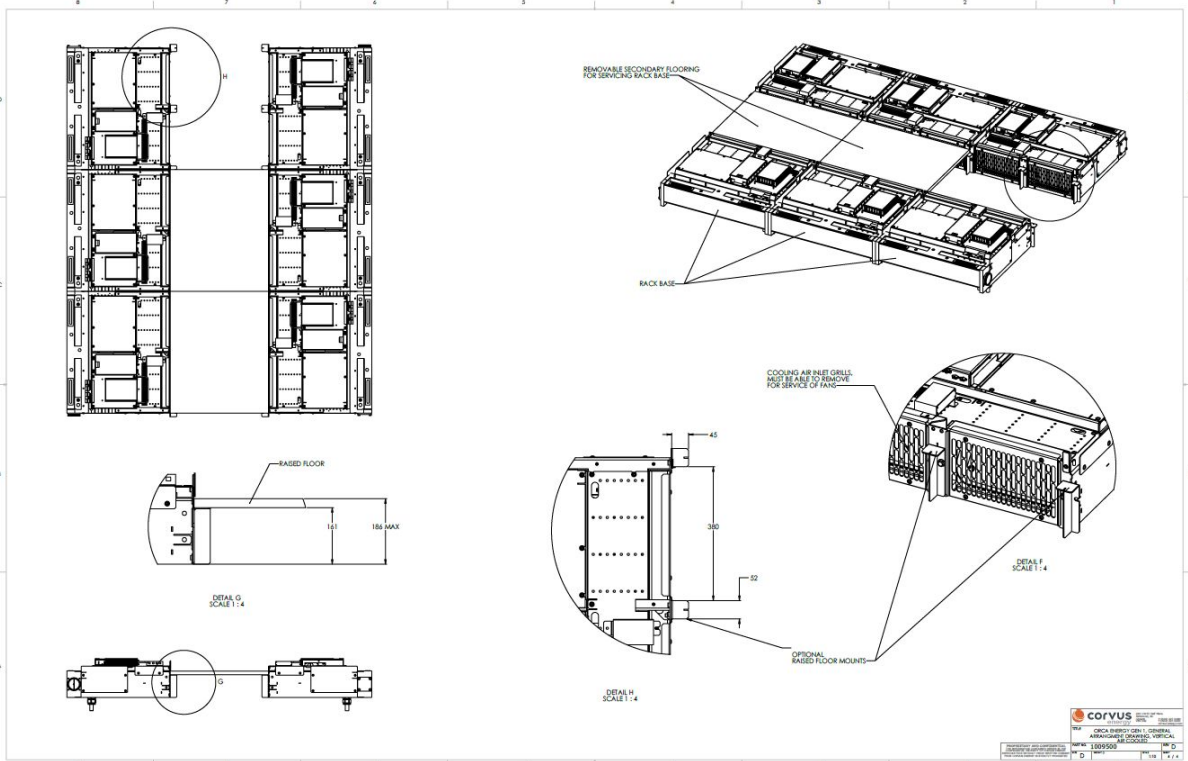
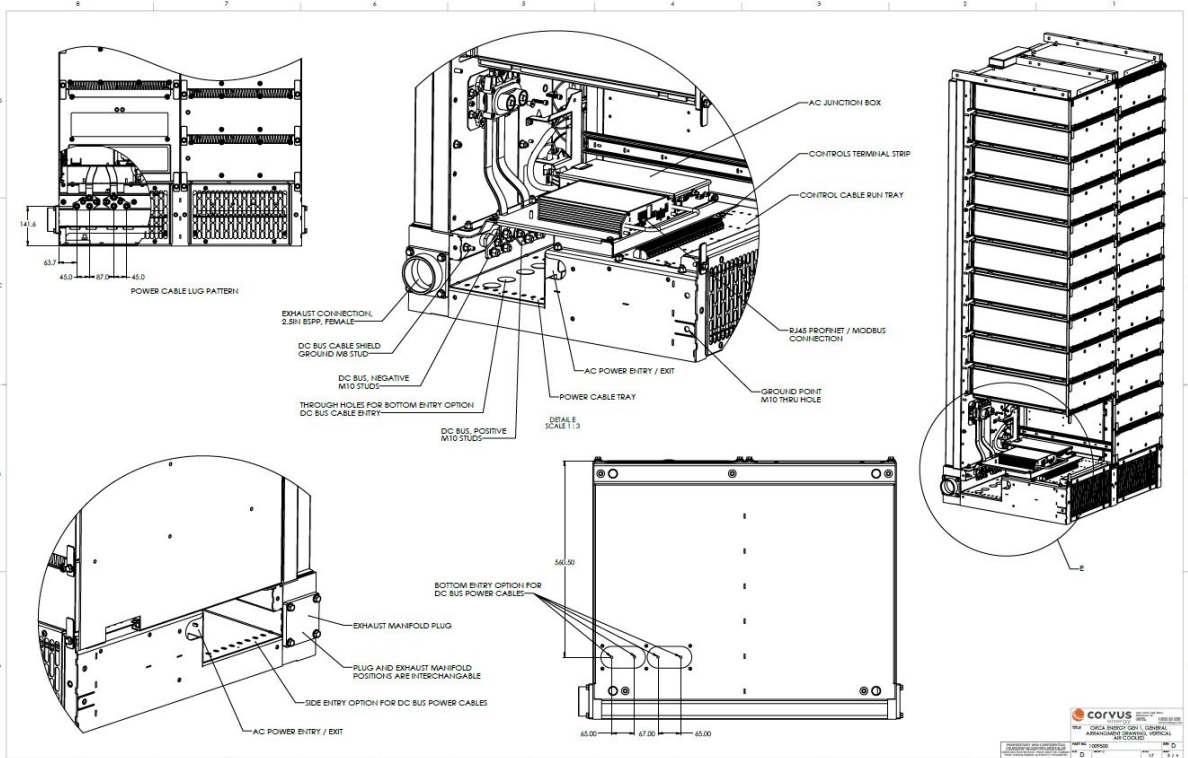
Bilaga 7: Höglunds tekniska specifikation.

Wärtsilä 6L32		DE/CS CPP SCR, LFO	DE/CS CPP SCR, LFO	AE SCR, LFO	AE SCR, LFO	ME VS CPP SCR, LFO	ME VS FPP SCR, LFO
Engine speed Cylinder output	RPM kW/cyl	720 560	750 580	720 560	750 580	750 580	750 580
MDF temperature before engine, max. (TE 101)	°C	45	45	45	45	45	45
Fuel consumption at 100% load, HFO	g/kWh	-	-	-	-	-	-
Fuel consumption at 85% load, HFO	g/kWh	-	-	-	-	-	-
Fuel consumption at 75% load, HFO	g/kWh	-	-	-	-	-	-
Fuel consumption at 50% load, HFO	g/kWh	-	-	-	-	-	-
Fuel consumption at 100% load, MDF	g/kWh	183.1	184.7	184.5	186.0	184.7	185.6
Fuel consumption at 85% load, MDF	g/kWh	180.9	181.9	182.3	183.3	181.0	181.9
Fuel consumption at 75% load, MDF	g/kWh	181.0	181.8	182.5	183.2	180.6	181.5
Fuel consumption at 50% load, MDF	g/kWh	189.2	189.2	190.3	190.3	181.9	182.9
Clean leak fuel quantity, MDF at 100% load	kg/h	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Clean leak fuel quantity, HFO at 100% load	kg/h	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Lubricating oil system							
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	500	500	500	500	500	500
Suction ability main pump, including pipe loss, max.	kPa	30	30	30	30	30	30
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	50	50	50	50	50	50
Suction ability priming pump, incl. pipe loss, max.	kPa	30	30	30	30	30	30
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63	63	63	63	63	63
Temperature after engine, approx.	°C	78	78	78	78	78	78
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	78	81	78	81	81	81
Pump capacity (main), stand-by	m³/h	67	70	67	70	70	70
Priming pump capacity, 50Hz/60Hz	m³/h	15.0 / 18.0	15.0 / 18.0	15.0 / 18.0	15.0 / 18.0	15.0 / 18.0	15.0 / 18.0
Oil volume, wet sump, nom.	m³	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Oil volume in separate system oil tank, nom.	m³	4.5	4.7	4.5	4.7	4.7	4.7
Oil consumption (100% load), approx.	g/kWh	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	1380	1380	1380	1380	1380	1380
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Oil volume in turning device	liters	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Oil volume in speed governor	liters	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Cooling water system							
High temperature cooling water system							
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static	250 + static	250 + static	250 + static	250 + static	250 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	530	530	530	530	530	530
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	77	77	77	77	77	77
HT-water out from engine, nom (TE402) (single stage CAC)	°C	96	96	96	96	96	96
HT-water out from engine, nom (TE432) (two stage CAC)	°C	96	96	96	96	96	96



Bilaga 3







- Bolted hatch
- Fire and thermal insulation
- Painting

Design for above 2 weeks

Production time for above approx. 8 weeks

Detail design

- Equipment locations
- Penetrations
- Fire dampers
- Cable ways
- Pipe
- Ventilation
- Heating and cooling
- Battery cooling system
- Firefighting system
- Fire detection and alarms
- Power and lighting

NOTE Costs related to site inspections and meetings will be charges with a day rate on EUR 850,00 + travel expenses

Penetration

- 2pc Single S6 ROX Tech penetration
- 2pc Double S6 ROX Tech penetration
- 2pc Pipe penetration for chilled water
- 4pc Pipe penetrations for Heating/Cooling
- 4pc Ventilation penetration
- 1pc Pipe penetration for Hi-Fog

Ventilation

- 2 pc Explosion proof centrifugal fan

Fire damper

- 4pc fire dampers incl local control

Firefighting system

- 4pc Hi-Fog sprinkler heads + high-pressure pipe

NOTE: Firefighting system to be connected to ships existing system

Heating & cooling

- 1 pc 2x3,2kW Cooling/2x3,4 kW Heating standalone heat pump
- 1 pc 16kW Cooling/18kW Heating standalone heat pump

Equipment and cable ways

Address:
Alandia Engineering Estonia
Estonia

www.alandiaengineering.com



-
- Foundation and support for equipment delivered by ???
 - Mounting of ??? delivered equipment
 - Cable ways

Chilled water piping

- Chilled water piping system for equipment delivered by ???

NOTE: Chilled water piping system include pipe and shutoff valves only. PDI regulators and pumps are on the ship side

Electrical inside container

- 2pc Fire detector 2pc
- 2pc Manual call point 2pc
- 2pc PA/GA speaker/ alarm
- 4pc Light fixtures
- 2pc Escape route lights
- Cables and installation

Budgetary total [REDACTED]

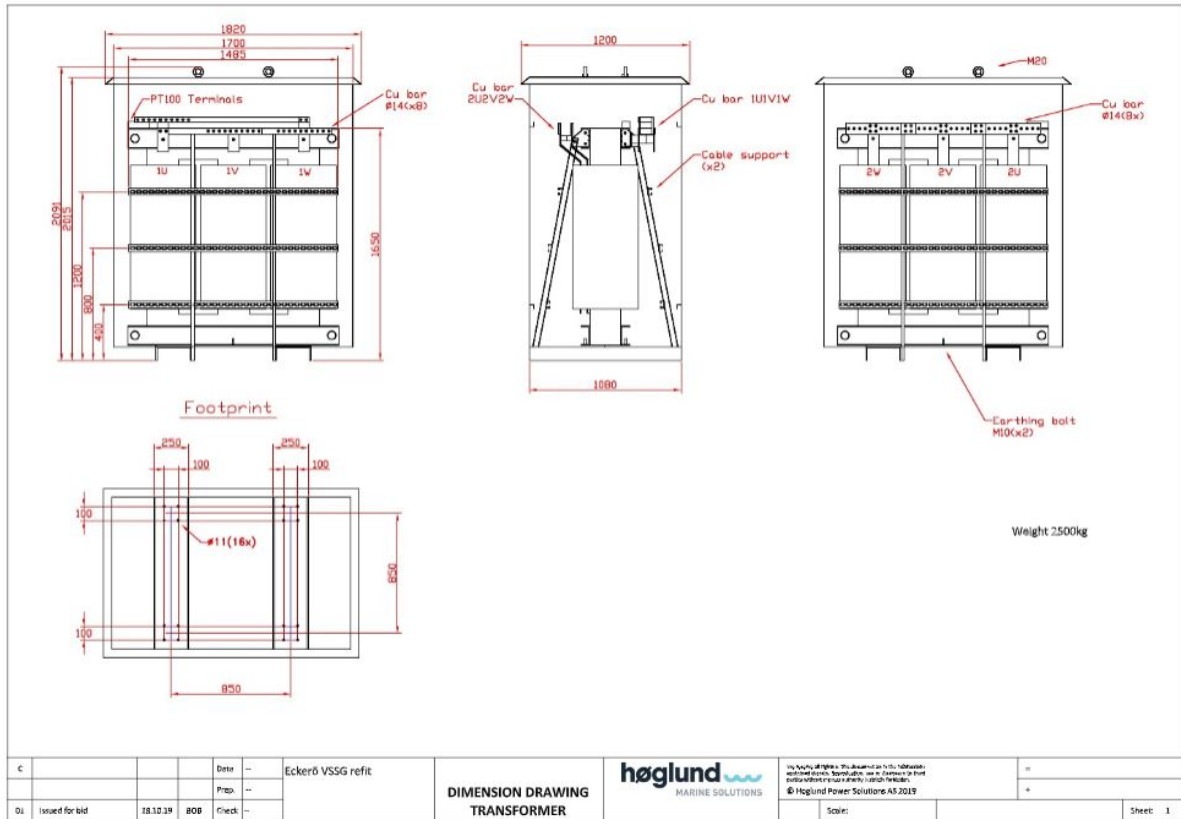
Estimated time schedule

- Design/Engineering and approval for main structure
 - o Design 2 weeks
 - o Approval?
- Detailed design/engineering and approval of equipment location,
 - o Design and Engineering 4-6 weeks
 - o Approval?
- Production of A60 compartment
 - o Approx. 8 weeks
- Outfitting
 - o 4 – 6 weeks

NOTE:

This price does not take into consideration any connection or equipment's outside the container/ shipside
Final price can be given when details about the equipment has been submitted.

Bilaga 5



Bilaga 6

Dimension (Diameter) Weight
 2000x275x225 mm 2400 kg
 *Ski not included in dimension

E			Date	Eckeró Line VSSG reitt	DIMENSION DRAWING COMBI DRIVE		We warrant all goods to be free from any defects in materials and workmanship for a period of 12 months from the date of delivery. This warranty is subject to the terms and conditions of our standard warranty.	
			Prep				Sku:	
01	Eckeró reit	18.08.18	BOB	Check				Sheet 1



Document ID.	HPS_286_01_VSSG_TechSpec_00.docx
Project No.	286
Date	13/12/2019

Technical Specification

for

Variable Speed Shaft Generator

800kW with ESS

Revision	Description	Prepared	Checked	Approved	Date
00	Issued for Quotation	BOB			13/12/2019

Amendments Log

Revision	Changes

All changes from the previous revision are marked in yellow or identified by a grey line at the left margin. This line shall be used to indicate the new sections of the document.

Copyright © 2019, by Høglund Power Solutions. All rights reserved.

No part of this booklet may be reproduced or copied in any form or by any means (electronic, mechanical, graphic, photocopying, recording, taping or other information retrieval systems) without the prior written permission of the copyright owner.

Table of Contents	Page
1. General	4
1.1. VSSG Functions	4
1.2. Operation Modes	5
1.2.1. Power Take Out (PTO)	5

1.3. Design Specifications	6
2. Scope of supply	7
2.1. Multi Converter	7
2.2. Battery Rack	7
2.3. Grid Transformer	8
2.4. Controller Cabinet.....	8
2.5. EMS	8
2.5.1. General	8
2.5.2. Operation modes.....	8
2.5.3. Safety Functions	9
2.6. Interface to PMS/IAS	11
3. Technical Documentation.....	11
3.1. System Performance	11
4. Not included	11

1. General

Høglund Power Solutions (HPS) develops and manufactures complete battery hybrid power systems for seagoing vessels. The systems are delivered as components to be integrated at shipyard by the local electrical subcontractor. Commissioning is carried out by HPS commissioning engineer's prior delivery of complete finished vessel to ship owner.

The system is developed using Høglund's core values, applying custom software solutions using standard industrial grade off the shelf equipment. That way quality of the final product is high and aftermarket support is readily available from multiple vendors. When combined with a Høglund PMS, the true benefits of the VSSG becomes clearer.

1.1. VSSG Functions

- Variable speed, fixed output frequency.
- Load sharing between VSSG units and DG units.
- Dynamic PTI/PTO operation.
- Less propeller cavitation due to lower propeller speed at partial load.
- Battery energy storage ESS can be integrated into DC-link.
- Boost mode PTI VSSG + Main Engine.
- Smaller main engine can be selected increasing average load of main engine during normal operation.

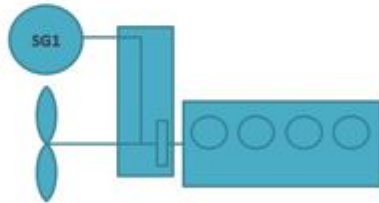


Figure 1 Typical Machinery Arrangement

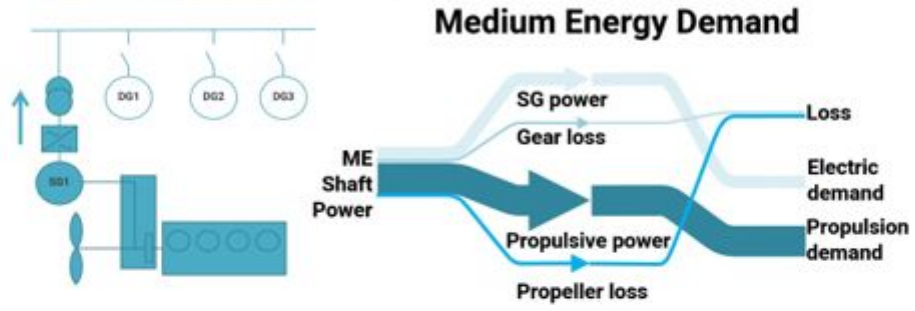


Figure 2 VSSG Electric Single Line Diagram

1.2. Operation Modes

1.2.1. Power Take Out (PTO)

This operation mode is the normal operation mode of the vessel. By using only, the main engine for both propulsion and electric power demand on the vessel, minimum engines can be run. Since the VSSG can operate at different speeds with fixed output frequency optimization of propeller and diesel generator can be done and a wide rpm window for the main engine combinator curve can be used.



1.3. Design Specifications

Vessel power system	380VAC 50Hz
Inverter type	Voltage Controlled Inverter IGBT
ESS rated power	2x800kW
ESS Capacity	2x500kWh
Battery Power Capacity Charging	1C
Battery Power Capacity Discharging	1C
Class	DNVGL
Class notation	DNVGL Battery (Safety)
Flag Authority	Sweden

2. Scope of supply

2.1. Multi Converter

Quantity	Description
2	<p>Marine cabinet</p> <p>Max. continuous power 800 kW continuous (at cos phi >0,88)</p> <p>Supply voltage 525 V - 15 % to +20%</p> <p>Supply frequency 50 Hz ± 10%</p> <p>Rectifier unit NXP1030</p> <p>VSSG unit NXP1030</p> <p>Protection IP23</p> <p>Service space front 1200mm</p> <p>Service Continuously</p> <p>Cooling method Air Cooled</p> <p>Operation temperature 0 – 35 °C/ 95 % moisture</p> <p>Storing temperature -40 – 55 °C</p>

2.2. Battery Rack

Quantity	Description

2.3. Grid Transformer

Quantity	Description
2	3-phase transformer capsulated IP23 Primary voltage 690V Secondary voltage 380V Capacity 1200kVA Air cooled Class F Al Winding

2.4. Controller Cabinet

Quantity	Description	
2	Control Cabinet Type Voltage supply Power Requirement CPU Weight Dimension (WxHxD)	Eldon 24VDC 50W ABB AC800M PM360 45kg 600x1200x300mm

2.5. EMS

2.5.1. General

The EMS will control the complete ESS by a set of predefined modes. These modes can be selected from the PMS VDU in remote.

2.5.2. Operation modes

2.5.2.1. ST-BY

ESS is not connected to MSB and not running. In Auto and ready to start.

2.5.2.2. Idle mode

ESS will be connected to switchboard but running with zero power reference.

2.5.2.3. Peak-shave mode

Load peaks are shaved off, making generators power ramping smoother. Average load on generators will however be the same as average grid consumption. PMS will disregard power available signal from EMS.

2.5.2.4. Emergency mode

Will automatically activate if generators trip unexpectedly and ESS will deliver high power switchboard to be able to commence operations for a short period to abort critical operations. PMS will use power available signal from EMS to limit propulsion.

2.5.2.5. Charging mode

Will charge batteries to SOC target high value and then switch operation mode to Idle mode when SOC target level has been reached. PMS will disregard power available signal from EMS.

2.5.2.6. Discharging mode

If there is a need to have a spinning reserve in the powerplant to fulfil class requirements when operating in i.e. during dynamic positioning operation. The ESS will charge batteries to SOC target high level. PMS will disregard power available signal from EMS.

2.5.3. Safety Functions

To optimize asset utilization and to conform with design specifications there are a set of safety functions implemented in the ESS controller. The controller communicates with both Battery Management System, Energy Management system and the AC to DC converter controlling the power flow to/from the batteries. Plant parameters like battery cell voltage, temperature, current is monitored, and limits have been put into place to ensure safe and stable operation. There are also a set of limits which only give an alarm when exceeded. These limits have been implemented to ensure batteries are operated within design specification but are not shutting down the system if exceeded.

2.6. Interface to PMS/IAS

Interface to PMS/IAS system is included in scope.

Number of signals:

- 25 off IO from Battery packs
- 10 off IO from Grid converter
- 3 off IO from Grid transformer
- 50 off IO from EMS

3. Technical Documentation

All documentation will be supplied in English.

HPS shall supply the following list of documents to the Customer:

- Classification Drawings
- Energy Storage System specification
- Datasheets of all components
- Operating and maintenance manuals, including Operation Manual
- Crew training material

Operations manuals/maintenance manuals shall contain procedures, instructions, and guidance for use by operational personnel in the execution of their duties.

3.1. System Performance

The Energy Storage System shall be tested during sea trial to the parameters as stated in section 1.4 Design Parameters. At this point the system shall be approved by the client after confirmation of achievement of the specified performance.

4. Not included

- Everything not mentioned in the above specification.