

Konvertering av W10V31DF laboratoriemotor för Slot-testning

Eddie Bondegård

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: Eddie Bondegård
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktning: Maskinkonstruktion
Handledare: Tobias Ekfors, Yrkeshögskolan Novia
Stefan Sundström, Wärtsilä

Titel: Konvertering av W10V31DF laboratoriemotor för Slot-testning

Datum: 19.4.2023 Sidantal: 27 Bilagor: 3

Abstrakt

Detta examensarbete gjordes på uppdrag av avdelningen Wärtsilä testing & validation avdelningen. Syftet med arbetet var att göra upp en plan för hur en befintlig laboratoriemotor skulle anpassas för framtidens testmetoder.

För tillfället monteras laboratoriemotorerna för en längre tid i testcellerna, vilket inte kommer vara fallet i framtiden då nya testfaciliteter kräver större flexibilitet. Då är det viktigt att motorerna anpassas för snabb och smidig montering i testcellerna genom en slot-konvertering. Detta då testcellernas utnyttjandegrad skall hållas hög.

Förut har det inte funnits någon metod eller guide för detta, vilket har medfört att motorerna har konverterats på olika sätt vilket inte är optimalt för smidigheten i testandet.

Arbetet behandlar hur en motor skall anpassas för framtiden genom en slot-konvertering. Resultatet jämför nuläget med framtiden gällande motortestningen och lägger fram lösningar för konverteringen samt basen för en allmän guideline.

Språk: svenska

Nyckelord: motortestning, laboratoriemotor, testcell

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Eddie Bondegård
Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu
Ohjaajat: Tobias Ekfors, Yrkeshögskolan Novia
Stefan Sundström, Wärtsilä

Nimike: W10V31DF laboratoriomoottorin konversio slottitestausta varten

Päivämäärä: 19.4.2023 Sivumäärä: 27 Liitteet: 3

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä testing & validation osastolle. Opinnäytetyön tavoite oli laatia suunnitelma, miten olemassa oleva laboratoriomoottori saadaan toimimaan tulevaisuuden testimenetelmillä.

Tällä hetkellä laboratoriomoottorit asennetaan pitemmäksi ajaksi testiselleihin, tämä käytäntö tulee muuttumaan tulevaisuudessa, kun uudet testifasilitetit sen vaativat. Silloin on tärkeää, että moottorit sovelletaan sujuvaan asennukseen testiselleihin slotti-konversion kautta, pitääkseen testisellien käyttötason korkeana.

Ennen ei ole löytynyt minkäänlaista ohjetta muutokseen mikä on johtanut siihen, että moottorit on muunneltu monella eri tavalla mikä ei ole optimaalista testien sujuvuuden kannalta.

Työssä käydään läpi, miten moottoria pitää soveltaa tulevaisuuden testimenetelmiin slotti-konversion kautta. Tulos vertaa nykypäivää tulevaisuuteen moottorintestaukseen liittyen ja esittää ratkaisua konversioon sekä antaa perustukset yleiseen slotti-konversio ohjeeseen.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: moottorintestaus, laboratoriomoottori, testiselli

BACHELOR'S THESIS

Author: Eddie Bondegård
Degree Programme: Mechanical engineering
Specialisation: Mechanical Construction Systems
Supervisor(s): Tobias Ekfors, Yrkeshögskolan Novia
Stefan Sundström, Wärtsilä

Title: Conversion of W10V31DF laboratory engine for slot testing

Date: 19.4.2023 Number of pages: 27 Appendices: 3

Abstract

This thesis is made on behalf of Wärtsilä testing & validation. The purpose of this thesis was to come up with a plan for how to adapt a preexisting laboratory engine for the test methods of the future.

As it is today, test engines are mounted in the test cells for longer periods of time, this will not be the case in the future because the new test facilities demand higher flexibility. It will then be important that the test engines are suited for a fast installation into the test cells through a slot conversion. This is because the usage of the test cells must be kept high.

There has not existed any official guideline for the conversion in the past and that has led to the converted engines not using the same parts and solutions. This is something that is not well suited for good flexibility.

The thesis goes through how an engine should be adapted for the future through a slot conversion. The result compares current testing methods with the future and presents solutions for the conversion. A base for a conversion guideline is also set.

Language: Swedish

Key words: engine testing, laboratory engine, test cell

Innehållsförteckning

1	Introduktion	2
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Avgränsningar	3
1.4	Disposition	4
1.5	Wärtsilä	4
1.5.1	Wärtsilä Research & Development	4
2	Teori	5
2.1	Wärtsilä 31	5
2.2	Motortestning	7
2.2.1	Slot testning	7
2.3	UNIC styrsystem	8
2.4	Laboratoriespecifika mätsystem	8
2.4.1	Långsamma mätningar (SDAQ)	9
2.4.2	Snabba mätningar (Dewesoft)	9
2.5	Auxiliary systems	10
2.6	Genset	11
3	Metodik	12
3.1	Tillvägagångssätt	12
3.2	Kravlista	13
4	Resultat	14
4.1	Baseframe och generator	14
4.2	UNIC	15
4.3	Laboratoriespecifika mätningar	15
4.4	Auxiliary Connections	16
4.4.1	Kylvattenrör	16

4.4.2	Förmörjningsrör	17
4.4.3	LFO bränslerör.....	18
4.4.4	Gasrör.....	20
4.5	Luftmätrörets position	21
4.6	Avgasrörets position	23
4.7	Materiallista och kostnads kalkyl.....	23
4.8	Guideline	24
4.9	Resultats diskussion.....	25
5	Diskussion	26
6	Källförteckning.....	27

Bilagor

Ordförklaringar

DF	Dual Fuel, kan använda bränslen i vätske- och gasform.
SG	Spark Gas, bränslet i gasform som antänds av en gnista.
Baseframe	Underlaget som motor + generatorn fästs vid.
Medium bore	Cylinderstorlek från 31cm till 34cm i Wärtsiläs fall.
Genset	Motor sammankopplad med en generator på en baseframe.
LFO	Light Fuel Oil.
LNG	Liquified Natural Gas.
Slot	Det engelska ordet slot betyder lucka och används för att beskriva testmetoden.

1 Introduktion

Detta examensarbete har gjorts för Wärtsilä Testing & Validation vid motorlaboratoriet i Vasa. I motorlaboratoriet testkörs motorer med syfte att utveckla och testa nya idéer samt komponenter.

1.1 Bakgrund

I nuläget när motorer testas i motorlaboratoriet används testcellerna väldigt ineffektivt då en motor kan stå otestad i månader i väntan på delar. Motorcellen lämnas då oanvänd trots att den kanske kunde användas för testning av en annan motor under tiden tills delarna anländer.

För att få bukt på detta problem har man i de nya faciliteterna på Vasklot tagit i bruk slot-testning där motorerna lätt kan växlas mellan testcellerna. Begreppet slot-testning samt slot-motor beskrivs mer grundligt i kapitel 2.2.1. För att nuvarande laboratoriespecifika motorer skall kunna köras som slot-motorer krävs lite modifikationer. Därifrån uppstod idén till examensarbetet som handlar om att sammanställa en guide som beskriver tillvägagångssättet vid en slot-konvertering.

Laboriemotorer skiljer sig en aning från ordinarie kundmotorer som testkörs, en laboriemotor har en mängd extra mätningar och mätpunkter som krävs för diverse tester. Detta medför att man vid slot-testning behöver beakta positioner för såväl mätutrustning som mätdon av olika slag.

1.2 Syfte och mål

Huvudsyftet med examensarbetet är fram för allt att få fram en plan för att slot-konvertera en 10V31DF laboriemotor. Det sekundära syftet är att samla all information angående slot-konvertering och påbörja en guide som sedan kan följas av andra som i framtiden är i behov av att göra en liknande konvertering. Detta då det finns flera motorer som kommer behövas konverteras i framtiden.

Guiden som påbörjas skall innehålla en helhetsplan över en konvertering och vara relativt allmän så den kan anpassas för olika motortyper och inte är låst vid W31 motorn. Den görs klart efter examensarbetet med hjälp av samlad information.

Till uppgiften hör att söka upp väsentlig information som behövs vid konverteringen av 10V31DF laboratoriemotorn.

Till detta hör:

- Planering av en ny common baseframe för generatorbyte.
- Plan för återbruk tagning av en begagnad generator.
- Planering av platser för SDAQ mätsystem samt byte från MDAQ till SDAQ system.
- Kontroll av krävda rörstorlekar samt positioner av auxiliary systems kopplingar.
- Fundera ut passliga kopplingar för vätskor/gaser som motorn kräver.
- Ta reda på passliga lösningar för alla el- och automationssystem samt mätsystem.
- Luftmättrörets position.

1.3 Avgränsningar

Till att planera en slot-konvertering hör väldigt många saker så i samförstånd med handledare begränsades arbetet till att fokusera på det mest väsentliga. Min roll i arbetet var att göra en helhetsplan över vad som behövs för en konvertering samt se till att allt blir gjort i framtiden.

De saker som valts att fokusera på i arbetet är planering av en ny common baseframe för att fungera med ny generator och koppling; kontroll av krävda rörstorlekar; kopplingar för vätskor och gas; ta reda på stöpselstandarder; göra en tidsplan; enkel ritning på luftmättrörets position samt början till en konverteringsguide och kostnadsuppskattning. Detta gör att man får en bra grund för konverteringen av motorn i fråga men även en grund för att kunna anpassa guiden för andra motortyper.

1.4 Disposition

Detta examensarbete är indelat i kapitel och följer enligt dispositionen nedan:

Kapitel 2 beskriver teoretiska bakgrunden till arbetet kortfattat men innehållande allt de väsentliga. Kapitel tre innehåller en kort beskrivning över vilka metoder som använts för att komma fram till arbetet.

Kapitel fyra beskriver resultatet och diskuterar resultatet och hur och varför vissa lösningar valts samt hur bra dessa uppfyller begynnelsemålen som sattes upp.

Kapitel fem innehåller diskussion över hur examensarbetet gick och vilka saker som kanske borde tänkas på ifall man går framåt.

1.5 Wärtsilä

Wärtsilä är grundat 1834 då inom sågverksindustrin, men Wärtsilä började utvecklas till vad det är idag år 1938 då Wärtsilä skrev under ett kontrakt med Friedrich Krupp Germania Werft AG för att börja bygga dieselmotorer. Wärtsiläs första egna dieselmotor såg dagsljuset år 1959 och bar namnet Wärtsilä Vasa 14, denna motor var Wilmer Wahlstedts hantverk och den formade långt vad Wärtsilä är idag. (Wärtsilä, 2022b).

I dagsläget är Wärtsilä en marknadsledare inom marin- och energimarknaden med över 17 000 anställda i mer än 68 olika länder världen över. År 2021 hade Wärtsilä en nettointäkt på 4.8 miljarder Euro. (Wärtsilä, 2022c).

1.5.1 Wärtsilä Research & Development

Inom R&D på Wärtsilä läggs mycket energi på utvecklingen av förnybara bränslelösningar och allt effektivare motorer. Allt detta för att kunna stödja kunderna till fullo då det gäller att minska utsläpp. Motorlaboratorieverksamheten möjliggör också att man kan garantera funktionalitet samt pålitlighet i produkterna för slutkunden.

År 2020 investerade Wärtsilä över 150 miljoner euro i forskning och utveckling vilket var över 3% av nettointäkterna. (Wärtsilä, 2022d).

2 Teori

I detta kapitel presenteras kortfattat den mest väsentliga teorin om motorn som arbetet handlar, teorin bakom motortestning, slot-testning, mätningar samt om hur man går till väga när man söker och samlar information med betoning på informationssökning inom företag.

2.1 Wärtsilä 31

Motormodellen som kommer behandlas är Wärtsiläs 31 motor (figur 1) som kom på marknaden 2015 och blev känd genom att ha bäst verkningsgrad för en 4-takts dieselmotor. Wärtsilä 31 motorn kännetecknas även för att vara väldigt modulär och kan anpassas enligt kundens behov och krav.



Figur 1. Wärtsilä 10V31. (Wärtsilä, 2022e).

Wärtsilä 31 motorn kan fås i cylinderkonfigurationer från 8V till 16V, där V:et står för att cylindrarna bildar ett V sett från ändan och siffran före anger antalet cylindrar. Motorn kan producera upp till 610 kW/cylinder vilket är ledande inom dess klass. Motorn går att få som Diesel-, DF- eller SG-konfiguration. En DF, dual fuel, motor kan använda sig av bränslen i både vätske- samt gasform, en SG-motor är menad endast för bränslen i gasform och har

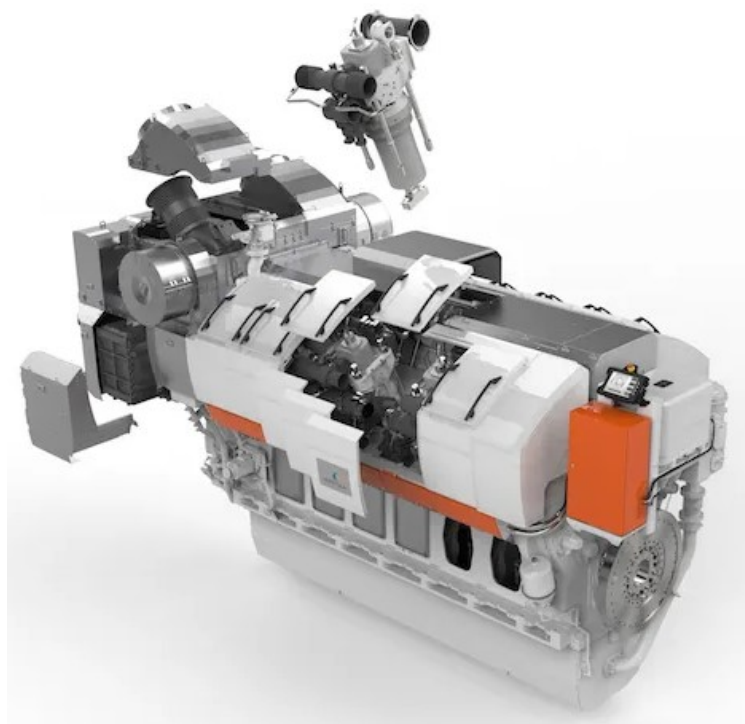
ett tändstift som antänder gasen i cylindern. Motorns tekniska data kan ses från tabellen nedan.

Tabell 1. 10V31DF tekniska data.

Wärtsilä 31DF	
Cylinder borrning	310 mm
Slaglängd	430 mm
Cylinder effekt	600 kW/cyl.
Varvtal	750 rpm
Effektivt medeltryck	29,6 bar
Kolvhastighet	10,75 m/s

(Wärtsilä, 2021).

Motorn har optimerats för långa serviceintervall där även tiden som krävs för servicen har gjorts så kort som möjligt. Detta möjliggörs med hjälp av komponenter som kan bytas ut som paket vilket betyder att komponenterna kan byggas ihop före installation och kan sedan snabbt bytas ut i ett stycke. Detta illustreras i figur 2 nedan där man kan se hur motorn är hopbyggd som en enhet med olika moduler. (Wärtsilä, 2021).



Figur 2. Exempel på W31 modularitet. (Wärtsilä , 2018).

2.2 Motortestning

Behovet att utföra tester och teorier på en motor som fungerar som den i en verklig installation har funnits länge. Därför satsar man alltid mycket energi och pengar på att efterlikna de verkliga förhållandena i en testcell. Detta kan vara ytterst kritiskt för att förstå sig på hur motorn kommer att fungera och reagera på olika miljöer och situationer som den kan utsättas för hos slutkunden. Detta är målet och behovet med motortestningen, man ska i en kontrollerad miljö kunna testa och försäkra sig om att en motor fungerar felfritt före den hamnar hos en kund. Man vill också upptäcka möjliga problem för att kunna åtgärda dem före möjliga haverier hos slutkunden.

Förutom att testa motorhållbarhet är det även viktigt att ha möjlighet att mäta utsläppen på motorn så man kan försäkra sig om att den möter alla gällande standarder och kundens krav. Utsläppen mäts med noggrann utrustning som analyserar avgaserna och kan berätta det exakta innehållet i dem. Detta på grund av att det kan få väldigt allvarliga konsekvenser ifall motorn sedan visar sig ha större utsläpp än vad som lovats från tillverkaren. (Plint & Martyr, 2012, ss. 408-422).

När det kommer till att analysera de data som man samlat är det ytterst viktigt att förstå sig på vad man egentligen testar och vilka resultat man väntar sig från olika test. Risken med för digitaliserad mätning och testning är att samlade data kan verka trovärdig trots att den är helt fel. Det vill säga mätvärden är bara mätvärden före någon har analyserat dem. (Plint & Martyr, 2012, ss. 335-350).

2.2.1 Slot-testning

Det engelska ordet slot kan ha många betydelser på svenska, men i denna bemärkelse betyder det lucka. Att testa något med hjälp av slot-testning betyder helt enkelt att man planerar in tester i luckor eller fack som har en plats samt en tid och en duration. Detta innebär att man redan före testet skall ha allt på klart vad gäller testscheman, mätapparatur och motorns funktionsduglighet.

Med slot-testning eftersträvas maximal utnyttjande av testcellen genom att göra tiden i slotten som inte medför något konkret i testväg så liten som möjligt. Detta för att användandet av utrustningen vill göras maximal.

2.3 UNIC-styrssystem

UNIC-styrsystemet är ett motorstyrningssystem utvecklat av Wärtsilä som möjliggör allt effektivare, pålitligare och flexiblare motorer. Pålitlighet, miljövänlighet och modularitet har varit fokusområden under utvecklingen och har uppnåtts genom lösningar som ESM och möjligheten att montera moduler direkt på motorn. UNIC-systemet består av fyra huvudkomponenter som arbetar tillsammans.

LOP eller Local Operator Panel är en styrpanel som används för att styra motorns funktioner samt visa all relevant data så som temperaturer, tryck och eventuella felkoder.

COM eller Communication Module är en modul som används för kommunikationen inom UNIC systemet och utåt åt operatören. COM modulen stöder Modbus, OPC samt vanliga I/O-kopplingar.

CCM eller Cylinder Control Module är som namnet säger en modul som styr och övervakar funktioner som gäller själva förbränningen enskilt för alla cylindrar. Detta gör att UNIC-systemet enskilt kan styra cylindrarna och göra justeringar för till exempel bränsleinsprutningar eller ventiltiderna.

IOM eller Input/Output Module är en modul som namnet säger en I/O-modul som har hand om alla mätningar i specifika områden av motorn. Dess antal varierar med cylinderantalet och motorns konfiguration.

ESM eller Engine Safety Module är en säkerhetsmodul som ser till att skydda motorn samt manskapet genom att stanna motorn ifall motorn får ett fatalt fel. (Wärtsilä, 2017a).

2.4 Laboratoriespecifika mätsystem

Vid motortestning används flera olika metoder för att mäta och samla all nödvändiga data som motorn ger ut. Mätningarna kan delas upp i två kategorier där man på ena sidan har långsamma mätningar och på andra snabba mätningar. För dessa två används lite olika metoder för att samla och granska datan.

2.4.1 Långsamma mätningar, SDAQ

Mätsystemet för långsamma mätningar som används är SDAQ, single purpose digital acquisition. SDAQ-systemet möjliggör exakta och flexibla mätningar, precis vad som kommer behövas i framtiden. På SDAQ modulerna har mätenheten flyttats bredvid givaren, detta gör att man klarar sig med en 1.5–3 m lång kabel för givaren. Förut kunde kablarna från givarna vara väldigt långa då mätutrustningen inte kunde placeras bredvid mätningstillståndet, SDAQ-modulerna sammankopplas sedan till varandra i serie.

Kalibreringen har även underlättats då SDAQ-modulerna kan tas lös från motorn och kalibreras i ett kalibreringsrum. Detta är en stor skillnad från förut då givarna behövde kalibreras på motorn och sedan lagrades kalibreringen i själva slutprogrammet. Nu är kalibreringen redan lagrad i mätutrustningen vilket betyder att värden som kommer fram till slutprogrammet redan är korrekta och kalibrerade. (Wärtsilä, 2020).

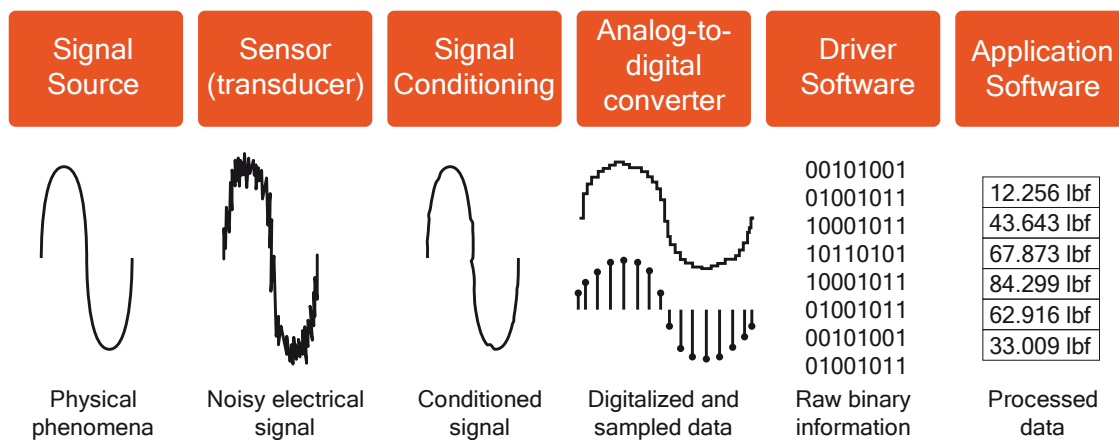
2.4.2 Snabba mätningar, Dewesoft

På laboratoriemotorn används Dewesofts DAQ system, Data Acquisition Systems. Detta är ett digitalt system för att behandla, åskådliggöra och lagra mätdata. Dewesoft systemet används vid snabba mätningar så som cylindertryck och ventilrörelser. I figur 3 kan man se en typisk DAQ modul.



Figur 3. DEWESoft DAQ modul. (DEWESoft, 2023).

Dewesoft tar den analoga signalen från givarna som är endera spännings- eller strömsignaler. Dessa signaler förstärks och filtreras för att sedan konverteras till digitala signaler. De digitala signalerna processas sedan och mätdata visas med önskad enhet i datorns mjukvara. Processen kan ses i figur 4. (Grant Maloy Smith, 2022a).

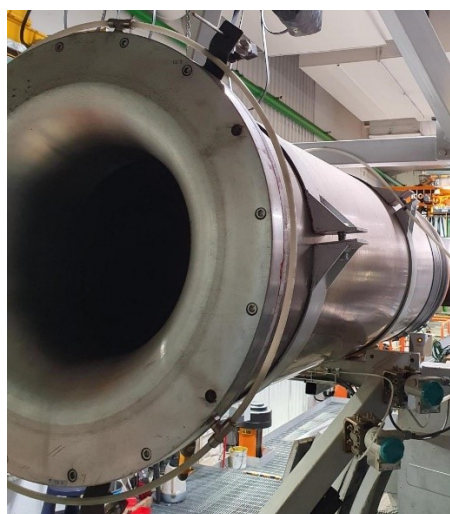


Figur 4. Givarsignalens omvandlingssteg till användbar data. (Grant Maloy Smith, 2022a).

2.5 Auxiliary systems

Som det engelska namnet säger så handlar det om hjälputrustning åt motorn, alltså utrustning som behövs men inte i sig producerar någon nyttig effekt. Vissa av dessa är redan monterade på motorn så som smörjolejepump, vattenpumpar och högtrycksbränslepump. Det som lämnar som utomstående system är då vattenkylare, försmörjningspump, lågtrycksbränslepump, vattenförvärmaren och gassystemet. Dessa behövs beaktas vid planeringen. (Wärtsilä, 2022f).

Hit kan även räknas luftmättröret som är en luftmassamätare som används i motorlaboratoriet för att mäta luftmängden som motorn använder. Detta är som namnet antyder ett rör med tryck och temperaturmätningar som mäter luftflödet till motorn. Ett typiskt luftmättrör kan se ut som figur 5 visar.



Figur 5. Typiskt luftmättrör för motortestning.

2.6 Genset

Motorn som berörs i arbetet är en genset-motor, vilket innebär att den är kopplad via en axel och en koppling fast i en generator som står på en gemensam plattform. Plattformen, baseframen, står i sin tur isolerad från dess underlag så man får en gemensam bas för båda enheterna.

Genset motorkombinationer används vid kraftverk samt i fartyg där framdrivningen sker elektriskt. Detta betyder att motorn används för elproduktion och inte är fastkopplad till någon propelleraxel direkt. En typisk genset kan se ut som i figur 6.



Figur 6. Ett exempel på W31 genset. (Wärtsilä, 2017b).

3 Metodik

Det här kapitlet beskriver hur detta examensarbete utfördes. Projektet började med att ett möte hölls inom medium bore teamet om behovet att göra en slot-konvertering på motorn. I mötet lades det upp preliminära krav på arbetet och vad som bör tas med tanke på vår konvertering, men också med tanke på den guide som blev skapad. Efter mötet presenterades arbetet för mig, en handledare utsågs och arbete kunde påbörjas.

3.1 Tillvägagångssätt

Arbetet började med att söka upp passande litteratur och andra källor för att läsa in sig på teorin om hur och varför man utför testning på motorer. Efter att ha läst på om teorin så krävdes även en del sökning av information hos kunniga inom företaget då arbetet handlade mest om att samla information. Till detta hörde också att läsa in sig på manualen för motorn och lära sig om vad motorn behöver i form av flöden och temperaturer av olika vätskor och gaser.

För att hitta informationen om själva slot-testningen har jag främst tagit del av information som kollegor och andra experter på företaget har. Detta på grund av att det är relativt svårt att hitta någon information alls utifrån angående ämnet, då det är ett koncept som företaget själv har utvecklat. Dessa intervjuer har främst skett via e-post då det annars är svårt i dessa tider att träffas fysiskt. Före intervjuerna har jag skrivit upp några specifika frågor jag behövde få svar på men annars har informationen främst kommit fram från vanlig diskussion om ämnet. Intervjuerna har även handlat om andra detaljer i arbetet än slot-testningen då mycket av den information man behöver finns att hämta av kollegor på företaget.

Inom ämnet fanns det även redan omgjorda motorer som gick att ta mall av, här hade ingen motor ännu testats som slot-motor men jag hade ändå nytta av att se ett färdigt koncept. Lösningarna som redan fanns gjorda utgjorde basen för arbetet och var utgångspunkten för guiden och tankegången.

De saker som inte redan hade någon färdig lösning löstes genom att konsultera experter och tänka ut vad som kunde passa sig som en smidig, billig och hållbar lösning. Detta sätt

tillämpades på en del detaljer där ändå lösningen lämnade i ett stadie för vidareutvecklingen men grundidén är fångad.

Vilka slutgiltiga lösningar som kom med i arbetet utvärderades sedan tillsammans med handledare samt andra inom teamet. I detta skede ändrades en del av lösningarna men mest handlade det om finslipningar på aningen grova idéer. Utvärderingen av metoden skedde i samma möte där det blev bestämt om hur man skulle gå till väga med guiden och lösningarna blev godkända.

3.2 Kravlista

För arbetet gjordes det upp en kort kravlista där de viktigaste sakerna skrevs upp som gällde rörstorlekar, flöden osv. Denna lista användes sedan som stöd när nya rör ritades för att verifiera att dimensionerna fungerar. Vad gäller tryck och flöden som motorn behöver så fås dessa ur den specifika motorns manual. En tabell som innehåller all nödvändiga data plockades från manualen och kan ses nedan.

Tabell 2. Flödestabell från W31 manual. (Wärtsilä, 2022g).

Piping	Pipe material	Max velocity [m/s]
LNG piping	Stainless steel	3
Fuel gas piping	Stainless steel / Carbon steel	20
Fuel oil piping	Black steel	1.0
Lubricating oil piping	Black steel	1.5
Fresh water piping	Black steel	2.5
Sea water piping	Galvanized steel	2.5
	Aluminum brass	2.5
	10/90 copper-nickel-iron	3.0
	70/30 copper-nickel	4.5
	Rubber lined pipes	4.5

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet av examensarbetet. I kapitlet förklaras det vad som uppnåtts, vilka lösningar som bestämts och hur guiden blir upplagd.

4.1 Baseframe och generator

Baseframen, alltså fundamentet som både motor och generatoren står på, behöver planeras och ritas på nytt i och med att blivande motor och generatorkombination inte blivit byggd förut. Den tilltänkta generatoren finns i ett utomhuslager vilket gör att den har lidit av fuktangrepp och kommer behöva en renovering innan den tas i bruk.

Ritningen för baseframen utförs av ett utomstående företag och en lista med önskemål för slutresultatet görs upp och skickas sedan till företaget. Önskemålen som finns är att det skall finnas en balja under oljepumpen som kan fånga eventuella läckage från den fria änden på motorn. Annars får baseframen ritas som en vanlig produktionsmodell eftersom resten av möjliga modifikationer och fästen kan anpassas i motorlaboratoriet. CAD-skiss samt helhetsbild på idéerna finns i bilaga 1, 2 och 3.

Generatoren kommer på grund av dess långa förvaringstid att skickas i väg för en service till ABB i ett senare skede för att se till så allt är klart för bruktagning. Servicen innefattar alla nödvändiga kontroller och även i detta fall lite allmän uppfräschning.

Det önskades också att en momentfläns skulle installeras på motorn, detta skulle göra att man får noggrannare och konstanta värden på motorns effekt. Detta då effektmätningen kan variera beroende på generatorinstallation, men med en momentfläns fås en likadan kalibrerad effektmätning oberoende i vilken testcell som motorn sätts i. En gammal momentfläns hittades i interna lagret som vi fick grönt ljus för att använda så den kommer även den att monteras under konverteringen.

4.2 UNIC-styrssystem

För motorns egna UNIC-styrssystem så behövdes nya kablar planeras så man fick både ström och kommunikation utförd mellan modulen på motorn och testcellen. För dessa kablar fanns färdiga längder samt stöpslar listat.

Strömförsörjningen för UNIC-systemet sker via kablar som har färgkordinerade stöpslar så det skall vara så enkelt som möjligt i installationsskedet att koppla in motorn. Listan på krävda kablar kan ses från tabell 3.

Tabell 3. UNIC strömförsörjning.

PSS1	24VDC	PSD 2	24VDC
PSS2	24VDC	PSA 1	24VDC
PSS Safety 1	24VDC	PSA 2	24VDC
PSS Safety 2	24VDC	PSD 1	110VDC
PSD 1	24VDC	PSD 2	110VDC

För kommunikationen mellan UNIC- och PLC-systemet används tre kablar med guldbelagda 40 pinniga Harting stöpslar enligt interna standarden i testcellerna.

4.3 Laboratoriespecifika mätningar

För de laboratoriespecifika mätningarna är tanken att man på motorn skall installeras samtliga SDAQ-moduler som krävs med hjälp av SDAQ-ställningar som redan finns tillgängliga. Dessa samt alla snabba mätningar kommer sedan sammankopplas med en mätarness som är under utveckling. Men grundtanken är att alla givare och signaler skulle samlas i en eller två stöpslar på motorn som sedan kan kopplas in i ett extern mätskåp som finns monterat i testcellen och mätskåpet skulle innehålla all nödvändig mätutrustning.

Denna mätarness tas upp i ett annat examensarbete som skrivs av Kujala Markus. Tanken men den är att mätarnessen blir motorspecifik medan de dyra mätmodulerna blir allmänna och kan flyttas från motor till motor. Planen i nuläget är att mätarness utvecklingen skulle vara färdig i slutet av 2023 och då är tanken att de först kommer testas på 10V31DF laboriemotorn.

4.4 Auxiliary Connections

För denna del gällde det att planera kopplingar och positioner för att få fast- och löskoppling så snabb och smidig som möjligt. Vad gäller rörstorlekar och krav på flöden och dylikt så har dessa inte tagits desto mera i åtanke då rör modifikationerna gjorts på befintliga rör och inga helt nya rör konstruerats.

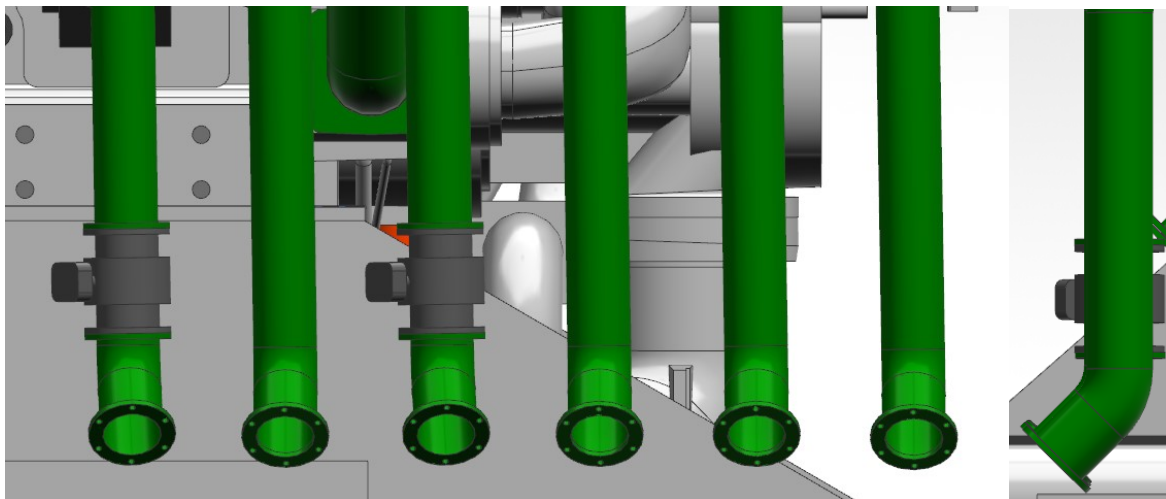
4.4.1 Kylvattenrör

För kylvattenrören planerades följande lösningar där det först visas nuvarande lösning sedan den planerade förändringen.



Figur 7. Nuvarande lösning för kylvattenrören.

Som man kan se från figur 7 så går de nuvarande rören rakt neråt, denna lösning fungerar bra med nuvarande fasta installation men lämpar sig dåligt för slot-testning. Detta då man behöver ha enkel tillgång till flänsarna då snabb fast- och löskoppling prioriteras. Därför planerades det in 45 graders vinklar i rörens ända för att få flänsen utåt och på detta sätt underlätta vid fast- och löskoppling. Rören kommer även behöva markeras tydligt så risken för felkoppling blir så liten som möjligt. Denna lösning var enkel att implementera och mest kostnadseffektiv. Den nya lösningen kan ses från figur 8.



Figur 8. Planerade lösningen för kylvattenrören.

Även generatoren kommer behöva kylning men ritningarna för generatoren och dess kringutrustning finns inte ännu tillgängliga i denna stund så dess lösning planeras i ett senare skede.

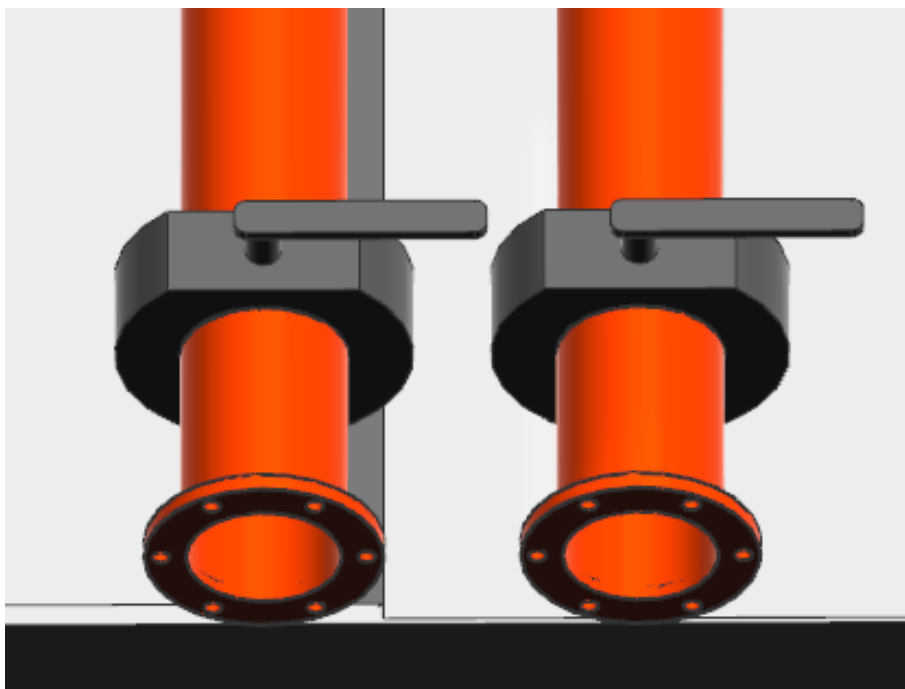
4.4.2 Försmörjningsrör

Även försmörjningen behövdes planeras på nytt då den också är fastmonterad i nuvarande installation. Försmörjningen har en viktig roll i större motorer då de ser till att höja oljetrycket före motorns egen oljepump tar över. Detta gör att man har ett oljetryck på ca. 1–2 bar redan vid start.



Figur 9. Nuvarande lösningen för försmörjningen.

Som kan ses från figur 9 så är rören fastmonterade med bälgar skyddade av ett hölje. Dessa bälgar kommer inte heller behövas i framtiden då det blir flexibla rör som fästs vid flänsarna så dessa slangar kan kompensera för motorns rörelse.

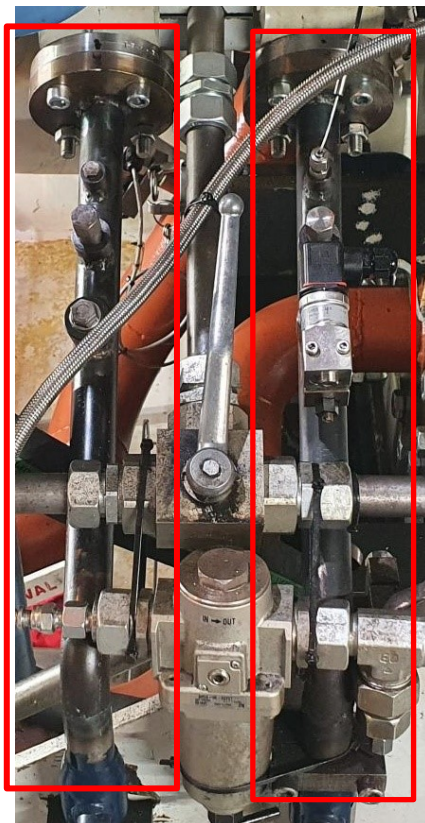


Figur 10. Planerade lösningen för försmörjningen.

Från figur 10 framgår även att två kranar har blivit inplanerade, detta för att förhindra att motorn töms på olja under urkoppling. Flänsarna skjuts även ut från baseframen en aning för att underlätta koppling och fästs med rörklämmor i baseframen. Som ännu en säkerhetsåtgärd kommer rören täckas med blindflänsar under transport och förvaring.

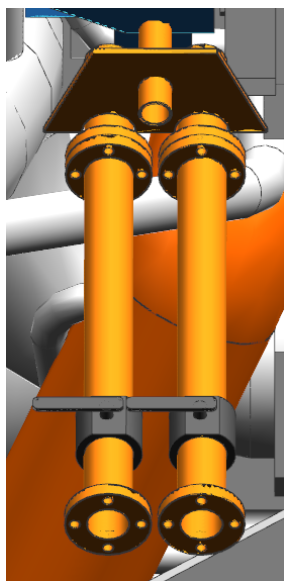
4.4.3 LFO bränslerör

LFO, light fuel oil, rören är i nuvarande konfiguration fast monterade i både motorn, cellen och baseframen. Målet med den nya versionen är att få en mera enkel konfiguration samt öka smidigheten vid fast- och löskoppling. Nuvarande konfigurationen kan ses från figur 11.



Figur 11. Nuvarande LFO-rör.

Som man kan se från bilden så är flänsarna för bränslerören på ett väldigt trångt och svåråtkomligt ställe. Detta åtgärdas i den nya designen genom att sätta in förlängningsrör som flyttar flänsarna utåt som samtidigt gör dem mer lättåtkomliga. Detta illustreras i figur 12.

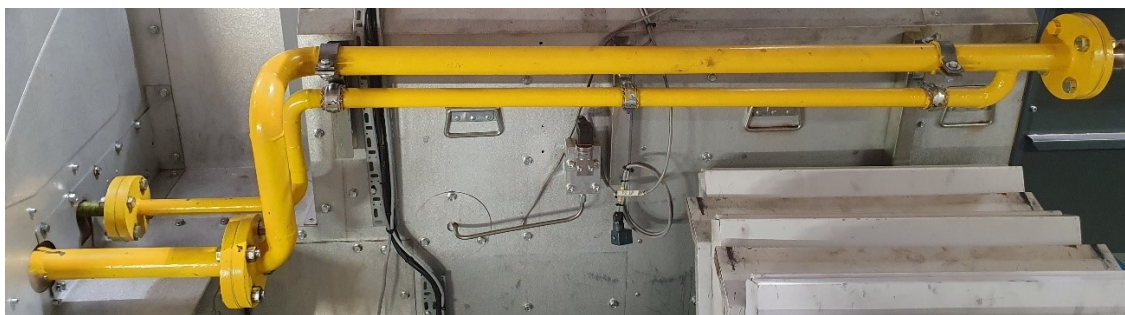


Figur 12. Planerade LFO-rör.

Från figur 12 kan man se att rören nu är förlängda så flänsen kommer på ett mer lättillgängligt ställe och att en kran har blivit tillagd på vardera rör för att kunna stänga rören under transport för att förhindra onödigt läckage. De givare som man kan se i figur 11 kommer flyttas över till de nya förlängningsrören. Rören monteras stadigt fast i baseframen med rörhållare för att förhindra onödig rörelse.

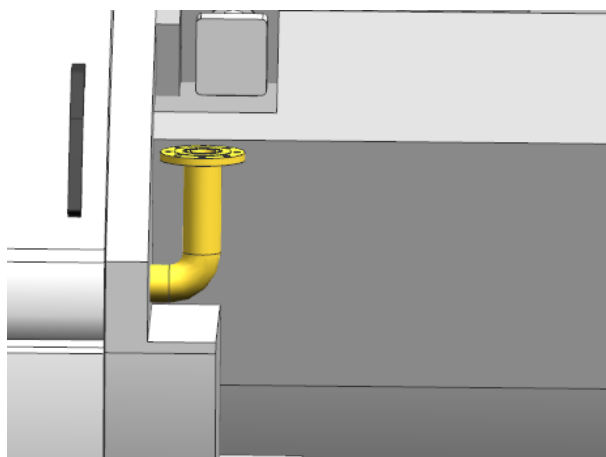
4.4.4 Gasrör

Eftersom laboriemotorn är en DF-motor betyder det att motorn även behöver in- och utlopp för gas.



Figur 13. Gasutlopp.

Inloppet kräver inga modifikationer alls utan kan användas som det är då det redan är välplacerat och lättillgängligt. Utloppet eller gasventilationen däremot skulle gynnas av en uppdatering. På nyare motorer har gasventilationen lösts med en enklare lösning som enkelt kunde anpassas även på denna motor. Nya versionen kan ses från figur 14.



Figur 14. Gas ventilationsrör, ny design.

Som man ser från figur 14 ovan så ser lösningen lite annorlunda ut på modernare motorer, denna lösning rekommenderas att görs även på ifrågavarande motor. Detta då fast- och urkoppling förenklas samt gasventilen uppdateras till en nyare modell vilket antagligen även gynnar testningen i framtiden.

4.5 Luftmät Rörets position

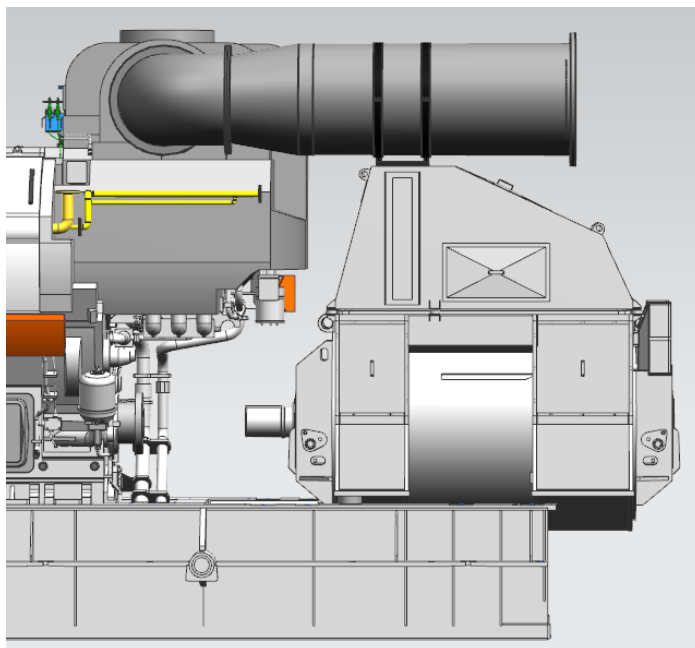
Att ha möjlighet att på något sätt fästa luftmät röret på motorn före den sätts i testcellen har varit en prioritet då det skulle avsevärt underlätta installationen. För tillfället när motorn är fast installerad i en testcell så har det byggts en ställning för att fästa luftmät röret enligt bilden nedan.



Figur 15 Luftmät rörets nuvarande fastsättning.

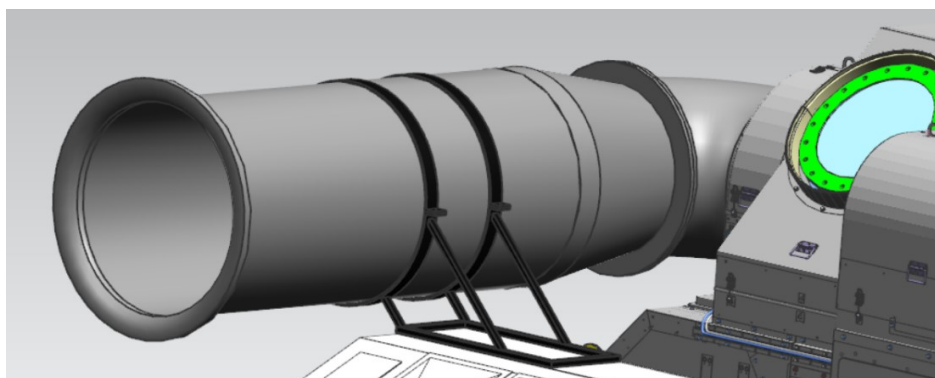
Som kan ses från figur 15 så är luftmät röret fäst vid en ställning som är fastbyggd i testcellen. Detta kommer i framtiden inte vara möjligt då slot-testningen skall vara så

effektiv som möjlig. När den nya lösningen planerades kunde faktumet att motorn i fråga är lite speciell utnyttjas positivt. Laboriemotorn har turbohyllan i svänghjulsänden vilket är väldigt sällsynt för genset-motorer, alltså motorer som är menade att vara kopplade till en generator. Denna konfiguration gör att hela motorpaketet blir aningen längre men gynnar mät Rörets positionering då röret kan fästas vid generatorn enligt bilden nedan.



Figur 16. Luftmät Rörets nya festsättning.

Som kan ses från figur 16 så kan generatorns tänkta position utnyttjas vid festsättning av luftmät Röret. Denna festsättning har inte ritats i detalj eller gjorts några hållfasthetsberäkningar på så denna bör bara tas som en alternativ för vidare design men kunde se ut som bilden nedan.



Figur 17. Luftmät Rörets ställning monterad på generatorn.

Fördelen med att kunna montera ställningen i generatoren är att stagen blir relativt korta vilket hjälper till att behärska vibrationerna och att generatoren i sig är isolerad från underlaget.

4.6 Avgasrörets position

I nuläget är motorns avgasrör svängt 90 grader rakt bakåt mot generatoren. Detta är inte optimalt och kanske även omöjligt vid konverteringen med den nya generatoren. Planen är då att svänga utloppet på turbon så avgasflänsen går rakt uppåt för att underlätta installation i testcellen samt få det ur vägen för generatoren. Till detta behövs några nya skydd runt turbon, så dessa bör beställas innan arbetet utförs.

4.7 Materiallista och kostnadskalkyl

Vad gäller materiallistan och kostnadskalkylen så gjordes bara en grov beräkning upp i detta skede då de slutgiltiga detaljerna ännu saknas. Men denna grova beräkning räcker för att uppskatta totala kostnaden för konverteringen vilket är det mest väsentliga i detta stadie av planeringen. Kostnaderna är alla uppskattningar om kostnaderna då priserna ändrar kraftigt i dagsläget så en noggrannare kalkyl bör göras närmare konverteringen. Materiallistan samt uppskattade kostnader kan läsas ur tabell 4.

Tabell 4. Exempel på materiallista och kostnader.

Del	Förklaring	Antal	Pris (k€)
Baseframe		1	60
Generator		1	100
Sdaqs		24	5
Flänsar	För auxiliary connections	10	1
Rör	För auxiliary connections	10	1
Turbo isolering	För byte av avgasrörsposition	1	25
Ventiler	För försmörjning och bränslerör	4	0.6
Gasventil		1	20
Gasrör		1	2
			214.6

4.8 Guideline

Början till guidelinen blev gjord i Powerpoint där det med bilder och text beskrevs hur saker och ting bör göras, precis som upplägget i detta arbete. Skillnaden är att det lämnades bort motorspecifika detaljer då alla motorer skiljer sig från varandra. Dessa detaljer kommer varje enskild konverteringsansvarig person sedan själva få fylla i då de vet vilken motor som är i fråga. Från figuren nedan kan man se upplägget på den engelska guidelinen.

Auxiliary systems



- HT and LT pipes
 - To be fitted with 45degree angles before the flange to ease coupling and uncoupling and moved if necessary
- LFO pipe
 - If the connection flanges are in a bad spot, they are to be moved to the edge of the baseframe for ease of connection
- Start air pipe
 - If the connection flanges are in a bad spot, they are to be moved to the edge of the baseframe for ease of connection
- Prelube pipes
 - If the connection flanges are in a bad spot, they are to be moved to the edge of the baseframe for ease of connection
 - Shutoff valves to be installed before the flanges
- Gas pipes
 - If the connection flanges are in a bad spot, they are to be moved to the edge of the baseframe for ease of connection

Figur 18. Exempel på guideline.

Guidelinen är skapad på engelska eftersom det är det primära språket som används på Wärtsilä. Som även kan ses blir det en del upprepning i guiden men ansåg att detta bara är bra då man i detta fall hellre är övertydlig.

4.9 Resultatsdiskussion

Med tanke på det som blev uttänkt och utvecklat jämfört med vad som var planerat i förväg så uppnåddes resultatet enligt mig. Alla viktiga delar som lades upp före arbetet blev utfunderade. Det blev inte konstruerat några noggrannare delar då denna plan och design ännu kan leva en aning under årets gång.

Tanken med baseframen var att ha en färdig ritning före arbetets slut men på grund av olika omständigheter så lyckades inte det. Fick ändå antecknat alla önskemål och krav som vi ställer på baseframen så när ritningarna sen skapas har vi en tydlig plan att följa. Med tanke på målsättningen över att planera en ny baseframe så är det målet uppnått i och med detta. Generator planeringen stannade även lite på grund av att inga ritningar för nya baseframen fanns att tillgå men fick inplanerat en service av nya generatören samt kollat dess kondition.

För alla kopplingar för vätskor och gaser var målet att få dem konstruerade på ett sådant sätt att processen vid montering och demontering skulle vara så smidig som möjligt. Detta lyckades man med så att alla kopplingar fick en mer logisk och bättre anpassad position för våra ändamål.

Vad sedan gäller de elektriska kopplingarna för mätningar och ström åt motorns funktioner så anser jag att även har dessa under kontroll nu efter arbetet. Eftersom den så kallade mätbarnen ännu inte är fullständigt färdig så finns de inga riktlinjer för dess stöpslar men antar dessa kommer inom kort.

Med tanke på luftmättröret så var målet att få utrett hur det eventuellt kunde monteras på motorn så det jämnt skulle följa med vid flytt. Även detta fick jag utvecklat en lösning som funkar och ser även ut att kunna lösas relativt enkelt.

Guidelinen kom så långt som det var tänkt i målsättningen, den har en början och innehållet kommer utvecklas under årens gång då man lär sig alltmer om konverteringarna och vilka svårigheter som finns.

Så med allt detta sagt så kan resultaten anses vara lyckade och resultaten kommer kunna användas vid den verkliga konverteringen av motorn i framtiden.

5 Diskussion

Målet med examensarbetet var att lägga fram en plan på hur man skall slot-konvertera laboriemotorn samt sammanställa all denna info till en guideline. Detta för att man skulle få en enhetlig flotta med motorer i laboriet var alla har samma kopplingar för en ökad smidighet i framtiden.

Det mest utmanande med hela arbetet var att hitta all information och hitta personerna att kontakta, men när detta löste sig och man kontaktade rätt personer så framskred arbetet väldigt bra. De flesta fysiska lösningar och ändringarna som kommer ske på motorn har främst diskuterats inom det egna teamet då dessa lösningar berör oss i framtiden. Vad gäller kopplingar för all nödvändig utrustning så har detta tagits fram med experternas hjälp då de hade bäst koll på sina egna områden.

Vad gäller laboriemotorns konvertering så tycker jag att det lyckades väl och allt de väsentliga är uppnått vad gäller de kritiska detaljerna för en lyckad konvertering. De mindre detaljerna och slutgiltiga designen på allt kommer klarna närmare då konvertering faktiskt sker, detta då de var ganska svårt i detta tidiga skede att få fram alla mått och dylikt som krävs. Är ändå nöjd med 3D-modellen som jag konstruerade då den ger en bra överblick åt mig själv främst men också åt andra då konvertering blir aktuellt över hur tanken är att slutresultatet skall se ut. En helhetsbild över 3D-modellen kan ses i bilaga 1, 2 samt 3.

Med allt detta sagt så tror jag konverteringen kommer lyckas bra med lösningarna och informationen som jag tagit fram i detta arbete, och ser framemot att själv delta i processen.

6 Källförteckning

Atkins, R. D. (2009). *An Introduction to Engine Testing and Development*.

DEWESoft. (2023). Hämtat från <https://dewesoft.com/products/daq-systems/minitaurs>

Grant Maloy Smith, D. (2022a). Hämtat från <https://dewesoft.com/daq/what-is-data-acquisition#introduction>

Plint, M., & Martyr, A. (2012). *Engine Testing: The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities*.

Wärtsilä . (2018). Hämtat från <https://www.wartsila.com/insights/article/modularisation-hand-in-hand-with-manufacturability>

Wärtsilä. (2017a). Hämtat från https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/brochure-o-e-unic-ms.pdf?sfvrsn=7ab39545_4

Wärtsilä. (2017b). Hämtat från https://www.wartsila.com/images/default-source/twentyfour7/master-images/next-generation-unic-automation-system-enables-wartsila-31-performance.tmb-1920x690.jpg?Culture=en&sfvrsn=71638d45_2

Wärtsilä. (2020). *SDAQ introduction. Internal Report*.

Wärtsilä. (2021). Hämtat från https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w31.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dieselenigines&utm_term=w31&utm_content=brochure&utm_campaign=mp-engines-and-generating-sets-brochures

Wärtsilä. (2022b). Hämtat från <https://www.wartsila.com/about/history>

Wärtsilä. (2022c). Hämtat från <https://www.wartsila.com/about>

Wärtsilä. (2022d). Hämtat från <https://www.wartsila.com/about/research-development>

Wärtsilä. (2022e). Hämtat från <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-31>

Wärtsilä. (2022f). Hämtat från <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/generating-sets/wartsila-engines-auxiliary-systems>

Wärtsilä. (2022g). Hämtat från https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/product-guide-w31.pdf?sfvrsn=c478b945_23

