



# Høgskulen på Vestlandet

## NAB3030 - Bacheloroppgave

NAB3030

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	01-04-2022 12:00	<b>Termin:</b>	2022 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	04-05-2022 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F + Bestått)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgave		
<b>Flowkode:</b>	203 NAB3030 1 PRO-1 2022 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

<b>Naun:</b>	Kristian Gjøvåg
<b>Kandidatnr.:</b>	406
<b>HVL-id:</b>	588680@hvl.no

### Informasjon fra deltaker

<b>Antall ord *:</b>	16088
----------------------	-------

Sett hake dersom  Ja  
besvarelsen kan brukes  
som eksempel i  
undervisning?:

Egenerklæring \*:  Ja  
Jeg bekrefter at jeg har  Ja  
registrert  
oppgavetittelen på  
norsk og engelsk i  
StudentWeb og vet at  
denne vil stå på  
vitnemålet mitt \*:

### Gruppe

**Gruppenavn:** Insentiver og utfordringer knyttet til hybridisering av skip  
**Gruppenummer:** 12  
**Andre medlemmer i gruppen:** Sigurd Bauge, Mathias Kummermo Buch

Jeg godkjenner autalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? \*

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? \*

Nei



Høgskulen  
på Vestlandet

# **BACHELOROPPGAVE**

**Insentiver og utfordringer knyttet til  
hybridisering av skip**

**Incentives and challenges regarding hybridisation  
of ships.**

**Kristian Gjøvåg**

**Mathias Buch**

**Sigurd Bauge**

**Bachelor Nautikk**

Høgskulen på Vestlandet, Campus Haugesund

Innleveringsdato: 04.05.2022

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*

## Forord

Denne oppgaven er utført som en avsluttende oppgave for nautikk y-vei. Temaet og problemstillingen er basert og utviklet på observasjoner vi i bachelorgruppen har gjort oss i vår tid under maritim utdanning. I gruppen vår har vi erfaring fra et bredt spekter av fartøy, blant annet fra brønnbåter, Subsea-fartøy, lasteskip, taubåter, plattform-supply-vessels og passasjerskip. Vi har i løpet av en læretid, forskjellige vikariat og gjennom studiet opplevd en relativt drastisk omstilling til en mer fornybar maritim industri. Med regler og krav som stadig stilles fra myndigheter har det grønne skiftet vekket stor oppmerksomhet innad i gruppen. Vi ble derfor enige om å skrive en oppgave som omhandlet den grønne omstillingen i sjøfarten. På bakgrunn av dette ble vi enige om å konsentrere oss om hvilke insentiver og utfordringer en hybridiseringsprosess for et fartøy ville medføre.

Arbeidet har tidvis vært svært krevende, da vi har støtt på uventede utfordringer i en relativt kort tidsramme før innleveringsfrist. Innad i bachelorgruppen hadde vi til dels lite forkunnskaper om temaet. Det har vært en særdeles lærerik prosess.

Vi vil først og fremst takke alle de dyktige deltakere som har stilt opp for å gjøre denne forskningsoppgaven mulig å gjennomføre. Uten kompetansenivået til de villige ville ikke forskningsoppgaven vært mulig å gjennomføre.

Vi vil også takke vår veileder Sveinung Erland for at du oppfordret oss til å gjennomføre forskningsprosjektet til tross for utfordringene vi støtet på, for god veiledning og oppfølging.

## Ordforklaringer

Uttrykk	Forklaring
AC	Vekselstrøm
Akkumulatorbatteri	En sammenkobling av akkumulatører til en større enhet for å oppnå høyere spenning
Brennolje	Samlebetegnelse for drivstoff om bord i skip
Bunkring	Brennoljepåfyllingsprosess fra tank på land til skip
Cargohandler	Type gravemaskin som brukes til å laste / losse fra båt til land.
Charter	Innleier av fartøyet
CO <sub>2</sub>	Karbondioksid
CO <sub>2</sub> e	Felles betegnelse for drivhusgasser
CPP	Controllable pitch propeller / vribar propell
DC	Likestrøm
DP	Dynamisk posisjonering, automatisk system som holder et fartøy i ønsket posisjon.
EBL	Electronic Bus Link. Brukes til å splitte hoved-EL-tavlen om bord på skip for å skape redundans
Energibehov	Mengden energi et fartøy trenger for å kunne utføre et arbeid
Hybrid	Noe som fremkommer ved krysning eller sammensetning av flere elementer
Hybridfremdrift	Et fremdriftssystem som nytter seg av to forskjellige typer drivstoff
IMO	Organisasjon underlagt av FN: International Maritime Organization
Kg	Kilogram
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-time(r)
MARPOL	Konvensjon underlagt IMO: Maritime Pollution
MJ	Mega joule
MWh	Mega watt-time(r)

NO <sub>x</sub>	Nitrogenoksider. Giftige nitrogenholdige oksider
PSV	Plattform-supply-vessel
PTO / PTI	Power takeoff / Power take in
Redundans	Et systems evne til å opprettholde sin funksjon dersom en eller flere komponenter svikter
Rom sjø	Sjø klar av kysten eller i store åpne fjorder
SCR	“Selective catalytic reduction”, katalysatorsystem montert på eksosen til fartøy.
SO <sub>x</sub>	Svoveloksider. Giftige svovelholdige oksider
Tavle	Skap med sikringer og annet elektrisk styring til energikrevende komponenter
UNESCO	Organisasjon underlagt av FN: “United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization”
Verdensarvfjordene	Norges fjorder underlagt av UNESCO for bevaring

## Sammendrag

I denne bacheloroppgaven har vi tatt utgangspunkt i problemstillingen:

*«Hvilke insentiver driver et rederi til en hybridisering av sin flåte og hvilke utfordringer vil dette medføre?»*

I denne oppgaven har vi med problemstillingen som utgangspunkt intervjuet tre forskjellige rederi som eier og drifter et fartøy som har gjennomgått en omfattende ombygning fra dieselfremdrift til hybridfremdrift. De tre fartøyene er i ulike segment og har særskilte preg på grunn av skipenes forskjell i alder og bygg. Forskjellene i både fartøyene, rederienes intensiver og de ulike utfordringene har blitt avduket gjennom en kvalitativ metode med intervju av en respondent fra hvert rederi etter hybridiseringsprosessen av fartøyet.

Det er store forskjeller i årsaker og intensiver til hvorfor rederiene besluttet å hybridisere fartøyene sine. Å spare dieselforbruk og redusere utslipp av skadelige substanser til luft er en fellesnevner hos alle rederiene. Det kommer også frem i intervjuene at rederiene venter å se en betraktelig økonomisk besparing på servicekostnader, samtidig som hybridsystemet stiller en langt høyere redundans i maskinsystemet ved en nødsituasjon. Rederiene venter også en særdeles økt konkurransedyktighet med et modernisert og mer miljøvennlig fremdriftssystem.

Utfordringene bærer preg av fartøyenes tidligere maskinromsutrustning og alder. Det viser seg at skip som har dieselelektrisk fremdriftssystem vil møte på langt færre utfordringer enn fartøy som har ren mekanisk drift. Med de nye komponentene som installeres medfølger en utfordring å få moderne programvarer og styringssystem til å samarbeide med de gamle.

Det er også svært økonomisk kostbart å hybridisere et allerede eksisterende fartøy. Det finnes statlige støtteorganisasjoner som har gitt subsidier til alle rederiene for ombyggingen. To av tre rederi hadde ikke utført hybridiseringen om det ikke var for disse subsidiene da hybridiseringen kostet langt mer enn hva som var planlagt.

På bakgrunn av resultatet som fremkommer av intervjuene i kapittel 4 konkluderes det med at det *ikke* er verdt å gjennomføre en hybridiseringsprosess for fartøy med mekanisk fremdrift som utgangspunkt. Det er dog verdt å gjennomføre prosessen for et fartøy med dieselelektrisk fremdrift som utgangspunkt.

## Summary

In this bachelor's thesis, we have based our research on the following problem:

*"What incentives causes a shipping company to hybridize its fleet and what challenges will this entail?"*

We have interviewed three different shipping companies that operates at least one vessel that has undergone an extensive rebuild from diesel propulsion to hybrid propulsion. The three vessels have special characteristics due to the differences in age and build. The differences in the vessels, the companies' causes, and the various challenges have been unveiled through a qualitative method through an interview with a respondent from each shipping company.

There are major differences in causes to why the companies decided to hybridize their vessels. Reducing diesel consumption together with emissions of harmful substances to air is a common cause for all the shipping companies. It is also evident in the interviews that the companies expect to see considerable financial savings in service costs, while at the same time the hybrid system plays provides a higher redundancy for the propulsion in case of an emergency. The companies also expect an increased competitiveness with a modernized with a eco-friendlier propulsion system.

The challenges are characterized by the vessels' previous propulsion configuration and age. It turns out that vessels with a diesel-electric propulsion system will face far fewer challenges than vessels that have mechanical propulsion. With the new components installed comes a challenge to get modern software and management systems that will work with the old ones.

It is expensive to hybridize an already existing vessel. Government financial support that have provided subsidies to all the companies for the redevelopment. Two out of three companies would not have carried out the hybridization if it were not for these subsidies as the hybridization cost far more than planned.

On the basis of the results of the interviews in Chapter 4, it is concluded that it is not worth carrying out a hybridization process for vessels with mechanical propulsion as a starting point. However, it is worth carrying out the process for a vessel with diesel-electric propulsion.



## Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>II</b>
<b>ORDFORKLARINGER</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>V</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>VI</b>
<b>OVERSIKT OVER FIGURER</b> .....	<b>IX</b>
<b>OVERSIKT OVER TABELLER</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTILLING.....	2
1.2 OPPGAVENS AVGRENSNINGER .....	3
1.3 OPPGAVENS STRUKTUR.....	4
<b>2 SYSTEMBESKRIVELSE OG TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 BATTERI- HYBRIDSYSTEM.....	5
2.2 ENERGIUTNYTTELSE MED BATTERI- HYBRIDSYSTEM.....	8
2.3 MILJØUTFORDRINGER .....	13
2.4 SIKKERHET VED BATTERI- HYBRIDSYSTEM.....	15
2.5 ØKONOMI OG STØTTEORDNINGER.....	18
<b>3 METODE</b> .....	<b>20</b>
3.1 HVA ER METODE? .....	20
3.2 VALG AV METODE.....	20
3.3 METODENS PÅLITELIGHET .....	21
3.4 FORSKNINGSETIKK.....	22
3.5 UTVALGET .....	23
<b>4 RESULTAT</b> .....	<b>24</b>
4.1 KORT FARTØYSBESKRIVELSE.....	24
4.2 INNLEDENDE SAMMENDRAG TIL TABELL .....	26
4.3 INSENTIVER OG BEGRUNNELSE .....	27
4.4 UTFORDRINGER .....	33
4.5 ØKONOMI OG STØTTEORDNINGER.....	38
<b>5 DRØFTING</b> .....	<b>42</b>
5.1 INSENTIVER OG BEGRUNNELSE .....	42
5.2 UTFORDRINGER .....	44
5.3 ØKONOMI OG STØTTEORDNINGER.....	46
<b>6 KONKLUSJON</b> .....	<b>49</b>

6.1	INSENTIVER OG BEGRUNNELSE .....	49
6.2	UTFORDRINGER .....	49
6.3	ØKONOMI OG STØTTEORDNINGER.....	49
6.4	AVSLUTTENDE KONKLUSJON .....	50
<b>7</b>	<b>FORSLAG TIL VIDERE FORSKNING .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>LITTERATURLISTE .....</b>	<b>52</b>
	<b>VEDLEGG 1 .....</b>	<b>55</b>
	<b>VEDLEGG 2 .....</b>	<b>60</b>

## Oversikt over figurer

<i>Figur 1 Driftsmuligheter med akselgenerator. Egenprodusert.....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 2 Viser giret sin hensikt. Egenprodusert figur .....</i>	<i>8</i>
<i>Figur 3 Spesifikt brennstofforbruk diesel motor hentet fra (DNV-GL, 2015 s.16).....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 4 Deselelektrisk fremdriftssystem. (Kongsberg, u.å).....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 5 Peak shaving (Emblemsvåg, 2021).....</i>	<i>12</i>

## Oversikt over tabeller

<i>Tabell 1 Utslipp til luft i Norge .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabell 2 Selvstendig gradering for beslutning om hybridisering.....</i>	<i>27</i>



## 1 Innledning

*«Selv om skipsfart regnes som en relativt miljøvennlig form for transport, så kan utslipp være betydelige i områder med mye skipstrafikk. Det er derfor satt i gang en rekke tiltak for å redusere utslipp til luft fra skip.» (Sjøfartsdirektoratet, 2016)*

Rundt 90% av verdens varer blir transportert langs sjøveien (Castonguay). Med dette spiller maritim befraktning en særdeles sentral rolle i verdens økonomi. Det er vanskelig å finne oppdaterte tall om CO<sub>2</sub> utslipp fra den internasjonale og nasjonale skipsparken. Men fra den fjerde drivhusgass-studien utført av IMO i 2020 kan det konstateres at den marine skipsparkens utslipp har økt fra 962 millioner tonn CO<sub>2</sub> årlig i 2012 til 1056 millioner tonn CO<sub>2</sub> årlig i 2018 (International Maritime Organization, 2021)

Verdenssamfunnet er i stadig grønnere omstilling, og det er i dag kommet miljøkrav og regler som har formål å begrense utslipp av forurensende substanser, med særlig søkelys på NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>. Stortinget har vedtatt et krav om nullutslipp (til luft) fra skipstrafikk som omfatter cruiseskip, kystrutefartøy og mindre turistfartøy i verdensarvfjordene, som for eksempel Geirangerfjorden, fra og med 2026.

Det kan tenkes at valg av fremdriftsløsning kan ha stor påvirkning på dieselforbruket og dermed utslipp av skadelige substanser til luft. Motivasjonen bak en hybrid fremdriftsløsning er et mindre dieselforbruk, i hvor stor grad er ikke kjent da det avhenger av flere faktorer.

I 2013 ble M/S «Viking Lady» presentert som verdens første hybride skip etter ombygging. Om bord fantes det forbrenningsmotorer sammen med et 500 kWh batteri system. Etter dette økte produksjonen av hybride fremdriftssystem i skip. M/S Edda Ferd ble konstruert i 2013 med batteripakke. Verdens første elektriske bilferge ble levert i 2015. I UK ble tre hybride ro-ro passasjer-ferger, M/S Lochinvar, M/S Hallaig, og M/S Catriona, bygd mellom 2011 og 2016. Industrielle rapporter og akademisk forskning har faktisk vist at hybride skip vil kunne bidra til grønnere befraktning langs sjøveien (Jeong, Oguz, Wang, & Zhou, 2018).

Vi skal i denne oppgaven se på hva som påvirker et rederi til å hybridisere deler eller hele av sin allerede eksisterende flåte. Vi har gjennom intervju med tre forskjellige respondenter i

hvert sine rederi innhentet relevant data under en hybridiseringsprosess for et fartøy. Vi skal presentere hva som drev rederiet til beslutningen sammen med ventende og uforventede utfordringer i prosessen.

Det er også blitt skrevet en bachelor oppgave av en studentgruppe fra nautikk ved Høgskulen på Vestlandet som tar for seg «*Hvordan opplever rederier å ha hybridsystem i sine subseafartøy*». I denne oppgaven ble det kun satt søkelys på PSV (Plattform Supply Vessels) og hvordan rederiene til PSV skipene opplever en hybridisering av flåten. Oppgaven tok også for seg fordelene og farene en batteripakke i skip vil medføre. Denne forskningen ønsker vi å bygge videre på ved å undersøke de generelle utfordringene et rederi kan møte på ved en ombygging til hybrid fremdrift, uavhengig av skipstype.

## 1.1 Problemstilling

Denne oppgaven omhandler insentiver og utfordringer knyttet til ombygging av fartøy fra ren dieseldrift til en hybrid fremdrift kombinert med diesel og batteri. Oppgaven vil ta for seg hvilke insentiver som har drevet rederiet til beslutningen om hybridisering, og hva dette medfører i form av fordeler og ulemper. Vi antar at fartøyene i hybridisert tilstand vil ha et mindre dieselforbruk og derav lavere utslipp til luft grunnet fremdriftens hjelp av elektrisk strøm.

Problemstillingen vår lyder som følger:

*«Hvilke insentiver driver et rederi til en hybridisering av sin flåte og hvilke utfordringer vil dette medføre?»*

Problemstillingen vil hjelpe oss til å skaffe en bredere forståelse rundt temaet. På bakgrunn av problemstillingen valgte vi å gå for en kvalitativ metode hvor vi skal intervjuer tre rederi som eier og drifter skip innenfor tre ulike segmenter. For å besvare problemstillingen vil rederiene bli spurt om følgende tema:

### *(1) Insentiver og begrunnelse:*

Hva som er årsakene til at rederiet har besluttet å bygge om fartøyene sine til hybridsystemkonfigurasjon og hvilke insentiver som førte til ombyggingen.

*(2) utfordringer:*

Finne utfordringene som de forskjellige fartøyene har møtt på under ombygging, både felles og individuelle.

*(3) Økonomi og støtte*

Finne ut av den økonomiske faktoren i prosjektet med tanke på besparelser og støtteordninger.

## 1.2 Oppgavens avgrensninger

Denne oppgaven tar bare utgangspunkt i fremdriftssystem som bruker diesel som drivstoff kombinert med batteri. Det finnes andre typer drivstoff til skip som tungolje (HFO) og flytende naturgass (LNG) som vi velger å ikke fokusere på. Grunnen for dette er at de har ulike egenskaper fra diesel og kan derfor møte andre utfordringer. For å begrense kompleksiteten av de ulike drivstoffene og deres egenskaper har vi bevisst valgt å intervju rederier som har fartøy som vi vet benytter seg av diesel som drivstoff. En hybridisering eller hybridløsning vil derav i denne oppgaven kun referere til en krysning av diesel og batteri.

Resultatene er basert på de tre fartøyene vi har studert og vil ikke være komplett overførbare for resten av verdens skipspark, men vil gi en generell forståelse for hvilke utfordringer og besparelse en kan vente seg ved en hybridisering av et allerede eksisterende skip.

I delene av oppgaven som omhandler miljø og utslipp har vi valgt å kun fokusere på CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> utslippene til skipene. Grunnen for dette er at IMO har store ambisjoner om å kutte ned klimagasser der CO<sub>2</sub> er den største bidragsyteren. Det stilles også stadig strengere krav til NO<sub>x</sub> utslipp fra skip ettersom de står for store deler av den lokale forurensningen. I Norge er dette gasser man får subsidier for å kutte i form av støtte fra NO<sub>x</sub>-fondet, ENOVA og statlige subsidier, noe som vil være svært sentralt senere i oppgaven. Vi vil ikke si noe om andre støtteordninger.

Et hybridfremdriftssystem er ekstremt komplekst. For at oppgaven ikke skal bli for teknisk innviklende vil vi i denne oppgavens systembeskrivelse kun konsentrere oss om de viktigste hovedkomponentene i systemet for å danne en grunnleggende forståelse.

### 1.3 Oppgavens struktur

Oppgaven er strukturert med formål om å skaffe et klart bilde over temaet og argumentasjonen for problemstillingen. I kapittel 2 blir systembeskrivelse og teori presentert. Systembeskrivelsen har som formål å danne et teknisk grunnlag for videre forståelse i oppgaven. I teorien går vi dypere inn på de tre temaene: intensiver og begrunnelse, utfordringer og økonomi og støtte. Metoden som er nyttet for å besvare problemstillingen blir presentert i kapittel 3 sammen med krav for utvalget av intervjuobjektene. I kapittel 4 skal vi presentere resultatene fra hvert intervju vi har gjennomgått med en respondent fra hvert rederi. I kapittel 5 skal vi drøfte problemstillingen på bakgrunn av informasjon vi har fra intervjuobjektene. I kapittel 6 trekker vi en konklusjon på bakgrunn av resultatene og drøftingen. Kapittel 7 omhandler forslag til videre forskning.



## 2 Systembeskrivelse og teori

I denne delen av oppgaven legges det frem relevant systembeskrivelse og teori som omhandler virkemåten til hybrid drift ved hjelp av en forbrenningsmotor kombinert med batterier til fremdrift og energiforsyning. Systembeskrivelsen som legges frem vil etter hvert implementeres i hybridsystemene til de fartøyene vi har intervjuet for å danne en teknisk forståelse av hvert enkelt fartøy sin utrustning og drift.

Norge har som mål å halvere klimautslippene fra skipsfarten innen år 2030, og i den sammenheng satses det stadig på grønn teknologi for å nå disse målene. (Enova , 2020). Ved hjelp av hybridisering av eldre fartøy som et av miljøtiltakene, kan man bidra til å nå målene for redusert klimautslipp. Hybrid kan defineres som noe som forekommer ved kryssing eller sammensetting av flere elementer (Martinsen, 2021). Ved hybridisering av skip menes det at et fartøy benytter seg av to eller flere ulike energikilder for å drive skipet. En hybrid fremdriftsløsning om bord på fartøy er en stigende trend, og flere benytter seg av denne måten for å spare drivstoff, redusere utslipp og gi en bedre fleksibilitet for energiutnyttelse om bord. (SINTEF, u.å)

### 2.1 Batteri- hybridsystem

Et batteri-hybrid system består av svært mange deler og komponenter. Det som menes med batteri-hybrid system i denne oppgaven er at skipet kan drives frem av både dieselmotorer og elektrisitet fra batteripakke(r). Videre i kapittel 2.1 vil de ulike komponentene i et slikt system bli beskrevet for å danne en grunnleggende forståelse av systemet. Følgende kapittel beskriver kun de viktigste hovedkomponentene som er inkludert i hybridsystemet for å få en forståelse og et overblikk i hva et slikt system består av, slik at senere i oppgaven man kan implementere den informasjonen i hvordan man bruker et slikt hybrid system på forskjellige måter.

#### 2.1.1 Hovedmotor

I et mekanisk fremdriftssystem har hovedmotoren(e) som oppgave å drive skipets propeller. Hovedmotorene er da fysisk koblet sammen med propellen gjennom en propellaksling og et gir. I et diesel- elektrisk system er det ikke egne hovedmotorer, men flere generatorer som produserer strøm til fremdriften. Hvor mange motorer som kreves til fremdriften er avhengig av hvor mye kraft skipet har behov for.

### 2.1.2 Hjelpemotor

Hjelpemotorer har som oppgave å produsere strøm til skipets utstyr og innredning. Skip som bruker hovedmotorene kun til fremdrift må kjøre en hjelpemotor i tillegg for å produsere strøm til teknisk- og hotelldrif.

### 2.1.3 Batteripakke

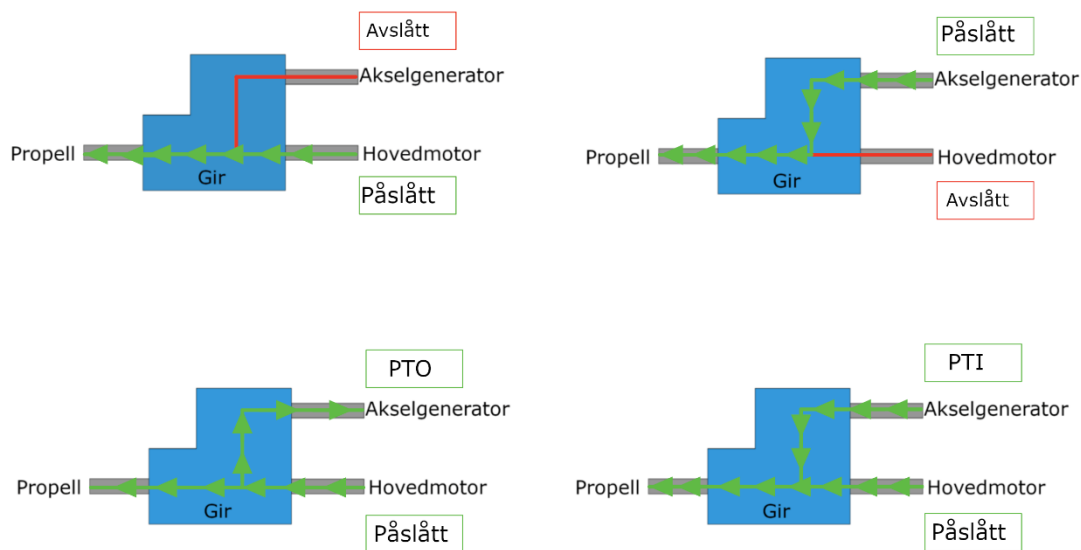
I et hybridsystem som benytter seg av dieselmotorer og batteri er det nødvendig med en batteripakke for å oppbevare og distribuere strøm til fartøyet, samt drive elektrisk utstyr ved energibehov. Batteripakken består av en serie med mange mindre batterier, kalt battericeller, som blir satt sammen til batteripakker som tilsvarer en gitt kapasitet avhengig av størrelse. Batteripakken bidrar til økt fleksibilitet om bord fordi man kan ha en gunstigere belastning på fremdriftssystemene ved distribuering og lagring av strøm. (Mo, 2019)

### 2.1.4 Akselgenerator

En akselgenerator er kun mulig å benytte dersom skipet har mekanisk fremdrift. Akselgenerator er en elektromotor som monteres på propellakselen fra hovedmotoren. Denne kan fungere både som en generator for å produsere strøm, eller som en elektromotor for å drive propellakselen. Denne funksjonen kalles PTO/PTI som er en forkortelse for *Power take off / Power take in*. (Brunvoll, u.å)

Ved power take off produserer akselgeneratoren strøm fra hovedmotoren via propellakselen. På denne måten kan man bruke strømmen til elektrisk utstyr om bord eller lagre strømmen i en batteripakke.

Ved bruk av power take in vil man forsyne akselgeneratoren med strøm slik at den kan drive propellakselen. Denne strømmen kan komme fra enten en hjelpemotor eller batteripakken. På denne måten kan man drive skipets propell(er) kun ved bruk av akselgeneratoren, eller bruke akselgeneratoren til å supplere propellakselen med mer energi dersom det er behov for det. Dette gjøres ved å kombinere krefter fra både hovedmotor og elektromotoren i akselgeneratoren.

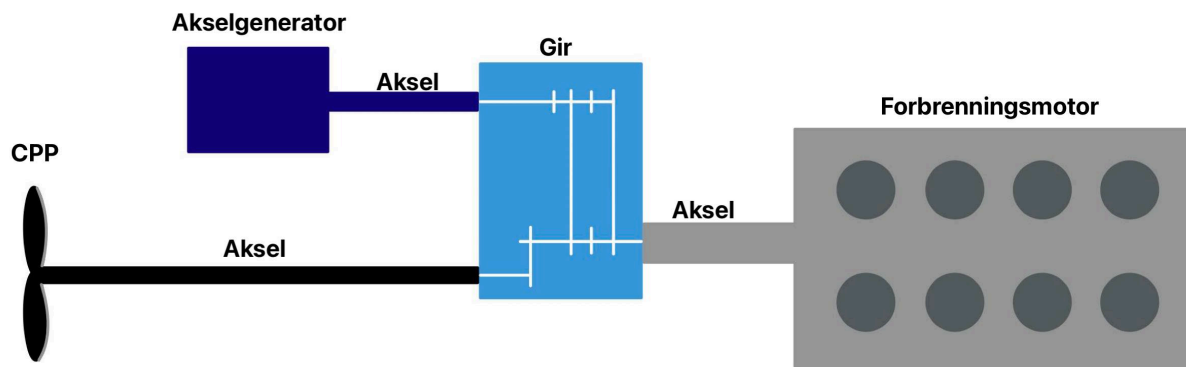


Figur 1 Driftsmuligheter med akselgenerator. Egenprodusert

### 2.1.5 Girsystem

Et gir kan defineres som «*tannhjulsutveksling som overfører roterende bevegelser fra én veksler til en annen, og som tillater varierende hastighet*». (Wangensteen, 2005, ss. 336-337)

Som nevnt i kapittel 2.1.4 kan man benytte seg av både akselgenerator og hovedmotor til drift av propellakslingen ved hjelp av PTO/PTI funksjonen. For å kunne benytte seg av en PTO/PTI funksjon må skipet være utrustet med et gir som støtter denne funksjonen. Når man har både hovedmotor og akselgenerator koblet til propellakselen er det nødvendig å montere et gir på akselen slik at det er mulighet for å koble ut propellen eller motoren, avhengig av hva som er intensjonen. Dersom man ønsker å kun benytte akselgenerator til drift av propellakselen, kobler man ut hovedmotor i giret slik at hovedmotor ikke er sammenkoblet til propellakselen. Det tillater akselgeneratoren å drive propellen helt alene uten motstand eller kontakt med hovedmotoren. Se **Feil! Fant ikke referansekilden..** Dersom man ønsker å benytte kraften fra både akselgenerator og hovedmotoren(e) samtidig sørger giret for at begge disse er sammenkoblet med propellakselen.



Figur 2 Viser giret sin hensikt. Egenprodusert figur

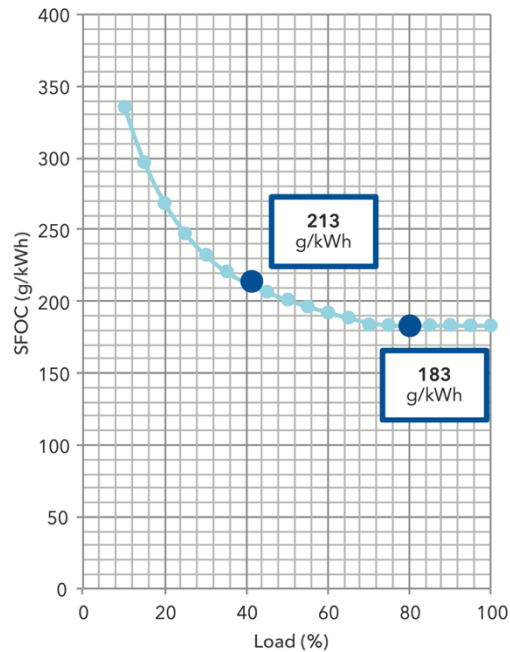
## 2.2 Energiutnyttelse med batteri- hybridsystem

Skip med batterihybrid løsning kan drives på flere ulike måter for å oppnå fleksibilitet og effektivitet. I dette kapitlet vil det bli presentert ulike måter energien om bord kan brukes i kombinasjon med batteri- diesel hybrid system.

### 2.2.1 Optimal drift av en dieselmotor

En dieselmotor produserer energi som vi måler i kWh. Mengden effekt man får er avhengig av hvor mye diesel man tilfører motoren. Dette forholdet kalles «spesifikt diesel forbruk» og måles i gram per kilowatt time (g/kWh) (Johannessen, 2005, s. 411). Det er en måling på hvor godt motoren utnytter drivstoffet og vi kan da finne ut når motoren operer mest mulig optimalt.

Figur 3 illustrerer en kurve for dieselforbruk, og studerer man kurven så ser man tydelig at dieselmotoren utnytter drivstoffet best mulig under 80-90% belastning. Det er da man motoren produserer mest effekt i forhold til diesel tilført. Kjører man en dieselmotor på 40% belastning vil det være et stort forbruk i forhold til avgitt effekt.



Figur 3 Spesifikt brennstofforbruk diesel motor  
hentet fra (DNV-GL, 2015 s.16)

### 2.2.2 Hovedmotor med PTO

Fremdrift ved bruk av hovedmotor kombinert PTO funksjon i akselgenerator gir økt effektivitet da man får hentet ut overskuddsenergi i form av strøm fra en motor som i utgangspunktet kun står for fremdrift. Overskuddsenergien kan bli brukt av skipets energikrevende systemer eller lagret i batteri.

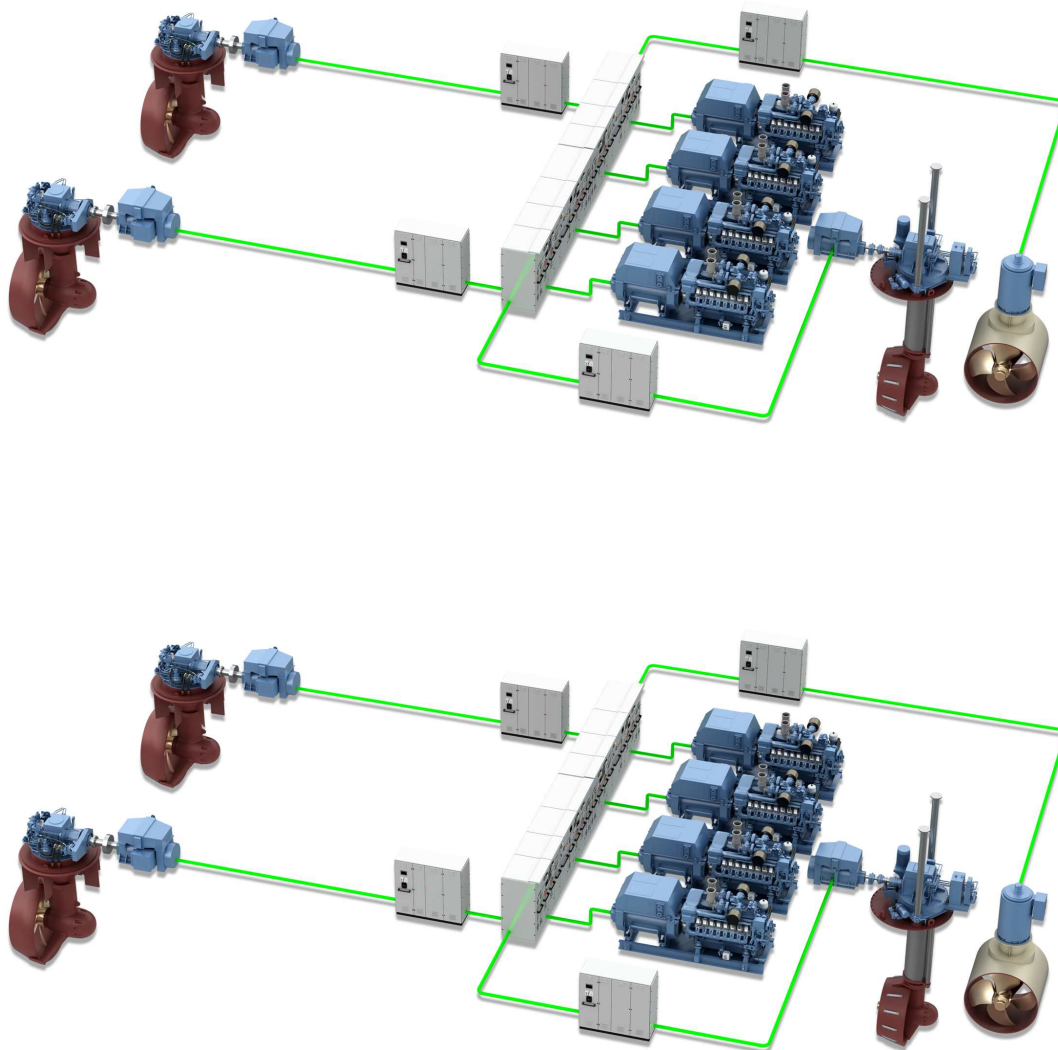
### 2.2.3 Full elektrisk fremdrift

Ved bruk av strøm lagret i en batteripakke, er det mulig å drive skipet helelektrisk i en begrenset periode avhengig av størrelse på batteripakken. Da vil man hente strøm fra batteripakken og forsyne elektromotoren i akselgeneratoren slik at propellakselen drives kun av elektromotoren, og hovedmotor er koblet ut via giret. Denne funksjonen av drift kan være svært nyttig i områder med nullutslipps krav eller ved motorhavari. Ved et eventuelt havari i forbrenningsmotorene fungerer den fullelektriske driften som en «take me home» funksjon som kan benyttes til å få skipet i sikkerhet. Ved diesel- elektrisk drift er prinsippet det samme, men slipper å gå via en akselgenerator. Da går energien fra batteripakken og rett til elektromotoren som driver propellene.

#### 2.2.4 Diesel elektrisk fremdrift

Mange større fartøy benytter seg av noe som kalles dieselelektrisk fremdriftssystem. Dette er et system som benytter seg av flere mindre dieselmotorer istedenfor en stor hovedmotor kombinert med hjelpemotorer. I et slikt system vil dieselmotorene sin eneste oppgave være å drive en generator for å produsere strøm til skipets elektriske systemer og utstyr.

I et slikt system vil alle fremdriftspropeller bli drevet av elektromotorer istedenfor mekanisk drift fra hovedmotor. Se



Figur 4 4 Dieselelektrisk fremdriftssystem. (Kongsberg, u.å)

Fordelen med et slikt system er at man kan utnytte den produserte energien på en bedre måte. Man tilpasser hvor mange dieselmotorer man bruker avhengig av energibehovet til fartøyet. Det er også en god redundans med et slikt system med tanke på hvis en motor havarerer, så har man flere motorer tilgjengelig uavhengig av hvilken motor som har havarert.

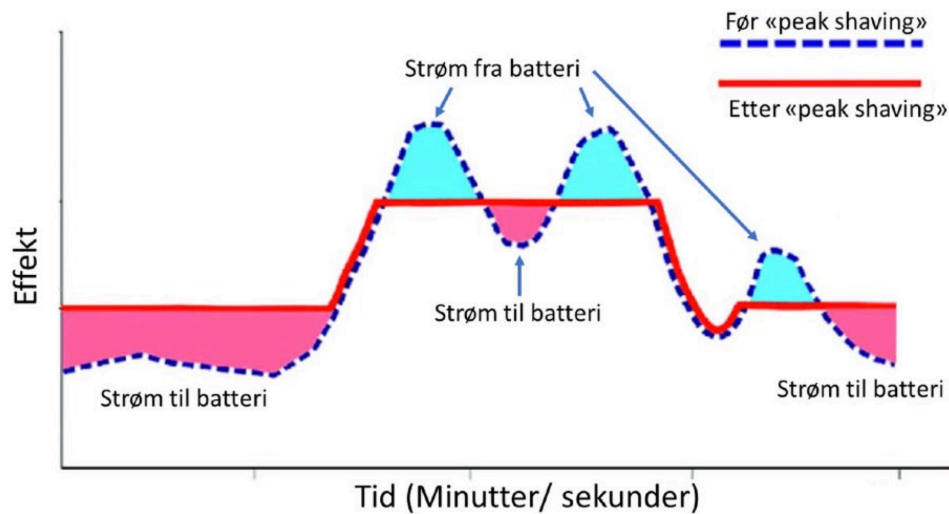
### 2.2.5 Start / stop

Hvis energibehovet er lavere enn produsert energi, kan man benytte seg av en start / stop strategi. Et eksempel på dette kan være hvis et fartøy ligger til kai og laster eller losses, hvor det kan tenkes at en motor må kjøre med 50-60 % belastning for å dekke energibehovet. I stedet for at denne motoren skal være på et slikt ineffektivt belastningsnivå kan man heller utnytte en dieselmotor på optimal drift slik som forklart i kapittel 2.2.1 for å få mer effekt i forhold til forbruk. Da vil overskudds energien som blir produsert brukt til å lade opp batteripakken. Når batteriet er fulladet vil motoren slå seg av, og strømforbruket om bord vil da komme fra batteri helt til det er behov for å starte dieselmotor igjen for opplading. På denne måten kjører man alltid dieselmotoren på optimal last og reduserer drivstoff og slitasje på motorene.

### 2.2.6 Peak shaving

Peak shaving er noe som er mest relevant for offshore fartøy under dynamisk posisjoneringsoperasjoner (DP-operasjoner), men andre fartøy kan også benytte seg av det. Når fartøyet prøver å holde posisjonen sin kan det forekomme kortvarige effektvariasjoner på grunn av sjø- og vindforhold. For å unngå disse variasjonene kan batteriet bli brukt for å kompensere for energitoppene slik at motorene kan gå med jevn belastning hele tiden. Da vil det være en rekke med inn- og utladnings sykluser i batteriet ettersom det lades opp når energiforbruket til skipet er relativt lavt, men lades ut når det kommer en periode med høyere energiforbruk. Denne måten å kompensere energitoppene på reduserer både drivstoff og vedlikehold på maskinene. Tegningen under viser hvordan peak shaving fungerer. ESS betyr

energy storage system. Noe som oftest er batterier.



Figur 55 Peak shaving (Emblemsvåg, 2021)

### 2.2.7 Minst mulig «running engines»

I perioder og under noen operasjoner er energibehovet høyere enn normalt. For å kompensere for dette energibehovet kan man starte en ekstra motor slik at flere motorer går med redusert belastning. Ved batteri-hybrid kan man benytte seg av energi fra batteriet i slike perioder for å unngå oppstart av en ekstra motor. Da kan heller motoren(e) som kjører, operere på optimal belastning som forklart i 2.2.1. Siden man unngår oppstart av en ekstra motor, vil både dieselforbruk og servicekostnader være lavere som funksjon av mindre oppstarter og driftstimer kombinert med optimal belastning på kjørende motorer.

### 2.2.8 Landstrøm

Fartøy som er tilrettelagt for bruk av landstrøm kan benytte seg av dette i havner for å spare drivstoff, redusere støy og gi bedre arbeidsforhold om bord. Ved å ta i bruk landstrøm eliminerer man store deler av utslippene man har til kai, og dermed lokale utslipp. God infrastruktur for landstrømanlegg er viktig for å kutte ned på utslippene til kai, for det er svært mange kaianlegg som har mange anløp, samtidig så må det være kompatibelt med typen fartøy som benytter seg av havnen. Større fartøy har gjerne behov for mer energi og spenning til kai enn mindre fartøy, som betyr at havnene må være i stand til å tilby landstrøm som passer til de relevante fartøy.



### 2.2.9 Tidligere forskning

Under oppgaveutviklingen var noe av det første arbeidet litteratursøk i databasene til biblioteket på Høgskulen på Vestlandet. Søkeord som *hybrid*, *hybrid propulsion*, *hybrid ship*, *hybrid vessel*, *electric propulsion*, *marine propulsion* ble nyttet på norsk og engelsk.

Søkene ga til dels ingen treff av særlig relevans. Det var dog funnet en relevant artikkel gjennom skolebibliotekets artikkeldatabase som tok for seg virkningsgraden av et skip med enten diesel-elektrisk hybridsystemkonfigurasjon og konvensjonelle fremdriftssystem (Jeong, Oguz, Wang, & Zhou, 2018). En «*case-studie*» ble i denne artikkelen nyttet for å definere fremdriftssystemenes ulikheter med særlig perspektiv på økonomisk kostand, miljøpåvirkning og risiko. Artikkelen tar også for seg en moderne fremgangsmåte der beslutningstakeren har flere kriterier vedkommende er nødt til å tilfredsstille og fremhever med dette noen av kriterienes mangler som fremkommer av blant annet økonomisk kostand, miljøpåvirkning og risiko. Hovedformålet med artikkelen var å konvertere alle uvurderlige verdier til pengeverdier for å kunne sammenligne virkningene av kriteriene nyttet i beslutningen på en enkel måte. I resultatet kommer det frem en årlig operasjonsbesparelse på \$ 300,000 (2% av total kostnad) ved bruk av hybridsystemkonfigurasjon kontra et dieselelektrisk fremdriftssystem.

### 2.3 Miljøutfordringer

Et av de mest sentrale temaene innenfor dagens politikk er klimautfordringene og den globale oppvarmingen i verdenssamfunnet. Det jobbes med løsninger for hvordan man skal oppnå FNs bærekraftsmål. Et av disse bærekraftmålene er mål *Nr. 13: Stoppe klimaendringene*. I Norge i 2020 hadde vi et utslipp på 41,2 millioner tonn med CO<sub>2</sub> og 150 tusen tonn med NO<sub>x</sub> der innenriks skipsfart var en sentral bidragsyter. (SSB, 2021). Utslipet fra sjøfart og fiske står for 3,6 millioner tonn av CO<sub>2</sub> utslippet i landet, noe som tilsvarer rundt 9 prosent av det totale CO<sub>2</sub> utslippet til luft i Norge. Om vi ser på NO<sub>x</sub> utslippet fra innenriks skipsfart står det for 35 tusen tonn, noe som er nærmere 25 prosent av landets totale NO<sub>x</sub> utslipp (SSB, 2021). Dette viser at en reduksjon i utslippene fra skipsfarten kan ha stor betydning på det totale utslippet.

Klimagass	Total (tonn)	Sjøfart og fiske (tonn)	Prosent
CO <sub>2</sub>	41.200.000	3.600.000	8.74

NO <sub>x</sub>	150.000	35.100	23.40
-----------------	---------	--------	-------

Tabell 1 Utslipp til luft i Norge. Egenprodusert

I desember 2015 ble det vedtatt at alle verdens land skal gjøre sitt ytterste for å redusere sine klimautslipp for å unngå global oppvarming. Dette vedtaket ble kalt for Parisavtalen.

Parisavtalen plikter alle land til å etablere nasjonale planer for hvordan landets utslipp skal reduseres (FN, 2020). Parisavtalen tar for seg fem hovedpunkt:

1. *Alle land har forpliktelser*
2. *Det skal ikke bli mer enn to grader varmere, og helst ikke mer enn 1,5.*
3. *Landene skal ha en plan for hvordan de skal greie dette.*
4. *De rike må betale, de mindre rike kan betale.*
5. *Alle land må tilpasse seg klimaendringene.*

(FN, 2020)

Disse punktene er satt inn slik at alle verdens nasjoner skal samarbeide med å dele kunnskap og teknologi slik at man unngår en temperaturøkning på over to grader fra førindustritiden. Det finnes ingen teori om hvordan Parisavtalen inkluderer den maritime industrien, ettersom skipsfart ikke er inkludert i avtalen (International Maritime Organization, u.d.). Dette fritar dog ikke skipsfarten fra å følge avtalen da IMO er en *organisasjon* som regulerer og er den sentrale lovgiveren i skipsfarten. Avtalen stiller krav til at alle organisasjoner er nødt til å arbeide mot hovedpunktene. IMO har dermed laget en handlingsplan for hvordan skipsfarten skal nå klimamålene gjennom MARPOL konvensjonen.

Når det kommer til utslipp av CO<sub>2</sub> har IMO som mål at utslippet til luft fra skip skal kuttes med 70% innen 2050, med et mellommål at utslippet skal kuttes med minst 40% innen 2030 (International Maritime Organization, u.d.). Målet tar utgangspunkt i utslippsnivået som var i 2008. For å nå disse målene har IMO iverksatt diverse tiltak for å redusere utslippene. Et av disse tiltakene er *IMO GHG Study(ies)*. Dette er rapporter som tar for seg CO<sub>2</sub> utslippet som den internasjonale befraktingen langs sjøveien står for og hvordan trenden utvikler seg mellom hver rapport. I 2020 kom den fjerde rapporten som konkluderte med at CO<sub>2</sub>e utslippet fra skip fortsatt var økende trend. CO<sub>2</sub>e er en felles betegnelse for drivhusgasser som også

inkluderer slik som CO<sub>2</sub>, metangass (CH<sub>4</sub>), og di-nitrogenoksid (N<sub>2</sub>O). Dette indikerer at sjøfartsnasjonene fortsatt har en stor jobb foran seg (*International Maritime Organization, 2021*).

Skip som benytter seg av diesel eller tungolje som drivstoff slipper ikke bare ut drivhusgasser, men også store mengder med NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub> gasser. Når man snakker om forurensning, er det viktig å skille mellom global og lokal forurensning. Den globale forurensningen er drivhusgassene som fører til at mindre stråling fra solen slipper ut igjen, og vi får en økning i temperatur. Den lokale forurensningen omhandler at det blir svært dårlig luftkvalitet i et område grunnet store mengder med NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> og svevestøv. Det er dette som skjer i store byer på vinterstid når det legger seg et teppe med forurensning over byen. Disse lokale forurensningene kan føre til diverse lungesykdommer hos befolkningen, samt de som sliter med astma vil få mer problemer med dette (Folkehelseinstituttet, 2020). Lokal NO<sub>x</sub> forurensning kan i tillegg skape surt nedbør og dannelse av ozon nær bakken som forstyrrer økosystemer som dyre- og planteliv. (NO<sub>x</sub>-fondet, u.å b). Ved å se på Tabell 1 ser vi at skipsfart og fiske står for store deler av det norske NO<sub>x</sub> utslippet. NO<sub>x</sub> er samlebetegnelse av giftige nitrogenholdige oksider som oppstår når hydrokarboner forbrennes sammen med luft (Pedersen, 2018).

For å redusere disse utslippene knyttet Norge seg til Göteborgprotokollen i 2005. Denne protokollen har som formål å redusere utslipp som fører til sur nedbør, noe både NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub> gasser bidrar til. Göteborgprotokollen setter krav til den enkelte nasjon som har knyttet seg til protokollen om hvor mange tonn de kan slippe ut.

## 2.4 Sikkerhet ved batteri- hybridsystem

Når en hybridiserer et skip, vil man oppleve en endring i sikkerhet. En hybridisering kan være med på å øke sikkerheten ettersom det er flere uavhengige systemer som står for fremdriften, men det introduserer også fare for brann i batteriene. I dette kapittelet skal vi ta for oss sikkerheten ved hybridisering, både positiv og negativ.

### 2.4.1 Redundans

Et resultat av hybridisering med batteripakke er at man får flere uavhengige energikilder som kan supplere energi til fremdrift og resten av skipets systemer. Dette vil si i praksis at dersom skipets motorer stopper, har skipet fortsatt tid og mulighet til å handle sikkert før det blir en

fullstendig blackout. Blackout er en tilstand som skipet befinner seg i når energiforsynende kilder har stoppet og skipet ligger strømløst (Wartsila, u.d.). Ved å sette inn en batteripakke er dette et problem som kan bli eliminert eller utsatt slik at det ikke kommer uforventet. Ved å installere en batteripakke på et skip vil dette gi mer redundans i tilfellet en blackout. «*Ved redundans mener vi et skips evne til å motstå et tap en hvilken som helst komponent eller undersystem innad i DP systemet uten å miste posisjon og/eller heading*» (Bray, 2020, s. 23). Skipets batterier vil bli en energikilde som kan supplere fremdriftssystemene med nok energi til å få skipet bort fra umiddelbar fare til trygge rammer mens blackouten undersøkes. For skip som utfører DP operasjoner stilles det krav til redundans på alle navigasjons-, strømsupplerings- og manøversystemer slik at skipet ikke skal skape en farlig situasjon dersom hovedkomponenten av ukjente årsaker skulle stoppe å fungere som tiltenkt.

For DP operasjoner finnes det tre forskjellige klasser. Klassene handler i hovedsak om hvor stor grad redundans fartøyet har, hvor klasse 1 har minst, og klasse 3 har mest. I klasse 1 tillates det at skip mister posisjoneringsevnen ved *en* feil. Klasse 2 er et mer redundant system som ofte brukes på skip hvor kravet for posisjoneringsevne er høyere. Her tillates det ikke at en mister posisjoneringsevnen med en hvilken som helst feil, i en aktiv komponent eller system. I klasse 3 som er det mest avanserte DP-systemet tilfredsstillende alle kravene til klasse 2 og skal i tillegg være operasjonelt i tilfelle vanninntrenging og brann. Det vil si at skipet må kunne dele maskinrommet med brann- og vanntette dører for at skipet fortsatt skal holde posisjonen i tilfellet brann eller vanninntrenging på i ett av rommene (Bray, 2020, s. 22).

Det er ikke bare skip som benytter seg av DP som har fordel av å ha redundans og en reserve energikilde. Skip som navigerer i trange farvann, kan også ha stor nytte av dette som en ekstra sikkerhet. Mange skip har som prosedyre at de skal starte opp en ekstra generator når de seiler gjennom trange farvann for å unngå farlige situasjoner som kan føre til grunnstøting dersom de får problemer med fremdriften. Dersom disse skipene bygges om til hybrid fremdrift med batterier er det ikke behov for å starte en ekstra generator ettersom de har batteri som kan drive skipet til sikkerhet. Ved å benytte seg av batteriet som *spinning reserve* i stedet for en generator vil det føre til at motorene får operere på et mer ideelt turtall, noe som fører til en renere forbrenning, lavere forbruk og mindre utslipp slik som nevnt i 2.2.1.

Når et skip uten batterier produserer strøm med to generatorer, men har et energibehov som tilsvarer at det er nok å ha en maskin gående, vil det produseres svært mye overskuddsstrøm

som blir tapt iblant annet varme. Hadde skipet derimot hatt en batteripakke kunne overskuddsstrømmen ladet opp batteriet som kan bli utnyttet senere.

For å kunne utnytte batteriet som nød-fremdrift må skipet enten være dielelektrisk som beskrevet i kapittel 2.2.4 eller være utstyrt med akselgenerator med PTI funksjon som beskrevet kapittel 2.1.4. Dette medfører en sikkerhet i at dersom en maskin får en uventet motorstans eller havari kan batteriet tiltrå som energikilde for å få skipet ut av umiddelbar fare og til sikkerhet mens situasjonen undersøkes.

#### 2.4.2 Brannfare ved litium-ion batterier

Brann om bord på skip er noe man vil unngå til enhver tid, og skulle det oppstå brann, skal mannskapet ha kunnskap til å respondere og iverksette riktige tiltak for å slukke brannen. Når et fartøy får montert en batteripakke om bord, medfører det en ny risiko for fartøy og mannskap med tanke på brannsikkerhet. Batteriene som vanligvis blir brukt på hybridskip er av typen litium-ion batterier. Årsaken til den store risikoen en batteribrann medfører er at litium-ion batterier er veldig vanskelig å slukke når de først begynner å brenne.

Når battericellene tar fyr og får høye nok temperaturer, fører dette til noe som kalles «*thermal runaway*». Det er en eksoterm kjemisk reaksjon mellom stoffene i batteriet som er en selvforsterkende varmereaksjon (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2021). Når en litium-ion-celle får en «*thermal runaway*», vil omgivelsestemperaturen bli så høy at nærliggende celler kan bli oppvarmet til en temperatur som er over stabiltemperatur, som igjen fører til at disse også får en «*thermal runaway*». Dette kalles for propagering, som betegner en slik kjedereaksjon blant battericellene. (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2021). En slik reaksjon er ikke mulig å slukke med vanlig konvensjonelle slukkemidler, som gjør det vanskelig for fartøy å håndtere en slik brann.

Det finnes relativt lite data om slike batteribranner, men et eksempel er hendelsen om MF Ytterøyningen. Det var en batteriferje som fikk brann i batterirommet sitt den 10.10.2019 ved Halsnøy i Kvinnherad kommune. (Josdal, 2019). Det ble iverksatt store ressurser for å få kontroll over brannen, samt at redningsmannskap ikke hadde mye erfaring fra litium-ion batteribranner ettersom det fortsatt er en relativt ny problemstilling. Der hadde det oppstått brann i batteriene og brannmannskapene konkluderte med at situasjonen var under kontroll

etter er par timer med slukkearbeid. Det ble satt ut vaktlag for å overvåke temperaturer på ferjen over natten etter brannen. I løpet av natten oppsto det en uventet eksplosjon i batteriene som førte til at det ble enda en utrykning av brannmannskaper. Flere i brannmannskapet ble sendt til sykehus for gass eksponering under aksjonen. Det var lite informasjon om denne typen brann, men brannmannskaper var flinke med å ha en passiv holdning til en slik brann for å beskytte liv. Dette er en uønsket hendelse, men det er hentet mye lærdom fra hendelsen i forbindelse med brann i litium-ion batterier om bord på fartøy.

## 2.5 Økonomi og støtteordninger

For å ta i bruk og satse på ny teknologi som er mer miljøvennlig kan det være store kostnader tilknyttet slike prosjekter. For å motivere den maritime næringen til å innovere og ta i bruk ny og mer miljøvennlig teknologi er det utviklet støtteordninger som er med på å bidra økonomisk til slike prosjekter. Dette kapitlet handler om økonomiske aspekter knyttet til bruk av miljøvennlig teknologi innen skipsfart og maritim næring som er relevant for denne oppgaven.

### 2.5.1 NO<sub>x</sub>-fondet

I 2007 ble det innført NO<sub>x</sub> avgift i Norge i håp om å redusere NO<sub>x</sub> utslipp. Denne avgiften var da på 15 kr per kg NO<sub>x</sub> utslipp (NO<sub>x</sub>-fondet, u.å a). Denne avgiften medførte at bedrifter fikk dårligere råd til å utføre NO<sub>x</sub>- reduserende tiltak. Flere ulike næringsorganisasjoner forsøkte derfor å forhandle med myndighetene med som mål å starte et NO<sub>x</sub>- fond som erstatter avgiften betalt til staten. I 2008 ble da NO<sub>x</sub>- fondet opprettet som har som hensikt å tilby støtte for NO<sub>x</sub>- reduserende tiltak til de som er med på å betale inn til NO<sub>x</sub>- fondet. På denne måten blir det enklere for bedrifter å utvikle ny teknologi og tiltak for å redusere sine NO<sub>x</sub>- utslipp.

Ved mye lokal forurensing som følge av NO<sub>x</sub> utslipp forklares det i kapittel 2.3, som omhandler helsefarlige konsekvenser ved høye NO<sub>x</sub>- konsentrasjoner. Det er også årsaken til at man ønsker å redusere NO<sub>x</sub>- utslipp for det går utover mennesker og miljø hvis man ikke setter søkelys på reduksjon av dette utslippet. Noen eksempler på NO<sub>x</sub>- reduserende tiltak er installasjon av batteripakker, installasjon av SCR (Selective catalytic reduction) system som skal redusere NO<sub>x</sub> -utslipp med 95%. (Yara, u.å), eller andre teknologiske løsninger som reduserer NO<sub>x</sub>- utslipp. Siden hvert fartøy som deltar i NO<sub>x</sub>- fondet bidrar økonomisk, kan de

søke om å få penger tilbakebetalt for å gjøre det enklere for rederiene å iverksette NO<sub>x</sub>-reduserende tiltak ved hjelp av dette fondet.

### 2.5.2 Enova

Enova er et statlig selskap opprettet i 2001 som har som oppgave å bidra til omlegging av energibruk og energiproduksjon. (Enova, u.å a). Veien Norge har mot et lavutslippssamfunn er avhengig av teknologiutvikling og innovasjon som er bærekraftige. (Enova, u.å a).

Bedrifter som ønsker å satse på klimavennlig teknologi, må også ha den økonomiske muligheten til å være levedyktig med slik teknologi. Det er her Enova kommer inn i bildet og tilbyr økonomisk støtte slik at prosjektene lar seg utføres på en økonomisk måte. Enova tilbyr ikke bare støtte til bedrifter, men også privatpersoner som vil gjøre energitiltak i sitt eget hjem. I 2021 utdelte Enova ut 4,6 milliarder kroner totalt til over 5500 klimaprojekter. Det er forventet at dette vil redusere utslippene med om lag 301 000 tonn CO<sub>2</sub> kun i 2021. (Enova, u.å a).

Sjøtransport er et av flere fokusområder Enova har, der målet er å bidra til en markedsendring hvor nullutslippsfartøy er konkurransedyktige og samtidig tilby løsninger for reduksjon i utslipp til fartøy som ikke er nullutslippsfartøy. Batteripakker er et eksempel som kan monteres om bord i fartøy for å redusere utslipp som man kan søke om støtte fra Enova. Det er også mulig å få støtte til landstrømsystem om bord på fartøy for å gjøre det mulig å ligge til kai uten motorer i gang.

Enova mener landstrømanlegg vil gi en rekke fordeler slik som:

- Landstrøm gir bedre økonomi over tid ved landligge
- Gir bedre arbeidsforhold om bord som følger av lite støy og vibrasjoner.
- Landstrøm er mer miljøvennlig. Det er beregnet at 7% av utslipp fra sjøfarten skjer når fartøy ligger i havn. (Enova , 2020)
- Landstrøm er bra for omdømmet. Det vil si bra for kaianlegget sine naboer og klimaprofilen til rederiene.
- Landstrøm er fremtiden og vil over tid bli svært utbredt til bruk i de aller fleste havner.
- Enova tilbyr opptil 40% støtte for å tilrettelegge fartøy for landstrøm i en begrenset periode.

For å motta støtte fra Enova, må støtten være nødvendig for at klimaprojektet skal gjennomføres. Dette innebærer at støtte ikke tilbys hvis bedriftene ville utført prosjektet uten støtten. Støtten tilbys heller ikke til prosjekter som allerede er startet uten støtte. Årsaken til dette er fordi støtten skal utnyttes best mulig og at Enova ikke bidrar med mer støtte enn det som er nødvendig. (Enova, 2020).

### 2.5.3 Finansiering

For å få til et grønt skifte innen maritim bransje ved å ta i bruk ny teknologi eller ombygging av eldre teknologi, er man nødt til å få muligheten til å finansiere slike grønne investeringer. I den sammenheng har flere banker åpnet for grønne lån som skal bidra til finansiering av bærekraftig- og miljøvennlig tiltak for bedrifter. (Grønt Skipsfartsprogram, u.å). Ved å benytte seg av grønt lån kan bedrifter få finansiering av banker med en liten margin rabatt som ellers hadde vært høyere uten et miljøvennlig prosjekt. (Danskebank, u.å). Fordelen med slike lån er at de anerkjenner prosjektenes miljøpåvirkning og promoterer en grønn profil, samtidig som man får gode lånevilkår for miljøvennlige prosjekter.

## 3 Metode

I dette kapittelet skal vi ta for oss hvilken metode som er benyttet til å samle inn data til denne forskningen. Dette kapittelet vil gi en kort innføring i hva metode er, hvilken metode vi har benyttet oss av og hvorfor, utvalget vi har valgt å fokusere på, samt svakheter metodene har og hvordan disse svakhetene påvirker forskningen og dens resultater.

### 3.1 Hva er metode?

For at et forskningsprosjekt skal anses som verifiserbart må det ha en klar strategi for hvordan forskeren tilnærmer seg for å avdekke en virkelighet (Jacobsen, 2021, ss. 15-16). Dette kapittelet omfatter metoden som benyttet for å besvare problemstillingen, med de fordeler og ulemper dette har medført.

### 3.2 Valg av metode

For å samle inn dataene til å besvare problemstillingen «*Hvilke insentiver driver et rederi til en hybridisering av sin flåte og hvilke utfordringer vil dette medføre?*» har vi valgt å benytte oss av kvalitativ metode. Kvalitativ metode er en metode som benyttes når man har et relativt lite utvalg der man er ute etter individer sin mening og tanker rundt et tema (Jacobsen, 2021,



s. 145). For å samle inn de kvalitative dataene har vi benyttet oss av det Jacobsen kaller for *Det åpne individuelle intervjuet*. Denne måten å samle inn data på blir utført på den måten at respondent og informant har en åpen dialog om en problemstilling der respondent er interessert i informasjonen som informanten har om temaet (Jacobsen, 2021, s. 146). Denne empirien blir samlet inn er i form av ord, meninger og tanker rundt problemet.

I denne forskningen har vi valgt å benytte oss av kvalitativ metode er for å finne ut hvilke insentiver et rederi har for å foreta ombygging av et eksisterende skip og de utfordringene de har møtt på. Grunnen til at vi har benyttet oss av den kvalitative metoden med søkelys på *det åpne individuelle intervjuet* er ettersom vi ønsker å gjøre et dypdykk i hvorfor de ønsker å gjøre en slik ombygging. For å samle inn empirien fra intervjuobjektene har vi benyttet oss av et åpent og semistrukturert intervju der vi har tema og spørsmål vi ønsker svar på. Disse spørsmålene er svært generelle og har som funksjon å sette i gang en dialog mellom informanten og oss som er respondent om temaet. Når samtalen har fått en fin flyt vil det bli stilt spørsmål ut fra det respondenten har uttalt for å få en dypere forståelse. Som utvalg for denne forskningen har vi kontaktet tre ulike rederier som opererer skip innenfor ulike segmenter. Disse tre segmentene er:

- 1) Frakt
- 2) Passasjer
- 3) Subsea

Grunnen for at vi har valgt å intervju fra tre ulike segmenter av næringen er ettersom vi ønsker å belyse utfordringene som den maritime næringen står ovenfor, og ikke bare det enkelte segmentet. Ved å belyse problemstillingen på denne måten kan vi generalisere svarene i forskningen, noe som gjør at svarene kan overføres til andre skip som ønsker å gjennomføre en slik ombygging.

### 3.3 Metodens pålitelighet

Når det utføres en åpen undersøkelse vil dem som undersøkes utsettes for ulike stimuli og signaler som gjør at informanten kan reagere annerledes enn hva de ville gjort i en naturlig situasjon (Jacobsen, 2021, s. 241). En kjent faktor som kan påvirke resultatet i en kvalitativ undersøkelse som benytter seg av intervju er det som Davis kaller for *intervjuereffekten*

(Davis et al. 2010, referert i Jacobsen, 2021, s. 242). Intervjuereffekten går ut på at personen som blir intervjuet kan bli påvirket av den som intervjuer. Dette kan føre til at informanten svarer annerledes enn hva han/hun ville gjort i «normal» samtale. Hvordan intervjuer ordlegger seg og tonefallet intervjuer velger å bruke kan også påvirke resultatet (Jacobsen, 2021, s. 242). En annen faktor som kan påvirke informanten er at han/hun blir satt i et *kunstig miljø*. Et kunstig miljø vil si at intervjuet foregår i en sammenheng eller sted som ikke er naturlig for informanten (Jacobsen, 2021, s. 243). I denne forskningen er det to kunstige faktorer som er til stede. Den første er at samtalen blir tatt opp, noe som kan føre til at informanten holder tilbake informasjon eller meninger som personen ikke ønsker skal kunne knyttes til seg. Den andre faktoren er intervju over nettmøte. To av tre intervjuer i denne forskningsoppgaven ble utført over nett, dette kan ha ført til at informantene ikke har følt seg helt tilpass, og man ikke får den samme åpne samtalen som man ville fått ved å sitte i samme rom.

Når det kommer til utvalget for denne forskningen kan dette regnes som et lite utvalg ettersom det bare består av tre rederier/skip. Ved at utvalget er såpass lite kan man få problemer med å generalisere funnet. For å kompensere for dette har vi derfor valgt å ta ett skip fra tre hoved-kategoriserte skip, slik at vi får belyst utfordringer som er mer generelle for alle som hybridiserer skip.

### 3.4 Forskningsetikk

Intervjuene er blitt utført i henhold til Norsk senter for forskningsdata (NSD) sine retningslinjer. I intervjuene er det blitt stilt spørsmål til personer som har vært sentrale i ombyggingen hvor de har fått spørsmål om kostnader, utfordringer og fordeler ved denne ombyggingen. Disse intervjuene er blitt tatt opp og transkribert slik at vi har informasjonen fra intervjuene lett tilgjengelig. Deltakerne i dette forskningsprosjektet frivillig med på det og kan trekke seg når som helst dersom de skulle ønske dette. Deltakerne i forskningen blir anonymisert og deres uttalelser vil bli skrevet som *Lasteskipet, passasjerskipet og subseafartøy*. For å sikre at deltakerne er fullt klar over prosjektet de deltar i er det blitt sendt et informasjonsskriv med informasjon om hva formålet med forsker er, og hvorfor vi ønsker at nettopp de skal delta. I informasjonsskrivet kommer det også frem praktisk informasjon om hvordan personopplysninger blir lagret og behandlet, samt hva som skjer med informasjonen

etter prosjektslutt. For å sikre at all informasjon er forstått blir det returnert en underskrevet kopi til bachelorgruppen som lagres iht. NSDs retningslinjer

### 3.5 Utvalget

Norge representerer en klynge innen maritimt næringsliv med rederier som hele tiden er i en utviklende og innovativ setting for å kunne tilfredsstille krav både fra myndigheter og kunder. For å kunne innhente nødvendig data for å svare på problemstillingen måtte vi gjøre en grundig undersøkelse av rederi i regionen som vært gjennom en hybridisering av et allerede eksisterende fartøy. Under utvalget dannet vi derfor et naturlig minimumskrav for at kandidatene skulle kvalifiseres til deltakelse på intervjuet:

*Rederiet måtte eie ett eller flere skip som tidligere hadde ren dieselfremdrift, men var blitt ombygget til hybridsystemkonfigurasjon som nyttet seg av både diesel og elektrisk strøm som energikilde.*

Basert på minimumskravet som ble opprettet startet vi letingen etter rederi og skip var kvalifiserbare. Det viste seg å være flere aktuelle rederi som hadde høyt kompetansenivå om temaet som også tilfredstilte minimumskravet. Det ble i denne forbindelse opprettet kommunikasjon med tre forskjellige rederi som hadde skip vi på bakgrunn av medieoppslag og innsideinformasjon visste hadde undergått en omfattende hybridisering. To av rederiene hadde et bredt spekter av fartøy hvor ett eller flere hadde vært gjennom en slik ombygning. Det siste rederiet hadde ett skip som hadde vært gjennom en slik ombygning. Alle de tre rederiene kunne tilby bachelorgruppen data som var nødvendig for å kunne besvare problemstillingen i oppgaven og ville gledelig stille på intervju.

## 4 Resultat

Vi har et utvalg av tre ulike typer fartøy som har gjennomgått en omfattende hybridisering i løpet av de siste tre årene i denne oppgaven. Disse fartøyene og deres rederier blir ikke navngitt, men kategorisert som lasteskipet, passasjerskipet og subseafartøyet. Fartøyene har store ulikheter i fremdriftssystemer og konstruksjon. Dermed vil man få et innblikk i både særskilte og felles utfordringer, samt hvilke intensiver de ulike fartøyene hadde for å gjennomføre hybridiseringen. Under finnes en kort fartøybeskrivelse av hvert fartøy og dets utrustning før og etter hybridiseringen før vi videre presenterer en tabell og forklaringer til denne.

### 4.1 Kort fartøysbeskrivelse

I dette kapittelet skal vi kort beskrive de tre fartøyene vi har intervjuet med utrustning *før* og *etter* hybridisering.

#### 4.1.1 Lasteskipet

Det første rederiet vi intervjuet har et lasteskip som frakter tømmer og bulklaster mellom havner i nord- og østersjøfart. Skipet er en selvlosser. Det vil si at skipet laster og losses på egenhånd ved bruk av en cargo handler. Cargo handler er en type gravemaskin som er fast installert om bord og brukes til laste og losseoperasjoner. Skipet er bygget i 2012 og har gjennomgått en ombygging til hybridsystemkonfigurasjon med akselgenerator fra konvensjonell dieselfremdrift i 2021. Skipet er drevet frem av en propellaksling som går fra hovedmotoren til propell gjennom et reduksjons-gir for å endre utveking. Fremdriftssystemet til fartøyet før ombygging var bygd opp av:

- Hovedmotor
- Hjelpemotor
- Akselgenerator med PTO
- Gir

Etter ombyggingen fikk lasteskipet montert en batteripakke nede i lasterommet, nytt gir fra hovedmotor og ny akselgenerator med både PTO/PTI. De byttet også ut den dieseldrevne cargohandleren med en hel-elektrisk cargohandler og fikk utrustet fartøyet med mulighet for å benytte seg av landstrøm ved kai.

#### 4.1.2 Passasjerskipet

Det andre rederiet vi intervjuet drifter et passasjerskip som nå opererer som opplæringskip for nye sjøfolk. I tillegg driver skipet med cruiseturer i nord- og østersjøfart. Skipet er bygget i 1982 og har ikke gjennomført noen oppgradering av maskineriet før det ble hybridisert i 2021. Før ombygging var skipets fremdriftssystem bygget opp av:

- 2x Hovedmotorer
- 3x Hjelpemotorer
- Gir

Etter ombygging ble det montert akselgeneratorer på propellakslingene og det ble satt inn en batteripakke med nye transformatorer. Motorene er de samme som ved bygging, men det er satt inn ny overvåkningsteknologi for å monitorere temperaturer, dieselforbruk og mye mer. Skipet har også mulighet til å benytte seg av landstrømanlegg for å redusere utslipp og støy når det ligger i havn.

#### 4.1.3 Subseafartøyet

Det tredje rederiet vi har intervjuet har et subseafartøy som driver med mindre undervannskonstruksjonsoperasjoner på kontrakter hovedsakelig i Nordsjøen, men også i utland. Skipet er bygget i 2008 og ble levert med 5 hovedmaskiner og en mindre hjelpemotor til havneopphold. Alle maskinene har påkoblede generatorer som videre gir et diesel-elektrisk fremdriftssystem før skipet ble hybridisert i 2021. Før skipet ble hybridisert hadde det en fremdriftskonfigurasjon bestående av

- Fem forbrenningsmotorer påkoblet en generator hver
- En mindre forbrenningsmotor påkoblet en generator for teknisk- og hoteldrift i havn
- Fem elektromotorer for drift av propellere og sidepropeller
  - To voith-schneider-propellere, to sidepropellere og en azimut

Etter hybridiseringen har skipet alt som overnevnt, i tillegg til to batteripakker for lagring av strøm plassert i lasterommet under hoveddekk.

## 4.2 Innledende sammendrag til tabell

Vi har dannet tre hovedkategorier som ble lagt stort fokus på under hybridiseringsprosessen hos alle tre skipene. Kategoriene presenteres i en sammenfattet skjematisk presentasjon under. De tre hovedkategoriene lyder som følger:

- (1) *Insentiver og begrunnelse*
- (2) *Utfordringer*
- (3) *Økonomi og bærekraftighet*

Under alle hovedkategoriene finnes det underpunkt vi skal forklare mer om etterfølgende av tabellen. *Tallet* i tabellen under *lasteskip, passasjerskip og Subsea* i kategori (1) presenterer i hvor stor påvirkningsgrad det gjeldende temaet var for det gjeldene rederiet og skipet, hvor tall 1 har lavest og tall 3 har høyest påvirkningsgrad. *Tallet* i kategori (2) sier noe om graden av den aktuelle utfordringen hvor 1 har lavest utfordringsgrad og 3 har høyest. *Tallet* i kategori (3) presenterer graden av den aktuelle kostnaden eller støtten hvor 1 har lavest grad og 3 har høyest grad.

Kategorier	Lasteskip	Passasjerskip	Subsea
<b>(1) Insentiver og begrunnelse</b>			
Redusere dieselforbruk og skadelige substanser til luft	3	1	2
Vedlikeholds-besparelse	2	2	3
Høyere redundans	1	1	3
Konkurransedyktighet og modernisering	2	3	3
Høyere fleksibilitet	2	2	1
<b>(2) Utfordringer</b>			
Plass og vekt	3	3	1
Ny til gammel programvare	1	3	1
Tidsbruk	3	3	1
Batterisikkerhet	3	3	3
Infrastruktur/landstrøm	3	2	1
<b>(3) Økonomi og bærekraftighet</b>			

Kostnad	3	3	1
Finansiering og støtte	3	3	2

Tabell 2 Selvstendig gradering for beslutning om hybridisering

### 4.3 Insentiver og begrunnelse

Som nevnt i teorikapittelet stilles det stadig strengere krav til skips utslipp for at man skal nå IMOs mål om en klimanøytral skipsfart innen 2050. For å nå disse målene må utslippene kuttes fra både allerede eksisterende skip og nybygg. For å finne ut årsaken til valget om hybridisering og hva de kan tjene på en slik ombygging har respondentene til hvert rederi fått spørsmålet:

«Hva er årsaken til ombyggingen?»

Ettersom intervjuene har hatt liten grad av struktur har oppfølgingsspørsmålene variert litt fra samtalens naturlige gang. Hovedspørsmålet ble stilt for å finne ut om de gjør det for å spare kostnader, tilfredsstille eksisterende eller fremtidige myndighetskrav eller om det gjøres for å gjøre skipet mer attraktivt på markedet. Nedenfor blir resultatene beskrevet for hver av punktene i **Feil! Fant ikke referansekilden..**

#### 4.3.1 Redusere dieselforbruk, CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> utslipp

Da vi stilte respondentene dette spørsmålet fikk vi varierende svar. Da alle rederiene opererer med tre forskjellige typer fartøy med forskjellige motiv var det varierende begrunnelser for valget om hybridisering. Det var i hovedsak bare lasteskipet som tok beslutningen om hybridisering på åpenbart grunnlag om å redusere dieselforbruket og derav klimagass utslippet. Som beskrevet i fartøysbeskrivelsen kommer det frem at skipet etter ombygging hadde fått installert en ny akselgenerator og batteripakke som førte til at de kan drive skipet mer effektivt under seiling på bakgrunn av høyere fleksibilitet av strømproduksjonen. Respondenten påpeker også at under hybridiseringen fikk skipet installert en universal landstrømtilkobling. Med dette trenger ikke skipet å drifte noen motorer under landopphold ved for eksempel laste- og losseoperasjoner. Om havnen kan tilby landstrøm fører dette til et betraktelig mindre dieselforbruk for teknisk- og hoteldrift av skipet. Etter ombygging har

fartøyet også erstattet den diesel-drevne cargo-handleren med en elektrisk cargo-handler.

Respondenten påpeker at dersom skipet kan ligge på landstrøm under laste- og losseoperasjoner vil de ha et redusert utslipp i NO<sub>x</sub> tilsvarende ca. 185.000 biler.

Dersom havnen ikke kunne tilby landstrøm kunne skipet dog utnytte batteripakken om bord for store deler av en laste- og losseoperasjon på forskjellige måter. Tankegangen er at skipet skal drifte en motor, for eksempel hovedmaskinen, til å produsere mer energi enn nødvendig for operasjonen. Overskuddsenergien vil lade batteriet til 80% full kapasitet som deretter gjør at hovedmaskinen kan stenges ned og operasjonen kan fortsette fullelektrisk frem til batteriet er tomt. Med dette vil maskinen ligge på optimal drift med belastning på 85-90%.

På spørsmålet om hvor mye skipet har redusert utslippene sine, svarte respondente at det var for tidlig å komme med konkrete tall ettersom det er mange faktorer som virker inn på forbruket. Driftsdataen var på dette tidspunktet konfidensielt. Respondenten kunne derimot dele teoretiske beregninger på hvor mye de kunne redusere utslippene sine med.

På dieselforbruk og CO<sub>2</sub> mener respondente at 15-20% reduksjon er høyst sannsynlig. NO<sub>x</sub> utslippene kan reduseres med 90-95%.

Passasjerskipet og subseafartøyet kunne imidlertid også konstatere signifikante fordeler ved hybridiseringen med tanke på dieselforbruk og klimagassutslipp, men det var dog ikke den hovedsakelige grunnen til at disse rederiene valgte å hybridisere skipene.

Passasjerskipet var under intervjuet fortsatt under hybridisering og hadde på dette tidspunktet ikke påkoblet diesel- og effektmålingssystemet. De hadde derfor ikke reelle målingsdata de kunne dele, men kunne dog anslå en besparelse på 50% i diesel som går 1:1 med utslipp av CO<sub>2</sub>. Respondenten til passasjerskipet påpeker også som respondente til lasteskipet, en mye renere forbrenning i maskinene grunnet en mer konstant optimal belastning.

Respondente til subsea-fartøyet konstaterer at det var vanskelig å anslå hvor mye dieselbesparelse det i realiteten var, på grunn av den korte tidsrammen mellom hybridiseringen og intervjuet. Respondente sier at dieselmålinger må foretas over et lenger perspektiv, gjerne ett år, for å kunne få en nøyaktig måling. Med å hybridisere fartøyet kunne



dog teoretiske beregninger anslå et dieselkutt opp mot 20% når skipet ligger i DP-modus, dette så mannskapet også i realiteten.

#### 4.3.2 Vedlikeholds-besparelse

Under intervjuene med respondentene kom det klart frem en særdeles stor vedlikeholds-besparelse på forbrenningsmotorene. Etter skipene har installert batteripakke om bord medfører dette en langt høyere fleksibilitet i hvordan maskinsystemet kan benyttes for å optimalisere hybridsystemkonfigurasjonen. Fleksibiliteten gjør at skipene kan spare driftstimer på maskinene som igjen medfører en signifikant besparelse i servicekostnader på maskineriet.

Under intervjuet med respondenten til subseafartøyet snakket vi særdeles mye om servicekostnader. Skipet er som i fartøybeskrivelsen utstyrt med fem hovedmaskiner fra Caterpillar som produserer strøm til skipets elektriske forbruk i form av fremdrift, teknisk- og hotelldrif. Om skipet er på kontrakt, går en eller flere av disse maskinene 24 timer i døgnet syv dager i uken. Etter installering av batteripakken om bord i fartøyet medfører dette som nevnt en høyere fleksibilitet i driften av maskineriet. Skipet kan nå driftes av maskin på optimal belastning pluss batteri i stedet for to maskiner på redusert belastning. Dette sparer maskineriet for betydelige driftstimer som derav gir høy økonomisk gevinst for rederiet. En maskintopp-service på typen forbrenningsmaskin som subseafartøyet har installert koster rundt 1,3 millioner kroner. Skal maskinen ha en såkalt «major-overhaul» hvor maskinen blir demontert for overhaling og montert igjen, koster dette cirka 2,6 millioner kroner pluss ekstradelere. I tillegg er det store besparelser å hente på for eksempel smøreolje og diverse slitedeler til forbrenningsmaskinene.

Respondenten til subseafartøyet kan imidlertid fortelle at det ikke kommer til å påløpe ekstra vedlikehold og dermed kostnad med å ha batteripakke og tilhørende komponenter om bord. Det sies dog i intervjuet med respondenten at batteripakker om bord på skip er i dag relativt ny teknologi og hvordan batteripakkene kommer til å håndtere flere år med kontinuerlig drift vil tiden vise.

Hos lasteskipet og passasjerskipet er prinsippet det samme som hos subseafartøyet. Det er dog ikke kjent hva det koster for vedlikehold på deres maskinutrustning. Det konstateres uansett at

rederiene vil se betraktelige økonomiske fordeler på sparte servicekostnader. Lasteskipet sparer økonomisk sett ikke bare på servicekostnadene til maskineri som er installert i skipet, men også på den elektriske cargo-handleren de har installert kontra den diesel-drevne cargohandleren. Dette på grunn av det blir mindre vedlikehold og dieselforbruk over tid.

#### 4.3.3 Høyere redundans

I forbindelse med hybridiseringen av skipene var redundans et tema som gikk igjen hos alle rederiene. I tilfellet en blackout om bord på skipene vil batteriet skape en sikkerhet i videre drift av kritiske skipssystemer, inkludert fremdrift og styringsevne til skipet. Dette gir mannskapet en økt mulighet til å løse en sikkerhetstruende situasjon med økt redundans i den daglige driften.

Spesielt for subseafartøyet har redundans en særdeles stor rolle, her har skipet mange vinninger med batteripakke. Når man er i en DP-sone, typisk 500 meter sone, foreligger det krav om at skipet skal ha åpen electronic bus link (EBL) for å skape høyere redundans i el-nettverket til skipet. Dette vil i praksis si at mannskapet splitter EL-tavlen med en elektronisk bryter slik at hvis en vesentlig komponent som for eksempel hovedmaskinen svikter på den ene siden, har fortsatt systemet redundans på den andre siden. For at skipet før skulle ha åpen EBL krevde det at minst to maskiner måtte være i drift, en maskin til hver side av EL-tavlen. Fartøyet kunne klart seg med en maskin på optimal drift uten splittet tavle fordi krevd strøm er lavere enn levert strøm. Dette medfører at maskinene ikke hadde tung nok belastning og dermed ikke lå på optimal drift. I tillegg slipper maskinene ut mer skadelige substanser til luft i form av NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub> kontra hvis fartøyet bare kunne driftet en maskin på optimal drift.

Med batteriet som godkjent redundans i DP-operasjonen tillater det fartøyet å drifte *bare en* maskin i tillegg til batteriet, naturligvis avhengig av meteorologiske og oseanografiske forhold. Da bruker man en hovedmaskin til den ene siden av den splittede tavlen, og batteriet til den andre siden. Maskinen(e) får dermed ligge på optimal drift (85%-90% belastning) og slipper ut mindre skadelige substanser til luft. Batteriet tiltrår når nødvendig, og lades kontinuerlig når maskinen(e) produserer mer strøm enn nødvendig for posisjonering og hotelldrift. Dette medfører igjen særdeles lavere driftstimer på maskinene, som tidligere nevnt svarer seg betraktelig på servicekostnader for rederiet.

#### 4.3.4 Konkurransedyktighet og modernisering

Økt konkurransedyktighet er noe som var svært ønsket hos alle rederiene. Dette var dermed en stor bidragsyter til beslutningen om å hybridisere fartøyene. Verdenssamfunnet er som nevnt i en løpende grønn utvikling. Under intervjuene nevnte hvert rederi at når de bygget om sørget de for at fremdriftssystemet fikk de oppgraderingene som trengs for å være rustet for mer teknologisk utvikling i fremtiden. Rederiene ville være et skritt frempå for å kunne lettere håndtere eventuelle endringer i regelverk og krav som måtte stilles av myndigheter og kunder.

Da vi stilte hovedspørsmålet til passasjerskipet: *Hva er årsaken til hybridiseringen?* Var modernisering og konkurransedyktighet den største medvirkeren til valget om hybridisering av fartøyet. Skipet er fra begynnelsen av 1980-tallet og hadde med dette mange utdaterte systemer om bord. Da skipet er et passasjerskip med fokus på opplæringsmiljø av nye sjøfolk, var rederiet svært opptatt av å være oppdatert med avanserte systemer slik at opplæringen ville bli mer relevant for dagens fartøy. Respondenten presiserte viktigheten i at hvis det skal være et grønt skifte i skipsfarten, trenger man personell som er godt nok opplært med god kompetanse i den innovative utviklingen som man finner om bord på skip i dag. Grunnlaget for hybridiseringen ble derfor tatt med et fokus på bedre opplæring av fremtidens sjøfolk.

Respondenten til passasjerskipet nevnte også at det finnes flere skip i Norge som driver opplæring av nye sjøfolk. Skipet er avhengig av at nye sjøfolk velger å ta utdanningen sin hos dem for videre drift av rederiet og bedriften. Rederiet var sikre på at en modernisering av fartøyet i form av hybridisering ville øke konkurransedyktigheten til fartøyet og dets motiv satt opp mot aktuelle konkurrenter.

Rederiet til subseafartøyet har hybridisert flere av sine skip, men vi konsentrerte oss om *ett skip* i intervjuet. Beslutningen til hybridisering av dette fartøyet ble tatt på eget initiativ av rederiet i samråd med innleier av skipet (charter). En stor medvirkning til ombygningen var i likhet med passasjerskipet at rederiet ville fremstå som mer moderniserte på markedet i håp om å stille sterkere i anbud på kontrakter. Vi snakket i denne forbindelse litt om jobbtilbyderne på kontraktmarkedet og deres syn på grønnere skipsfart. Rederiet har stor tro på å bli mer attraktive og konkurransedyktige i en budkamp på kontrakter med et mer klimanøytralt og oppdatert fremdriftssystem installert i skipene. Dette er fordi jobbtilbyderne følger den grønne utviklingen som skjer og ønsker gjerne et innovativt skip med lave utslipp

på deres kontrakter. Når en charter leier et skip er det i de fleste tilfeller chartrene eller kontraktgiver som betaler for dieselforbruket når skipet driftes på kontrakten. Hvis skipet bruker mindre drivstoff, tilsvarer dette mindre kostnader for charter/kontraktgiver.

Respondenten påpeker at dette kan gi høyere konkurransedyktighet mot et skip uten hybridssystemkonfigurasjon i en budrunde på kontrakter. Dette anser rederiet som en klar fordel med hybridiseringen.

#### 4.3.5 Høyere fleksibilitet

Som nevnt tidligere har alle skipene langt høyere fleksibilitet i bruken av maskineriet om bord på skipene etter hybridisering. Dette medfører en rekke fordeler som er beskrevet over. Dette viser igjen hos alle tre fartøyene.

Passasjerskipet er det eldste fartøyet i denne forskningsoppgaven, som nevnt i fartøybeskrivelsen hadde skipet før hybridisering to hovedmaskiner og tre hjelpemaskiner som produserte strøm til hotelldriften. Det gjenstår fortsatt mye testing og data- innsamling for passasjerskipet før mannskapet kan stadfeste hvordan de kan best mulig optimalisere fleksibiliteten av maskinutstyret for å oppnå best mulig økonomisk resultat og minst mulig utslipp. Under seiling før hybridisering ble i de fleste tilfeller bare en hovedmaskin og dermed en propell brukt til fremdrift, og en hjelpemotor til hotelldrift. Etter skipet har montert akselgenerator og batteripakke kan skipet nå seile med bare en maskin pluss batteri, men likevel drifte to propeller ved hjelp av PTI. Med hybridiseringen åpnes det flere dører for hvordan man velger å produsere- og bruke energi om bord i fartøyet kontra den tradisjonelle diesel-driften som var før ombygging.

Praksisen er den samme for lasteskipet som respondenter imidlertid påpeker helelektrisk drift i en begrenset periode som en stor fordel med hybridisering av fartøyet. Skipet har installert en batteripakke på en mega watt-time (MWh), i full forover vil skipet ha et forbruk på cirka to mega watt-timer. Dette vil i praksis bety at skipet kan driftes i 30 minutter helelektrisk.

Subsea-fartøyet har også en mulighet til hel-elektrisk drift i en begrenset periode på rundt 8-12 minutter avhengig av ytelsen og belastningen. De har en batteripakke på 2x 621 kilowatt-timer som tilsvarer totalt cirka 1,24MWh.

Den helelektriske driften danner som nevnt redundans, men kan også benyttes for utslippsfri seilas i områder med strenge krav og høye avgifter til utslipp.

#### 4.4 utfordringer

Når et rederi velger å hybridisere deler eller hele sin flåte medfølger det naturligvis en del forventede og uforventede utfordringer i prosessen. I denne hovedkategorien skal vi ta for oss utfordringene som de ulike skipene har støtt på under hybridiseringsprosessen og driften av skipet deretter.

##### 4.4.1 plass og vekt

På spørsmål om hvilke forventede utfordringer rederiene hadde sett for seg før ombygging kom det tydelig frem at tilgjengelighet av plass til de nye maskinromskomponentene og plasseringen av batteripakken var et problem hos lasteskipet og passasjerskipet. Subseafartøyet også, men i mindre grad.

Respondenten til lasteskipet påpeker at fartøyet befrakter en del vektsensitive laster der det skilles mellom kubikklaste og dødvektlaste. Det som menes med dødvekt er vekt som et skip kan bære. Skipet går på en kontrakt der de får betalt per tonn last de frakter. Med hybridiseringen medførte dette mye nytt utstyr skipet måtte installere om bord som utgjør en økning i skipets vekdeplasement, som dermed gir en redusert dødvekts-kapasitet i henhold til lastemerket. I intervjuet kom det frem at hybridiseringen har medført en vektøkning på 90 tonn, noe som medfører 90 tonn mindre dødvekts kapasitet. Mer om dette i 5.2.

Plass var også et problem for passasjerskipet. Som nevnt er dette det eldste skipet av de vi har intervjuet, og det kom frem at en stor utfordring var lite- eller mangel på plass sammen med kompleksiteten av å bytte ut så mange komponenter på en gang. Under ombygningen nevner respondenten at regelverkene som omfatter krav om blant annet plassering og ventilering for de nye maskinromskomponentene har vært i stadig forandring. Dette har medført at mekanikerne har måtte bygge om og finne andre løsninger på ting som i utgangspunktet var godkjent ved installering. Et typisk eksempel er ventilasjonen til batterirommet. Regelverket førte til at fartøyet som i utgangspunktet hadde en godkjent plan for ventilering måtte endre ventilasjonskonstruksjonen for å få utløpet til øverste dekk med riktige dimensjoner. Respondenten påpeker at dersom dette skulle blitt utført uten mannskapets lokale kjennskap

til skipet, måtte det blitt nødvendig å rive for å trekke ventilasjon gjennom to lugarer på to dekk. Med kompetansenivået til de involverte i ombygningen var de i stand til å finne gode alternative løsninger for ventilasjons- systemet i eksisterende ventilasjons kanaler. I tillegg brukte de gamle ventilasjonsrør om igjen for å unngå en stor ombygging av nytt ventilasjons- system.

For subseafartøyet var ikke plassen for de nye batteripakkene et stort problem, men heller plasseringen. Mannskapet og de teknisk ansvarlige ville helst ha batteripakken plassert på dekk av sikkerhetsmessige årsaker, med tanke på en eventuell batteribrann som er beskrevet i kapittel 2.4.2. Teorien var i utgangspunktet å ha batteripakken plassert i en container på dekk med en hurtigkobling til kran. På denne måten kunne bare fartøyet brukt den største kranen til å løfte den brennende batteripakken over bord for dumping som en løsning for batteribrann. Av diverse årsaker gikk ikke subseafartøyet for denne plasseringsløsningen av batteripakken. Hovedplanet på skipet var reservert for nyttelast, derfor kunne ikke containeren plasseres der. Ellers var det dårlig med plassløsning for en slik container på andre utvendige dekk. Batteripakken ble derfor plassert i en container i lasterommet hvor det var mer enn nok tilgjengelig plass.

#### 4.4.2 Ny til gammel programvare

Et moderne hybridfremdriftssystem i skipsskala er et avansert nettverk med mye programmering. Det er mange nye komponenter som skal settes inn for å få systemet til å arbeide som tiltenkt, med dette oppstår en problemstilling med å få de gamle maskinromskomponentene til å arbeide i lag med den nye teknologien.

Det er nettopp dette passasjerskipet har fått opplevd. Nærmest alle maskinromskomponenter, med noen unntak, har vært om bord siden skipet ble levert i 1982. Respondenten påpeker en stor innovativ utvikling i den maritime industrien i løpet av de siste 40 årene. Om bord på passasjerskipet ble det som tidligere nevnt byttet ut mye utstyr på en gang, som respondenten sier bygget de opp et *helt nytt* system da det gamle systemet var såpass utdatert. Det største problemet var å få det nye reguleringssystemet til å samarbeide med de gamle forbrenningsmotorene. Respondenten påpeker at ideelt sett burde de bare skiftet de gamle regulatorene på maskinen for å få systemet til å kommunisere problemfritt.

Respondenten til lasteskipet nevner også at det har skjedd mye i teknologiutviklingen siden skipet var nytt. Den største problemstillingen deres var imidlertid ikke samarbeidet mellom nye og gamle maskinromskomponenter, men heller å lære mannskapet de nye programmene og fremgangsmåtene/rutinene for å drifte skipet i hybridssystemkonfigurasjon. Respondenten sier at rederiets kapteiner er i den eldre alderen med lang fartstid på skip med gammelt utstyr, så å sette inn høyteknologisk moderne utstyr som kapteinene skal forholde seg til var ikke en enkel oppgave. Respondenten påpeker med dette en fin sammenligning hvor man skal prøve å lære sine besteforeldre med en ny datamaskin, det er ikke enkelt.

Subseafartøyet valgte å hybridisere skipet i samarbeid med samme produsent som har levert det originale maskinsystemet til fartøyet for å minimere sannsynligheten for tekniske problemer som de to andre rederiene har støtt på. Når skipet ble satt i drift igjen etter ombyggingen viste dette seg å være det riktige valget ettersom det var få problemer med programmet i ettertid.

#### 4.4.3 Tidsbruk

Tidsbruken av prosjektet tok hos to av tre rederier betraktelig mye lenger tid enn først antatt. Dette har medført til langt høyere økonomiske ulemper for rederiene, hovedsakelig i forhold til arbeidstimer.

Det fremkom tidlig i ombygningsprosessen at lasteskipets byggetegninger hadde stor unøyaktighet. De dårlige byggetegningene medførte at hybridiseringen ble mye mer kompleks enn forutsett og planlagt. Respondenten til lasteskipet nevnte at denne type skip tradisjonelt sett ikke er designet og bygget i Norge der man får nøyaktige og avanserte 3D modeller som man kan redigere etter ønske. Lasteskipets byggetegninger stemte ikke i forhold til virkeligheten på mål. Alle spanteavstander måtte kontrollmåles og tilpasses for å få plass til det nye maskinromsutstyret, noe som gjorde at ombyggingen tok betraktelig mye mer tid enn antatt på grunn av at rederiet stadig måtte flytte på komponenter i maskinrommet og vente på nye deler til nytt og allerede eksisterende utstyr. Ombyggingen tok plass midt i koronapandemien som heller ikke gagnet rederiet på et positivt vis. Pandemien medførte betraktelig mye lenger leveringstider på deler og komponenter som var nødvendige for ombyggingen.

Passasjerskipet hadde samme tidsutfordringer på lik linje med lasteskipet. De har brukt betraktelig mye lenger tid enn først antatt på hybridiseringsprosjektet. Skipet hadde dog en fast avtale med leverandøren og montøren for systemet, og har derfor ikke hatt store økonomiske tap på denne fronten, men heller i arbeidstimer internt hos rederiet – som videre har medført mye overtid og ekstravakter for mannskapet.

På subseafartøyet gikk hybridiseringen som forventet, og det tok cirka seks uker på verksted.

#### 4.4.4 Batterisikkerhet

Vi spurte alle respondentene om skipets og mannskapets sikkerhet blir truet av å sette inn en høyvoltbatteripakke i tilfellet det skulle oppstå en batteribrann. Som forklart i kapittel 2.4.2 vil det bli enormt vanskelig å slukke en batteribrann dersom det oppstår en *thermal runaway*.

Subseafartøyet har brukt mye tid og resurser på hvordan de skal angripe en eventuell batteribrann. Det er per i dag påbudt med to forskjellige og uavhengige slukkesystem i batterianlegget som subseafartøyet jobber med å få installert. Det finnes forskjellige slukkesystem som er aktuelle for fartøyet, respondenten nevner med dette Novec 1230. Dette er et miljøvennlig slukkesystem som i motsetning til et vanlig sprinkleranlegg ikke skader objektet som skal sikres. Respondenten til subseafartøyet forteller at slukkesystemet fjerner oksygenet i luften, skaper en kjølede effekt og slukker i teorien med dette brannen. Betingelsen for dette er at slukkesystemet blir utløst i riktig tid, nemlig før en *thermal runaway*. Om *thermal runaway* oppstår kan batteriet holde brannen gående i lang tid, selv nedsunket i vann. Selv etter slukking kan det også antenne igjen. Problemstillingen til et Novec 1230 slukkesystem er at ved utløsning så tømmes innholdet i slukkesystemet på under 10 sekunder, dermed har man ikke mer slukkestoff igjen etter anlegget først er utløst. På bakgrunn av denne problemstillingen forteller respondenten at andre rederi som har batteripakke om bord har installert hi-fog slukkesystem. Dette er et slukkesystem som benytter seg av vann som settes ut gjennom dyser under høyt trykk, med dette dannes en fin vanntåke. Vann-tåken har som ett av tre mål å kjøle varmeutviklingen og/eller brannen. Vann absorberer mer varme enn noe annet slukkemiddel når det fordampes, nemlig mer enn to mega joule (MJ) per kilogram (kg) (Sprinklerpartner, u.å). Dermed blir hi-fog et suverent verktøy for å redusere en eksoterm kjemisk reaksjonsprosess i battericellene for å forhindre en *thermal runaway*.



#### 4.4.5 Infrastruktur og landstrøm

Tilrettelagt landstrøm er et stort tema for å gi de hybridiserte fartøyene økonomisk og klimanøytral gevinst. I stedet for at fartøyene skal bruke egne generatorer til drifte skipet, kan fartøyene få stor fordel av å benytte seg av landstrøm til opplading av batterier og hotelldrift under landligge. For at dette skal fungere er infrastrukturen nødt til å være tilstrekkelig. Dette skaper utfordringer.

Lasteskipet har møtt og møter stadig på problemet at det er dårlig infrastruktur for lademuligheter i havnene skipet anløper. Det hender at havnene har landstrøm, men tilkoblingspunktet ligger i en såpass stor avstand fra skipet at det teknisk sett ikke er mulig å koble seg på. Et annet problem er når landstrømsanleggene ikke er satt opp i henhold til en standard, altså at energien, kabel og tilkobling ikke er standardisert. Hvis dette er tilfellet er lasteskipet avhengig av at det kommer et elektroselskap for å koble skipet til tavlen på land. Landoppholdene til skipet er alt fra seks til 18 timer, avhengig av effektivitet. Respondenten mener at det ikke svarer seg å vente på elektroselskap for at dem skal koble skipet på landstrøm. Infrastrukturen er dermed ifølge respondenten til lasteskipet et *stort* problem som regjeringen må ta fatt i. Det har hendt flere ganger at fartøyet har anløpt havner med stort fokus på å få ned de lokale utslippene sine for å nå bærekrafts-mål, men ikke har hatt tilrettelagt et ordentlig landstrømsanlegg. Respondenten påpeker at de mer enn gjerne vil koble på landstrøm dersom havnene kan tilby det for å kunne drive hele laste- eller losseoperasjonen utslippsfritt. Samtidig får de ladet batteripakken til full kapasitet for videre økonomisk og klimanøytral gevinst under seiling.

For subseafartøyet er praksisen annerledes. De har montert standard tilkobling og har i nærmest alle havner de anløper blitt tilbudt landstrøm etter standard. Eneste «utfordringen» skipet står ovenfor er et for kort landligge for at det skal gi stor gevinst. Skipet opererer normalt 14 dager pluss minus en til to dager i rom sjø. Deretter går fartøyet til land for mannskapsskifter, proviantering, bunkring, mobilisering av offshoreutstyr og lignende. De blir da liggende i fire til åtte timer (noen ganger lenger) avhengig av hva som skal gjøres under landligge før skipet går ut igjen i 14 dager. Landoppholdet blir altså for kort til at det skal utgi stor gevinst. Respondenten til fartøyet sier dog at de kobler på landstrøm der de kan. Det medvirker i det minste til reduksjon i lokale klimagassutslipp i tillegg til at skipet får delvis oppladede batterier.

Passasjerskipet hadde på intervju tidspunktet ikke montert standard tilkobling, men har planlagt montering av dette i nær fremtid. Imidlertid har de ikke benyttet seg av landstrøm på grunn av kompleksiteten av tilkoblingen, samtidig som det vanligvis er korte kai opphold. På grunn av at de ikke har standard tilkobling, må de koble ledninger rett på el-skinne i el-skapet på land. Dette har ikke blitt mye praktisert i fremmedhavner, men skipet er tilkoblet landstrøm når det befinner seg i sin hjemhavn.

## 4.5 Økonomi og støtteordninger

Når bachelorgruppen satte seg sammen for å belyse ulike problemstillinger og årsaker til at rederier velger å hybridisere eksisterende fartøy oppdaget vi at det var en kostbar prosess. Dette førte til at vi laget spørsmål i intervjuguiden om de økonomiske aspektene ved en slik hybridisering.

### 4.5.1 Kostnader

Intervjuene startet med det samme spørsmålet hos alle intervjuobjektene når vi skulle avdekke hvordan det økonomiske var ved en slik ombygging. Alle ble stilt spørsmålet:

*«Var kostnadene ved hybridiseringen som forventet, eller var den mer eller mindre kostbar enn det dere hadde regnet med»*

Her svarte både lasteskipet og passasjerskipet at ombyggingen hadde blitt mye dyrere enn de hadde forventet. Dette mente de var i hovedsak et resultat av kompleksiteten med ombygging der det skulle lages plass til nye komponenter, og gammelt skulle passe opp til nytt. Som vist i 4.4 hadde både lasteskipet og passasjerskipet vesentlig flere utfordringer under ombyggingen, noe som også har ført til at kostnadene har økt betraktelig.

Respondenten til lasteskipet drar frem utfordringen med dårlige konstruksjonstegninger og feil mål som en stor årsak til at hybridiseringen ble dyrere. Dette var et resultat av at de måtte bruke mye tid og penger på å kontrollmåle og rette opp avstander for å få maskinromskomponenter til å passe. Respondenten til frakteskipet påpeker at dette med kostnader ikke har et helt klart svar. Respondenten forklarer at dersom vi ser på hybridiseringen isolert sett hadde det nesten vært en økonomisk katastrofe ettersom det ble så

dyrt. Isolert sett hadde det vært mye billigere å selge skipet, og bygge et helt nytt hybridskip. Dette er grunnet at hybridteknologien kommer som en tilleggs kostnad på 2.5 til 3 millioner euro, mens ved en ombygging av et eldre skip kan man regne to til tre ganger prisen (5 til 9 millioner euro). Dersom de velger å se på det store bildet blir det litt annerledes.

Respondenten utdyper at de ønsker å satse på grønnere nybygg i fremtiden og at lærdommen av dette hybridiseringsprosjektet er kunnskap som er svært viktig å ta med i nybyggene.

Respondenten tilføyer: *«Hadde vi våget å starte et nybyggingsprogram dersom vi ikke hadde lært hva som fungerer og ikke? Det tror jeg ingen på kysten hadde våget».*

Når det kommer til passasjerskipet hadde de ingen problemer med dårlige tegninger som førte til ekstra kostnader. Representanten for passasjerskipet sier at den største kostnaden for deres del har ikke vært i direkte utgifter, men tallet på arbeidstimer de har lagt ned for å gjennomføre hybridiseringen. Dette kom av at det måtte trekkes enorme mengder med nye kabler fra dekket der batteripakken og AC/DC tavla står, og opp til kontrollrommet og maskinrommet. En annen årsak til at hybridiseringen ble såpass kostbar var ettersom det måtte settes inn mange nye komponenter. I maskinrommet måtte begge girene på hovedmotorene byttes ut noe som kostet både tid og penger ettersom det var en omfattende jobb. Respondenten forklarte oss at store deler av tanktopp dekket måtte bygges om for å kunne plassere batteriene og transformatorene der, noe som også ble en stor utgift. Passasjerskipet fikk en fast pris på jobben med å hybridisere skipet ettersom leverandøren av utstyret var interessert i å finne ut hvordan deres systemer kunne brukes for å modernisere eldre skip. Denne fastprisen gjorde at det var leverandøren som måtte stå for de største uforberedte kostnadene. Da hybridiseringen ble mye dyrere enn begge parter hadde forventet fikk passasjerskipet litt mer i egenandel enn de hadde forventet, men respondenten påpeker at de er tilfreds med utfallet av den økonomiske situasjonen i forhold til hvordan det kunne ha endt.

Sammenlignet med frakteskipet har rederiet til passasjerskipet ingen planer om å bygge nye skip. Representanten for passasjerskipet sier at hovedgrunnen for å ikke bygge nytt er at det er alt for dyrt, pluss at det er ikke sikkert de hadde fått noe bedre skip. Passasjerskipet har som nevnt i 4.3.4 Redusere dieselforbruk, CO2 og som formål å drive med opplæring av sjøfolk. Respondenten mener at det er lettere å drive med opplæring på eldre maskiner der alt ikke er

dekket til med deksler som gjør det vanskelig å se på maskinromskomponentene hva som faktisk foregår.

Når det kommer til subseafartøyet uttalte respondenten at hybridiseringen hadde kostet som forventet. Sammenlignet med både passasjerskipet og fraktebåten måtte ikke subseafartøyet gjøre noen endringer i fremdriftssystemet da skipet allerede var diesel-elektrisk. Dermed reduseres kostnadene og kompleksiteten av en hybridisering i stor grad. Både lasteskipet og passasjerskipet uttalte i intervjuene at en stor medvirkning til høyere kostnad var på grunn av lengre tidsbruk. På spørsmålet om tidsbruk svarte respondenten for subseafartøyet at de hadde regnet med seks uker til hybridiseringen, og det var cirka dette de brukte.

#### 4.5.2 Støtteordninger

Som et oppfølgingsspørsmål til kostnadene ble det stilt følgende spørsmål til respondentene i undersøkelsen:

*«Har dere fått økonomisk støtte til å gjennomføre hybridiseringen. Hvis ja, fra hvor?»*

Samtlige av skipene svarte at de hadde mottatt en eller annen form for økonomisk støtte til å hybridisere skipet. Hvor de ulike skipene hadde fått sin støtte fra var ulikt fra skip til skip. Ingen av skipene ønsket å dele nøyaktige hvor mye de har fått, men alle poengterer at det var *«en betydelig sum»*.

- Lasteskipet hadde mottatt støtte fra NO<sub>x</sub>-fondet. I tillegg til denne støtten har de fått bedre lånebetingelser på skipet ettersom det bygges med *grønn profil*.
- Passasjerskipet fikk støtte fra både Enova og direkte fra staten.
- Subseafartøyet fikk støtte fra både Enova og NO<sub>x</sub>-fondet.

Som et avsluttende spørsmål på støtteordninger ble de spurt om de hadde gjennomført en hybridisering av skipet dersom de ikke hadde fått noe økonomisk støtte. Respondentene til lasteskipet og passasjerskipet er enige om at støtteordningen var avgjørende for hybridiseringen. Respondenten til lasteskipet uttalte at de aldri hadde gjennomført en hybridisering dersom de ikke hadde fått støtte. Han tilføyer videre at hybridiseringen av skipet har vært et stort økonomisk tap, og det hadde blitt enda verre dersom de ikke hadde fått noe

støtte. Dette sier respondenten for passasjerskipet seg enig i. Passasjerskipet seiler alt for lite til at det er en god økonomisk grunn for å bygge om skipet, ettersom de ikke vil klare å tjene det inn igjen i form av drivstoffbesparelser og servicekostnader. Respondenten tilføyer at det kan være lønnsomt for andre passasjerskip som seiler mer.

Når vi stiller spørsmålet til respondenten til subseafartøyet mener vedkommende at rederiet hadde gjennomført ombyggingen selv om de ikke hadde fått økonomisk støtte. Dette er mye grunnet de positive fordelene en batteripakke medfører som blant annet at skipet slipper å ha «spinning reserve». Respondenten uttaler at det absolutt er en gulrot å få støtte for noe de sannsynligvis ville ha gjort uansett.

## 5 Drøfting

Vi skal i dette kapittelet drøfte problemstillingen og komme med våre synspunkter samt sammenligne resultatet knyttet opp mot teorien i oppgaven.

### 5.1 Insentiver og begrunnelse

Årsakene til ombyggingen av de tre fartøyene i denne oppgaven har vist seg å være svært forskjellige. Det tyder på at et hybridiserings prosjekt av denne typen er svært avhengig av hvilken fartøystype og formål man opererer med. Det som er felles med alle skipene er at alle regner med å kutte ned på både dieselforbruk og utslipp ved hybridiseringen. Selv om ikke dette er en primær årsak til ombyggingen blant alle, så er det en fellesnevner. Lasteskipet betaler for egen diesel. Vi kan diskutere om lasteskipet ville foretatt en like omfattende ombygging hvis diesel ble betalt av kunde og ikke rederiet selv.

Passasjerskipet som man ser i kapittel 4.3.4, hadde ikke som hovedfokus å spare diesel. De hybridiserte fartøyet hovedsakelig på grunn av å kunne tilby mer moderne og konkurransedyktig opplæring for fremtidens sjøfolk. Dessuten har passasjerskipet relativt lite seiling i løpet av et år. Da kan man også si at besparelsene ved mindre dieselforbruk er såpass små at det ikke lønner seg å hybridisere på det grunnlaget. Det er et bra prosjekt som ikke har som formål å tjene penger, men tilby god opplæring og konkurransedyktighet.

Når det gjelder subseafartøyet, er det vanlig at charter å betale for dieselen til fartøyene, slik at redusert forbruk ikke nødvendigvis påvirker rederiet så mye, men at charter sparer penger ved lavere forbruk. Det kan derfor tenkes at charter er interessert i et fartøy som bruker lite diesel når de skal kontraktere fartøyer av både miljøvennlige og økonomiske grunner.

Alle tre rederiene var enige om at de vil kunne redusere vedlikeholdskostnader ved å installere en batteripakke i fremdriftssystemet. Årsakene til dette stemmer godt overens med teorien i 2.2.1. Da alle fartøyene får mulighet til å kjøre sine dieselmotorer på en mer optimal belastning for å oppnå best mulig effekt i forhold til dieselforbruk. Subseafartøyet var mest opptatt av dette, fordi fordelene ved å bruke batteripakken som redundans under DP-operasjoner var av såpass stor betydning.

Subseafartøyet hadde størst fokus på redundans i hybridiseringen på grunn av DP-operasjoner. Det virket ikke som lasteskipet og passasjerskipet satte redundans som et stort insentiv for hybridiseringen. Dette er nok fordi de ikke sparer diesel ved å ha batteriet som redundans. Deres redundans er helst i form av at batteripakken kan få fartøyet ut av umiddelbar fare i tilfellet motorhavari. Det kan sies at selv om passasjerskipet og lasteskipet ikke har behov for redundans på samme måte som subseafartøyet er det en nød funksjon de kan ha stor nytte av. Alle skip kan oppleve blackout, og dette er noe som kan komme helt uforberedt. Vi mener redundansen med et batterianlegg om bord kan være med på å hindre uønskede hendelser som kollisjon og grunnstøting på bakgrunn av strømløst skip. I 2019 fikk cruiseskipet «*Viking Sky*» motorproblemer på vei over Hustadvika. Skipet fikk motorstans og mistet med dette all fremdrift og styringsevne, det begynte dermed å drive mot land i en fart lik 6-7 knop. Motorstansen skyldes at det var lite smøreoljetrykk på motorene. Under krenkning i tung sjø fikk sensorene til smøreoljenivået inntrykk av at det ikke var noe igjen på grunn av fri væskeoverflate i tanken (Accident Investigation Board Norway, 2019). Det finnes da et automatisk sikkerhetsvern etter en E0-standard for maskinsikkerhet som slår av forbrenningsmaskinene for å forhindre motorhavari (Johannessen, 2005, ss. 290-291). Her ser vi et eksempel på hvordan et batteri som redundans kunne avverget den sikkerhetstruende situasjonen. Dersom skipet hadde hatt en batteripakke kan det tenkes at de ikke ville mistet styringsevnen til fartøyet, og kunne seilt skipet til trygge rammer mens blackouten undersøkes.

Rederiet til passasjerskipet var opptatt av å være konkurransedyktige og moderne i forhold til opplæring av fremtidige sjøfolk. Dette grunnlaget overveier de økonomiske fordelene hybridiseringen medfører. Passasjerskipet vil høyst sannsynlig ikke tjene inn pengene som er brukt på ombyggingen i form av besparelse. Dette er fordi skipet seiler for lite til å forsvare kostnadene knyttet til ombyggingen. Det er lite tenkelig at passasjerskipet ville foretatt en slik ombygging hvis ikke det var for å tilrettelegge god opplæring, fordi det ble for dyrt.

Rederiet til lasteskipet har satset mye på hybridiseringen. De har flere kommende nybygg som er basert på det hybridiserte skipet og skal dermed ha lignende hybridfremdrift. Her får rederiet en klar fordel med alt de har lært av hybridiseringsprosessen som de kan ta med seg videre til nybyggene, selv om den økonomiske delen av hybridiseringen ikke gikk som planlagt. Dette kan være et smart langsiktig trekk, som kan spare rederiet for mange feil og

kostnader knyttet til bygging av de nye fartøyene. Lasteskipet har vært rederiets måte på å samle inn data og prøve ut teknologien på. Ved å gjøre dette kan det tenkes at rederiet bygger opp mye kunnskap om hva som fungerer, og hva som ikke fungerer. Dette vil gjøre at de har et overtak på kommende konkurrenter innenfor segmentet som begynner med hybridteknologi i årene som kommer. Rederiet var i tvil om de hadde våget å satse så mye på hybrid nybygg hvis de ikke hadde hatt den erfaringen med lasteskipet i denne oppgaven.

Det er, og vil nok fortsette å være deres «lille prøvekanin» videre i utviklingen av grønn teknologi i årene fremover. Ettersom den interne infrastrukturen nå er på plass for at skipet kan drives med elektrisitet er det bare fremtidens forskning som setter en stopper for hva som kan drive skipet.

## 5.2 utfordringer

Slik som beskrevet i kapittel 4.4, har fartøyene møtt på flere utfordringer med hybridiseringen. Noen utfordringer har vært en fellesnevner for alle, samtidig som noen utfordringer skiller seg ut for spesifikke fartøy. Det kan tenkes at når fartøyene ble bygget var ikke hybridisering i senere tid et tema. Det har skapt utfordringer i forhold til tilgjengelig plass i maskinrom til nye komponenter som skal installeres. Det kommer tydelig frem ved å se på Tabell 2 at både passasjerskipet og lasteskipet har hatt betraktelig større utfordringer med tanke på plass. Respondenten til lasteskipet forklarte at hybridiseringen av lasteskipet tilføyde 90 tonn ekstra vekt til fartøyet. Siden lasteskipet sin oppgave er å transportere mest mulig last er dette 90 tonn mindre last per tur de får med seg. Da kan vi ta en grov beregning hvor mye dette er i svinn over et år, hvis skipet kun går med last betalt pr. ton og ikke last betalt pr. kubikk. Respondenten ga oss en grov gjennomsnittspris på last ved 70kr/tonn, og informerte at skipet har ca. 90 turer i året.

$$(70kr/t \times 90t) \times 90 \text{ turer per år} = 567\,000 \text{ kr}$$

$$10 \text{ års periode} = 567\,000kr \times 10 = 5\,670\,000 \text{ kr}$$

Da vil det si nesten 600.000 kroner i året som lasteskipet kan gå glipp av ved en slik hybridisering. Disse tallene er svært unøyaktige da priser på laster varierer stadig og lasteskipet egentlig har flere laster som er pr. kubikk enn pr. tonn.



Subseafartøyet gjorde et smart valg i å hybridisere fartøyet i samarbeid med den originale leverandøren av maskinromskomponentene. Fartøyet har hatt lite utfordringer knyttet til samarbeidet med ny og gammel programvare, dette kan tenkes at er fordi det er samme utvikler av det nye som det gamle systemet. Dette har gitt rederiet klare fordeler da de slipper å bruke tid og resurser på å fikse opp i eventuelle feil. Passasjerskipet har dog hatt større problemer med å få ny og gammel programvare til å samarbeide som tiltenkt. Dette er ikke særdeles overaskende da det er 40 års mellomrom av de gamle og nye maskinromskomponentene. Respondenten nevner i kapittel 4.4.2 at den mest ideelle løsningen hadde vært og skiftet ut hele systemet når de først var i gang. Det kan tenkes at dette ville gitt langt mindre utfordringer med samarbeidet av nytt og gammelt utstyr og programvare.

Når det kommer til hvor lang tid hybridiseringen har tatt hos de enkelte skipene, ser vi at subseafartøyet skiller seg ut fra de andre. Her har ombyggingen tatt relativt kort tid og det gikk i utgangspunktet som planlagt. Dette er nok på grunn av hybridiseringen ikke er på samme kompleksnivå som de andre skipene. Lasteskipet og passasjerskipet har brukt lengre tid enn først antatt. Det kommer frem fra begge respondentene at kompleksiteten av prosjektene ble undervurdert, som er den store årsaken til lengre tidsbruk. Det er svært få slike ombygginger per dags dato, så det har nok vært vanskelig for rederiene å vite nøyaktig hvor lang tid ting vil ta. Man kan stille spørsmål ved om passasjerskipet og lasteskipet hadde brukt like lang tid dersom de skulle hybridisert et fartøy igjen. Når de først startet hybridiseringsprosessene, hadde de ikke mye erfaring rundt temaet. Det kan tenkes at rederiene ville klart og kortet ned på tidsbruken og dermed økonomiske utgifter på bakgrunn av bredere kompetansenivå etter første hybridisering.

Batterisikkerhet er noe alle fartøyene har vært opptatt av under prosjektet. Ved å sette inn litium-ion batteripakker i skipsskala introduserer dette en ny risiko. Oppstår det en brann i batteripakken om bord vil den være vanskelig å slukke ved en thermal runaway. Alle fartøy konkluderte med at hvis det oppstår brann er hovedprioriteten å evakuere fartøyet, samtidig prøve å utløse tilgjengelige slukkesystemer og kjøle ned batteriene. Det er relativt lite erfaringer om brann i litium-ion batterier på skip. Dette fører til usikkerheter tilknyttet en slik brann. Det kan tenkes at ved brann i batteripakken så kan det påvirke resten av strømmettet om bord, i verste fall forsake en kortslutning av hele strømmettet. Hvis dette skulle blitt tilfellet

ville subseafartøyet mistet muligheten til å dumpe batteriet over bord, hvis batteripakken ble plassert på dekk som opprinnelig tiltenkt. Vi har imidlertid drøftet et forslag til å ha en mulighet for dumping av batteriet selv under en blackout. Alternativet er å ha en løsning som benytter seg av enten en oljeakkumulator eller gravitasjon til å kvitte seg med batteripakken med hurtigutløser under nødtilfeller. Et eksempel kan være en lignende løsning som man har på livbåter og mann-over-bord båter som kan opereres ved strømløst skip slik at man ikke er avhengig av hverken strøm eller kran. Man er dog avhengig av å ha batteripakken plassert nær skutesiden i åpent rom.

Alle rederiene har snakket om landstrøm, og utfra Tabell 2 ser man at lasteskipet har hatt størst utfordringer rundt temaet. Lasteskipet er ofte på kaianlegg som er avsides liggende og har manglende landstrømsanlegg. Hadde kaiene hatt landstrømsanlegg ville lasteskipet kunne utført laste- og losseoperasjoner nærmest utslippsfritt. Landstrøm er stadig under ekspansjon og utvikling, men det vil ta tid før det blir mer utbredt. Mange fartøy velger å tilrettelegge seg for å kunne ta i bruk landstrøm, men mange havner og kaianlegg mangler fortsatt en standardisert infrastruktur. På subsea- og passasjer skipene var ikke dette like stort problem.

På offshorbaser er det tydelig at landstrøm ikke er en utfordring. Passasjerskipet som går til større havner vil nok heller ikke støte på mye landstrømproblemer, så lenge de får montert en standardisert plugg om bord som passer overens med landstrømanlegget. Noen av kaianleggene lasteskipet anløper kan være steder med lite trafikk som kan gjøre det vanskelig å forsvare utbygging av landstrøm. En alternativ løsning på dette kan være en batteripakke på land som lades sakte over lengre tid. Denne batteripakken kan lasteskipet koble seg til og benytte som et landstrømsanlegg når de anløper kaien for laste- og losseoperasjoner. Det kan tenkes at denne løsningen ville vært et billigere alternativ kontra å legge opp et større landstrømsanlegg.

### 5.3 Økonomi og støtteordninger

I resultatet kommer det frem at det er svært kostbart å hybridisere et allerede eksisterende fartøy. Hvis fartøyene er utrustet med dieselelektrisk fremdrift som utgangspunkt ser vi at dette byr på mindre økonomiske utfordringer. Både lasteskipet og passasjerskipet måtte bygge om og installere langt flere komponenter enn subseafartøyet måtte grunnet de hadde mekanisk

drift fra før. Dette medførte blant annet høyere kostnader i både maskinromskomponenter og antall arbeidstimer da ombyggingen ble langt mer kompleks i og med skipene måtte bygge om fremdriftssystemet fra kun mekanisk- til elektrisk- og mekanisk fremdrift. Det er derfor tenkelig at andre skip som skal hybridiseres fra mekanisk fremdrift til mekanisk og elektrisk fremdrift at de vil oppleve det samme. Vi kan derfor spørre oss om det lønner seg for denne type skip å gjennomgå en slik hybridisering da risikoen for uforventede kostnader er ganske høy. I intervjuene kom det også frem at hybridteknologien kostet rundt tre ganger så mye ved ombygging sammenlignet med nybygg for denne type fartøyer. Det vil med andre ord si at man må betale mye mer for samme teknologi dersom man ønsker den i et allerede eksisterende skip, sammenlignet med et nybygg.

Som nevnt i teorikapittelet har staten dannet diverse støtteordninger til å hjelpe rederier til å bygge eller om bygge klimavennlige skip. Under intervjuene kom det frem at disse støtteordningene var helt avgjørende for både frakteskipet og passasjerskipet. Dette kan tenkes at var på grunn av kompleksiteten i ombyggingen for de sistnevnte fartøyene kontra subseafartøyets kompleksitet. Last- og passasjerskipet utalte at det hadde vært helt uaktuelt å gjennomføre hybridiseringen dersom de måtte tatt den økonomiske kostnaden fullstendig på egenhånd, ettersom det ble svært kostbart. Subseafartøyet mente at de kunne ha gjennomført ombyggingen uten støtte. Subseafartøyet konkurrerer i et marked der det lenge har vært fokus på grønnere løsninger. Batteripakker på denne type skip er nærmest blitt en standard, særlig i Nordsjøen. Om vi ser på Equinor stiller de krav til alle plattform-supply-vessels (PSV) som går på kontrakt for dem at de skal være utstyrt med batteripakke (Equinor, 2020). Det kan tenkes at dette er en trend flere kontraktgivere vil bli med på, ettersom de får et miljøpositivt omdømme. Det er heller ikke utenkelig at dette kravet utvides slik at det blir gjeldene for alle typer skip som skal på kontrakt for kontraktgiveren. Det kan derfor ses på hybridiseringen av subseafartøyet som svært nødvendig for å kunne opprettholde en god konkurransedyktighet i dagens kontraktmarked.

Enova har besluttet den 30. april 2021 (Enova, u.å b) å kutte den økonomiske støtten til PSV skip som skal installere batteripakke. Dette kan tenkes at er en beslutning som er tatt fordi kontraktgiverne til disse fartøyene nærmest krever at fartøyene skal være mer miljøvennlige med en eventuell batteripakke. Det betyr gjerne at rederiene vil bli mer fristet eller i verste fall tvunget til å hybridisere fartøyene for å opprettholde konkurransedyktigheten uavhengig av

støtten fra Enova. Vi tenker at det er billigere å hybridisere fartøyet uavhengig av økonomisk støtte, enn å ha fartøyet i opplag fordi det ikke får kontrakter.

## 6 Konklusjon

Gjennom forskningsoppgaven har vi besvart problemstillingen «*Hvilke insentiver driver et rederi til en hybridisering av sin flåte og hvilke utfordringer vil dette medføre?*» og har kommet frem til en konklusjon på bakgrunn av resultatene i kapittel 4 og drøftingen i kapittel 5. Vi kan herved presentere følgende funn og konklusjon:

### 6.1 Insentiver og begrunnelse

- Alle skip forventer å se en besparelse i forbruk og utslipp på bakgrunn av teoretiske beregninger.
- Alle skip benytter seg av fleksibiliteten hybridsystemet tilbyr for å kjøre motorer mer optimalt.
- Konkurransedyktighet er en stor årsak til at rederiene velger å hybridisere skipene.
- Rederiene er svært opptatt av å redusere sitt klimaavtrykk.
- Alle fartøyene vil få stor reduksjon i vedlikeholdskostnader med hybridsystem.
- Rederiene vil satse på grønn innovasjon for å bidra til utvikling av fremtidens miljøvennlige teknologi.

### 6.2 Utfordringer

- Eldre skip er svært kostbare og tidkrevende å hybridisere.
- Plass er en stor utfordring for eldre skip som skal hybridiseres.
- Infrastrukturen til landstrøm er lite utbygd for avsides kaianlegg med lite trafikk
- Kostnader knyttet hybridisering av dieselelektrisk system er langt rimeligere enn fra konvensjonell mekanisk drift.
- Batteripakke om bord fører til nye utfordringer knyttet til brannsikkerhet.
- Det har vært betydelig mindre utfordringer knyttet til ombyggingen for subseafartøyet enn de andre fartøyene på grunn av dieselelektrisk system.

### 6.3 Økonomi og støtteordninger

- Hybridiseringen til lasteskipet og passasjerskipet hadde ikke vært realistisk uten økonomisk støtte.
- Det er langt billigere å utruste et nybygg med hybridsystem, enn å hybridisere et eksisterende fartøy.

- Støtteordningene er effektive ordringer som bidrar til en grønn teknologiutvikling.
- Det lønner seg ikke økonomisk å hybridisere lasteskipet og passasjerskipet.

#### 6.4 Avsluttende konklusjon

Det konkluderes med at en hybridiseringsprosess for et allerede eksisterende fartøy er en svært krevende og kostbar prosess. Vi konkluderer med at en ombygning i denne skalaen vil kreve mye tid, planlegning og økonomiske ressurser.

Forskningen til vår bachelorgruppe kan også sies å samsvare med tidligere forskning, dersom de teoretiske beregningene for dieselforbruk rederiene har gitt oss stemmer overens med realiteten. Dette er dog ikke noe vi kan hverken bekrefte eller avkrefte grunnet enten de korte tidsrammene mellom intervjuet og hybridiseringen, eller på grunn av konfidensialitet.

Slik vi oppfatter det er alle rederiene svært positive til å gå over til mer miljøvennlig teknologi, og jobber aktivt med å bidra med sin del av det grønne skiftet. Incentivene og begrunnelsene til å foreta en slik ombygging har vært noe forskjellige, men en fellesnevner er at det vil føre til en besparelse i både forbruk og utslipp.

Vi har konkludert med at det ikke lønner seg økonomisk å bygge om skip som har mekanisk fremdrift. Dette fordi disse skipene er såpass kompliserte og omfattende å bygge om, at det lønner seg heller å sette inn teknologien ved bygging av nye fartøy. For skip som benytter seg av dieselelektrisk fremdrift har vi konkludert med at det er en fornuftig ombygging som kan være lønnsom. Dette fordi at dieselelektrisk system er mer tilrettelagt for å kunne håndtere overgangen til batterihybrid.

Viktigheten av støtteordningene nevnt i oppgaven er også en stor pådriver for slike prosjekter, da det kommer frem hos alle rederiene at det ville vært vanskelig eller ikke gjennomførbart uten den økonomiske støtten. Dette indikerer at slike støtteordninger er svært viktige for å kunne utvikle ny og grønn teknologi.

Resultatet i dette forskningsprosjektet er på ingen måte en fasit da utfordringene og resultatene kan variere ut fra utvalget og de enkelte skipene som inngår i utvalget. Vi vil anbefale å gjøre videre forskning innenfor temaet.

## 7 Forslag til videre forskning

Dette forskningsprosjektet har basert seg på et relativt lite utvalg av skip som har gjennomgått hybridisering. Vi vil derfor anbefale å gjøre prosjektet i en større skala som tar for seg flere skip innenfor samme segment. Da kan man forske på hvor store kostnad- og drivstoffbesparelser de får ved å gjennomgå en hybridisering. Alle skipene som har deltatt i denne forskningen er såpass nylig hybridisert at man enda ikke ser de store besparelsene. Dette er data som samles inn over flere år slik at man får ulike trender ut fra vind- og sjøforhold. Vi vil derfor foreslå å gjøre et forskningsprosjekt med de samme skipene om en del år for å se på forbruk og utslippsdata. Da kan man fastslå ved hjelp av tall og statistikk hvor stort utbytte rederiene i realiteten har fått i etterkant av hybridiseringen.

Under intervjuet med respondenten til lasteskipet snakket vi om dårlige infrastruktur for landstrøm. Som en løsning på problemet foreslo respondenten en batteripakke som sto på land som ble ladet over lang tid, slik at det ikke ble store belastninger på det lokale strømmettet. Denne batteripakken kunne skipet koble seg til og benytte under landligge. Dette er en problemstilling som mange skip over hele verden kommer til å møte på, ettersom det grønne skiftet er avhengig av landstrøm for å få ned utslipp. Vi vil derfor foreslå å foreta en undersøkelse på om dette kan være et alternativ for havner det ikke er tilstrekkelig infrastruktur, og om det finnes andre bedre løsninger der ute som kan løse problemet.

## 8 Litteraturliste

- Accident Investigation Board Norway. (2019). *Interim report 12 november 2019 on the investigation into the loss of propulsion and near grounding of Viking Sky, 23 march 2019*. Lillestrøm: Accident Investigation Board Norway.
- Bray, C. D. (2020). DP Opreator's Handbook. I C. G. Captain John Daniels, *DP Opreator's Handbook* (s. 23). London: The Nautical Institute.
- Brunvoll. (u.å). *Hybrid CCP Propulsion Systems*. Hentet fra Webomåde for Brunvoll: <https://www.brunvoll.no/products/hybrid-propulsion-cpp-configurations>
- Castonguay, J. (u.d.). *International Shipping: Globalization In Crisis*. North Salem, NY: Vision Project.
- Danskebank. (u.å). *Bærekraftig finansiering*. Hentet fra Danskebank: <https://danskebank.no/nyheter/tips-og-raad-til-din-bedrift/baerekraftig-finansiering>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2021). *DSB*. Hentet fra Risikovurdering og håndtering av brann i Litium-ion batterier: [https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieill/veiledere/risikovurdering\\_og\\_haandtering\\_av\\_brann\\_i\\_litium-ion\\_batterier.pdf](https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieill/veiledere/risikovurdering_og_haandtering_av_brann_i_litium-ion_batterier.pdf)
- DNV-GL. (2015). *The future is hybrid - A guide to use of batteries in shipping*. Hentet fra DNV-GL: <https://www.dnvgl.com/maritime/publications/future-is-hybrid-download.html>
- Emblemsvåg, J. (2021, Juli 8). *Er batteriet fremtiden i det norske kraftsystemet?* Hentet fra Energi & Natur: <https://energiognatur.no/er-batterier-fremtiden-i-det-norske-kraftsystemet/>
- Enova . (2020, November 3). *Presse*. Hentet fra Enova: [https://presse.enova.no/pressreleases/naa-bli-det-lettere-aa-faa-stoette-til-elektriske-fartoy-3047490?\\_ga=2.127615941.91498479.1645791313-1738707156.1631024109](https://presse.enova.no/pressreleases/naa-bli-det-lettere-aa-faa-stoette-til-elektriske-fartoy-3047490?_ga=2.127615941.91498479.1645791313-1738707156.1631024109)
- Enova. (u.å a). *Om organisasjonen*. Hentet fra Enova: <https://www.enova.no/om-enova/om-organisasjonen/>
- Enova. (u.å b). *Enova justerer støttesatsene knyttet til sjøtransport*. Hentet fra Enova: <https://www.enova.no/bedrift/sjotransport/aktuelt/enova-justerer-stottesatsene-knyttet-til-sjotransport/>



- Equinor. (2020, Januar 23). *webområde for Equinor*. Hentet fra The world's first carbon-free ammonia-fuelled supply vessel on the drawing board:  
<https://www.equinor.com/news/archive/2020-01-23-viking-energy>
- FN. (2020, 12 22). *Parisavtalen*. Hentet fra FN-sambandet: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>
- Folkehelseinstituttet. (2020, Oktober 12). *Nitrogen dioksid*. Hentet fra Folkehelseinstituttet:  
<https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/nitrogen dioksid2/>
- Grønt Skipsfartsprogram. (u.å). *Finansiering*. Hentet fra Grønt skipsfartsprogram:  
<https://grontskipsfartsprogram.no/flatefornyelse/for-finansiering/>
- International Maritime Organization. (2021). *Fourth IMO GHG Study 2020*. London: International Maritime Organization.
- International Maritime Organization. (u.d.). *Initial IMO GHG Strategy*. Hentet fra International Maritime Organization:  
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>
- Jacobsen, D. I. (2021). *Hvordan gjennomføre en undersøkelse: Innføring i samfunnsvitenskaplig metode*. Oslo: Cappelen Damm Akadisk.
- Jeong, B., Oguz, E., Wang, H., & Zhou, P. (2018). *Multi-criteria decision-making for marine propulsion: Hybrid, diesel electric and diesel mechanical systems from cost-environment-risk perspectives*. Glasgow: Elsevier Ltd.
- Johannessen, J. (2005). *Maskinlære og maskinromsystemer*. Oslo: Yrkeslitteratur AS.
- Josdal, A. (2019). *Evalueringsrapport, Brann i "MF Ytterøyningen" 10.10.2019*. Bergen : Kvinnherad brann og redning.
- Kongsberg. (u.å). *ELECTRICAL POWER SAVE LINE SYSTEM*. Hentet fra Kongsberg:  
<https://www.kongsberg.com/maritime/products/electrical-power-system/energy-products/electric-hybrid-propulsion/electrical-power-save-line-system/>
- Martinsen, L. (2021, Mars 4). *Hybrid*. Hentet fra Store norske leksikon: <https://snl.no/hybrid>
- Mo, O. (2019, Mars 12). *Hvorfor installere batterier på skip? (Mange produserer jo uansett all strøm fra egne dieselgeneratorer)*. Hentet fra SINTEFBlogg:  
<https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/hvorfor-installere-batterier-pa-skip/>
- NOx-fondet. (u.å a). *Om NOx-fondet*. Hentet fra NOx-fondet:  
<https://www.noxfondet.no/artikler/om-nox-fondet/>

NOx-fondet. (u.å b). *Hva er NOx?* Hentet fra NOx-fondet:

<https://www.noxfondet.no/artikler/hva-er-nox/>

Pedersen, B. (2018, August 29). *NOx*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/NOx>

SINTEF. (u.å). *Elektriske og hybride kraftsystemer for skip*. Hentet fra Webområde for

SINTEF: <https://www.sintef.no/ekspertise/sintef-energi/elektriske-og-hybride-kraftsystemer-for-skip/>

Sjøfartsdirektoratet. (2016, Mai 24). *Utslipp til luft*. Hentet fra Sjøfartsdirektoratet:

<https://www.sdir.no/sjofart/fartoy/miljo/forebygging-av-forurensning-fra-skip/utslipp-til-luft/>

Sprinklerpartner. (u.å). *Vanntåkeanlegg*. Hentet fra Sprinklerpartner fire protection system:

<http://www.sprinklerpartner.no/produkter/vanntakeanlegg>

SSB. (2021, November 3). *Statistisk sentralbyrå*. Hentet fra Utslipp til luft:

<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>

Wangensteen, B. (2005). Bokmålsordboka. I R. B. Wangensteen, *Bokmålsordboka:*

*Definisjons- og rettskrivingsbok* (ss. 336-337). Oslo: Kunnskapsforlaget.

Wartsila. (u.d.). *Blackout*. Hentet fra Wartsila Encyclopedia of Marine and Energy

Technology: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/blackout>

Wärtsilä. (u.d.). *Blackout*. Hentet fra Wärtsilä Encyclopedia of Marine and Energy

Technology: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/blackout>

Yara. (u.å). *Forbrenningsgassbehandling for NOx med Selective Catalytic Reduction*. Hentet

fra Yara: <https://www.yara.no/kjemiske-og-miljomessige-losninger/kontroll-av-nox-utslipp-i-industrien/scr-sncr-system-eller-sncr-scr-hybridsystem/scr-teknologi/>

## Vedlegg 1

Vil du delta i forskningsprosjektet:

### *Insentiver og utfordringer knyttet til hybridisering av skip?*

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt «*Insentiver og utfordringer knyttet til hybridisering av skip*». I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

#### **Formål**

Formålet med denne bacheloroppgaven er å kartlegge utfordringer og aspekter ved hybridisering av et allerede eksisterende fartøy. Vi vil kalle inn til et interju hvor vi vil spør om relevante spørsmål for å kunne besvare problemstillingen:

*«Hvilke insentiver driver et rederi til en hybridisering av sin flåte og hvilke utfordringer vil dette medføre?»*

Da skipet er bygget som *ikke-hybrid* skip er vi interessert i å finne ut av hovedårsakene som ledet til en beslutning om hybridisering. Er det lovverk tilknyttet til utslipp som forsaker beslutningen eller er det andre årsaker som besparelse av drivstoff og serviceutgifter?

I denne bacheloroppgaven vil vi også finne ut om det svarer seg for flere allerede eksisterende skip å bygges om til hybride løsninger for å redusere utslipp og forbruk.

#### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

Høyskolen på Vestlandet står som ansvarlige for forskningsprosjektet.

Forskningsprosjektet blir utført som et ledd av bachelorprogrammet i Nautikk på Høyskolen på Vestlandet av en bachelorgruppe bestående av tre personer.

#### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Vi ønsker at dere skal delta i dette forskningsprosjektet grunnet deres skip oppfyller våre kriterier for vår forskningsoppgave som omhandler eksisterende skip som bygges om til

hybriddrift. I den sammenheng kan vi kartlegge utfordringer med hybridisering av den type fartøy, og om utfordringene varierer fra rederi til rederi eller om de samme utfordringene ble møtt.

Hva innebærer det for deg å delta?

Ved å delta i dette forskningsprosjektet innebærer det for deg/dere å delta på intervju(er) som omhandler informasjon om hybridiseringen i tidsrommert før, under og etter slik at vi får innsikt i ombyggingsprosjektet og kan kartlegge viktig informasjon og utfordringer med slike hybridiseringer.

### **Informasjon om intervju:**

Intervjuene vil dreie seg om hvorfor dere ønsket å hybridisere skipet og de positive/negative aspekter dette har og vil medføre. Under intervjuet ønsker vi også å få et godt innblikk i hvordan det nye systemet fungerer samt hvordan det fungerte før ombyggingen. Innsamling av data vil i hovedsak bli innsamlet i intervjuet, men du/dere må være forberedt på at det kan komme spørsmål i ettertid som kan ta noe tid (maks 60 min). Intervjuet vil bli tatt opp og dataene vil bli lagret i.h.t NSDs retningslinjer for oppbevaring av forskningsdata.

### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis dere velger å delta, kan dere når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle deres personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for dere hvis dere ikke vil delta eller senere velger å trekke dere.

### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- *Kun følgende personer har tilgang til dataene dere deler: Bachelorgruppen bestående av Sigurd Bauge, Mathias Buch, Kristian Gjøvåg og bachelorgruppens veileder: Sveinung Erland*

- *Dersom det benyttes sensitive persondata vil disse anonymiseres med en kode som bare gruppens medlemmer kjenner til. Denne vil lagres utenfor datasystemer slik at koden ikke kan manipuleres/hackes.*

### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, noe som etter planen er

i mai måned 2022. Etter bacheloroppgaven er sendt inn og godkjent vil alle data som inneholder personsensitiv informasjon samt tekniske og operasjonelle data slettes.

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

*På oppdrag fra Høyskolen på Vestlandet har Personverntjenester vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.*

### **Deres rettigheter**

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til forskningsprosjektet, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Bachelorgruppens kontaktperson:  
**Mathias Buch.**  
Tlf.: 988 63 033  
Epost: [mathiaskbuch@gmail.com](mailto:mathiaskbuch@gmail.com)

- Bachelorgruppens veileder:

**Sveinung Erland**

*Tlf: 527 02 734*

*Epost. sveinung.erland@hvl.no*

- Vårt personvernombud:

**Trine Anikken Larsen**

*Tlf: 555 87 682,*

*Epost: Trine.Anikken.Larsen@hvl.no hos Høgskulen på Vestlandet*

Hvis du har spørsmål knyttet til Personverntjenester sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- **Personverntjenester** på epost: [personverntjenester@sikt.no](mailto:personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 53 21 15 00

Med vennlig hilsen

***Prosjektansvarlig***

Høgskolen på Vestlandet

***Studenter/Bachelorgruppen***

Sigurd Bauge

Mathias Buch

Kristian Gjøvåg

***Veileder***

Sveinung Erland

*Vedlegg: Samtykkeerklæring*

---

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *Utfordringer med hybridisering av eksisterende fartøy* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- Å delta i intervjuer angående prosjektet
- At rederi og fartøy kan bli gjenkjent gjennom data og informasjon som skrives om i forskningsoppgaven

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

## Vedlegg 2

### Temaliste for intervju (Intervjuguide)

#### Spørsmål til Intervju (utfordringer med hybridisering av eldre skip)

##### Bakgrunn/fakta

- Maskinutrustning før ombygging
- Maskinutrustning etter ombygging
- Hvor lang tid har ombyggingen tatt
- Hvem og hvor har utført, involvering av rederi

##### Årsak

- Hva er årsaken til ombyggingen?
- Hva er de største fordelene med ombyggingen
  - Drivstoff besparelse?
  - Reduksjon i utslipp?
  - Mulighet til å benytte kraften på ulike måter etter ombygging kontra før?
  - Annet?

##### Utfordringer - Generelt

- Forventede utfordringer
- Uforventede utfordringer under ombygging
- Uforventede utfordringer i ettertid

##### Spesifikke utfordringer (forventede/uforventede, før/under/etter ombygging)

- Teknisk
  - Nytt utstyr
  - Selve ombyggingen
- Drift/operasjonelt
  - Varighet «innkjøringsfase»
  - Klarer en å utnytte ny funksjonalitet? Avhengig av mannskap?
  - Vedlikehold/deler tilgjengelige?



- Mannskap/kompetanse
  - Trenger mannskapet ny kunnskap/opplæring etter ombygging
  - Kreves nyansettelse?
  - Kreves mer/mindre ekstern innleie/service?
- Økonomisk/finansielt
  - Mer eller mindre enn forventet
  - Støtteordning/subsidier
  - Økonomisk tap av å ta båten ut av drift for ombygging
    - Vil dette tjenes inn igjen etter ombygging i form av drivstoffbesparelse
  - Tid: kortere/lengre enn planlagt