



Kunnskap for en bedre verden

# Bacheloroppgave

**«Alternative fremdriftsløsninger til PSV-fartøy for å nå  
utslippsmålene i 2030»**

Ålesund, 29.4.2022

# Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2022 i siste semester på studiet Shipping Management ved NTNU i Ålesund. Oppgaven er skrevet i forbindelse med at jeg har vært i praksis hos Fearnley Offshore Supply i Oslo. Jeg vil rette en stor takk til Espen Boger i Fearnley Offshore Supply som ga meg muligheten til praksis i bedriften.

# Sammendrag

I denne oppgaven har jeg gjennom den siste relevante litteraturen og kvalitative undersøkelser sett på hvilke alternative fremdriftssystemer redere har å velge mellom for å nå regjeringens ambisjon om å kutte utslippene med 50% fra 1990 nivå innen 2030. Jeg har evaluert de forskjellige løsningene og lagt særlig vekt på kostnader, sikkerhet, karbonavtrykk, logistikk og produksjon. Oppgaven begrenser seg til det norske PSV markedet, og løsningene blir vurdert etter deres mulighet for implementering her.

Oppgaven ser på hvilke løsninger som er modne for å bli tatt i bruk før 2030, og hvordan disse måler opp mot hverandre basert på økonomiske og miljømessige hensyn. Løsningene som blir evaluert i oppgaven er LNG, ammoniakk, hydrogen, ulike typer biodrivstoff inkludert metanol og etanol og batteripakker. Det blir også vurdert med tanke på tradisjonell motor, opp mot dual fuel eller brenselceller.

Mange av løsningene er fortsatt på prøvestadiet, og spesielt hydrogen krever en del testing og arbeid for å bli tatt i bruk i stor skala. Ammoniakk er noe nærmere og blir testet ut på PSV-er i ganske nær fremtid. Den er fortsatt ikke utbredt i kommersiell bruk, og blir sannsynligvis ikke en utbredt løsning før 2030.

De ulike biodrivstoffene kan tilby både kortsiktige og langsiktige løsninger som kutter klimagassutslippet. Problemet med disse drivstoffene er skalering, og hva en økt etterspørsel kan bety for prisen. Skaleringen av produksjonen kan gå på bekostning av miljøgevinsten da de mest miljøvennlige versjonene lages av søppel og andre restprodukter.

Om man skal nå målene innen 2030 krever det tiltak på nasjonalt hold som gjør det mer attraktivt å benytte biodrivstoff og plug-in hybrid. Samtidig kan ulike nullutslippsløsninger begynne å bli mer aktuelle om skalering fører til en reduksjon i drivstoffkostnader.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Begrepsforklaring</b> .....	<b>5</b>
<b>Innledning</b> .....	<b>6</b>
<i>Avgrensning</i> .....	6
<i>Bakgrunn</i> .....	6
<b>Teori</b> .....	<b>7</b>
<i>Introduksjon til PSV-Markedet</i> .....	7
<i>Introduksjon til fremdriftsløsninger</i> .....	8
<i>Introduksjon til utslippsmålene for 2030</i> .....	8
<i>De nye fremdriftsmetodene</i> .....	9
Tradisjonelle forbrenningsmotorer og aktuelle drivstoff .....	10
Alternative fremdriftsmetoder .....	11
LNG .....	11
Ammoniakk .....	13
Hydrogen .....	14
Andre drivstoff .....	15
Batteripakker .....	16
<b>Metode</b> .....	<b>18</b>
<i>Litteratursøk</i> .....	18
<i>Metode</i> .....	19
<i>Begreper og videre hensyn</i> .....	20
<b>Diskusjon</b> .....	<b>21</b>
<i>Alternativ</i> .....	21
<i>Barrierer</i> .....	25
<i>Tiltak</i> .....	26
<b>Oppsummering</b> .....	<b>28</b>
<i>Videre forskning</i> .....	28

<b>Bibliografi</b> .....	<b>29</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>31</b>

## Begrepsforklaring

- **PSV** – Platform Supply Vessel
- **EEXI** – Energy efficiency existing vessels index. Måler effektiviteten til fartøy basert på utslipp per tonnmiil kapasitet.
- **Tonnmil** – Dødvectskapasitet ganger nautiske mil.
- **LNG** – Liquefied natural gas, eller flytende naturgass er et alternativt drivstoff.
- **ICE** – Internal Combustion Engine, eller en tradisjonell forbrenningsmotor.
- **MGO** - Marin gassolje, drivstoffet brukes i dieselmotorer på skip.
- **MWh** - En megawatttime er 1000 kWh, som er måleenheten for energi.
- **MDO** – Marin dieselolje.
- **CO<sub>2</sub>** - Består av et karbonatom og to oksygenatomer, og er en av de mest vanlige klimagassene.
- **CH<sub>4</sub>** – Metan, en vanlig klimagass.
- **IMO** – International maritime organisation er FNs maritime organ og utformer lovverk som påvirker all sjøfart.
- **HFO** – Heavy Fuel Oil, tungolje.
- **VLSFO** – Very low sulfur fuel oil, et alternativ for bruk i områder med krav om lavere svovelutslipp.

# Innledning

## Avgrensning

Etter litt diskusjoner har jeg kommet frem til at denne oppgaven utelukkende skal snevres inn mot PSV'er på norsk sektor og utslippsmålene i 2030 som tema. De andre typene offshore-fartøy har andre seilingsmønster og krever dermed andre løsninger. Det ble også vurdert å ta utslippsmålene i 2050 som utgangspunkt, men det er så langt frem i tid at det ville blitt vanskeligere å trekke gode konklusjoner basert på det vi vet i dag. Blant de alternative fremdriftsløsningene har jeg begrenset meg til hydrogen, ammoniakk, biodrivstoff og LNG med batteripakke. Atomkraft vil ikke bli vurdert da det er uhensiktsmessig for PSV-er som har alt for lavt energibehov til å rettferdiggjøre en slik investering.

## Bakgrunn

Siden starten av tusenårsskiftet har utslipp fra skipsfarten stadig fått mer oppmerksomhet, og aktualiteten av temaet har eskalert kraftig de seneste årene. I dag går det ikke én dag uten at det snakkes om det «grønne skiftet», og det virker som at aktørene i næringen er samstemte om at vi står midt i den største revolusjonen siden skipsfarten gikk fra seil til damp. Utgangspunktet for oppgaven er regjeringens mål om å halvere CO<sub>2</sub> utslipp fra innenriks sjøtransport innen 2030. I tillegg er IMO's målsetning å redusere CO<sub>2</sub> utslippene med 40% fra nivået i 2008. Det kommer stadig nyheter om andre mulige reguleringer både fra IMO, EU og nasjonalt nivå.

Tradisjonelt sett har PSV-er blitt driftet ved bruk av fossile drivstoff som Heavy Fuel Oil, Marine Diesel Oil eller Marine Gas Oil. Dette er som kjent lite miljøvennlig og har som tidligere nevnt skapt debatter rundt hvordan sektoren kan redusere utslipp for å nå regjeringens klimamål.

Det finnes en rekke utredninger om ulike drivstoff, bruken i maritim sektor og de ulike klimamålene. Denne oppgaven forsøker å være en oppsummering og diskusjon rundt dette sett gjennom PSV markedet i Norge. Dermed vil det bli lagt vekt på praktiske, økonomiske og logistiske så vel som miljø hensyn.

# Teori

I teoridelen vil den aktuelle teorien som blir brukt til diskusjonsdelen presentert slik at leseren skal få et innblikk i hva temaet omfatter. Temaene vil bli gått gjennom per kategori og vil bli diskutert videre i diskusjonsdelen av oppgaven.

## Introduksjon til PSV-Markedet

I Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet har vi store oljeforekomster med titalls utbygde fastinstallasjoner og utbredt leteaktivitet med flytende borerigger. Dette er innretninger som både huser og er arbeidsplassen til tusenvis av oljearbeidere som har behov for mat, ferskvann og andre dagligvarer. I forbindelse med produksjon og leting etter olje er det behov for et bredt spekter av forskjellig utstyr og råvarer som f.eks. borerør, reservedeler, mud, diesel og brine.

For å levere disse varene ut til installasjonene har vi forsyningsfartøy, heretter omtalt som PSV (Platform Supply Vessel). PSV'er er spesialtilpassete skip som skal kunne frakte et stort spekter av utstyr i enten container, som stykkgoods eller som bulk frem og tilbake mellom forsyningsbasene og installasjoner, og kjennetegnes med at de er svært allsidig og har et stort dekkareal.

Skipene kan videre klasseres etter dekkarealet om man ønsker ytterligere segmentering og skillet pleier ofte være på over eller under 850 kvadratmeter dekkareal.

Et typisk PSV-fartøy på norsk sektor har en lengde på 85 meter og en bredde 19 meter med et dødvekttonn (lastekapasitet) 4500 tonn. Derimot er det stor forskjell på spesifikasjonene mellom fartøyene, avhengig av hvilke klasser, fremdriftsmaskineri og utstyr de har. Når offshore rederiene skal slutte ut sine PSV'er til solide motparter på lengre kontrakter er de avhengig av at skipene har gode spesifikasjoner for å bli tildelt jobben. Blant de viktigste spesifikasjonene er dekkareal, fremdriftsmaskineri, lastekapasitet, FIFI, standby, oil rec og ice klassifikasjoner. I tillegg er det viktig at rederiet har en solid driftsorganisasjon og et kompetent mannskap med et godt opparbeidet rykte.

Blant rederiene med størst eksponering mot PSV'er har vi Solstad, DOF, Havila, Island, Østensjø, Eidesvik, Troms Offshore og Møkster. Disse rederiene er anerkjent som de med best tonnasje, har en solid driftsorganisasjon, og er mest ettertraktet hos de største befrakterne. De største PSV befrakterne på Norsk sektor er Equinor, Aker BP, Lundin, Conoco Phillips, Wintershall DEA og Vår Energi.

På grunn av makten oljeselskapene har i markedet grunnet deres størrelse kan de ofte stille store krav til spesifikasjonene til PSV-ene, og kan dermed være aktuelle drivere for det grønne skiftet.

### Introduksjon til fremdriftsløsninger

Siden den første Norske PSV'en «Sea Pearl» ble kontrahert for 50 år siden i 1971, har mye endret seg med hvilke fremdriftsløsninger som har blitt benyttet. PSV-er som ble kontrahert frem mot omkring år 2000 var utrustet med dieselmekanisk fremdrift, men siden har det blitt mer vanlig og etter hvert en selvfølge med dieselelektrisk fremdrift.

Forskjellen er at ved dieselmekanisk fremdrift har man to store hovedmotorer som er koblet direkte på propellene via to akslinger, mens ved dieselelektrisk fremdrift har man flere litt mindre maskiner som er koblet på en generator, som igjen produserer strøm til en elektromotor som driver hver sin propell. Fordelen med dieselelektrisk er at man kun trenger å kjøre like mange maskiner som det energibehovet skulle tilsi, i motsetning til dieselmekanisk hvor store hovedmotorer må kjøres selv ved lav fart eller standby. Grunnen til at det er mer optimalt å kjørre færre maskiner ved høyere kraft er at suboptimale motorhastigheter øker utslippet kraftig per kilowatttime. Utslipp av klimagasser øker også ved suboptimal forbrenning. (Lindstad & Sandaas, 2016)

Når det gjelder drivstoff til PSV'er har marine gas oil (MGO) vært mest utbredt, men har gradvis fått tøffere konkurranse fra LNG, batteri og etter hvert også ammoniakk og hydrogen. I miljødirektoratets rapport utarbeidet i forbindelse med prosjektet klimakur 2030 ble disse drivstoffene samt plug-in batterihybridisering vurdert som mulige alternativ. I tillegg ble biodrivstoff vurdert som et verktøy i reduksjon av utslippet. (Miljødirektoratet, 2020)

### Introduksjon til utslippsmålene for 2030

Det finnes en rekke ulike mål og reguleringer som er både planlagt og innført fra ulike styresmakter og organer med sikte på å nå lavere klimagassutslipp innen 2030.

Regjeringen har et generelt mål om å kutte utslippene av klimagasser med 50% fra 1990 nivå til 2030, og det er dette målet oppgaven baserer seg på. I tillegg kommer det en rekke mer



skipsspesifikke begrensninger på utslipp som gjerne sikter seg inn på mer internasjonal skipsfart.

Klimagasser måles her i CO<sub>2</sub> ekvivalenter, noe som betyr at de tyngre stoffene blir omregnet basert på hvilken grad av miljøpåvirking de har. Dermed kan man se på klimaavtrykket totalt sett istedenfor per enkelt klimagass. (Miljødirektoratet, 2019)

IMO har allerede innført EEXI som vil komme i effekt sent 2022. EEXI setter begrensninger på CO<sub>2</sub> utslipp per tonn mil kapasitet. (Dr. Craddock, 2021) I tillegg kommer det en regulering som kalles CII, eller Operational Carbon Intensity Indicators. CII måler CO<sub>2</sub> utslipp per dødvektstonn ganger nautiske mil seilt. CII måler dermed mer nøyaktig operasjonell effektivitet fordi den måler kapasitet mot faktisk avstand seilt, ikke mot kapasitet i seilingsavstand. CII vil være en ganske mye strengere skala og gir skipene en karakter fra A-F hvor D eller dårligere indikerer at noen tiltak må gjøres for å forbedre effektiviteten. (Arrow Shipbroking Group, April 2022) Begge disse utslippsmålene gjelder for skip over 5000GT, noe de fleste PSV-er vil falle innenfor. Disse er internasjonale reguleringer, men Norge har tradisjonelt sett vært rask med å ratifisere lover og reguleringer som kommer fra både IMO og EU.

Et spesielt hensyn som dukker opp er kravet at alle drivstoffene som skal brukes må overholde krav fra IMO, skipsikkerhetsloven og forurensningsloven. (Miljødirektoratet, 2020, p. 127)

## De nye fremdriftsmetodene

Det finnes en rekke ulike løsninger for å nå klimamålene, men denne oppgaven vil ta for seg fremdriftssystemer. Dermed vil det ikke bli fokusert på ulike løsninger som involverer effektivisering av operasjon, hydrodynamikk eller mer klimavennlig håndtering av utslipp. Denne delen av oppgaven vil ta for seg de aktuelle fremdriftsmetodene med deres tekniske detaljer og logistiske samt økonomiske utfordringer.

Det er to forskjellige typer motor som er aktuell for bruk om bord i PSVer, tradisjonelle forbrenningsmotorer eller drivstoffceller. I tillegg finnes tradisjonelle batteripakker, men de blir ofte vurdert til å være for plasskrevende til å være kommersielt aktuelle.

(Miljødirektoratet, 2020, p. 130)

## Tradisjonelle forbrenningsmotorer og aktuelle drivstoff

Tradisjonelle forbrenningsmotorer (ICE) er installert på de fleste skipene i drift langs norgeskysten i dag, og kan designes slik at de kan bruke ulike typer drivstoff. Dette innebærer også dual fuel motorer som kan bytte mellom gassdrevet (LNG) og flytende drivstoff som biodrivstoff eller diesel. (MAN, 2022)

Et mye omtalt alternativ er å benytte biodrivstoff. Her finnes det en rekke ulike alternativ for biodrivstoff og eksempel kan være straight vegetable oil (SVO) produsert av raps eller soya eller biodiesel av raps eller soya. (Gilbert, et al., 2018) Dette innebærer ganske få modifikasjoner for å få eksisterende skip til å redusere utslippet sitt da en oppgradering av eksisterende motorer ikke vil være særlig tid eller kostnads krevende. (Eide, et al., 2013) I tillegg kan en blend med opp mot 20% biodrivstoff benyttes uten endring i en rekke av motorene på skip som allerede er i vannet. (Moirangthem, 2016)

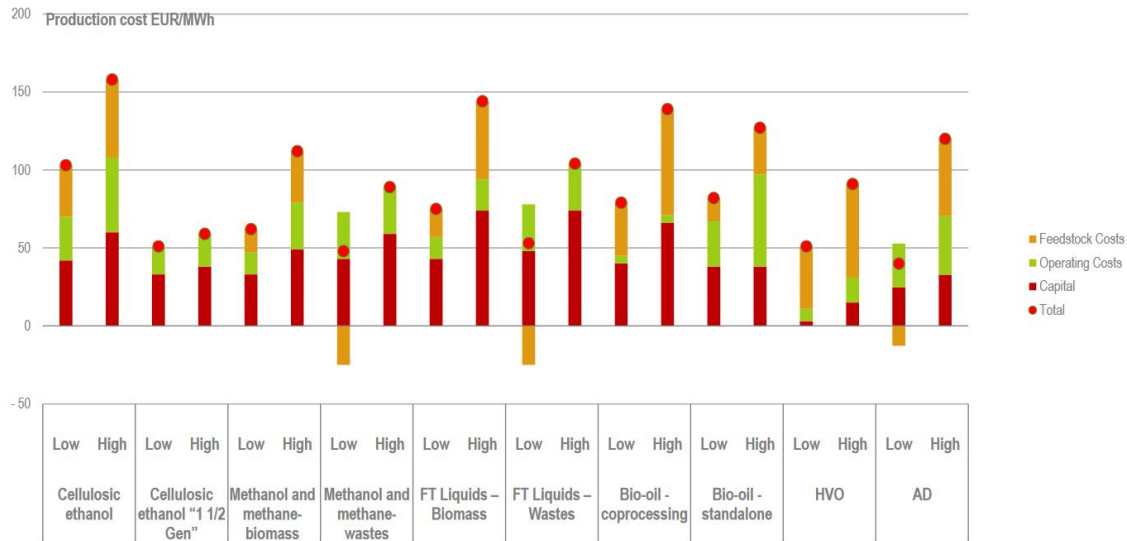
Biodrivstoff har et kostnadspotensial per megawatttime (MWH) som kan være sammenlignbart med dagens oljepriser. Dersom oljeprisen holder seg rundt eller over 110\$ per fat tilsvarer dette rundt 85-100 euro per MWH. Biodiesel priser i Europa har historisk sett vært på mellom 67 og 100 euro per MWH. (Brown, et al., 2020) Det finnes en risiko for at biodiesel blir et dyrt alternativ dersom bruken øker ettersom dagens produksjonsnivå ikke er høyt nok til å tilfredsstille et økt behov. Herunder ligger også et problem hvor landområder der man kan gro planter til biodrivstoff er konkurrerende med matproduksjon. (Moirangthem, 2016) Biodrivstoff som blir utvunnet fra rester, søppel og planter som ikke konkurrerer med matplanter er veldig klimanøytrale, men ikke like enkle eller effektive i store kvanta. (International Energy Agency, 2021)

Det er også mulig å utvinne biodrivstoff fra alger, men denne prosessen er ikke kommersielt lønnsom per dags dato. Dersom denne metoden blir mer utbredt har den mye potensiale da alger gror mye raskere enn vanlige planter og benytter ikke matjord. (Moirangthem, 2016) Biodrivstoff kan være avhengig av økonomiske insentiver for å være et aktuelt alternativ. (Eide, et al., 2013)

En mer avansert form for biodrivstoff kan være hydrotreated vegetable oil (HVO) som konverterer råmaterialer fra vegetabilsk olje eller animalsk fett til drivstoff ved bruk av hydrogen. Teknologien finnes allerede, men problemet er at man konkurrerer mot matproduksjon, samt at palmeolje som har vært hovedingrediensen har blitt mindre

akseptabel. Denne typen biodrivstoff kan nå 51-91 euro per megawatttime. (Brown, et al., 2020)

## Current cost estimates



IEA Bioenergy

www.ieabioenergy.com

Figur 1 - Kostnadsestimat for ulike typer biodrivstoff - [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41\\_CostReductionBiofuels-11\\_02\\_19-final.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41_CostReductionBiofuels-11_02_19-final.pdf)

Som man ser fra figuren over kan både etanol, metanol fra restmaterialer og HVO nå lave priser.

### Alternative fremdriftsmetoder

Biometan, metanol, etanol, naturgass og hydrogen kan brukes i alternative motorsystemer og gjerne i samspill med marine gas oil (MGO). (Moirangthem, 2016) Disse alternativene medfører større tilpasninger enn de først omtalte mulighetene, fordi det krever en annen type motor eller et dual fuel system. LNG, hydrogen og ammoniakk er de mest omtalte av disse.

### LNG

LNG er en av hoved løsningene som blir vurdert for shipping generelt i dag, og det bestilles LNG-drevne skip i stort antall. Det finnes allerede LNG-drevne PSV-er i operasjon langs norgeskysten, og disse kan vise til noe lavere utslipp enn tradisjonelle MDO drevne PSV-er. Rekordhøye LNG priser i 2021 har ført til spørsmål rundt hvorvidt LNG faktisk kan spille en rolle som et mellomsteg inn mot en fremtid med reduserte klimagassutslipp. (International Energy Agency, 2021) De høye LNG prisene den siste tiden har gjort at det blir dyrere enn både etanol, metanol, HFO og MGO. (Ellis & Tanneberger, 2015) LNG er allerede bredt

tilgjengelig som produkt, selv om bunkringsmulighetene fortsatt er begrenset. Et av de største problemene med LNG er at den ikke nødvendigvis tilbyr en nevneverdig reduksjon i drivhusgassutslipp sammenlignet med andre fossile brennstoff. Dette er hovedsakelig fordi den utslipper mindre CO<sub>2</sub>, men mer CH<sub>4</sub> sammenlignet med MDO. (Gilbert, et al., 2018) Bruken av LNG-drevne skip kan redusere utslipp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>. Det er en forventning om en reduksjon på om lag 12% CO<sub>2</sub> ekvivalenter sammenlignet med MGO frem mot 2030 (Miljødirektoratet, 2020, pp. 111,115) Andre studier viser at dual fuel LNG under høyt trykk og i kombinasjon med MGO kan redusere utslipp med 25-60% sammenlignet med MDO. (Lindstad & Sandaas, 2016) Denne undersøkelsen ble gjort spesifikt for OSV-er og forteller noe om hvordan det varierende energiforbruket gjør en dual fuel løsning mer hensiktsmessig.

Samtidig forblir det et stort problem at LNG må lagres ved -162C eller under trykk slik at det forblir flytende. Dette forblir et logistisk problem som gjør LNG mer utfordrende når det kommer til lagring og overføring under bunkring. (Ellis & Tanneberger, 2015, p. 25)

LNG nybygg koster omtrent 10-15% mer enn vanlige dieseldrevne skip. (Eide, et al., 2013)

Det finnes allerede 10 tankanlegg for LNG i Norge (Miljødirektoratet, 2020, p. 115)



Figur 2 - PSV Viking Lady som ble operert med LNG drivstoffcelle (Maritime CleanTech, 2022)

Det ble fra 2010 til 2018 testet ut bruken av en kombinert forbrenningsmotor og drivstoffcelle med LNG som drivstoff. Her ble PSV-en Viking Lady operert med dette systemet. (Maritime CleanTech, 2022) Det førte til større reduksjoner i utslipp enn tradisjonelle LNG system da drivstoffceller ikke forbrenner drivstoff på samme måte som en vanlig motor. Siden energi skapes gjennom en kjemisk reaksjon kan man redusere utslippet, spesielt av gasser som SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub>.

## Ammoniakk

Ammoniakk som energibærer har en større energitetthet enn batterier og hydrogen, og kan dermed være ett av de bedre rene alternativene da den også kan være uten klimagassutslipp i både produksjon og bruksfasen. (Miljødirektoratet, 2020, p. 114) Denne energitettheten er på høyde med metanol. Dette gjør ammoniakk mer aktuelt enn hydrogen som både har lavere energitetthet og større logistiske utfordringer. (Haskell, 2021) Grunnen til at ammoniakk kan være uten CO<sub>2</sub> utslipp er at det ikke finnes karbon i ammoniakk. Dermed kan det brennes i en forbrenningsmotor uten utslipp, så lenge ammoniakken er produsert uten utslipp. (Haskell, 2021)

Ammoniakk kan benyttes både direkte i en forbrenningsmotor eller i en brenselcelle for å lage elektrisitet. Det er i dag ikke kommersielt klare skipsmotorer for bruk av ammoniakk. (Miljødirektoratet, 2020, p. 111)

Ammoniakk er fortsatt i startfasen når det gjelder bruk i skipsfart, og prosjektet ShipFC skal teste bruk av ammoniakk om bord i skipet Viking Energy fra 2024, sammen med LNG.

(Miljødirektoratet, 2020, p. 114) Ammoniakk kan være dyrt å produsere samt at det kan ha stort energitap fra produksjon til bruk. (International Energy Agency, 2021, p. 224)

Ammoniakk produseres i dag i utbredt skala for bruk til gjødsling så produksjonsskalering kan være enklere enn for andre alternativer. (Miljødirektoratet, 2020, p. 114)

Når det kommer til logistikk, er ammoniakk giftig og krever kjøling ved lagring. Kjølingen som kreves er -33,4C. (National Center for Biotechnology Information, 2022) Ammoniakk er som sagt veldig giftig, noe som er kjent både blant havnemyndigheter og folk flest. Dette skaper en del utfordringer da ikke alle ønsker å behandle meget giftige stoffer. Sikkerheten til mannskapet er også en bekymring som krever mye innsats før ammoniakk kan brukes i utbredt skala. (Haskell, 2021)

Ammoniakk er i tillegg korrosivt, noe som betyr at man må bruke mer avanserte materialer i hele drivstoffsystemet. (Miljødirektoratet, 2020, p. 111)

## Hydrogen

Dersom hydrogen kunne bli brukt som forbrenningsdrivstoff i en tradisjonell forbrenningsmotor kunne det tilbydd ett av de beste alternativene. Dessverre finnes det ikke kommersielt tilgjengelige motorer av denne typen. (Moirangthem, 2016) Dermed blir alternativet å bruke hydrogen til drivstoffceller. Her bruker man elektrisitet til å splitte hydrogen fra vann ved elektrolyse. Dette kan også gjøres ved bruk av andre energikilder enn elektrisitet. (Miljødirektoratet, 2020, p. 113) Fordi hydrogen kan produseres ved bruk av elektrisitet er kravet om et utbygd distribusjonsnettverk fraværende, ettersom man kan produsere hydrogen lokalt ved havnene. Dette er kun mulig dersom det er tilgang på elektrisitet i stabile mengder. (DNV, 2019)

Hydrogen under trykk kan kreve drivstofftanker som er 10-15 ganger større enn for HFO. Flytende hydrogen krever temperaturer under  $-253^{\circ}\text{C}$  eller  $20\text{K}$  som gjør lagring svært komplisert. (Moirangthem, 2016) Det produseres ikke flytende hydrogen i Norge i dag og infrastrukturen krever store utbedringer dersom det skal kunne brukes til skipsfart. (Miljødirektoratet, 2020, p. 113) Mesteparten av hydrogen som blir produsert i dag blir også brukt lokalt, det er lite infrastruktur for transport og lagring av hydrogen. (International Energy Agency, 2021, p. 233) For skipsnæringen er det ingen tilgjengelig infrastruktur for lagring eller bunkring. (DNV, 2019) Hydrogen produsert ved elektrolyse er 2-5 ganger så dyrt som konvensjonelt drivstoff i dag, mens hydrogen fra naturgass er omtrent dobbelt så dyrt. Prisen for elektrolyse kan være en del lavere i Norge i perioder med lav strømpris. (DNV, 2019)

Bruken av hydrogen som drivstoffceller har en energieffektivitet på litt over 40% sammenlignet med batteri som har opp mot 90%. Dette kan ha negative effekter på klimaregnskapet dersom man henter elektrisitet fra andre kilder enn nullutslipp. (Moirangthem, 2016) Utslippene er veldig avhengig av hvordan hydrogenet produseres, da dette kan fra mange energikilder, alt fra kull til elektrisitet og biodrivstoff. (Miljødirektoratet, 2020) Fordelen med de varierte metodene man kan produsere hydrogen på gjør at det er veldig skalerbart, det er tilnærmet ubegrenset hvor mye man kan produsere. (DNV, 2019) Hydrogen som en drivstoffkilde er veldig avhengig av tiltak fra myndigheter for å rettferdiggjøre produksjon i de tidlige fasene. (International Energy Agency, 2021, p. 235) Det finnes et prosjekt for bruken av hydrogen til å drifte en PSV, men det er fortsatt på konseptstadiet. Det er ikke satt noen dato for når prosjektet vil være klart til å testes. (Maritime CleanTech, 2022)

## Andre drivstoff

Biometan kan utvinnes fra ulike typer biomasse gjennom spesialiserte prosesser, som for eksempel anaerob fordøyelse, og kan ha produksjonskostnader fra 40-120 euro per megawatttime. Den laveste prisen er avhengig av billig biomasse og er dermed vanskeligere å skalere til et nødvendig nivå. (Brown, et al., 2020, p. 18) Biometan blir også omtalt som bio-LNG og kan brukes på omtrent samme måte i en dual fuel motor. (Miljødirektoratet, 2020) Dette betyr at alle skip som i dag operer på LNG, samt de som er under bygging kan gå over på bio-LNG uten modifikasjoner, samt at det kan benyttes LNG dersom bio-LNG ikke er tilgjengelig. Bio-LNG er kanskje den sterkeste kandidaten når det kommer til reduksjon i drivhusgass utslipp. Mangelen på tilgjengelig billig gjenbruksbiomasse gjør det vanskelig å holde utslippet lavt dersom produksjonen skaleres. (Gilbert, et al., 2018)

Metanol og biometanol er alternativer utvunnet fra henholdsvis naturgass og glyserin.

Metanol kan også produseres fra kull, men naturlig nok med mindre klimagevinst. I tillegg kan man utvinne biometanol fra restprodukter man får i pulp og papirfabrikker.

(Moirangthem, 2016) Gidara Energy har nylig lagt planer for en moderne biometanol produksjon i Rotterdam, hvor de skal konvertere ikke-resirkulerbart avfall til metanol.

Planen er å produsere 90 000 tonn drivstoff per år og dermed redusere utslipp med 350 000 tonn CO2 ekvivalenter. (Bertzelotou, 2022)

Metanol er allerede i bruk som drivstoff i enkelte skip, men har en del problemer. Prisen er høyere enn LNG og metanol er giftig både ved kontakt med huden og ved inhalering. IMO har godkjent metanol for bruk på skip og det finnes en rekke reguleringer som tilsier hvordan dette kan behandles trygt. (Moirangthem, 2016) Maersk har også en bestilling på 8 metanol-drevne containerskip som skal leveres i 2024. (International Energy Agency, 2021) Det er også seks norske kjemikalieskip som benytter metanol som drivstoff. (Miljødirektoratet, 2020, p. 117) Metanol kan også utvinnes i geotermiske kraftverk, noe som gjøres på Island i dag. Dette kan føre til lavere utslipp gjennom livssyklusen sammenlignet med metanol fra naturgass. (Ellis & Tanneberger, 2015)

Siden metanol allerede er utbredt som drivstoff og blir handlet og transportert i mange større havner i Europa er logistikkutbedringene som kreves for å ta dette i bruk som drivstoff minimale. (Ellis & Tanneberger, 2015, p. 36)

Etanol er også et alternativt drivstoff som både finnes i sin grunnleggende form, men også som et avansert biodrivstoff.

Etanol kan produseres gjennom en avansert prosess fra sukkerrør, diverse kornsorter og tre-rester. I prinsippet finnes det også en rekke andre mulige råvarer til denne produksjonen. Denne typen etanol koster gjerne mellom 85-158 euro per MWh. (Brown, et al., 2020) Det finnes også en annen form for etanolproduksjon som bruker maisfiber til produksjonen. Da benytter man utelukkende rester som gir en produksjonskostnad på mellom 51-59 euro per MWh. (Brown, et al., 2020)

Både metanol og etanol har logistikkfordeler når det blir sammenlignet med LNG, da lagring på land krever mindre avanserte tanker og prosesser. Det samme gjelder bunkring, men begge alternativene krever en del utbedringer da ikke mange havner tilbyr bunkring av disse drivstoffene enda. (Ellis & Tanneberger, 2015) I Norge finnes det bunkringsmulighet for metanol i Kristiansund og ved Vestbase. (Miljødirektoratet, 2020, p. 117) Når det kommer til sikkerheten og lokale miljøhensyn har både metanol og etanol noen fordeler og noen ulemper. Metanol er giftig både ved inhalering og hudkontakt, samt en lav antenningstemperatur. (Moirangthem, 2016) Når man sammenligner oljesøl med søl av alternative drivstoff vil både metanol, etanol og LNG ha en betydelig lavere påvirkning enn olje. Dette gjelder spesielt metanol og etanol som vil blandes raskt inn i vannet, og er meget nedbrytbare uten nevneverdige konsekvenser. (Ellis & Tanneberger, 2015, pp. 44,45)

## Batteripakker

Et alternativ som kan vurderes er batteripakker. På denne måten kan skipene lades ved havn og utnytte grønn energi som blir produsert i Norge. Hovedproblemet som ble nevnt tidligere er hvor plasskrevende batteri er. En mulig løsning er dermed å bruke batteripakker som del av en hybridløsning for skipene, hvor batteriene benyttes til å effektivisere driften. Her kan man enten gi ekstra kraft for effekttopper eller drifte generatorer og for å være en reserveløsning for fremdrift. Her vil den største effekten oppnås ved ren batteridrift eller ved bruk av plug-in hybrid, altså hvor batteriene lades opp ved bruk av landstrøm (Miljødirektoratet, 2020, p. 112) En fordel med bruk av batterier, og spesielt i plug-in hybrid er at operasjonskostnadene kan bli lavere da billig norsk strøm koster mindre for tilsvarende mengde energi som konvensjonelt drivstoff. (DNV, 2019, p. 44) Dette er forutsatt de tradisjonelt lave strømprisene man har deler av året, ikke de høye prisene man har sett vinteren 2021/2022.



Landstrøm begynner å bli ganske utbredt i moderne havner, men kapasiteten trenger fortsatt noe utbedring for å kunne tilby tilfredsstillende lademuligheter for å kunne innføre denne løsningen hos en større andel skip.

## Metode

I metodedelen skal jeg beskrive prosessen og vurderingene jeg har gjort underveis i oppgaven, samt belyse noe teori omkring bruk av metode. Her kommer en beskrivelse av litteratursøket, diskusjon rundt bruken av kvalitative og kvantitative metoder samt hvorfor dette temaet ble valgt og hvordan dette påvirket innsamlingen av data.

## Litteratursøk

Litteratursøket gjennomføres for å avdekke hvilken forskning som allerede er gjort omkring et tema, samt at man kan finne anbefalinger fra tidligere studier omkring videre forskningsmuligheter. Man kan også få et innblikk i hvilken metode som er mest hensiktsmessig for temaet, og man kan oppdage gode kilder og kunnskap som kan siteres i oppgaven. (Larsen, 2017) Samtidig avdekker man hvorvidt egen forskning har plass som en nyvinning eller om den blir å beskrive ting som er omtalt fra før.

Litteratursøket baserer seg på temaet som ble valgt for oppgaven. Litteratursøket ble gjennomført i forbindelse med valget av oppgave og jeg fikk dermed muligheten til å vurdere hva som allerede har blitt sagt om temaet før jeg bestemte den endelige retningen. Planen var hele veien å fokusere på alternative drivstoff for offshorefartøy, og litteratursøket hjalp meg snevre inn til den endelige problemstillingen. Ettersom jeg ønsker å finne ut hvordan alternative fremdriftsløsninger for å nå klimamålene innen 2030, må jeg vurdere litteratur omkring flere ulike temaer. Her kommer litteratur som tar for seg de tekniske spesifikasjonene til ulike fremdriftsløsninger, logistikkproblemer og aktuelle lovverk.

Søket ble gjennomført i flere databaser. Den mest aktuelle er Google Scholar, men en del av lovverkene finnes gjennom Googles vanlige søkemotor. I tillegg kan Oria benyttes, men jeg foretrakk Google Scholar da den ga tilfredsstillende resultater. Ved bruk av relevante nøkkelord kan jeg finne aktuelle kilder som omtaler en eller flere av delene jeg ønsker å belyse i denne oppgaven. Søkeord som «PSV Alternative Fuels», «GHG reduction offshore vessels», «Net Zero Shipping» og «Alternative fuels shipping» ble brukt for å finne tidligere forskning gjort på disse temaene. Dette avdekket at det er gjort en god del forskning på disse områdene, men ingen har skrevet spesifikt om hvordan PSV-er skal nå klimamålene for 2030.

Et av nøkkeldokumentene som blir brukt i denne oppgaven er miljødirektoratets utredning om reduksjon av klimagassutslipp i skipsfarten som ble utarbeidet i samarbeid med DNV. Mye av denne oppgaven vil basere seg på å vinkle dette inn mot PSV-markedet spesifikt.

Videre finnes det en rekke dokumenter som beskriver de ulike drivstoffene som kan benyttes og hvilken effekt de vil ha. «*Alternative Fuels for Marine and Inland Waterways*» av K. Moirangthem utforsker mulighetene for en stor del alternative drivstoff i den maritime sektoren. Lindstad og Sandaas skrev en artikkel kalt «*Emission and Fuel Reduction for Offshore Supply Vessels through Hybrid Technology*» som utforsker mye av de samme temaene som er aktuelle for denne oppgaven, men fokuserte mest på hybrid opp mot tradisjonell drift og ikke med klimamålene for 2030 i sikte. En rekke andre artikler er også skrevet med både finansielle og operasjonelle blikk på hvordan man kan redusere CO2 utslipp i shippingsektoren.

## Metode

Det neste steget var å velge hvilken metode jeg skulle benytte til å gjennomføre oppgaven. Hovedsakelig kan man skille mellom to forskjellige metoder, kvalitativ og kvantitativ metode. Virkeligheten er ofte ikke like svart og hvit, og man kan gjerne se på metodene som et spektrum som strekker seg mellom de to hovedmetodene. (McCombes, 2019) Valget av metode avhenger av hvilken data eller empiri man trenger for å besvare forskningsspørsmålene og problemstillingen man har valgt. (Larsen, 2017) Kvalitative metoder omhandler data som ikke kan tallfestes, og baserer seg gjerne på subjektiv ekspertise. Dette gjennomføres oftest ved intervju. Kvantitative metoder fokuserer på talldata. Kvantitative data gir større muligheter for å gjennomføre statistiske analyser, lete etter korrelasjoner og utforme modeller.

I denne oppgaven vil det bli gjort en analyse av eksisterende data, eller sekundærdata. Målet er å sette sammen informasjon fra ulike artikler og kilder for å bygge et bilde rundt hvordan PSV segmentet kan nå regjeringens klimamål. Det vil dermed bli sett på både kvantitative og kvalitative data, som blir innhentet fra anerkjente publikasjoner og offentlige organer. Som tidligere nevnt vil Miljødirektoratets rapport være en av hovedkildene i oppgaven.

Hovedårsaken til dette valget var at det finnes mye god forskning omkring de relaterte temaene allerede, men jeg har ikke funnet noen som har sydd dette sammen til en helhetlig

vurdering for PSV segmentet i Norge. Jeg har ikke ekspertisen som kreves for å teste og vurdere spesifikasjonene til ulike drivstoff og fremdriftsmetoder så det er derfor naturlig å hente denne dataen fra andre kilder. Det samme gjelder informasjon omkring kostnadene og miljøeffekten de ulike fremdriftssystemene vil gi.

Ulempen med denne metoden er at man er avhengig av kilder man kan stole på. Her er det veldig opp til egen evne når det gjelder vurdering av reliabiliteten og validiteten til studiene man siterer. Det er også en mulighet for at man feiltolker informasjonen som blir formidlet i studiene man baserer seg på. Konteksten i originalstudiene kan også forsvinne noe som gjør at leseren ikke kan sitte igjen med samme oppfattelse som forfatteren tiltenkte. Dette gjør denne metoden mindre optimal siden man må tolke informasjon som allerede er tolket av meg. Til slutt er det også en fare for at informasjonen som kommer frem er uoriginal og ikke tilføyer noe til den vitenskapelige diskusjonen fordi man kun syr sammen andres arbeid.

## Begreper og videre hensyn

Når man skriver en oppgave ved bruk av eksisterende data er det viktigste steget i prosessen litteratursøket. Her sikrer man reliabilitet ved å finne flere kilder som bekrefter de samme funnene. Gjennom et godt litteratursøk kan man sikre seg en rekke gode kilder som omtaler problemene fra flere ulike vinkler og som kan bekrefte eller avkrefte hverandres funn.

Validiteten til oppgaven sikres gjennom å bekrefte at studiene svarer på det man faktisk spør om, og om dataene er gyldige eller overførbare til den spesifikke bruken man behøver. Her må man være forsiktig slik at man benytter dataen slik den er tiltenkt. Man kan ikke benytte funn fra en analyse til eget arbeid uten å være sikker på overførbarheten.

Samtidig må man også vurdere hvorvidt denne undersøkelsen har stor grad av overførbarhet i seg selv. Dette er vanskeligere å oppnå når man benytter sekundærdata og krever nøyaktig kildebruk med høy validitet og reliabilitet.

Fordi denne oppgaven baserer seg på eksisterende data, vil det ikke være behov for å ta hensyn til personvern eller lignende problemstillinger. Det viktigste hensynet man må ta er å være påpasselig med å kreditere forfattere av originaldataen gjennom korrekt kildeføring både i tekst og ved modeller som benyttes.

## Diskusjon

I denne delen vil den tidligere gitte informasjonen bli diskutert og vurdert etter praktiske hensyn, med et håp om å gi en oversikt over hvilke løsninger som kan være aktuelle. Her blir det også sett på ulike barrierer for bruken av de mulige løsningene og tiltak som må fattes for å bidra til deres gjennomføring. Totalt sett sikter denne delen på å gi en innsikt i hvilke løsninger som kan gi best klimaeffekt og hvorvidt det vil være mulig å nå målene inn mot 2030. Samtidig gjøres det en vurdering omkring hvorvidt de er økonomisk og praktisk gjennomførbare.

For å kunne nå klimamålene innen 2030 er man avhengig av å endre utslippsmønsteret, og dette gjelder også for PSV-er. Den økende oljeprisen den siste tiden, samt usikkerhet rundt leveringen av naturgass fra Russland gjør temaet stadig mer aktuelt. Dermed kan dette være et optimalt tidspunkt for å se på mulighetene som finnes og for å fatte tiltak som kan hjelpe sektoren redusere sitt klimaavtrykk.

Fordi 2030 er mindre enn 8 år unna er man avhengig av alternativer med kort tilbakebetalingstid når det gjelder utslipp. Man kan samtidig ikke vente på underutviklede teknologier dersom man skal nå målet, da disse ikke blir kommersielt tilgjengelige før om tidligst to til tre år. Samtidig blir det feil å avskrive disse da reduksjon av klimautslipp er et bevegelig mål, man må alltid se etter løsninger for fremtiden.

### Alternativ

Et par alternativ virker som ganske åpenbare løsninger dersom myndighetene og bransjen ønsker å redusere utslippet i løpet av kort tid. Innfasing av biodrivstoff samt innstallering av batteripakker for hybrid eller plug-in hybrid kan gi umiddelbare klimaeffekter uten å kreve store ombygginger eller nybygg. Den største fordelen biodrivstoff har i forhold til de andre alternativene er at det kreves lite til ingen modifikasjon for å gå over fra tradisjonelle drivstoff til biodrivstoff. Dermed kan tiltak fra myndigheter eller prisendringer ha en tilnærmet umiddelbar effekt og gjøre biodrivstoff til et fornuftig tiltak på middels sikt.

Det forblir et problem at masseproduksjon av biodrivstoff ikke er holdbart på lang sikt, da økning i produksjonen kan kreve bruk av større landområder. Dette er landområder som ellers kunne blitt brukt til matproduksjon, eller som skogbruksareal. Dermed kan man si at de direkte vinningene i utslipp blir spist noe opp av alternativkostnaden, og dette øker med

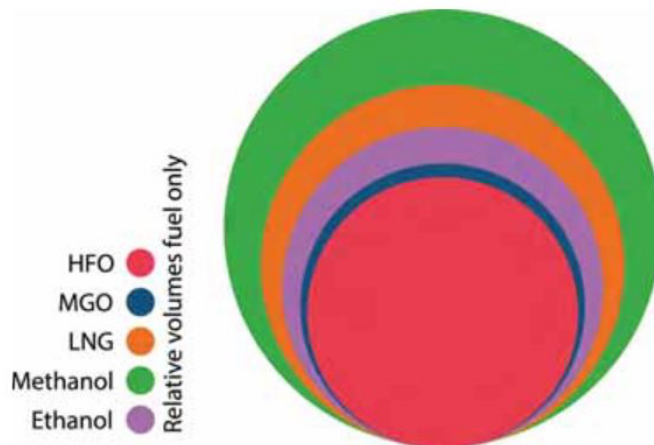
økning i produksjon. Man finner ikke dette problemet i like stor grad ved produksjon av biodrivstoff fra alger, men denne typen produksjon er fortsatt på et tidlig stadium og kostnadene er fortsatt for høye.

En del av biodrivstoffene kan konkurrere med tradisjonelle drivstoff når oljeprisen er spesielt høy, og deres pris er på den lave siden. Dette betyr at dersom man får på plass logistikk for bunkring med for eksempel SVO ved norske havner kan enkelte redere velge å bunkre med denne typen drivstoff eller med en blend. Prisen på biodrivstoff er gjerne en bekymringsfaktor, da tilbud og etterspørsel i biodrivstoff markedet er ganske i balanse. Dette betyr at om etterspørselen øker fordi flere ønsker å oppfylle krav fra myndighetene gjennom denne metoden kan prisen øke kraftig slik at man ikke blir konkurransedyktige. Her kan man heldigvis hoppe frem og tilbake mellom konvensjonelle og biodrivstoff dersom tilbudssiden skulle få problemer eller prisen skulle øke igjen.

Det samme gjelder for batteripakker, dersom myndighetene gir støtte gjennom Enova eller andre prosjektbevilgninger. På denne måten kan kostnaden reduseres eller deles, og operatøren kan vurdere kontinuerlig om bruk av batteripakker for driften av generatorer og ved effekttopper. Plug-in hybrid gjør at man har muligheten til å bruke ren norsk elektrisitet for å redusere utslippet når det er økonomisk forsvarlig, eller påkrevd ved utslippskrav.

Problemene som tidligere er blitt påpekt rundt størrelsen på batteri faller delvis bort når man benytter det i en hybrid løsning. Her er det også alltid muligheter for etterinnstallering eller oppgradering av eksisterende batteripakker ettersom ny teknologi kommer på markedet eller prisnivåene endrer seg.

Etanol og metanol er to alternativer som kan gi reduserte utslipp, men som figuren under viser er volumet en utfordring. Etanol har ikke blitt testet særlig som drivstoff i maritim sektor, men er utbredt som drivstoff i for eksempel busser.



Figur 3 - Relativ volum for drivstoff basert på energitetthet <https://www.maritimecyprus.com/wp-content/uploads/2016/06/ems-a-study-alternative-fuels-in-shippings-1.pdf>

Etanol og metanol kan ha priser som er sammenlignbare med MGO, men dersom man skal bruke mer avanserte og miljøvennlige versjoner av disse drivstoffene øker prisen betydelig. En retrofit til metanol skal være noe billigere enn en retrofit til LNG, noe som gjør alternativet mer fornuftig. I tillegg finnes biometanol som et langsiktig alternativ til metanol, noe som gjør metanol aktuelt som et mellomstadium. (Moirangthem, 2016, p. 33) På samme måte som retrofit prisen er lavere er også nybyggsprisen for metanol og etanol-drevne fremdriftssystem lavere enn den for de andre miljøvennlige alternativene. Det kan også være billigere enn nybygg av HFO-drevne skip med scrubber. (Ellis & Tanneberger, 2015) Totalt sett har metanol en pris som kan være konkurransedyktig, mens etanol enda er litt for dyrt til å være attraktivt per dags dato. (Ellis & Tanneberger, 2015)

Videre er det viktig å se på hvordan ulike drivstoff kan benyttes som substitutter for LNG som også har mye usikkerhet rundt prisen. Her er spesielt biometanol et meget miljøvennlig alternativ, men det kreves at skipene allerede er bygget for bruk av LNG. Ettersom LNG er et populært alternativ blant nybygg i dag, vil mye av infrastrukturen for slik drift sannsynligvis også bli tilgjengelig i Norge. Dette gjør at dersom redere velger LNG som løsning grunnet dens mulighet til å overholde reglene i noen år lenger enn HFO og MGO vil overgangen til biometanol være både enkel og miljøvennlig. Igjen kommer spørsmålet om hvorvidt dette blir

økonomisk og skalerbart, men insentiver fra myndighetene har muligheten til å presse flere LNG skip over på mer miljøvennlige alternativer.

LNG som drivstoff kommer med enkelte fordeler, spesielt på CO<sub>2</sub> utslipp, men utslipp av andre klimagasser gjør det til et temporært alternativ når man behøver å komme seg bort fra fossile brennstoff. Likevel blir det utforsket mye i skipssektoren og er dermed et alternativ som vil bli brukt av enkelte frem mot 2030, også i PSV-sektoren. Dersom regjeringen ønsker å nå målet om en 50% reduksjon innen 2030 vil dette tiltaket i seg selv ikke være nok. Bio-LNG kan være med på å løfte effekten av tiltaket videre og den sømløse overgangen gjør dette til et attraktivt alternativ dersom prisen skulle bli lavere. (Moirangthem, 2016) Island Offshore testet i samarbeid med Lundin Energy Norway ut bruken av bio-LNG i form av biometan på PSV-en Island Crusader høsten 2021. Metanen som ble brukt var klimanøytral og om skipet skulle gå over på kun denne typen drivstoff vil innsparingen, basert på forrige driftsår, være på 4206 tonn CO<sub>2</sub> i året. (Island Offshore, 2021)

Hydrogen er en fremtidsløsning som sannsynligvis ikke vil være kommersielt tilgjengelig innen 2030. Videre forskning og testing på dette området er sannsynligvis nødvendig om målet for 2050 skal nås. Samtidig er prisen på hydrogen et problem da drivstoffet i sin grønneste form er fem ganger så dyrt som konvensjonelle drivstoff. Ammoniakk faller litt under samme paraply, men er muligens litt nærmere enn hydrogen, noe vi også ser ved ShipFC prosjektet. Problemet her er at skipene og infrastrukturen sannsynligvis bruker noen år på å betale tilbake utslippet assosiert med bygging og dette kommer sannsynligvis ikke til å skje før 2030. Antallet skip i PSV-sektoren som benytter ammoniakk i stor grad, vil sannsynligvis være få før 2030. Ammoniakk virker dog som en god kandidat i tiden rundt og etter 2030.

I all hovedsak vil hydrogen og ammoniakk bli benyttet i drivstoffceller, noe som kommer med sine egne fordeler og utfordringer. Drivstoffceller vil kunne konkurrere med tradisjonelle drivstoff når de når de når samme levetid, kostnaden ved reparasjoner og bytte vil være like og når drivstoffprisene blir sammenlignbare med MGO. (DNV, 2019, p. 47) Det ble gjennomført tester med bruk av drivstoffceller så tidlig som i 2010, men det er fortsatt ikke tatt i kommersiell bruk. Sannsynligvis reflekterer dette prisforskjellen, selv om leverandøren selv påstår at tilbakebetalingstiden for et slikt prosjekt kunne være så lavt som fem til seks år. (Maritime CleanTech, 2022)



Over tid kan man se reduksjon i prisen på diverse drivstoff som følge av skalering og læringseffekter på middels lang sikt. (Brown, et al., 2020, p. 46) På tross av dette ser man en tydelig prisforskjell mellom tradisjonelt drivstoff og avanserte biodrivstoff som gjør disse avhengig av ekstern støtte for å bli aktuelle. (Brown, et al., 2020, p. 59) Dette kan ses på i lys av de siste årenes utvikling med tanke på VLSFO mot HFO, hvor regulering har ført til et stort marked for VLSFO på tross av en tidvis mye høyere pris. På grunn av mer direkte konkurranse mellom de ulike drivstoffene både ved dual-fuel og motorer som tåler større blandingsforhold kommer det sannsynligvis til å være en vedvarende korrelasjon mellom de ulike drivstoffprisene. (Ellis & Tanneberger, 2015, p. 49)

## Barrierer

Den største barrieren i dag er prisen på teknologien og drivstoffet. Hvorfor skal en skipseier investere store summer i en ukjent teknologi, med lavere driftssikkerhet når drivstoffet skipet ender med å bruke er dyrere enn olje? Det virker som en tap-tap-tap situasjon hvor de mange små rederne i PSV-markedet ikke har spillerom til å være drivere for nye løsninger og ny teknologi.

Samtidig finnes det også en rekke usikkerheter rundt levetiden til de nye fremdriftssystemene som ikke er testet i kommersielt bruk. Dette, i kombinasjon med mannskap som er uerfarne med de nye systemene kan føre til ytterligere spørsmål rundt driftssikkerhet og antall dager man er tilgjengelig i operasjon.

Det finnes noen barrierer rundt aktuelt lovverk, men de fleste avanserte drivstoffene som ble omtalt har ulike retningslinjer og lovverk på internasjonalt nivå, samt til bruk i andre sektorer. Dette betyr at det for det meste bør være en smal sak å få på plass provisoriske godkjenninger og fullverdige lovverk som åpner for bruken av for eksempel ammoniakk som drivstoff i maritim sektor. Samtidig kommer det sannsynligvis til å være større krav til klassing av slike skip enn skip med tradisjonelle forbrenningsmotorer. Hydrogen mangler fortsatt spesifiserte retningslinjer ved IMO, men det kan tolkes slik at det blir omfattet av noen eksisterende klassifikasjoner.

En annen viktig barriere man kan støte på er tvilen rundt hvorvidt man har kjøpere av skipet i annenhåndsmarkedet. Selv om norsk infrastruktur kan være utviklet og klar for diverse av de

aktuelle fremtidsløsningene er det å finne en kjøper internasjonalt en utfordring.  
(Miljødirektoratet, 2020, p. 133)

## Tiltak

Mange av de ulike alternative drivstoffene kan kreve inngrep fra myndighetene for å bli aktuelle da risikoene involvert tidvis er svært høye. Risikoer relatert til videresalg av skip, drivstoffsikkerhet, produksjon som kan mangle kjøpere og fremtidige reguleringsendringer kan kreve en kombinasjon av tiltak fra både nasjonale og internasjonale myndigheter. Ulike tiltak bør komme i form av både gulrot og kjepp.

En kombinasjon av økte CO2 avgifter og økt markedssikkerhet gjennom minimumspriser på alternative drivstoff der myndighetene betaler opp forskjellen dersom prisen faller kan tilby insentiver. Her kan krav om grønnere oljeleting legge press på oljeselskapene slik at PSV-er som benytter drivstoff med lavere CO2 utslipp kan få lengre kontrakter. På denne måten kan man redusere noe av den store risikoen som i dag ligger i å kontrahere nye moderne PSV-er som går på dyrere, grønnere drivstoff.

Regjeringen har mulighet til å kreve en viss % biodrivstoff blandet med tradisjonelle drivstoff for å redusere utslippet noe. Dette vil være et tiltak med tilnærmet umiddelbar effekt, og kan bidra til å utbedre logistikken på samme måte som vi har sett for VLSFO de siste årene.

Regjeringen bør også vurdere å stille som eier i en sale og leaseback kontrakt med rederne. På denne måten kan reder garantere at man ikke blir sittende igjen med en uønsket båt etter 10 år med drift. Samtidig kan rederne operere skipet på best mulig måte og man kan få flere grønne skip på vannet raskere.

En økt vilje fra myndighetene til å sette i stand logistikk-løsninger for landstrøm og bunkring av avanserte biodrivstoff ved flere norske havner kan være et viktig tiltak for å vise rederne at de ikke kommer til å investere i teknologier de ikke får benyttet. Her er det viktig at man kan være sikker på tilgangen på både elektrisitet og ulike drivstoff slik at man ikke havner i situasjoner der man ikke får brukt de miljøvennlige løsningene.

Det er også viktig at regjeringen viser en vilje til å godkjenne bruken av ulike drivstoff som kan redusere utslipp, samt legger press på klaseselskap og IMO for å få drivstoffene og sikkerheten rundt bruken tydeligere kartlagt og regulert.

## Oppsummering

Det første som kan sies i oppsummeringen er at det finnes ikke en fremtidsløsning som er klar til å endre forbruksmønsteret i PSV-markedet på en tydelig måte. De virkelige gode, rene kandidatene er ikke praktisk mulige per dags dato, og de løsningene som er aktuelle har en del kostnader og gjerne begrenset levetid.

Samtidig er det bred enighet om at endringer må skje, og det jobbes hele tiden på nye pilotprosjekt på tvers av shipping som skal gi nødvendig kunnskap for å effektivisere driften og redusere utslippet i tiden fremover. Vi ser nye prosjekter og kontraheringer med en grønn fremtid i sikte hver uke.

Det forblir et økonomispørsmål, og hvilket drivstoff som kommer ut som vinneren avhenger av prisen. Her vil rederne se på totale levetidskostnader, inkludert driftskostnader og eventuelle klimaavgifter.

Det er vanskelig å konkludere med hvilke tiltak som gir størst effekt, hvilke løsninger som er optimale og hvorvidt målet om 50% reduksjon innen 2030 blir nådd. Det kommer til å bli brukt en kombinasjon av tiltak og løsninger basert på behov og personlige vurderinger. Samtidig er det liten tvil om at myndighetene må sette til verks noen tiltak om målene skal nås. Det er fremgang i veien mot nye fremdriftssystemer, men det går for sakte når det kun er prøveprosjekt på vannet enda.

## Videre forskning

Videre forskning bør se på hvordan man kan skape de beste forholdene for bruk av moderne drivstoff. Hvordan kan havnene og logistikknettverket bli klargjort for transisjonen? Samtidig kan det også være interessant å se på hva som må til for å skalere produksjonen av avanserte biodrivstoff. Her spesielt alger, men også andre typer som bio-metan og bio-eter drivstoff. Samtidig kom nyheten om en Thorium-basert skip til skip «ladestasjon» opp nylig. Dette kan gjøre batteriløsninger enda mer aktuelle og kan være interessant å se på til bruk utenfor rekreasjonssektoren.

## Bibliografi

Arrow Shipbroking Group, April 2022. *Shipping GHG Regulations - Understanding EEXI, CII, EU ETS*, s.l.: s.n.

Bertzelotou, M., 2022. *Insights: Breakwave Advisors*. [Online]

Available at: <https://www.breakwaveadvisors.com/insights/2022/4/25/shipping-decarbonization-weekly-insights>

[Accessed 21 04 2022].

Brown, A. et al., 2020. *Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction*, s.l.: IEA Bioenergy.

DNV, 2019. *Assessment of selected alternative fuels and technologies*, s.l.: DNV.

Dr. Craddock, C., 2021. *maritime.lr.org*. [Internett]

Available at: <https://maritime.lr.org/technical-matters/eexi-compliance>

[Funnet 8 04 2022].

Eide, M. S., Chryssakis, C. & Endresen, Ø., 2013. CO2 abatement potential towards 2050 for shipping, including alternative fuels. *Carbon Management*, 4(3), pp. 275-289.

Ellis, J. & Tanneberger, K., 2015. *Study on the use of ethyl and methyl alcohol as alternative fuels in shipping*, Gøteborg: European Maritime Safety Agency.

Gilbert, P. et al., 2018. Assessment of full life-cycle air emissions of alternative shipping fuels. *Journal of Cleaner Production*, Volum 172, pp. 855-866.

Haskell, C., 2021. *Insights: Lloyds Register*. [Online]

Available at: <https://www.lr.org/en/insights/articles/decarbonising-shipping-ammonia/>

[Accessed 21 04 2022].

International Energy Agency, 2021. *IEA.com*. [Internett]

Available at: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy>

[Funnet 12 04 2022].

Island Offshore, 2021. *Our Stories - Island Offshore*. [Internett]

Available at: <https://www.islandoffshore.com/our-stories/the-first-to-run-on-biofuel>

[Funnet 20 04 2022].

Larsen, A. K., 2017. *En enklere metode*. Bergen: Fagbokforlaget.

Lindstad, H. E. & Sandaas, I., 2016. Emission and Fuel Reduction for Offshore Support Vessels. *Journal of Ship Production and Design*, 32(4), pp. 195-205.

MAN, 2022. *Man: Dual fuel engines*. [Internett]

Available at: <https://www.man-es.com/energy-storage/products/dual-fuel-engines>

[Funnet 12 04 2022].

Maritime CleanTech, 2022. *Project: Maritime CleanTech*. [Internett]

Available at: <https://maritimecleantech.no/project/viking-lady/>

[Funnet 20 04 2022].

Maritime CleanTech, 2022. *Projects: Maritime CleanTech*. [Online]

Available at: <https://maritimecleantech.no/project/hydrogen-psv/>

[Accessed 20 04 2022].

McCombes, S., 2019. *Scribbr.com*. [Internett]

Available at: <https://www.scribbr.com/dissertation/methodology/>

[Funnet 20 03 2022].

Miljødirektoratet, 2019. *Miljødirektoratet*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabell-for-omregning-av-co2-ekvivalenter/>

[Funnet 10 04 2022].

Miljødirektoratet, 2020. *Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030*, s.l.: s.n.

Moirangthem, K., 2016. *Alternative Fuels for Marine and Inland Waterways*, Petten: Joint Research Centre.

National Center for Biotechnology Information, 2022. *PubChem Compound Summary for CID 222, Ammonia*. [Internett]

Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ammonia>

[Funnet 15 04 2022].

## Figurliste

Figur 1 - Kostnadsestimat for ulike typer biodrivstoff - <a href="https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41_CostReductionBiofuels-11_02_19-final.pdf">https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41_CostReductionBiofuels-11_02_19-final.pdf</a> .....	11
Figur 2 - PSV Viking Lady som ble operert med LNG drivstoffcelle (Maritime CleanTech, 2022).....	12
Figur 3 - Relativ volum for drivstoff basert på energitetthet <a href="https://www.maritimecyprus.com/wp-content/uploads/2016/06/ems-a-study-alternative-fuels-in-shippings-1.pdf">https://www.maritimecyprus.com/wp-content/uploads/2016/06/ems-a-study-alternative-fuels-in-shippings-1.pdf</a> .....	23