Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen

Klima- og miljødepartementet

Report No.: 2015-0086, Rev. 0
Date: 2015-02-27

		DNV GL Maritime
Report title:	Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen	Maritime Advisory P.O.Box 300
Customer:	Klima- og miljødepartementet, Postboks 8013 Dep 0030 Oslo Norway	1322 Høvik Norway
Contact person:	Sveinung Oftedal	Tel: +47 67 57 99 00
Date of issue:	2015-02-27	
Project No.:	PP122667	
Organisation unit:	Maritime Advisory	
Report No.:	2015-0086, Rev. 0	

Tungolje og petroleumsdestillater har vært totalt dominerende som drivstoff for skip i lengre tid. De siste årene har imidlertid alternative energikilder og energibærere blitt lansert, testet og videreutviklet. Denne studien er produsert for Klima- og miljødepartementet (KLD) og vurderer tiltak og virkemidler for å legge til rette for at mer miljøvennlig drivstoff tas i bruk i skipsfartsnæringen.

Prepared by:	Verified by:	Approved by:
Magnus Strandmyr Eide Principal Consultant	Håkon Hustad Principal Consultant	Terje Sverud Head of Section

Harald Gundersen, Kjersti Aalbu
Consultant

Copyright © DNV GL 2014. All rights reserved. This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise without the prior written consent of DNV GL. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS. The content of this publication shall be kept confidential by the customer, unless otherwise agreed in writing. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV GL Distribution:

☒ Unrestricted distribution (internal and external)
☐ Unrestricted distribution within DNV GL
☐ Limited distribution within DNV GL after 3 years
☐ No distribution (confidential)
☐ Secret

Keywords:
Norsk skipsfart, drivstoff, CO_2, NO_X, SO_X, tiltak, virkemidler

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by

INNHOLDSFORTEGNELSE

INNHOLDSFORTEGNELSE 2

SAMMENDRAG 4
Bakgrunn 4
Modellering av miljøvennlige drivstoffalternativer 4
Resultater 4

1 INNLEDNING 6

2 DEFINISJONER OG AVGRENSNINGER FOR STUDIEN 7

3 STATUSBESKRIVELSE – UTSLIPP OG TRAFIKK FOR 2013 9
3.1 Innenrikstrafikk 11
3.2 Utenrikstrafikk 12
3.3 Gjennomgangstrafikk 13
3.4 Drivstofforbruk i havn 13
3.5 Bunkringsinfrastruktur 13

4 MODELL FOR BEREGNING AV EFFEKTER AV TILTAK PÅ SKIP I NORSKE FARVANN 15
4.1 Generell modellbeskrivelse 15
4.2 Utslippsberegningsmodul 17
4.3 Flåtevekstmodul 17
4.4 Tiltaksmodul 18
4.5 Grunnleggende modellantagelser 18

5 TILTAKSBESKRIVELSE 20
5.1 LNG 20
5.2 Biodiesel (20% innblandet) og vegetabilsk olje 23
5.3 Biogass 25
5.4 Fullelektrisk 26
5.5 Hybridelektrisk 29
5.6 Tiltaksbeskrivelse - Oppsummering 30

6 SCENARIER FOR PRIS PÅ DRIVSTOFF 32
6.1 Tungolje og petroleumsdestillater - HFO og MGO 33
6.2 LNG 34
6.3 Biodrivstoff 35
6.4 Elektrisitet 37
6.5 Drivstoffprisscenarier - oppsummering 39

7 UTFALLSROM FOR UTSLIPPSREDUKSJONER OG KOSTNADER GITT ULIKE SCENARIER FOR OMLEGGING TIL MILJØVENNLIG DRIVSTOFF 41
7.1 Baseline for utviklingen fra 2015 til 2040 42
7.2 Scenario A – BAU/Svak omlegging 45
7.3 Scenario B – Moderat omlegging 47
7.4 Scenario C – Kraftig omlegging 48
7.5 Realitetsorientert kombinasjonsscenario 49

8 NÆRINGSEFFEKTER VED OMLEGGING TIL MER MILJØVENNLIG DRIVSTOFF 54
8.1 Oversikt over bransjer som vil påvirkes av drivstoffomlegging 54

8.2 Forutsetninger 55
8.3 Utvikling for norske maritime utstyrsleverandører og verft, uten drivstoffomlegging 56
8.4 Næringseffekter dersom alle merinvesteringer tilfaller norske aktører 57
8.5 Næringseffekter dersom kun en andel av merinvesteringene tilfaller norske aktører 59
8.6 Utvikling i næringseffekten over tid 61
8.7 Næringseffekter av økte investeringer i infrastruktur 63

9 BARRIERER FOR ØKT ANVENDELSE AV MER MILJØVENNLIG DRIVSTOFF 64
9.1 LNG 65
9.2 Biodrivstoff 66
9.3 Fullelektriske skip 67
9.4 Landstrøm 67

10 VIRKEMIDLER FOR ØKT ANVENDELSE AV MILJØVENNLIG DRIVSTOFF 69
10.1 Vurdering av mulige virkmidler og deres generelle egenskaper 69
10.2 Vurdering av hvilke virkemidler som må innføres for å oppnå en tilstrekkelig omlegging til miljøvennlig drivstoff 73

11 OVERORDNET VURDERING AV SAMFUNNSØKONOMISKE KONSEKVENSER AV OMLEGGINGEN 77
11.1 Privatøkonomiske vs. samfunnsøkonomiske kostnader 77
11.2 Samfunnsøkonomiske virkinger av næringseffekter 80

12 KONKLUSJONER 81

13 MULIG VIDERE ARBEID 82

14 REFERANSER 83

Vedlegg A - Data og segmentering
Vedlegg B - Regelverk
Vedlegg C - Landstrøm
Vedlegg D - Kostnader for infrastruktur
Vedlegg E - Investeringsprofiler og norske markedsandeler
Vedlegg F - Kombinasjonsscenarier

SAMMENDRAG

Bakgrunn

Skipsfarten bidrar betydelig til luftforurensning og klimagassutslipp, både nasjonalt og internasjonalt. Utslipp av blant annet SO_X, NO_X og partikler bidrar til helse- og miljøskader, mens CO_2-utslipp er den viktigste klimagassen fra skipsfarten.

Norske farvann ble i 2013 traffikert av ca. 6700 ulike fartøy. Disse skipene ble identifisert i AIS-systemet, som gir en detaljert oversikt over aktiviteten til alle skip over en viss størrelse. Identiteten til skipene som registreres i AIS er sammenstilt med fartøysdatabaser der annen skipspesifikk informasjon fremkommer, slik som fartøystype, installert maskinerieffekt og tonnasje. Basert på dette er drivstofforbruk og utslipp beregnet. Totalt drivstofforbruk fra alle typer trafikk er beregnet til 2,3 millioner tonn i 2013. Noe over halvparten av forbruket kan tilskrives innenrikstrafikk, som domineres av tre skipstyper; passasjerskip, offshoreskip og fiskefartøy. Det er de mindre skipene i disse kategoriene som gir hovedbidraget til innenrikstrafikken, representert ved et relativt lite antall skip med mye operasjonstid i norske farvann.

Tungolje og petroleumsdestillater har vært totalt dominerende som drivstoff for skip i lengre tid. De siste årene har imidlertid alternative energikilder og energibærere blitt lansert, testet og videreutviklet. Denne studien er utført for Klima- og miljødepartementet (KLD) og vurderer tiltak og virkemidler for å legge til rette for at mer miljøvennlig drivstoff tas i bruk i skipsfartsnæringen.

Modellering av miljøvennlige drivstoffalternativer

En modell er etablert for å beregne utslippsreduksjoner og kostnadseffektivitet for ulike miljøvennlige drivstoff. Modellen er benyttet for skip i norske farvann mot 2040, og beregner utslipp og tilhørende kostnader knyttet til omlegging på skipsnivå, der endringer i flåtesammensetning over tid tas hensyn til. Følgende miljøvennlige drivstoff er vurdert i denne rapporten;

- LNG
- Biogass
- Innblanding av biodiesel (20%)
- Vegetabilsk olje
- Fullelektrisk

I tillegg er hybridelektrisk fremdrift vurdert. Andre tiltak for CO_2-reduksjon, for eksempel skrogforbedring, operasjonelle endringer, etc. vurderes ikke nærmere i denne studien. Det samme gjelder tiltak for SO_X- eller NO_X-reduksjon, slik som scrubber og SCR-anlegg.

Fremtidsscenarier for opptak av miljøvennlige drivstoff vil være svært usikre. Til dels skyldes dette at utviklingen er sensitiv for utvikling i drivstoffpriser. Disse prisene er usikre. Det er derfor utarbeidet scenarier som spenner utfallsrommet for opptak av miljøvennlige drivstoff. Scenariene danner rammen for en diskusjon rundt realistiske og ønskelige utviklingsbaner.

Resultater

Utslipp av CO_2 fra skipstrafikk i norske farvann ventes å øke betydelig mot 2040. Det vil i 2040 kreve 38% reduksjon av totale CO_2-utslipp for å holde seg på 2015-nivå, mens det vil kreve 63% reduksjon for å møte et mål om 40% reduksjon fra 2015-nivå. Forventet teknologisk utvikling og flåtefornyelse vil bidra til å dempe veksten noe, men vekst i utslipp må påregnes dersom det ikke tas

aktive grep for å dempe dem. Effekten av vedtatte internasjonale krav er ikke nok til å redusere utslipp i forhold til dagens nivå.

Reduksjon av CO_2-utslipp i 2040 til nivåer under 2015-nivå ved hjelp av aktuelle alternative drivstoff forutsetter bruk av nullutslippsløsninger, dvs. biodrivstoff og elektrisitet. Utslipp av CO_2 kan elimineres helt ved hjelp av vegetabilsk olje, biodiesel eller biogass. Merk at studien regner biodrivstoff som nullutslipp. I et livsløpsperspektiv vil de resulterende utslippsreduksjonene være mindre. Bruk av LNG, innblanding av biodiesel i konvensjonelt drivstoff, samt hybridelektrisk gir relativt moderate reduksjoner og bringer ikke fremtidige utslipp under dagens nivå.

Flere tiltak vil være kostnadseffektive. Kostnadseffektiviteten varierer for alle tiltak med forskjellige scenarier for drivstoffpriser. Unntaket er hybridelektrisk som gjennomgående er kostnadseffektivt. Biogass og fullelektrisk er gjennomgående de minst kostnadseffektive, fulgt av LNG, biodiesel og vegetabilsk olje.

De fleste tiltakene vil bidra til å eliminere eller gi kraftige kutt i SO_X, mens effekten på NO_X er betydelig mindre. Kun LNG og elektrisitet vil hjelpe direkte på NO_X-utslipp; for biodiesel og vegetabilsk olje er de direkte NO_x utslippene noe høyere enn for konvensjonelle drivstoff. Merk at det faktiske utslippsnivået av NO_X og SO_X i 2040 i norske farvann hovedsakelig ventes styrt av allerede vedtatt internasjonalt regelverk, ikke av valg av drivstoffløsninger.

Mye kan oppnås relativt kostnadseffektivt ved å fokusere på et utvalg av skip basert på kriterier slik som skipstype og operasjonstid i norske farvann. Det vil det være naturlig å fokusere på innenrikstrafikk. Dette er trafikk man i større grad kan påvirke. Innenrikstrafikken står for 55% av utslippene i norske farvann, og domineres av passasjerskip, offshoreskip og fiskefartøy. Ved å anta et realitetsorientert kombinasjonsscenario med omlegging til biodrivstoff på lasteskip og fiskefartøy, LNG på offshoresegmentet og elektrisk drift av fergeflåten vil man oppnå store utslippskutt på en relativt kostnadseffektiv måte – gitt de riktige rammebetingelsene. Dette vil også kunne være teknisk gjennomførbart, forutsatt tilstrekkelig tilgang på de ulike drivstoffalternativene. I et slikt scenario vil innenriks utslipp av CO_2 i 2040 være 63% lavere enn uten omlegging.

En omlegging til mer miljøvennlig drivstoff i skipsfarten vil kunne medføre betydelige næringseffekter i form av økt omsetning for norske verft og utstyrsleverandører. Næringseffektene vil antageligvis være fallende over tid, og de største næringseffektene vil være tilknyttet økt konkurranseevne i det globale markedet.

Virkemidler bør innrettes for å stimulere til nullutslippstiltak. Studien viser at biodrivstoff og elektrisk fremdrift blir nøklene til effektiv utslippsreduksjon. Veien til en lavutslippsflåte i 2040 går imidlertid i flere steg, og virkemiddelbruken vil måtte varieres over tid. Virkemidler i en tidlig fase kan for eksempel rettes mot LNG, innblanding av biodiesel, og hybridisering. Disse løsningene er tilgjengelige i dag og representerer et mellomsteg til en lavutslippsflåte. De baner vei for nullutslippsløsningene; LNG infrastruktur kan brukes til biogass; innblanding av biodrivstoff er første steg til 100% biodrivstoff; og hybridisering er et teknologisteg mot fullelektriske løsninger.

Denne rapporten skal danne et grunnlag for videre arbeid med virkemidler for å stimulere til mer bruk av miljøvennlig drivstoff. En rekke virkemidler vil kunne være aktuelle for vurdering, inkludert:

- Målrettet støtte til pilotering, utprøving og skalering av nullutslippsløsninger.
- En omlegging av skatte- og avgiftspolitikken til fordel for nullutslippsløsninger.
- Miljøkrav i offentlige innkjøp av maritime tjenester.
- Krav til innblanding av biodrivstoff i konvensjonelle marine drivstoff.

1 INNLEDNING

Skipsfarten bidrar betydelig til luftforurensning og klimagassutslipp, både nasjonalt og internasjonalt. Utslipp av blant annet SOx, NO_X og partikler bidrar til helse- og miljøskader, mens CO_2-utslipp er den viktigste klimagassen fra skipsfarten.

Skipsfarten har de senere årene blitt underlagt et strengere regime med regler som begrenser utslipp til luft av forurensende stoffer. De viktigste reglene knytter seg til IMOs MARPOL-konvensjon, men også regionale aktører som EU stiller krav som påvirker næringen. Det er ventet at skipsfarten blir underlagt ytterligere internasjonale krav om utslippsreduksjon i årene som kommer. Spesielt gjelder dette for klimagassutslipp, der det i dag ikke er samsvar mellom utslippskravene og de vedtatte politiske målsettingene (2-gradersmålet).

Strenge regler til utslipp, sammen med næringens ønske om å redusere drivstoffkostnader, gjør at skipsfarten aktivt søker etter måter å bli renere og mer energieffektive på, samt alternative og mer miljøvennlige drivstoff som kan erstatte dagens oljebaserte bunkers.

Tungolje og petroleumsdestillater har vært totalt dominerende som drivstoff for skip i lengre tid. De siste årene har imidlertid alternative energikilder og energibærere blitt lansert, testet og videreutviklet. Bruk av LNG i skipsmotorer er blant løsningene som har kommet lengst, men motorleverandører, rederier og lasteiere jobber også med løsninger som biodrivstoff, elektrifisering, metanol, etanol og hydrogen for å nevne noen. Viktige drivere for denne utviklingen er kommende og eksisterende lokale og internasjonale krav til utslippsreduksjoner av CO_2, NO_X og SO_X, samt avgiftspolitikken og generelt økte forventninger til miljøvennlig og bærekraftig virksomhet.

Denne studien er utført av DNV GL og Menon[1] for Klima- og miljødepartementet (KLD) for å bistå i vurderingen av tiltak og virkemidler for å legge til rette for at mer miljøvennlig drivstoff tas i bruk i skipsfartsnæringen. Departementene skal utrede og vurdere virkemidler, tiltak og initiativer for hvordan flere skip i norske farvann kan ta i bruk LNG eller andre typer miljøvennlig drivstoff. Herunder skal en inkludere kost-nytte-vurderinger av mulige alternativer.

For å vurdere hvordan vi kan bidra til bruk av mer miljøvennlig drivstoff i skipsfarten, er det viktig å forstå hva som kjennetegner trafikken i norske farvann. Tidligere studier har derfor kartlagt viktig informasjon om skipsfarten; både aktivitetsnivå, drivstofforbruk og utslipp i norske farvann, men også karakteristika som maskineriløsninger, skipstyper, alderssammensetning og drivstofftyper. Dette er oppsummert i Kapittel 3.

Informasjonen om skipene og deres aktivitet og utslipp er i denne studien koblet sammen med detaljerte data om kostnader og effekter av aktuelle miljøvennlige drivstoff (Kapittel 5), samt mulige fremtidsbaner for drivstoffpriser (Kapittel 6) og flåtevekst.

Basert på dette modelleres utfallsrommet mot år 2040 for opptak av miljøvennlig drivstoff, inkludert oppnådde utslippsreduksjoner og kostnadseffektivitet for tiltakene. Modellen er beskrevet i Kapittel 4, og resultatene vises i Kapittel 7. Deretter kartlegges og diskuteres mulige næringseffekter (Kapittel 8), mulige barrierer mot opptak (Kapittel 9), samt overordnet om mulige virkemidler for å bryte ned disse barrierene (Kapittel 10). I Kapittel 11 presenteres overerordende samfunnsøkonomiske vurderinger.

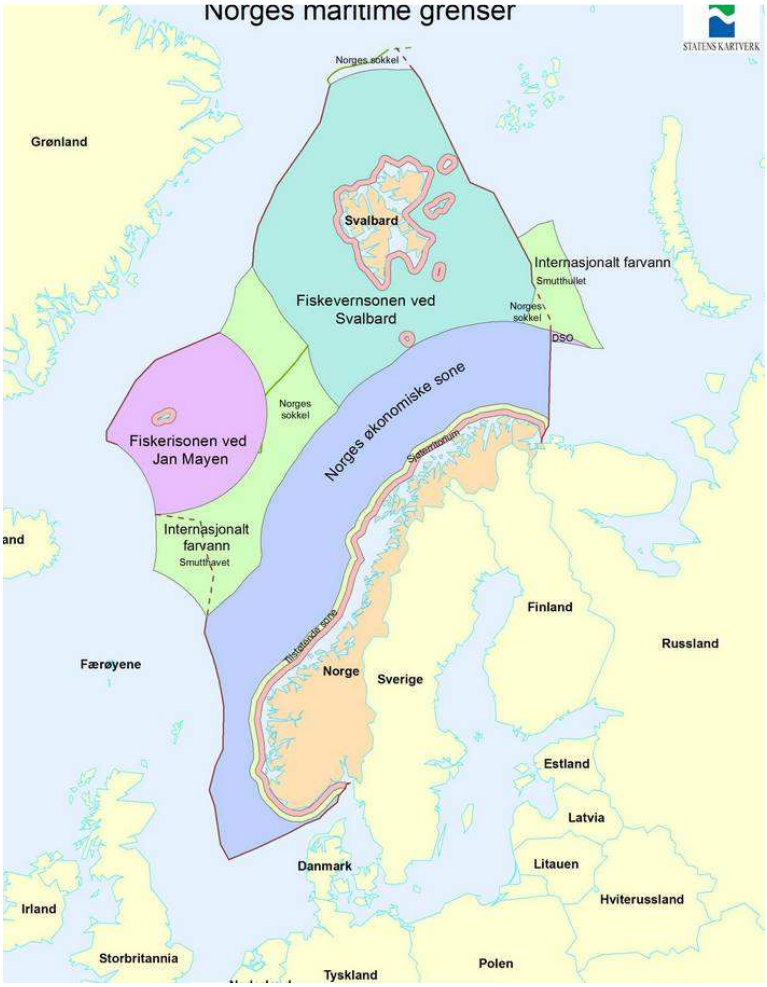
I Kapittel 12 presenteres konklusjonene fra arbeidet, og mulig videre arbeid diskuteres i kapittel 13.

[1] Menon Bussiness Economics som har skrevet kapittel Kapittel 8 om næringseffekter, Kapittel 11 om samfunnsøkonomiske vurderinger, samt bidratt til vurderinger av barriærer og virkemidler i Kapittel 8 og 9.

2 DEFINISJONER OG AVGRENSNINGER FOR STUDIEN

Geografisk avgrensing

Kartleggingen dekker alle skip i norske farvann. Norske farvann er definert som norsk økonomisk sone, fiskerivernssonene rundt Svalbard og Jan Mayen samt Smutthavet og Smutthullet som illustrert i figuren under. For skipene i dette området er det hentet frem data for 2013 fra AIS-systemet (Automatic Identification System) om skipenes identitet og tidsbestemte posisjon. Dette gir en detaljert oversikt over aktiviteten til alle skip over en viss størrelse. Identiteten til skipene som registreres i AIS er sammenstilt med fartøysdatabaser der annen skipspesifikk informasjon fremkommer, slik som fartøystype, installert maskinerieffekt og tonnasje.



Figur 2-1: Norske farvann (skravert), slik omfattet av studiet

Tiltak og virkemidler

Med tiltak menes de handlingene som aktuelle aktører (slik som rederier) gjennomfører for å redusere utslippene av klimagasser. Dette kan være investeringer i nye teknologiske løsninger som reduserer utslipp fra produksjon og konsum, endringer i energivaresammensetningen til mindre karbonintensive bærere, økt energieffektivisering samt nedskalering av aktivitet med høy utslippsintensitet.

Med virkemidler menes de styringsverktøyene som myndighetene kan benytte for å iverksette tiltak som gir utslippsreduksjoner. Det er gjerne slik at myndighetene utformer virkemidlene, mens tiltakene gjennomføres i ulike samfunnssektorer.

Disse definisjonene baserer seg på definisjonene brukt i Klimakur 2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010).

Tiltak som vurderes

Følgende er drivstoff er vurdert som tiltak i denne rapporten, jf. oppdragets hovedformål som er å se på opptak av mer miljøvennlig drivstoff;

- LNG
- Biogass
- Innblanding av biodiesel (20 %)
- Vegetabilsk olje
- Fullelektrisk

I tillegg er hybridelektrisk fremdrift vurdert som tiltak. Andre tiltak for CO_2-reduksjon, for eksempel skrogforbedring, operasjonelle endringer, etc. vurderes ikke nærmere i denne studien. Det samme gjelder tiltak for reduksjon av SO_X eller NO_X, slik som scrubber (reduserer SOx) og SCR-anlegg (selective catalytic reduction – reduserer NOx).

En beskrivelse av tiltakene gis i Kapittel 5.

Utslippsreduksjoner

Livsløpsutslipp for drivstoff er ikke vurdert i denne studien. Kun utslipp knyttet til bruk om bord inkluderes.

Dette er særlig viktig å være klar over for biodrivstoff. Denne studien baseres på Klimakur 2020, og regner null utslipp av CO_2 fra biodrivstoff; «I beregningene av CO_2-gevinst av biodrivstoff er det forutsatt at alt drivstoffet importeres og at biodrivstoffet er sertifisert. CO_2-utslipp knyttet til produksjon av biodrivstoffet vil da finne sted i opprinnelseslandet.», (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010).

Livsløpssutslipp anbefales dersom en skal få et riktig bilde av faktisk miljøbelastning fra en gitt energibærer. Det er imidlertid ikke vanlig å inkludere slike utslipp i kost-nytteanalyser på klimaområdet. Spesielt ikke når det er nasjonale utslipp som er temaet. En av grunnene til dette er at det er svært vanskelig å avgrense slike analyser og ikke minst identifisere om utslippene skjer i Norge eller i utlandet. Dette spiller for så vidt ikke noen rolle for klimaeffekten, men for å kunne sammenlikne klimatiltak på tvers av sektorer er det viktig at analysene er konsistente.

Ytterligere definisjoner og avgrensninger knyttet til studien beskrives i detalj innenfor hvert delkapittel.

3 STATUSBESKRIVELSE – UTSLIPP OG TRAFIKK FOR 2013

For å vurdere hvordan vi kan bidra til bruk av mer miljøvennlig drivstoff i skipsfarten er det viktig å forstå hva som kjennetegner trafikken i norske farvann. Drivstofforbruk og utslipp fra skip i norske farvann i 2013 er tidligere beregnet av DNV GL (2014b). Dette kapittelet oppsummerer disse resultatene. Se også Vedlegg A for ytterligere detaljer.

For skipene i norske farvann er det hentet frem data for 2013 fra AIS systemet om skips identitet og tidsbestemte posisjon. Dette gir en detaljert oversikt over aktiviteten til alle skip over en viss størrelse. Informasjonen fra AIS er sammenstilt med fartøysdatabaser der annen skipspesifikk informasjon fremkommer, slik som fartøystype, installert maskinerieffekt og tonnasje.

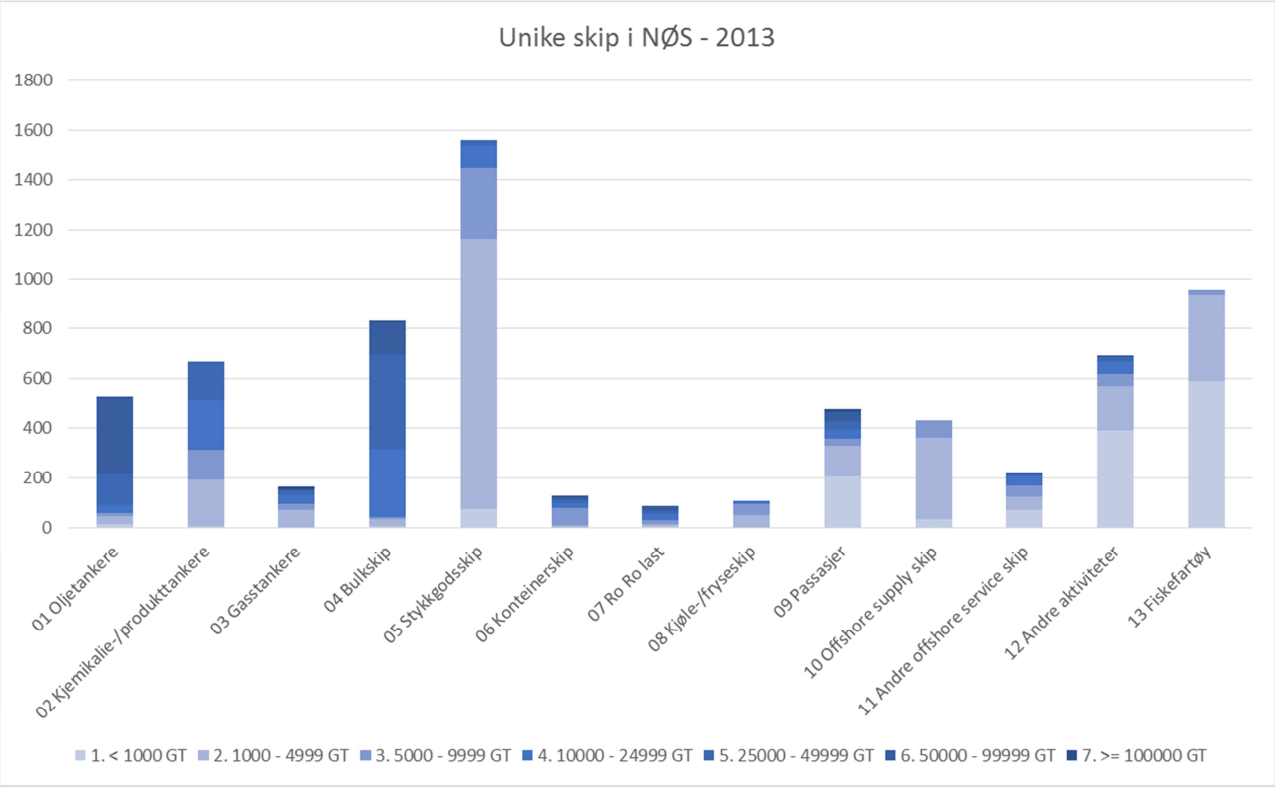
Totalt 6 700 ulike fartøy har trafikkert i norske farvann i 2013 (se Figur 3-1). Stykkgodsskip utgjør den største gruppen med nesten 1 600 skip og er dominert av mindre skip under 5 000 gross tonn (GT) i nasjonal fart. De større skipene er olje-, kjemikalie- og gasstankere, samt bulkskip og konteinerskip. Disse utgjør ca. 2 300 skip – hovedsakelig i internasjonal fart. Inkludert ro-ro og kjøle/fryseskip så var totalt ca. 4 100 lasteskip innom NØS i løpet av 2013.

Passasjerskip er en sammensatt gruppe skip bestående av nesten 500 enkeltfartøy, som spenner fra små ferger og hurtiggående båter i nasjonal fart til større cruiseskip i internasjonal fart. Offshoreskipene utgjør omtrent 600 fartøy.

Nesten 1 000 fiskefartøyer er registret i norske farvann i 2013. Dette er større fartøy med AIS-sendere som også har registrert data i de internasjonale skipsdatabasene. Det finnes ytterligere om lag 5 000 norske fiskefartøy under 11 meter. Disse bidrar til omtrent 20% av totalt drivstofforbruk og utslipp fra fiskeflåten, men er ikke del av AIS-materialet.

I tillegg er det 700 skip som er registrert i gruppen «andre aktiviteter». Dette inkluderer blant annet brønnbåter i oppdrettsnæringen, taubåter og kystvaktskip.

Norsk-flaggede skip utgjør bare 20% av antall skip observert. Disse bidrar imidlertid med nær halvparten av det totale drivstofforbruket i norske farvann.



Figur 3-1: Antall unike skip observert i norske farvann i 2013, fordelt på skipstyper og størrelser.

DNV GL (2014b) har produsert detaljerte, aktivitetsbaserte beregninger for skipenes drivstofforbruk og utslipp av blant annet CO_2, SO_X og NO_X. Beregningene er gjort ved at AIS-informasjon om skipenes operasjonsmønster kobles sammen med tekniske data knyttet til det enkelte skip, slik som motorstørrelse og drivstofftype. Denne nedenfra-og-opp metodikken, der det enkelte skips bevegelser og spesifikke parametere er lagt til grunn og siden aggregert opp til nasjonalt nivå, gjør oss i stand til å tegne et svært detaljert bilde av maritime aktiviteter i norske farvann. Dette arbeidet har gitt ny og ikke tidligere tilgjengelig informasjon om hvordan trafikken fordeler seg på forskjellige trafikktyper, se Figur 3-2.

- **Innenrikstrafikk:** Trafikk mellom norske havner og offshoreinstallasjoner.
- **Internasjonal trafikk**: Trafikk fra/til norske havner og offshoreinstallasjoner til/fra havner utenfor norsk farvann.
- **Gjennomgangstrafikk**: Trafikk gjennom norske farvann som ikke anløper norsk havn eller offshoreinstallasjon.

Figur 3-2: Illustrasjon av de forskjellige trafikktypene.

Metodene som er anvendt er ytterligere beskrevet i DNV GL (2014b). De følgende delkapittelene gir en overordnet beskrivelse av noen viktige kjennetegn ved skipsfarten innen de tre trafikk-kategoriene.

3.1 Innenrikstrafikk

Totalt drivstofforbruk fra alle typer trafikk er beregnet til 2,3 millioner tonn. Resultatene viser at noe over halvparten, 55%, av forbruket kan tilskrives innenrikstrafikk. Dette er første gang AIS data er brukt til å spesifisere innenriks forbruk. Drivstofforbruk og utslipp fra innenrikstrafikken domineres av tre skipstyper; passasjerskip, offshoreskip og fiskefartøy (Figur 3-3). Det er de mindre skipene i disse kategoriene som gir hovedbidraget til innenrikstrafikken, representert ved et relativt lite antall skip med mye operasjonstid i norske farvann.

Norsk-flaggede skip bidrar med nær 70% av utslippene i innenrikstrafikk. Bahamas, Malta og Panama følger med bidrag på under 4 % hver.

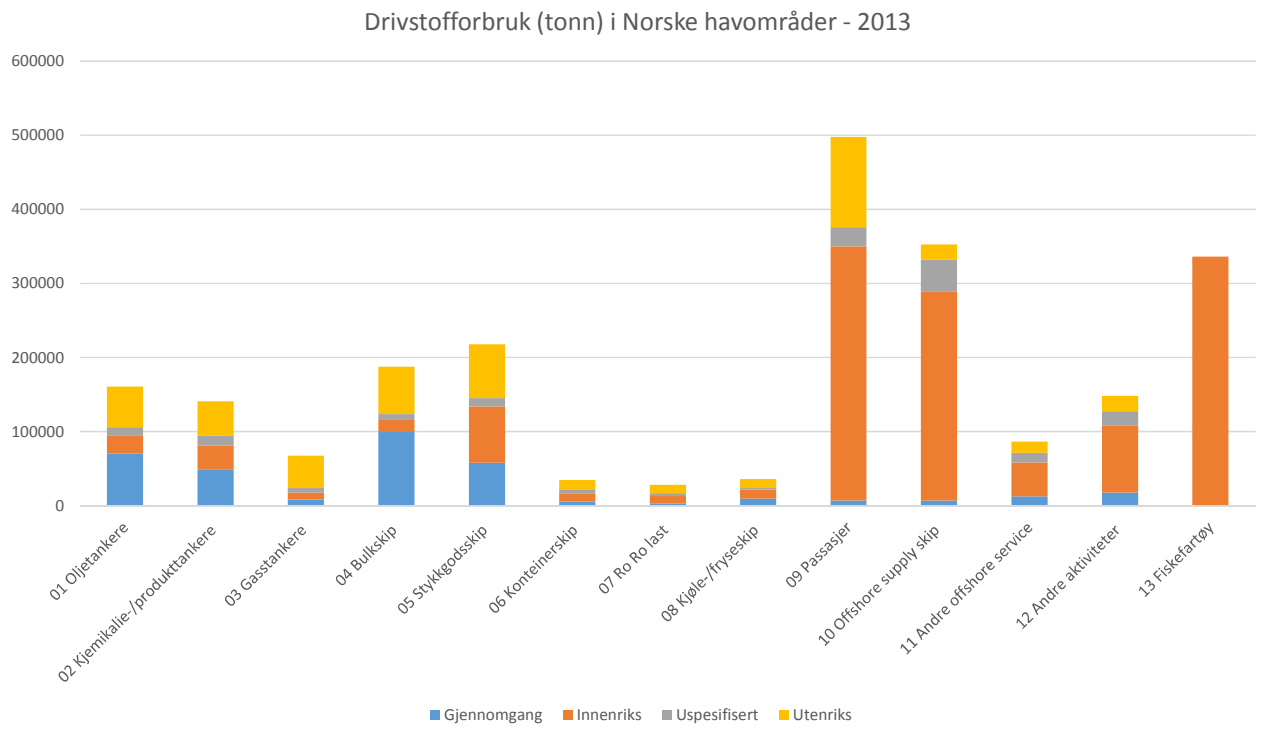
Fiskefartøyene er generelt gamle skip, i gjennomsnitt 24 år gamle, og de er i all hovedsak relativt små (under 5000 GT). Fiskefartøy har i hovedsak mellom- til høyturtallsmaskiner med dieselmekanisk drift[2]. Drivstoffet som anvendes er nesten utelukkende lette produkter (destillater), det vil si marin gassolje (MGO) eller marin dieselolje (MDO).

Passasjerskip inkluderer alt fra små ferger til store cruiseskip. Hoveddelen av forbruket i innenrikstrafikk skriver seg imidlertid fra ca. 300 skip (av totalt 464), som er relativt små (1 000 - 25 000 GT) og som nesten utelukkende oppholder seg i norske farvann. Gjennomsnittsalderen for de minste passasjerskipene er hele 29 år. Disse har i hovedsak mellom- til høyturtallsmaskiner med

[2] Forenklet sagt skiller en på skip mellom dieselmekanisk fremdrift der motoren driver propellaksling(er) (normalt via gir for mellom- og høyturtallsmaskiner), og dieselelektrisk drift der motoren (generatoren) produserer strøm som igjen driver elektromotor(er). De to alternativene har betyning for anvendbarheten av en del teknologier, for eksempel batterier.

dieselmekanisk drift, selv om det er innslag av dieselelektriske konfigurasjoner (se fotnote 1). Drivstoffet som anvendes er nesten utelukkende lette produkter (MGO og MDO).

Offshore supplyskip er på den annen side dominert av nyere og moderne skip. Gjennomsnittsalderen er 12 år. Hoveddelen av forbruket i innenriksfart skriver seg fra 113 skip (av totalt 398) som opererer i norske farvann svært mye av tiden. Offshoreskipene har enten mellom- til høyturtallsmaskiner med dieselmekansik drift, eller dieselelektriske konfigurasjoner. Drivstoffet som anvendes er nesten utelukkende lette produkter (MGO og MDO).



Figur 3-3: Drivstofforbruk i norske farvann i 2013, fordelt på skipstyper og trafikktyper.

3.2 Utenrikstrafikk

Utenrikstrafikk bidrar til 22% av totalt drivstofforbruk i norske farvann. Utenrikstrafikken domineres av lasteskipene, herunder tankskip (råolje og oljeprodukt, kjemikalie og gass), bulkskip og stykkgodsskip, samt passasjerskip. Dette er i hovedsak større skip.

Norsk-flaggede skip bidrar med drøyt 20% av utslippet i utenrikstrafikk. Bahamas følger med 12%, deretter en lang liste med mindre bidrag, med Malta, Danmark og Panama på topp.

Bidragene til drivstoffbruk kommer fra et stort antall større skip, hver med lite tid i norske farvann og få anløp i norske havner. Gjennomsnittsalderen på lasteskipene er lavere enn for mange andre skipstyper, omkring 9-16 år. Lasteskipene har i hovedsak dieselmekanisk fremdriftssystem, med lavturtalls 2-taktsmotorer, eller mellomturtalls 4-taktsmotorer.

Bidraget fra passasjerskip i utenrikstrafikk kommer hovedsakelig fra store fartøy (25 000 – 100 000 GT). Dette er stort sett cruiseskip og ro-pax skip (utenriksferger), med dieselmekanisk fremdrift og mellomturtallsmaskiner.

Skip i utenriksfart benytter gjerne tungolje når de operer utenfor ECA i Nordsjøen (områdene sør for Stad).

3.3 Gjennomgangstrafikk

Gjennomgangstrafikk bidrar til 16% av totalt drivstofforbruk i norske farvann. Gjennomgangstrafikken domineres av tankskip (råolje/produkt/kjemikalie), bulkskip og stykkgodsskip. Det er i samråd med oppdragsgiver bestemt å ikke vurdere gjennomgangstrafikken næremere i denne omgang.

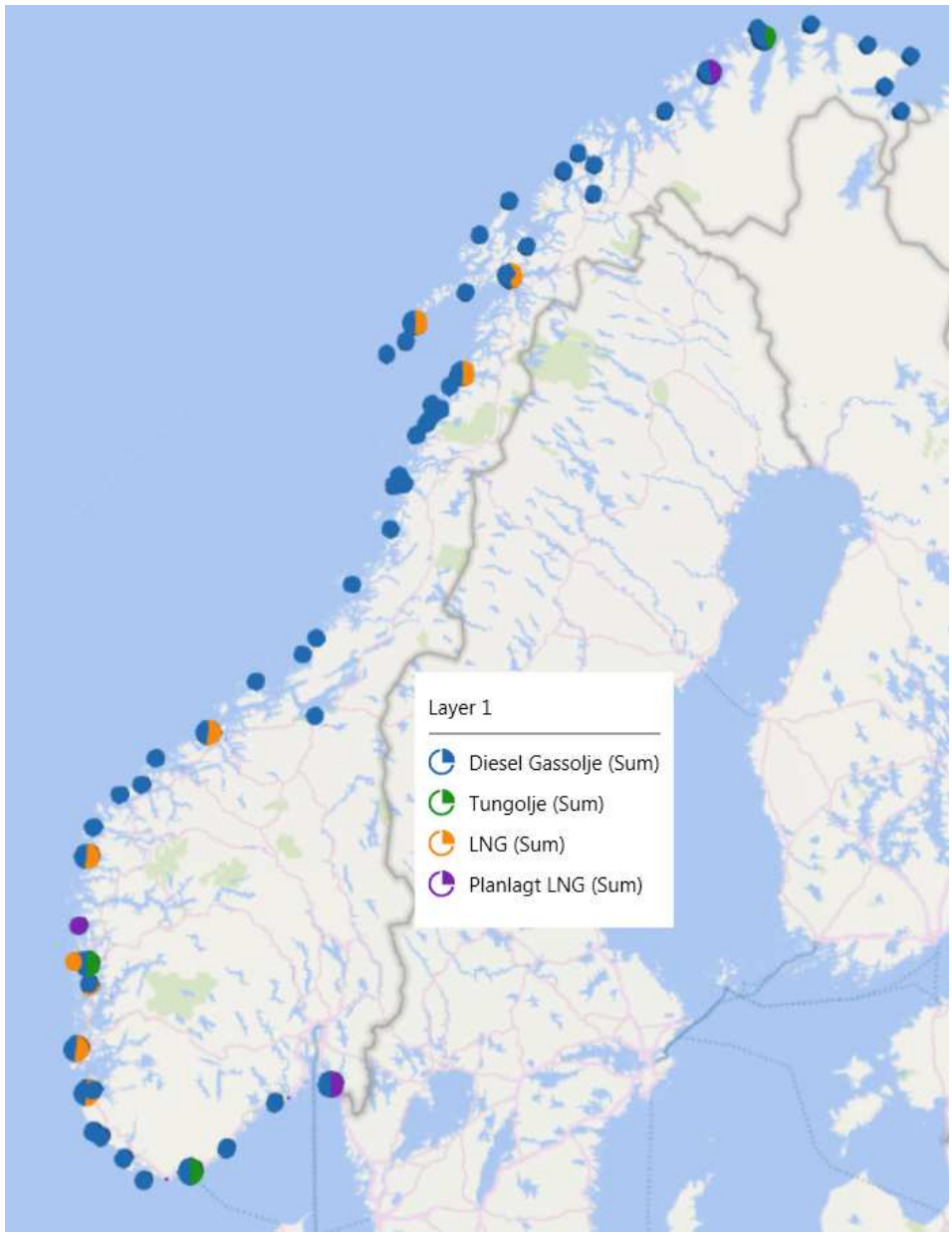
3.4 Drivstofforbruk i havn

Omtrent 160 000 tonn drivstoff, eller 7%, er beregnet forbrukt i havn. Av dette er mesteparten knyttet til bruk av skipets hjelpemaskineri ved havneligge i de 32 største havnene. Av dette står offshore supply skip for 41%, og passasjerskip for 15%. Lasteskip står samlet sett for 25%.

De største havnene, målt i drivstofforbruk ved havneligge, finnes på Vestlandet. Dette skyldes trafikk fra offshore supplyskip. Bergen er suverent størst, fulgt av Mongstad. Deretter følger Florø, Tananger, Oslo og Stavanger, alle med vesentlig lavere forbruk. I Oslo er passasjerskip største bidragsyter.

3.5 Bunkringsinfrastruktur

En gjennomgang av bunkringsinfrastrukturen viser at det i hovedsak er petroleumsdestillater (MGO og MDO) som er tilgjengelig som marint drivstoff langs kysten. Tungolje og LNG leveres kun fra et fåtall større anlegg. Figur 3-4 viser en oversikt over bunkringsstasjoner langs kysten. Merk også at i tillegg til de oppgitte havnene er det omfattende distribusjon av drivstoff via tankbiler til adskillig flere havner. Volumene som leveres fra hver stasjon varierer mye. Merk at mye av drivstoffet som forbrukes i norske farvann bunkres i utlandet.



Figur 3-4: Bunkringsstasjoner langs norskekysten – inkludert type drivstoff som leveres.

4 MODELL FOR BEREGNING AV EFFEKTER AV TILTAK PÅ SKIP I NORSKE FARVANN

Modellen som anvendes for å beregne utslippsreduksjoner og kostnadseffektivitet for tiltak på skip i norske farvann baserer seg på en tidligere utviklet modell, som refereres til som MACC[3]–modellen. Denne modellen er brukt i en rekke tidligere studier for verdensflåten (Eide et al., 2011; Hoffmann et al., 2012; Eide et al. 2013). Modellen beregner ulike utslipp og tilhørende kostnader knyttet til tiltak på skipsnivå, der endringer i flåtesammensetning over tid tas hensyn til.

4.1 Generell modellbeskrivelse

I modellen utvikles et gitt flåtesegment iterativt ved at enkeltskip legges til og fjernes fra segmentet. Et baseline kostnads- og utslippsnivå bestemmes ved hjelp av en aktivitetsbasert tilnærming, mens tilsvarende verdier for kostnader og utslipp beregnes for hvert enkelt tiltak som benyttes i studien.

Modellen opererer altså med to ulike kostnads- og utslippsnivåer som sammenlignes og danner grunnlaget for kostnadseffektivitetsberegningene:

1. Baseline: Dagens utslipps- og kostnadsbilde fremskrives i tråd med forventet flåtevekst.
2. Tiltak: Utslipp og kostnader avhenger av tiltaksopptak og drivstoffpriser.

Kostnadene, besparelsene og de potensiell utslippsreduksjone beregnes for alle utslippsreduserende tiltak for flåten i et gitt år. Modellen holder rede på antallet skip som bygges og skrapes, og summerer opp kapital- og operasjonelle kostnader knyttet til implementering av tiltak, og sammenligner med baseline-scenariet.

Som mål for kostnadseffektiviteten til tiltaket/kombinasjonen av flere tiltak, benyttes enheten «marginal reduksjonskostnad». Begrepet forstås som kostnaden for å redusere en ytterligere enhet, og kan uttrykkes ved hjelp følgende formel for kostnadseffektivitet:

$$Kostnadseffektivitet = \frac{\Delta C - \Delta B}{\Delta E} \qquad (1)$$

hvor:

ΔE Forventet utslippsreduksjon, sammenlignet med baselinescenariet, som følge av tiltak gjennom levetiden til skipet [tonn CO_2 redusert]

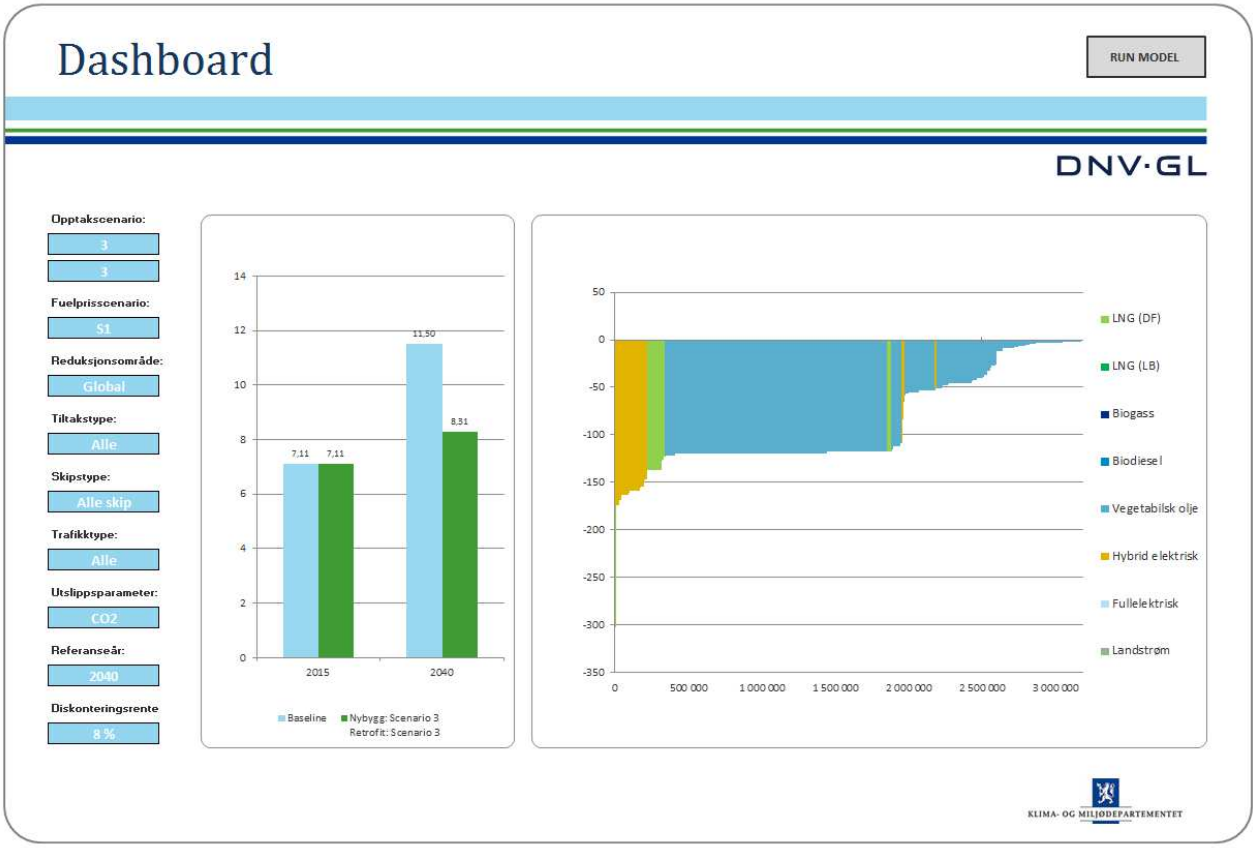
ΔC Levetidskostnaden, sammenlignet med baselinescenariet, ved å implementere og operere tiltaket på skipet [NOK]

ΔB Operasjonelle kostnader/besparelser, sammenlignet med baselinescenariet, knyttet til tiltaket over levetiden til skipet [NOK]

Besparelser knyttet til tiltaket trekkes fra kostnaden knyttet til installasjon og operasjon, for så å deles på forventet reduksjon over levetiden til tiltaket. Både kostnader og besparelser beregnes årlig over levetiden til fartøyet, og diskonteres i henhold til nåverdiprinsippet[4].

[3] MACC – Marginal Abatement Cost Curve.
[4] Det er benyttet henholdsvis 8% diskonteringsrente for bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske beregninger

Figur 4-1 viser et utsnitt fra modellen og hvordan man effektivt kan generere resultater basert på endrede rammebetingelser og aktiv filtrering (nedtrekksmenyene i venstre marg).

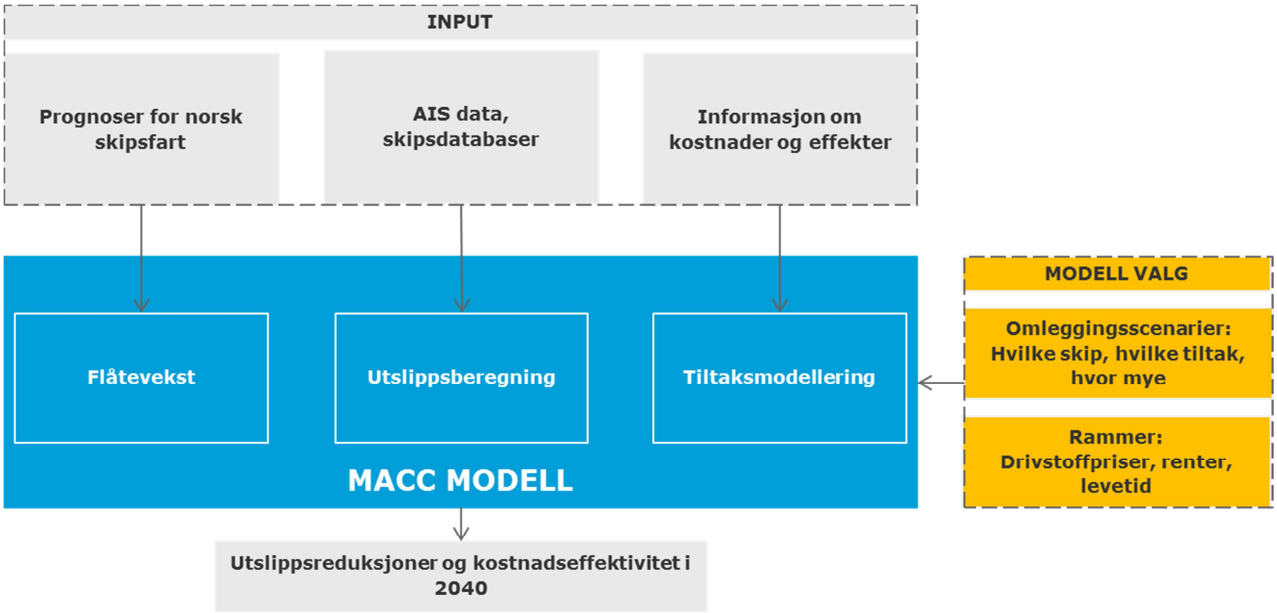


Figur 4-1: Utsnitt fra modelldashboard hvor man analyserer et gitt scenario med tanke på utslippsreduksjon (graf til venstre) og kostnadseffektivitet (graf til høyre).

Figur 4-2 viser de sentrale modulene som inngår i modellen:

- Flåtevekstmodulen
- Utslippsberegningsmodulen
- Tiltaksmodulen

Figuren viser også sentrale input-kilder til de forskjellige modulene. Kapittel 4.2 beskriver den sentrale funksjonaliteten i modellen per modul.



Figur 4-2: Oversikt over DNV GLs MACC modell.

4.2 Utslippsberegningsmodul

Modellen baserer seg på den aktivitetsbaserte utslippsanalysen fra forstudien 'Sammenstilling av grunnlagsdata om dagens skipstrafikk og drivstofforbruk' (DNV GL, 2014b) som beregner drivstofforbruk og utslipp fra alle skip i norske farvann i 2013. Disse beregningene danner et baseline CO_2-utslippsnivå.

En grundig gjennomgang av datamaterialet fra forstudien var nødvendig for å kunne segmentere skipene på en effektiv måte, uten å miste relevant informasjon. Hvert skip blir modellert slik at det tilhører en av 13 skipstyper (tankskip, bulkskip, fiskefartøy, etc.), som hver er delt inn i 7 størrelseskategorier, totalt 91 unike segmenter. Videre er skipene delt inn i 3 segmenter avhengig av hvor mye av tiden i løpet av året de tilbringer i norske farvann; 0-20%, 20-80% og 80-100%. Totalt 273[5] segmenter danner grunnlaget for resultatene der hvert segment kjennetegnes ved følgende attributter:

1. Skipstype (13 fartøyskategorier)
2. Størrelseskategori (7 størrelseskategorier)
3. Andel tid i norske farvann (3 aktivitetskategorier)

Et gjennomsnittlig skip (definert som et skip med en hovedmotorstørrelse lik det numeriske gjennomsnittet for skipene i et gitt segment) er brukt til å representere alle skipene i hvert segment for modellering av tiltak. Karakteristikkene til gjennomsnittsskipet inkluderer typiske verdier for andel av tid i forskjellige trafikktyper (innenriksfart, utenriks etc.), drivstoff, alder, antall motorer, motorkraft, fremdriftssystem, etc.

4.3 Flåtevekstmodul

Modellen er konstruert slik at den bruker flåtevekstrater og opphuggingsrater for å estimere antall skip i operasjon for et gitt år i et gitt skipssegment. En årlig opphuggingsrate og en årlig flåtevekstrate er gitt som en andel av den eksiterende flåten per segment for hele modelleringsperioden. Antall skip i et segment i påfølgende år er gitt ved å legge til nye skip til fjorårets flåte og ved å trekke fra opphuggede

[5] 273 = 13 x 7 x 3

skip. Modellen tildeler byggeår til hvert skip, og gir dermed muligheten til å lage en aldersdistribusjon for flåten for ethvert fremtidig år.

I denne utredningen er modellen tilpasset til å beregne veksten i skipstrafikk i norske farvann.

Som utgangspunkt for beregning av flåtevekst benyttes prognoser for sjøtransport i norske farvann, utarbeidet høsten 2014 for Kystverket i Sjøsikkerhetsanalysen (DNV GL, 2014d). Den omfattende studien beregnet vekst i utseilt distanse i norske farvann for alle hovedskipstypene frem mot 2040, og baserer seg bl.a. på detaljerte prognoser for varestrøm fra Transportøkonomisk Institutt (TØI).

4.4 Tiltaksmodul

Modellen simulerer implementering av tiltak, både på nybygg og på eksisterende skip, og beregner kostnader og utslippsreduksjoner knyttet til tiltakene. Både kostnader og utslippsreduksjoner kan aggregeres på ønskelig nivå (f.eks. per skipstype).

I denne utredningen er følgende tiltak modellert:

- LNG
- Biogass
- Innblanding av biodiesel (20 %)
- Vegetabilsk olje
- Fullelektrisk
- Hybridelektrisk

Tiltakene defineres med en effekt (utslippsreduksjon/drivstoffreduksjon) og en kostnad (investeringskostnad og driftskostnad). Effekt og kostnad er definert per skipssegment (størrelse og skipstype), og tillater en dynamisk utvikling over tid, men er i denne studien holdt konstant. Tiltakene som modelleres beskrives i detalj i kapittel 5.

Det er kun modellert ett enkelt tiltak per skip gjennom skipets levetid. Det kan argumenteres for at noen av tiltakene kan være interessante å kombinere når teknologiene modnes ytterligere (feks. i kombinasjon med LNG). Dette er imidlertid ikke hensyntatt i analysen i denne omgang.

Kostnader knyttet til infrastruktur og forsyning er implisitt inkludert, gjennom prising av drivstoff (LNG). Infrastrukturkostnader er også regnet eksplisitt, men da som input til næringseffekter (kapittel 8)

Merk at landstrøm ikke modelleres på samme nivå som de andre tiltakene. Detaljert beskrivelse av landstrøm gis i vedlegg C.

Merk for øvrig at drivstoff bare er ett av flere mulige sett av tiltak for å bedre miljøpåvirkningen fra skipsfart. Andre tiltakskategorier inkluderer *tekniske tiltak*, *operasjonelle tiltak* og *strukturelle tiltak.* Effekten av, og samspillet med, andre tiltakskategorier er ikke vurdert.

4.5 Grunnleggende modellantagelser

MACC-modellen for beregninger av utslipp og tilhørende reduksjoner vil så godt det lar seg gjøre forsøke å ivareta kompleksiteten i problemstillingene. Samtidig er forenklinger og antagelser høyst nødvendig for at et komplekst problem skal kunne modelleres effektivt. De mest grunnleggende modelleringsantagelser er:

- Trafikkgrunnlaget baserer seg på all trafikk registrert i norske farvann i 2013 (over 6000 unike skip).
- Alle skip innenfor et enkelt segment (273 segmenter) behandles på samme måte. Dette betyr at segmenter med flere skip vil representeres med gjennomsnittsverdier for segmentet i modellen.
- Modellen velger i utgangspunktet det mest kostnadseffektive tiltaket, men kan «overstyres» til å velge andre utvelgelseskriterier avhengig av analyseformål.
- Investeringskostnader for flere av tiltakene forventes å falle over tid. Dette er imidlertid ikke reflektert i modellen for alle drivstoffalternativene. Resultatene kan således anses som konservative.
- Modellen beregner utslipp og kostnader i femårsintervaller. Dette betyr at endringer innenfor flåtevekst, priser og utslippsreduksjoner ikke kan endres hyppigere enn hvert femte år. Det anses imidlertid ikke som en svakhet, da datagrunnlaget ikke foreligger på et mer finmasket format.

5 TILTAKSBESKRIVELSE

Dette kapittelet beskriver tiltakene som analyseres gjennom modellen omtalt i kapittel 4. For hvert titak beskrives følgende:

- Generell beskrivelse
- Teknisk anvendbarhet
- Utslippsreduksjoner
- Kostnader for nybygg og eksisterende skip

Til slutt i kapittelet gis en oppsummering av nøkkelparametere knyttet til hvert tiltak.

Diskusjonen om kostnader i dette kapittelet inkluderer investerings- og operasjonskostander for skipseiere. Vedlegg D inkluderer en oversikt over infrastrukturkostnader.

5.1 LNG

5.1.1 Generelt

Flytende naturgass, Liquified Natural Gas (LNG), er naturgass som er nedkjølt og kondensert til flytende form. LNG produseres hovedsakelig for å muliggjøre transport av gass der investering i gassrør ikke egner seg, samt for lagring og oppbevaring. Bruken av LNG som drivstoff i skip forventes av mange å øke vesentlig verden over, og spesielt i nærskipsfarten. Sentrale drivere for denne utviklingen er utslippsreguleringer for skip i ulike farvann (MARPOL Annex VI, særlig innen ECA, samt EU og USA), samt forventet stabilt lave gasspriser sammenlignet med olje og diesel.

Skip som kan dokumentere norsk avgiftspliktig fart og utslippsreduksjon av NO_X kan i tillegg få investeringsstøtte på inntil 80% fra Næringslivets NO_X-fond. Fondet har vært en vesentlig bidragsyter til LNG-prosjektene som har kommet på plass i Norge.

Per januar 2015 er det 57 LNG-drevne fartøy i operasjon i verden. Det er også 77 bekreftede bestillinger av LNG-drevne skip. De aller fleste av disse har norsk opprinnelse, men andelen utenlandske prosjekter har vært sterkt økende de siste årene. Selv om dette er relativt få skip i forhold til totalen, kan LNG nå anses å være en moden teknologi. Distribusjon og tilgang er imidlertid ennå en utfordring mange steder.

Langs norskekysten er tilgangen på LNG for småskala bunkring forholdsvis god. Det er også mulig å etablere marine bunkringsterminaler på land/kai med tanksystemer som forsynes av lastebiler eller små LNG tankskip fra nærliggende LNG eksportterminaler. Prisen for LNG og den relativt høye ekstrainvesteringen på skip er den avgjørende faktorene for satsing.

Utslippsreduksjonen ved forbrenning av LNG på skip kan være vesentlig på CO_2 (20%). Utslipp av NOx kan reduseres med 85%, mens SO_X og partikler blir tilnærmet eliminert. SOx-utslippene er imidlertid allerede relativt lave for MGO. CO_2-gevinsten er lavere ved enkelte motorløsninger ved dagens teknologi pga metanutslipp, samt i et livsløpsperspektiv grunnet utslipp av CO_2 og metan forbundet med produksjon, lagring og transport av LNG. Tilsetting av biogass vil være mulig tilsvarende tilsetting av biodiesel i diesel til biler.

5.1.2 Teknisk anvendbarhet

Alle skip kan i prinsippet bruke LNG. Studien legger ingen begrensninger på det tekniske potensialet for bruken av LNG.

5.1.3 Utslippsreduksjoner

Selv om dual-fuel dieselmotorer kan anvende både LNG og diesel, antar studien at skipene med slike motorer utelukkende vil anvende LNG. Bruk av diesel vil gjøre at utslippsreduksjonene blir mindre enn angitt her. Utslippsreduksjonen fra en LNG-motor avhenger av hvilken type motorteknologi som anvendes. I denne studien skiller vi svært forenklet mellom to typer, som prakstisk kan kobles med relevant motorinformasjon i utslippsberegningsmodulen. Tabell 5-1 angir endring i utslippsfaktorene sammenlignet med fossile drivstoff for de to motortypene. Det er imidlertid verdt å merke at inndelingen og utslippsfaktorene ikke er dekkende for alle LNG motoralternativer (jf. for eksempel 2-takts lavtrykks LNG-motorer med «Otto-syklus»). Imidlertid er inndelingen vurdert tilfredsstillende i forhold til motortypene som dominerer i norske farvann.

Tabell 5-1: Utslippsfaktorer for LNG, prosentvis endring sammenlignet med fossile drivstoff. Basert på DNV (2010).

LNG motor type	GHG	NO_X	PM10	SOx
Medium & high speed*	-10-15%***	Under IMO Tier III NO_X krav	-100%	-100%
Slow speed**	-17-20%	IMO tier II****	-100%	-100%

*) For denne gruppen foutsetter vi hovedsakelig mellom- og høyturtalls 4 taktsmotorer som virker etter Ottomotor-prinsippet (både «dual fuel» og «lean burn» (kun gass)).

**) For denne gruppen forutsetter vi hovedsakelig lavturtalls 2 taktsmotorer som virker etter dieselmotor-prinsippet (jf. høytrykks to-takt dual fuel LNG løsning).

***) Gjelder «lean burn» (kun gass) motorer. For dual-fuel motorer i gassmodus kan en få en *økning* i GHG utslipp i størrelsesorden 15-20%.

****) Imidlertid kan en i virkeligheten forvente at LNG-løsningenene for to-takts saktegående motorer blir i henhold til Tier III utslippsnivå, pga integrering med EGR/SCR (i tilfellet høytrykksløsning), eller pga. anvendelse av 2-takts lavtrykksløsninger (otto-syklus) som allerede har tier III-utslippsnivå.

Ut fra tabellen og forutsetningene over, fremgår at modellen overestimerer NO_X-utslippene fra de store skipene med lavturtalls to-taktsmotorer drevet på LNG. Selv om det er usikkerhet knyttet til den antatte gjennomsnittsreduksjonen i CO_2-ekvivalenter fra mellom- og høyturtalls 4-takts LNG-motorer, anses de oppgitte verdier å være realistiske gitt forventet teknologiutvikling fra dagens situasjon.

Tabell 5-1 viser hvilke motortyper som antas brukt på de forskjellige skipssegmentene basert på DNV studier utført av DNV.

Tabell 5-2: Inndeling i motortyper, basert på DNV (2013). Merk at ikke alle skipstyper er representert i alle størrelsessegmenter. Lys: Medium og High speed. Mørk: Slow speed.

	<= 999 GT	1000 - 4999 GT	5000 - 9999 GT	10000 - 24999 GT	25000 - 49999 GT	50000 - 99999 GT	>= 100000 GT
Oljetankere							
Kjemikalie-/produkttankere							
Gasstankere							
Bulkskip							
Stykkgodsskip							
Konteinerskip							
Ro Ro last							
Kjøle-/fryseskip							
Passasjer							
Offshore supply skip							
Andre offshore service skip							
Andre aktiviteter							
Fiskefartøy							

5.1.4 Kostnader for nybygg

Merkostnadene for LNG-drift er anslått ved å anta et forhold mellom merkostnad og total installert effekt. Installert effekt er kjent for hvert skipssegment i modellen, basert på AIS-data, og mulitpliseres med en enhetspris (NOK/kW) .

Enhetsprisen varierer med størrelsen på installert effekt, og reduseres trinnvis med økende motorstørrelse, fra 20 000 NOK/kW for små båter/motorer, til 7 000 NOK/kW for de største. Tankkostnader er inkludert.

DNV GL har data fra LNG-prosjekter i Norge som er brukt for å etablere forholdet mellom merkostnad per kW og total installert effekt.

5.1.5 Kostnader for eksisterende skip

De store motorprodusentene tilbyr retrofit-pakker for mange av sine motorer. Nyere motorer er stort sett lettere å bygge om. Motorer eldre enn 5 år antas å være vanskelige å bygge om.

Kostnadene antas å ligge noe over kostnadene forbundet med nybygg, og knytter seg bl.a. til behov for skrogforsterkninger, off-hire, etc. For et nytt skip er det differansen mellom LNG-motor og MGO-motor som er merkostnaden. For et eksisterende skip er det hele prosjektkostnaden og LNG motor/tankkostnaden som er merkostnaden. Merkostnaden for LNG-drift på eksisterende skip er anslått

til å ligge 50% over merkostnadene for LNG-drift på nye skip. Dette er konservativt for de skipene der det tilbys retrofittpakker i dag. For skip der dette ikke tilbys vil konverteringen innebære at hele motoren mer eller mindre byttes ut. Denne ekstrakostnaden er mye høyere, og er ikke reflektert i vår modell. Merk at skip i dag kan designes som «LNG ready» som vil gjøre en retrofit lettere og billigere.

5.2 Biodiesel (20% innblandet) og vegetabilsk olje

5.2.1 Generelt

Biodrivstoff er en fornybar energibærer som utvinnes fra biogent materiale og fremstilles ved naturlig, anaerob nedbryting av organiske materialer som slam, trevirke og kompost.

Ved forbrenning har biogass/diesel omtrent de samme egenskapene som naturgass/diesel og tilsvarende dannelse av forbrenningsprodukter. Imidlertid tilskrives biodrivstoff et langt lavere CO_2-utslipp siden CO_2 fra forbrenning av gass fra biologisk materiale i utgangspunktet ikke medfører en økning av CO_2 mengden i atmosfæren; det regnes som del av det CO_2 som ellers ville vært i omløp, i motsetning til CO_2 fra fossile energikilder.

Biodrivstoff kan utvinnes fra tre hovedkilder:

- Spiselig avling (f.eks. raps og mais)
- Ikke-spiselig avling (marginal avling som ikke konkurrerer med matproduksjon)
- Slam, trevirke og kompost
- Alger (Eksperimentell produksjon i nåværende form)

Ved rett produksjon kan det være store klimabesparelser knyttet til drivstoffet. Det er også et fleksibelt drivstoff som kan benyttes iblandet oljebasert drivstoff på vanlige maskiner med minimale justeringer. Drivstoffet vil således kunne benyttes av alle konvensjonelle skipstyper og i de fleste typer operasjon såfremt leverandørsituasjonen er ivaretatt. Det finnes allerede skip i operasjon som er tilpasset biodrivstoff, og utviklingen vil i stor grad være avhengig av prisutviklingen for tradisjonelle drivstoff. Førstegenerasjons biodiesel lages gjennom en videreforedling av olje som finnes naturlig i vekstene. Dette er en velkjent og velprøvd teknologi. Typiske vekster for slik produksjon er oljepalmer, raps, soyabønner og den tropiske planten jatropha. Andregenerasjons, eller syntetisk biodiesel kan produseres ved å gassifisere trevirke eller annen celluloseholdig biomasse og deretter lage flytende drivstoff av syntesegassen (Fisher-Tropsch prosess). Fordelen med denne produksjonsformen er at man ikke benytter produkter som kunne vært anvendt til mat, og ikke beslaglegger areal som kan benyttes til matproduksjon.

Biodrivstoff som energibærer for skip vil sannsynligvis på kort sikt være mest aktuelt som et produkt hvor en mindre andel blandes i LNG/diesel. Denne blandingen vil være dyrere enn LNG/MGO, men samtidig ha et bedre klimaregnskap. Høye kostnader for den totale verdikjeden ved småskala produksjon gjør at biodrivstoff per i dag er mindre aktuell som primær energibærer for skip i Norge. Storskalaproduksjon kan endre dette bildet. Høyre innblandingsandeler eller 100 % biodrivstoff er aktuelt på lengere sikt.

Imidlertid kan biodrivstoff også brukes i form av vegetabilske oljer, uten omforming til diesel. Dette sparer energibruk i produksjonsfasen. Vegetabilske oljer egner seg imidlertid ikke til innblanding, men kan anvendes 100% i dieselmotorer med relativt små modifikasjoner av motor og drivstoffsystemer (Ecofys, 2012).

5.2.2 Teknisk anvendbarhet

Fossil diesel med lavinnblanding av biodiesel kan brukes med små eller ingen tilpasninger i de fleste av dagens dieselmotorer. Høyinnblanding eller bruk av ren biodiesel krever normalt noen justeringer og tilpasninger av dieselmotoren (Holtsmark, 2010).

I modellen legges ingen begrensinger i det tekniske potensialet for bruk av biodrivstoff. Alle forbrenningsmotorer på skip i dag er satt til å kunne anvende biodrivstoff.

5.2.3 Utslippsreduksjoner

Det har lenge vært bred aksept for at bruk av bioenergi er "klimanøytralt", noe som innebærer at man ikke skal regne CO_2-utslipp ved forbrenning av bioenergi som et klimagassutslipp (Holtsmark, 2010). Synet på bioenergi som klimanøytralt er også reflektert i rapporten fra faggruppen Klimakur 2020. Følgelig inkluderer man ikke CO_2-utslipp ved forbrenning av bioenergi i utslippstallene (Klimakur 2020, 2010).

Her må man imidlertid huske på at Klimakurs mandat var å se på utslipp i Norge slik disse regnskapsføres i henhold til Klimakonvensjonen og Kyoto-protokollens regelverk. I henhold til dette regelverket bokføres ikke CO_2-utslipp som genereres ved forbrenning av bioenergi.

Det er imidlertid enighet om at forbrenning av bioenergi gir CO_2-utslipp på linje med forbrenning av fossile kilder, målt ved forbrenningspunktet. Forbrenning av for eksempel trevirke gir omtrent like høye CO_2-utslipp per energienhet som kull, det vil si høyere enn olje og gass. Årsaken til at biomasse likevel ikke er kvotepliktig og er fritatt for CO_2-avgift er at plantene gjennom sin vekst fanger tilbake den samme mengden CO_2 fra atmosfæren som biomassen avgir ved forbrenning. Innhøsting av ulike vekster for bioenergiformål vil gi plass til nye vekster som fanger samme mengde CO_2 tilbake. Se bl.a. Holtsmark (2010) for en videre diskusjon av dette.

Denne studien bruker samme definisjon som Klimakur når det kommer til beregning av CO_2-utslipp fra biodrivstoff.

Tabell 5-3 viser utslippsfaktorene for biodrivstoff.

Tabell 5-3: Utslippsfaktorer for biodrivstoff, prosentvis endring sammenlignet med fossile drivstoff (Ecofys, 2012).

	GHG		NO_X	SO_X
	Livsløpsutslipp	**Brukt i denne studien**		
Biodiesel	- 19 til -83%	-100%	+10%	-100%
Vegetabilsk olje (rapsolje)	- 57 %	-100%	+10%	-100%
Biogass	-73 til -81%	-100%	Som LNG	Som LNG

I denne studien er tiltaket 'biodiesel' det samme som 20% innblandet biodiesel i marin diesel, mens 'vegetablisk olje' er 100% vegetabilsk olje. 100% bruk av biodiesel vil ha samme utslippseffekt som vegetabilsk olje, men vil ha noe lavere kostnadseffektivitet på grunn av noe høyere pris. Fra et bærekraftsperspektiv vil andregenerasjons biodiesel være mer attraktiv enn vegetabilsk olje, siden slik biodiesel kan produseres fra biprodukter fra annen produksjon og konkurrerer ikke med matproduksjon.

5.2.4 Kostnader for nybygg

Ved bruk av biodrivstoff (inntil 20% innblanding) antas dette ikke å medføre merkostnader. Ved 100% biodrivstoff antas det at det vil være nødvendig med enkelte modifikasjoner på motor og drivstoffsystemer. Det er antatt en økt investeringskostnad på 5% på motorkostnaden (Eide et al. 2013). Motorkostnadene for de enkelte skip i modellen beregnes utifra samlet installert effekt (i kW) og en motorkostnad på 500 USD/kW.

5.2.5 Kostnader for eksisterende skip

Kostnaden for eksisterende skip er antatt noe høyere enn for nybygg. Ekstrakostnaden anslås til 50% av kostnaden for biodrivstoff på nybygg, slik at eksisterende skip vil ha en merkostand tilsvarende 7,5 % av opprinnelig motorkostnad.

5.3 Biogass

Biogass er en fornybar energikilde som kan produseres av ressurser som blir sett på som biprodukter eller avfall. Biogass produseres når mikroorganismer bryter ned organisk materialet uten tilgang på oksygen. Biogass kan transporteres på samme måte som naturgass som flytende gass (LBG, liquid biogas). For å benytte biogass som drivstoff, må rågassen oppgraderes til naturgasskvalitet. Når biogassen er oppgradert til en kvalitet som kan anvendes i skip, blir den ofte omtalt som biometan. Etter oppgradering av biogassen vil biogassen (biometan) kunne brukes på lik linje med naturgass i skip som er tilpasset gassdrift (KFD, 2013). Tiltakstypen biogass i denne studien omfatter flytende biogass (LBG). LBG kan fullstendig erstatte eller blandes ut med LNG for bruk i marine gassmotorer uten behov for modifikasjoner.

Biogass produseres og brukes i Norge i dag i meget beskjedne mengder, men det er et betydelig potensiale for produksjon i årene som kommer.

Som for andre biodrivstoff vil biogass ha et langt lavere CO_2-utslipp enn konvensjonelle drivstoff siden CO_2 fra forbrenning av gass fra biologisk materiale i utgangspunktet ikke medfører en økning av CO_2-mengden i atmosfæren; det regnes som del av det CO_2 som ellers ville vært i omløp, i motsetning til CO_2 fra fossile energikilder.

5.3.1 Utslippsreduksjoner

Samme som for LNG, med unntak av GHG, der biodrivstoff per definisjon skal regnes med nullutslipp. Se Tabell 5-3.

5.3.2 Kostnader for nybygg

Motoren er den samme som for LNG og vil ha tilsvarende kostnader.

5.3.3 Kostnader for eksisterende skip

Dersom biogass anvendes på skip som i utgangspunktet går på fossil LNG medfølger ingen ekstrakostnader.

Kostnader for konvertering av skip fra diesel- til LNG-drift er beskrevet under LNG-kapittelet.

5.4 Fullelektrisk

5.4.1 Generelt

Miljømessig er elektrisitet et meget godt alternativ sammenlignet med andre energibærere, siden elektrisitet ikke medfører direkte utslipp. Elektormotorer er også svært energieffektive. Bruk av elektrisitet som eneste energibærer til skip krever robuste batteriløsninger og utbygging av infrastruktur på land. Kapasiteten på dagens batteriløsninger er allerede god, og det forventes ytterligere forbedringer i årene som kommer. Ladeprosessen er effektkrevende og i de fleste tilfeller vil det lavspente forsyningsnettet på kai måtte bygges ut for å levere tilstrekkelig effekt til lading. Det er også mulig med stasjonære landbaserte batteripakker, som enten kan byttes ut med pakken på skipet, eller benyttes som buffer for lading av pakken om bord. Dette vil redusere behovet for et oppgradert strømnett.

Når det gjelder batteridrift på skip, ligger utviklingen omtrent der LNG var for 10 år siden. Det er to kjente rene batteriskip og rundt 21 hybridskip under bygging eller i drift i dag. Under 50% av disse har norsk flagg.

Alle skipssegmenter er relevant for elektrifisering, men omfang og effekt av tiltak vil variere basert på motorenes operasjonsprofil. Operasjoner med store variasjoner i effektuttak eller skip med periodisk lav motorutnyttelse, vil være de som har mest å hente på hel eller delvis elektrifisering. Typiske eksempler på skip med store variasjoner i effektuttak er offshore fartøy, taubåter og ferger. Eksempler på skip med periodisk lav motorutnyttelse er skip som ofte er i ventesituasjoner for å laste og losse, fiskebåter under fiske, og ulike typer offshore servicefartøy som venter.

5.4.2 Teknisk anvendbarhet

Ved full elektrifisering lades batterier om bord i skipet mens skipet ligger til kai. Batteriene leverer så energi til motorene under overfarten. Fullelektrifisering av skip begrenser seg til et fåtall segmenter; typisk mindre passasjerskip og lasteskip i faste ruter. Dette skyldes at energimengden som kreves av de fleste skip overstiger det som kan leveres fra et batteri uten at batteriets vekt og volum overstiger hva som med rimelighet kan antas å være akseptabelt, endog overstiger skipets bæreevne for last. I tillegg vil det ligge begrensinger knyttet til behov for infrastruktur på landsiden.

Operasjonsmønsteret, i form av regularitet i havneanløp og energibehov, gjør at 6 skipssegmenter vurderes å ha teknisk potensiale for fullelektrifisering (se

Tabell 5-4).

I modellen begrenses anvendbarheten for stykkgodsskip til skip som er mer enn 80% i norske farvann. For passasjerskip begrenses anvendbarhet til skip med mer enn 20% i norske farvann.

5.4.3 Utslippsreduksjoner

Utslipp om bord fra fullelektriske skip vil være null, og studien antar følgelig at alle utslipp fra et fullelektrisk skip er eliminert.

Det er mulig å inkludere utslipp fra produksjon av elektrisitet i beregningene. Denne studien anvender ikke et livsløpsperspektiv, men det bemerkes at det i slikt perspektiv vil medfølge utslipp knyttet til produksjonen av elektrisitet. Selv om norskprodusert strøm er svært "grønn", gjør internasjonal krafthandel at strømmen som brukes i Norge generelt sett ikke kan tilskrives null utslipp.

CO_2-bidraget fra norskkonsumert kraft er omdiskutert, og vil variere med antagelse om hvor og hvordan elektrisiteten er produsert (Cicero, 2012);

- Norsk miks 2007-11: 50 g CO_2 eq /kWh
- Nordisk miks 2007-11: 200 g CO_2 eq /kWh
- EU27 miks 2010: 542 g CO_2 eq/kWh

5.4.4 Kostnader for nybygg

Kostnadsbildet for nullutslippsteknologi slik som elektrisitet er komplisert og innehar betydelig usikkerhet. Det er naturlig nok ikke mye kostnadsdata tilgjengelig fra reell anvendelse av slike teknologier. Når det gjelder batteri og batteridrift er det slik at skalering av kostnadene for batteripakke er mer eller mindre lineær i forhold til kWh behov.

Investeringskostnad er regnet ut fra en kostnad på 1000 USD/kWh for batterisystemet og elmotor. Det trekkes fra kostnader for dieselmotoren, 500 USD/kW. Størrelsen på batteripakken, E (kWh), blir skalert etter effektbehov, rekkevidde, og ønsket fart.

$$E = \frac{PR}{V}$$

der

P = effektbehov [kW]

V = fart [knop]

R = rekkevidde [nm]

Energibehovet bestemmes ut fra skipets effektbehov og operasjonsmønster. Skipets effektbehov er gitt fra AIS dataene. Se

Tabell 5-4 for en oversikt over antagelser om operasjonsprofilen.

Batterier har en begrenset levetid som også må regnes inn. En antatt levetid på 10 år er vanlig å bruke. Levetiden påvirkes av driftsforhold. Det antas at ett batteribytte i skipets levetid er nødvendig. Kostnaden ved dette bakes inn i initiell investeringskostnad gjennom en nåverdibetraktning av den fremtidige utgiften. Studien anslår at ett batteribytte vil gi en merkostnad på 50% på initiell investeringskostnad.

Tabell 5-4: Merkostnad for fullelektrifisering.

Skipstype	Størrelse (GT)	Merkostnad (mNOK)	Antagelser om operasjonsprofil

Stykkgodsskip	< 1000	34,5	Motoreffekt; 700 kW Fart; 12 knop Maks rekkevidde; 100 nm*
Stykkgodsskip	1000 - 4999	74,1	Motoreffekt; 1300 kW Fart; 12 knop Maks rekkevidde; 100 nm
Passasjer	< 1000	7,3	Motoreffekt; 1400 kW Fart; 13 knop 1 time overfart mellom lading
Passasjer	1000 - 4999	51,2	Motoreffekt; 2200 kW Fart; 13 knop 1 time overfart mellom lading
Passasjer	5000 - 9999	50,4	Motoreffekt; 6500 kW Fart; 13 knop 1 time overfart mellom lading
Passasjer	10000 - 24999	310,4	Motoreffekt; 10000 kW Fart; 15 knop 7 timer overfart mellom lading

*) Tilsvarer Kristiansund – Trondheim.

5.4.5 Kostnader for eksisterende skip

Det vurderes ikke som teknisk gjennomførbart å fullelektrifisere et eksisterende skip.

5.5 Hybridelektrisk

5.5.1 Generelt

Hybridløsninger på skip kan generelt innebære en hvilken som helst blanding av forskjellige fremdriftslønsinger eller energibærere. I denne studien refererer vi til hybridløsninger som en konfigurasjon der dieselmotorer står for hovedleveransen av energi om bord, støttet av et mindre batteri. Dette batteriet mottar energi fra dieselmotorene når skipets behov for energi tillater det, og gir ernergi tilbake til systemet når det er behov for det.

Teknisk sett er dette ikke dette et drivstoffalternativ, men et tiltak for energieffektivisering og dermed utslippsreduksjon: det er energien fra dieselmotoren som lagres i et batteri og hentes ut ved behov. Tiltaket er i samråd med oppdragsgiver likevel inkludert i analysen. I fremtiden forventes det også at «plug-in» hybride løsninger vil tas i bruk på skip, der batteriet lades fra landstrøm ved kailigge.

Hybridløsninger er særlig egnet der det er store svingninger i effektuttak der batteribanken kan stå for effekttoppene mens motorene hele tiden opererer jevnt innenfor optimalt område. Maritime hybridløsninger har et større bruksområde enn fullelektrisk og vil typisk først og fremst kunne favne:

- Offshore fartøy

- Fiske
- Slepebåter

Men også andre skip vil være aktuelle, inkludert ferger, isbrytere, passasjerbåter, hurtigbåter, forskningsfartøy, vind fartøy, spesialskip, offshore plattformer, skytteltankere, og tørrlast med kraner.

Det er så langt gjort svært lite for å identifisere potensialet for hybridisering av fartøy som går over lengre stekninger, f.eks. internasjonal fart.

5.5.2 Teknisk anvendbarhet

Modellen regner hybridisering for de følgende skipstypene:

- Offshore
- Fiske
- Andre aktiviteter (taubåter etc.)

5.5.3 Utslippsreduksjoner

Basert på utslippsdata fra hybridskipet Viking Lady (offshore supply) antas 15% reduksjon i drivstofforbruk. Hybridisering vil også kunne bidra til utslippsreduksjon gjennom endring av forbrenningskarakteristikker ved optimalisert drift på dieselmotorene, samt ved å øke effektiviteten av visse typer rensesystemer. Disse reduksjonene kan komme i tillegg til drivstoffreduksjon, men er ikke inkludert i våre beregninger.

5.5.4 Kostnader for nybygg

Kostnadene for nybygg baseres på Viking Lady. Det er ikke gjort tilsvarende beregninger for fiske og andre skipstyper. Det antas tilsvarende kostnad for disse skipstypene som for offshore.

Investeringskostnad på hybridsystemet er regnet ut fra en kostnad på 1000 USD/kWh, pluss 50% for batteribytte om 10 år. Størrelsen på batteripakken dimensjoneres til 5% av effektbehovet (installert effekt) over 1 time.

5.5.5 Kostnader for eksisterende skip

Kostnadene for installasjon på eksisterende skip vurderes dyrere enn for nybygg, og forutsetter at skipet i utgangspunktet er diesel-elektrisk. Ekstrakostnaden anslås til 50% over kostanden for nybygg.

For enkelhets skyld inkluderer modellen kun retrofit på skip med dieselelektrisk fremdrift. Typisk vil dette være for offshore supplyskip, andre offshore skip og andre aktiviteter. Studien tillater retrofit på den delen av disse segmentene som har dieselelektrisk fremdrift. Dette omfatter 50% av offshore supplyskip, 50% av andre offshore skip og 20% av andre aktiviteter.

5.6 Tiltaksbeskrivelse - Oppsummering

Tabell 5-5 oppsummerer en evaluering av noen nøkkelparametere knyttet til alternativene. Merk at det i tabellen ikke tas hensyn til hvor mange skip som kan anvende løsningen. Merk at landstrøm ikke modelleres som de andre tiltakene, men er nærmere diskutert i vedlegg C.

Tabell 5-5: Kvalitativ evaluering av noen nøkkelparametere knyttet til drivstoff-alternativer relativt til diesel. Grønn farge indikerer den mest fordelaktige vurderingen, fulgt av gul, orange og rødt.

	LNG	Biodiesel (20%)	Vegetabi-lsk olje	Biogass	Full-elektrisk	Hybrid-elektrisk	Land-strøm
Reduksjon av klimagasser	Moderat	Moderat	Høy	Høy	Høy	Moderat	Lav*
Reduksjon av NO_X	Høy	Negativ	Negativ	Høy	Høy	Moderat	Lav*
Reduksjon av SO_X	Høy	Moderat	Høy	Høy	Høy	Moderat	Lav*
Investerings-kostnad	Høy	Lav	Moderat	Høy	Høy	Moderat	Moderat

*Kun 7% av utslippene skjer i havn, og potensialet for å redusere utslipp ved hjelp av landstrøm er følgelig begrenset. Ettersom utslippene som reduseres skjer i havn er imidlertid effekten fra reduksjonen av NO_X og SO_X på lokal luftforurensning betydelig.

6 SCENARIER FOR PRIS PÅ DRIVSTOFF

Det er stor usikkerhet rundt fremtidige drivstoffpriser. Studien vil derfor bruke prisscenarier for konvensjonelle og alternative drivstoff innenfor omleggingsscenariene. De samme prisscenariene anvendes for alle omleggingsscenariene, slik at graden av implementering av tiltak, i form av alternative drivstoff, vil være det som skiller scenariene.

I utgangspunktet er prisen for et drivstoff en funksjon av drivstoffets produksjonskostnad og forholdet mellom tilbud og etterspørsel i markedet. Det er grovt sett to hovedmodeller for prissetting i et marked; kostnadsbasert og verdibasert prising.

Kostnadsbasert prising legger til grunn produksjonskostnaden av drivstoffet, pluss en margin. Prisen ut til sluttbruker avhenger da i hovedsak av produksjonskostnadene, som for biodrivstoff kan bestå av følgende faktorer: råvareproduksjonskostander (inkludert arbeidskraft, gjødsel etc.), transportkostnader (fra høsting til konverteringsanlegget), konverterings- og raffineringskostander, og distribusjon fra konvertering til sluttbruker.

Med verdibasert prising løsrives prisen til sluttbruker fra produksjonskostnaden, selv om denne danner et gulv for prisen. Drivstoffpriser vil sjelden falle under produksjonskostnaden, med mindre det er et stort overskuddstilbud i markedet, og da for en begrenset periode. Oppad begrenses den verdibaserte prisen seg gjerne til prisen for et likeverdig alternativ.

I konstruksjonen av mulige prisscenarier for alternative drivstoff tar studien høyde for de to prisingsmekanismene. Prisscenariene utvikles i tre steg:

1. Først presenters estimater for fremtidig drivstoffpris basert på tilgjengelig litteratur. For hvert drivstoff presenteres en høy og lav fremtidspris. Dette danner utgangspunktet for en kostnadsbasert prissetting.
2. Dernest presenteres mulige prisscenarier basert på en verdibasert prisingsmodell. Dette steget er basert på estimater for fremtidige drivstoffpriser, samt antagelser om linker mellom priser på ulike drivstoffalternativer basert på erfaring fra tidligere prosjekter og tilgjengelig litteratur.[6]
3. Scenariene presenteres først for hvert drivstoff, og deretter i en oppsummeringstabell. Dette gir til sammen 10 mulige prisscenarier.
4. Til slutt velges fire av disse prisscenariene til bruk i modellen for omleggingsscenarier.

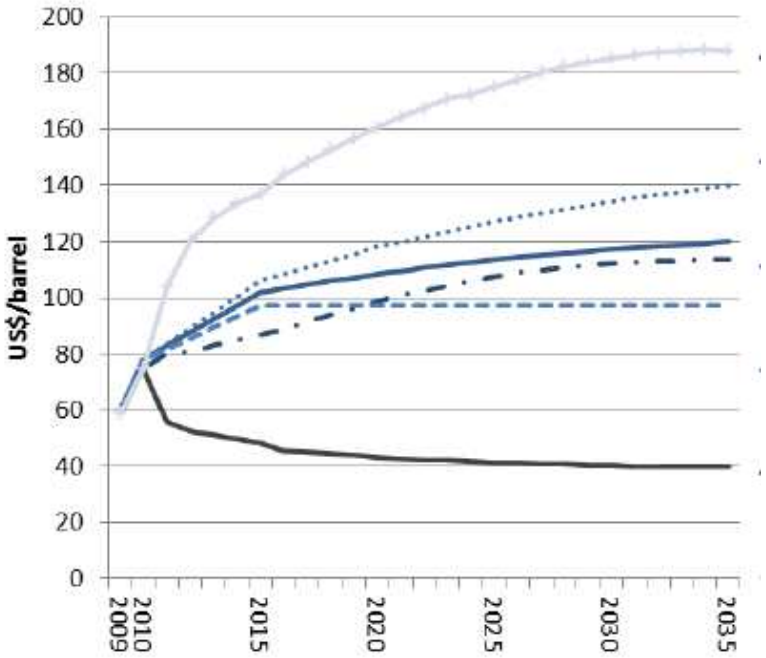
De følgende delkapitlene tar for seg prising av de forskjellige alternativene etter tur.

Alle priser i dette dokumentet oppgis per tonn MGO-ekvivalent. Med dette menes at alle priser er justert for energiinnhold, slik at prisene skal være sammenlignbare. Prisene er for leveranse i norske havner.

[6] Både HFO og MGO brukes som referansedrivstoff for verdibasert prising. Selv om MGO er det mest brukte konvensjonelle drivstoffet, vil HFO sannsynligvis fortsatt tilbys til skip som bruker scrubber.

6.1 Tungolje og petroleumsdestillater - HFO og MGO

HFO[7] og MGO[8] er referansedrivstoffene som i all hovedsak brukes i norske farvann i dag. Prisen på disse er viktig ettersom det er disse prisene alle alternativene vil sammenlignes med. Prisen på HFO og MGO er direkte styrt av prisen på innsatsfaktoren i produksjonen, nemlig råolje. Som eksemplifisert i figuren nedenfor, varierer publiserte prognoser for fremtidig oljepris kraftig. Figuren er kompilert av DNV GL basert på data publisert av US Energy Information Administration (EIA) og International Energy Agency (IEA).



Figur 6-1: Eksempel på variasjon i oljeprisscenarier. Figuren er kompilert at DNV GL basert på data publisert av EIA og IEA.

Denne studien opererer med en høy oljepris (100 USD per fat) og en lav oljepris (40 USD per fat) som et utgangspunkt for prisscenariene. Siden prisen på HFO og MGO styres direkte av oljepris, presenterer Tabell 6-1 drivstoffpriser som korresponderer med lav og høy oljepris.

Tabell 6-1: Prisscenarier HFO og MGO (NOK per tonn MGO ekvivalent)

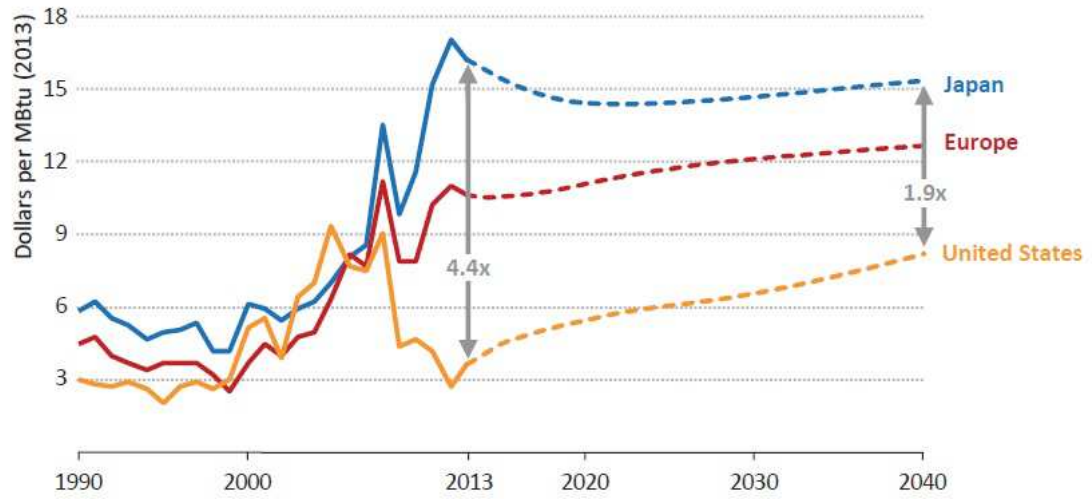
	Prisscenarier gitt lav oljepris (40 $/fat)	Prisscenarier gitt høy oljepris (100 $/fat)
HFO	2200	4400
MGO	4700	7000

[7] Herunder alle kvaliteter som defineres som «residual fuel» (i motsetning til «distilate fuel») under ISO-standarden (ISO 8217) for marint drivstoff, inkludert IFO (intermediate fuel oils).

[8] Herunder alle kvaliteter som defineres som «distillate fuel» under ISO-standarden for marint drivstoff, og som inneholder maksimalt 0,1% svovel; det vil i praksis si den reneste marine dieselvarianten, som er marin gassolje (MGO).

6.2 LNG

Prisen på store volumer av flytende naturgass (LNG) på det globale markedet har tradisjonelt vært knyttet tett til utviklingen av råoljeprisen, og typisk hatt innslag av en markedsbasert prisfastsettelse. På grunn av en kraftig vekst i rørgasstilgjengeligheten i USA og kommende produksjonsvekst for LNG i Australia og Øst-Afrika, kombinert med en (midlertidig) lav oljepris og redusert etterspørselsvekst, er naturgassmarkedet mer volatilt enn på lenge. I perioden frem til 2040 forventer vi at prisingsmekanismen for naturgass vil bli mindre oljeavhengig og mer knyttet til produksjonskostnader og etterspørsel. Det er sannsynlig at økt eksport av Nordamerikansk LNG ytterligere vil bidra til større fleksibilitet i stor-volum LNG markedene.



Notes: MBtu = million British thermal units. Average import prices are shown for Japan and Europe; the wholesale price is shown for the United States.

Figur 6-2: Pris for naturgass per region i IEA New Policies Scenario (IEA, 2014).

Prisen på stor-volum LNG vil sannsynligvis fortsette å variere mellom regioner også i fremtiden, men sannsynligvis i mindre grad enn i dag. Det er sannsynlig at dagens generelle bilde med høyeste LNG priser i Øst-Asia, noe lavere i Europa og lavest i Nord Amerika vil holde seg, men det vil være lokale forskjeller avhengig av punktvis tilgang på rørgass eller lokal gassindustri.

En kostnadsbasert pris for LNG som drivstoff vil være basert på prisen på LNG i det regionale markedet, samt kostnaden for å bryte opp større LNG-volumer til mindre ('break bulk fee'), pluss distribusjon til sluttbruker. Alternativt vil kostnadsbasen også måtte inkludere produksjon av LNG fra rørgass. Prisen vil derfor være avhengig av hvor velutviklet gass- og bunkringsinfrastrukturen er.

Prisen på LNG som drivstoff har historisk vist en sterk korrelasjon med prisen på HFO og MGO. Erfaring i Norge er at dagens spenn i LNG-pris er fra HFO-paritet til MGO-paritet. Noen studier indikerer at produksjonskostnaden for LNG kan være betydelig lavere enn HFO. Selv om den kostnadsbaserte prisen for LNG i utgangspunktet er lav, vil leverandører prise LNG i bunkersmarkedet slik at LNG er konkurransedyktig sammenlignet med alternativene samtidig som marginen er tilstrekkelig til å sikre en lønnsom distribusjon.

Utviklingen av LNG-prisscenarier i dette prosjektet er basert på prinsippet om at LNG-prisen vil linkes til MGO og HFO, og at maksimumsprisen for konvensjonelle drivstoff vil være det dyreste av disse tre alternativene (Tabell 6-2). Selv om energimarkedene i dag (H1-2015) er usikre, baserer vi oss på at

oljeprisen på sikt vil øke sammen med LNG prisene. Det er imidlertid tegn som tyder på at gassprisene vil øke mindre enn oljeprisene, men dette er igjen avhengig av de globale markedene.

Tabell 6-2: Prisscenarier LNG som fuel (NOK per tonn MGO ekvivalent)

	Prod. Kostnad	Prisscenarier gitt lav oljepris (40 $/fat)	Prisscenarier gitt høy oljepris (100 $/fat)	Kommentar
LNG	Lav	0,8 MGO = 3700	HFO = 4400	«Billig» LNG prises: - i underkant av MGO ved høy oljepris (klarer ikke matche HFO pris) - til HFO ved høy oljepris
	Høy	MGO = 4700	MGO = 7000	«Dyr» LNG prises til MGO ved både lav og høy oljepris (klarer ikke matche HFO pris)

6.3 Biodrivstoff

Fremtidige biodrivstoffpriser er svært usikre. Prisscenariene for biodrivstoff tar forventet produksjonskostnad (basert på tilgjengelig litteratur) som et utgangspunkt, dvs. kostnadsbasert prising.

For biodrivstoff forventes produksjonskostnader å reduseres over tid som følge av kontinuerlig prosessforbedring, teknologisk læring og økende produksjon (van Eijk et al, 2014; Festel et al, 2014). Det forventes at andregenerasjons biodrivstoff mest sannsynlig vil være mer konkurransedyktig i forhold til fossile drivstoff, sammenliknet med førstegenerasjons biodrivstoff. Produksjonskostnadene for førstegenerasjons biodrivstoff vil i de fleste tilfeller være høyere enn for fossile drivstoff (med unntak av biodiesel fra palmeolje), og kostnadsbesparelser som følge av produksjonsskala har allerede blitt utnyttet i stor grad (Festel et al, 2014). Samtidig er det større usikkerhet rundt estimatene for produksjonskostnad for andregenerasjons biodrivstoff enn for førstegenerasjonsbiodrivstoff. I følge van Eijck et al (2014), kan biodrivstoff imidlertid ha en lavere produksjonskostnad enn fossile drivstoff i dag, gitt de rette forutsetningene.

Prisene på biodrivstoff er til en viss grad koblet til prisen på olje. For eksempel er innsatsfaktoren gjødsel linket til fossile priser, og dette vil påvirke produksjonskostnaden for de fleste biodrivstoffråvarer (van Eijck et al, 2014). Prisen for biodrivstoffråvarer er også drevet av utviklingen i markedene for fossile råvarer på grunn av substitusjonseffekter. Innvirkningen av råoljepris på biodrivstoffpriser vil derfor variere med hvilken råvare drivstoffet produseres fra.Tabell 6-3 viser en oversikt over estimater for lav og høy produksjonskostnad for biodiesel og vegetabilsk olje, basert på tilgjengelig litteratur.

Tabell 6-3: **Estimerte produksjonskostnader for biodiesel og vegetabilsk olje (van Eijck et al (2014) og Festel et al (2014)).**

		USD/GJ[9]	NOK/tonn MGO eq.	Kommentar
Biodiesel	Lav	13	2500	Basert på et gjennomsnitt av lave estimater for produksjonskostnader for førstegenerasjons og andregenerasjons biodiesel i 2020.
	Høy	30	5800	Basert på et gjennomsnitt av høye estimater for produksjonskostnader for førstegenerasjons og andregenerasjons biodiesel i 2020.
Vegetabilsk olje	Lav	8,5	1800	Basert på estimater for produksjonskostnad for vegetabilsk olje fra palmeolje i 2020.
	Høy	22	4700	Basert på estimater for produksjonskostnad for vegetabilsk olje fra palmeolje i 2010.

For biogass varierer produksjonskostnaden betydelig avhengig av hva gassen produseres fra, og det er svært usikkert hva den faktiske prisen på flytende gass (LBG, liquid biogas) levert til skip i Norge vil være.

Det lave estimatet for produksjonskostnad for biogass i denne studien er basert på Klima og forurensingsdirektoratets estimat for LBG for ferjedrift, 1,25 NOK/kWh (Klif, 2011).

Det høye estimatet er basert på KFD (2013), og beregnet på følgende måte;

- Produksjonskostnader for biogass[10] = Produksjonskostnad for rågass + oppgraderingskostnader til biometan + distribusjonskostnader
    - Produksjonskostnaden for rågass varierer fra 0,54 NOK/kWh for biogass basert på våtorganisk avfall til 1,25 NOK/kWh for biogass basert på husdyrgjødsel.
    - Oppgradering av biogassen til en kvalitet som kan andvendes som drivstoff til transport har en tillegskostnad på 0,13 NOK/kWh.
    - I tillegg kommer distribusjonskostnader for oppgradert biogass, som varierer fra 0,1-1,1 NOK/kWh der den høyeste verdien referer til prosessering til flytende form.
- Dersom gassen skal benyttes til transport, må en i tillegg bygge og drive gassfyllestasjoner og dekke kostandene med salg, markedsføring og avregning som i svenske anslag vurderes å ligge mellom 0,22-0,38 NOK/kWh.

Tabell 6-4: Estimerte produksjonskostnader for biogass.

		NOK/kWh	NOK/tonn MGO eq.	Kommentar
Biogass	Lav	1,25	19800	Klif estimat for LBG for ferjefremdrift (Klif, 2011)
	Høy	1,94	30700	Estimater fra (KFD, 2013)

[9] GJ = Gigajoule. Kilder for produksjonskostnader: van Eijck et al (2014) og Festel et al (2014)

[10] Oppgraderingskostnaden på 13 øre/kWh er ikke eksplisitt inkludert fordi en bruker den høyeste distribusjonskostnaden oppgitt og antar derfor at oppgraderingskostnaden bakes inn i det totale regnestykket.

Ved et slikt prisnivå vil de høye operasjonskostnadene for LBG gjøre dette til en lite attraktiv energibærer. Prisen vil imidlertid være sterkt avhengig av forhold slik som kapasitet på produksjonsanlegg og tilgang på biomasse.

Tabell 6-5 nedenfor viser en oversikt over prisscenarier for biodrivstoff levert i Norge, basert på verdibasert prising. Kommentarfeltet beskriver bakgrunnen for scenariene.

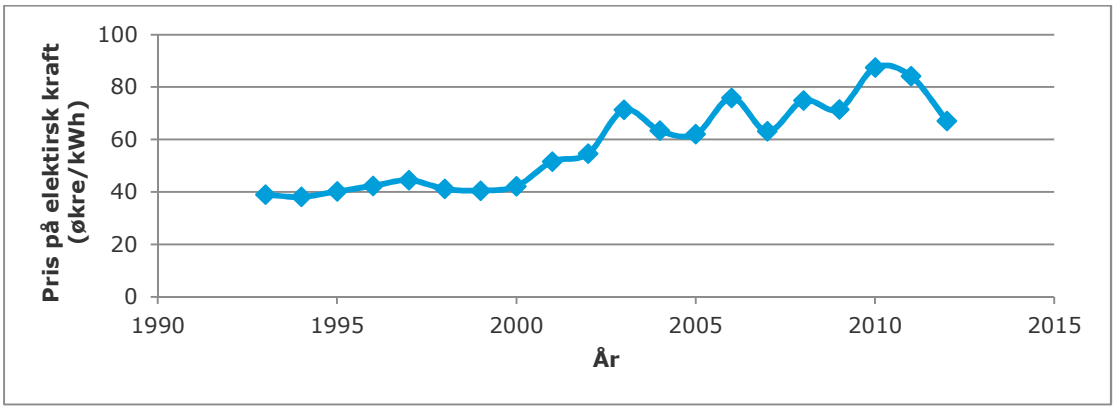
Tabell 6-5: Prisscenarier biodrivstoff (NOK per tonn MGO ekvivalent).

	Prod. Kostnad	Prisscenarier gitt lav oljepris (40 $/fat)	Prisscenarier gitt høy oljepris (100 $/fat)	Kommentar
Biodiesel	Lav	Prod kost = 2500	HFO = 4600	«Billig» biodiesel prises: - til kost ved lav oljepris (klarer ikke matche HFO pris) - til HFO ved høy oljepris
	Høy	Prod kost = 5800	MGO + 20% = 8400	«Dyr» biodiesel prises: - til kost ved lav oljepris (klarer ikke matche HFO pris) - i overkant av MGO ved høy oljepris (reflekterer spenn i dagens biodiesel priser)
Vegetabilsk olje[11] (VO)	Lav	0,9 HFO = 2000	HFO = 4400	«Billig» VO prises: - i underkant av HFO ved lav oljepris - til HFO ved høy oljepris
	Høy	Prod kost = 4700	MGO + 10% = 7700	«Dyr» VO prises: - til kost ved lav oljepris - i overkant av MGO ved høy oljepris (reflekterer spenn i dagens priser)
Biogass	Lav	Prod kost = 19800	Prod kost = 19800	Prises til kost (klarer ikke matche HFO)
	Høy	Prod kost = 30700	Prod kost = 30700	Prises til kost (klarer ikke matche HFO)

6.4 Elektrisitet

SSBs statistikk viser utvikling i elektrisitetspriser i Norge fra 1993 til 2013 (se Figur 6-3). Figuren viser at prisen har økt markant gjennom de siste tiår, med en dobling av prisen fra nittitallet til i dag. Figuren viser også at prisen de senere årene har større variasjon fra år til år enn tidligere.

[11] Låst til variasjon i Biodiesel-.



Figur 6-3: Utvikling i elektrisitetspriser i Norge 1993-2013 (SSB).

Prognoser for fremtidig elektrisitetspris er ikke lett tilgjengelig. I rapporten fra Klimakur-prosjektet presenteres det imidlertid et sett antagelser knyttet til fremtidig elektrisitetspris i Norge (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010).

For det første presenteres anslag (usikre) for kostnad knyttet til utbygging av fornybar elektrisk kraft fra henholdsvis vann og vind. Anslagene viser en kostnaden for ny vannkraft ligger mellom ca. 20 og 40 øre/kWh mens vindkraft ligger mellom ca. 50 og 80 øre/kWh. Videre oppgis det at anvendte referansebaner benytter anslag for fremtidig kraftpris basert på europeisk gasskraftproduksjon (uten CCS, men med kvotekostnad inkludert). Prisen oppgis til 35 øre/kWh i 2015, 48 øre/kWh i 2020 og 67 øre/kWh i 2030 (før samfunnsøkonomisk tillegg for overføringskostnader).

Basert på dette viser Tabell 6-6 to relevante scenariene for fremtidig norsk kraftpris. Siden kraftpris ikke er linket til oljepris er samme elektrisitetspris antatt uavhenging av lav og høy oljepris.

Tabell 6-6: Prisscenarier elektrisitet

		NOK/kWh	NOK/tonn MGO eq.	Kommentar
Eletrisitet	Lav	0,50	5900	Litt under historisk gjennomsnitt. Mellom vannkraft og vindkraft.
	Høy	0,90	10700	Makspris historisk. Ligger over referansebanen fra Klimakur

6.5 Drivstoffprisscenarier - oppsummering

Tabell 6-7 oppsummerer prisscenariene for de ulike drivstofftypene.

Tabell 6-7: Oppsummering av prisscenarier (NOK per tonn MGO ekvivalent).

	Prod. Kostnad	Prisscenarier gitt lav oljepris (40 $/fat)	Prisscenarier gitt høy oljepris (100 $/fat)	Kommentar
HFO[12]	-	2200	4400	
MGO[13]	-	4700	7000	
LNG	Lav	0,8 MGO = 3700	HFO = 4400	«Billig» LNG prises: - i underkant av MGO ved høy oljepris (klarer ikke matche HFO pris) - til HFO ved høy oljepris
	Høy	MGO = 4700	MGO = 7000	«Dyr» LNG prises til MGO ved både lav og høy oljepris (klarer ikke matche HFO pris)
Biodiesel	Lav	Prod kost = 2500	HFO = 4600	«Billig» biodiesel prises: - til kost ved lav oljepris (klarer ikke matche HFO pris) - til HFO ved høy oljepris
	Høy	Prod kost = 5800	MGO + 20% = 8400	«Dyr» biodiesel prises: - til kost ved lav oljepris (klarer ikke matche HFO pris) - i overkant av MGO ved høy oljepris (reflekterer spenn i dagens biodiesel priser)
Vegetabilsk olje[14] **(VO)**	Lav	0,9 HFO = 2000	HFO = 4400	«Billig» VO prises: - i underkant av HFO ved lav oljepris - til HFO ved høy oljepris
	Høy	Prod kost = 4700	MGO + 10% = 7700	«Dyr» VO prises: - til kost ved lav oljepris - i overkant av MGO ved høy oljepris (reflekterer spenn i dagens priser)
Biogass	Lav	Prod kost = 19800	Prod kost = 19800	Prises til kost (klarer ikke matche HFO)
	Høy	Prod kost = 30700	Prod kost = 30700	Prises til kost (klarer ikke matche HFO)
Elektrisitet[15]	Lav	5900	5 900	Prises til kost (uavhengig av oljepris)
	Høy	10700	10700	Prises til kost (uavhengig av oljepris)

[12] Direkte relatert til oljepris
[13] Direkte relatert til oljepris
[14] Låst til variasjon i biodiesel
[15] Uavhengig av oljepris

I de følgende kapitlene vil modellen anvendes med de følgende 4 prisscenariene i Tabell 6-8. Kort oppsummert kan de fire scenariene beskrives slik;

- S1: Billig olje, billige alternativer.
- S2: Billig olje, dyre alternativer.
- S3: Dyr olje, billige alternativer.
- S4: Dyr olje, dyre alternativer.

Tabell 6-8: Valgte prisscenarier (NOK per tonn MGO ekvivalent).

	S1	S2	S3	S4
HFO	2200	2200	4400	4400
MGO	4700	4700	7000	7000
LNG	3700	4700	4400	7000
Biodiesel[16]	2500	5800	4600	8400
Vegetabilsk olje	2000	4700	4400	7700
Biogass	19800	30700	19800	30700
Elektrisitet[17]	5900	10700	5900	10700

[16] Prisen relaterer til 100% biodiesel. Tiltaket som modelleres er 20 % innblanding. Samlet pris på drivstoffet er da et vektet gjennomsnitt av MGO og biodiselel.

[17] NB: utnyttelse av energien i el-motor vil ligge nær 100%, mens konkurrentene som konverteres i en forbrenningsmotor ligger under 50%.

7 UTFALLSROM FOR UTSLIPPSREDUKSJONER OG KOSTNADER GITT ULIKE SCENARIER FOR OMLEGGING TIL MILJØVENNLIG DRIVSTOFF

Fremtidsscenarier for opptak av miljøvennlige drivstoff vil være svært usikre. Til dels skyldes det at utviklingen er svært sensitiv for utviklingen i drivstoffpriser. Denne utviklingen er svært usikker. Det er derfor utarbeidet scenarier som spenner et mulig utfallsrom for opptak av miljøvennlige drivstoff. Scenariene bør ikke forstås som sannsynlige eller realistiske utviklingsbaner, men som rammer for en diskusjon rundt realistiske og ønskelige utviklingsbaner.

Ved å benytte MACC-modellen (se Kapittel 4) med de ulike opptaksscenariene, drivstoffprisscenariene og utslippskomponentene, kan man generere resultater for hver enkelt kombinasjon av valg, for deretter å analysere dem samlet.

De følgende opptaksscenariene vil analyseres for hvert enkelt tiltak (drivstoff);

- I **Scenario A** er det antatt en svak omlegging til alternativt drivstoff, der man antar et opptak på 10% av nybyggene som bygges, samt at ingen eksisterende skip er aktuelle for bytte av drivstoff. I 2040 innebærer det at 978 skip (10%) opererer med alternativt drivstoff.
- I **Scenario B** er det antatt en moderat omlegging til alternativt drivstoff, der man antar et opptak på 100% for nybyggene med mer enn 80% av tiden i norske farvann, og 0% for nybyggene med mindre enn 80% av tiden i norske farvann. Samtidig antas det årlig at 1% av de eksisterende skipene bytter til alternativt drivstoff. I 2040 innebærer det at 2750 skip (28%) opererer med alternativt drivstoff.
- I **Scenario C** er det antatt en kraftig omlegging til alternativt drivstoff der man antar et opptak på 100% for alle nybyggene med operasjon i norske farvann. Samtidig antas det årlig at 5% av de eksisterende skipene bytter til alternativt drivstoff. I 2040 innebærer det at alle 9970 skip (100%) opererer med alternativt drivstoff.

Merk at det enkelte tiltak kan ha begrensinger knyttet til teknisk anvendbarhet (se kapittel 5). Disse begrensingene vil overstyre opptaket i scenariet.

De påfølgende kapitlene beskriver et relevant utvalg av resultater, der man har tatt utgangspunkt i opptaksscenariene (dvs. scenario A, B og C), prisscenariene (dvs. de 4 prisscenariene i Tabell 6-8: S1, S2, S3 og S4) og analysert hver kombinasjon av disse (4 x 3 = 12) med tanke på reduksjonspotensiale og kostnadseffektivitet. Disse kapitlene er med for å illustrere potensialet for hvert enkelt tiltak, gitt ulike rammebetingelser, samt illustrere forskjellen mellom drivstoffene. Resultatene for hvert tiltak relateres hele veien til baselinescenariet (kapittel 7.1).

Disse kapitlene presenterer ytterpunkter og nyttige referanseverdier, og må således ikke forstås som forventet utvikling innenfor et drivstoffvalg. Det spennes følgelig opp et utfallsrom langs tre akser;

- Hvilke skipssegmenter som får tildelt et tiltak
- Hvilke tiltak som anvendes
- Hvilke drivstoffpriser som anvendes

Avslutningsvis er det lagt til et kombinasjonsscenario med større grad av realisme, hvor man tar utgangspunkt i opptaksscenario B, der modellen tvinger ulike drivstoff på relevante segmenter man mener egner seg spesielt godt for det aktuelle drivstoffet, og analyserer det i lys av ulike prisscenarier. Hovedarbeidet med analyse og drøftinger, legges til sistnevnte scenario da dette vil ha størst relevans for oppdragsgiver.

Hovedpoenget med tilnærmingen er å gjøre det mulig å vurdere og sammenlikne kostnader og reduksjonseffekter av ulike opptaksscenarier for miljøvennlige drivstoff. For å få til dette tar modellen ikke høyde for øvrige reduksjoneffekter fra kommende regelverk og andre reduksjonsteknologier for de forskjellige utslippskomponentene. Utslipptallene for 2040 representerer derfor ikke estimater for reellt forventede utslippnivåer. Utslippene vil i virkeligheten være lavere, slik som for eksempel for NO_X pga kommende tier III-krav (som bringer utslippene fra alle drivstoffalternativer ned til ganske like og lave nivåer i ECA-soner), eller mer energioptimale teknologier og EEDI-krav som gjør at CO_2-utslippene vil være lavere for alle drivstofftypene; både de fossile og de klimanøytrale.

For NO_X og SO_X vurderer studien følgelig hvordan innføring av alternative drivstoff vil gi drahjelp til oppfyllelsen av regelverket. Drivstoff kan også føre til at utslippsreduksjonen overgår kravene. Resultatene viser at biodrivstoff vil øke NO_X utslipp. NO_X-utslipp kan imidlertid etterbehandles (i eksosen), slik at kravene innfris. Innføring av biodrivstoff vil følgelig ikke gi drahjelp til NO_X-reduksjon, men det vil heller ikke forverre jobben med å oppfylle reglene.

7.1 Baseline for utviklingen fra 2015 til 2040

Baseline for analysen baserer seg på trafikkbildet i norske farvann for 2013, som er antatt representativt for 2015. Videre forventes det en flåtevekst innenfor hvert segment som gir en betydelig økning i utslipp fra dagens situasjon til 2040 (Tabell 7-1). Grunnlaget for anvendt flåtevekst er beskrevet i (DNV GL, 2014d).

Utslipp av CO_2 ventes å øke betydelig mot 2040 dersom flåtevekst legges til grunn uten at miljøvennlig drivstoff eller ny teknologi kommer til. Forventet teknologisk utvikling og flåtefornyelse vil nok bidra til å dempe veksten noe, men vekst i utslipp må påregnes dersom det ikke tas aktive grep for å dempe disse. Internasjonale krav, primært IMOs EEDI-krav, vil gjelde for noen av skipene i norske farvann, men ikke alle. Spesielt mindre skip, som utgjør hovedtyngden av nasjonale utslipp vil ikke omfattes. Selv om alle skip antas å måtte oppfylle EEDI-krav, er det ikke nok til å redusere utslipp i forhold til dagens nivå, selv om veksten i utslipp bremses noe. Tidligere studier har vist at effekten av EEDI kan redusere utslippet fra verdensflåten med ca 30 % fra baseline (Bazari og Longva, 2011). Effekten på norske utslipp er ikke studert.

Baselinetallene for NO_X- og SO_X-utslipp som beregnes er også uten tiltak for å oppfylle fremtidige regler. Dette gjør at baseline avviker fra det som ventes å være faktiske utslipp i 2040, gitt at reglene etterleves. NO_X- og SO_X-utslipp vil bli underlagt strenge internasjonale regler og vil som følge av dette ikke vokse på samme måte som drivstofforbruk, men snarere reduseres, uavhengig av satsning på miljøvennlige drivstoff. Enkelte drivstoff kan imidlertid bidra til å oppfylle kravene i seg selv (slik som LNG og biogass for NO_X), slik at andre tiltak ikke blir nødvendige. Andre tiltak inkluderer f.eks. rensing av eksosgass. Merk at det største bidraget til reduksjon av NO_X gjennom NO_X-fondet skyldes SCR-anlegg. Sagt på en annen måte; selv om NO_X-utslippene fra LNG og biodiesel i virkeligheten forventes å være ca. like høye i Nordsjøen 2040 (pga tier III), kan dette være oppnådd uten fordyrende renseanlegg i tilfellet LNG, men med fordyrende renseanlegg i tilfellet biodiesel. Den relative forskjellen mellom biodiesel og LNG mtp NO_X i 2040 ville ikke fremkommet dersom modellen satt utslippene for begge drivstoffalternativene i 2040 til tier III-nivå. På denne måten er det nødvendig at tilnærmingen opererer med «oversetimerte» fremtidige utslipp.

Tabell 7-1: Baselinescenario i 2015 og 2040. Utslipp av CO_2, NO_X og SO_X fra alle trafikkstrømmer (inneriks, utenriks, gjennomfart, flyttbare installasjoner og havn).

Utslipp / Tiltak	CO_2	NO_X	SO_X
	Utslipp [Mtonn]	Utslipp [ktonn]	Utslipp [ktonn]
2015	7,1	97,6	13,6
2040	11,5	157,8	25,7

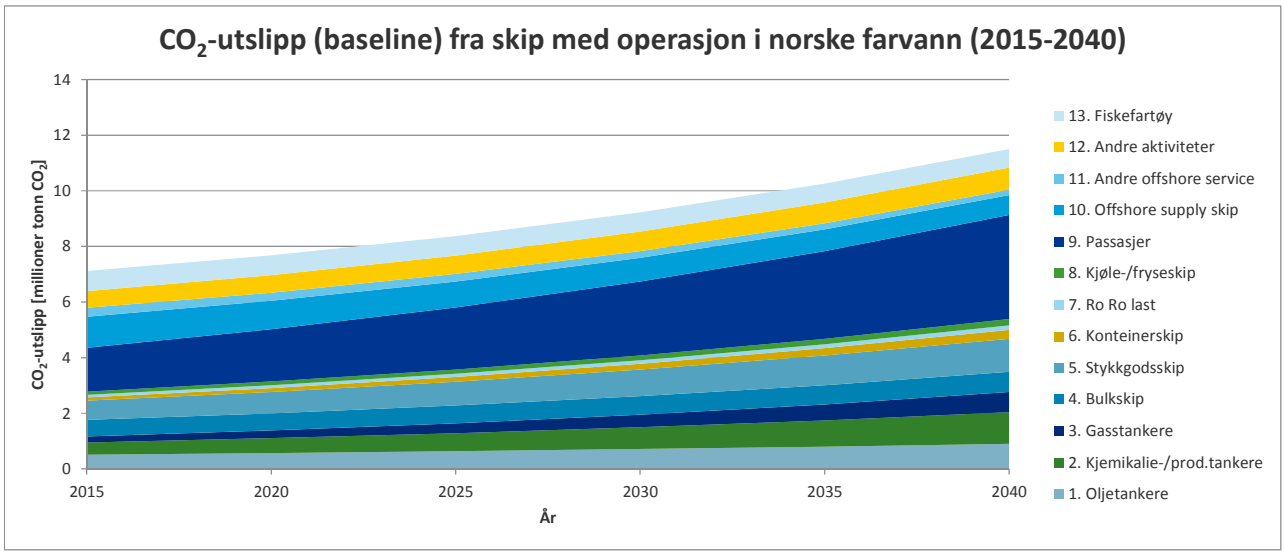
Figur 7-1, Figur 7-2 og Figur 7-3 viser utvikling for CO_2, NO_X, SO_X innenfor hver skipstype i perioden 2015-2040, dersom flåtevekst legges til grunn uten at miljøvennlig drivstoff kommer til, og ikke hensyntatt kommende regelverk og teknologiutvikling. Tabell 7-2 viser at passasjerskip forventes å utgjøre en tredjedel (33%) av alle utslippene i norske farvann i 2040, etterfulgt av kjemikalie- og produkttankere (10%) og stykkgodsskip (10%). Passasjerskipene er fortrinnsvis i innenrikstrafikk (69%), mens kjemikalie- og produkttankere (23%) og stykkgodsskip (35%) har et mer sammensatt trafikkbilde.

Tabell 7-2: Andel utslipp innenfor hver trafikktype[18] og andel av totalutslipp for 2015 og 2040 fordelt på skipstyper. Merk at effekten av fremtidig regelverk og teknologi ikke er inkludert.

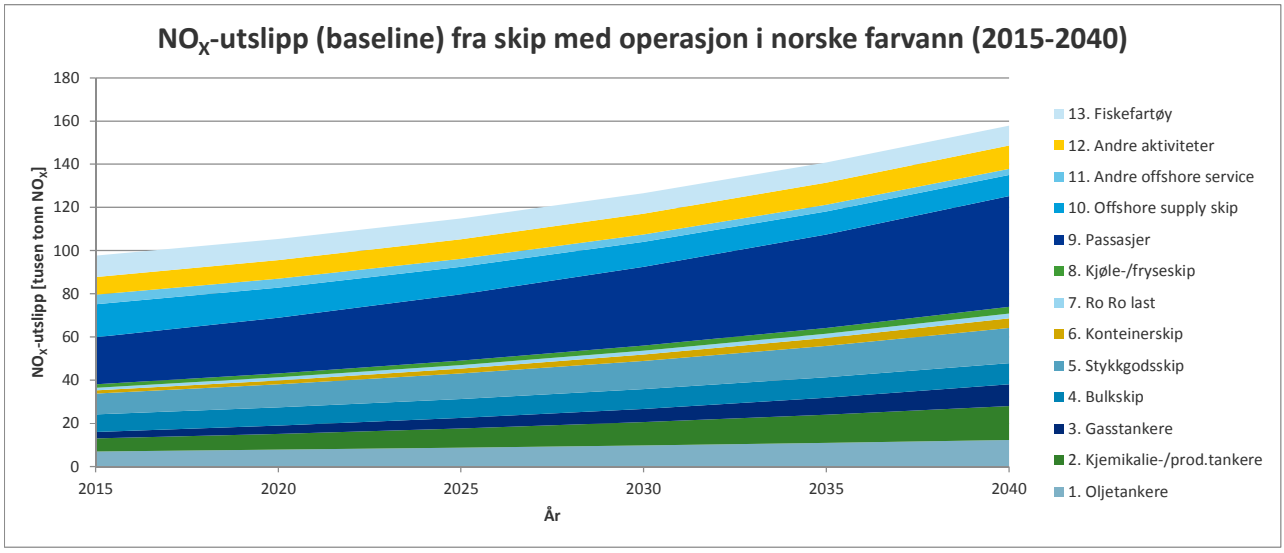
Skipskategori	Andel utslipp innenfor hver trafikktype					% av 2015-utslipp	% av 2040-utslipp
	I	G	U	I/M	H		
1. Oljetankere	14 %	35 %	44 %	0 %	7 %	7 %	8 %
2. Kjemikalie-/prod.tankere	23 %	33 %	35 %	0 %	9 %	6 %	10 %
3. Gasstankere	15 %	65 %	12 %	0 %	9 %	3 %	6 %
4. Bulkskip	9 %	34 %	53 %	0 %	4 %	8 %	6 %
5. Stykkgodsskip	35 %	34 %	27 %	0 %	5 %	10 %	10 %
6. Konteinerskip	31 %	38 %	16 %	0 %	14 %	2 %	3 %
7. Ro Ro last	35 %	40 %	12 %	0 %	13 %	1 %	1 %
8. Kjøle-/fryseskip	34 %	33 %	27 %	0 %	5 %	2 %	2 %
9. Passasjer	69 %	24 %	1 %	0 %	5 %	22 %	33 %
10. Offshore supply skip	80 %	6 %	2 %	0 %	12 %	16 %	6 %
11. Andre offshore service	44 %	15 %	13 %	17 %	11 %	5 %	2 %
12. Andre aktiviteter	49 %	11 %	9 %	23 %	8 %	8 %	7 %
13. Fiskefartøy	49 %	22 %	18 %	0 %	11 %	10 %	6 %
Total [%]	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**100 %**	**100%**

18

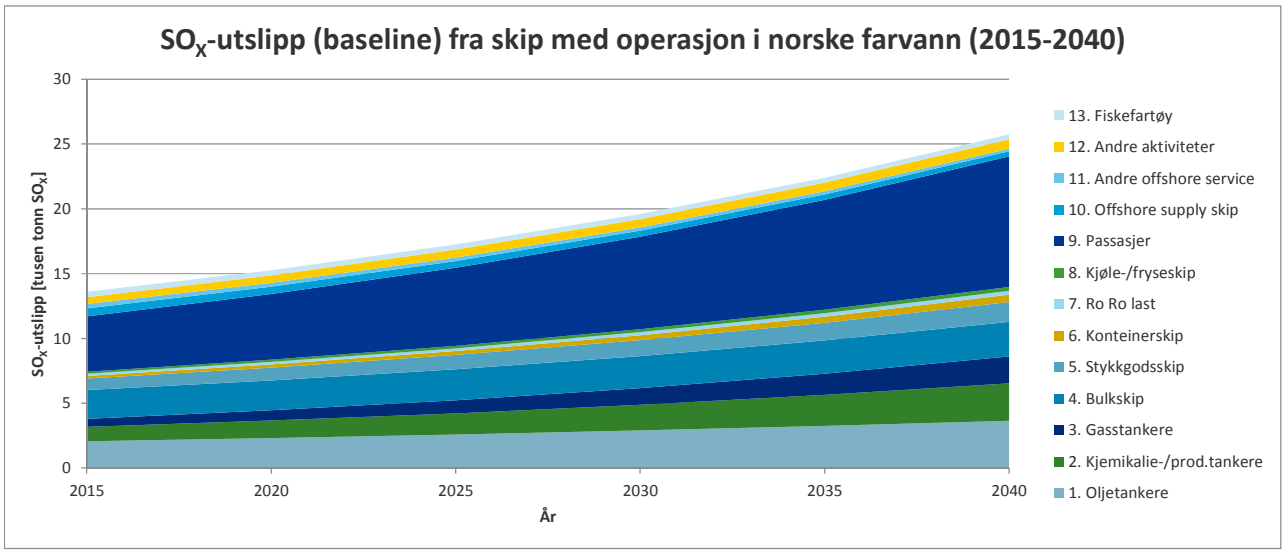
I = Innenrikstrafikk
G = Gjennomgangstrafikk
U = Utenrikstrafikk
I/M = Ikke Maritim (flyttbare olje- og gassinstallasjoner)
H = Havn



Figur 7-1: Baselinescenario i perioden 2015-2040. Utslipp av CO_2 fordelt på skipstyper. Merk at effekten av fremtidig regelverk og teknologiutvikling ikke er inkludert.



Figur 7-2: Baselinescenario i perioden 2015-2040. Utslipp av NO_X fordelt på skipstyper. Merk at effekten av fremtidig regelverk og teknologiutvikling ikke er inkludert.



Figur 7-3: Baselinescenario i perioden 2015-2040. Utslipp av SO_X fordelt på skipstyper. Merk at effekten av fremtidig regelverk og teknologiutvikling ikke er inkludert.

Resultatene fra baselinesceneriet indikerer at det vil være nødvendig med målrettede tiltak for å nå de store bidragsyterne til det norske maritime utslippsregnskapet. Trafikkbildet er komplekst, og hvert segment har store individuelle forskjeller.

7.2 Scenario A – BAU/Svak omlegging

For Scenario A er det antatt en svak omlegging til alternativt drivstoff der man antar et opptak på 10% av nybyggene som bygges, samt at ingen eksisterende skip er aktuelle for bytte av drivstoff. I 2040 innebærer det at 978 skip (10%) opererer med alternativt drivstoff.

I resultatene som vises i de påfølgende kapitlene er det benyttet følgende kategorisering av kostnadseffektiviteten til tiltakene som angitt i Tabell 7-3:

Tabell 7-3: Kategorisering av kostnadseffektivitet brukt i denne studien. Beskrivelsen av grad av kostnadseffektivitet kan avvike fra andre definisjoner.

Symbol	Intervall [NOK/tonn CO_2]	Beskrivelse
+2	>1000	Svært lite kostnadseffektivt tiltak
+1	>5 & <1000	Relativt lite kostnadseffektivt tiltak
~0	>-5 & <5	Nullkost-tiltak
-1	>-1000 & <-5	Relativt kostnadseffektivt tiltak
-2	<-1000	Svært kostnadseffektivt tiltak
±	Benyttes i kombinasjon med symbolene over for å illustrere at tiltaket kan være både kostnadseffektivt og lite kostnadseffektivt avhengig av segment	

Tabellen under viser reduksjonen av CO_2, NO_X og SO_X for hvert tiltak, samt hvordan kostnadseffektiviteten varierer avhengig av drivstoffpris. Reduksjon som vises er i forhold til baseline i 2040.

Tabell 7-4: Opptaksscenario: A, Prisscenariene for drivstoff S1-S4, År: 2040. Utslippsreduksjoner og tilhørende kostnadseffektivitet for CO_2, NO_X og SO_X. Reduksjon er i forhold til baseline i 2040.

Utslipp / Drivstoff	CO_2						NO_X	SO_X
	Reduksjon (Innenriks) [Mtonn]/ [%]	Reduksjon (Total) [Mtonn]/[%]	Kostnadseff. [NOK/tonn]				Reduksjon [ktonn]/[%]	Reduksjon [ktonn]/[%]
			S1	S2	S3	S4		
LNG	0,1 / 2%	0,2 / 2%	±1	+1	±1	+1	7 / 5%	2,5 / 10%
Biogass	0,5 / 10%	1,1 / 10%	+1	+1	+1	+2	7 / 5%	2,5 / 10%
Biodiesel (20%)	0,1 / 2%	0,2 / 2%	-1	+1	-1	+1	-3 / -2%	0,5 / 2%
Vegetabilsk olje	0,5 / 10%	1,1 / 10%	-1	~0	-1	+1	-16 / -10%	2,5 / 10%
Hybridelektrisk	~0,0 / ~0%	~0,0 / ~0%	-1	-1	-1	-1	~0,0 / ~0%	~0,0 / ~0%
Fullelektrisk	0,2 / 5%	0,3 / 2%	+1	+1	±1	+1	3,6 / 2%	0,5 / 2%

Resultatene viser at:

- Den samlede utslippsreduksjonen for CO_2 vil være svært begrenset i dette scenariet, der kun 10% av antall skip i 2040 har implementert tiltak.
- Maksimal reduksjon er 10% fra baseline, noe som innebærer fortsatt betydelig vekst fra dagens nivå.
- Kostnadseffektiviteten varierer fra prisscenario til prisscenario for alle tiltak. Unntaket er hybridelektrisk som gjennomgående er kostnadseffektivt.
- Biogass og fullelektrisk er gjennomgående de minst kostnadseffektive, fulgt av LNG, biodiesel og vegetabilsk olje.
- Tiltakene vil i stor grad bidra til reduksjon i SO_X. Effekten på NO_X er mindre, og for biodiesel og vegetabilsk olje er bidraget negativt.

7.3 Scenario B – Moderat omlegging

For Scenario B er det antatt en moderat omlegging til alternativt drivstoff der man antar et opptak på 100% for nybyggene med mer enn 80% av tiden i norske farvann, og 0% for nybyggene med mindre enn 80% av tiden i norske farvann. Samtidig antas det årlig at 1% av de eksisterende skipene bytter til alternativt drivstoff. I 2040 innebærer det at 2750 skip (28%) opererer med alternativt drivstoff. Tabellen under viser reduksjonen av CO_2, NO_X og SO_X, samt hvordan kostnadseffektiviteten varierer avhengig av drivstoffpris.

Tabell 7-5: Opptaksscenario: B, Prisscenariene for drivstoff S1-S4, År: 2040. Utslippsreduksjoner og tilhørende kostnadseffektivitet for CO_2, NO_X og SO_X. Reduksjon er i forhold til baseline i 2040.

Utslipp / Drivstoff	CO_2						NO_X	SO_X
	Reduksjon (Innenriks) [Mtonn]/[%]	Reduksjon (Total) [Mtonn]/[%]	Kostnadseff. [NOK/tonn]				Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]	Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]
			S1	S2	S3	S4		
LNG	0,6 / 11%	0,9 / 8%	±1	+1	±1	+1	54 / 34%	9 / 35%
Biogass	3,8 / 73%	5,4 / 47%	+1	+1	+1	+1	54 / 34%	9 / 35%
Biodiesel (20%)	0,8 / 15%	1,1 / 9%	-1	+1	-1	+1	-2,3 / -2%	2 / 7%
Vegetabilsk olje	3,8 / 73%	5,4 / 47%	-1	~0	-1	+1	-16 / -10%	9 / 35%
Hybridelektrisk	0,1 / 3%	0,2 / 2%	-1	-1	-1	-1	~0 / 2%	~0 / 1%
Fullelektrisk	2,3 / 44%	2,4 / 21%	+1	+1	±1	+1	27 / 21%	4 / 14%

Resultatene viser at:

- Den samlede utslippsreduksjonen for CO_2 kan bli betydelig i dette scenariet. For samlede utslipp i norske farvann kan man oppnå 47% reduksjon ved bruk av vegetabilsk olje eller biogass. Resulterende utslipp i 2040 utgjør da mindre enn dagens utslippsnivå.
- Bruk av hybrid, LNG og innblanding av biodiesel gir relativt moderate reduksjoner, og resulterer i at fremtidige utslipp fortsatt er betydelig over dagens utslippsnivå.
- Utslipp i innenriks trafikk reduseres mer effektivt enn totalutslippet. Innenriksutslipp kan reduseres til langt under dagens nivå ved bruk av Vegetabilsk olje eller Biogass. Også fullelektriske skip gir utslipp i 2040 som er mindre enn i dag, til tross for at dette tiltaket har svært begrenset teknisk relevans (kun mindre stykkgods- og passasjerskip – se kapittel 5).
- Kostnadseffektiviteten varierer fra prisscenario til prisscenario for alle tiltak. Unntaket er hybridelektrisk som gjennomgående er kostnadseffektivt.
- Biogass og fullelektrisk er gjennomgående de minst kostnadseffektive, fulgt av LNG, biodiesel og vegetabilsk olje.
- Flere av tiltakene vil i stor grad bidra til reduksjon i SO_X. Effekten på NO_X er mindre, og for biodiesel og vegetabilsk olje er bidraget negativt.

7.4 Scenario C – Kraftig omlegging

For Scenario C er det antatt en kraftig omlegging til alternativt drivstoff der man antar et opptak på 100% for alle nybyggene med operasjon i norske farvann. Samtidig antas det årlig at 5% av de eksisterende skipene bytter til alternativt drivstoff. I 2040 innebærer det at alle 9970 skip (100%) opererer med alternativt drivstoff. Tabellen under viser reduksjonen av CO_2, NO_X og SO_X, samt hvordan kostnadseffektiviteten varierer avhengig av drivstoffpris.

Tabell 7-6: Opptaksscenario: C, Prisscenariene for drivstoff S1-S4, År: 2040. Utslippsreduksjoner og tilhørende kostnadseffektivitet for CO_2, NO_X og SO_X. Reduksjon er i forhold til baseline i 2040.

Utslipp / Drivstoff	CO_2						NO_X	SO_X
	Reduksjon (Innenriks) [Mtonn]/[%]	Reduksjon (Total) [Mtonn]/[%]	Kostnadseff. [NOK/tonn]				Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]	Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]
			S1	S2	S3	S4		
LNG	0,8 / 16%	2,0 / 17%	±1	+1	±1	+1	81 / 51%	25 / 100%
Biogass	5,2 / 100%	11,5 / 100%	+1	+1	+1	+1	81 / 51%	25 / 100%
Biodiesel (20%)	1,0 / 20%	2,3 / 20%	-1	+1	-1	+1	-3 / -2%	5 / 20%
Vegetabilsk olje	5,2 / 100%	11,5 / 100%	-1	~0	-1	+1	-20 / -12%	25 / 100%
Hybridelektrisk	0,2 / 4%	0,3 / 3%	-1	-1	-1	-1	4 / 3%	~0 / 1%
Fullelektrisk	2,3 / 45%	2,5 / 22%	+1	+1	±1	+1	32 / 22%	4 / 15%

Resultatene viser at;

- De samlede utslippene av CO_2 kan elimineres helt i dette scenariet ved bruk av vegetabilsk olje eller biogass.
- Bruk av hybrid, LNG og innblanding av biodiesel gir relativt moderate reduksjoner, og resulterer i fremtidige utslippsnivåer som fortsatt er betydelig over dagens utslippsnivå.
- Utslipp i innenrikstrafikk reduseres mer effektivt enn totalutslippet for tiltaket fullelektrisk. For dette tiltaket er det imidlertid ingen ytterligere forbedring fra Scenario B. Dette skyldes at man ved moderat omlegging allerede når de fleste eksisterende skipene i løpet av perioden 2015-2040.
- Kostnadseffektiviteten varierer fra prisscenario til prisscenario for alle tiltak. Unntaket er hybridelektrisk som gjennomgående er kostnadseffektivt.
- Biogass og fullelektrisk er gjennomgående de minst kostnadseffektive, fulgt av LNG, biodiesel og vegetabilsk olje.
- Flere av tiltakene vil bidra til å eliminere/gi kraftige kutt i SO_X, mens effekten på NO_X er betydelig mindre.

7.5 Realitetsorientert kombinasjonsscenario

Basert på scenarioene beskrevet i kapitlene over danner det seg et bilde av hvilke teknologier som utmerker seg under ulike ytre forutsetninger. Ved å kombinere dette med aktuelle nasjonale målsetninger for utslippsreduksjon kan man sette sammen fornuftige tiltakskombinasjoner for ulike segmenter basert på reduksjonspotensial, kostnadseffektivitet og teknisk gjennomførbarhet.

Ved å kombinere og evaluere tiltak/scenarier for de ulike skipssegmentene, kan man iterativt finne kostnadseffektive løsninger som helt eller delvis møter relevante utslippsmål (Tabell 7-7). Slik tabellen viser vil det i 2040 kreve 38% reduksjon av totale CO_2-utslipp for å holde seg på 2015-nivå, mens det krever 63% reduksjon for å møte målet om 40% reduksjon fra 2015-nivå.

Tabell 7-7: Relevante mål for utslippsnivå i 2040, og tilhørende reduksjon av klimagasser i norske farvann i forhold til baseline i 2040.

	Mål for utslippsnivå i 2040					
2040 Baseline	**2015 - nivå**		**40% under 2015 -nivå**		**Klimanøytral**	
Utslipp [Mtonn]	Utslipp [Mtonn]	Reduksjon [Mtonn]/[%]	Utslipp [Mtonn]	Reduksjon [Mtonn]/[%]	Utslipp [Mtonn]	Reduksjon [Mtonn]/[%]
11,5	7,1	4,4 / 38%	4,3	7,2 / 63%	0	11,5 / 100%

De absolutte utslippstallene relaterer til samlede utslipp i norske farvann. De relative reduksjonsmålene vil være gjeldene om en ønsker å fokusere på utslipp fra innenriks trafikk. For Norges del vil det være naturlig å fokusere på innenrikstrafikk. Dette er trafikk man i større grad kan nå gjennom bruk av virkemidler, og dermed også kan stimulere til opptak av alternative drivstoff. Innenrikstrafikken domineres i tillegg av relativt få segmenter og vil således kreve mindre omfattende virkemiddelbruk enn om alle utslipp i norske farvann skal reduserers.

Ved å anta et realitetsorientert kombinasjonsscenario, scenario B2, der en moderat omleggingstakt er kombinert med biodrivstoff på tradisjonelle lasteskip og fiskefartøy, LNG på offshoresegmentet og elektrisk drift av fergeflåten vil man oppnå store utslippskutt på en relativt kostnadseffektiv måte – gitt de riktige rammebetingelsene. Dette vil også kunne være teknisk gjennomførbart, forutsatt tilstrekkelig tilgang på de ulike drivstoffalternativene. Merk at scenariet ikke er et resultat av en formell optimaliseringsmetode. Andre kombinasjonsscenarier kan også være aktuelle, og i vedlegg F presenteres resultater fra noen mulige varianter. I den følgende diskusjonen fokuseres det imidlertid på kombinasjon B2.

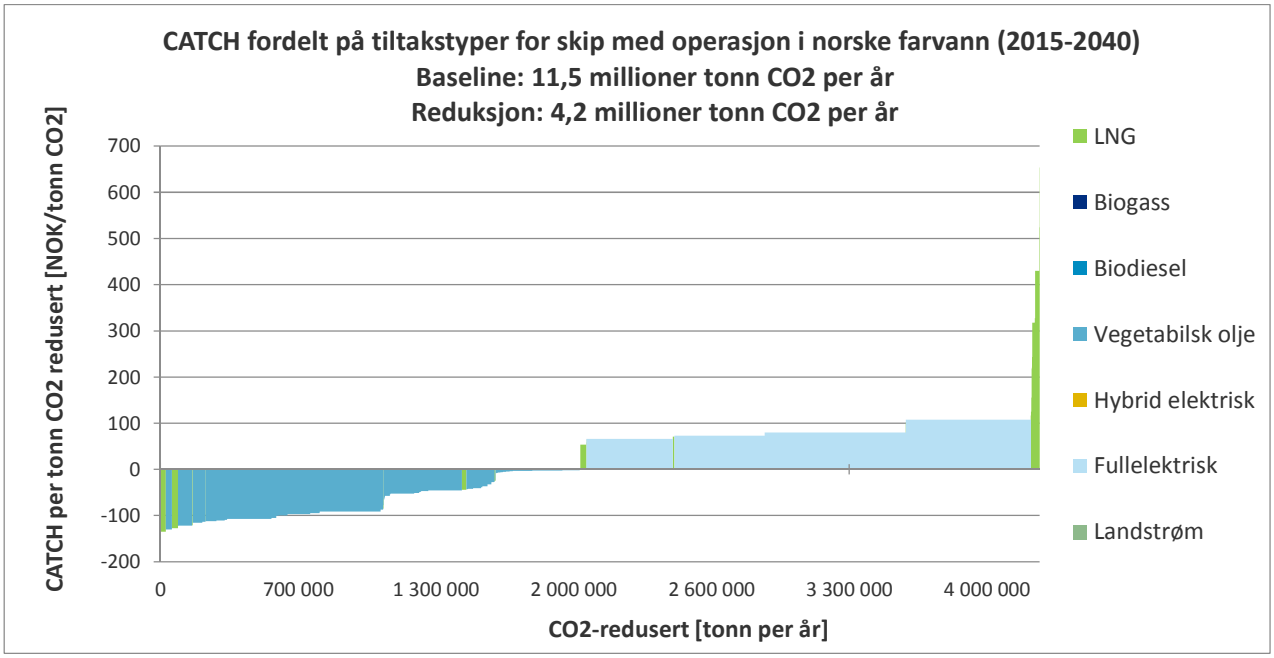
Kombinasjon B2:

- **Opptaksscenario B anvendes**, som innebærer et opptak av tiltak på 100% for nybyggene med mer enn 80% av tiden i norske farvann, og 0% for nybyggene med mindre enn 80% av tiden i norske farvann. Samtidig antas det årlig at 1% av de eksisterende skipene bytter til alternativt drivstoff. I 2040 innebærer det at 2750 skip (28%) opererer med alternativt drivstoff.
- **Tiltaket som anvendes varierer med skipstype;**
    - Alle relevante lasteskip (skipskategori 1-8) benytter vegetabilsk olje
    - Alle relevante passasjerskip (skipskategori 9) benytter fullelektrisk
    - Alle relevante offshoreskip (skipskategori 10-12) benytter LNG
    - Alle relevante fiskefartøy (skipskategori 13) benytter vegetabilsk olje

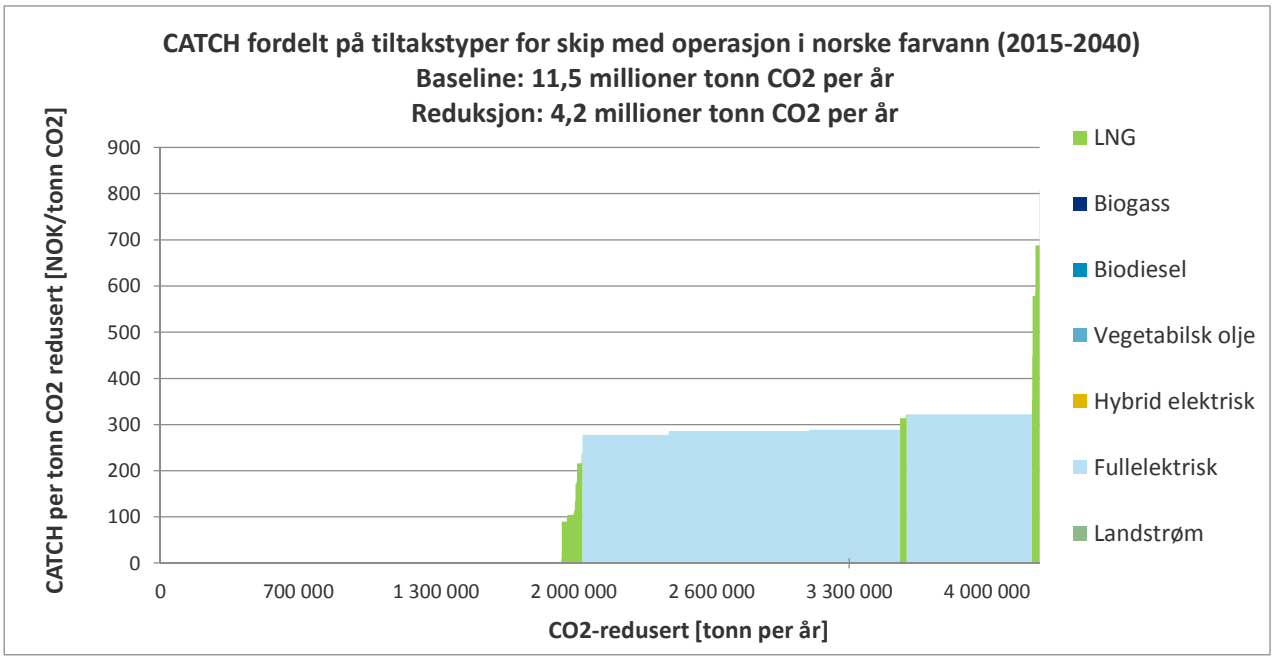
Tabell 7-8 og Figur 7-7 viser resultatet for kombinasjonsscenariet;

Tabell 7-8: Realitetsorientert kombinasjonsscenario B2, for prisscenariene for drivstoff S1-S4. År: 2040. Utslippsreduksjoner for CO_2, NO_X og SO_X, og tilhørende kostnadseffektivitet for CO_2

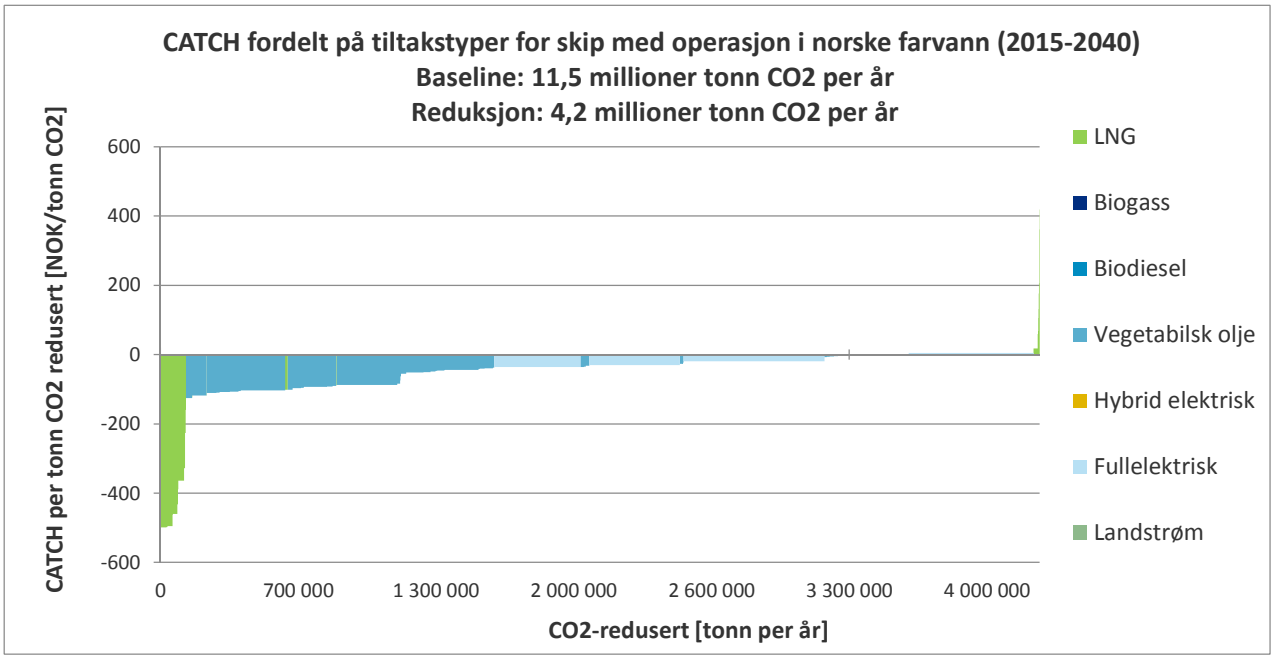
Utslipp / Drivstoff	CO_2						NO_X	SO_X
	Reduksjon (Innenriks) [Mtonn]/[%]	Reduksjon (Total) [Mtonn]/[%]	Kostnadseff. [NOK/tonn]				Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]	Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]
			S1	S2	S3	S4		
Alternativ B2	3,1 / 59%	4,2 / 37%	±1	+1	-1	+1	4,3 / 3%	7,8 / 30%



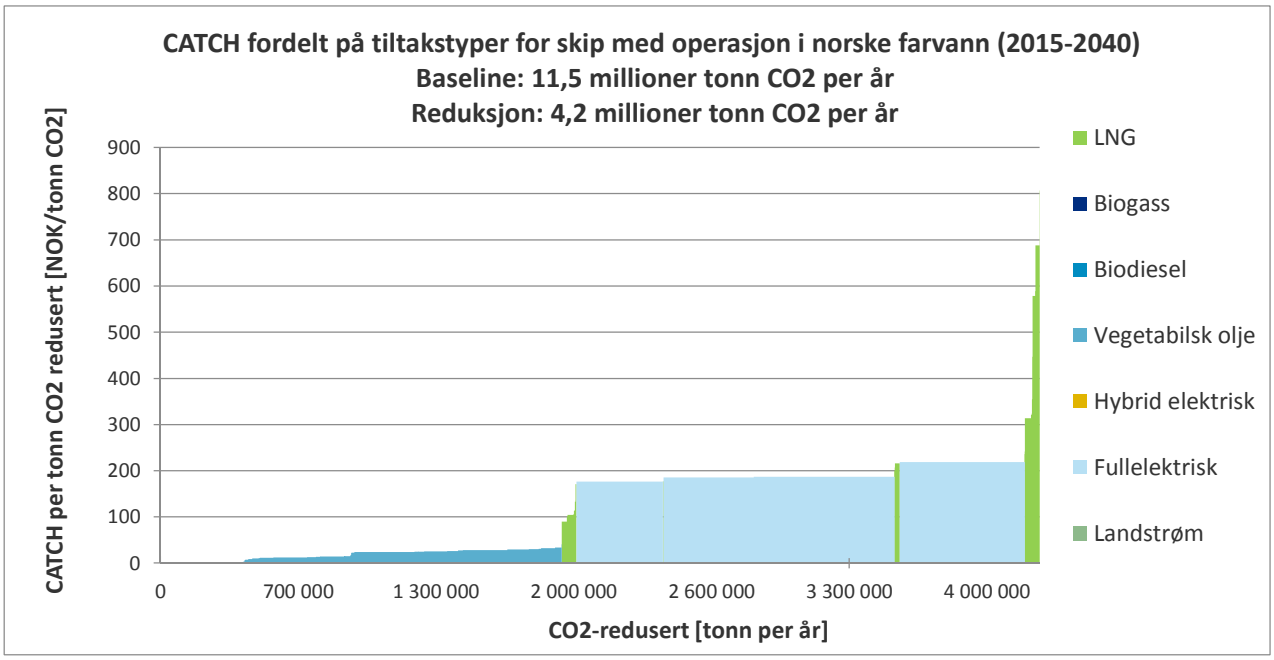
Figur 7-4: Marginalkostnadskurve for kombinasjonsscenario B2, prisscenario S1. Vertikal akse viser kostnadseffektivitet (NOK/tonn CO_2). Horisontal akse viser utslippsreduksjon (for utslipp i norske farvann).



Figur 7-5: Marginalkostnadskurve for kombinasjonsscenario B2, prisscenario S2. Vertikal akse viser kostnadseffektivitet (NOK/tonn CO_2). Horisontal akse viser utslippsreduksjon (for utslipp i norske farvann).



Figur 7-6: Marginalkostnadskurve for kombinasjonsscenario B2, prisscenario S3. Vertikal akse viser kostnadseffektivitet (NOK/tonn CO_2). Horisontal akse viser utslippsreduksjon (for utslipp i norske farvann).



Figur 7-7: Marginalkostnadskurve for kombinasjonsscenario B2, prisscenario S4. Vertikal akse viser kostnadseffektivitet (NOK/tonn CO_2). Horisontal akse viser utslippsreduksjon (for utslipp i norske farvann).

Resultatene viser at:

- Utslippsreduksjoner:
    - Man oppnår betydelige CO_2-reduksjoner totalt (4,2 millioner tonn/37% reduksjon). Dette innebærer at utslipp i norske farvann i 2040 vil ligge på 2015-nivå.
    - Innenriks vil man imidlertid redusere betydelig mer i forhold til baseline (3,1 millioner tonn/59% reduksjon). For innenrikstrafikken vil man derfor ligge svært nær det mest optimistiske reduksjonsmålet fra Tabell 7-7.
    - CO2
        - Fullelektrisk bidrar med de største reduksjonene, dvs. 55%.
        - Vegetabilsk olje bidrar med 40%.
    - NOx
        - Lite bidrag (3% totalt). Skyldes økningen man får fra vegetabilsk olje. For de skipene som går på fullelektrisk eller LNG får man betydelige utslippskutt.
    - SOx
        - Betydelig bidrag (30% totalt). Utslippskuttet er større for innenlands trafikk. Stor hjelp fra alle teknologier.
    - Merk bidrag til utslippsreduksjon gjennom forventet internasjonalt regelverk og andre former for tiltak gjør at reel utslippsreduksjon kan gå lengere enn det som oppnås med drivstoff alene.

- Kostnadseffektivitet:
    - Generelt store varasjoner avhengig av drivstoffpriser.
    - Vegetabilsk olje utmerker seg som det mest kostnadseffektive alternativet; marginalkostnaden overstiger ikke 50 NOK/tonn.
    - LNG avhenger sterkt av drivstoffpris og segment
    - Fullelektrisk er relativt kostbart, selv om marginalkostnaden begrenser seg til 300 NOK/tonn CO_2. Det er verdt å merke seg at forutsetningene er konservative hva gjelder batteriteknologi og dagens priser er også benyttet for fremtidige investeringer. Her kan man forvente en relativt sterk utvikling både i kapasitet og reduserte priser.

Det bemerkes til slutt at landstrøm er vurdert i vedlegg C. Resultatene av vår forenklede analyse er usikre, og må behandles med forsiktighet. Resultatene bekrefter imidlertid tidligere, mer omfattende, analyser som tyder på at det er lite kostnadseffektivt å innføre en bred, nasjonal, landstrøm-satsning for å redusere CO_2-utslipp. Landstrøm bør først og fremst vurderes som et lokalt luftkvalitetstiltak for å redusere helseskadelige utslipp av NO_X, SO_X og partikler i havn, ikke et klimatiltak. For enkelte havner og for enkelte skip kan landstrøm være et svært godt tiltak. Ved en omlegging til LNG og/eller elektrisk fremdrift for en stor del av skipene, kan en også anta at mye av den lokale luftforurensningen vil være betydelig redusert. Da vil behovet for landstrøm som tiltak også være redusert.

8 NÆRINGSEFFEKTER VED OMLEGGING TIL MER MILJØVENNLIG DRIVSTOFF

Overgangen til mer miljøvennlige drivstofftyper i skipsfartsnæringen vil bety økte investeringskostnader for rederier. Investeringskostnadene alene er interessante for å kunne si noe om hvilken effekt ulike tiltak vil ha for dem som blir direkte påvirket av disse tiltakene, dvs. eierne av skipene som må endre drivstofftype. Den maritime næringen er svært viktig i Norge og er godt representert innenfor ulike ledd i verdikjeden. Når vi så ser på effektene av en overgang til mer miljøvennlig drivstoff innen norsk sjøfart er det interessant å diskutere hvilke indirekte effekter dette kan ha for øvrige deler av den norske maritime næringen. Med næringseffekter mener vi hvilken effekt rederienes valg vil ha på andre aktører i næringen. I tillegg vil investeringer i infrastruktur kunne ha en virkning på bygg og anleggsnæringen.

Dette kapittelet presenteres noen eksempelberegninger, som under en rekke forutsetninger sier noe om hvilken næringseffekt innføring av ulike tiltak vil ha på næringens årlige omsetningsvekst, verdiskapingsvekst og sysselsettingsvekst.

Vi ønsker å understreke at det er stor usikkerhet rundt disse beregningene. Dette forklares av at det er stor usikkerhet tilknyttet utviklingen i den norske næringens markedsandel i tidsperioden vi ser på. Vi har derfor lagt til grunn en fast markedsandel når vi har beregnet næringseffektene. Bruk av mer miljøvennlig drivstoff av typene vi har sett på er fremdeles et relativt nytt tema for næringen. Det er derfor relativt få eller ingen eksempler på skip i operasjon med de ulike drivstoffalternativene, og derfor manglende datagrunnlag. Dette gjør at vi har vært nødt til å ta en rekke forutsetninger. Sist, men ikke minst har prosjektet hatt relativt kort tidsfrist. Dette har begrenset muligheten til å gjøre en større undersøkelse blant norske maritime aktører, og derfor har datagrunnlaget vært sårbart for de kontaktede aktørenes mulighet og villighet til å svare på spørsmål om deres markedsandeler i dag og i tiden fremover. Eksempelberegningene gir likevel et grovt førsteinntrykk av hvilken effekt investeringene kan ha på den norske næringen og utfyller således en generell beskrivelse av de direkte kostnadene.

8.1 Oversikt over bransjer som vil påvirkes av drivstoffomlegging

Økte investeringer som følge av omlegging til mer miljøvennlig drivstoff vil kunne genere ekstra inntekter for deler av norsk næringsliv. I denne sammenhengen er det naturlig å forvente at valg av drivstoff på eksisterende og nye fartøy vil påvirke følgende bransjer:

1. Leverandører av miljøvennlig drivstoff.
2. Produsenter av motorer, fremdriftssystemer og annet utstyr (motorer, drivstofftanker, propeller etc.).
3. Skipsverft som installerer utstyr på nye skip og eventuelt konverterer eksisterende skip.
4. Skipsdesign-bedrifter og leverandører av teknisk rådgivning og godkjenning til rederier og verft.
5. Aktører som bygger og drifter ny infrastruktur som kreves for at det skal være hensiktsmessig for rederiene å velge miljøvennlige drivstofftyper – primært bygg-entreprenører, leverandører av tank- og rørløsninger og energileverandører.

Leverandører av miljøvennlig drivstoff vil oppleve økt etterspørsel dersom flere rederier bestemmer seg for å gå over til bruk av mer miljøvennlig drivstoff på sine skip. For de alternativene vi ser på vil endret etterspørsel mest sannsynlig ikke medføre meromsetning som vil ha noen vesentlig påvirkning på den norske næringen. Unntaket kan være dersom biodrivstoff blir et etterspurt drivstoff, og norske aktører blir en stor bidragsyter på dette området. Med dette i bakhodet, velger vi likevel å se bort fra denne bransjen i den videre diskusjonen.

Overgangen til alternativt drivstoff vil i mange tilfeller kreve bruk av en annen type motor og drivstoffsystem/-tank (jf. for eksempel LNG), og eventuelt annet fremdriftssystem. I noen tilfeller vil det også være aktuelt med ombygginger/tilpasninger på eksisterende maskineri og systemer. For en fullelektrisk løsning er det flere nye utstyrsinvesteringer som må gjøres, slik som utbygging av ladesystemet på land, batteri, ladeplugger og lignende. Imidlertid er det også tilfeller der to ulike alternativer kan benyttes på samme installasjon uten særlige tilpasninger (for eksemepl LNG og biogass).

Andre tenkelige maritime næringsaktører som vil påvirkes er norske verft, skipsdesignere og eventuelt andre leverandører av teknisk rådgivning og godkjenning til rederier og verft. Intervjuer vi har gjennomført indikerer at de økte investeringskostnadene ved nybygg assosiert med omlegging til mer miljøvennlig drivstoff ikke er tilknyttet tjenestene som leveres av verftet og design. Altså kan det synes som om verftene eller skipsdesigner selv ikke tjener noe særlig ekstra ved å bygge et skip som går på LNG fremfor diesel. Når det kommer til ombygging av eksisterende skip derimot vil verftene og eventuelt skipsdesignerene kunne utgjøre en mer vesentlig del av investeringskostnaden. Investeringskostnadene tilknyttet ombygningene vil i så måte kunne tilfalle norske aktører innenfor disse bransjene.

Investeringene tilknyttet bygging/ombygging for mer miljøvennlig drivstoff vil først og fremst påvirke de maritime utstyrsleverandørene og verftene. Videre vil vi derfor fokusere på disse delene av maritim næring.

I tillegg til de ekstra investeringene på skipene vil bruk av mer miljøvennlig drivstoff også kreve investeringer tilknyttet infrastruktur, for eksempel bunkringsstasjoner for LNG langs norskekysten. For elektrisk drevne skip og landstrøm kreves det en utbygging av ladestasjoner og oppkobling til nettleverandør. For alle infrastrukturinvesteringer er det grunn til å tro at store deler av jobben vil utføres av norske leverandører. Dette fordi norske leverandører allerede har erfaring fra å bygge infrastruktur tilknyttet LNG-bunkringsanlegg, ladestasjoner og landstrømanlegg, og fordi det er naturlig å tro at man vil bruke lokale leverandører/entreprenører i et slikt arbeid.

8.2 Forutsetninger

For å kunne foreta beregninger av næringseffektene har vi lagt til grunn en rekke forutsetninger for å forenkle arbeidet. Disse er listet opp under:

- Vi bruker en fast markedsandel for norske aktører i hele perioden.
- Norske aktørers markedsandel tilknyttet omlegging til bruk av vegetabilsk olje er den samme som ved omlegging til LNG.
- Norske aktørers markedsandel tilknyttet omlegging til fullelektrisk er basert på estimerte andeler ved byggingen av Ampere.
- Den generelle veksten i næringen som er uavhengig av omleggingen til mer miljøvennlig drivstoff settes lik veksten i flåten. For å finne omsetningsnivået til næringen i 2025 og 2040 har vi meget forenklet gangen omsetningen i 2013 med flåteveksten brukt i dette prosjektet. Det vil si at vi låser den norske næringens markedsandeler tilknyttet skipsfarten i norsk farvann. Dette blir selvsagt veldig forenklet blant annet fordi den maritime næringen er en viktig eksportnæring, hvor blant annet utstyrsleverandører får 89% av omsetningen sin fra utlandet (Jacobsen og Mellbye, 2014). Ettersom vi justerer veksten etter endringer i volum vil tallene oppgitt være i faste priser.
- For nybygg forutsetter vi at alle tilleggsinvesteringer er tilknyttet utstyr. Altså er det kun norske utstyrsprodusenter som påvirkes av en omlegging.

- For ombygging forutsetter vi at 2/3 av de ekstra investeringene er tilknyttet utstyr og resterende 1/3 er tilknyttet verft.
- Vi forutsetter at markedsandelene til utstyrsleverandørene er lik for nybygg og ombygging av eksisterende skip.

8.2.1 Andre kommentarer til beregningene av næringseffekter

For å forenkle analysen, og fordi flere av drivstoffalternative som vurderes ellers i rapporten vil gi begrensede ekstra investeringer, gjør vi kun beregninger tilknyttet drivstofftypene LNG, vegetabilsk olje og fullelektrisk. Videre vil de tre drivstofftypene vurderes hver for seg. Det vil si at vi her ser på investeringer tilknyttet omlegging til kun LNG, kun fullelektrisk eller kun vegetabilsk olje. Vi har i tillegg kun sett på næringseffekten fra de årlige ekstra investeringene i år 2025 og 2040 i scenarioene «moderat omlegging» og «sterk omlegging».

8.3 Utvikling for norske maritime utstyrsleverandører og verft, uten drivstoffomlegging

Den norske maritime næringen er en komplett klynge av aktører fra ulike ledd i verdikjeden. For å kunne si noe om hvilke påvirkning investeringene vil ha på næringen i perioden frem til 2040 må vi vite hvor stor omsetningen, sysselsettingen og verdiskapingen antas å være i perioden vi ser på. Svært forenklet har vi valgt å ta utgangspunkt i Menons oversikt over regnskap og sysselsetting for de aktuelle delene av næringen i 2013. Disse er så justert for veksten i antall skip i norsk farvann som brukes ellers i dette prosjektet for å kunne lage estimat for omsetning, verdiskaping og vekst i 2025 og 2040 i faste priser. Gjennomgangen av hvilke deler av næringen som vil påvirkes av disse investeringene konkluderte med at det først og fremst er utstyrsleverandørene og verftene som påvirkes, dersom vi kun ser på de ekstra investeringskostnadene. Vi begrenser derfor den videre diskusjonen og effektberegningene til disse.

I tabellen under vises faktisk omsetning, verdiskaping og sysselsetting i 2013 samt estimerte verdier for 2025 og 2040. Disse tallene brukes som utgangspunkt når vi videre ser på hvilken effekt de ekstra investeringene vil ha for den årlige veksten.

Tabell 8-1: Utvikling i omsetning, verdiskaping og sysselsetting for utstyrsleverandører og verft uten ekstra tiltak.

	Omsetning (mrd)			Verdiskaping (mrd)			Sysselsetting (hele tall)		
Millarder NOK	2013	2025	2040	2013	2025	2040	2013	2025	2040
Maritime utstyrs-leverandører[19]	58,2	67,9	96,9	18,2	21,3	30,4	19 066	22 243	31 776
Verft	37,4	43,6	62,3	8,7	10,1	14,4	11 098	12 948	18 497
Sum	**95,6**	**111,5**	**159,3**	**26,9**	**31,4**	**44,8**	**30 164**	**35 191**	**50 273**

[19] For både verft og maritime utstyrsleverandører har vi brukt undergrupper i Menons maritime populasjon som blant annet brukes i Maritimt Forums årlige utgivelse Maritim Verdiskapingsbok. For Maritime utstyrsleverandører har vi valgt å ekskludere regnskapstall og sysselsetting for større selskap som National Oilwell Varco, MHWirth og Cameron ettersom det utgjøre en relativt stor andel av undergruppen og i liten grad er tilknyttet utstyr som påvirkes i dette prosjektet.

8.4 Næringseffekter dersom alle merinvesteringer tilfaller norske aktører

En omlegging til mer miljøvennlig drivstoff vil føre til betydelig økte investeringer. Å beregne næringseffekten av disse er svært utfordrende ettersom det er vanskelig å forutse markedsandelen til de norske aktørene for slike investeringer så langt frem i tid. Data for dagens markedsandeler i denne typen investeringer har også vist seg å være vanskelige å få tak i på den tiden prosjektet har utløpt seg. Vi begynner derfor med en kort beskrivelse av hvilken næringseffekt disse ekstra investeringskostnadene ville hatt på norske maritime utstyrsleverandører og verft dersom hele investeringsøkingen ville tilfalle norske aktører.

I tabellen under ser vi de totale ekstra investeringskostnadene dersom vi ser på omlegging av drivstoff til LNG, fullelektrisk eller vegetabilsk olje for scenarioene «Moderat omlegging» og «Sterk omlegging».

Tabell 8-2: Ekstra investeringskostnader per år totalt (nybygg + ombygging) for ulike drivstoffalternativ (MNOK).

(MNOK)	Moderat omlegging		Sterk omlegging	
	2025	2040	2025	2040
LNG	6 152	10 224	33 713	31 419
Fullelektrisk	921	1 463	1 005	1 603
Vegetabilsk olje	124	155	1 905	512

Som tabellen viser ser vi tydelig at det er LNG-alternativet som vil generere størst investeringer. Dette kommer av at vi i modellen forutsetter at alle skipstyper kan bruke LNG som drivstoff, og fordi investeringene per skip er store. Bruk av vegetabilsk olje som drivstoff er heller ikke begrenset til noen få skipssegment, men de ekstra investeringene ved en omlegging er vesentlig mindre enn ved LNG. I alternativet ved omlegging til fullelektrisk har vi avgrenset denne muligheten til å gjelde stykkgodsskip og passasjerskip, som beskrevet i kapittel 5.4.

8.4.1 Nærmere om effekter ved en «Moderat omlegging»

I tabellen under ser vi andelen de totale ekstrainvesteringene utgjør av den estimerte totale omsetningen for 2025 og 2040 i scenarioet «Moderat omlegging». Prosentandelen kan tolkes som en ekstra vekst i omsetningen det gitte året. Ettersom vi har antatt lik vekst i omsetning, verdiskaping og sysselsettingen vil den ekstra veksten på grunn av omleggingen til LNG, fullelektrisk løsning eller vegetabilsk olje være omtrent den samme for disse parametrene.

Tabell 8-3: Beregnet omsetningsvekst i 2025 og 2040 i scenarioet «Moderat omlegging», ved antatt 100% norsk markedsandel.

	2025			2040		
Ekstra årlig vekst	LNG	Full-el	Veg-olje	LNG	Full-el	Veg-olje
Maritimt utstyr	9,06 %	1,09 %	0,13 %	8,05 %	1,21 %	0,12 %
Verft	4,61 %	0,42 %	0,08 %	3,88 %	0,47 %	0,07 %
Totalt utstyr og verft	**7,32 %**	**0,83 %**	**0,11 %**	**6,42 %**	**0,92 %**	**0,10 %**

De totale årlige ekstrainvesteringene tilknyttet omlegging til vegetabilsk olje utgjør en relativt liten andel av den estimerte omsetningen til maritime utstyrsleverandører og verft i 2025 og 2040. En omlegging til vegetabilsk olje vil kun føre til en ekstra vekst i omsetningen på rundt 0,1 prosent årlig i 2025 og 2040 for både verft og maritime utstyrsleverandører, selv med en norsk markedsandel på 100 prosent.

Næringseffekten er noe større for en omlegging til en fullelektrisk løsning. Ved en norsk markedsandel på 100 prosent vil den årlige omsetning i år 2025 og 2040 ha økt med rundt 1,1 - 1,2 prosent ekstra for utstyrsleverandørene og i overkant av 0,4 prosent ekstra for verftene.

En omlegging til LNG vil derimot ha en vesentlig effekt i scenarioet med moderat omlegging dersom den norske markedsandelen er 100 prosent. For både utstyrsleverandører og verft vil de ekstra investeringene representere en ekstra øking i årlig omsetning på henholdsvis 9 og 4,6 prosent i 2025 og henholdsvis 8 og 3,9 prosent i 2040.

Disse verdiene er altså den maksimale næringseffekten vi kan få ved en omlegging til LNG, fullelektrisk løsning eller vegetabilsk olje i scenarioet «Moderat omlegging».

8.4.2 Nærmere om effekter ved en «Sterk omlegging»

Tabellen under viser den ekstra årlige veksten i 2025 og 2040 for de ulike drivstofftypene i scenarioet «Sterk omlegging» dersom den norske markedsandelen er 100 prosent.

Tabell 8-4: Beregnet omsetningsvekst i 2025 og 2040 i scenarioet «sterk omlegging», ved antatt 100% norsk markedsandel.

	2025			2040		
Ekstra årlig vekst	LNG	Full-el	Veg-olje	LNG	Full-el	Veg-olje
Maritimt utstyr	43,39 %	1,18 %	2,71 %	32,41 %	1,32 %	0,53 %
Verft	9,78 %	0,46 %	0,16 %	0,00 %	0,51 %	0,00 %
Totalt utstyr og verft	**30,24 %**	**0,90 %**	**1,71 %**	**19,73 %**	**1,01 %**	**0,32 %**

I dette scenarioet vil en omlegging til vegetabilsk olje ha en viss næringseffekt, men den er først og fremst knyttet til utstyrsleverandørene og den investeringsveksten vi ser i år 2025. Tallene må imidlertid betraktes som en øvre grense for effekter, og indikerer at dersom omleggingen til vegetabilsk olje skjer med en svakere omleggingstakt enn i dette scenarioet og den norske markedsandelen av de ekstra

investeringene er noe under 100 prosent, så vil en omlegging til vegetabilsk olje ha begrenset effekt på veksten til de norske utstyrsleverandørene og verftene.

For omleggingen til fullelektrisk løsning ser vi at forskjellen er relativ liten i scenariene «moderat omlegging» og «sterk omlegging». Dette kommer av at løsningen er begrenset til stykkgodsskip og passasjerskip. Det er derfor begrenset hvor mange nybygg som påvirkes og med dette hvor store de ekstra investeringskostnadene er. For utstyrsleverandørene vil en norsk markedsandel på 100 prosent ved en «Sterk omlegging» gi en ekstra årlig vekst på 1,2 prosent og 1,3 prosent for utstyrsleverandørene i 2025 og 2040. For verftene er effekten mindre, rundt 0,5 prosent i både 2025 og 2040.

En omlegging til LNG i dette scenariet vil gi vesentlige ekstra investeringskostnader. Sett opp mot den estimerte omsetningen til utstyrsleverandører og verftene vil de ekstra investeringskostnadene representere nesten 44 prosent av omsetningen til utstyrsleverandørene i 2025 og nesten 33 prosent i 2040. For verftenes del vil de ekstra investeringene bety en årlig vekst på nærmere 10 prosent i 2025, mens de i 2040 ikke vil få en del av de ekstra investeringene ettersom all omlegging til LNG antas å gjøres ved nybygg.

Under forutsetningen av at alle ekstra investeringskostnader vil tilfalle norske næringsaktører ser vi klart at det er effekten ved en omlegging til LNG som vil ha størst effekt på relevante næringsaktører. Videre vil vi presentere noen eksempelberegninger på hvordan norske næringsaktører vil påvirkes dersom vi antar en markedsandel mer i tråd med på dagens situasjon.

8.5 Næringseffekter dersom kun en andel av merinvesteringene tilfaller norske aktører

Norge har en betydelig maritim næring, men det er lite sannsynlig at absolutt alle kontrakter på ombygging og nybygg av skip som følger av tiltakene ovenfor vil tilfalle norske verft og utstyrsleverandører helt frem til år 2040. For å få et mer sannsynlig anslag på næringseffekter for norske aktører har vi forsøkt å finne et estimat på dagens markedsandeler for norske aktører.

Tilbakemelding fra intervjuene vi har gjennomført med representanter fra norske utstyrsleverandører og verft indikerer at rundt 50 prosent av endringene i investeringskostnadene ved nybygg av et skip med LNG som drivstoff er tilknyttet selve motoren. Denne leveransen kommer i dag i stor grad fra norske leverandører som Wärtsila og Rolls Royce. De resterende 50 prosentene representerer kostnadene tilknyttet tankanlegget som må installeres og som ikke produseres i Norge. Altså vil norske utstyrsleverandører selv med en 100 prosents markedsandel på sine leveranser kun ha maksimalt en 50 prosent andel av de ekstra investeringskostnadene tilknyttet en omlegging til LNG. Dessuten vil fremtidig LNG anvendelse på større laste- og tankskip involvere to-takts LNG-løsninger som ikke i samme grad leveres fra norske aktører.

For en fullelektrisk løsning er det per dags dato få eksempler der en kan finne informasjon om norske leverandørers markedsandel. Samtidig er det vanskelig å konkretisere hvilke komponenter som utgjør de ekstra investeringskostnader ettersom en fullelektrisk løsning også krever en rekke supplerende tiltak og teknologier for at løsningen skal være gjennomførbar.

Konkrete tilbakemeldinger fra næringsaktører om hvilken markedsandel de antar for seg selv eller andre norske aktører for de ulike løsningene har vært vanskelig å få. De anvendte markedsandelene representerer derfor et «best guess», og beregningene som følger må derfor kun tolkes som eksempelberegninger. Markedsandelene som er brukt vises i vedlegg E: Investeringsprofiler og norske markedsandeler.

I tabellen under ser vi de ekstra investeringskostnadene som tilfaller de norske næringsaktørene gitt de antatte markedsandelene. Igjen ser vi at det er omlegging til LNG som vil ha klart størst påvirkning.

Tabell 8-5: Ekstra investeringskostnader (MNOK) som tilfaller norske aktører per år totalt (nybygg + ombygging) for ulike drivstoffalternativ ved antatte norske markedsandeler.

Ekstra investeringskostnader per år (MNOK)	Moderat omlegging		Sterk omlegging	
	2025	2040	2025	2040
LNG	1 862	2 957	9 396	8 362
Fullelektrisk	737	1 170	804	1 282
Vegetabilsk olje	34	42	144	129

Sett i sammenheng med estimert omsetning for verft og utstyrsleverandører i 2025 og 2040 er de ekstra investeringskostnadene ved en omlegging til vegetabilsk olje relativt liten. Disse vil i det følgende vises i tabellene som presenteres, men vil ikke diskuteres i teksten.

8.5.1 Nærmere om effekter ved «Moderat omlegging»

Omleggingen til en fullelektrisk løsning har i våre beregninger en relativt høy norsk markedsandel. For maritimt utstyr totalt finner vi at de ekstra investeringene generer en ekstra vekst på i underkant av ett prosentpoeng i årlig vekst. For verftene ligger tilleggsveksten på rundt 0,4 prosentpoeng årlig.

Tabell 8-6: Beregnet omsetningsvekst i 2025 og 2040 i scenarioet «Moderat omlegging», ved begrenset norsk markedsandel.

Ekstra årlig vekst	2025			2040		
	LNG	Full-el	Veg-olje	LNG	Full-el	Veg-olje
Maritimt utstyr	2,74 %	0,87 %	0,04 %	2,39 %	0,97 %	0,03 %
Verft	1,28 %	0,34 %	0,02 %	1,03 %	0,38 %	0,02 %
Totalt utstyr og verft	**2,17 %**	**0,66 %**	**0,03 %**	**1,86 %**	**0,73 %**	**0,03 %**

Ved omlegging til LNG vil næringseffekten være større ettersom flere skip omfattes av denne omleggingen og både verft og utstyrsleverandører kan ha flere leveranser. Ettersom de ekstra investeringskostnadene først og fremst er tilknyttet utstyret er det hos utstyrsleverandørene effekten vil være størst. Her finner vi en årlig ekstra vekst på 2,7 prosentpoeng i 2025 og rundt 2,4 prosentpoeng i 2040.

Som tidligere nevnt vil denne ekstra veksten i omsetning, verdiskaping og sysselsetting være lik ettersom vi antar at alle tre variablene vokser i takt med flåten vi ser på i dette prosjektet.

8.5.2 Nærmere om effekter ved «Sterk omlegging»

Også i dette scenarioet vil næringseffekten ved en omlegging til full-elektrisk løsning føre til at den årlige veksten i omsetning, verdiskaping og sysselsettingen øker med omtrent ett prosentpoeng for utstyrsleverandørene, og 0,4 prosentpoeng for verftene. Forskjellen i næringseffekten mellom de to scenarioene er derfor relativt liten.

Tabell 8-7: Beregnet omsetningsvekst i 2025 og 2040 i scenarioet «sterk omlegging», ved begrenset norsk markedsandel.

Ekstra årlig vekst	2025			2040		
	LNG	Full-el	Veg-olje	LNG	Full-el	Veg-olje
Maritimt utstyr	12,01 %	0,95 %	0,18 %	8,63 %	1,06 %	0,13 %
Verft	2,85 %	0,37 %	0,04 %	0,00 %	0,41 %	0,00 %
Totalt utstyr og verft	8,43 %	0,72 %	0,13 %	5,25 %	0,81 %	0,08 %

Næringseffekten ved en omlegging til LNG er derimot mye større i scenarioet «Sterk omlegging» sammenlignet med «Moderat omlegging». Gitt de markedsandelene vi har brukt vil utstyrsleverandørene i dette scenarioet få en årlig ekstra vekst på 12 og 9 prosentpoeng i henholdsvis 2025 og 2040. Næringseffekten er vesentlig lavere hos verftene med en ekstra vekst på 2,8 prosentpoeng i 2025. I 2040 er alle investeringer tilknyttet nybygg. Verftene har derfor ingen andel av de ekstra investeringene.

8.6 Utvikling i næringseffekten over tid

Den norske maritime næringen har sitt konkurransefortrinn i spesialiserte og skreddersydde løsninger snarere enn masseproduksjon.[20] Når det kommer til masseproduksjon er den norske næringen i liten grad konkurransedyktig ettersom et høyt lønnsnivå gjør det vanskelig å konkurrere på pris. Dette gjør at det er rimelig å tro at norske leverandører vil oppnå en høy andel av de økte investeringene i en tidlig fase, men at andelen vil falle etter hvert som teknologien og produktene blir standardisert.

Per januar 2015 er det 57 LNG drevne fartøy i operasjon i verden. Det er også 77 bekreftede bestillinger av LNG-drevne skip.

Norge refereres gjerne til som verdensledende innenfor bruk av LNG i skipsfartsnæringen.[21] Det er nå 57 LNG-drevne skip i drift i verden, de aller fleste operer i norske farvann. Samtidig ligger det inne bestillinger på mellom 77 LNG-drevne skip, hvorav rundt 1/3 av disse vil operere i Norge. Norske aktører har så langt vist at de er tidlig ute med ny teknologi tilknyttet bruk av mer miljøvennlig drivstoff. I sammenheng med bruk av LNG som drivstoff kan vi blant annet nevne at:

- Det første gassdrevne skipet som ble bygget, bilfergen M/F Glutra, er eid av Fjord1 og ble satt i drift i 2000.
- I 2003 ble verdens første LNG-drevne forsyningsskip, Viking Energy, levert fra Kleven verft til rederiet Eidesvik. Utviklingen av skipet var et samarbeidsprosjekt mellom Eidesvik, DNV GL, Vik-Sandvik (nå Wärtsilä), Wärtsilä Ship Automation og MTU Onsite Energy. Forsyningsskipet ble bygget på vegne av Statoil.
- Norske eiere står også bak verdens første gassdrevne lasteskip, M/S Høydal som ble satt i drift i 2012 og som skal brukes av BioMar.

Investeringsstøtte fra NOx-fondet, samt krav fra innkjøper av fergetjenester, har vært en vesentlig bidragsyter til utviklingen.

Også innen fullelektriske løsninger har norske aktører vært relativt tidlig ute. I 2015 settes verdens første batteridrevne bilferge i drift på sambandet Lavik – Oppedal i Norge. Fergen eies av Norled, og ble

[20] Jakobsen, Grünfeld og Ulstein (2013)
[21] Næringslivets NOx-fond (2013), «Et bedre fungerende LNG-marked»

bygget av Fjellstrand verft med utstyr fra blant annet Siemens' maritime virksomhet i Norge. Det er dette eksempelet som er brukt som utgangspunkt i vårt estimat for norske aktørers markedsandel. Vi har her antatt at 80 prosent av ekstrakostnaden ved en fullelektrisk løsning vil tilfalle norske leverandører.

Vi har altså i våre beregninger antatt en relativt høy markedsandel for norske leverandører. Bruk av LNG som drivstoff i skip har frem til nå til en viss grad vært særnorsk. Norske utstyrsleverandører har dermed skaffet seg et konkurransefortrinn sammenlignet med andre utenlandske utstyrsleverandører.

Ofte er det også slik at dersom et skip har norske eiere eller bygges/ombygges ved et norsk verft, så vil dette øke sannsynligheten for at utstyret som implementeres på skipet er fra norske leverandører. Norske verft er i dag verdensledende på bygging av offshorerelaterte fartøy og det er derfor naturlig å tro at norske utstyrsleverandører vil ha en relativt høy markedsandel på disse skipene. I en tidligere rapport om norske maritime utstyrsleverandører[22] viser Menon at rundt 89 prosent av omsetningen deres kommer fra utlandet. Derfor er det rimelig å anta at norske utstyrsleverandører vil kunne ha en relativt stor markedsandel også på skip som bygges andre steder enn i Norge. Det er også slik at de norske utstyrsleverandørene normalt vil kjøpe deler til utstyret sitt fra utenlandske aktører, hvilket vil redusere den norske næringseffekten. Dette er ikke tatt hensyn til i våre beregninger.

For verftene har vi antatt samme markedsandeler som utstyrsleverandører når det kommer til investeringen innenfor ombygging. Som nevnt over er norske verft i stor grad spesialisert innen skipssegmentene offshore, og andre spesialiserte fartøy. For nybygg er det derfor rimelig å tro at en eventuell næringseffekt for norske verft først og fremst vil være tilknyttet disse skipssegmentene. Ettersom de ekstra investeringene på nybygg ikke er relatert til verftenes aktivitet spiller dette liten rolle i våre beregninger. Når det kommer til ombygging av skip vil disse skipssegmentene fortsatt være viktig, men her kan det være at andre faktorer gjør at norske verft vil ha en markedsandel innenfor andre skipssegment også. For eksempel vil en ombygging tilpasses ett og ett skip. En slik case-by-case investering kan gjøre at norske verfts konkurranseevne gjør dem til et naturlig valg også for skip som er mindre typiske i norsk verftnæring. Det kan også være at skip som seiler i norsk farvann vil velge norske verft til disse ombyggingsprosjektene på grunn av lokaliseringen. Med dette mener vi at tapte inntekter ved at skipene ikke er i drift pga. transport frem og tilbake til eksempelvis Kina gjør det like lønnsomt å bygge om skipet i Norge. Sistnevnte kan også bety at flere av disse ombyggingsprosjektene gjennomføres ved mindre verft i europeiske land, hvor kostnadene er lavere enn i Norge. I den grad ombygging ikke krever store justeringer fra skip til skip, vil det være mer naturlig at ombyggingen skjer ved verftene i eksempelvis Tyrkia og Kroatia. I så fall vil norske verfts markedsandel for disse ombyggingsprosjektene være lavere.

Etter hvert som LNG-motorene og utstyret tilknyttet en fullelektrisk løsning blir mer og mer standardisert er det rimelig å anta at norske næringsaktørers markedsandel på disse produktene vil falle. I våre beregninger har vi valgt å legge til grunn dagens markedsandel og holdt den konstant over hele tidsperioden. Ettersom den norske markedsandelen i dag er relativt høy kan det være at vi overvurderer den norske næringseffekten når vi ser på investeringer som gjennomføres så mange år fremover i tid.

8.6.1 Næringseffekter fra økt konkurranseevne i det globale markedet

De ekstra investeringene vi har gjennomført beregningene for gjelder kun skip som skal gå i norsk farvann. Den norske maritime næringen er derimot svært eksportrettet. Næringsaktørenes utvikling og involvering som følger av at skip i norske farvann må tilføye seg miljøkrav vil kunne gi store konkurransefordeler dersom slike krav senere implementeres andre steder i verden. At de norske

[22] Jakobsen og Mellbye (2014), «Maritime utstyrsleverandører 2014» rapport laget for Norsk industri.

aktørene har vært involvert i denne overgangen i Norge gjør at de stiller sterkt internasjonalt, og disse næringseffektene vil potensielt være vesentlig større enn dem vi har forsøkt estimert her.

Også globalt vil et eventuelt norsk konkurransefortrinn reduseres etter hvert som løsningene for drift med alternative drivstoff blir standardisert og billigere å gjennomføre. Næringseffekten av at norske leverandører oppfattes som ledende på området globalt sett vil kanskje uansett være en viktigere komponent for næringens utvikling sammenlignet med effekten fra tiltaksendringen for skip i norske farvann.

8.7 Næringseffekter av økte investeringer i infrastruktur

Nedenfor ser vi estimerte årlige investeringer i infrastruktur frem til 2025 assosiert med omlegging til LNG, fullelektrisk og vegetabilsk olje. Vi antar her at all utbygning av nødvendig infrastruktur vil være gjort innen 2025. Beregningene av kostnadene knyttet til infrastruktur er beskrevet i vedlegg D. Beregningene er basert på en forenklet antakelse om kapasitetsbehov og kostnader for installert tankkapsitet og støttesystemer, jf tilgjengelige prisanlag fra markedet.

Tabell 8-8: Gjennomsnittlig årlige investeringer i infrastruktur tilknyttet ulike drivstofftyper frem til 2025.

Ekstra årlig vekst	2025		
	LNG	Full-el	Veg-olje
Årlig investering i infrastruktur (MNOK)	480	500	0

Disse investeringene vil primært tilfalle bygg-entreprenører, leverandører av tank- og rørløsninger og energileverandører. En omlegging til vegetabilsk olje er antatt ikke å føre til vesentlig investeringskostnader, og er derfor satt lik null. For en omlegging til både LNG og fullelektrisk er de årlige investeringskostnadene anslått til rundt 500 millioner. I disse investeringene antar vi at man vil bruke lokale leverandører.

I 2013 var omsetning til selskap i undergruppen «Utførende bygg og anleggsvirksomhet» i Menons bygg og anleggspopulasjonen 445 milliarder NOK. En økning i omsetning på 500 millioner i 2013 vil for hele denne bransjegruppen totalt sett utgjøre kun 0,1 %.

9 BARRIERER FOR ØKT ANVENDELSE AV MER MILJØVENNLIG DRIVSTOFF

Det foreligger i dag en rekke barrierer mot økt bruk av miljøvennlig drivstoff. Tabell 9-1 beskriver fire hovedkategorier av barrierer; teknisk, økonomisk, regulatorisk og kulturell.

Tabell 9-1: Oversikt over barrierekategorier.

Barriere-kategori	Elementer som inkluderes
Teknisk	• **Sikkerhet og pålitelighet**; skipets, passasjerenes, og mannskapets sikkerhet. Problemer med oppfyllelse av kontraktmessige forpliktelser. Nedetid med tap av inntekt. • **Teknisk usikkerhet,** bl.a. knyttet til faktisk utslippsreduksjon. • **Infrastruktur og tilgjengelighet** på drivstoffet.
Økonomisk	• **Markedsmessige utfordringer**; kontraktsformer kan stille spesifikke krav som ikke kan møtes. Eksterne kostnader er ikke internalisert. • **Økonomiske og finansielle utfordringer**; store investeringskostnader må tilbakebetales gjennom drift. Stor usikkerhet knyttet til driftskostnaden (drivstoffpris) betyr høy risiko. Tilgang på kapital og mulighet for store investeringer er begrenset hos mange mindre redere i nærskipsfart. Annenhåndsverdi av skip med spesielle krav til infrastruktur etc. vil være begrenset. Spesialttilpasninger vil også redusere anvendbarheten i andre havområder med mindre utbygd infrastruktur og tilgang på drivstoffalternativene. Robusthet mot fremtidige endringer i Norge og i andre land. • **Avgifter og insentiver**
Regulatorisk	• **Regelverk fra myndigheter** • **Klasseregler** • **Insentiver og støtteordninger**
Kulturell	• **Organisatoriske utfordringer.** Investering og drift er forskjellige avdelinger hos en reder. Å gjøre grep krever en beslutning på høyt nivå i organisasjonen. Mange mindre redere har ikke en organisasjon som kan håndtere annet enn «normal» drift. • **Kompleksitet i anvendelse**. Nye løsninger kan være mer komplekse å ta i bruk. Vil kunne kreve opplæring og innhenting av ny kompetanse/personell (dieselmotor vs. elektromotor).

Et skip blir normalt designet og optimalisert for et gitt drivstoff, eller for to typer drivstoff dersom skipet operer både innenfor og utenfor ECA (gjerne tungolje og lav-svovel olje). Normalt vil skipet så operere med denne konfigurasjonen gjennom hele sin operasjonstid (20-30 år). Det skal relativt store insentiver til for at en reder er villig til å bygge om sitt fartøy for andre typer drivstoff. I det minste må barrierene innenfor alle fire kategoriene være på akseptabelt nivå for at et gitt drivstoff skal velges. Det hjelper for eksempel lite at et drivstoff er billig hvis det ikke er tilgjengelig. Hvis prisen på et drivstoff er for høy så kan det være økonomisk for en reder å flytte sitt fartøy til steder der drivstoffet er billigere eller valg av andre drivstoff er fordelaktig.

Den lange levetiden for et fartøy kombinert med høy investeringskostnad medfører at redere ofte er tilbakeholdne med å prøve ut ny teknologi. Spørsmålet er ikke bare om teknologien er lønnsom i dag, men om den er lønnsom også om 15 til 20 år, og om et gitt drivstoffalternativ er tilgjengelig der hvor skipet opererer.

Lønnsomhetsvurderingen inkluderer også en analyse av hvor omsettelig fartøyet kan ventes å være i annenhåndsmarkedet. Kan fartøyet kun operere innenfor et gitt geografisk område vil dette få stor betydning for skipets annenhåndsverdi, og rederen vil søke å velge en løsning som gjør at fartøyet også er attraktivt på annenhåndsmarkedet 20 år framover.

For å eksemplifisere dette; Norge har et relativt godt utbygget LNG distribusjonsnett, i motsetning til resten av Europa. Dette reduserer mulighetene for en reder som ønsker seg sikkerhet for at skipet kan operere andre steder enn i Norge dersom markedet skulle tilsi det. Redere vil dermed vegre seg for å binde seg til ny teknologi/drivstoff, selv om det tilsynelatende er lønnsomt i Norge og skipet har oppdrag i dette området. Denne tilbakeholdenheten fra forbrukernes side skaper igjen et problem for utviklingen av distribusjonsnettet, da dette normalt sett ikke blir bygd ut før det er identifisert et behov.

Tabell 9-2 viser en kvalitativ oppsummering av barrierenivå for hvert drivstoffalternativ. For hver kategori vurderes nivået av barrierer som enten høyt, betydelig eller lavt. Merk at denne vurderingen reflekterer dagens situasjon. Betydelige endringer kan imidlertid forventes, som følge av kommersiell og teknisk utvikling, og som følge av myndighetenes virkemiddelbruk.

De følgende delkapitlene diskuterer barrierene knyttet til hvert alternativ i større detalj. Merk at diskusjonen ikke er ment å være uttømmende, men vil dekke noen sentrale punkter. Merk også at det gjøres en samlet vurdering for biodrivstoff. Hybridisering vurderes ikke spesifikt.

Tabell 9-2: Kvalitativ evaluering av dagens barrierenivå for drivstoffalternativene.

	LNG	Biodrivstoff	Elektrisk	Landstrøm
Teknisk	Lavt	Høyt	Høyt	Betydelig
Økonomisk	Høyt	Betydelig	Høyt	Høyt
Regulatorisk	Lavt	Betydelig	Betydelig	Lavt
Kulturell	Betydelig	Betydelig	Høyt	Lavt

9.1 LNG

Tekniske barrierer

- *Infrastruktur og tilgjengelighet*: Det er få tekniske barrierer for LNG, men bunkringsinfrastruktur er fortsatt begrenset. Skip kan bunkre LNG i Norge, men antall bunkeringsanlegg og kapasitet er begrenset, og det er få tilbydere i markedet. Utenfor Norge er infrastruktur fortsatt lite utbredt. Dette legger begrensinger på bruken av et skip med LNG utenfor Norge, som begrenser annenhåndsverdien av skipet.

Økonomiske barrierer

- *Markedsmessige utfordringer:* Mangel på kunnskap / fokus hos innkjøpere av shippingtjenester.
- *Økonomiske og finansielle utfordringer:* LNG involverer en høy investeringskostnad og mange rederier har generelt en manglende investeringsevne. Dagens investeringer i LNG i Norge har i stor grad kommet på plass med NO_X-fond støtte. Stor usikkerhet i LNG-pris på sikt gir også risiko for at investeringen ikke blir tilbakebetalt. Den typiske prisdifferansen man har sett mellom LNG og oljebasert drivstoff har nok ikke vært gunstig nok til at LNG har kunnet være et foretrukket alternativ for et større antall skip, også uten NOx-fond støtte.

Regulatoriske barrierer

- *Regelverk fra myndigheter:* Usikkerhet rundt fremtidige NO_X Tier III-krav i nye ECA og CO_2-krav gjør at LNG blir et mindre aktuelt alternativ.

Kulturelle barrierer

- *Organisatoriske utfordringer*: Investering i LNG krever beslutning på høyt nivå i organisasjonen. I rederier er investering og drift forskjellige avdelinger, og det kan være mangel på kunnskap om LNG hos en av eller begge deler av organisasjonen.
- *Kompleksitet i anvendelse*: LNG er noe mer kompleks i anvendelse enn konvensjonelle drivstoff og vil kreve opplæring av mannskap. Mannskap kan i noen tilfeller også være skeptiske til nye løsninger.

9.2 Biodrivstoff

Tekniske barrierer

- *Sikkerhet og pålitelighet*: Det er usikkerhet knyttet til sikker og pålitelig bruk, ettersom biodrivstoff hittil har vært lite utprøvd på skip.
- Det kan knytte seg usikkerhet rundt garantier fra motorprodusenter.
- *Infrastruktur og tilgjengelighet:* Tilgang på biodrivstoff i tilstrekkelig volum er den største tekniske barrieren for biodrivstoff. Per i dag er ikke biodrivstoff tilgjengelig for skip på kommersiell basis. Biodrivstoffproduksjon er i sterk økning, men det er også konkurranse om volumene fra andre sektorer (luftfart og vei). Selv om volumene gjøres tilgjengelig fra produsenter, mangler infrastruktur for distribusjon og bunkring av biodrivstoff. Mens innblanding kan gjøres sentralisert hos drivstoffprodusenter og anvende eksisterende infrastruktur, vil 100% biodrivstoff kreve ny infrastruktur.

Økonomiske barrierer

- *Markedsmessige utfordringer:* Mangel på kunnskap / fokus hos innkjøpere av shippingtjenester.
- *Økonomiske og finansielle utfordringer:* Stor usikkerhet knyttet til prisen på biodrivstoff gir risiko for at investeringen ikke blir tilbakebetalt. Sammenlignet med LNG og fullelektrisk er det imidlertid ikke omfattende investeringskostnader for omlegging til 100% biodrivstoff (vegetabilsk olje og biodiesel).

Regulatoriske barrierer

- *Regelverk fra myndigheter:* Usikkerhet rundt fremtidige CO_2-krav gjør det mindre attraktivt å investere i omlegging til biodrivstoff. Siden eksternkosten av CO_2 ikke er internalisert, synes ikke samfunnsgevinsten hos rederen.
- Et regime for sertifisering av klimagevinst for biodrivstoff på skip er nødvendig. Her kan en imidlertid koble seg på EUs regler.

Kulturelle barrierer

- *Organisatoriske utfordringer*: Manglende kunnskap/fokus hos redere.

9.3 Fullelektriske skip

Tekniske barrierer

- *Sikkerhet og pålitelighet*: Det er usikkerhet knyttet til sikker og pålitelig bruk, ettersom fullelektriske skip er nytt og lite utprøvd.
- *Infrastruktur*: Per i dag er det begrenset infrastruktur på landsiden. Skip blir bundet til å anløpe havner med tilstrekkelig infrastruktur for kraftleveranser.

Økonomiske barrierer

- *Markedsmessige utfordringer:* Mangel på kunnskap / fokus hos innkjøpere av shippingtjenester, spesielt fergetjenester.
- *Økonomiske og finansielle utfordringer:* Fullelektrisk involverer en høy investeringskostnad og rederier har generelt en manglende investeringsevne. Usikkerhet i elektrisitetspris på sikt gir risiko for at investeringen ikke blir tilbakebetalt.

Regulatoriske barrierer

- *Regelverk fra myndigheter:* Usikkerhet rundt fremtidige CO_2-krav gjør det mindre attraktivt å investere i fullelektriske skip. Siden eksternkosten av CO_2 ikke er internalisert, synes ikke samfunnsgevinsten hos rederen.

Kulturelle barrierer

- *Organisatoriske utfordringer*: Manglende kunnskap/fokus hos redere.
- *Kompleksitet i anvendelse*: Fullelektrisk er noe mer kompleks i anvendelse enn konvensjonelle drivstoff og vil kreve opplæring av mannskap. Mannskap kan i noen tilfeller også være skeptiske til slik omlegging.

9.4 Landstrøm

Tekniske barrierer

- *Infrastruktur*: Per i dag er det begrenset infrastruktur på landsiden for reell og omfattende bruk av landstrøm for dagens skip, gitt de kravene som stilles til kvalitet og kapasitet på strømleveransen. Skip blir bundet til å anløpe havner med infrastruktur og får kun gevinst på investeringen når de anløper havner med infrastruktur. Skip vil være avhengig av regelmessige anløp for å dra nytte av fordelen av å investere i landstrøm.

Økonomiske barrierer

- *Økonomiske og finansielle utfordringer:* Landstrøm involverer en betydelig investeringskostnad både på skip og på land. Usikkerhet i elektrisitetspris på sikt gir risiko for at investeringen ikke blir tilbakebetalt.

Regulatoriske barrierer

- *Regelverk fra myndigheter:* Usikkerhet rundt fremtidige CO_2-krav gjør det mindre attraktivt å investere i landstrøm. Siden eksternkosten av CO_2 ikke er internalisert, synes ikke samfunnsgevinsten hos rederen.

En spørreundersøkelse fra 2011 blant norske redere viste at pålitelighet, sikkerhet og kostnad ble ansett som de viktigste kriteriene som må oppfylles for at ny teknologi skal tas i bruk (Acciaro et al, 2013). Landstrøm og LNG ble dekket av undersøkelsen, mens biodrivstoff og batterier ikke var dekket. I undersøkelsen oppfattet mange redere at det fremdeles er usikkerhet knyttet til sikkerhet og tilgjengelighet for LNG. Det synes rimelig å anta at denne usikkerheten er større for biodrivstoff og batterier.

10 VIRKEMIDLER FOR ØKT ANVENDELSE AV MILJØVENNLIG DRIVSTOFF

Dette kapittelet gir en overordnet vurdering av generelle egenskaper ved ulike virkemidler, samt oversikt over virkemidler som kan være aktuelle for å utløse tiltak for å oppnå en overgang til mer miljøvennlig drivstoff i skipsfartsnæringen.

Denne studien er primært relatert til virkemiddelbruk som er tilgjengelige for norske myndigheter. Internasjonale virkemidler vurderes i utgangspunktet ikke. Klimakvoter nevnes for eksempel kort i dette kapittelet ettersom kvoter i teorien kan implementeres nasjonalt, men er ikke inkludert på listen over spesifikke virkemidler ettersom det er lite sannsynlig at klimakvoter implementeres uavhenging av EU eller IMO. Dette gjelder også konkrete utslippskrav for SO_X, NO_X, og CO_2.

Som en del av vurderingen vil dette kapittelet også vurdere hvilke deler av flåten som kan reguleres nasjonalt eller som må reguleres gjennom internasjonale avtaler.

Med utgangspunkt i drøftingene vil Kapittel 10.2 vurdere hvilke virkemidler som kan være mest aktuelle for å oppnå nødvendig omstilling i det realitetsorienterte kombinasjonscenariet for omlegging (kapittel 7.5). Et godt virkemiddel møter visse kriterier som måler hvorvidt det skapes incentiver for mer miljøvennlig drivstoffbruk i skipsfartsnæringen ved å ta virkemiddelet i bruk. Disse kriteriene kan være:

- Styringseffektivitet: i hvilken grad kan en være sikker på at virkemiddelet sørger for at målet nås?
- Kostnadseffektivitet: innfrir virkemiddelet målet til lavest mulig kostnad?
- Langsiktige effekter: vil effektene av virkemiddelet svekkes, holdes stabile eller bli sterkere over tid?
- Dynamisk effektivitet: vil virkemiddelet kontinuerlig skape incentiver til forbedring i en mer miljøvennlig retning over tid?
- Fleksibilitet: kan virkemiddelet raskt tas i bruk og er det fleksibelt for bruk av ulike typer fartøy, skip i ulik type fart og skip under ulik type flagg?

Diskusjonen vil gi en overordnet vurdering, men konsentrere seg om hvorvidt virkemiddelet er styringseffektivt.

10.1 Vurdering av mulige virkmidler og deres generelle egenskaper

Virkemidler kan grovt sett sorteres i tre kategorier:

- juridiske virkemidler (lover og forskrifter);
- økonomiske virkemidler (skatter/subsidier, avgifter, klimakvoter, etc.); og
- andre virkemidler, som informasjonarbeid og forskning.

Hvilket virkemiddel det er hensiktsmessig å bruke kan være avhengig av hvilket scenario en ønsker å oppnå. Felles for alle virkemidlene er at de skal være egnet til å gi tilstrekkelige utslippsreduksjoner til å nå utslippsmålet.

Virkemidlene kan være både sektorspesifikke og sektorovergripende. Et poeng med å gjøre miljøpolitikken sektorovergripende er å få en helhetlig bruk av virkemidler som ulike myndigheter rår over. I andre tilfeller kan det være mer effektivt med sektorspesifikke virkemidler.

10.1.1 Juridiske virkemidler

For å møte klimagassreduksjonen som tilsvarer de ulike scenarioene i dette prosjektet kan en benytte seg av juridiske virkemidler. Virkemidler i denne kategorien setter direkte krav til atferd eller teknologi og er i de fleste tilfeller mer styringseffektive sammenlignet med økonomiske virkemidler. Eksempler på juridiske virkemidler kan være krav i form av lover, forskrifter eller standarder. Avtaler mellom myndigheter og enkeltbedrifter hører også til under denne kategorien.

Årsaken til at juridiske virkemidler er svært styringseffektivite er at det kan settes konkrete krav som aktørene i liten grad kan fravike. For eksempel kan det settes krav til grenseverdier for utslipp som aktørene ikke kan overstige. Dette ligner utslippskvoter, med unntak av at de ikke kan selges og kjøpes mellom aktørene.

Andre metoder er direkte regulering i form av forbud eller påbud som kan innebære krav til bruk av spesiell teknologi, drivstofftype eller lignende. Disse er ikke alltid like styringseffektive fordi det er større usikkerhet omkring hvorvidt en reduserer utslippene til det ønskelige nivået.

Juridiske virkemidler om en gitt teknologianvendelse er generelt mindre kostnadseffektive enn økonomiske virkemidler. Årsaken til dette er at det som oftest er aktørene selv som sitter på flest detaljer om muligheter for og kostnader ved å redusere utslippene fra sin virksomhet. Konkrete påbud, forbud og krav reduserer enkeltaktørenes handlingsrom, noe som kan føre til at mindre kostnadseffektive løsninger gjennomføres.

Den forurensende aktøren og myndighetene kan også opprette avtaler seg imellom. Det kan være løse intensjonserklæringer om å redusere utslippene eller bindende mål om konkrete reduksjoner i miljøutslipp. En slik avtale kan være både styringseffektiv og kostnadseffektiv dersom den er riktig utformet, men dette krever at sanksjonsmulighetene er sterke nok og at muligheter for gratispassasjerer begrenses.

Eksempler på juridiske virkemidler inkluderer;

- **Generelle krav til grenseverdier for utslipp:** Dette kan for eskemepel knyttes ferdsel i norske farvann, eller for tilgang til norske havner. Fordelen med utslippskrav er at de er teknologinøytrale og derfor gjerne mer kostnadseffektive enn for eksempel teknologikrav.
- **Krav til innblanding av biodrivstoff i drivstoff som selges:** Dette kan for eksempel inkludere krav til prosentandel av biodiesel i MGO og prosentandel av biogass i LNG.
- **Krav til omsetning av alternative drivstoff:** Dette innebærer et krav om at drivstofftilbydere må omsette et bestemt volum av et alternativt drivstoff i løpet av en tidsperiode.
- **Krav til teknologi eller utslipp i andre offentlige reguleringer:** Det kan også stilles krav til teknologi og utslipp gjennom eksiterende reguleringer og forvaltning. For eksempel kan utslipps- eller teknologikrav inkluderes i tillatelser på sokkelen og i oppdrettsnæringen.

10.1.2 Økonomiske virkemidler

Økonomiske virkemidler baserer seg på at det skapes incentiver til å endre den miljøbelastende atferden gjennom å gjøre miljøskadelig aktivitet dyrere eller miljøvennlig aktivitet billigere. Dette gjøres ved å skattlegge uønsket atferd som regel i form av avgifter, subsidiere ønsket atferd eller gjøre utslippstillatelser omsettelige i et kvotemarked.

Skatt eller avgift på utslipp

Hensikten med slike avgifter er at kostnadene den uønskede adferd medfører for samfunnet (negative eksterne virkninger) internaliseres i den forurensende aktørens beslutning. Dette gjøres gjennom at myndighetene setter en pris på utslippene. Dermed sendes signaler til aktørene om kostnadene utslippene påfører samfunnet. Dette påvirker igjen kostnadene og prisene i alle deler av økonomien, slik at alle aktører indirekte vil stå overfor kostnadene ved å slippe ut klimagasser i beslutningene de fatter.

For å oppnå størst mulig kostnadseffektivitet bør avgiften settes likt for alle utslipp av samme miljøskadelig stoff. Det vil si at for hver enhet av miljøskadelige utslipp som slippes ut vil det være en fast skatt eller avgift. For de forurensende aktørene vil det da være hensiktsmessig å legge seg på et utslippsnivå der kostnaden ved å redusere med en ekstra utslippsenhet er lik avgiftsnivået. Er det billigere å redusere utslippene med en ekstra enhet enn å betale avgiften vil aktørene velge å gjøre det. Tiltak som er dyrere enn å betale avgiften vil ikke gjennomføres. På denne måten sørger avgiften for at det kun er de mest kostnadseffektive tiltakene som gjennomføres forutsatt at alle aktører stilles ovenfor den samme avgiften og at de er bevisst sine egne marginalkostnader. Generelt gir skatter og avgifter løpende insentiver til å redusere utslippene over tid forutsatt at avgiften justeres i tråd med det generelle prisnivået.

Skatter og avgifter er imidlertid ofte mindre styringseffektive enn juridiske virkemidler, ettersom det på forhånd kan være vanskelig å avgjøre hvor stor skattesats eller avgiftssats som er nødvendig for å nå et gitt utslippsmål. Det kan også være vanskelig å gjøre hyppige endringer i avgiftssatsene dersom en i første omgang ikke oppnår den ønskede effekten. Hyppige endringer i lovverk og avgifter kan også påføre aktørene ekstra kostnader som følge av at de hele tiden må tilpasse seg endringer i rammebetingelsene.

Likevel er det mer gunstig for samfunnet med generelle økonomiske virkemidler fordi hvert enkelt rederi kan velge de løsningene som er mest kostnadseffektive for dem. En optimal utforming av en skatte- og avgiftspolitikk vil legge skattenivået, subsidienivået eller kvoteprisen tilsvarende marginalkostnaden ved å slippe ut eller å redusere en ekstra utslippsenhet. Det gjør at rederiene har mulighet til å tilpasse seg optimalt i markedet. Hvor styringseffektivt et økonomisk virkemiddel er, er avhengig av hvor presist skattenivået er satt. Det vil si hvor nært marginalkostnaden avgiften legges.

Kvoter på utslipp

Omsettelige utslippskvoter som kan knyttes direkte til utslippene kombinerer egenskapene ved juridiske og økonomiske virkemidler. Styringseffektiveten øker ved at en kan sette et tak for utslippsmål med stor grad av nøyaktighet. Kostnadseffektiveten blir ivaretatt av at utslippskvotene er omsettelige mellom de ulike aktørene. Utslippsreduksjonene vil fordeles på de aktørene som har lavest reduksjonskostnader, slik at utslippsreduksjonene vil skje til lavest mulig kostnad. Her, i likhet med skatter og avgifter, vil aktøren optimalt tilpasse seg der marginalkostnaden av å gjennomføre utslippskutt er lik kvoteprisen.

I følge Klimakur 2020 regnes omsettelige kvoter som mer forutsigbart enn skatter og avgifter for bedriftene. Det er fordi kvotesystemer vanligvis vedtas som en egen lov mens skatter og avgifter vedtas årlig. Imidlertid viser erfaringene at kvoteprisen kan variere kraftig selv om utslippstaket er gitt i en forpliktelsesperiode. Et kvotesystem har også andre fordelingseffekter enn avgifter i form av at

omsettelige kvoter innebærer en overføring av midler fra den som forurenser til den som renser mens avgifter medfører en overføring fra forurenser til det offentlige.

Støtteordninger eller subsidier

Et alternativ til å skattlegge uønsket adferd som forurensende utslipp er støtteordninger og subsidier av utslippsreduksjoner og miljøvennlige løsninger. Slike subsidier vil på samme måte som avgifter gi økonomiske incentiver til å gjennomføre utslippskutt gjennom å redusere investerings- og driftskostnadene ved gjennomføring av utslippsreduserende tiltak.

Det kan være to hovedformål med å innføre økonomiske støtteordninger. Den ene er å prise positive eksterne effekter knyttet til å utvikle teknologi eller å overkomme barrierer for å kunne implementere kjent teknologi. Det andre hovedformålet er å støtte miljøvennlig atferd i tilfeller der det ikke er ønskelig eller mulig å oppnå det man ønsker med å rette virkemidlene direkte mot utslippskilden. Slike støtteordninger bryter imidlertid med «forurenser betaler» prinsippet som er et mye brukt prinsipp i klima- og miljøpolitikken.

I det sistnevnte tilfellet bør støtteordningene rettes mest mulig direkte mot å redusere utslippene. Innenfor statsstøtteregelverket i EØS-avtalen skal støtte i utgangspunktet kun gis dersom aktøren reduserer mer enn miljøkravet.

Styringseffektiviteten ved støtteordninger og subsidier er generelt relativt svak, og antakelig svakere enn for skatter og avgifter. Årsaken til det er at det er vanskelig å utforme tilstrekkelig generelle og teknologinøytrale støtteordninger som endrer den helhetlige atferden til aktørene. Ved å gi aktørene betaling for å redusere utslippene, uavhengig av hvordan dette gjøres, kan en imidlertid i prinsippet oppnå samme kostnadseffektivitet som ved avgifter og omsettelige kvoter.

Eksempler på økonomiske mulige avgifter, støtteordninger og subsidier inkluderer;

- **Differensierte havneavgifter basert på utslipp:** Havneavgifter for enkeltskip vil kunne dimensjoneres etter skipets utslippsnivå.
- **Reduserte avgifter for utvalgte alternative drivstoff:** Avgifter for alternative drivstoff reduseres i forhold til konvensjonelle drivstoff.
- **Avgiftsreduksjon i kombinasjon med støtteordning og forpliktende utslippskutt, slik som under Miljøavtalen om NO_X (NO_X-fondet):** Næringslivet oppnår redusert NOx-avgift i bytte mot bindende NOx-reduksjonsforpliktelser, gjennom innmelding og innbetaling i NOx-fondet. Fondets midler betales i sin helhet tilbake til næringslivet i form av investeringsstøtte til opptak av NOx-reduserende teknologier som kutter utslippene i henhold til forpliktelsen.
- **CO_2 avgift:** CO_2-avgift for alt fossilt marint drivstoff vil gjøre miljøvennlige alternativer mer attraktive.
- **Direkte offentlig støtte til utbygging av infrastruktur for alternative drivstoff:** Dette kan for eksempel inkludere støtte til terminaler, bunkringsstasjoner, skip, lastebiler, drivstoffkontainere.
- **Målrettet støtte til pilotering, utprøving, og skalering av nullutslippsløsninger:** Slik støtte til FOU kan for eksempel gis gjennom eksisterende ordninger som Forskningsrådet, Innovasjon Norge Enova/Transnova NO_X-fondet.

10.1.3 Andre virkemidler

Virkemidler som ikke innebærer økonomiske eller juridiske grep favner et bredt spekter av muligheter, fra forskning og utvikling, til målrettet innkjøpspolitikk hos offentlige instanser.

Eksempler på andre virkemidler inkluderer;

- **Målrettet forskning og utvikling som dreies mot nullutslippsløsninger**
  - Forskningsrådet
  - Universiteter
  - Internasjonalt samarbeid
- **Målrettet innkjøpspolitikk for offentlige innkjøp**
  - Anbudsprosesser for offentlige anskaffelser, først og fremst ferger
  - Knytte krav til taubåttjenester, lostjenester
  - Knytte krav til subsidier til Hurtigruten
  - Knytte krav til Kystvakt
- **Opplysningsarbeid og mulighetsforståelse**
  - Blant redere
  - Blant innkjøpere
  - Hos myndigheter
  - I befolkningen
- **Internasjonalt samarbeid om standarder og regelverk:** Dette kan inkludere samarbeid innenfor følgende:
  - Standarder og regelverk gjennom IMO, ISO etc.
  - Felles standarder og støtteordninger (Norden, EU, IMO), for eksempel «Grønne sertifikater» samarbeid med Sverige eller andre.

10.2 Vurdering av hvilke virkemidler som må innføres for å oppnå en tilstrekkelig omlegging til miljøvennlig drivstoff

Skipsfarten er global og mobil, og det er utfordrende for enkeltland å innføre særegne virkemilder og krav. Flåten som opererer i norske farvann er sammensatt, og ikke alle virkemidler vil kunne nå hele flåten. Deler av flåten kan kun reguleres nasjonalt, mens de resterende skipene reguleres gjennom internasjonale avtaler. I tillegg til at de ulike virkemidlene kan utløse forskjellige typer tiltak, vil virkemiddelbruken også måtte ta hensyn til flåtesammensetningen. Det er i hovedsak tre elemtenter ved flåten som må tas hensyn til når virkemidlene skal utformes:

- **Trafikktype**: Mange virkemidler vil kunne påvirke omlegging til alternative drivstoff for innenriks og utenrikstrafikk, mens det er vanskelig å påvirke gjennomgangstrafikk ettersom disse skipene ikke har havneanløp i Norge. Som havnestatsmyndighet kan norske myndigheter påvirke skip som har anløp i norske havner.

- **Flagg**: Mange virkemidler vil ha en effekt uavhenging av flagg, men enkelte virkemidler vil kun påvirke skip med norsk flagg. Det gjelder der norske myndigheter ikke har juridiske muligheter til å pålegge skip med annet flagg å gjennomføre tiltak eller overholde enkeltkrav. I tillegg vil virkemidler som oppfattes som økonomisk ugunstig skape insentiver til utflagging og dermed være ineffektive med hensyn til å nå ønsket utslippsreduksjon.

- **Skatteregime**: Noen virkemidler vil kun ha en effekt for skip/redere som er underlagt et norsk skatteregime. Et eksempel kan være at en subsidiering av ønskelig drivstoff fra norske myndigheters side kun kan inkludere skip som skatter til Norge. Da vil ikke alle skip i norske farvann få insentiver til drivstoffomlegging og effekten vil være mindre enn tilsiktet.

NO_X-fondet er et eksempel på økonomisk virkemiddelbruk som kun omfatter skipsfart som er avgiftspliktig, det vil si skip i innenriksfart (uavhengig av flagg og eierskap). Fergetrafikken mellom Norge og Danmark/Tyskland er, som eksempel, derfor ikke omfattet av NOx-fondet.

I tillegg er det viktig å identifisere virkemidlenes evne til å redusere barrierene for økt anvendelse av mer miljøvennlig drivstoff, jf. Kapittel 9. Ettersom det er ulike barrierer for implementering av de forskjellige tiltakene vil forskjellige virkemidler kunne ha ulik effekt på forskjellig type tiltak. Det kan også være behov for å innføre en kombinasjon av flere virkemidler for å løse opp i barrierene, men dette kan gå på bekostning av kostnadseffektiviteten ved virkemiddelbruken.

Dersom vi ønsker å ta i bruk virkemidler for å tilrettelegge for omlegging til tiltakene i kombinasjon B2 vil de ulike virkemiddelgruppene diskutert tidligere i kapittelet ha ulik egnethet. Nedenfor gis en kvalitativ vurdering av de ulike virkemidlene for omlegging slik kombinasjonsscenariet legger opp til:

- Alle relevante lasteskip (1-8) benytter vegetabilsk olje
- Alle relevante passasjerskip (9) benytter fullelektrisk
- Alle relevante offshoreskip (10-12) benytter LNG
- Alle relevante fiskefartøy (13) benytter vegetabilsk olje

I tillegg inkluderes en vurdering av en noe mindre ambisiøs kombinasjon (B1, se vedlegg F), der forskjellen fra B2 er at:

- Alle relevante lasteskip og fiskefartøy benytter innblandet biodiesel. B1-scenariet vil være lettere å oppnå, men ikke gi like god utslippsreduksjon som B2.

Teknologinøytrale virkemidler vil kunne utløse de billigste tiltakene

Generelle virkemidler som CO_2 -avgift, differensierte havneavgifter eller utslippsgrensekrav vil være teknologinøytrale og vil kunne utløse mange forskjellige typer tiltak, også utover substituering av drivstoff. En generell CO_2 -avgift vil kun utløse de tiltakene som har en marginal rensekostnad per tonn CO_2 som er lavere enn avgiften. Hvor stor effekt en slik avgift vil ha vil være avhengig av nivået på avgiften i tillegg til tiltakskostnadene. Avgiften vil trolig måtte legges på drivstoffet, hvilket vil medføre at avgiften vil ha begrenset effekt på skip i utenrikstrafikk som kan tilpasse seg gjennom å tanke drivstoff i utlandet. Denne type tilpasninger vil øke dersom avgiften settes høyt. Dette kan føre til at selv om en generell CO_2 -avgift kan være et svært kostnadseffektivt virkemiddel, vil effekten på omlegging til miljøvennlig drivstoff være begrenset.

Differensierte havneavgifter vil også kunne utløse kostnadseffektive tiltak. Effekten vil være størst på skip som tilbringer betydelig tid i norske havner som skip i nærskipsfart, mens den vil gi en mer begrenset effekt på skip i utenrikstrafikk. Forutsatt at et slikt avgiftsregime innføres i alle norske havner vil aktørene ha begrensede muligheter til å unngå avgiften, men ved høye avgiftsnivåer kan det tenkes at noe mer gods vil lastes av i utenlandske havner og fraktes inn til Norge med bil eller tog.

Utslippsgrensekrav vil kunne utløse de mest kostnadseffektive tiltakene innenfor hvert skipssegment. Et slik virkemiddel vil imidlertid være mindre kostnadseffektivt enn avgifter fordi tiltakskostnadene varierer mellom ulike skipstyper. Absolutte og uniforme utslippskrav kan derfor føre til at enkelte skipssegmenter

må gjennomføre dyre tiltak for å nå kravene, mens mer kostnadseffektive tiltak på skip med lavere utslipp ikke utløses. Krav til grenseverdier for utslipp er svært styringseffektivt for skip som fullt ut kan underlegges særnorske regler. Faren er imidlertid at det kan øke utflaggingen blant de skipssegmentene som ikke har gode kostnadseffektive alternativer til dagens teknologi.

Virkemidler rettet mot å utløse LNG

Selv om teknologinøytrale virkemidler vil kunne utløse noen LNG-tiltak vil mer spesifikke virkemidler ha større effekt her, riktignok med antatt lavere kostnadseffektivitet. De mest nærliggende, tiltaksspesifikke virkemidlene for å utløse LNG vil være teknologikrav, for eksempel knyttet til tillatelser på sokkelen og i oppdrettsnæringen eller i offentlige innkjøp av skipsfartstjenester. Tilstrekkelig tilgang til drivstoff vil imidlertid være helt avgjørende for å sikre omleggingen. Det er derfor nærliggende å tro at eventuelle teknologikrav til skip må kombineres med virkemidler som legger til rette for bedre infrastruktur og bunkerskapasitet. Dette kan for eksempel gjøres ved offentlig finansiering av infrastruktur eller krav til omsetning av LNG på eksisterende bunkersanlegg.

Virkemidler rettet mot økt bruk av biodrivstoff

Som for LNG vil innføring av generelle virkemidler til en viss grad kunne utløse økt bruk av biodrivstoff, spesielt innenfor de skipssegmentene der disse tiltakene er mest kostnadseffektive. Det er imidlertid krav til innblanding av biodrivstoff som framstår som det mest aktuelle virkemiddelet, spesielt på kort sikt. Virkemiddelet vil imidlertid kun virke på skip som tanker i Norge og derfor ha størst effekt på nærskipsfart. Som for avgifter kan en slik virkemiddelbruk til en viss grad føre til at enkelte aktører tilpasser seg gjennom å tanke utenlands dersom prisøkningen blir høy. Risikoen for dette vil trolig være begrenset så lenge innblandingskravet ikke settes for høyt. Innføring av avgiftsfritak eller direkte subsidier av biodrivstoff vil også kunne føre til økt innblanding og kunne redusere risikoen for avgiftstilpasning, men redusere kostnadseffektiviteten. Dersom det er behov for en større omlegging til biodrivstoff må det sannsynligvis benyttes sterkere virkemidler som teknologikrav kombinert med offentlig finansiering av infrastruktur og garantier om forsyningssikkerhet. Over tid kan tilskudd til forskning og utvikling, for eksempel pilotering, føre til at tiltakskostnaden reduseres som igjen kan føre til økt implementering av biodrivstofftiltak.

Virkemidler rettet mot implementering av fullelektriske løsninger

Fullelektriske løsninger er en relativt umoden teknologi og begrenser skipenes rekkevidde. Nærskipsfart og spesielt ferger vil derfor være de mest aktuelle skipssegmentene for implementering av denne type tiltak. Virkemidler som legger til rette for tilstrekkelig tilgang til infrastruktur på land vil også være en forutsetning for at denne type tiltak blir implementert. Dette kan gjøres gjennom offentlig støtte til utbygging eller krav til landsstrøm ved aktuelle havner. Siden teknologien er relativt umoden vil tilskudd til pilotering og FOU være viktig på lang sikt og sørge for videreutvikling av teknologien. Hvilke effekter slike virkemidler vil gi er imidlertid svært usikkert og derfor lite styringseffektivt. For implementering av tiltaket vil teknologikrav, kanskje spesielt aktuelt for offentlig innkjøp av fergetjenester være avgjørende. Ettersom tiltakskostnadene er relativt høye og foreløpig teknologi gir begrenset rekkevidde vil mer generelle virkemidler som avgifter og utslippskrav ha begrenset virkning på implementering av fullelektriske løsninger.

Overordnede betraktninger

Som vurderingene ovenfor illustrerer vil det trolig være behov for å benytte en kombinasjon av mange forskjellige virkemidler for å oppnå en omlegging til mer miljøvennlig drivstoff i tråd med kombinasjonsscenariene nevnt innledningsvis. Dette er en følge av at det er ulike utfordringer knyttet til implementering av de ulike tiltakene på forskjellige skipssegmenter. Dersom hovedformålet er å

redusere utslipp av klimagasser vil det trolig være mer kostnadseffektivt å innføre generelle og teknologinøytrale virkemidler.

Tabellen nedenfor gir en skjønnsmessig oppsummering av de virkemidlene som vurderes å gi størst effekt på opptaket av tiltak, basert på diskusjonen ovenfor. I tabellen trekkes det frem eksempler på potensielt gode virkemidler, og listen er ikke ment å være uttømmende.

Tabell 10-1 Oppsummering av virkemidler med potensielt god effekt.

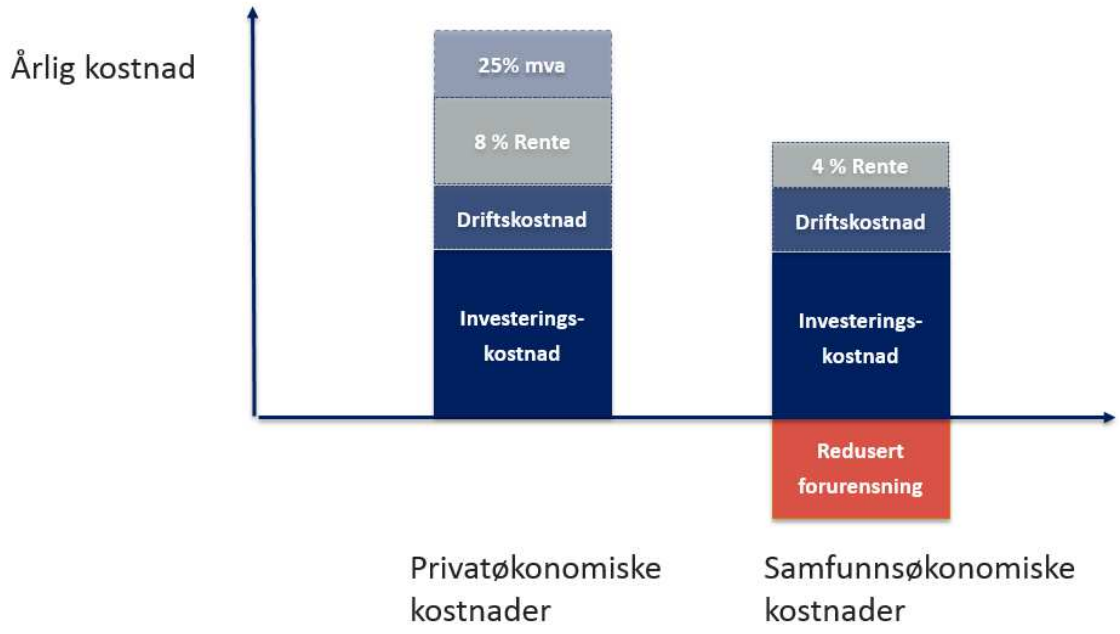
20% innblandet biodiesel på lasteskip og fiskefartøy benytter	100% vegetabilsk olje på lasteskip og fiskefartøy	Fullelektrisk fremdrift på passasjerskip	LNG på offshoreskip
Krav til innblanding av biodrivstoff i drivstoff som selges Krav til omsetning av alternative drivstoff Differensierte havneavgifter basert på utslipp Reduserte avgifter for utvalgte alternative drivstoff	Krav til omsetning av alternative drivstoff Differensierte havneavgifter basert på utslipp Reduserte avgifter for utvalgte alternative drivstoff Garantiordninger for leveransevolum av alternative drivstoff Direkte offentlig støtte til utbygging av infrastruktur for alternative drivstoff Målrettet forskning og utvikling som dreies mot nullutslippsløsnigner Målrettet støtte til pilotering, utprøving, og skalering av nullutslippsløsninger	Differensierte havneavgifter basert på utslipp Reduserte avgifter for utvalgte alternative drivstoff Direkte offentlig støtte til utbygging av infrastruktur for alternative drivstoff Målrettet forskning og utvikling som dreies mot nullutslippsløsnigner Målrettet støtte til pilotering, utprøving, og skalering av nullutslippsløsninger Målrettet innkjøpspolitikk for offentlige innkjøp	Differentierte havneavgifter basert på utslipp Reduserte avgifter for utvalgte alternative drivstoff Direkte offentlig støtte til utbygging av infrastruktur for alternative drivstoff

11 OVERORDNET VURDERING AV SAMFUNNSØKONOMISKE KONSEKVENSER AV OMLEGGINGEN

I denne studien har vi i utgangspunktet gjennomført privatøkonomiske vurderinger. Privatøkonomiske virkninger er de nytte- og kostnadsvirkningene enkeltpersoner eller bedrifter møter ved iverksetting av et tiltak. For å kunne forstå aktørenes beslutninger, og videre vurdere effekten av mulige virkemidler er det de privatøkonomiske kostnadene som er mest relevante. For å vurdere de samlede konsekvensene av ulike virkemidler er det imidlertid de samfunnsøkonomiske virkningene som er av størst betydning. Samfunnsøkonomiske kostnads- og nyttevirkninger er den samlede endringen i samfunnets ressursbruk som følger av et tiltak. Ettersom MACC-modellen kun beregner privatøkonomiske kostnader har det ikke vært mulig å gjennomføre egne beregninger av de samfunnsøkonomiske konsekvensene av de ulike scenariene for omlegging til mer miljøvennlig drivstoff innenfor rammene av dette prosjektet. I dette avsnittet vil vi likevel gjøre noen overordnede betraktinger rundt hvordan de samfunnsøkonomiske kostnadene skiller seg fra de privatøkonomiske, både for ulike typer tiltak og scenarier for omlegging. Vi gjør også noen kvalitative vurderinger av hvordan dette vil påvirke den interne rangeringen av tiltak etter kostnadseffektivitet sett fra et privatøkonomisk perspektiv i forhold til de samfunnsøkonomiske konsekvensene.

11.1 Privatøkonomiske vs. samfunnsøkonomiske kostnader

Resultatene fra MACC-modellen gir estimater på samlede investerings- og driftskostnader for hvert av scenariene, i tillegg til reduksjoner i utslipp av CO_2 NO_x og SO_X. Investeringer og økte driftskostnader medfører økt ressursbruk og innebærer derfor også samfunnsøkonomiske kostnader. Det er likevel enkelte forskjeller mellom privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader. De viktigste elementene er knyttet til vurdering av eksterne virkninger som utslipp av miljøskadelige stoffer, forskjeller i avkastningskrav, og skatter og avgifter. Eksempler på forskjellen mellom samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske tiltakskostnader er illustrert i figuren nedenfor.



Figur 11-1: Eksemplifisering av forskjeller mellom privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader.

11.1.1 Eksterne virkninger

Eksterne virkninger som utslipp av miljøskadelige stoffer vil ikke tas tilstrekkelig hensyn til av private aktører med mindre det er innført virkemidler for å internalisere kostnadene av utslippene. Utslippene påfører likevel samfunnet kostnader i form av forringelse av helse og miljø. I en samfunnsøkonomisk vurdering må derfor de eksterne virkningene inkluderes. For omlegging til mer miljøvennlig drivstoff i skipsfartsnæringen er det primært endring i utslipp av NO_x, SO_X og til en viss grad partikler som er av betydning utover reduksjoner i klimagassutslippene. I resultatene fra MACC-modellen er det oppgitt eksplisitte beregninger av hvordan utviklingen i utslipp av NO_x og SO_X påvirkes av de forskjellige tiltakene.

De samfunnsøkonomiske virkningene av NO_x-utslipp knytter seg primært til helsekostnadene av redusert lokal luftkvalitet, men også til skader på naturmiljø. Den samfunnsøkonomiske kostnaden av SO_X-utslipp er i større grad knyttet til skader på naturmiljø (jf. sur nedbør). I tabellen nedenfor viser vi estimerte samfunnsøkonomiske utslippskostnader for NO_x og SO_X.

Tabell 11-1 Skadekostnad i kroner per kg. Utslipp i 2014 NOK. Kilde: Statens Veivesen Håndbok V712; Konsekvensanalyser, og Marginale miljøkostnader ved luftforurensning - Skadekostnader og tiltakskostnader; TA-2100/2005, ISBN 82-7655-259-5.

	NO_x (SVV)			**SO_X (SFT, 2005)**
	Storby (Oslo, Bergen, Trondheim)	**Andre større byer**	**Andre områder**	**Alle områder**
Anslåtte skadekostnader	235	122	61	22

Som vi ser av tabellen er skadekostnadene per kilo NOx-utslipp avhengig av hvor utslippene skjer. De marginale skadekostnadene er større i mer sentrale områder fordi flere eksponeres for utslippene og luftkvaliteten generelt er dårligere enn i mer spredt bebygde områder. Utslipp over vann, som i utgangspunktet ikke fører til økt eksponering, verdsettes til samme enhet som «andre områder» i tabellen. Grunnen til dette er at Norge har forpliktelser til å redusere utslipp av NO_x gjennom Gøteborg-protokollen fordi utslipp av NO_x og SO_X fraktes med værsystemene og fører til langtransportert luftforurensning andre steder. Reduksjoner i utslipp ett sted i Norge reduserer behovet for å gjennomføre kostbare tiltak andre steder i økonomien og medfører derfor en samfunnsøkonomisk gevinst. Ettersom det meste av skipstrafikken som påvirkes vil foregå utenfor havnene vil det meste av endringene i NOx-utslipp ha en verdi tilsvarende utslipp i «andre områder».

I tabellen ovenfor oppgis også en pris på utslipp av SO_X. Disse verdsettingsestimatene er gamle og må derfor benyttes med varsomhet. De samfunnsøkonomiske kostnadene av SO_X-utslipp har tradisjonelt vært knyttet til sur nedbør og miljøproblemene forbundet med dette er langt mindre i dag enn de var tidligere. Det er derfor i all hovedsak tiltakenes virkning på utslipp av NO_x som vil utgjøre de eksterne virkningene av omlegging til mer miljøvennlig drivstoff utover reduksjonen i klimagasser.

Basert på beregningene i kapittel 7 er forskjellen mellom de privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnadene som følge av eksterne virkninger (utover reduserte klimagassutslipp) størst for tiltak som innebærer en overgang til fullelektriske motorer etterfulgt av LNG- og hybridmotorer. For overgang til biodrivstoff og bruk av vegetabilsk olje vil de samfunnsøkonomiske kostnadene være høyere enn de privatøkonomiske hvis vi kun ser på de eksterne virkningene knyttet til NO_x og SO_X.

11.1.2 Avkastningskrav

Avkastningskravet for private næringsaktører er som regel betydelig høyere enn det som legges til grunn i samfunnsøkonomiske analyser. I grove trekk er de viktigste årsakene til dette at staten gjennom sitt brede skattegrunnlag er mer diversifisert enn private aktører og derfor har et lavere risikopåslag på renten. I tillegg vil private aktører ha mer begrenset tilgang til kapital enn staten, noe som gjør at de i større grad kun vil prioritere de mest lønnsomme investeringsprosjektene. Videre går det frem av en undersøkelse som Menon har gjennomført, at investorene velger å sette avkastningskravet noe høyere fordi man er mer redd for å overinvestere snarere enn å underinvestere.

I følge Finansdepartementets Rundskriv 109/14 skal en kalkulasjonsrente på 4 prosent legges til grunn i samfunnsøkonomiske analyser. I de privatøkonomiske beregningene gjennomført med MACC-modellen ligger det til grunn en privatøkonomisk internrente på 8 prosent. Den samfunnsøkonomiske kalkulasjonsrenten er med andre ord halvparten av det som er lagt til grunn i beregningene i denne rapporten. Lavere kalkulasjonsrente medfører at de langsiktige virkningene vektlegges i større grad enn med en høyere kalkulasjonsrente. En lavere kalkulasjonsrente vil derfor gjøre at tiltak som medfører store løpende driftskostnader over lenger tid vil framstå som mindre kostnadseffektive ut i fra en samfunnsøkonomisk vurdering, sammenliknet med privatøkonomiske vurderinger. De tiltakene som medfører besparelser i driftskostnadene vil framstå som mer kostnadseffektive med en samfunnsøkonomisk kalkulasjonsrente enn en privatøkonomisk.

11.1.3 Skatter og avgifter

I samfunnsøkonomiske analyser skal i utgangspunktet alle skatter og avgifter som ikke reflekterer eksterne virkninger ekskluderes fra beregningene av kostnader med unntak av kostnader knyttet til bruk av arbeidskraft. Der hvor avgiftene reflekterer en ekstern virkning som for eksempel luftforurensning skal avgiftene inkluderes. Grunnen til dette er at fiskale skatter og avgifter kun innebærer en overføring mellom ulike samfunnsaktører og ikke en reell endring i ressursbruk. For kostnader forbundet med bruk av arbeidskraft skal lønnskostnader inklusive skatt, arbeidsgiveravgift, pensjon og «overhead» inkluderes. Årsaken til dette er at den samfunnsøkonomiske kostnaden forbundet med bruk av arbeidskraft er knyttet til den avkastningen arbeidskraften ville gitt ved en alternativ anvendelse. På marginen er dette antatt å være lik arbeidsgivers totale kostnader forbundet med ansettelsesforholdet. Skatte og avgiftsreglene knyttet til sjøfart er kompliserte ettersom næringen er svært internasjonal. Det har derfor ikke vært mulig å beregne hvilke endringer i skatter og avgifter de ulike tiltakene medfører innenfor rammene av dette prosjektet. Det betyr videre at vi heller ikke har vært i stand til å ekskludere skatter og avgifter som i et samfunnsøkonomisk perspektiv kun vil innebære overføringer mellom og offentlige og private aktører og ikke samfunnsøkonomiske effekter.

Variasjonen i skatter og avgifters andel av totale kostnader på tvers av tiltak vil trolig være begrenset og vil derfor ikke være en viktig kilde til forskyvninger i rangering av tiltak etter kostnadseffektivitet ut i fra et privat- eller samfunnsøkonomisk perspektiv. Skatter og avgifter kan på lik linje med de eksterne virkningene gjøre at tiltakenes samlede samfunnsøkonomiske kostnader er noe lavere enn de privatøkonomiske. Særegne maritime skatteregler vil likevel kunne gjøre at omfanget av skatter og avgifter knyttet til driftskostnader og investeringer trolig utgjøre en begrenset andel av differansen mellom privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader. Samtidig vil beregninger av framtidige privatøkonomiske investerings- og driftskostnader innebære stor usikkerhet. Det er derfor sannsynlig at differansen mellom privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader som skatter og avgifter utgjør vil ligge innenfor usikkerhetsspennet i beregningene.

11.1.4 Skattefinansieringskostnad

Dersom tiltak finansieres over offentlige budsjetter må en beregne en skattefinansieringskostnad i en fullstendig samfunnsøkonomisk analyse. Innføres økonomiske virkemidler som øker statens inntekter kommer reduserte skattefinansieringskostnader som en nyttevirkning. Skattekostnaden oppstår ved at offentlig forbruk og investeringer finansieres gjennom vridende skatter og avgifter som påfører økonomien et effektivitetstap. Reduserte inntekter til staten medfører et effektivitetstap som følge av at skattene på marginen må økes eller at det offentlige tjenestetilbudet må reduseres. Økte inntekter vil føre til reduserte skatter eller økt offentlig tjenestetilbud og dermed redusert effektivitetstap. I tillegg kommer kostnader i form av offentlig administrasjon forbundet med inndrivelse og reallokering av offentlige midler. Disse kostnadene omtales gjerne som skattekostnader og er beregnet til å utgjøre 20 prosent av endring i offentlige utgifter (Finansdepartementet, 2005). Selve provenyet er kun en overføring av ressurser fra det private til det offentlige. Hvorvidt de ulike scenariene innebærer endring i offentlige inntekter og utgifter er imidlertid avhengig av hvilke virkemidler som foreslås innført.

11.2 Samfunnsøkonomiske virkinger av næringseffekter

Som vist i kapittel 8 vil en omlegging til mer miljøvennlig drivstoff i skipsfartsnæringen kunne medføre betydelige næringseffekter i form av økt omsetning for norske verft og utstyrsleverandører. Omsetningsveksten kan imidlertid ikke vurderes som en samfunnsøkonomisk gevinst i seg selv fordi det også vil medføre økt bruk av ressurser som kunne vært benyttet andre steder i økonomien. Næringseffektene kan likevel innebære samfunnsøkonomiske gevinster dersom omsetningsveksten fører til at ressurser omfordeles fra mindre produktive til mer produktive næringer. Maritim næring er i dag en svært produktiv næring med høy kapitalavkastning og verdiskaping per ansatt. Dersom næringen klarer å opprettholde denne høye produktiviteten i forhold til andre næringer vil næringseffektene medføre positive samfunnsøkonomiske virkninger som kan redusere de samlede konsekvensene av omleggingen.

12 KONKLUSJONER

Utslipp av CO_2 fra skipstrafikk i norske farvann ventes å øke betydelig mot 2040. Det vil i 2040 kreve 38% reduksjon av totale CO_2-utslipp for å holde seg på 2015-nivå, mens det vil kreve 63% reduksjon for å møte et mål om 40% reduksjon fra 2015-nivå. Forventet teknologisk utvikling og flåtefornyelse vil bidra til å dempe veksten noe, men vekst i utslipp må påregnes dersom det ikke tas aktive grep for å dempe dem. Effekten av vedtatte internasjonale krav er ikke nok til å redusere utslipp i forhold til dagens nivå.

Reduksjon av CO_2-utslipp i 2040 til nivåer under 2015-nivå ved hjelp av aktuelle alternative drivstoff forutsetter bruk av nullutslippsløsninger, dvs. biodrivstoff og elektrisitet. Utslipp av CO_2 kan elimineres helt ved hjelp av vegetabilsk olje, biodiesel eller biogass. Merk at studien regner biodrivstoff som nullutslipp. I et livsløpsperspektiv vil de resulterende utslippsreduksjonene være mindre. Bruk av LNG, innblanding av biodiesel i konvensjonelt drivstoff, samt hybridelektrisk gir relativt moderate reduksjoner og bringer ikke fremtidige utslipp under dagens nivå.

Flere tiltak vil være kostnadseffektive. Kostnadseffektiviteten varierer for alle tiltak med forskjellige scenarier for drivstoffpriser. Unntaket er hybridelektrisk som gjennomgående er kostnadseffektivt. Biogass og fullelektrisk er gjennomgående de minst kostnadseffektive, fulgt av LNG, biodiesel og vegetabilsk olje.

De fleste tiltakene vil bidra til å eliminere eller gi kraftige kutt i SO_X, mens effekten på NO_X er betydelig mindre. Kun LNG og elektrisitet vil hjelpe direkte på NO_X-utslipp; for biodiesel og vegetabilsk olje er de direkte NO_x utslippene noe høyere enn for konvensjonelle drivstoff. Merk at det faktiske utslippsnivået av NO_X og SO_X i 2040 i norske farvann hovedsakelig ventes styrt av allerede vedtatt internasjonalt regelverk, ikke av valg av drivstoffløsninger.

Mye kan oppnås relativt kostnadseffektivt ved å fokusere på et utvalg av skip basert på kriterier slik som skipstype og operasjonstid i norske farvann. Det vil det være naturlig å fokusere på innenrikstrafikk. Dette er trafikk man i større grad kan påvirke. Innenrikstrafikken står for 55% av utslippene i norske farvann, og domineres av passasjerskip, offshoreskip og fiskefartøy. Ved å anta et realitetsorientert kombinasjonsscenario med omlegging til biodrivstoff på lasteskip og fiskefartøy, LNG på offshoresegmentet og elektrisk drift av fergeflåten vil man oppnå store utslippskutt på en relativt kostnadseffektiv måte – gitt de riktige rammebetingelsene. Dette vil også kunne være teknisk gjennomførbart, forutsatt tilstrekkelig tilgang på de ulike drivstoffalternativene. I et slikt scenario vil innenriks utslipp av CO_2 i 2040 være 63% lavere enn uten omlegging.

En omlegging til mer miljøvennlig drivstoff i skipsfarten vil kunne medføre betydelige næringseffekter i form av økt omsetning for norske verft og utstyrsleverandører. Næringseffektene vil antageligvis være fallende over tid, og de største næringseffektene vil være tilknyttet økt konkurranseevne i det globale markedet.

Virkemidler bør innrettes for å stimulere til nullutslippstiltak. Studien viser at biodrivstoff og elektrisk fremdrift blir nøklene til effektiv utslippsreduksjon. Veien til en lavutslippsflåte i 2040 går imidlertid i flere steg, og virkemiddelbruken vil måtte varieres over tid. Virkemidler i en tidlig fase kan for eksempel rettes mot LNG, innblanding av biodiesel, og hybridisering. Disse løsningene er tilgjengelige i dag og representerer et mellomsteg til en lavutslippsflåte. De baner vei for nullutslippsløsningene; LNG infrastruktur kan brukes til biogass; innblanding av biodrivstoff er første steg til 100% biodrivstoff; og hybridisering er et teknologisteg mot fullelektriske løsninger.

Denne rapporten skal danne et grunnlag for videre arbeid med virkemidler for å stimulere til mer bruk av miljøvennlig drivstoff. En rekke virkemidler vil kunne være aktuelle for vurdering, inkludert:

- Målrettet støtte til pilotering, utprøving og skalering av nullutslippsløsninger.
- En omlegging av skatte- og avgiftspolitikken til fordel for nullutslippsløsninger.
- Miljøkrav i offentlige innkjøp av maritime tjenester.
- Krav til innblanding av biodrivstoff i konvensjonelle marine drivstoff.

13 MULIG VIDERE ARBEID

- Denne rapporten beskriver en rekke mulige scenarier. De mest relevante anses som dekket, men andre kombinasjoner og muligheter kan utforskes.
- Rapporten dekker kun drivstoffalternativer. Tekniske tiltak (energioptimalisering og renseteknologi) for reduksjon av CO_2 og andre gasser er ikke dekket. Heller ikke operasjonelle eller strukturelle tiltak er dekket. Kombinasjonsløsninger og synerngieffekter er heller ikke dekket, f.eks. kombinasjonen av hybridelektrisk og LNG eller renseteknologi. Det fulle potensialet for utslippsreduksjon er følgelig ikke undersøkt.
- Denne rapporten vurderer virkemidler på et overordnet nivå. Dette bidrar til at relevante virkemidler kommer på bordet, og fungerer som en første screening. Rapporten gir imidlertid ikke fullgodt svar på hvilken effekt et gitt virkemiddel kan ventes å ha på innføring av tiltak og på utslippsreduksjon. For å svare på dette anbefales en detaljert studie som konsenterer seg om det aktuelle virkemiddelet.
- Vurdering av virkemidler og mer konkrete tiltakspakker bør også inneholde mer detaljerte samfunnsøkonomiske vurderinger og beregninger. De privatøkonomiske beregningene som er gjennomført i denne rapporten danner et godt grunnlag for senere vurderinger av hvilken konkret effekt ulike type virkemidler vil ha. Imidlertid vil ikke virkemiddelvurderinger basert på privatøkonomiske vurderinger nødvendigvis gi svar på hva som vil være det beste for samfunnet. For å danne et bedre beslutningsgrunnlag for utvikling av hensiktsmessig politikk på området vil vi derfor anbefale å gjennomføre en mer fullstendig samfunnsøkonomisk analyse som beregner samfunnsøkonomiske konsekvenser av enkelttiltak og hele scenarier for omlegging. Mye av grunnlaget for å gjøre denne type analyser er utviklet i dette prosjektet.

14 REFERANSER

Acciaro et al. 2013. The Energy Efficiency Gap in Maritime Transport. Journal of Shipping and Ocean Engineering 3 (2013) 1-10.

Buhaug et al. (2009). The 2nd IMO GHG study.

Bazari, Z., Longva, T., Assessment of IMO Mandated Energy Efficiency Measures for International Shipping, Llyods Register and DNV, 2011

Cicero (2012). Kalkulator for beregning av klimagassutslipp fra husholdninger. Bakgrunnsdata for Norges offisielle klimakalkulator. Tilgjengelig: http://www.klimakalkulatoren.no/informasjon/data.og.statistikker.aspx

DNV GL (2014a). Teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for forsyning av drivstoff til skip. DNV GL Report No.:2014-1669, Rev. 0

DNV GL (2014b). Sammenstilling av grunnlagsdata om dagen skipstrafikk og drivstofforbruk. DNV GL Report No.: 2014-1667 Rev.0

DNV GL (2014d). Sjøsikkerhetsanalysen - Prognoser for trafikk i 2040. DNV GL Report No.: 2014-1271.

DNV (2013). Analyse av drivstofftyper og fordeling av skipstrafikk langs norskekysten. Rapportnr. 2013-0251.

DNV (2010). Natural gas versus diesel power for ships – A Technical review, also considering economic aspects. Report No. 2010-0605, rev. 4.

DNV (2009). Tiltaksanalyse - Krav om landstrøm for skip i norske havner. DNV Rapport no. 2009-1063. Rapport forberedt for Sjøfartsdirektoratet som en del av Klimakur 2020.

ECOFYS (2012). Potential of biofuels for shipping. Report for the European Maritime Safety Agency (EMSA). ECOFYS, Netherlands.

Eide et al. (2013). CO_2 abatement potential towards 2050 for shipping, including alternative fuels. Carbon Management Vol 4, Iss 3, 275-289.

Eide, M., Longva, T., Hoffmann, P., Endresen, Ø., Dalsøren, S (2011). Future cost scenarios for reduction of ship CO_2 emissions. Maritime Policy & Management, 38:1, 11-37.

van Eijck, J., Batidzirai, B., Faaij, A. (2014). Current and future economic performance of first and second generation biofuels in developing countries. Applied Energy 135: 115-141.

Festel, G. et al. (2014). Modelling production cost scenarios for biofuels and fossil fuels in Europe. Journal of Cleaner Production 66: 242-253.

Hoffmann, P., Eide, M.S., Endresen, Ø (2012). Effect of proposed CO_2 emission reduction scenarios on capital expenditure, Maritime policy & Management, DOI:10.1080/03088839.2012.690081.

Holtsmark, B. (2010). Virkningene på klimagassutslipp ved økt bruk av biodrivstoff – en litteraturgjennomgang. Statistisk sentralbyrå, Rapporter 44/2010. Tilgjengelig: https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_201044/rapp_201044.pdf

International Energy Agency (2014). World Energy Outlook 2014. OECD/IEA, Paris.

Jacobsen og Mellbye (2014). Maritime utstyrsleverandører. Rapport for Norsk industri.

KFD (2013). Underlagsmateriale til tverrsektoriell biogass-strategi. Klima og forrurensningsdirektoratet. Rapport TA 3020 2013.

Klima- og forurensningsdirektoratet (2011). Biogass fra sambehandling av husdyrgjødsel og våtorganisk avfall. Kostnader og reduksjon av klimagassutslipp gjennom verdikjeden. Hentet fra http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2704/ta2704.pdf

Klima- og forurensningsdirektoratet (2010). Klimakur 2020 - Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020, Klima- og forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet, Statistisk sentralbyrå, Statens vegvesen. Rapport TA2590

SFT (2005). Marginale miljøkostnader ved luftforurensning - Skadekostnader og tiltakskostnader. TA-2100/2005, ISBN 82-7655-259-5.

Statens Veivesen Håndbok V712; Konsekvensanalyser, og Marginale miljøkostnader ved luftforurensning - Skadekostnader og tiltakskostnader; TA-2100/2005, ISBN 82-7655-259-5.

VEDLEGG

A
DATA OG SEGMENTERING

DATA OG SEGMENTERING

AIS-data fra 2013 registrert i norske farvann identifiserte 12 392 unike skip med hel eller delvis operasjon i norske farvann, hvorav 6 773 av disse er skip av en størrelse som gjør at de registreres med IMO-nummer.

Trafikken av fiskefartøy er imidlertid behandlet med en egen metodikk. Det skyldes at omlag 1 000 av totalt ca. 6 000 registrerte fiskefartøy er inkludert i de internasjonale skipsdatabasene. Imidlertid utgjør disse 1000 fiskefartøyene majoriteten av forbruk og utslipp. De resterende 5 000 er i hovedsak fartøy under 11 meter med liten installert effekt. Forbruk og utslipp for disse blir diskutert og inkludert gjennom enklere regresjonsberegninger.

For å kunne modellere skipstrafikken basert på aktivitetsnivået i norske farvann er det naturlig å dele materialet inn i hensiktsmessige segmenter. Basert på erfaringer fra tidligere lignende prosjekter og anerkjente CO_2-studier gjort for den maritime næringen, har det vist seg at skipstyper og størrelseskategorier er et godt utgangspunkt for segmentering. Ulike skipstyper og størrelseskategorier har ulike operasjonelle kjennetegn, fysiske attributter, tiltaksrelevans og tilhørende utslippsmønster.

For å kunne skille de ulike skipstypene og undersegmentene fra hverandre er det derfor benyttet en overordnet inndeling på 13 ulike skipskategorier og ytterligere 7 størrelseskategorier, tilstrekkelig for å skille fartøyskategoriene fra hverandre i modelleringen. Samtidig er det innenfor hvert av disse segmentene store ulikheter i hvor mye operasjon de 91 (13 x 7) skipssegmentene har i norske farvann. En videre segmentering på operasjonstid i norske farvann er derfor gunstig for å separere ut skipene, og klassifisere dem innenfor trafikktyper.

Det viser seg at alle skip registrert med operasjon i norske farvann (6 108 skip) i stor grad kan deles inn tre hovedgrupper slik tabellen nedenfor viser. Ved en slik inndeling ser man at flesteparten av skipene (69%) i grunnlaget befinner seg i det laveste segmentet (0-20% tid i norske farvann), mens det største intervallet (20-80%) favner færrest skip (13%).

Skipskategori	**Antall fartøy i norske farvann**			**Total**
	0-20%	**20-80%**	**80-100%**	
1. Oljetankere	468	26	10	**504**
2. Kjemikalie-/prod.tankere	597	44	7	**648**
3. Gasstankere	126	22	3	**151**
4. Bulkskip	779	40	7	**826**
5. Stykkgodsskip	1 176	219	102	**1 497**
6. Konteinerskip	99	15		**114**
7. Ro Ro last	56	13	6	**75**
8. Kjøle-/fryseskip	71	27	2	**100**
9. Passasjer	110	23	299	**432**
10. Offshore supply skip	186	74	113	**373**
11. Andre offshore service	96	54	41	**191**
12. Andre aktiviteter	278	87	223	**588**
13. Fiskefartøy	155	145	263	**563**
Ukjent	27	3	16	**46**
Total	**4 224**	**792**	**1 092**	**6 108**
Total [%]	**69 %**	**13 %**	**18 %**	**100 %**

En tilsvarende oversikt i forhold til drivstoff brukt i norske farvann, gitt i tabellen nedenfor, gir et noe annet bilde. Den største bidragsyteren (44%) er her skip som forbruker majoritetene av drivstoff i norske farvann (80-100%), mens de to andre kategoriene fordeler seg med hhv. 32% og 25% av drivstofforbruket.

Skipskategori	**Drivstoff brukt i norske farvann**			**Total**
	0-20%	**20-80%**	**80-100%**	
1. Oljetankere	73 567	76 587	8 562	**158 715**
2. Kjemikalie-/prod.tankere	56 495	68 659	13 730	**138 884**
3. Gasstankere	22 379	38 218	6 415	**67 012**
4. Bulkskip	124 683	47 289	14 695	**186 667**
5. Stykkgodsskip	62 453	105 823	47 519	**215 795**
6. Konteinerskip	12 009	22 329		**34 338**
7. Ro Ro last	9 498	13 204	5 630	**28 332**
8. Kjøle-/fryseskip	5 559	27 890	2 267	**35 717**
9. Passasjer	129 673	84 028	280 446	**494 147**
10. Offshore supply skip	16 472	76 070	254 993	**347 535**
11. Andre offshore service	6 796	42 940	51 294	**101 031**
12. Andre aktiviteter	17 885	33 939	132 578	**184 402**
13. Fiskefartøy	9 567	64 187	152 274	**226 027**
Ukjent	1 268	0	0	**1 268**
Total	**548 304**	**701 163**	**970 402**	**2 219 869**
Total [%]	**25 %**	**32 %**	**44 %**	**100 %**

Basert på dette viser kan man konkludere med at en skipssegmentering på tre nivåer (13 x 7 x 3 = 273 segmenter) er tilstrekkelig for å modellere skipenes egenskaper og operasjon på en hensiktsmessig måte.

1. Skipstype (13 kategorier)
2. Størrelseskategori (7 kategorier)
3. Andel operasjon i norske farvann (3 kategorier)

En slik inndeling vil også være gunstig i forhold til bruk av tiltaksscenarier der man modellerer opptak for de ulike segmentene. Tiltakskostnader, operasjonelle besparelser og tiltakseffektivitet vil variere mellom og innenfor hvert skipssegment, men vil reflekteres med tilstrekkelig grad av nøyaktighet med en inndeling som vist over.

De neste kapitlene beskriver segmentene mer i detalj og hvordan forbruket fordeler innenfor de ulike trafikktypene:

1. Innenrikstrafikk (operasjon mellom norske havner)
2. Utenrikstrafikk (operasjon mellom en norsk havn og en utenlandsk havn)
3. Transittrafikk (operasjon gjennom norske farvann)
4. Offshore og annen petroleumsvirkshomhet i norske farvann (flyttbare rigger etc)
5. Uspesifisert (i hovedsak operasjon i havn)

OLJETANKERE

Oljetankere utgjør 7,1% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**504**	**22 089**	**55 046**	**70 351**	**0**	**11 228**	**158 715**
0-20%	468	967	19 827	48 744	0	4 028	**73 567**
20-80%	26	13 651	34 616	21 593	0	6 727	**76 587**
80-100%	10	7 472	603	14	0	473	**8 562**

- Hovedandelen av forbruket utgjøres av transittrafikk (70 000 tonn) av mellomstore fartøy (25 000 – 100 000 GT) med relativt begrenset operasjon i norske farvann (0-20% og 20-80%)
- Utenrikstrafikk er også en stor bidragsyter (55 000 tonn), dominert av store fartøy (50 000 – 100 000 GT) med relativt begrenset operasjon i norske farvann (0-20% og 20-80%)
- Innenrikstrafikk er et lite segment (22 000 tonn) som i hovedsak utgjøres av store skip (50 000 – 100 000 GT) med en stor del av operasjonen i norske farvann (20-80%)

KJEMIKALIE-/PROD.TANKERE

Kjemikalie-/prod.tankere utgjør 6,3% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**648**	**32 564**	**46 013**	**48 130**	**0**	**12 177**	**138 884**
0-20%	597	3 328	25 069	22 301	0	5 798	**56 495**
20-80%	44	16 208	20 859	25 827	0	5 765	**68 659**
80-100%	7	13 028	86	2	0	614	**13 730**

GASSTANKERE

Gasstankere utgjør 3,0% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**151**	**9 751**	**43 380**	**8 164**	**0**	**5 716**	**67 012**
0-20%	126	1 095	15 189	3 722	0	2 373	**22 379**
20-80%	22	3 297	27 416	4 443	0	3 063	**38 218**
80-100%	3	5 359	776	0	0	281	**6 415**

BULKSKIP

Bulkskip utgjør 8,4% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**826**	**17 397**	**63 616**	**98 764**	**0**	**6 891**	**186 667**
0-20%	779	915	45 630	74 757	0	3 381	124 683
20-80%	40	5 174	16 445	23 923	0	1 747	47 289
80-100%	7	11 308	1 541	84	0	1 762	14 695

STYKKGODSSKIP

Passasjerskip utgjør 9,7% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**1497**	**74 607**	**72 777**	**58 011**	**0**	**10 399**	**215 795**
0-20%	1176	2 387	20 707	35 707	0	3 653	**62 453**
20-80%	219	29 752	48 304	21 920	0	5 847	**105 823**
80-100%	102	42 467	3 767	384	0	900	**47 519**

- Forbruket fra stykkgodsskip er relativt jevnt fordelt mellom de tre store trafikktypene
- Ca. 1/3 av utslippene utgjøres av innenrikstrafikk (74 000 tonn) av små fartøy (1 000 - 5 000 GT) med moderat (20-80%) til mye operasjon i norske farvann (80-100%)
- Videre utgjør utenrikstrafikk (72 000 tonn), dominert av små fartøy (1 000 - 5 000 GT) med moderat operasjon i norske farvann (0-80%)
- Transittrafikk er også en betydelig bidragsyter for stykkgodsskipene (58 000 tonn), og utgjøres av små til mellomstore skip (1 000 – 25 000 GT) med svært lite operasjon i norske farvann (0-20%)

KONTEINERSKIP

Konteinerskip utgjør 1,5% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**114**	**10 715**	**13 089**	**5 581**	**0**	**4 953**	**34 338**
0-20%	99	1 495	3 635	5 574	0	1 304	**12 009**
20-80%	15	9 220	9 453	7	0	3 649	**22 329**
80-100%	114	10 715	13 089	5 581	0	4 953	**34 338**

RO RO LAST

Ro Ro last utgjør 1,3% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**75**	**9 922**	**11 432**	**3 264**	**0**	**3 714**	**28 332**
0-20%	56	366	5 493	3 049	0	590	**9 498**
20-80%	13	4 972	5 132	215	0	2 886	**13 204**
80-100%	6	4 584	807	0	0	238	**5 630**

KJØLE-/FRYSESKIP

Kjøle-/fryseskip utgjør 1,6% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**100**	**12 090**	**11 948**	**9 742**	**0**	**1 937**	**35 717**
0-20%	71	231	936	4 169	0	223	**5 559**
20-80%	27	9 962	10 792	5 573	0	1 564	**27 890**
80-100%	2	1 898	220	0	0	150	**2 267**

PASSASJERSKIP

Passasjerskip utgjør 22,3% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**432**	**340 839**	**121 046**	**7 329**	**0**	**24 932**	**494 147**
0-20%	110	62 716	53 149	6 818	0	6 990	129 673
20-80%	23	9 038	66 050	347	0	8 593	84 028
80-100%	299	269 085	1 847	164	0	9 349	280 446

- Hovedandelen av forbruket utgjøres av innenrikstrafikk (341 000 tonn) av små fartøy (1 000 - 25 000 GT) med svært mye operasjon i norske farvann (80-100%)
- Videre utgjør utenrikstrafikk (121 000 tonn), dominert av store fartøy (25 000 – 100 000 GT) med lite til moderat operasjon i norske farvann (0-80%)
- Transittrafikk er en neglisjerbar bidragsyter for passasjerskipene, og utgjøres nesten utelukkende av mellomstore skip (25 000 – 50 000 GT) med svært lite operasjon i norske farvann (0-20%)

OFFSHORE SUPPLY SKIP (OSV)

Offshore supply skip utgjør 15,7% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**373**	**278 263**	**20 142**	**7 111**	**0**	**42 019**	**347 535**
0-20%	186	4 247	5 277	4 371	0	2 577	16 472
20-80%	74	44 547	10 406	2 566	0	18 551	76 070
80-100%	113	229 469	4 459	175	0	20 890	254 993

- Hovedandelen av forbruket utgjøres av innenrikstrafikk (278 000 tonn) av små fartøy (1 000 - 10 000 GT) med svært mye operasjon i norske farvann (80-100%)
- Videre utgjør utenrikstrafikk (20 000 tonn), av små fartøy (1 000 – 10 000 GT) med lite realtivt variert mengde operasjon i norske farvann (0-100%)
- Transittrafikk utgjør (7 000 tonn), av små fartøy (1 000 – 10 000 GT) med lite til moderat operasjon i norske farvann (0-80%)

ANDRE OFFSHORE SERVICE

Andre offshore service utgjør 4,6% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**191**	**44 356**	**15 049**	**12 864**	**17 263**	**11 499**	**101 031**
0-20%	96	717	2 100	2 883	0	1 097	**6 796**
20-80%	54	16 805	10 232	9 409	0	6 494	**42 940**
80-100%	41	26 834	2 716	573	17 263	3 908	**51 294**

ANDRE AKTIVITETER

Andre aktiviteter utgjør 8,3% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**588**	**90 121**	**19 915**	**17 241**	**41 610**	**15 515**	**184 402**
0-20%	278	2 322	5 460	8 995	0	1 108	**17 885**
20-80%	87	10 558	10 252	6 506	0	6 623	**33 939**
80-100%	223	77 241	4 203	1 740	41 610	7 784	**132 578**

FISKEFARTØY

Fiskefartøy utgjør 10,2% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**563**	**109 650**	**48 792**	**41 777**	**0**	**25 808**	**226 027**
0-20%	155	308	1 690	6 817	0	752	9 567
20-80%	145	15 585	14 705	25 731	0	8 166	64 187
80-100%	263	93 757	32 397	9 229	0	16 891	152 274

- Til tross for at mye av trafikken for fiskefartøyene er registrert som utenriks og transit, er det naturlig å anta at all trafikken vil sortere under innenriks fra et utslippsperspektiv. Dette kan begrunnes med XXX

UKJENT

Ukjent utgjør 0,1% av totalforbruket for skip med operasjon i NØS, hvor forbruket fordeler seg ulikt for de ulike trafikktypene:

	# skip	Innenriks	Utenriks	Transit	Offs. Ind.	Uspes.	Total
Total	**46**	**537**	**656**	**14**	**0**	**61**	**1 268**
0-20%	27	537	656	14	0	61	**1 268**
20-80%	3	0	0	0	0	0	**0**
80-100%	16	0	0	0	0	0	**0**

OPPSUMMERING

Totalt sett er passasjerfartøy den største bidragsyteren (22,3%) med henholdsvis offshore supply (15,7%) og fiskefartøy (10,2%) som nummer to og tre. Innenrikstrafikk står for 47% av forbruket i norske farvann, mens utenriks- og transittrafikk bidrar med henholdsvis 24% og 17%.

Samlet oversikt over forbruket for de ulike segmentene er gitt i tabellen nedenfor:

Skipssegment	# skip	Drivstoff brukt i norske farvann for ulike trafikktyper						
		Innenriks	Utenriks	Transit	Ikke marit.	Uspes.	Total	Total [%]
1. Oljetankere	**504**	**22 089**	**55 046**	**70 351**	**0**	**11 228**	**158 715**	**7,1 %**
0-20%	468	967	19 827	48 744	0	4 028	73 567	
20-80%	26	13 651	34 616	21 593	0	6 727	76 587	
80-100%	10	7 472	603	14	0	473	8 562	
2. Kjem-/prod.tank	**648**	**32 564**	**46 013**	**48 130**	**0**	**12 177**	**138 884**	**6,3 %**
0-20%	597	3 328	25 069	22 301	0	5 798	56 495	
20-80%	44	16 208	20 859	25 827	0	5 765	68 659	
80-100%	7	13 028	86	2	0	614	13 730	
3. Gasstankere	**151**	**9 751**	**43 380**	**8 164**	**0**	**5 716**	**67 012**	**3,0 %**
0-20%	126	1 095	15 189	3 722	0	2 373	22 379	
20-80%	22	3 297	27 416	4 443	0	3 063	38 218	
80-100%	3	5 359	776	0	0	281	6 415	
4. Bulkskip	**826**	**17 397**	**63 616**	**98 764**	**0**	**6 891**	**186 667**	**8,4 %**
0-20%	779	915	45 630	74 757	0	3 381	124 683	
20-80%	40	5 174	16 445	23 923	0	1 747	47 289	
80-100%	7	11 308	1 541	84	0	1 762	14 695	
5. Stykkgodsskip	**1 497**	**74 607**	**72 777**	**58 011**	**0**	**10 399**	**215 795**	**9,7 %**
0-20%	1 176	2 387	20 707	35 707	0	3 653	62 453	
20-80%	219	29 752	48 304	21 920	0	5 847	105 823	
80-100%	102	42 467	3 767	384	0	900	47 519	
6. Konteinerskip	**114**	**10 715**	**13 089**	**5 581**	**0**	**4 953**	**34 338**	**1,5 %**
0-20%	99	1 495	3 635	5 574	0	1 304	12 009	
20-80%	15	9 220	9 453	7	0	3 649	22 329	
7. Ro Ro last	**75**	**9 922**	**11 432**	**3 264**	**0**	**3 714**	**28 332**	**1,3 %**
0-20%	56	366	5 493	3 049	0	590	9 498	
20-80%	13	4 972	5 132	215	0	2 886	13 204	
80-100%	6	4 584	807	0	0	238	5 630	
8. Kjøle-/fryseskip	**100**	**12 090**	**11 948**	**9 742**	**0**	**1 937**	**35 717**	**1,6 %**
0-20%	71	231	936	4 169	0	223	5 559	
20-80%	27	9 962	10 792	5 573	0	1 564	27 890	
80-100%	2	1 898	220	0	0	150	2 267	
9. Passasjer	**432**	**340 839**	**121 046**	**7 329**	**0**	**24 932**	**494 147**	**22,3 %**
0-20%	110	62 716	53 149	6 818	0	6 990	129 673	
20-80%	23	9 038	66 050	347	0	8 593	84 028	
80-100%	299	269 085	1 847	164	0	9 349	280 446	
10. Offshore supply	**373**	**278 263**	**20 142**	**7 111**	**0**	**42 019**	**347 535**	**15,7 %**
0-20%	186	4 247	5 277	4 371	0	2 577	16 472	
20-80%	74	44 547	10 406	2 566	0	18 551	76 070	
80-100%	113	229 469	4 459	175	0	20 890	254 993	
11. Andre offshore	**191**	**44 356**	**15 049**	**12 864**	**17 263**	**11 499**	**101 031**	**4,6 %**
0-20%	96	717	2 100	2 883	0	1 097	6 796	
20-80%	54	16 805	10 232	9 409	0	6 494	42 940	
80-100%	41	26 834	2 716	573	17 263	3 908	51 294	
12. Andre aktiviteter	**588**	**90 121**	**19 915**	**17 241**	**41 610**	**15 515**	**184 402**	**8,3 %**
0-20%	278	2 322	5 460	8 995	0	1 108	17 885	
20-80%	87	10 558	10 252	6 506	0	6 623	33 939	
80-100%	223	77 241	4 203	1 740	41 610	7 784	132 578	
13. Fiskefartøy	**563**	**109 650**	**48 792**	**41 777**	**0**	**25 808**	**226 027**	**10,2 %**
0-20%	155	308	1 690	6 817	0	752	9 567	
20-80%	145	15 585	14 705	25 731	0	8 166	64 187	
80-100%	263	93 757	32 397	9 229	0	16 891	152 274	
Ukjent	**46**	**537**	**656**	**14**	**0**	**61**	**1 268**	**0,1 %**
0-20%	27	537	656	14	0	61	1 268	
20-80%	3	0	0	0	0	0	0	
80-100%	16	0	0	0	0	0	0	
Total	**6 108**	**1 052 901**	**542 901**	**388 345**	**58 873**	**176 850**	**2 219 869**	**100,0 %**
Total [%]		**47 %**	**24 %**	**17 %**	**3 %**	**8 %**	**100 %**	

ANTALL SKIP

Skipstype	Totalt antall skip registrert gjennom AIS i 2013 i Norske farvann, fordelt på ulike skips- og størrelseskategorier [tusen gross tonn].							
	< 1	1 - 4,9	5 – 9,9	10 – 24,9	25 – 49,9	50-99,9	> 100	Total
Oljetankere	12	27	9	30	116	306	4	**504**
Kjemikalie-/prod.tankere	4	180	113	197	154			**648**
Gasstankere	1	65	25	28	16	4	12	**151**
Bulkskip	3	28	10	278	379	127	1	**826**
Stykkgodsskip	63	1 040	277	98	19			**1 497**
Konteinerskip		8	58	20	15	12	1	**114**
Ro Ro last	4	8	18	18	10	17		**75**
Kjøle-/fryseskip	1	41	44	14				**100**
Passasjer	185	109	26	34	31	34	13	**432**
Offshore supply skip	29	284	60					**373**
Andre offshore service	66	46	31	34	4	9	1	**191**
Andre aktiviteter	325	155	42	44	18	2	2	**588**
Fiskefartøy	268	279	16					**563**
Ukjent	44			2				**46**
Total	**1 005**	**2 270**	**729**	**797**	**762**	**511**	**34**	**6 108**

Skipstype	Antall skip registrert gjennom AIS i 2013 i Norske farvann som «Innenriks», fordelt på ulike skips- og størrelseskategorier [tusen gross tonn].							
	< 1	1 - 4,9	5 – 9,9	10 – 24,9	25 – 49,9	50-99,9	> 100	Total
Oljetankere	6	1						**7**
Kjemikalie-/prod.tankere	1		1	2				**4**
Gasstankere	1	1						**2**
Bulkskip	1	1						**2**
Stykkgodsskip	40	33			1			**74**
Konteinerskip								
Ro Ro last	4							**4**
Kjøle-/fryseskip								
Passasjer	169	89	13	4	1			**276**
Offshore supply skip	2	54	19					**75**
Andre offshore service	6	2	5	2	1	1		**17**
Andre aktiviteter	103	27	3		1			**134**
Fiskefartøy	83	13						**96**
Ukjent	14							**14**
Total	**430**	**221**	**41**	**8**	**4**	**1**	**705**	**430**

Skipstype	Antall skip registrert gjennom AIS i 2013 i Norske farvann som «Transit», fordelt på ulike skips- og størrelseskategorier [tusen gross tonn].							
	< 1	1 - 4,9	5 – 9,9	10 – 24,9	25 – 49,9	50-99,9	> 100	Total
Oljetankere	2	4	2	13	55	148	4	**228**
Kjemikalie-/prod.tankere		26	20	71	93			**210**
Gasstankere		4	3	4	1		1	**13**
Bulkskip		2	2	143	251	50	1	**449**
Stykkgodsskip	3	178	68	52	5			**306**
Konteinerskip			10	12	10	12	1	**45**
Ro Ro last			2	6	5	15		**28**
Kjøle-/fryseskip		5	32	14				**51**
Passasjer	4	7	3	3		2	2	**21**
Offshore supply skip	13	71	7					**91**
Andre offshore service	31	23	1	1		1	1	**58**
Andre aktiviteter	61	24	18	13				**116**
Fiskefartøy	45	65	8					**118**
Ukjent	16							**16**
Total	**175**	**409**	**176**	**332**	**420**	**228**	**10**	**1 750**

Skipstype	Antall skip registrert gjennom AIS i 2013 i Norske farvann som «Ukjent», fordelt på ulike skips- og størrelseskategorier [tusen gross tonn].							
	< 1	**1 - 4,9**	**5 – 9,9**	**10 – 24,9**	**25 – 49,9**	**50-99,9**	**> 100**	**Total**
Oljetankere	4	22	7	17	61	158		**269**
Kjemikalie-/prod.tankere	3	154	92	124	61			**434**
Gasstankere		60	22	24	15	4	11	**136**
Bulkskip	2	25	8	135	128	77		**375**
Stykkgodsskip	20	828	209	46	13			**1 116**
Konteinerskip		8	48	8	5			**69**
Ro Ro last		8	16	12	5	2		**43**
Kjøle-/fryseskip	1	36	12					**49**
Passasjer	12	13	10	27	30	32	11	**135**
Offshore supply skip	14	159	34					**207**
Andre offshore service	29	21	25	31	3	3		**112**
Andre aktiviteter	161	104	21	12	4	2	2	**306**
Fiskefartøy	140	201	8					**349**
Ukjent	14			2				**16**
Total	**400**	**1 639**	**512**	**438**	**325**	**278**	**24**	**3 616**

VEDLEGG

B
REGELVERK

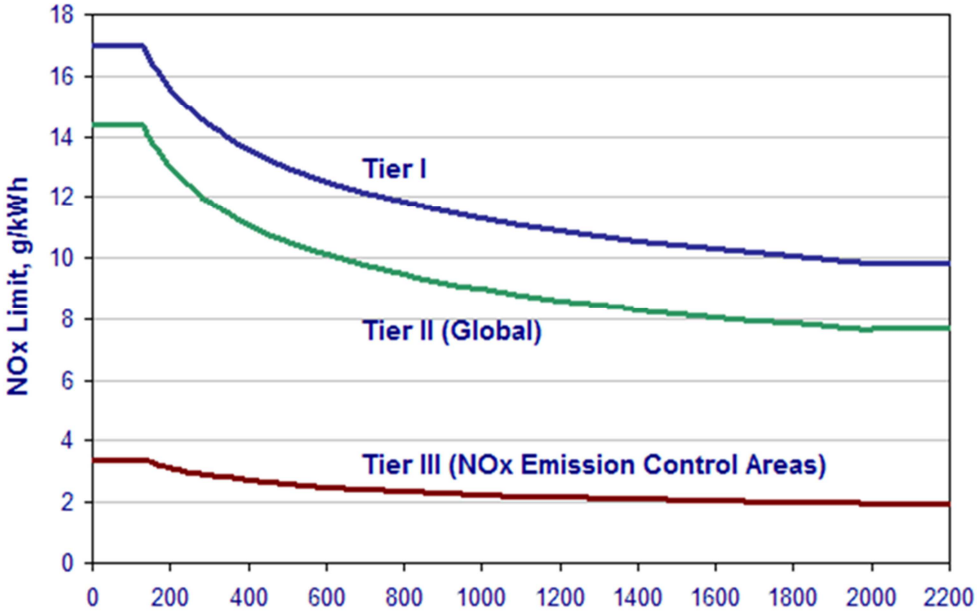
REGELVERK

Skipsfarten har de senere årene blitt underlagt et strengere regime med regler som begrenser utslipp av NO_X, SO_X og CO_2, og det er ventet at næringen blir underlagt ytterligere krav om utslippsreduksjon. Dette kapittelet gir en kort oversikt over eksisterende og fremtidige regelverk for skipsfarten innenfor henholdsvis NO_X, SO_X og CO_2.

NO_X

NO_X-utslipp er regulert internasjonalt av IMO gjennom MARPOL Annex VI, som pålegger krav til utslippsnivåer i NO_X Emission Control Areas (ECA).

Figuren nedenfor viser en oversikt over krav til NO_X utslipp i drivstoff i og utenfor NO_X ECA.



Figur 14-1: IMO NO_X krav – MARPOL Annex VI, Regulering 14.

Det har vært store diskusjoner i IMO rundt implementeringen av Tier III krav, og under MEPC 66 ble det vedtatt en endring i kravene. Skip som er bygget etter 1. januar 2016 må overholde NO_X Tier III ved seiling i eksisterende NO_X ECA (per i dag kun Nord Amerika og USA Karibien), mens nye ECA kan definere egen implementeringsdato. Implementeringsdatoen kan ikke være tidligere en vedtaksdato for gitte ECA.

Nye NO_X ECA i Nordsjøen og Baltikum er under diskusjon. HELCOM jobber med en søknad for Baltikum, men det er splittelse blant medlemmene og dato for innsending av søknad er usikker. Det er også pågående konsultasjoner for ECA i Nordsjøen, som kan potensielt iverksettes uavhengig av ECA i Baltikum. Dato for innsending er usikker, men kan skje i løpet av perioden 2015-2016.

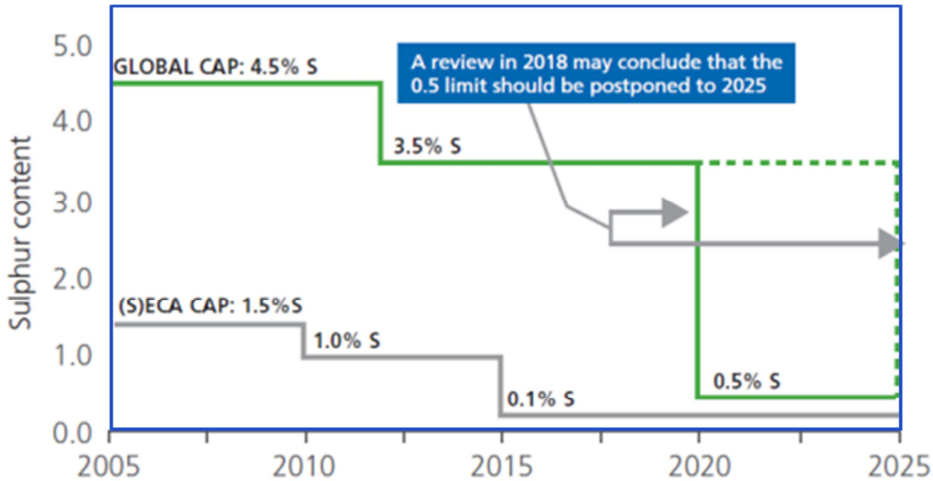
SO_X

SO_X-utslipp er regulert internasjonalt av IMO gjennom MARPOL Annex VI, som pålegger krav til utslippsnivåer globalt samt strengere utslippskrav i SOx Emission Control Areas (SECAs). Samtidig er SOx-utslipp regulert på regional nivå i EU gjennom EUs Svoveldirektiv. Både IMO og EU regulerer SOx utslipp ved å sette krav til svovelinnhold i marine drivstoff.

IMO

Figuren nedenfor viser en oversikt over krav til svovelinnhold i drivstoff i og utenfor ECA. Per i dag ligger kravet på 3,5% svovelinnhold utenfor ECA. Denne grensen vil senkes til 0,5% i 2020 eller 2025, avhengig av resultatene fra en IMO studie om tilgjengelighet på lavsvovel drivstoff. ECA har allerede det strengeste utslippskravet som er satt i MARPOL Annex VI, 0,1%. Eksisterende ECA inkluderer Nordsjøen, Baltikum, Nord America og USA Karibien. Norske farvann sør for 62 grader nord er inkludert i ECA i Nordsjøen.

Majoriteten av fartøyene med operasjon i norske farvann benytter seg av MGO med 0,1% svovelinnhold, mens en liten andel bruker HFO med ca. 2% svovelinnhold. Gjennomsnittlig svovelinnhold for hele grunnlaget ligger på ca. 0,2% svovelinnhold.



Figur 14-2: IMO SO_X krav – MARPOL Annex VI, Regulering 14.

EU

EUs svoveldirektiv setter tilsvarende medn ikke helt like krav som MARPOL Annex VI. Direktivet dekker skip som opererer innenfor EUs økonomisk sone. Per i dag er det et krav om 0,1% svovelinnhold i havn og i innenlandstrafikk for alle skip. Passasjerskip som går i regelmessige ruter har et tilleggskrav om 1,5% i alle ikke-ECA EU farvann inntil 2020. Fra 2020, vil det være et krav om 0,5% svovelinnhold for alle skip i EU økonomisk sone, uavhengig om IMOs 0,5% krav kommer i 2020 eller 2025.

CO_2

CO_2 utslipp er per i dag delvis regulert internasjonalt av IMO gjennom MARPOL Annex VI, som inkluderer Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) og Energy Efficiency Design Index (EEDI). Både SEEMP og EEDI trådte i kraft 1. januar 2013. Mens SEEMP ikke stiller krav til utslipp, krever EEDI et minimumsnivå for energieffektivitet for nybygg.

IMO

EEDI er basert på en formel for beregning av skipsspesifikke utslipp av CO_2. Resultatet for hvert skip er basert på design dokumentasjon og motordata, og er uttrykt i gram CO_2 per 'capacity-mile'. EEDI for et bestemt skip må være mindre eller lik EEDI kravet, som er uttrykt ved referanselinjer utviklet av IMO for hver skipstype. EEDI referanselinjene vil bli strengere med tiden og med dette vil EEDI vil stimulere utvikling av energieffektive skip. Samtidig muliggjør indeksen en sammenligning av energieffektiviteten til lignende skip av samme størrelse og skipstype.

IMO har også tidligere diskutert markedsbaserte mekanismer for å regulere CO_2 utslipp fra skipsfarten, uten resultater. Diskusjonen er for tiden sentrert rundt ytterlige tekniske og operasjonelle tiltak, spesielt ytterlige effektivitetsstandarder.

EU

CO_2 utslipp er ikke regulert på et regionalt nivå i EU, men fra 1. januar 2018 trer det nye EU MRV (monitorering, rapportering og verifisering) systemet i kraft. Alle skip over 5000 GT, uansett flagg, må rapportere årlig på CO_2 utslipp for reiser til, fra og mellom EU havner. Skip må også rapportere transportarbeid for disse reisene. EU ser dette som et skritt mot et globalt MRV-system, samt ytterligere krav for CO_2 reduksjon for skipsfarten.

VEDLEGG

C

LANDSTRØM

LANDSTRØM

Når et skip legger til kai er det fortsatt behov for kraft til belysning, varme, kjøling, lasteoperasjoner, mm.

Å trekke strøm fra kraftnettet på land om bord på mindre skip og båter som ligger ved kai er ikke et nytt fenomen. Landstrøm har lenge vært benyttet blant annet til ferger og taubåter som ligger i ro over natten. Den leverte strømmen gir mulighet til å stenge av hjelpemotorene, uten at båten blir strømløs. Det har stort sett dreid seg lavt effektuttak, kanskje opp til 50 – 100 kW. Dette er strøm med den samme spenningen og frekvens som finnes på det ordinære strømnettet.

Energibehov utover dette dekkes i dag stort sett av eget hjelpemaskineri, noe som fører til lite effektiv energiutnyttelse, samt utslipp av CO_2, NO_X og partikler. Utslippene skjer ofte i områder der befolkning blir direkte eksponert. Å erstatte generatorkjøring for de litt større skipene i havn krever spesialiserte systemer og investeringer både på landsiden og om bord. Tiltaket som vurderes her er landstrøm som kan erstatte kraften som hjelpemaskineriet leverer i havn, og som drifter alle systemer på store og avanserte skip mens de er i havn.

DNV gjorde en omfattende analyse av landstrøm for Sjøfartsdirektoratet i forbindelse med KLIMAKUR (DNV, 2009). Beregner landstrøm for alle skip, alle havner. I 2020 reduseres 153 044 tonn CO_2. I 2030 reduseres 196 170 tonn CO_2. Tiltaket medfører en kostnad på 1253 NOK per redusert CO_2-ekvivalent i 2020 og en kostnad på 732 NOK per redusert CO_2-ekvivalent i 2030. Resultatet avhenger bl.a. om antagelser om strøm og dieselpris.

Fordi dette tiltaket er behørig dekket av andre studier, gjør vi her kun forenklede beregninger. Vi ønsker å se om en spissing av tiltaket, slik at kun de største havnene og de mest gunstige skipstypene dekkes, kan gi mer gunstige resultater, sammenlignet med DNV (2009). Vi gjennomfører derfor en forenklet analyse for de 30 største norske havnene og de mest aktuelle skipstypene (Passasjer, Offshore supply og Andre offshore skip).

Metoden er som følger:

- De 30 havnene får installert kaianlegg til kostnad basert på tall fra DNV (2009).
- Vi finner fra AIS hvor mange skip i de aktuelle gruppene som har vært i de 30 havnene. Vi finner også utslippet til disse skipene i de disse havnene.
- Disse skipene får et anlegg installert om bord, med kostnad avhengig av installert hjelpemaskineri basert på tall fra DNV (2009).
- Disse skipenes forbruk i de 30 havnene blir så med 90% (for å ta hensyn til oppkoblingstid).

Vår forenklede beregning viser at 237 000 tonn CO_2 kan reduseres. Vi finner en kostnad på 2000 NOK per redusert CO_2-ekvivalent, og oppover, avhengig av drivstoffpris. Om vi antar kun nybygg, og bare offshore, finner vi 500 NOK per redusert CO_2-ekvivalent.

Resultatene av vår forenklede analyse er usikre, og må behandles med forsiktighet. Resultatene bekrefter imidlertid tidligere, mer omfattende, analyser som tyder på at det er lite kostnadseffektivt å innføre en bred, nasjonal, landstrøm-satsning for å redusere CO_2 utslipp. Landstrøm bør først og fremst vurderes som et lokalt luftkvalitetstiltak for å redusre helseskadelige utslipp av NOx, SOx og partikler i havn, ikke et klimatiltak. For enkelte havner og for enkelte skip kan landstrøm være et svært godt tiltak. Dette vil typisk være i store byer (Oslo, Bergen etc.) med vesentlige luftkvalitetsproblemer. Ved en omlegging til LNG og/eller elektrisk fremdrift for en stor del av skipene, kan en også anta at mye av den lokale luftforurensningen vil være betydelig redusert. Da vil behovet for landstrøm som tiltak også være redusert.

VEDLEGG

D

KOSTNADER FOR INFRASTRUKTUR

KOSTNADER FOR INFRASTRUKTUR

Det vil være behov for betydelige investeringer i infrastruktur for tiltakene LNG, fullelektrisk og landstrøm, mens biodrivstoff kun vil involvere små investeringer. Det er ingen infrastrukturbehov for hybrid.

I dette kapittelet beskrives maksimale rammer for infrastrukturkostnader for henholdsvis LNG, fullelektrisk, og landstrøm, gitt en omlegging for hver av disse tilsvarende scanario B i avsnitt 7.3. Det er stor usikkerhet, både knyttet til antall anlegg, og til enhetskostnad, innenfor en faktor 20. Tallene som presenteres gir en pekepinn på størrelsesorden og må brukes med forsiktighet. Det forventes at kostnaden for infrastrukturbygging vil påvirke markedsprisen på det gitte drivstoffet.

LNG

Studien antar det følgende:

- Anleggskost varierer mellom 40 og 200 mNOK, avhengig av kapasitet. Studien antar gjennomsnittlig anleggskost på 80 mNOK. Samlet kostnad = 4 800 mNOK.
- Studien antar videre at disse bygges ut gradvis over en 10 års periode. 1/10 av totalkostnaden dekkes per år. Siste år i perioden er 2025.

Basert på dette er årlig kostand for LNG infrastruktur 480 mNOK.

Fullelektrisk

Studien antar det følgende:

- Full utbygging nasjonalt: Minst 100 anlegg (mange små ferge-kaier) i tillegg til eksisterende anlegg.
- Hvert anlegg antas å koste 50 mNOK. Samlet kostnad = 5 000 mNOK.
- Studien antar videre at disse bygges ut gradvis over en 10 års periode. 1/10 av total kostnaden dekkes per år. Siste år i perioden er 2025.

Basert på dette er årlig kostnad for infrastruktur for fullelektrisk 500 mNOK.

Landstrøm

Studien antar det følgende:

- Utbygging i de 32 største havnene.
- Anleggskostnaden avhenger av antall kaier etc.
- I gjennomsnitt skal 10 kaiplasser ha landstrøm (for å betjene de utvalgte skipstypene). Hver kaiplass antas å trenge en investering for å håndtere 500 – 2000 kW, Høyspent 10 000 V, til 1,5 mNOK. DNV (2009)
- Hver havn trenger en omformer for 4 MW og 690 V, priset til 4,4 mNOK.
- I sum, per havn en investeringskostnad på 19,4 mNOK. For 32 havner får vi en totalinvestering på landsiden på 620 mNOK.
- Det antas videre at disse bygges ut gradvis over en 10 års periode. 1/10 av totalkostnaden dekkes per år. Siste år i perioden er 2025.

Basert på dette er årlig kostnad for infrastruktur for landstrøm for 62 mNOK.

VEDLEGG

E

INVESTERINGSPROFILER OG NORSKE MARKEDSANDELER

INVESTERINGSPROFILER OG NORSKE MARKEDSANDELER

Tabell 14-1 Investeringsprofiler og norske markedsandeler brukt for på ekstra investeringer tilknyttet omlegging tilknytte LNG og vegetabilsk olje

	Nybygg				Ombygging av eksisterende skip			
	Investerings-profil		Norsk markedsandel		Investerings-profil		Norsk markedsandel	
	Verft	Utstyr	Verft	Utstyr	Verft	Utstyr	Verft	Utstyr
1. Oljetankere	0 %	100 %	0 %	15 %	33 %	67 %	15 %	15 %
2. Kjemikalie-/prod.tankere	0 %	100 %	0 %	15 %	33 %	67 %	15 %	15 %
3. Gasstankere	0 %	100 %	0 %	15 %	33 %	67 %	15 %	15 %
4. Bulkskip	0 %	100 %	0 %	30 %	33 %	67 %	30 %	30 %
5. Stykkgodsskip	0 %	100 %	0 %	30 %	33 %	67 %	30 %	30 %
6. Konteinerskip	0 %	100 %	0 %	30 %	33 %	67 %	30 %	30 %
7. Ro Ro last	0 %	100 %	0 %	30 %	33 %	67 %	30 %	30 %
8. Kjøle-/fryseskip	0 %	100 %	0 %	30 %	33 %	67 %	30 %	30 %
9. Passasjer	0 %	100 %	0 %	40 %	33 %	67 %	40 %	40 %
10. Offshore supply skip	0 %	100 %	0 %	40 %	33 %	67 %	40 %	40 %
11. Andre offshore service	0 %	100 %	0 %	40 %	33 %	67 %	40 %	40 %
12. Andre aktiviteter	0 %	100 %	0 %	20 %	33 %	67 %	20 %	20 %
13. Fiskefartøy	0 %	100 %	0 %	50 %	33 %	67 %	50 %	50 %

Tabell 14-2 Investeringsprofiler og norske markedsandeler brukt på ekstra investeringer for omlegging til Full-elektrisk løsning

	Nybygg			
	Investerings-profil		Norsk markedsandel	
	Verft	Utstyr	Verft	Utstyr
5. Stykkgodsskip	15 %	85 %	100 %	77 %
9. Passasjer	15 %	85 %	100 %	77 %

VEDLEGG

F

KOMBINASJONSSCENARIER

KOMBINASJONSSCENARIER

Kombinasjon B1 (forutsatt Scenario B):

- Alle relevante lasteskip (1-8) benytter biodiesel
- Alle relevante passasjerskip (9) benytter fullelektrisk
- Alle relevante offshoreskip (10-12) benytter LNG
- Alle relevante fiskefartøy (13) benytter biodiesel

Kombinasjon B2 (forutsatt Scenario B):

- Alle relevante lasteskip (1-8) benytter vegetabilsk olje
- Alle relevante passasjerskip (9) benytter fullelektrisk
- Alle relevante offshoreskip (10-12) benytter LNG
- Alle relevante fiskefartøy (13) benytter vegetabilsk olje

Kombinasjon C1 (forutsatt Scenario C):

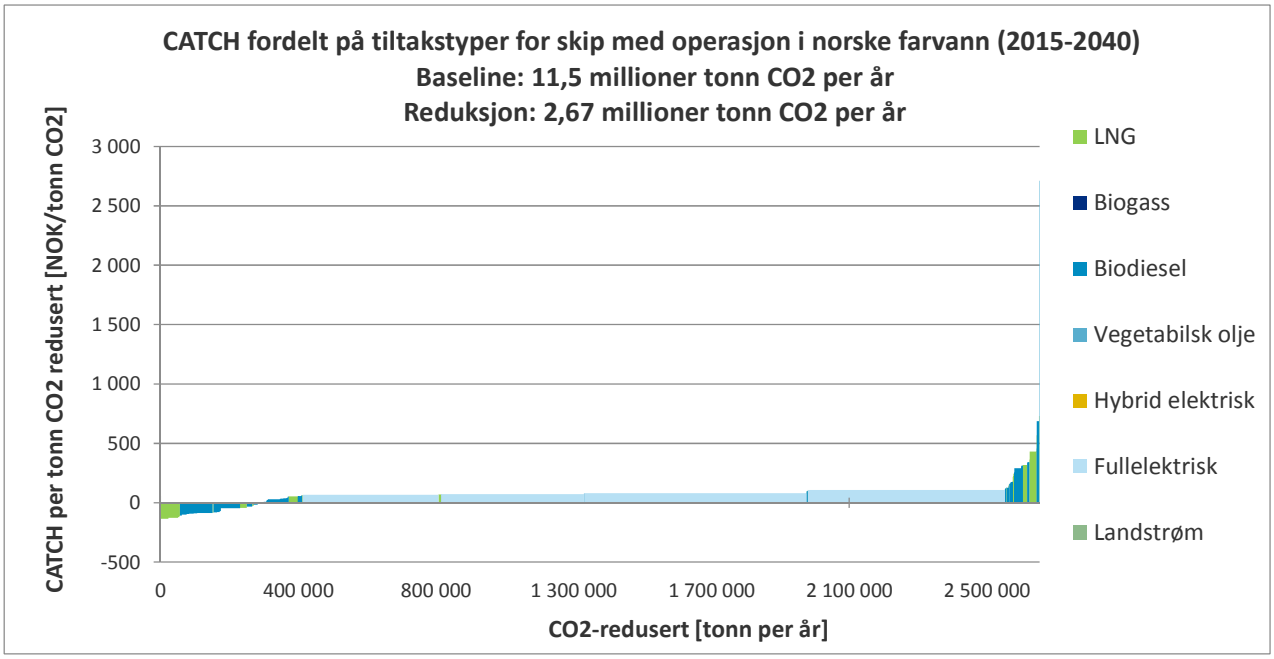
- Alle relevante lasteskip (1-8) benytter biodiesel
- Alle relevante passasjerskip (9) benytter fullelektrisk
- Alle relevante offshoreskip (10-12) benytter LNG
- Alle relevante fiskefartøy (13) benytter biodiesel

Kombinasjon C2 (forutsatt Scenario C):

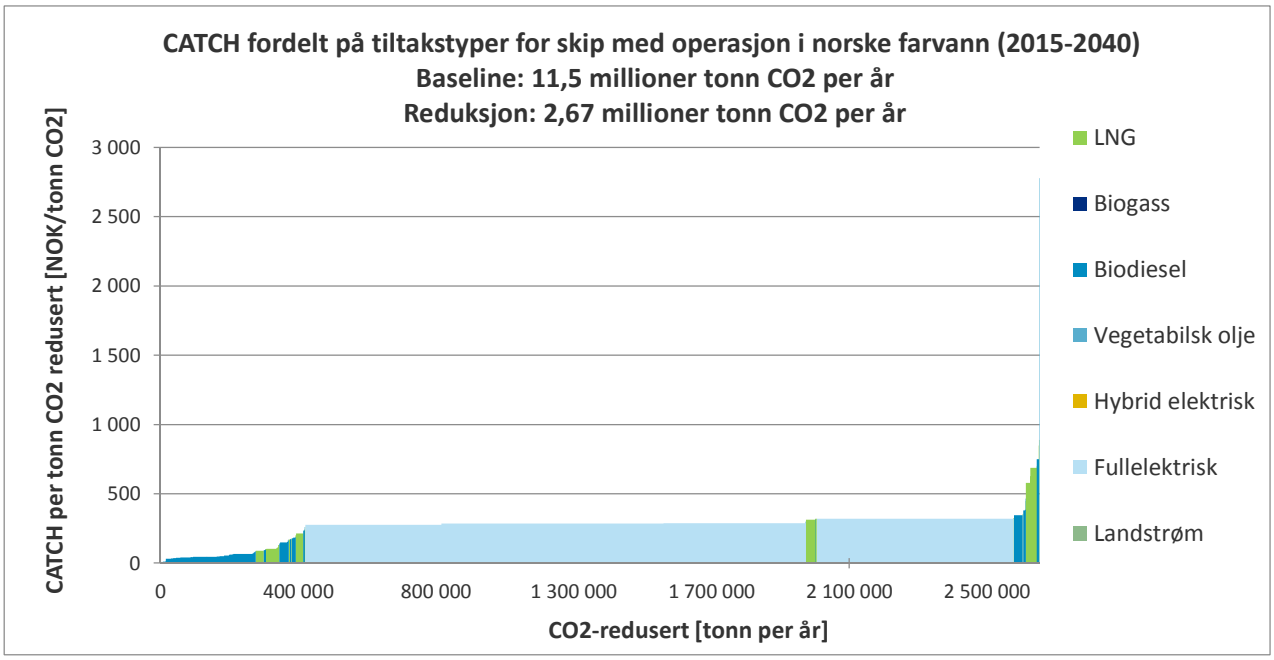
- Alle relevante lasteskip (1-8) benytter vegetabilsk olje
- Alle relevante passasjerskip (9) benytter fullelektrisk
- Alle relevante offshoreskip (10-12) benytter LNG
- Alle relevante fiskefartøy (13) benytter vegetabilsk olje

Tabell 14-3: Kombinasjonsscenarier, Prisscenariene for drivstoff S1-S4, År: 2040. Utslippsreduksjoner og tilhørende kostnadseffektivitet for CO_2, NO_X og SO_X.

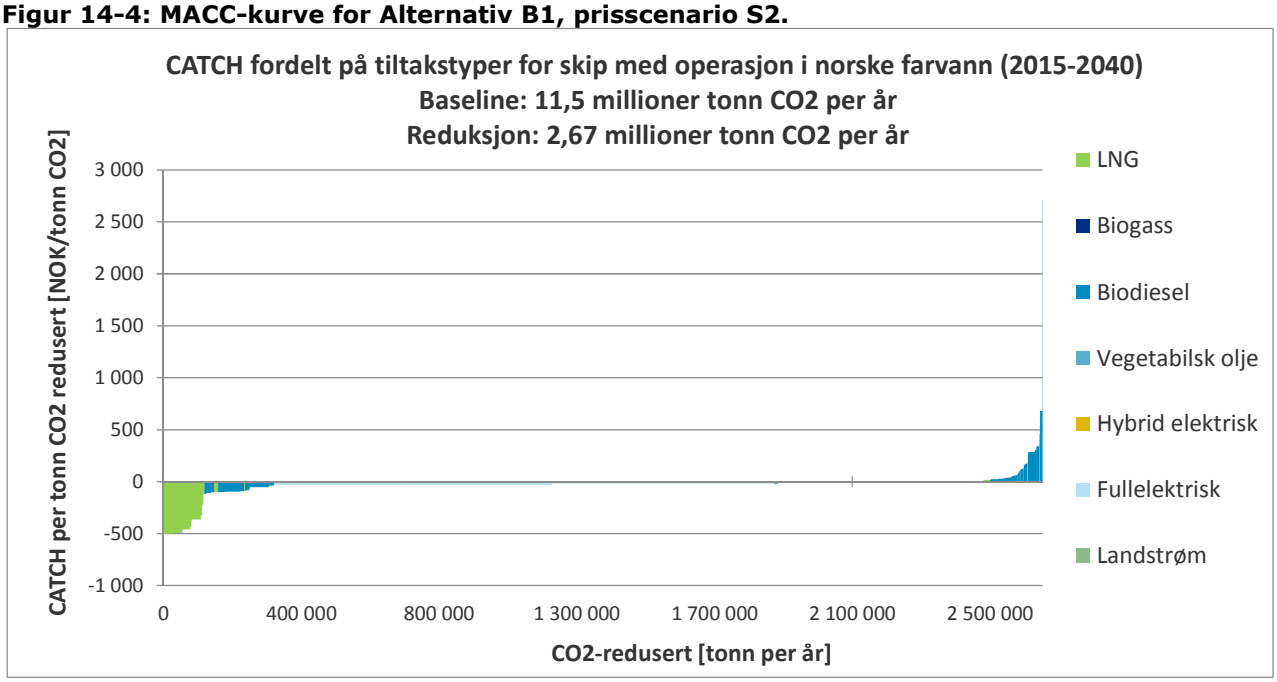
Utslipp / Drivstoff	CO_2						NO_X	SO_X
	Reduksjon (Innenriks) [Mtonn]/[%]	Reduksjon (Total) [Mtonn]/[%]	Kostnadseff. [NOK/tonn]				Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]	Reduksjon (Total) [ktonn]/[%]
			S1	S2	S3	S4		
Alternativ B1	2,3 / 45%	2,7 / 23%	±1	+1	±1	+1	2,5 / 2%	4,9 / 19%
Alternativ B2	3,1 / 59%	4,2 / 37%	±1	+1	-1	+1	4,3 / 3%	7,8 / 30%
Alternativ C1	2,5 / 49%	3,7 / 32%	±1	+1	-1	+1	5,2 / 3%	7,8 / 31%
Alternativ C2	3,8 / 73%	8,6 / 74%	±1	+1	-1	+1	11,9 / 8%	19,3 / 75%



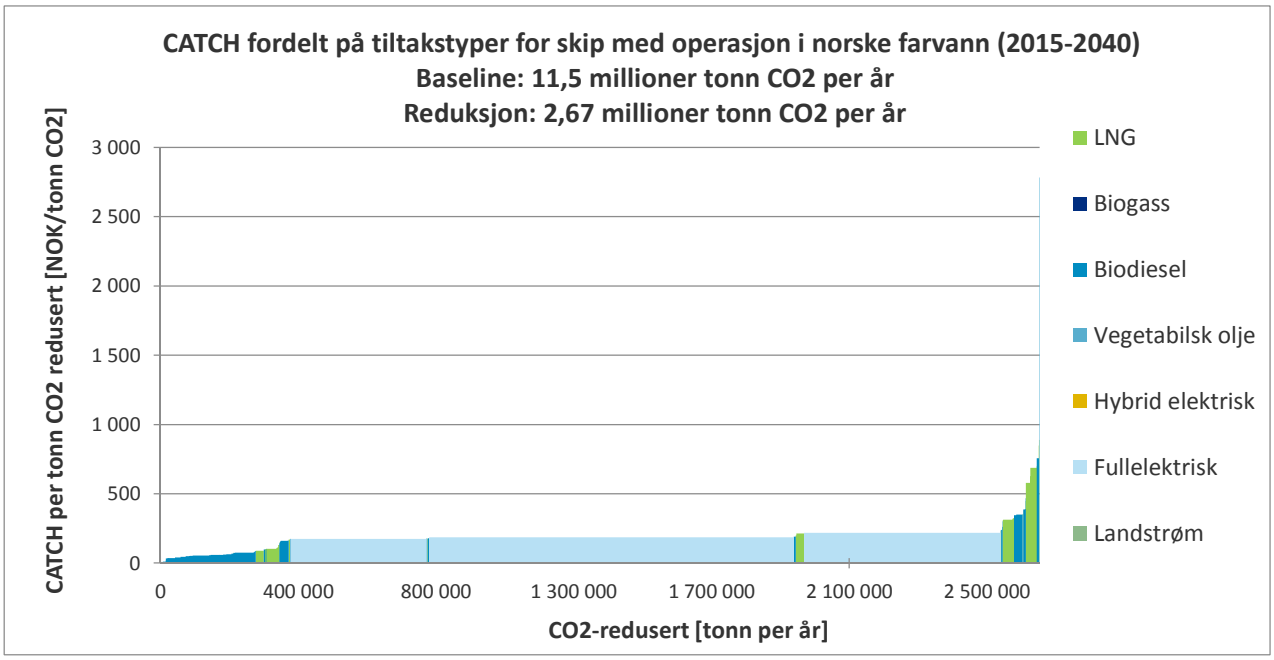
Figur 14-3: MACC-kurve for Alternativ B1, prisscenario S1.



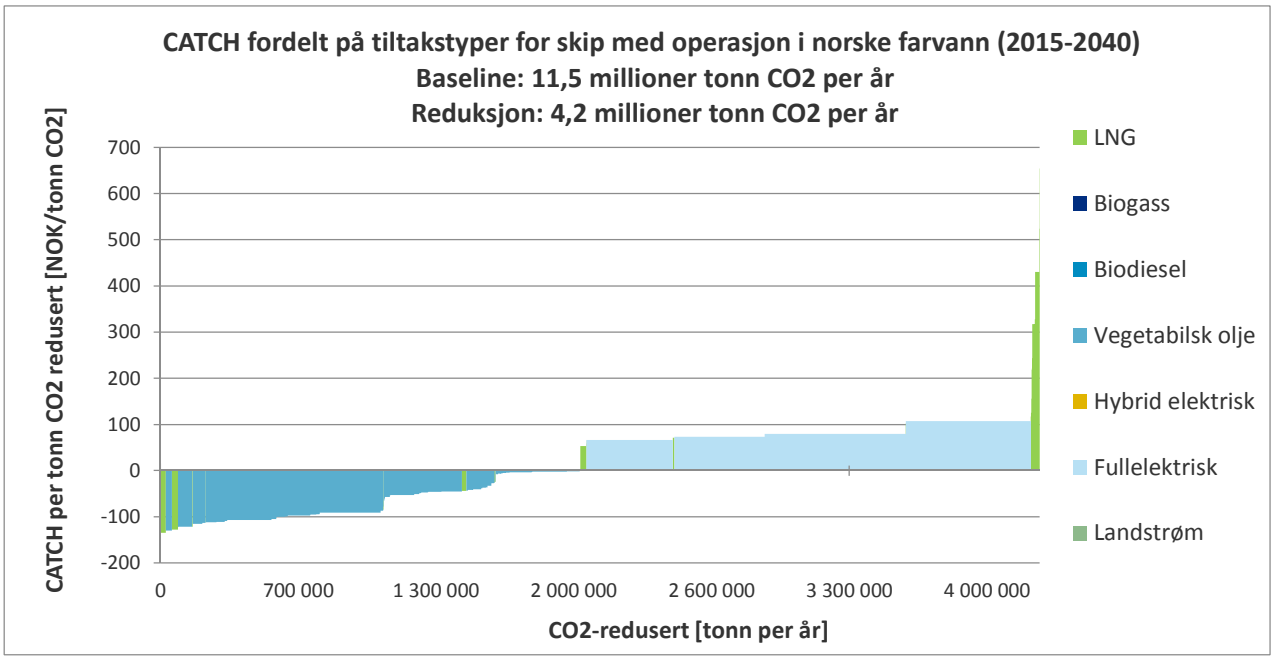
Figur 14-4: MACC-kurve for Alternativ B1, prisscenario S2.



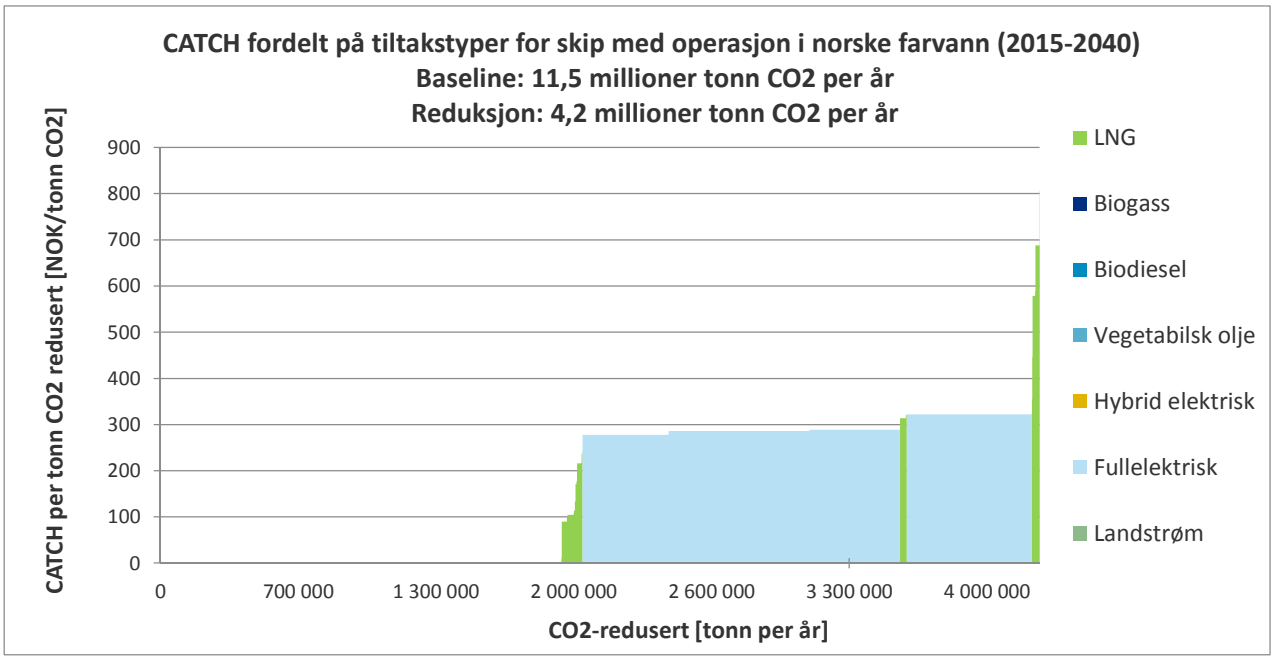
Figur 14-5: MACC-kurve for Alternativ B1, prisscenario S3.



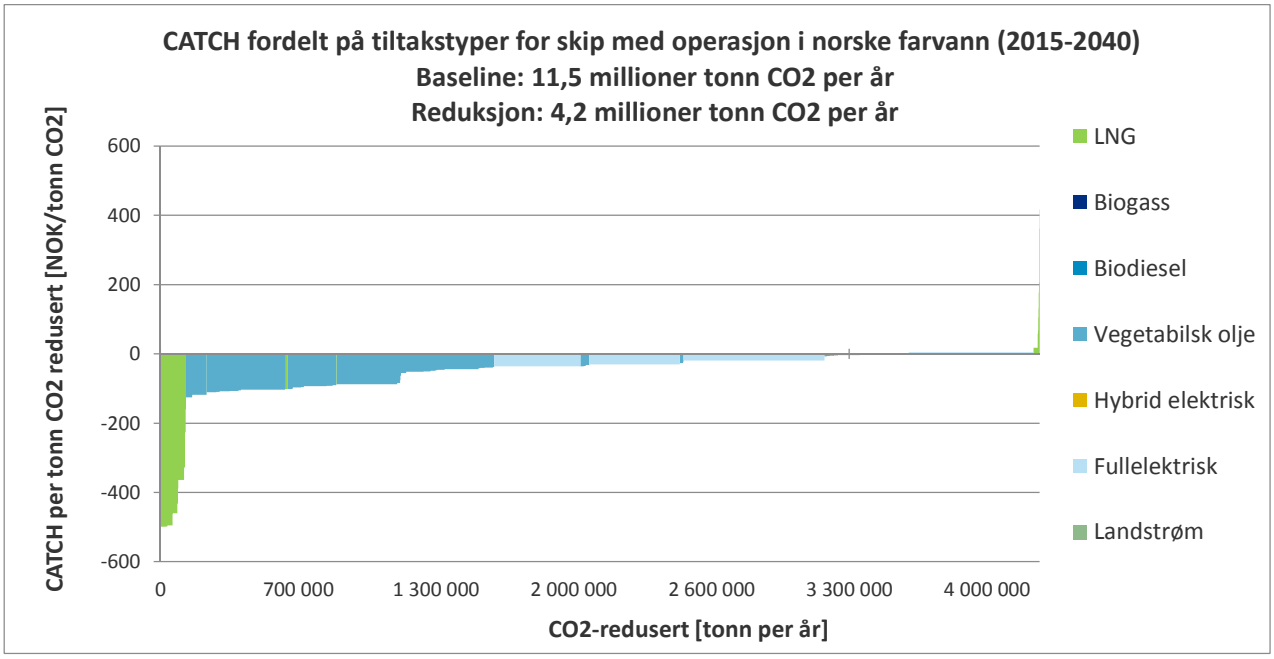
Figur 14-6: MACC-kurve for Alternativ B1, prisscenario S4.



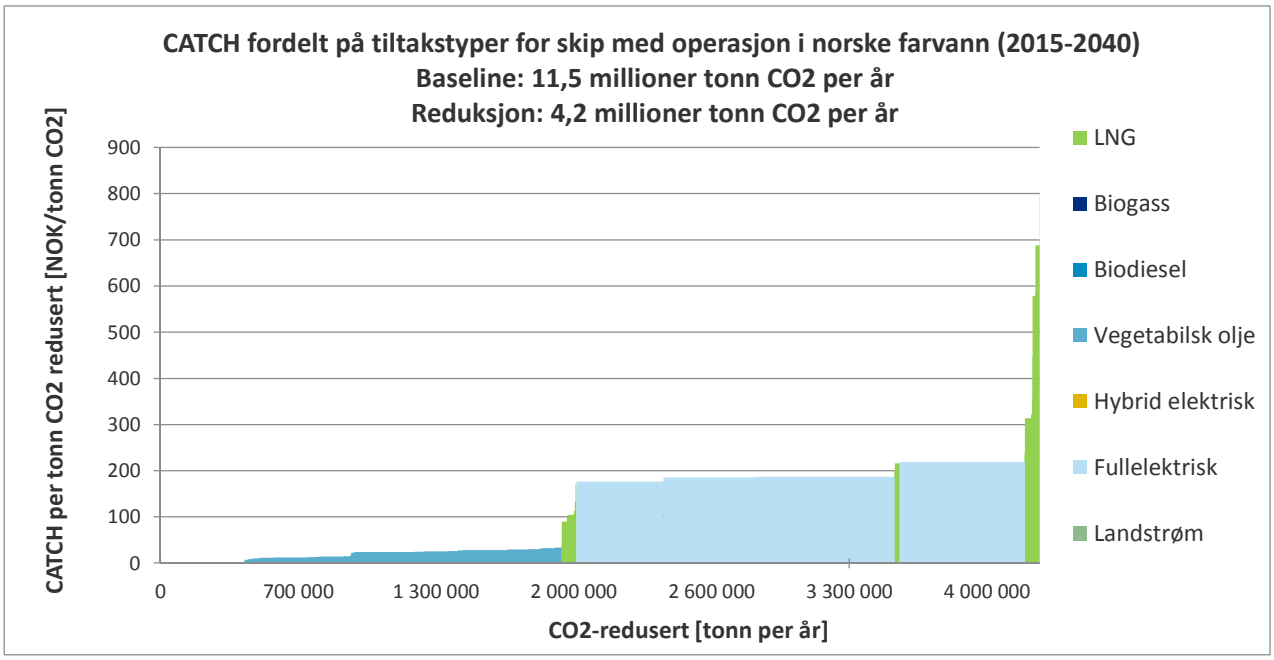
Figur 14-7: MACC-kurve for Alternativ B2, prisscenario S1.



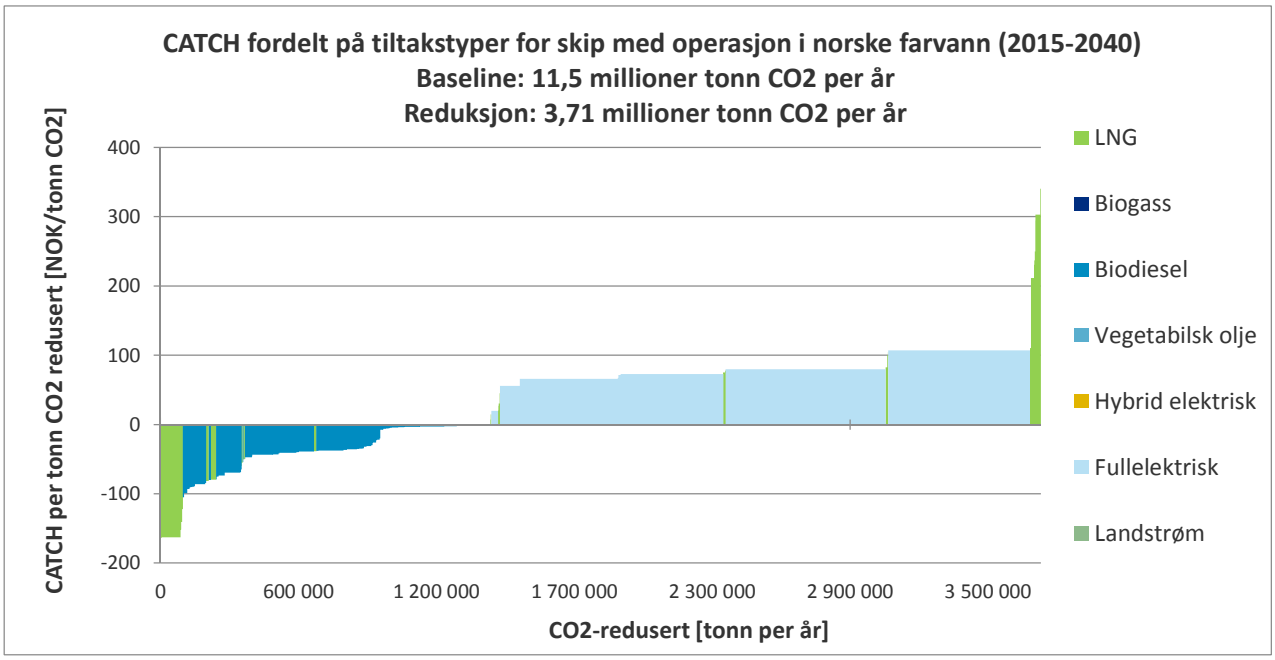
Figur 14-8: MACC-kurve for Alternativ B2, prisscenario S2.



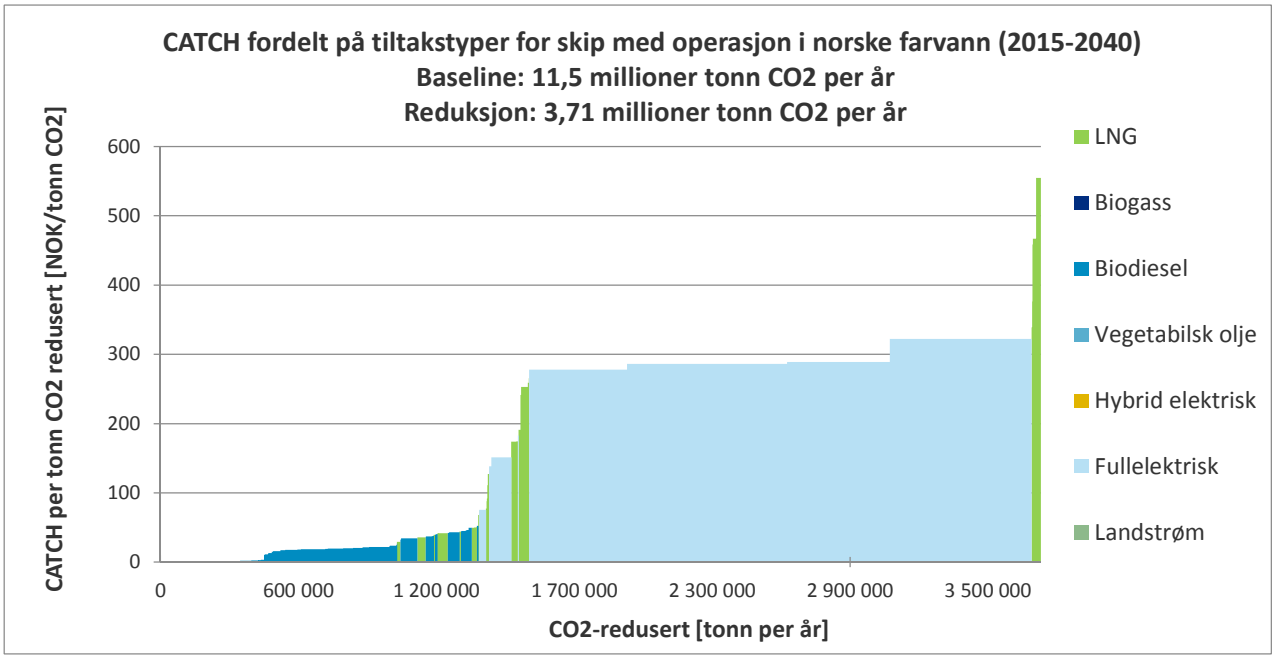
Figur 14-9: MACC-kurve for Alternativ B2, prisscenario S3.



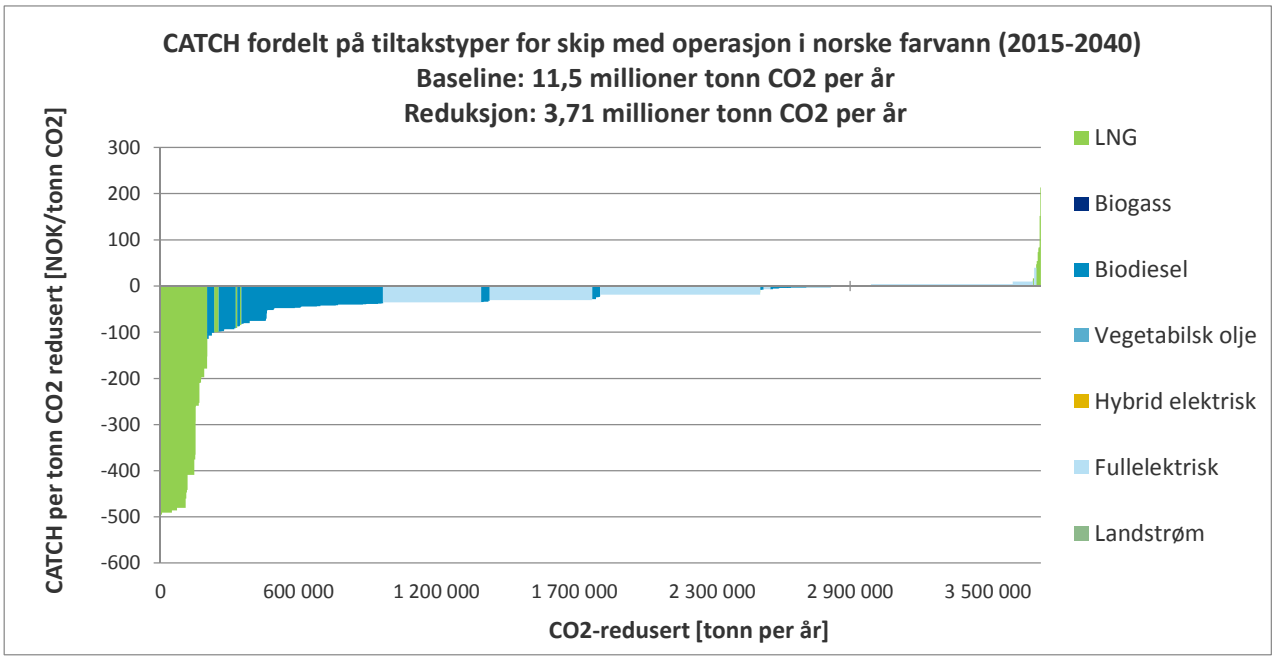
Figur 14-10: MACC-kurve for Alternativ B2, prisscenario S4.



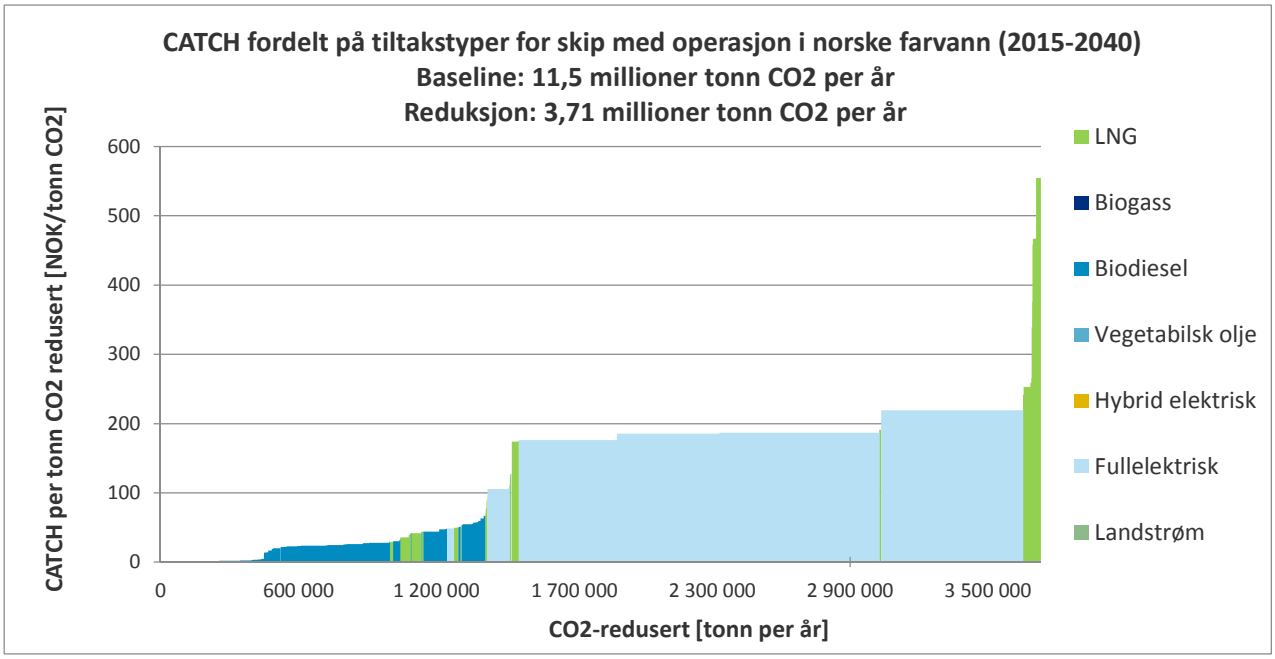
Figur 14-11: MACC-kurve for Alternativ C1, prisscenario S1.



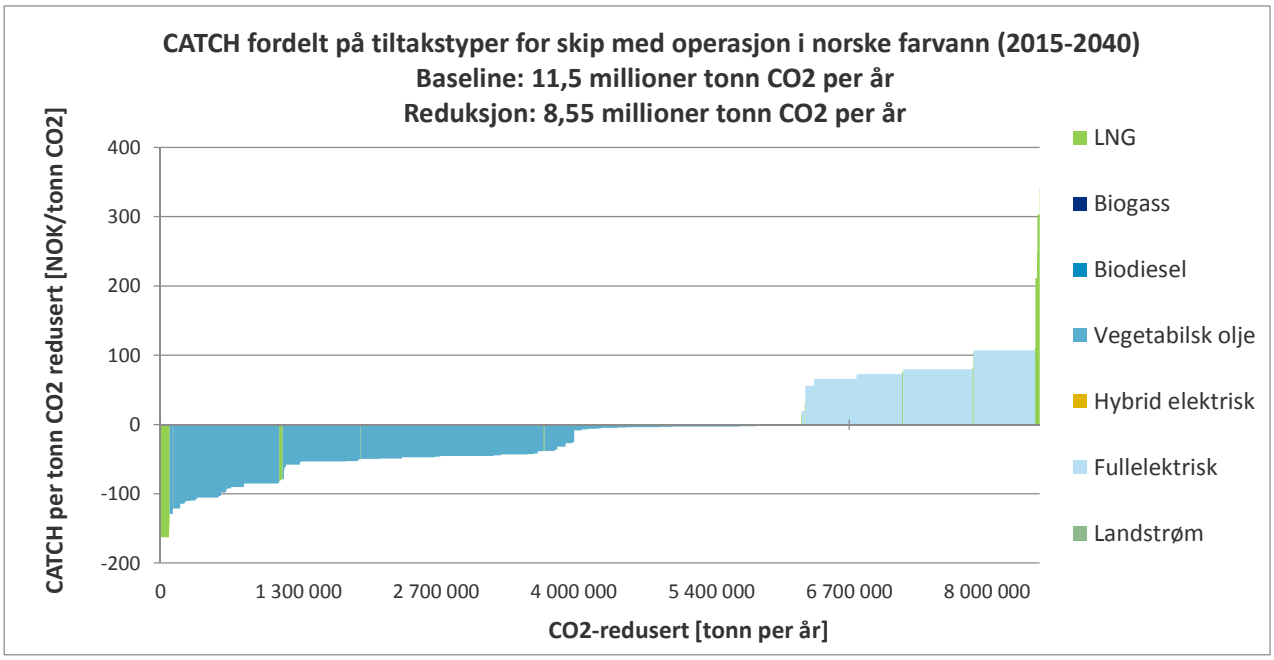
Figur 14-12: MACC-kurve for Alternativ C1, prisscenario S2.



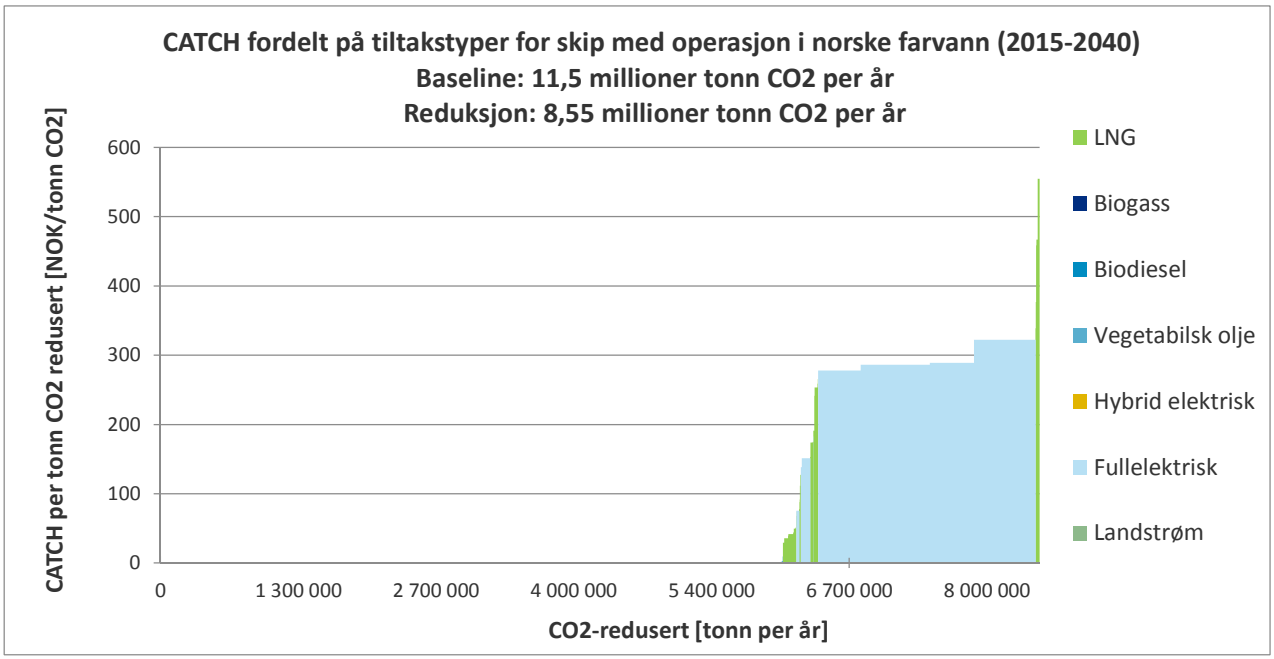
Figur 14-13: MACC-kurve for Alternativ C1, prisscenario S3.



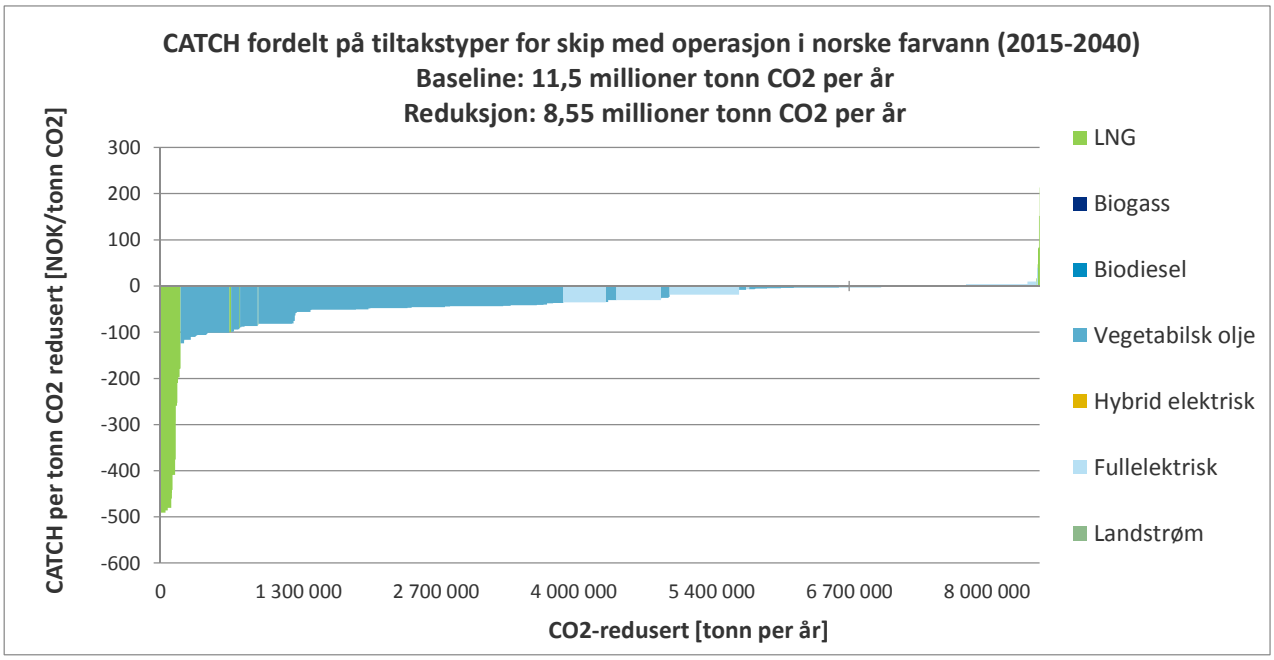
Figur 14-14: MACC-kurve for Alternativ C1, prisscenario S4.



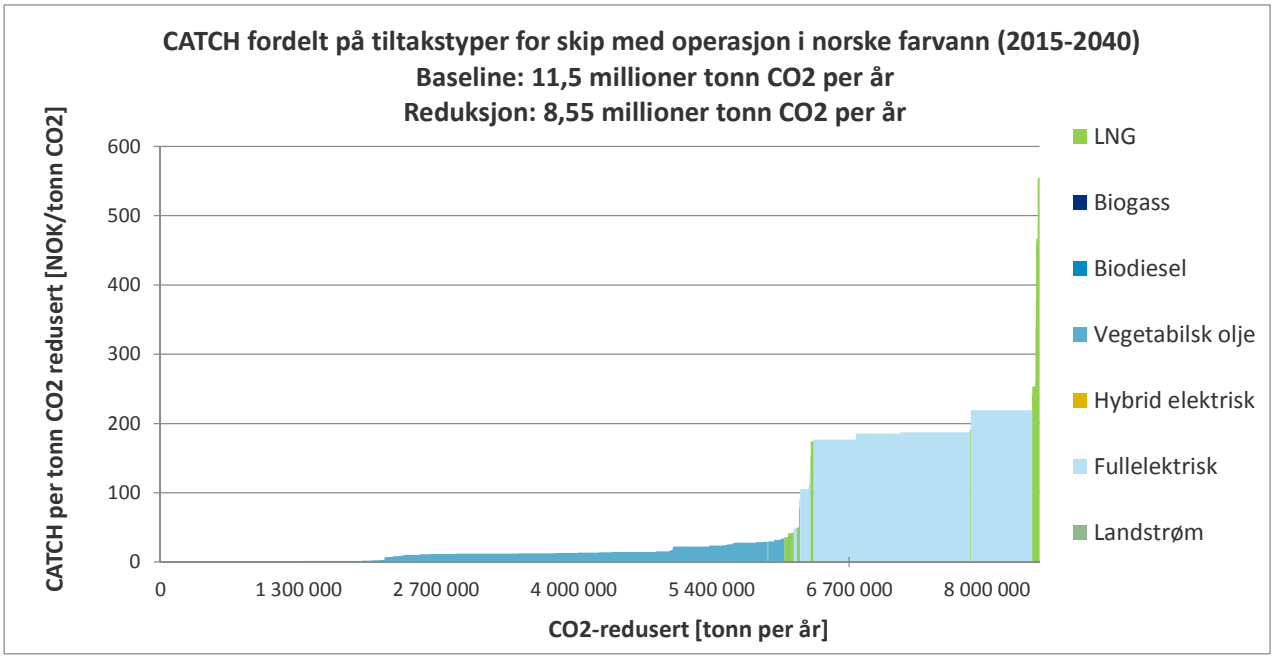
Figur 14-15: MACC-kurve for Alternativ C2, prisscenario S1.



Figur 14-16: MACC-kurve for Alternativ C2, prisscenario S2.



Figur 14-17: MACC-kurve for Alternativ C2, prisscenario S3.



Figur 14-18: MACC-kurve for Alternativ C2, prisscenario S4.

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.