

# SAMFUNNSØKONOMISK VURDERING AV TILSKUDD TIL MILJØTILTAK I HAVNER

Kystverket

**Rapportnr.:** 2016-1040

**Dokumentnr.:** 1124016Z-4

**Dato:** 2016-11-14



Rapporttittel: Samfunnsøkonomisk vurdering av tilskudd til miljøtiltak i havner

Oppdragsgiver: Kystverket, Postboks 1502  
6025 ÅLESUND  
Norway

Kontaktperson: Einar Bjørshol, Øystein Linnestad, Rolf Jørn Fjærbu

Dato: 2016-11-14

Prosjektnr.: PP162597

Org. enhet: Shipping Advisory

Rapportnr.: 2016-1040

Dokumentnr.: 1124016Z-4

DNV GL AS Maritime  
Shipping Advisory  
P.O. Box 300  
1322 Høvik  
Norway  
Tel: +47 67 57 99 00

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

#### Oppdragsbeskrivelse:

Kystverket har bedt DNV GL om å vurdere tiltak i havn som legger til rette for null- og lavutslippsteknologi, miljøvennlig drivstoff og energieffektivisering i skipsfarten. Vurderingene presenteres i denne rapporten og omhandler hovedsakelig følgende tiltak: leveranse av landstrøm, ladestrøm (til batterihybrider og fullelektriske skip), biodrivstoff og LNG.

Utført av:

Harald Gundersen  
Consultant

Verifisert av:

Håkon Hustad  
Principal Consultant

Godkjent av:

Kay Erik Stokke  
Group leader Maritime Advisory Møre

Kjetil Martinsen  
Principal Engineer

Magnus S. Eide  
Principal Consultant

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 0001. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- Fri distribusjon (internt og eksternt)
- Fri distribusjon innen DNV GL
- Fri distribusjon innen det DNV GL-selskap som er kontraktspart
- Ingen distribusjon (konfidensiell)

Nøkkelord:

[Keywords]

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
---------	------	----------------------	-----------	---------------	-------------

## INNHALDSFORTEGNELSE

INNHALDSFORTEGNELSE.....	II
1 SAMMENDRAG.....	1
2 INTRODUKSJON .....	3
3 METODE .....	4
4 TILTAKSBESKRIVELSER .....	5
4.1 Landstrøm	5
4.2 Ladestrøm	6
4.3 Biodrivstoff	9
4.4 LNG-infrastruktur	11
5 TRAFIKKGRUNNLAG OG POTENSIALE FOR UTSLIPPSREDUKSJONER I NORSKE FARVANN OG HAVNER.....	13
5.1 Trafikkgrunnlag i norske farvann	13
5.1.1 Innenrikstrafikk	16
5.1.2 Utenrikstrafikk	16
5.1.3 Gjennomgangstrafikk	17
5.1.4 Uspesifisert aktivitet og drivstofforbruk i havn	17
5.1.5 Ikke-maritim aktivitet	17
5.2 Flåte- og utslippsvekst	17
5.3 Eksisterende bunkringsinfrastruktur	19
5.4 Relevante havner for miljøtiltak	21
6 SCENARIOBESKRIVELSE OG BAKGRUNN FOR TEKNOLOGIOPPTAK .....	25
6.1 Modell	25
6.2 Scenario for teknologiopptak	25
6.3 Aktuelle teknologier per havn	26
7 EFFEKTER OG KOSTNADER AV TILTAK .....	27
7.1 Utslippsreducerende effekter av tiltak	27
7.1.1 Effekter i havn	29
7.1.2 Effekter for innenrikstrafikk	30
7.1.3 Effekter i NØS	31
7.2 Kostnader ved å innføre tiltak	32
7.2.1 Kostnader for tilrettelegging for landstrøm i havn	32
7.2.2 Kostnader for tilrettelegging for drivstoffomlegging – innenrikstrafikk	33
7.2.3 Kostnader for tilrettelegging for drivstoffomlegging – NØS	34
7.3 Samlede effekter og kostnader	35
8 SAMFUNNSØKONOMISKE EFFEKTER OG VURDERINGER .....	37
8.1 Samfunnsøkonomisk kostnad	37
8.2 Isolert effekt av støtte til havneutbygging	39
8.3 Koordinert havneutbygging og teknologiopptak på skip	40
8.3.1 Sjøkartet for grønn kystfart	40
8.3.2 Virkemidler og støtteordninger	42
8.3.3 Anbefalinger	42
9 REFERANSER .....	43

# 1 SAMMENDRAG

Skipsfarten bidrar til betydelig luftforurensning og klimagassutslipp, både nasjonalt og internasjonalt. CO<sub>2</sub> er den viktigste klimagassen fra skipsfarten mens utslipp av blant annet SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler bidrar til helse- og miljøskader. 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 Kystverket og vurderer potensialet for utbygging av løsninger for leveranse av miljøvennlig drivstoff, og drøfter dette i et samfunnsøkonomisk perspektiv med utgangspunkt i en mulig etablering av en statlig tilskuddsramme som dekker deler av havnenes investeringer i miljøtiltak.

Ved å anvende scenarier for teknologiopptak fra tidligere studier for KLD /1/, har studien estimert effekter og tiltakskostnader for 18 ulike norske havner ved ulike trafikkomfang. Dette omfatter trafikk i havn, norsk innenrikstrafikk og trafikk i NØS (Norsk Økonomisk Sone):

**Havn:** Til tross for 100 % kutt i klimautslipp (0,24 Mtonn CO<sub>2</sub>), vil man ved full omlegging til landstrøm ved havneligge få en relativt beskjeden klimamessig effekt, sett opp mot nasjonale utslippstall. Dette skyldes at havneforbruket i de 18 utvalgte havnene utgjør en svært liten del av totalaktiviteten i norske farvann. Samtidig oppnås det også 100 % kutt i lokale utslipp (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partikler m.v.) som kan være av stor betydning i byer og tettbygde strøk med periodevis helseskadelige nivåer av luftforurensning. Kostnadene i havn for full omlegging til landstrøm estimeres til 884 MNOK, under forutsetning av at alle anløpendeskip kan, og vil, benytte seg av tilbudet.

**Innenrikstrafikk:** Et realitetsorientert scenario med vesentlig opptak av alternativt drivstoff (/1/) for innenrikstrafikken er estimert å gi betydelige reduksjonseffekter både for klima- og lokalutslipp, det vil si 40 % reduksjon av CO<sub>2</sub> (2,2 Mtonn). Scenariet innebærer at man nærmer seg nivået for nasjonale klimakutt målsettinger ved overgang til alternativt drivstoff for skip og trafikkstrømmer som i stor grad opererer innenriks, og dermed i større grad kan nås med statlige virkemidler og regelverk. Kostnaden for tilrettelegging i de aktuelle havnene for forsyning av nødvendig alternativt drivstoff i dette scenariet estimeres til 8 643 MNOK. I 2040 vil dette opptaksscenarioet sørge for en omlegging av et omfang som gjør at alle skip benytter landstrøm, samt at 28 % av den seilende innenriksflåten (2 750 skip) opererer med alternative drivstoff i 2040.

**NØS:** Tar en også med resten av trafikken i NØS (inkl. utenriks/transitt/havn) er opptaket av alternativt drivstoff estimert å medføre reduksjoner på 33 % CO<sub>2</sub> (3,8 Mtonn) og kostnader i havn på 12 476 MNOK. Dette omfatter imidlertid fragmentert trafikk som vanskelig vil kunne omfattes og nås av nasjonal virkemiddelbruk i sin helhet.

Tabell 1-1 (omtalt som Tabell 7-9 i Kapittel 7.3) viser aggregerte resultater for de tre ulike trafikkomfangene som beskrevet over. Tabellen angir utslippsreduksjoner for hver enkelt utslippskomponent i 2040 sammenlignet med et baselinescenario («business as usual», der det antas en utvikling mot 2040 gitt dagens rammebetingelser). Samtidig viser tabellen tilhørende aggregerte kostnader i havn knyttet til nødvendig infrastruktur, for å møte omlegging til alternative drivstoff for de tre ulike trafikkomfangene, fordelt på landstrøm, ladestrøm, biodiesel og LNG. Det gjøres oppmerksom på at hverken kostnader eller reduksjoner tar hensyn til eventuelle eksisterende anlegg for alternativt drivstoff. Ytterligere omtale og forutsetninger for resultatene i tabellen er beskrevet i kapittel 7.

Ved å benytte netto samlede tiltakskostnader for CAPEX og OPEX (451 MNOK) fra DNV GLs tidligere analyse for KLD /1/, tallfeste utslippsreduksjonene for omlegging til alternative drivstoff for innenrikstrafikken, og benytte relevante utslipps- og verdsettingsfaktor får man en netto

samfunnsøkonomisk lønnsomhet på 2 661 MNOK. Et tiltaksomfang av denne typen fremstår derfor som svært lønnsomt fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

**Tabell 1-1: Kostnader og utslippsreduksjoner for ulike omleggingsomfang ved overgang til alternative drivstoff**

		CO <sub>2</sub> [tonn/år]	NO <sub>x</sub> [tonn/år]	SO <sub>x</sub> [tonn/år]	BC [tonn/år]
Havn	Tot. Red. mot 2040-baseline	-235 306	-3 343	-134	-21
	Red. % mot 2040-baseline	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
	Kostnad i havn [MNOK]	<b>Landstrøm = 884 MNOK</b>			
Innenriks	Tot. Red. mot 2040-baseline	-2 175 915	-34 987	-1 610	-259
	Red. % mot 2040-baseline	-40 %	-45 %	-52 %	-52 %
	Kostnad i havn [MNOK]	<b>Ladestrøm + Biodiesel + LNG = 6 629 MNOK + 0 MNOK + 2 014 MNOK = 8 643 MNOK</b>			
NØS	Tot. Red. mot 2040-baseline	-3 795 863	-50 136	-2 675	-430
	Red. % mot 2040-baseline	-33 %	-31 %	-41 %	-41 %
	Kostnad i havn [MNOK]	<b>Landstrøm + Ladestrøm + Biodiesel + LNG = 884 MNOK + 9 126 MNOK + 0 MNOK + 2 467 MNOK = 12 476 MNOK</b>			

Det er derfor grunn til å anbefale at støtte til tiltaksutbygging i havn må ses i sammenheng med støtte og incentiver for opptak av tiltak på skipene. En koordinert innsats på skip og land er nødvendig for sikre at bruken av offentlige midler for å fremme en renere skipsfart blir gjort på en måte som minimerer kostnadene og maksimerer utslippsreduksjonene.

Videre må en se på utbygging i et nasjonalt, regionalt eller globalt perspektiv – avhengig av hvilke skip man ønsker å prioritere. Lokal, fragmentert og ukoordinert innsats vil neppe gi et varig skifte.

Momentene og anbefalingene i denne studien har tatt utgangspunkt i Sjøkartet for grønn kystfart /14/ der en stor gruppe næringsaktører har foreslått konkrete grep som kan drive utviklingen i en retning som er konsistent med det opptaksscenarioet for alternativt drivstoff som er anvendt i denne rapporten (Kap. 6). Sjøkartet understreker behovet for å se på tiltak som treffer de enkelte sektorer/skipstyper som dominerer utslippet i norske farvann, snarere enn å velge mindre målrettede grep på tvers av sektorer/skipstyper som potensielt kan slå uheldig ut for enkelte næringer.

Rapporten konkluderer ikke med tanke på spesifikke strategier eller valg, men det anbefales å inkludere perspektivene og drøftingene i det videre arbeidet med virkemidler for infrastruktur i havn.

## 2 INTRODUKSJON

Skipsfarten bidrar betydelig til luftforurensning og klimagassutslipp, både nasjonalt og internasjonalt. Lokalutslipp i havner og kystnære strøk av blant annet SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler bidrar til helse- og miljøskader, mens CO<sub>2</sub>-utslipp er den viktigste klimagassen fra skipsfarten.

Skip 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).

Strengt regler til utslipp, sammen med næringens ønske om å redusere drivstoffkostnader, gjør at skipsfarten aktivt søker etter måter å bli renere og mer energieffektiv 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<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>, samt avgiftspolitikken og generelt økte forventninger til miljøvennlig og bærekraftig virksomhet.

Denne studien er gjennomført av DNV GL og Menon på oppdrag fra Kystverket for å vurdere tiltak i havn som understøtter overgangen til null- og lavutslippsteknologi, miljøvennlig drivstoff og energieffektivisering som det vil være hensiktsmessig å etablere innen 2040. På bakgrunn av foreliggende rapporter og kunnskap, og i samråd med oppdragsgiver, er studien avgrenset til å vurdere tilrettelegging for følgende tiltak (nærmere beskrevet i Kapittel 4):

- Landstrøm ved havneligge
- Ladestrøm (til hel- og delelektriske skip)
- Biodrivstoff
- LNG

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, flåtevekst, drivstofforbruk og utslipp i norske farvann og havner, men også karakteristika som maskineriløsninger, skipstyper, alderssammensetning og drivstofftyper. Dette er oppsummert i Kapittel 5.

Basert på dette benyttes scenarier for teknologioptak for å modellere utfallsrommet for opptak av de fire tiltakene, inkludert oppnådde utslippsreduksjoner og kostnadseffektivitet for tiltakene. Dette, samt en kortfattet modellbeskrivelse, er redegjort for i Kapittel 6. Kapittel 7 oppsummerer effekten, både reduksjoner og kostnader, for de ulike tiltakene og havnene for det gitte opptaksscenarioet. Kapittel 8 vurderer resultatene i et samfunnsøkonomisk perspektiv, med utgangspunkt i en mulig etablering av en statlig tilskuddsramme som dekker deler av havnenes investeringer i miljøtiltak. Referanser er listet i Kapittel 9.

### 3 METODE

Som bakgrunn for studiet og scenarier for omfanget av teknologioptak i skipsfarten, brukes resultater fra DNV GLs analyse for KLD /1/, som identifiserer scenarier for – og effekter av – teknologioptak i norsk innenrikstrafikk. Disse resultatene baserer seg på omfattende AIS-data, etablerte metoder for estimering av drivstofforbruk og utslipp, samt en tiltaks- og utslippsmodell for skipsfart.

Aktuelle havner med tilhørende havneutslipp bygger videre på DNV GLs arbeid gjort for Enova i 2015 /2/, hvor det ble gjennomført en kartlegging av markedsgrunnlaget for landstrøm i norske havner.

Potensialet for utbygging av løsninger i havn for ulike miljøtiltak er estimert basert på nødvendig flåtesammensetning sett opp mot opptaksscenarioet, samt et minimum av gjennomstrømming for å forsvare en utbygging.

I den samfunnsøkonomiske betraktningen skal alle kostnader som belastes det norske samfunnet inkluderes. Kostnader om bord på skipet skal derfor inkluderes. Dersom skipet ikke er norsk vil en kunne argumentere for at kostnaden belastes en aktør utenfor Norge, og derfor ikke skal inkluderes i denne beregningen. Det vurderes imidlertid dit hen at enhver kostnad på skipet i prinsippet vil overføres til norske aktører gjennom økning i fraktkostnadene. I mange tilfeller vil også skipet være norsk. For enkelhets skyld vil derfor alle merkostnader (og besparelser) for skipene inkluderes.

Den samfunnsøkonomiske kostnaden av det anvendte scenariet beskrevet i Kap. 6 ble beregnet i DNV GLs studie for KLD /1/. Tilnærmingen her sammenfaller med metodikken beskrevet over. En viktig forskjell mellom de to metodene er at CAPEX og OPEX for infrastrukturen i havnen ikke ble eksplisitt spesifisert i beregningen gjennomført for KLD. Disse kostnadene ble imidlertid inkludert inn i drivstoffprisene som er benyttet for de ulike energibærerne, og vil følgelig være fullt ut reflektert i regnestykket. Oppsummert ville derfor resultatene fra nytteberegningene vært de samme, selv om oppbygningen ville vært ulik på enkelte områder.

## 4 TILTAKSBESKRIVELSER

Dette tiltaksstudiet tar for seg tre drivstoffalternativer; elektrisitet (landstrøm og ladestrøm), LNG og biodrivstoff. Dette er også alternativene som ble analysert for KLD /1/. Hydrogen, metanol, og etanol er energibærerne som ikke er prioritert gjennomgått i denne omgang.

### 4.1 Landstrøm

Med landstrøm menes elektrisk kraft fra land til erstatning for kraftproduksjon på skipets eget maskineri (typisk dieseldrevet) ved havneligge. Skipets mulighet til å ta imot landstrøm er like viktig som havnens mulighet til å levere strøm. De aller fleste lasteskip og eldre skip har kun begrenset kapasitet til å motta strøm fra land. Tilkoblingen har normalt sett vært dimensjonert for skip under verkstedsopphold eller i opplag, og dekker stort sett bare en svært begrenset del av skipets energibehov (belysning, oppvarming, bysse, osv). De har ofte heller ikke mulighet for å supplere sitt eget strømbehov med strøm fra land samkjørt med eget hjelpemaskineri. Skal skipets el-anlegg og evne til å benytte landstrøm dimensjoneres for å dekke hele behovet i havn, må de fleste skip i denne kategorien bygges om eller oppgraderes. Det samme gjelder på havnesiden der det må investeres i omfattende utstyr for å kunne levere tilstrekkelige effekter for at skipenes egne generatorer kan stenges ned i havn.

På landsiden vil dette kunne omfatte følgende hovedkomponenter:

- Framføring av høyspentnett
- Transformator
- Kontrollpanel og koblingsbokser
- Frekvensomformer – (avhengig av behov)
- Kabelvinne (kan også finnes om bord skipene) og koblingsenhet

På skipene vil behovet for utstyr typisk kunne bestå av:

- Transformator
- Fordelingssystem
- Kontrollpanel og koblingsbokser
- Kabelvinne (kan også finnes på kaisiden) og koblingsenhet
- Eventuelt frekvensomformere

Selv om det i dag opereres med ulike systemer for oppkobling, er der gjort mye for å standardisere koblingsflater og grensesnitt. I dag er det utviklet standarder for høy- og lavspent systemer som følger;

- IEC/IEEE 80005-1 High Voltage Shore Connection Systems - General requirements
- IEC/IEEE 80005-2 High voltage shore connection (HVSC) systems - Communication interface description
- IEC/IEEE 80005-3 Utility connections in port - Part 3: Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems - General requirements

Enovas støtteprogram for utbygging av landstrøm i norske havner forutsetter at anleggene som mottar støtte er bygget i henhold til gjeldende standard. Dersom anlegg er tilpasset en helt bestemt aktivitet/skipstype, vil det kunne være gode grunner til å fravike standarden for mer optimale spesialløsninger. Dette vil typisk kunne være tilfellet for ferger som kun anløper helt dedikerte kaier som ikke vil betjene andre skip.



Skip med begrenset effektbehov med betydelig andel tid i havn, som fiskefartøy, offshorefartøy og lignende er som oftest bedre utstyrt til å motta strøm fra land. Disse kan ha dedikerte kaianlegg hvor landstrøm er lagt opp og dimensjonert i henhold til behovet.

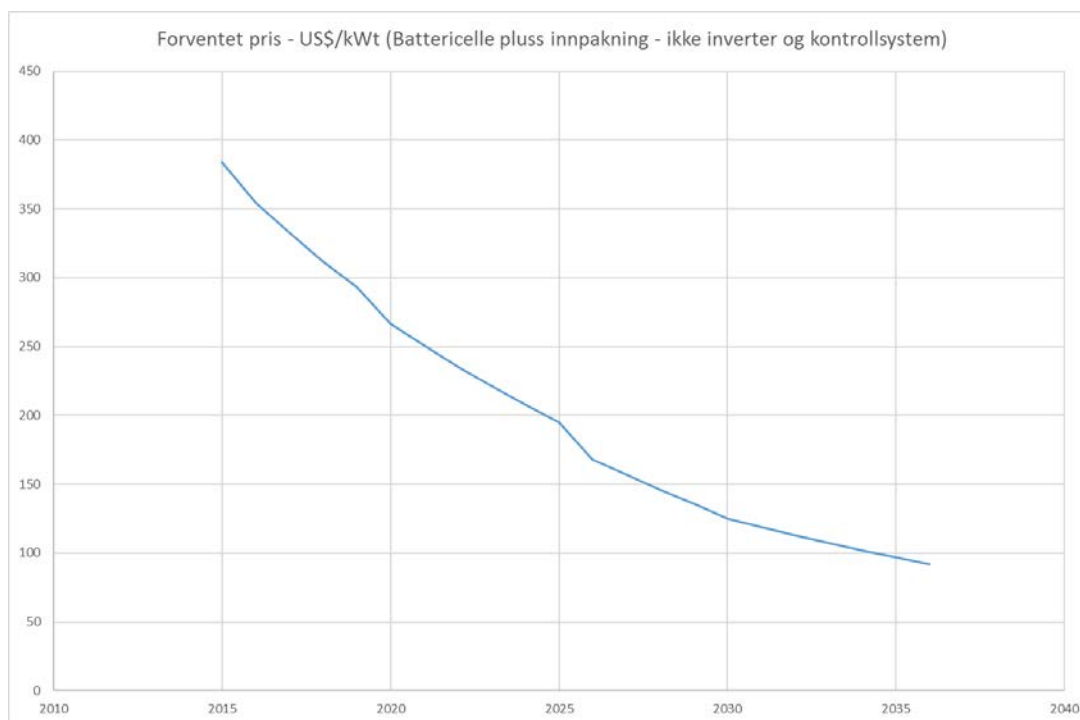
Skal skipet kun bruke landstrøm ved landligge, må to moduser vurderes:

1. Skipet ligger ved kai og lossers/laster eller foretar skipstekniske operasjoner, ofte med varierende og tidvis høyt effektbehov. Her kan skipet bruke betydelige energimengder, av og til mer enn ved seilas, da havneoperasjoner krever ytelse fra kraner, pumper og andre systemer. Et batterisystem på land eller om bord kan bidra til å håndtere krafttoppene slik at man kan klare seg med mindre kapasitet på landsiden, noe som kan gi betydelig lavere anleggskostnader. Denne metoden for «peak-shaving» har stor utbredelse i kraftnettet i mange land. Batterifergen «Ampere» gjør bruk av batterier på land, som lades når fergen ikke er til kai, for å ha tilgang på nok strøm i løpet av kort ladetid fra et nett med begrenset kapasitet.
2. Skipet ligger ved havn, uten lasting/lossing med tidvis høye effekttopper. I dette tilfellet er det skipets hotellforbruk som må dekkes (lys, varme, ventilasjon, bysse, o.l.), i tillegg til andre systemer som evt ikke kan slås ned (avhengig av skipstype – for eksempel en god del utstyr om bord på offshoreskip eller forsvarets fartøy) For større passasjerskip er imidlertid dette behovet betydelig.


Forbruksbehovet for de to modusene kan til dels være svært forskjellige.

## 4.2 Ladestrøm

Strengere miljøkrav for transportsektorene har gjort batterier mer aktuelle, særlig for biler. Nøkkelinindustrier, som bilindustrien og kraftsektoren, driver nå en teknologiutvikling hvor man ser økt energitetthet og kostnadsreduksjoner for battericeller og systemer. På cellenivå har det vært en prisreduksjon på ca. 75 % de siste 4 år. I tråd med prisestimer (Figur 4-1) fra Bloomberg kan bilbatterier falle fra 3-400\$/kWh i dag til 125\$/kWh i 2022 /4/.



Figur 4-1: Forventet prisutvikling for battericeller/innpakning fram til 2036 /4/



Med slike priser vil elbiler være konkurransedyktige med bensinbiler i innkjøp.

For skip kan batteri- og hybriddrift med optimalisert kraftkontroll gi betydelige reduksjoner i drivstofforbruk, vedlikehold og forurensning, samt forbedre skipets reaksjonsevne, regularitet og sikkerhet i kritiske situasjoner. Batteriet kan også være en lagringsplattform for energi, og gjenvinning av energi, samt legge til rette for bruk av fornybar energi.

Bruk av elektrisitet som energibærer for skip krever robuste batteriløsninger og utbygging av ladeinfrastruktur på land. Energitettheten 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, iallfall dersom det er snakk om å forsyne en vesentlig andel av skipets energibehov. Det er også mulig med mobile batteripakker der utladede batterier erstattes med oppladde ved kailigge, eller landbaserte batterier som benyttes som buffer i forbindelse med lading av batterier om bord. Dette vil redusere behovet for et oppgradert strømnett.

Miljømessig er elektrisitet et meget godt alternativ sammenlignet med andre energibærere. Selv om norskprodusert strøm regnes som "grønn", gjør internasjonal krafthandel at strømmen som brukes i Norge generelt sett ikke kan tilskrives null utslipp. CO<sub>2</sub>-bidraget fra norskkonsumert kraft er omdiskutert, men i denne rapporten har vi valgt å legge til grunn en CO<sub>2</sub>-faktor lik 0 (tilsvarende utslippet hos forbrukeren av kraften), for å sikre overførbare resultater til tidligere studier /1/ og /3/. Utslipp av lokale forurensere fra produksjonen av norskkonsumert strøm ansees som neglisjerbare. KWt-prisen på strøm, alle avgifter inkludert, ligger noe over andre aktuelle drivstoffløsninger. Imidlertid er virkningsgraden for et batteri-elektrisk system vesentlig høyere en ved bruk av forbrenningsmotorer, slik at samme arbeidet kan utføres med mindre bunkret energi.

Utviklingen i fremtidig strømpris er en kompleks parameter som ikke estimeres i denne studien. Det er likevel viktig å presisere viktigheten av dette aspektet ved valg av teknologi. Ved levering av elektrisk kraft til bruk om bord i skip over 400 bruttotonn i sjøfart (i næringsvirksomhet) med en spenning på 380V eller høyere, skal det betales redusert el-avgift. Sjøfart omfatter ikke skip i opplag, skip som er varig tatt ut av fart, skip brukt til bosted, hotell, kontor, verksted, lager, eller er under reparasjon, ombygging eller er satt i dokk /5/.

I regjeringens forslag til statsbudsjett for 2017 er det foreslått å fjerne 400 bruttotonn-grensen. Grønt Kystfartsprogram arbeider også for at det skal settes krav til nettselskapene om å tilby *utkoblbare tariff* til skip og dermed en redusert nett-tariff. Dette innebærer at nettselskapene skal kunne kutte leveransen i tider der nettet er overbelastet.

Når det gjelder batteridrift på skip, ligger utviklingen omtrent der LNG var for 10 år siden da kun et fåtall LNG drevne skip eksisterte. Det er naturlig å se for seg en kraftig vekst i antall batteridrevne skip fremover, særlig som følge av kravene om null- og lavutslippsteknologi ved nye kontraktsutlysninger for fergesamband. Her er det allerede inngått nye kontrakter om elektrisk drevne ferger på flere samband.

Alle skipssegmenter vil kunne være relevante for elektrifisering i ett eller annet omfang, men elektrifiseringsgrad/effektiviseringseffekt vil variere basert på operasjonsform og energibehov. Operasjoner med store variasjoner i effektuttak eller skip med periodisk lav motorutnyttelse, vil være de som har mest å hente på bruk av batterier. Typiske eksempler på skip med store variasjoner i effektuttak er offshorefartøy, taubåter og ferger. Eksempler på skip med periodisk lav motorutnyttelse er skip som ofte er i ventesituasjoner for å laste og losse, er fiskebåter under fiske, og servicefartøy i ventemodus. Andel av energibehovet som kan forsynes med strøm fra land avhenger av energibehov og

lademulighet. Ferger med relativt korte overfarter og hyppig lademulighet er for eksempel meget godt egnet for helelektrifisering.

Potensialet for rene batteriskip er generelt størst for:

- Skip med begrenset energibehov og regelmessig havneligge.
- Ferger, passasjerfartøy og annen nærskipfart som kan klare seg med ladetid på 5-10 minutter, med maksimalt 60 minutter overfart og maksimalt 20 knop overfartshastighet.

Maritime hybridløsninger har et større bruksområde og vil typisk kunne favne:

- Ferger, offshorefartøy og slepebåter.

Hybridløsninger kan også være aktuelt for:

- Isbrytere, cruise, hurtigbåter, forskningsfartøy, spesialskip, offshore-plattformer, skytteltankere og tørrlast-fartøy med lasteutstyr/kraner som kan driftes elektrisk.

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

Hybridløsninger er generelt egnet der det er store svingninger i effektuttak der batteribanken kan stå for effekttoppene mens motorene hele tiden opererer jevnt innenfor optimalt område.

**Tabell 4-1: Evaluering av landstrøm/ladestrøm og bunkringsstatus i dag**

Parameter	Evaluering
Tilgjengelighet	Meget god. Norge har generelt et overskudd av elkraft. For skip som også har dieselgeneratorer, er skipene i en posisjon til å kunne akseptere utkobling av strømforsyning i perioder med begrensninger i kraftnettet.
Miljøpåvirkning i livssyklusperspektiv	Internasjonal krafthandel gjør at den norske strømmen må tilordnes et visst CO <sub>2</sub> -utslipp. Andre utslipp til luft som følge av storskala el-produksjon av norskkonsumert strøm regnes som neglisjerbare.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Krever ladestasjoner og eventuelt frekvensomformer på kai som er koblet opp mot det lokale fordelingsnettet.
Kostnad per energienhet	Norske industrielle kunder betalte ca. 60 øre/kWt første halvår 2015 (Eurostat, 2015) og dette samsvarer godt med hva norske landstrømkunder betaler (50-100 øre/kWt – med et tyngdepunkt rundt 60).
Miljøpåvirkning under produksjon	Miljøpåvirkningen vil være avhengig av hvordan strømmiksen blir produsert. I dette studiet er det antatt null CO <sub>2</sub> -bidrag.
Miljøpåvirkning ved forbrenning/bruk	Elektrisk energi har ingen utslipp i drift. Over 90 % av energien i strømmen kan utnyttes på et skip. Forbrenningsmotorer utnytter maksimalt opp til 40-50 % av energien i diesel.

## 4.3 Biodrivstoff

Biodrivstoff er en fornybar energibærer som utvinnes fra biogent materiale og fremstilles av et vidt spekter av organiske materialer som;

- Spiselig avling (f.eks. raps og mais)
- Ikke-spiselig avling (marginale avling som ikke konkurrerer med matproduksjon)
- Slam, trevirke og kompost
- Matavfall/fett
- Alger (eksperimentell produksjon)

Det er i hovedsak tre former for biodrivstoff som vurderes som aktuelle for skipsfarten.

1. Biodiesel har mye av de samme egenskapene som fossil diesel. Fossil diesel med lav innblanding (ca. 20 %) 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, men dette er i mindre grad nødvendig ved bruk av nyere typer syntetisk fornybar diesel (HVO – Hydrotreated Vegetable Oil).
2. Vegetabilsk olje er mer tyktflytende og har egenskaper som ligner mer på tyngre fossile produkter enn vanlig diesel. Ved produksjon av vegetabilske oljer, slipper man omforming som er energikrevende og kostbar. Vegetabilske oljer egner seg imidlertid ikke til innblanding, men kan anvendes 100 % i dieselmotorer, forutsatt mindre modifikasjoner av motor og drivstoffsystemer.
3. Biogass kan nedkjøles og kondenseres til flytende form på samme måte som naturgass, og anvendes i skip ved de samme tekniske løsningene som er tilgjengelige for LNG-drift.

Biodrivstoff tilskrives et langt lavere klimagassutslipp enn fossile drivstoff siden CO<sub>2</sub> fra forbrenning av biologisk materiale i utgangspunktet ikke medfører en økning av CO<sub>2</sub>-mengden i atmosfæren på samme måte som CO<sub>2</sub> fra fossile energikilder; det regnes som del av det CO<sub>2</sub> som ellers ville vært i omløp. CO<sub>2</sub>-utslipp ved forbrenningen av biodrivstoff regnes derfor i utgangspunktet som 0, men det er knyttet utslipp til produksjon. For å reflektere dette er Statens vegvesens standard utslippsfaktorer for biodrivstoff i fergeanbud lagt til grunn (45 % reduksjonspotensial). Dette anslaget er i tråd med fornybardirektivet og relativt konservativt.

EU har bærekraftskriterier for biodrivstoff, som også gjelder for Norge /7/. Disse skal sikre livssyklusutslipp fra biodrivstoff som er betydelig lavere enn fossile alternativer og er implementert i Produktforskriftens kapittel 3 i Norge. En antagelse om at biodrivstoff i skipsfarten vil måtte oppfylle EUs kriterier, vil gi betydelige globale CO<sub>2</sub> utslippsreduksjoner, men ikke nullutslipp. Vi legger til grunn at biodrivstoff til skipsfart oppfylder bærekraftskriteriene, og at disse utformes og etterprøves på en tilfredsstillende måte, slik at tiltaket gir en reell klimaeffekt.

Alle former for biodrivstoff fører til at utslipp av SO<sub>x</sub> blir tilnærmet eliminert. Ved bruk av biodiesel og vegetabilsk olje har en tradisjonelt regnet med NO<sub>x</sub>-utslipp tilsvarende fossilt drivstoff. Noen argumenterer for at det må påregnes økte NO<sub>x</sub>-utslipp for forbrenning av enkelte bio-produkter, men også lavere NO<sub>x</sub>-utslipp enn fossil diesel kan være mulig. Det foreligger imidlertid begrenset med dokumenterte måleresultater, dessuten vil enhetsutslippene mest sannsynlig vil variere avhengig av type biodiesel. Analyser er nødvendig for å verifisere NO<sub>x</sub>-utslippene fra nyere produkter, slik som syntetisk fornybar diesel (HVO), der leverandører hevder reduserte utslipp av NO<sub>x</sub>. Biogass kan, på samme måte

som LNG, redusere NO<sub>x</sub>-utslipp. Ved innblanding i fossilt drivstoff antas utslippsreduksjonen å være proporsjonal med innblandingsprosenten.

Det legges i DNV GLs modell ingen begrensinger i det tekniske potensialet for bruk av biodrivstoff. Alle forbrenningsmotorer på skip kan i prinsippet anvende biodrivstoff. Bruken begrenses imidlertid av tilgang og pris på biodrivstoff.

Ved bruk av biodrivstoff i inntil 20 % innblanding antas det at det ikke medfører merkostnader i form av tekniske modifikasjoner. Ved 100 % biodrivstoff, antas det at det vil være nødvendig med mindre modifikasjoner på motor og drivstoffsystemer. Merinvesteringen er for sikkerhets skyld antatt å være i størrelsesorden 5 % av motorkostnaden (for eksisterende skip er kostnaden høyere enn for nybygg). DNV GL ser det imidlertid som mer sannsynlig at en i praksis, frem mot 2040, ikke trenger å regne med økte investeringskostnader ved bruk av biodiesel.

Det bemerkes også at utviklingen går svært fort. Andregenerasjons biodiesel (syntetisk biodiesel) kan produseres av avfallsprodukter fra jord- og skogbruk og mat. Denne syntetiske fornybare dieselen hevdes å ha bedre egenskaper med henblikk på surhet, lagring og temperatortoleranse, sammenliknet med fossil diesel. Alle motorfabrikantene er ennå ikke ferdig med uttesting av de nyere produktene, men for produkter under CEN TS 15940-spesifikasjonen vil antakelig drivstoffet kunne benyttes på mange marine dieselmotorer med små eller ingen tekniske tilpasninger av maskineri og drivstoffsystem. Bruk av biodiesel har lave investeringskostnader, men prisen på drivstoffet er noe høyere enn for marin gassolje. Siste generasjons biodiesel ligger 20-40 % høyere i pris, avhengig av prisen på marin gassolje. Begrensninger i produksjonskapasitet gjør at det kan forventes relativt større svingninger i prisene for fornybar diesel enn for tradisjonelle fossile produkter avhengig av etterspørsel.

**Tabell 4-2: Evaluering av biodrivstoff og bunkringsstatus i dag**

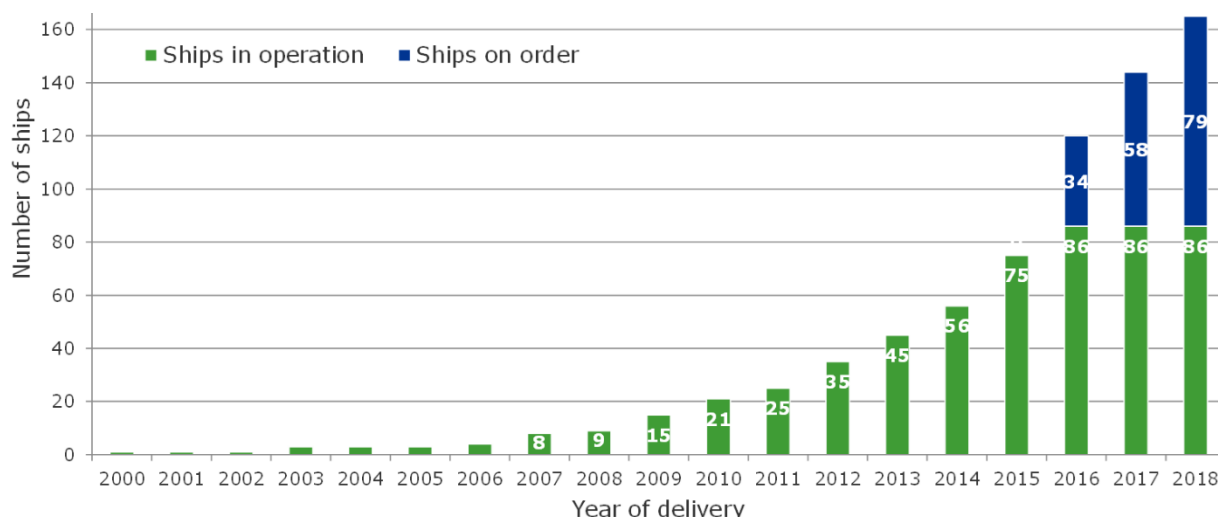
Parameter	Evaluering
Tilgjengelighet	Flytende biogass er ikke lett tilgjengelig i dag. Utbygging av lokal produksjon og opprettelse av kryogeniske oppgraderingsanlegg vil være en forutsetning for fremtidig bruk. Biodiesel er generelt lett tilgjengelig. Vegetabilsk olje er ikke kjent benyttet som energikilde i maritim transport i dag.
Miljøpåvirkning i livssyklusperspektiv	Generelt vil biodiesel og vegetabilsk olje gi NO <sub>x</sub> og partikkelutslipp tilsvarende fossil diesel, mens SO <sub>x</sub> blir nært eliminert. Generelt sett er biogass en fornybar energibærer som reduserer NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> og partikkelutslipp på lik linje med LNG, men med et vesentlig bedre CO <sub>2</sub> -regnskap. Additivt CO <sub>2</sub> -utslipp for biodrivstoff generelt er avhenger av produksjonsmetode og transport til brukersted og normal regnes 45 % reduksjon for innblandet del. Ved bruk til utblanding vil CO <sub>2</sub> -utslippet ligge mellom disse.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Biodiesel kan generelt blandes inn til 20 % uten modifikasjoner av distribusjon eller forbruker. Høyere konsentrasjoner vil kreve minimale endringer og modifikasjoner på maskineri. For flytende biogass vil bunkring foregå direkte fra tankbil eller via lagertanker på kai, og dagens distribusjonsnett/system vil kunne brukes uten ombygging av lager, transport eller skipsmaskineri som er tilpasset LNG.

Kostnad per energienhet	Usikker på reelle priser på flytende biodrivstoff i dag, men Miljødirektoratet estimerer 125 øre/kWt.
Miljøpåvirkning under produksjon	Produksjon av biodrivstoff krever energi, og utslipp vil avhenge av hvilken kilde som brukes. Avfall og tremasse har lave utslipp, mens for eksempel rapsolje har høyt utslipp. I dette studiet er det antatt null CO <sub>2</sub> -bidrag fra biodiesel.
Miljøpåvirkning under forbrenning	Biodrivstoff regnes som CO <sub>2</sub> -nøytralt under forbrenning. Ingen utslipp av SO <sub>x</sub> . 8-14 g NO <sub>x</sub> /kWt. Utslipp av PM på linje med MGO (0,37 g/kWt).

## 4.4 LNG-infrastruktur

Flytende naturgass, Liquefied 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 å øke verden over, og spesielt i nærskipsfarten. Sentrale drivere for denne utviklingen er utslippsreguleringer for skip (MARPOL Annex VI, særlig innen ECA, samt EU og USA, men også globale svovelkrav fra 2020), lave gasspriser sammenlignet med olje og diesel, samt positiv profilering knyttet til bærekraftig og miljøvennlig drift. Skip som kan dokumentere norsk avgiftspliktig fart samt reduserte NO<sub>x</sub>-utslipp fra LNG-drift kan i tillegg få støtte til inntil 80 % av merkostnadene fra NO<sub>x</sub>-fondet. Også etablering av LNG infrastruktur kan motta investeringsstøtte.

Per oktober 2016 er det 86 LNG-drevne fartøy i operasjon i verden (se Figur 4-2 under). Bilfergen «Glutra» ble i 2000 det første kommersielle fartøyet med ren LNG-drift. Det er også 93 bekreftede bestillinger av LNG-drevne skip. De aller fleste av disse har norsk opprinnelse, men med en sterk økning av utenlandsk andel de siste årene. Selv om dette er relativt få skip sammenlignet med verdensflåten, kan LNG likevel anses å være en moden teknologi, men bunkringsmuligheter er fremdeles en utfordring mange steder.



**Figur 4-2: LNG-skip i operasjon og bestilling per oktober 2016**

Langs norskekysten er tilgangen på LNG for småskala bunkring forholdsvis god. Prisen for LNG og ekstrainvestering på skip vil derfor være de avgjørende faktorene for satsing. 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. Ship-to-ship bunkring fra slike LNG-skip er også aktuelt.

Utslppsreduksjonen i energiomformeren ved bruk av LNG er betydelig for utslipp av NO<sub>x</sub>. CO<sub>2</sub> kan potensielt reduseres med opptil 20-30 %, avhengig av motorteknologi. Utslipp av SO<sub>x</sub> og partikler blir tilnærmet eliminert med LNG. Ser vi på livssyklusutslippet kan CO<sub>2</sub>-gevinsten bli noe redusert grunnet utslipp av CO<sub>2</sub> og metan forbundet med produksjon, lagring og transport av LNG. Tilsetting av biogass vil være mulig.

**Tabell 4-3: Evaluering av LNG og bunkringsstatus i dag**

Parameter	Evaluering
Tilgjengelighet	Tilgjengeligheten ansees som relativt god i Norge og kan forventes å bli enda bedre med generelt økt bruk av LNG i skip. Leverandører av LNG og transport til brukersted er etablert.
Miljøpåvirkning i livssyklusperspektiv	Utslippene avhenger av produksjonsprosess og transport til brukersted. LNG er et fossilt brensel, og prosessering og transport medfører noe høyere utslipp enn for MGO.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Direkte levering fra tankbiler, skip eller fra lagertanker for flytende LNG på land/kai. Merk at også ship-to-ship bunkring fra LNG-skip er aktuelt.
Kostnad per energienhet	Fremtidige utvikling i prisen på gass og LNG er usikker. Sannsynligvis vil nye kontraktsformer, flere leverandører og nye LNG-kilder i nær fremtid kunne redusere prisdifferansen mellom LNG i Europa og i Norge, og resultere i en lavere pris på LNG enn i dag. I dagens marked med lav oljepris ligger LNG typisk 0-10 % under MGO i pris.
Miljøpåvirkning under produksjon	Utvinnning, prosessering og transport medfører noe utslipp til luft: 36 g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter/kWt
Miljøpåvirkning under forbrenning	250 g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter/kWt (tilsvarer 2,8 tonn CO <sub>2</sub> per tonn drivstoff). Dette inkluderer noe utslipp av metan. Ingen utslipp av SO <sub>x</sub> og PM. <3,4 g NO <sub>x</sub> /kWt.

## 5 TRAFIKKGRUNNLAG OG POTENSIALE FOR UTSLIPPSREDUKSJONER I NORSKE FARVANN OG HAVNER

### 5.1 Trafikkgrunnlag i norske farvann

For å vurdere tilrettelegging i havn for alternativt drivstoff til skip, 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 /8/. Det er valgt å bevare 2013 som referanseår for trafikkbildet, for å ivareta relevans og kompatibilitet i forhold til andre foreliggende studier.

For skipene i norske farvann, er det hentet frem data for 2013 fra AIS-systemet om skipenes 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 skipsesifikk informasjon fremkommer, slik som fartøystype, installert maskinerieffekt og tonnasje.

Totalt 6 700 ulike fartøy har trafikkert i norske farvann i 2013.

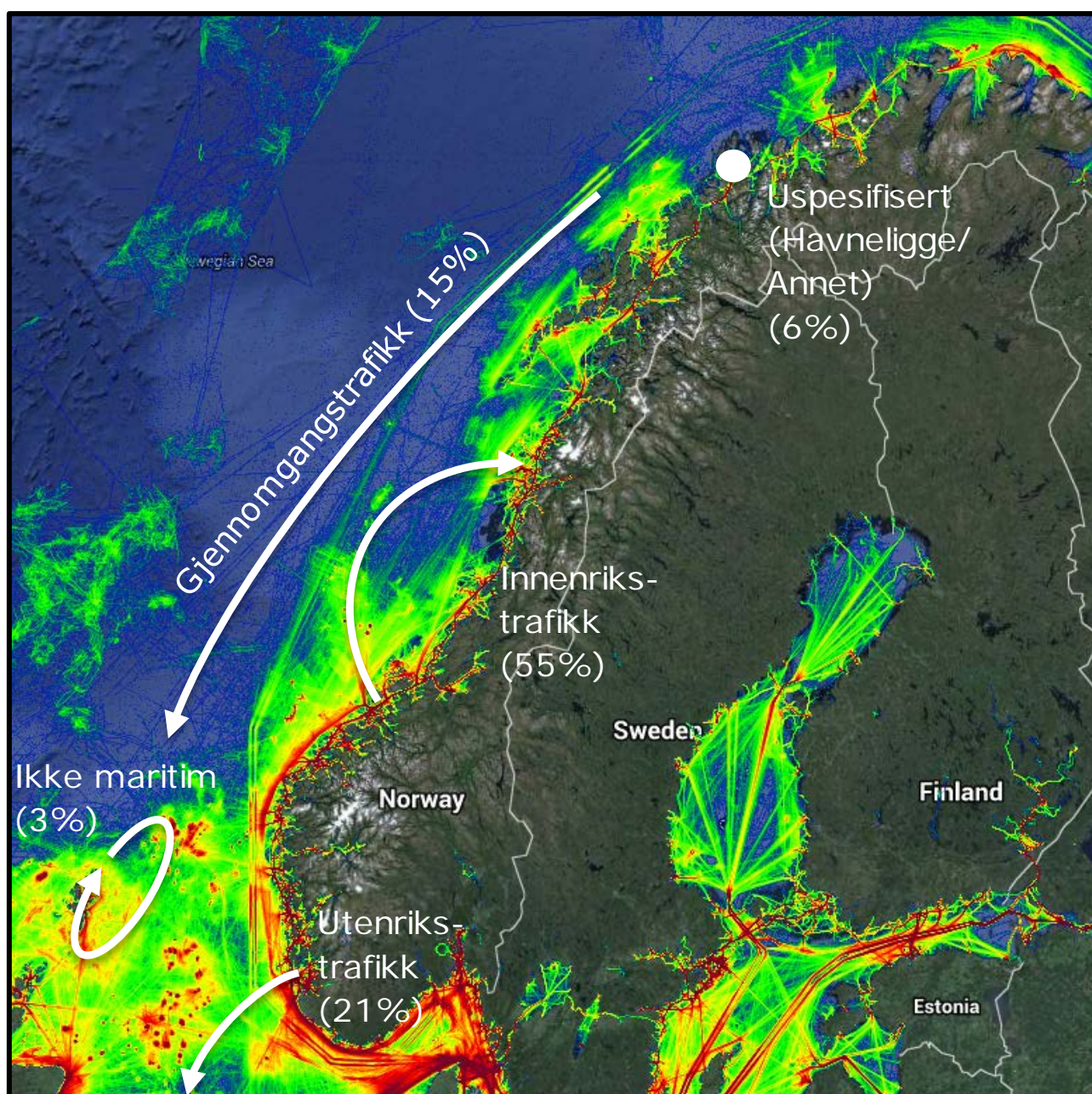
- Stykkgodsskip utgjør den største gruppen med nesten 1 600 skip og er dominert av mindre skip under 5 000 gross tonn (GT) i nasjonal fart.
- De større skipene er olje-, kjemikalie- og gasstankere, samt bulkskip og konteinerskip. Disse utgjør ca. 2 300 skip – hovedsakelig i internasjonal fart.
- Totalt ca. 4 100 lasteskip innom NØS i løpet av 2013, inkludert ro-ro og kjøle-/fryseskip.
- 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.
- Omlag 1 000 fiskefartøy 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.

DNV GLs trafikkartlegging /8/ har produsert detaljerte, aktivitetsbaserte beregninger for skipenes drivstofforbruk og utslipp av blant annet CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub>. 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 deretter aggregert opp til nasjonalt nivå, gjør oss i stand til å tegne et svært detaljert bilde av maritime aktiviteter i norske havner, og norske farvann generelt. Dette arbeidet har gitt inngående informasjon om hvordan trafikken fordeler seg på forskjellige trafikktyper, se Figur 5-1, Figur 5-2 og Figur 5-3.

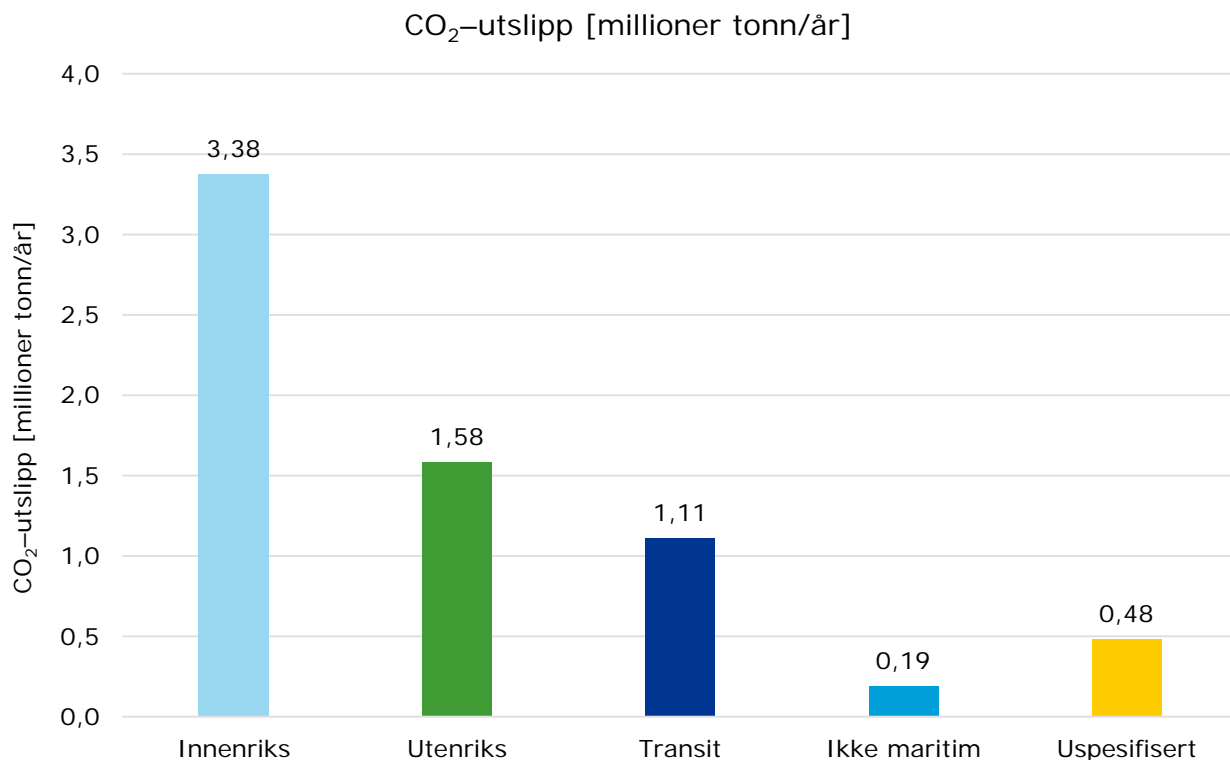


Metodene som er anvendt er ytterligere beskrevet i /8/. De følgende delkapitlene gir en overordnet beskrivelse av noen viktige kjennetegn ved de ulike trafikktypene:

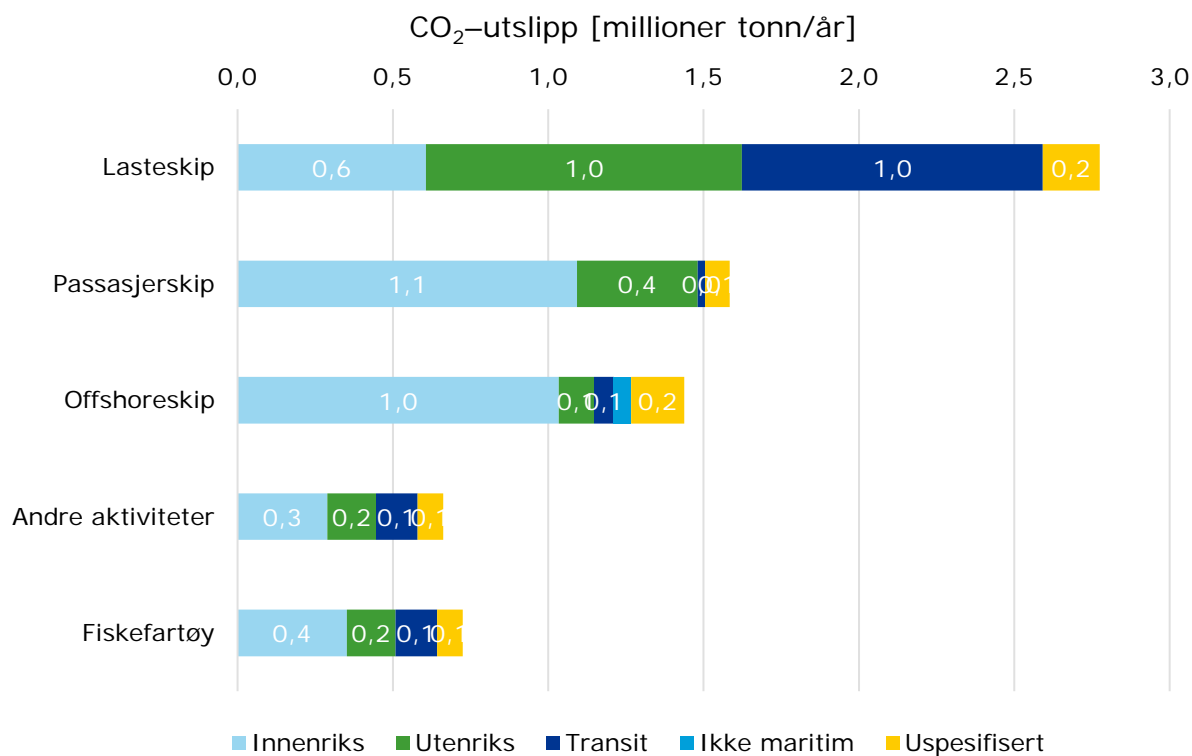
- **Innenrikstrafikk:** Trafikk mellom norske havner og offshoreinstallasjoner.
- **Internasjonal trafikk:** Trafikk fra/til norske havner og offshoreinstallasjoner til/fra havner utenfor norsk farvann.
- **Gjennomgangstrafikk:** Trafikk gjennom norske farvann som ikke anløper norsk havn eller offshoreinstallasjon.
- **Uspesifisert:** Havneligge eller annen ikke-identifiserbar trafikk
- **Ikke-maritim:** Aktivitet knyttet til drift av flyttbare rigger



Figur 5-1: Illustrasjon av de fem ulike trafikktypene anvendt i studiet.



Figur 5-2: CO<sub>2</sub>-utslipp fra maritim aktivitet i norske farvann fordelt på trafikktyper



Figur 5-3: CO<sub>2</sub>-utslipp fra maritim aktivitet i norske farvann fordelt på fartøy- og trafikktyper

### 5.1.1 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 omfatter om lag 5 000 av totalt 6 000 unike skip med operasjon i norske farvann. Det gjøres oppmerksom på at majoriteten av skipene i materialet har bidrag i flere av trafikkategoriene. Drivstofforbruk og utslipp fra innenrikstrafikken domineres av tre skipstyper; lasteskip, passasjerskip, offshoreskip (Figur 5-3). 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 eldre skip, i gjennomsnitt 24 år gamle, under 5000 GT. Fiskefartøy har i hovedsak mellom- til høyturtallsmaskiner med dieselmekanisk drift<sup>1</sup>. 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 relativt små skip (av totalt 464) mellom 1 000 - 25 000 GT, som nesten utelukkende oppholder seg i norske farvann. Gjennomsnittsalderen for de minste passasjerskipene er hele 29 år. Disse kjennetegnes ved mellom- til høyturtallsmaskiner med 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 dieselmekanisk drift, eller dieselelektriske konfigurasjoner. Drivstoffet som anvendes er nesten utelukkende lette produkter (MGO og MDO).

### 5.1.2 Utenrikstrafikk

Utenrikstrafikk bidrar til 21 % av totalt drivstofforbruk i norske farvann. Utenrikstrafikken domineres av lasteskipene, herunder tankskip (råolje og oljeprodukt, kjemikalie og gass), bulkskip og stykkgodsskip, samt passasjerskip. Dette omfatter 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.

---

<sup>1</sup> 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 betydning for anvendbarheten av en del teknologier, for eksempel batterier.

Skip i utenriksfart benytter gjerne tungolje når de opererer utenfor ECA i Nordsjøen (områdene sør for Stad). For skip som har deler av driften innenfor ECA og deler av driften utenfor ECA er det nødvendig å bytte fra tungolje til lette produkter som tilfredsstillers svovelkravet ved ECA-operasjon.

### 5.1.3 Gjennomgangstrafikk

Gjennomgangstrafikk bidrar til 15 % av totalt drivstofforbruk i norske farvann. Gjennomgangstrafikken domineres av tankskip (råolje/produkt/kjemikalie), bulkskip og stykkgodsskip.

### 5.1.4 Uspesifisert aktivitet og drivstofforbruk i havn

Omtrent 150 000 tonn drivstoff, eller 6 %, er beregnet forbrukt i havn eller aktivitet som faller utenfor øvrig kategorisering. Av dette er mesteparten knyttet til bruk av skipets hjelpemaskineri ved havneligge i de største havnene.

### 5.1.5 Ikke-maritim aktivitet

Forbruk knyttet til ikke-maritim aktivitet relaterer seg til flyttbare rigger med AIS-sendere om bord som store deler av tiden utfører arbeid på norsk sokkel.

## 5.2 Flåte- og utslippsvekst

Som utgangspunkt for beregning av flåtevekst benyttes prognoser for sjøtransport i norske farvann, utarbeidet høsten 2014 for Kystverket i Sjøsikkerhetsanalysen /9/. 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). I studien er imidlertid utnyttelsesgrad og skipsstørrelse holdt uendret gjennom analyseperioden, som en forenkling. Merk at studiet på ingen måte forutså fallet i oljepris og med det, den reduserte aktiviteten for aktuelle skipskategorier. De ulike segmentenes flåte- og utslippsvekst er gjengitt i henholdsvis Figur 5-4 og Figur 5-5.

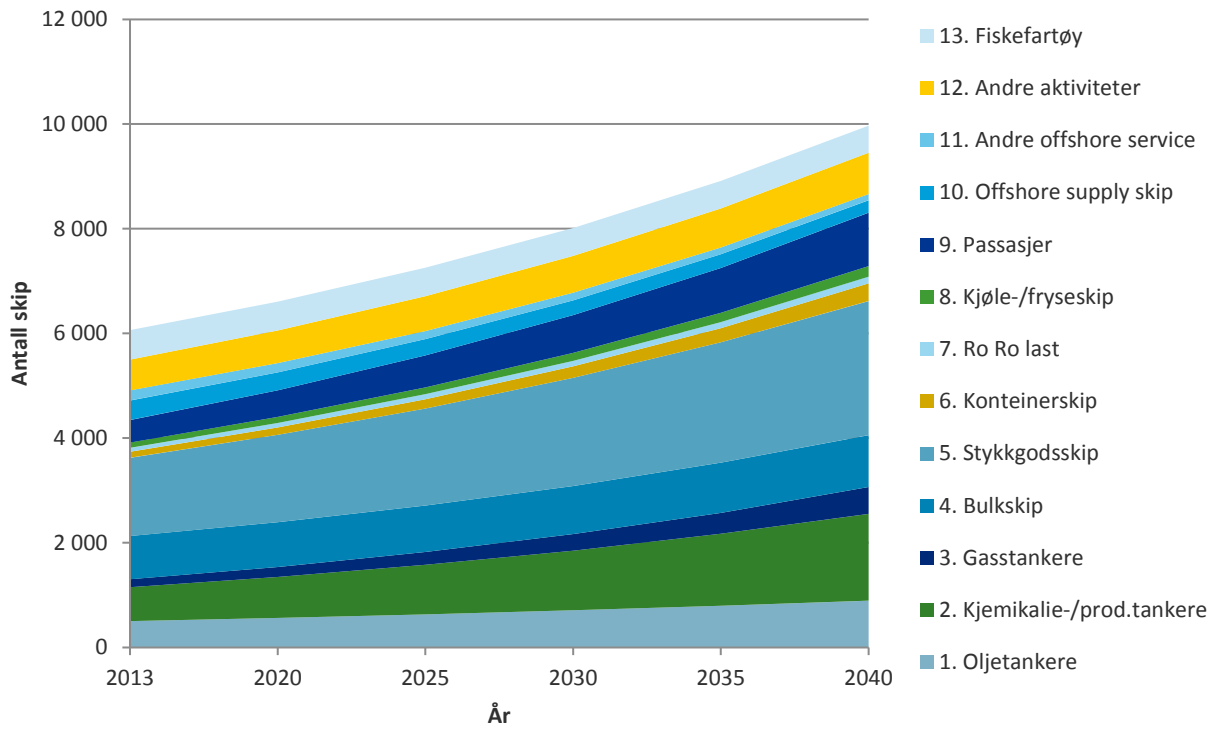
Tabell 5-1 viser den relative endringen i utseilt distanse fra 2013 til 2040, målt i prosent av utseilt distanse i 2013. Tabellen viser resultatene fordelt på fartøystype og region. Vi ser at endringen totalt sett innebærer en økning på 41 %. Jan Mayen skiller seg fra de andre regionene med en samlet nedgang, tilsvarende 2 %. Sterkest er veksten i region Sørøst, med en økning på 57 %, fulgt av Midt-Norge og Nordland med henholdsvis 47 % og 45 % vekst.

Endringen for fartøystypene varierer også betydelig. Samlet vekst for gasstankere er på 230 %, fulgt av konteinerskip med 190 %. I andre enden av skalaen finner vi offshore supplyskip og andre offshore serviceskip med en nedgang på henholdsvis 35 % og 36 %. I Region Troms og Finnmark er den relative endringen i konteinertrafikk svært stor. Dette er fordi den transpolare trafikken er lagt til. Uten den transpolare trafikken, ville Troms og Finnmark hatt svært begrenset konteinertrafikk. Den utseilte distansen for bulkskip i region Troms og Finnmark, minker til tross for den nye transpolare trafikken. Det skyldes at frakt av bulkvarer, ifølge TØIs grunnprognoser, reduseres i 2040.

Utviklingen i turistnæringen vil være styrende for aktiviteten til oversjøiske cruiseskip. Driverne for turistnæringen er av både global og lokal karakter. På globalt nivå er det anslått en betydelig vekst i turistnæringen generelt, og innenfor cruisenæringen spesielt. Dette skyldes i hovedsak økt økonomisk velstand globalt. Dette gjør at kategorien «Passasjer» vil øke betydelig i perioden frem mot 2040.

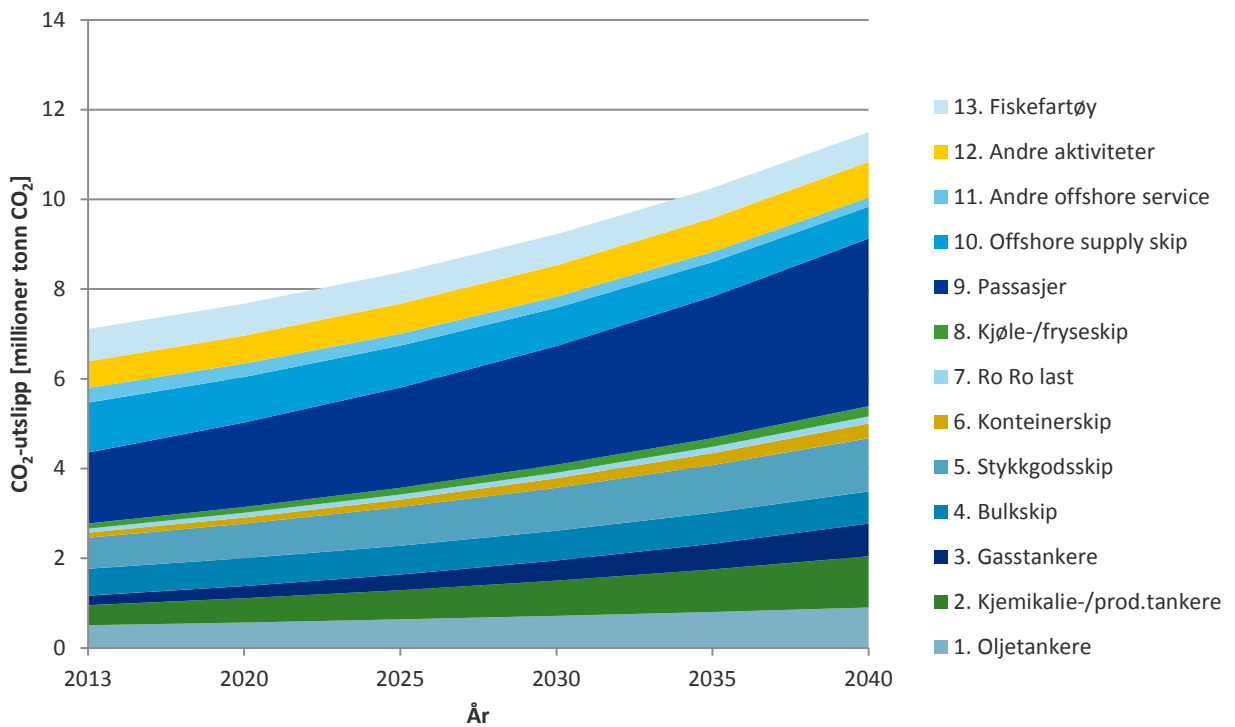


Antall skip med operasjon i norske farvann (2013-2040)



Figur 5-4: Antall skip med operasjon i norske farvann (2013-2040)

CO<sub>2</sub>-utslipp fra skip med operasjon i norske farvann (2013-2040)



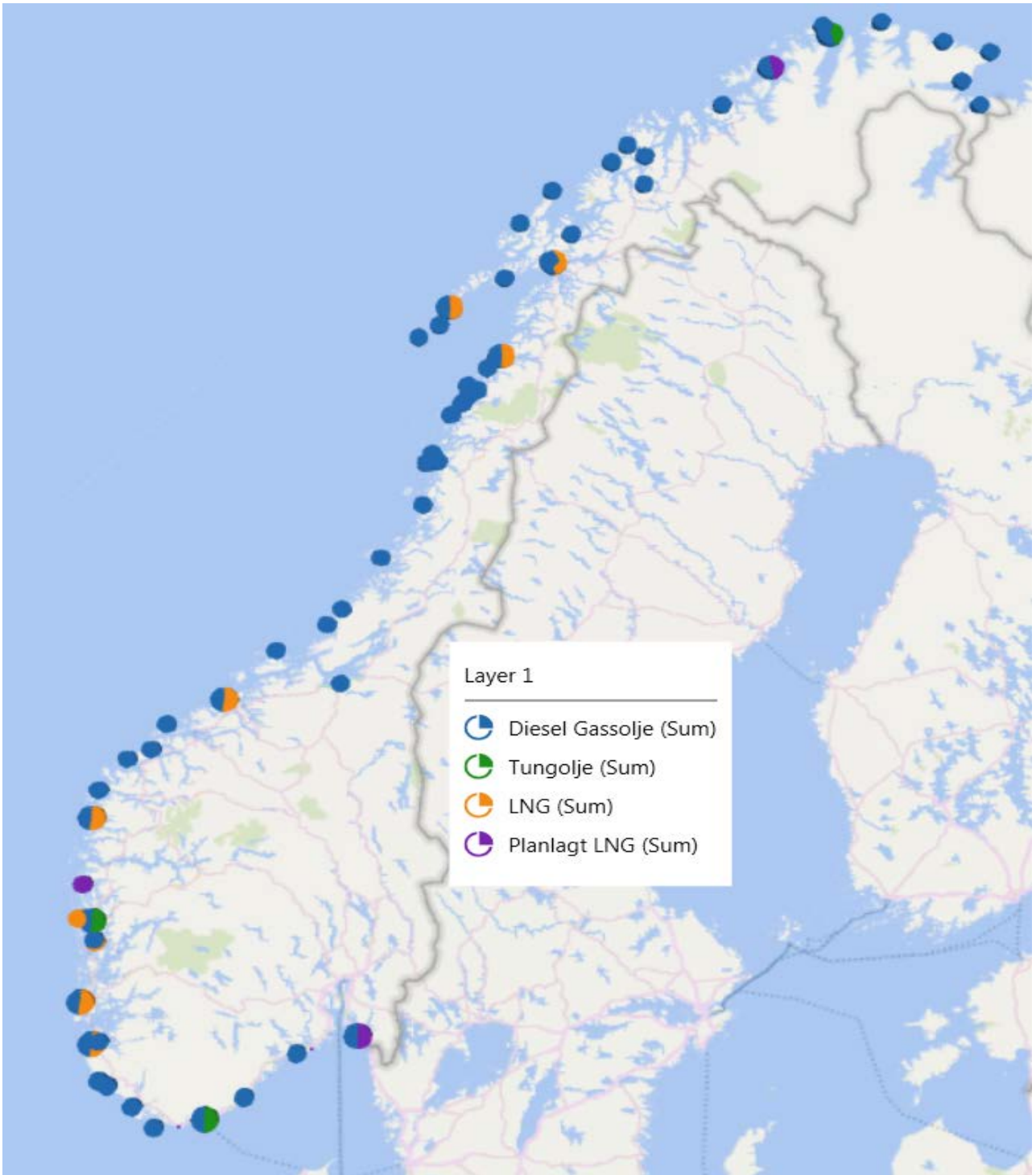
Figur 5-5: CO<sub>2</sub>-utslipp fra skip med operasjon i norske farvann (2013-2040)

**Tabell 5-1: Relative endringer i utseilt distanse fra 2013 til 2040 i norske farvann /9/.**

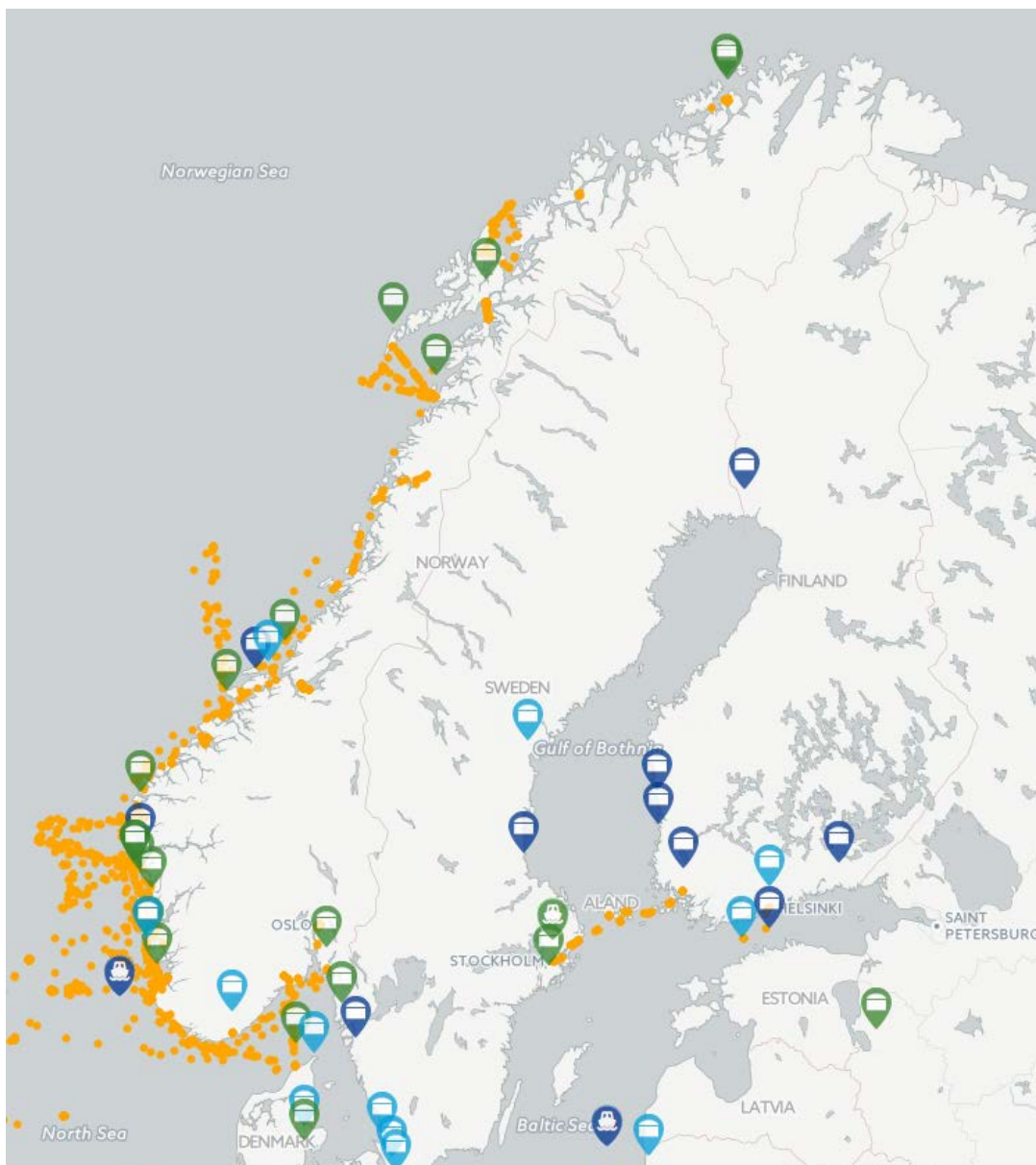
Fartøystype	Sørøst	Vest	Midt-Norge	Nordland	Troms/Finnmark	Jan Mayen	Svalbard	Total
Råoljetankere	52 %	15 %	157 %	184 %	300 %	N/A	40 %	<b>74 %</b>
Produkt- tankere	99 %	91 %	197 %	251 %	282 %	28 %	0 %	<b>149 %</b>
Kjemikalie- tankere	99 %	91 %	197 %	251 %	282 %	N/A	N/A	<b>138 %</b>
Gasstankere	242 %	128 %	417 %	424 %	340 %	N/A	N/A	<b>230 %</b>
Bulkskip	31 %	19 %	30 %	26 %	-14 %	36 %	133 %	<b>19 %</b>
Stykkogdsskip	81 %	62 %	74 %	73 %	49 %	31 %	40 %	<b>68 %</b>
Konteinerskip	89 %	166 %	217 %	413 %	6296 %	0 %	N/A	<b>190 %</b>
Ro-Ro last	81 %	62 %	74 %	73 %	49 %	31 %	0 %	<b>70 %</b>
Kjøle-/fryseskip	115 %	122 %	111 %	75 %	71 %	24 %	18 %	<b>95 %</b>
Cruise	122 %	122 %	122 %	122 %	122 %	23 %	170 %	<b>130 %</b>
Passasjer	24 %	24 %	24 %	24 %	24 %	23 %	170 %	<b>25 %</b>
Offshore supply skip	-100 %	-36 %	-35 %	-36 %	-2 %	0 %	0 %	<b>-35 %</b>
Andre offshore service skip	-100 %	-36 %	-35 %	-36 %	-2 %	49 %	0 %	<b>-36 %</b>
Andre aktiviteter	37 %	28 %	38 %	37 %	30 %	10 %	40 %	<b>33 %</b>
Fiskefartøy	-13 %	-13 %	-13 %	-13 %	-13 %	-15 %	18 %	<b>-8 %</b>
Ukjent skipskategori	10 %	20 %	26 %	22 %	5 %	0 %	0 %	<b>17 %</b>
<b>Total</b>	<b>57 %</b>	<b>35 %</b>	<b>47 %</b>	<b>45 %</b>	<b>27 %</b>	<b>-2 %</b>	<b>41 %</b>	<b>41 %</b>

### 5.3 Eksisterende 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 5-6 og Figur 5-7 viser en oversikt over LNG-bunkringsstasjoner langs norskekysten. 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 også at mye av drivstoffet som forbrukes i norske farvann bunkres i utlandet.



Figur 5-6: Bunkringsstasjoner langs norskekysten – inkludert type drivstoff som leveres /10/



●●●●● AIS position of LNG fuelled vessels

   Bunker vessels – **under discussion** , **decided** and **in operation**

   Small scale LNG facilities – **under discussion** , **decided** and **in operation**

   Large scale LNG terminals – **under discussion** , **decided** and **in operation**

Figur 5-7: Vurdert, planlagt og eksisterende LNG bunkringsinfrastruktur per 10.10.2016 /11//10/

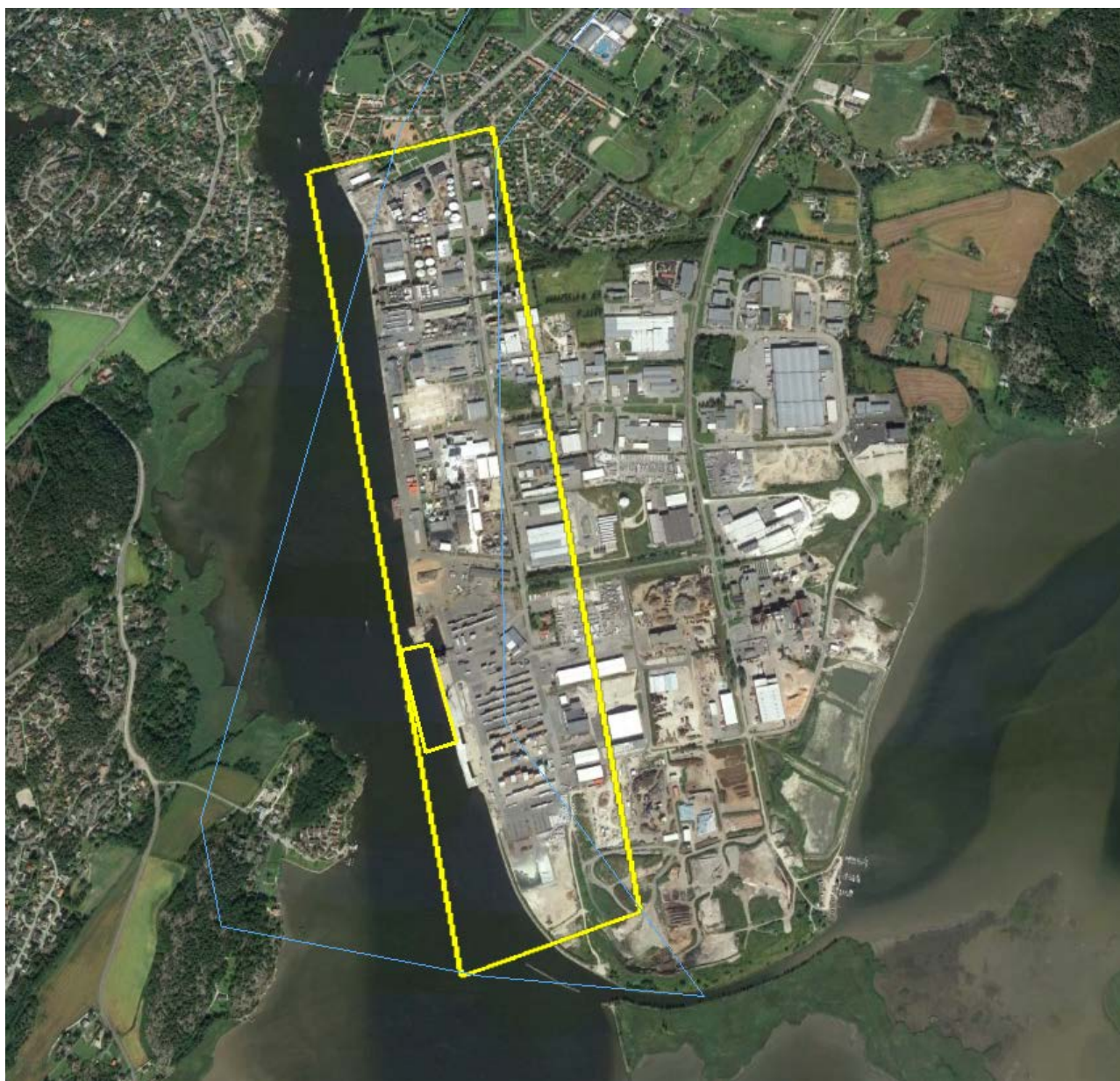
## 5.4 Relevante havner for miljøtiltak

For dette studiet er det tatt utgangspunkt i 18 av Norges største havner basert på AIS-modellert drivstofforbruk og tilhørende klima- og lokalutslipp. Disse havnene er de samme havnene som ble vurdert i landstrømsstudie for Enova i 2015 med formål om å gi et samlet markedspotensial for



landstrøm med dagens virkemiddelapparat /2/. Dette utvalget gir et representativt bilde av trafikken (innenrikstrafikk, utenrikstrafikk og havneopphold) som trafikkerer norske havner, samtidig som man dekker en stor andel av de faktiske utslippene.

Havnene i dette studiet er definert av geografisk avgrensede polygoner som omkranser relevante havner/havneområder (Figur 5-8). Dette er gjort for å kunne identifisere antall anløp og liggetider for hvert enkelt skip innenfor de respektive havneområdene, samt benytte eksisterende AIS-rammeverk for aggregering og effektive uttrekk.



**Figur 5-8: Eksempel på AIS-definisjon av havneområde (stort gult rektangel) og enkeltterminal (lite gult rektangel) hentet fra Øra i Fredrikstad**

Avviket mellom forbruket for de 18 angitte havnene og det totale havneforbruket har flere årsaker:

1. Det finnes om lag 3 000 havner i Norge, og studiet fokuserer på de mest betydningsfulle
2. De 18 havnene er i liten grad trafikkert av bilferger og hurtigbåter. Disse segmentene er heller ikke gjenstand for analyse i denne rapporten etter avklaring med oppdragsgiver, da det forventes at denne næringen/gruppen av fartøy vil omfattes av statlige føringer til null- og lavutslippsløsninger i fremtidige anbudskonkurranser, og gjennomføring/finansiering av infrastruktur på land i den forbindelse.
3. Annen AIS-registrert trafikk som er klassifisert som «ikke-identifiserbar trafikk» inngår ikke i grunnlaget for de 18 havnene

Ved å tilskrive relevant andel trafikk til hver enkelt havn kan man, basert på AIS-data og sjablong-faktorer for forbruk og utslipp, generere forbruk- og utslippstall for de aktuelle havnene (Tabell 5-2).

**Tabell 5-2: Forbruk- og utslippstall for 18 av Norges største havner i 2013**

Havn	Fuel [tonn/år]	CO <sub>2</sub> [tonn/år]	NO <sub>x</sub> [tonn/år]	SO <sub>x</sub> [tonn/år]	BC [tonn/år]
Bergen	13 285	42 078	593	23,9	6,0
Oslo	6 035	19 130	278	10,9	1,2
Slagen	3 053	9 677	143	5,5	0,5
Tromsø	2 955	9 340	130	5,3	0,6
Ålesund	2 785	8 752	125	5,0	0,6
Stavanger	2 707	8 524	120	4,8	0,8
Trondheim	2 641	8 369	118	4,8	0,5
Larvik	1 864	5 910	83	3,4	0,3
Kristiansund	1 777	5 632	78	3,2	0,6
Kristiansand	1 597	5 061	72	2,9	0,5
Narvik	1 511	4 789	72	2,7	0,3
Bodø	1 382	4 233	59	2,4	0,3
Sandefjord	1 378	4 249	59	2,4	0,2
Drammen	744	2 358	33	1,3	0,1
Moss	660	2 093	29	1,2	0,2
Hammerfest	509	1 612	22	0,9	0,2
Molde	368	1 141	17	0,6	0,1
Egersund	174	550	8	0,3	0,0
<b>Total</b>	<b>45 427</b>	<b>143 498</b>	<b>2 039</b>	<b>81,5</b>	<b>13,1</b>

Videre kan man identifisere, gruppere og kvantifisere de ulike skipstypenes drivstoff- og utslippsbidrag i hver enkelt havn ved å benytte seg av de 13 standard skipskategoriene og ytterligere gruppere disse til fem hovedkategorier (Tabell 5-3). I tråd med definisjonene og teknologioptaket i /1/ er det valgt å gruppere skipstypene i følgende fem kategorier:

1. Lasteskip (kategori 1-8)
2. Passasjerskip (kategori 9)
3. Offshoreskip (kategori 10-11)
4. Fiskefartøy (kategori 13)
5. Andre aktiviteter (kategori 12)

**Tabell 5-3: Forbruk- og utslippstall [%] for 18 av Norges største havner i 2013**

Havn	Lasteskip	Passasjerskip	Offshoreskip	Fiskefartøy	Annet	Sum
Bergen	8 %	20 %	60 %	2 %	10 %	100 %
Oslo	43 %	55 %	0 %	0 %	2 %	100 %
Slagen	97 %	0 %	0 %	0 %	3 %	100 %
Tromsø	13 %	13 %	1 %	49 %	24 %	100 %
Ålesund	19 %	31 %	3 %	39 %	7 %	100 %
Stavanger	15 %	27 %	44 %	1 %	13 %	100 %
Trondheim	16 %	73 %	0 %	1 %	10 %	100 %
Larvik	28 %	71 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Kristiansund	6 %	17 %	50 %	6 %	21 %	100 %
Kristiansand	38 %	42 %	5 %	0 %	14 %	100 %
Narvik	76 %	2 %	0 %	0 %	22 %	100 %
Bodø	21 %	56 %	0 %	21 %	2 %	100 %
Sandefjord	0 %	96 %	0 %	0 %	3 %	100 %
Drammen	91 %	0 %	4 %	0 %	6 %	100 %
Moss	38 %	49 %	13 %	0 %	0 %	100 %
Hammerfest	2 %	60 %	23 %	9 %	6 %	100 %
Molde	0 %	80 %	0 %	13 %	7 %	100 %
Egersund	4 %	0 %	0 %	88 %	8 %	100 %
<b>Total</b>	<b>26 %</b>	<b>34 %</b>	<b>23 %</b>	<b>8 %</b>	<b>9 %</b>	<b>100 %</b>

## 6 SCENARIOBESKRIVELSE OG BAKGRUNN FOR TEKNOLOGIOPPTAK

For å estimere teknologiopptak mot 2040 er det benyttet metodikk og resultater fra tidligere arbeid for Klima- og Miljødepartementet /1/. I dette arbeidet ble det estimert kostnader og effekter for opptak av alternative drivstoff og energieffektiviseringstiltak i norske farvann, med fokus på norsk innenriks skipsfart i perioden 2013-2040.

### 6.1 Modell

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<sup>2</sup>-modellen. Denne modellen er brukt i en rekke tidligere studier for verdensflåten /12/ og /13/, men var sist oppdatert og anvendt i studien som DNV GL gjennomførte for Klima- og miljødepartementet /1/. Modellen beregner ulike utslipp og tilhørende kostnader knyttet til tiltak på skipsnivå, der endringer i flåtesammensetning over tid tas hensyn til.

### 6.2 Scenario for teknologiopptak

Fremtidsscenarioer for opptak av de fire tiltakene som er gjenstand for vurdering i denne studien, vil være svært usikre. Til dels skyldes det at utviklingen er svært sensitiv for utviklingen i drivstoffpriser – en utvikling som er svært usikker. Det er derfor valgt å bevare scenariet som er anvendt i /1/ som oppfyller følgende krav:

1. Nå målsetning om 50 % utslippsreduksjon i 2040 i forhold til dagens nivå
2. Begrense kostnadene
3. Velge gjennomførbare, realistisk løsninger

For å nå målsetningen i (1) og øvrige krav i (2) og (3) må utstrakt bruk av nullutslippsløsninger anvendes. Kombinasjonsscenarioet som anvendes i dette arbeidet innebærer anvendelse av et alternativt drivstoff på alle nybygde skip som går mer enn 80 % av tiden i norske farvann. Skip med mindre av tiden i norske farvann går på tradisjonelt oljebasert drivstoff (MGO). Samtidig antas det årlig at 1 % av de eksisterende skipene bytter til alternativt drivstoff.

Hvilke alternative drivstoff som benyttes varierer med skipstype:

1. Lasteskip (kategori 1-8): 20 % innblanding av biodrivstoff i tradisjonelt oljebasert drivstoff
2. Passasjerskip (kategori 9): Elektrisk fremdrift
3. Offshoreskip (kategori 10-11): LNG
4. Fiskefartøy (kategori 13): 20 % innblanding av biodrivstoff i tradisjonelt oljebasert drivstoff
5. Andre aktiviteter (kategori 12): Ikke evaluert

For elektrisitet som drivstoff (ved bruk av batterier) håndterer modellen av forenklingshensyn kun fullelektrisk drift. Scenariet velger passasjerskip (fortrinnsvis ferjer) som den mest aktuelle skipstypen for elektrifisering i Norge. Dette innebærer imidlertid at alle passasjerskip under en viss størrelse (25 000 BT) regnes med fullelektrisk drift. På den ene siden er ikke dette nødvendigvis «realistisk» og vil isolert sett for passasjerskip overestimere mulighetene for CO<sub>2</sub>-reduksjoner frem mot 2040. På den

---

<sup>2</sup> MACC – Marginal Abatement Cost Curve.

annen side er ingen andre skipstyper regnet med elektrisk drift i dette scenarioet, selv om elektrifisering i deler av driften (for eksempel i havn og ved inn- og utseiling) vil kunne være høyst aktuelt for en rekke skipstyper, inkludert lasteskipene. DNV GL anser derfor i sum de betydelige CO<sub>2</sub>-reduksjonene fra elektrisitet som drivstoff som realitetsorientert.

### 6.3 Aktuelle teknologier per havn

Basert på fartøysfordelingene for hver enkelt havn angitt i Tabell 5-3 og opptaksscenarioet beskrevet i Kapittel 6.2, kan man allokere relevante miljøtiltak til hver enkelt havn basert på de dominerende skipstypene som anløper havnene og ferdes i området. Det er antatt at alle havner har behov for landstrøm (og dermed også kan fasilitere ladestrøm for batterier). Dette begrunnes med at alle skip i prinsippet er aktuelle for landstrøm og relativt enkelt kan nyttiggjøre seg strøm fra landstrømanlegg. Videre antas det at minst 20 % av skipene i segmentet, eller minst 90 tonn fuelforbruk/år i havn for det aktuelle segmentet, må være aktuelle for biodrivstoff og LNG for at havnen skal fasilitere disse teknologiene. Tabell 6-1 viser fordelingen av teknologier per havn basert på nevnte tilnæringsmåte.

**Tabell 6-1: Aktuelle teknologier per havn basert på andel anløp av ulike skipstyper**

Havn	Landstrøm	Ladestrøm	Biodrivstoff	LNG
Bergen	X	X	X	X
Oslo	X	X	X	
Slagen	X	X	X	
Tromsø	X	X	X	
Ålesund	X	X	X	X
Stavanger	X	X	X	X
Trondheim	X	X	X	
Larvik	X	X	X	
Kristiansund	X	X	X	X
Kristiansand	X	X	X	
Narvik	X	X	X	
Bodø	X	X	X	
Sandefjord	X	X		
Drammen	X	X	X	
Moss	X	X	X	
Hammerfest	X	X		X
Molde	X	X		
Egersund	X	X	X	

## 7 EFFEKTER OG KOSTNADER AV TILTAK

Det følgende kapitlet beskriver nødvendig omfang, samt reduksjonseffekter og kostnader for de ulike tiltakene og havnene for det anvendte teknologiopptaksscenarioet. Reduksjoner og kostnader estimeres på bakgrunn av (1) behov i havn isolert, (2) behov fra norsk innenriks skipsfart (ekskl. havn), (3) behov fra all trafikk i NØS (alle trafikktyper inkl. havn).

For beregningene knyttet til (2) og (3) forutsettes det at all bunkring foregår i de aktuelle havnene. Dette vil overestimere bunkringsvolumene i hver enkelt havn noe, men likevel gi et fornuftig bilde av omfanget av omleggingen.

### 7.1 Utslppsreducerende effekter av tiltak

Hver av de fire tiltakene er antatt å ha reduksjonseffekter som angitt i Tabell 7-1. Det gjøres oppmerksom på at disse effektene kan variere avhengig av skipenes driftsmønster, motorløsning, menneskelig oppfølging etc.

**Tabell 7-1: Tiltakenes reduksjonseffekt for den enkelte utslippskomponent /1/**

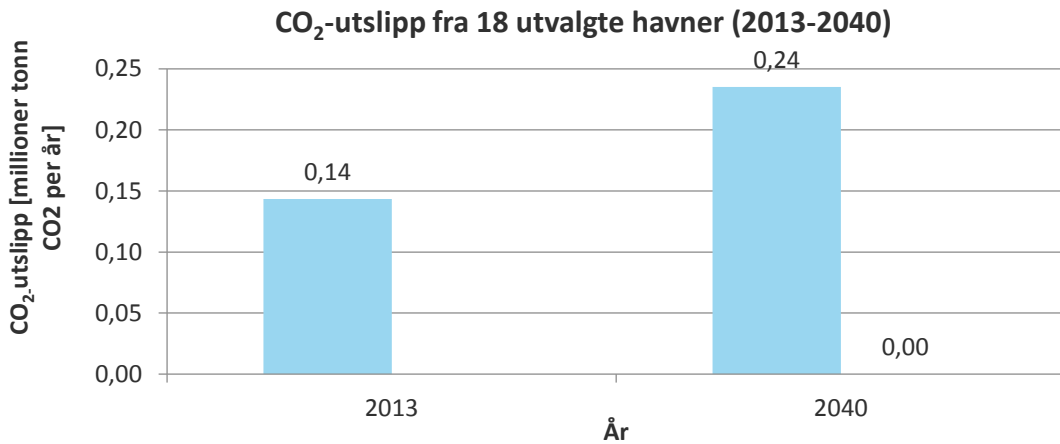
[% reduksjon]	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	BC
Landstrøm*	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Ladestrøm	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Innblanding av bio	-20 %	0 %**	-20 %	-20 %
LNG-infrastruktur	-15 %	-90 %	-100 %	-100 %

\*Gjelder kun havneforbruk

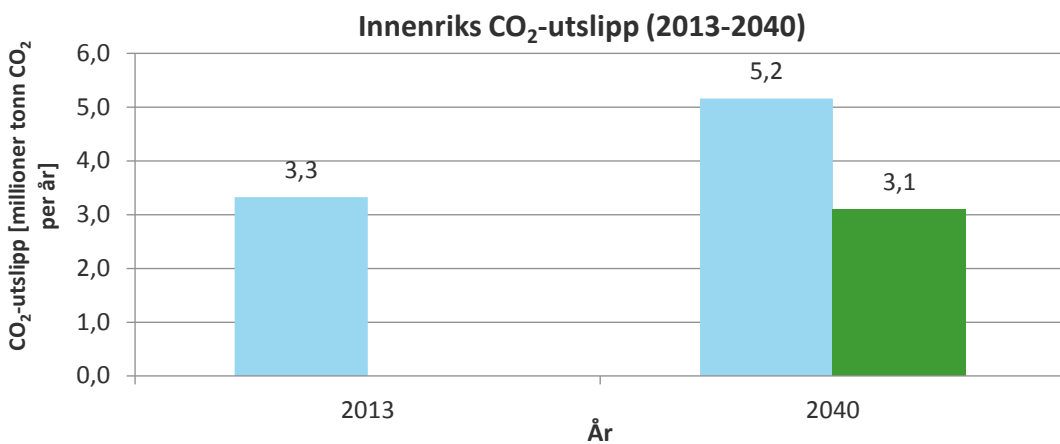
\*\*Vil avhenge av type biodiesel om benyttes for innblanding. Samtidig er lite måledata tilgjengelig på nåværende tidspunkt. Utfyllende omtale av biodiesel finnes i Kap. 4.3.

Ved å anvende tiltakenes reduksjonseffekt fra Tabell 7-1, aktuelle tiltak per havn (Tabell 6-1) med hver enkelt havns forbruk- og utslippstall (Tabell 5-2), kan man estimere nye utslipp etter implementering.

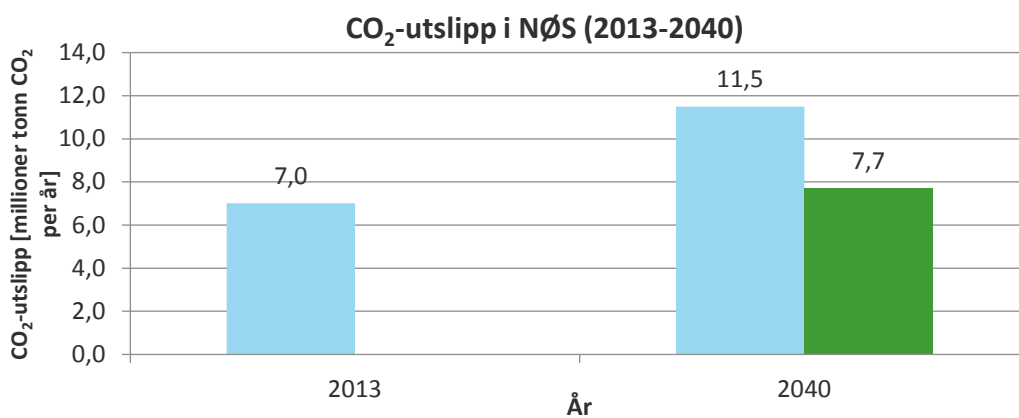
Totalt sett innebærer det at de 18 aktuelle havnene tilrettelegger for en samlet reduksjon fra baselineutslippene i 2040 med 100 % i havn, 40 % for innenrikstrafikken og 33 % for trafikk i NØS. Dette er illustrert i Figur 7-1, Figur 7-2 og Figur 7-3.



**Figur 7-1: Baseline CO<sub>2</sub>-utslipp for de 18 utvalgte havner i 2013 og 2040, samt CO<sub>2</sub>-utslipp etter tiltak i 2040.**



**Figur 7-2: Baseline CO<sub>2</sub>-utslipp for innenrikstrafikk i 2013 og 2040, samt CO<sub>2</sub>-utslipp etter tiltak i 2040.**



**Figur 7-3: Baseline CO<sub>2</sub>-utslipp for trafikk i NØS i 2013 og 2040, samt CO<sub>2</sub>-utslipp etter tiltak i 2040.**

### 7.1.1 Effekter i havn

Ettersom landstrøm anses som mulig og relevant i alle 18 havner, og det forutsettes at det kan tilbys tilkoblingspunkter for alle besøkende skip, vil dette eliminere utslipp ved havneligge i 2040. Dette tilsvarer 0,24 millioner tonn CO<sub>2</sub>/år (Figur 7-1). En nedbrutt oversikt over enkeltreduksjonene i 2040 er angitt i Tabell 7-2. Som tabellen viser vil halvparten av de totale utslippene fra de 18 utvalgte havnene reduseres ved å implementere full overgang til landstrøm i hhv Bergen (29 %), Oslo (13 %) og Slagen (7 %). Dette er også havner hvor reduserte lokalutslipp vil være av stor helsemessig betydning på grunn av periodevis høy grad av luftforurensing og dårlig luftkvalitet.

**Tabell 7-2: Estimerte utslippsreduksjoner i havn i 2040 etter full overgang til landstrøm**

Havn	CO <sub>2</sub> [tonn/år]	NO <sub>x</sub> [tonn/år]	SO <sub>x</sub> [tonn/år]	BC [tonn/år]
Bergen	-68 813	-978	-39	-6
Oslo	-31 260	-444	-18	-3
Slagen	-15 817	-225	-9	-1
Tromsø	-15 309	-217	-9	-1
Ålesund	-14 428	-205	-8	-1
Stavanger	-14 022	-199	-8	-1
Trondheim	-13 678	-194	-8	-1
Larvik	-9 656	-137	-5	-1
Kristiansund	-9 206	-131	-5	-1
Kristiansand	-8 274	-118	-5	-1
Narvik	-7 826	-111	-4	-1
Bodø	-7 160	-102	-4	-1
Sandefjord	-7 138	-101	-4	-1
Drammen	-3 853	-55	-2	0
Moss	-3 421	-49	-2	0
Hammerfest	-2 638	-37	-1	0
Molde	-1 906	-27	-1	0
Egersund	-902	-13	-1	0
<b>Tot. Red. mot 2040-baseline</b>	<b>-235 306</b>	<b>-3 343</b>	<b>-134</b>	<b>-21</b>
<b>Red. % mot 2040-baseline</b>	<b>-100 %</b>	<b>-100 %</b>	<b>-100 %</b>	<b>-100 %</b>



## 7.1.2 Effekter for innenrikstrafikk

Reduksjonseffekter for innenrikstrafikken i 2040 er gitt i Tabell 7-3. Samlet tilrettelegger havnene for utslippskutt i innenrikstrafikken på hhv. 40 % CO<sub>2</sub>, 45 % NO<sub>x</sub> og 52 % SO<sub>x</sub>. I dette tilfellet tilskrives reduksjonseffektene for all norsk innenriks skipsfart (ekskl. havn) de 18 respektive havnene, allokert basert på trafikkomfang og skipstyper som er representert i havnene (Tabell 5-2 og Tabell 5-3) og tilbudt infrastruktur Tabell 6-1. Det gjøres oppmerksom på at man her «overestimerer» havnenes sannsynlige bidrag, da man også vil kunne forvente at andre havner (primært i Norge) vil kunne forsyne innenrikstrafikken med alternative drivstoff, samtidig som fordelingen mellom enkelthavner kan variere.

**Tabell 7-3: Estimerte utslippsreduksjoner for innenrikstrafikk i 2040 etter at havnene har tilrettelagt for det aktuelle omfanget av omlegging til alternativt drivstoff.**

Havn	CO <sub>2</sub> [tonn/år]	NO <sub>x</sub> [tonn/år]	SO <sub>x</sub> [tonn/år]	BC [tonn/år]
Bergen	-680 136	-13 583	-622	-100
Oslo	-275 664	-3 332	-157	-25
Slagen	-139 481	-1 686	-79	-13
Tromsø	-135 003	-1 632	-77	-12
Ålesund	-142 603	-2 848	-130	-21
Stavanger	-138 593	-2 768	-127	-20
Trondheim	-120 622	-1 458	-68	-11
Larvik	-85 156	-1 029	-48	-8
Kristiansund	-90 987	-1 817	-83	-13
Kristiansand	-72 961	-882	-41	-7
Narvik	-69 013	-834	-39	-6
Bodø	-63 141	-763	-36	-6
Sandefjord	-53 556	-761	-30	-5
Drammen	-33 980	-411	-19	-3
Moss	-30 164	-365	-17	-3
Hammerfest	-22 604	-521	-22	-4
Molde	-14 300	-203	-8	-1
Egersund	-7 951	-96	-5	-1
<b>Tot. Red. mot 2040-baseline</b>	<b>-2 175 915</b>	<b>-34 987</b>	<b>-1 610</b>	<b>-259</b>
<b>Red. % mot 2040-baseline</b>	<b>-40 %</b>	<b>-45 %</b>	<b>-52 %</b>	<b>-52 %</b>

### 7.1.3 Effekter i NØS

Reduksjonseffekter for all trafikk i NØS i 2040 er gitt i Tabell 7-4. Samlet tilrettelegger havnene for utslippskutt i NØS på hhv. 33 % CO<sub>2</sub>, 31 % NO<sub>x</sub> og 41 % SO<sub>x</sub>. Som for innenrikstrafikken, tilskrives reduksjonseffektene for trafikk i NØS (inkl. havn) de 18 respektive havnene, allokert basert på trafikkomfang og skipstyper som er representert i havnene (Tabell 5-2 og Tabell 5-3) og tilbudt infrastruktur Tabell 6-1. Det gjøres oppmerksom på at man her «overestimerer» havnenes sannsynlige bidrag noe, da man også vil kunne forvente at andre havner (norske og utenlandske) vil kunne forsyne trafikken med alternative drivstoff, samtidig som fordelingen mellom enkelthavner kan variere.

**Tabell 7-4: Estimerte utslippsreduksjoner i NØS i 2040 etter at havnene har tilrettelagt for det aktuelle omfanget av omlegging til alternativt drivstoff.**

Havn	CO <sub>2</sub> [tonn/år]	NO <sub>x</sub> [tonn/år]	SO <sub>x</sub> [tonn/år]	BC [tonn/år]
Bergen	-1 181 147	-19 321	-999	-161
Oslo	-490 257	-4 831	-278	-45
Slagen	-248 061	-2 444	-141	-23
Tromsø	-240 097	-2 366	-136	-22
Ålesund	-247 649	-4 051	-209	-34
Stavanger	-240 685	-3 937	-203	-33
Trondheim	-214 521	-2 114	-122	-20
Larvik	-151 446	-1 492	-86	-14
Kristiansund	-158 011	-2 585	-134	-21
Kristiansand	-129 758	-1 279	-74	-12
Narvik	-122 737	-1 209	-70	-11
Bodø	-112 293	-1 106	-64	-10
Sandefjord	-77 645	-1 103	-44	-7
Drammen	-60 433	-595	-34	-6
Moss	-53 646	-529	-30	-5
Hammerfest	-32 604	-741	-31	-5
Molde	-20 733	-295	-12	-2
Egersund	-14 140	-139	-8	-1
<b>Tot. Red. mot 2040-baseline</b>	<b>-3 795 863</b>	<b>-50 136</b>	<b>-2 675</b>	<b>-430</b>
<b>Red. % mot 2040-baseline</b>	<b>-33 %</b>	<b>-31 %</b>	<b>-41 %</b>	<b>-41 %</b>

## 7.2 Kostnader ved å innføre tiltak

For å estimere kostnadene for nødvendig tilpasning og infrastruktur, for hvert av de tre nivåene av utbygging (havn, innenriks, NØS), er hvert av de fire tiltakene antatt å ha lineære sammenhenger mellom havnens gjennomstrømningsvolum (per enhet energibærer) av relevant energibærer og kostnader knyttet til opprettelse og drift av nødvendig infrastruktur i havnen over infrastrukturens levetid (her antatt 25 år). Enhetskostnadene per «volum» energibærer er angitt i Tabell 7-5. Dette er kostnader som er fremskaffet og estimert for prosjektets formål og er ikke ment for å representere et spesifikt anlegg.

**Tabell 7-5: Estimert investeringskostnad (enhetskostnad) for ulike tiltak i havn**

	Landstrøm	Ladestrøm	Biodiesel	LNG
Enhetskostnad	0,04 kr/kWt	0,04 kr/kWt	0 kr/tonn biodiesel	400 kr/tonn LNG

For biodiesel antas at eksisterende infrastruktur for leveranse av konvensjonelt drivstoff kan benyttes uten ekstra investeringskostnader. For LNG forutsettes etablering av ny bunkringsinfrastruktur, inklusive LNG-tanker.

Det antas videre at effekten av eventuelle eksisterende anlegg for landstrøm, ladestrøm og LNG er marginal og dermed kan ses bort fra i denne sammenheng, da volumene/behovene som vurderes i denne studien er av et helt annet omfang og karakter enn hva som allerede er i drift i dag.

Videre antas det at alle skip som inngår i datagrunnlaget i prinsippet er aktuelle for landstrøm. For skip som vil benytte seg av både landstrøm og ladestrøm (hel- eller del-elektriske skip), vil disse kun inngå i grunnlaget for landstrøm i havn, for å unngå dobbelttelling av energibehovet.

### 7.2.1 Kostnader for tilrettelegging for landstrøm i havn

Dersom man utelukkende ser på forbruket i havn og en omlegging til landstrøm, kan man estimere nødvendige kostnader (Tabell 7-6) basert på estimerte bunkrede volumer fra havneforbruk og tilhørende enhetskostnader for landstrøm.

Samlede nødvendige kostnader (CAPEX og OPEX) for de 18 havnene, over anleggenes antatte levetid (25 år) estimeres til:

$$Kostnader_{Havn} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{18} Havn_{ij} = 884 \text{ MNOK}$$

**Tabell 7-6: Kostnader [MNOK] ved etablering av mulighet for å dekke energiforbruk i havn med landstrøm**

Havn	Landstrøm	Ladestrøm	Biodiesel	LNG-infrastruktur
Bergen	258	-	-	-
Oslo	117	-	-	-
Slagen	59	-	-	-
Tromsø	57	-	-	-
Ålesund	54	-	-	-

Stavanger	53	-	-	-
Trondheim	51	-	-	-
Larvik	36	-	-	-
Kristiansund	35	-	-	-
Kristiansand	31	-	-	-
Narvik	29	-	-	-
Bodø	27	-	-	-
Sandefjord	27	-	-	-
Drammen	14	-	-	-
Moss	13	-	-	-
Hammerfest	10	-	-	-
Molde	7	-	-	-
Egersund	3	-	-	-
<b>Total</b>	<b>884</b>	-	-	-

## 7.2.2 Kostnader for tilrettelegging for drivstoffomlegging – innenrikstrafikk

Dersom man ser på forbruk fra innenriks skipsfart, kan man estimere nødvendige kostnader (Tabell 7-7) basert på estimerte bunkrede volumer fra innenrikstrafikk og tilhørende enhetskostnader per tiltak.

Samlede nødvendige kostnader (CAPEX og OPEX) for de 18 havnene, over anleggenes antatte levetid (25 år) estimeres til:

$$Kostnader_{Innenriks} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{18} Havn_{ij} = 6629 \text{ MNOK} + 0 \text{ MNOK} + 2014 \text{ MNOK} = 8643 \text{ MNOK}$$

**Tabell 7-7: Kostnader [MNOK] for etablering av bunkringsmulighet for relevante energibærere ved omlegging i innenrikstrafikken**

Havn	Landstrøm	Ladestrøm	Biodiesel	LNG-infrastruktur
Bergen	-	1 939	0	1 270
Oslo	-	881	0	-
Slagen	-	446	0	-
Tromsø	-	431	0	-
Ålesund	-	406	0	266
Stavanger	-	395	0	259

Trondheim	-	385	0	-
Larvik	-	272	0	-
Kristiansund	-	259	0	170
Kristiansand	-	233	0	-
Narvik	-	220	0	-
Bodø	-	202	0	-
Sandefjord	-	201	-	-
Drammen	-	109	0	-
Moss	-	96	0	-
Hammerfest	-	74	-	49
Molde	-	54	-	-
Egersund	-	25	0	-
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>6 629</b>	<b>0</b>	<b>2 014</b>

### 7.2.3 Kostnader for tilrettelegging for drivstoffomlegging – NØS

Dersom man ser på forbruk fra trafikk i NØS, kan man estimere nødvendige kostnader basert på estimerte bunkrede volumer fra NØS-trafikk (Tabell 7-8) og tilhørende enhetskostnader per tiltak.

Samlede nødvendige kostnader (CAPEX og OPEX) for de 18 havnene, over anleggenes antatte levetid (25 år) estimeres til:

$$Kostnader_{Innenriks} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{18} Havn_{ij} = 884 \text{ MNOK} + 9126 \text{ MNOK} + 0 \text{ MNOK} + 2467 \text{ MNOK} = 12476 \text{ MNOK}$$

**Tabell 7-8: Kostnader [MNOK] for etablering av bunkringsmulighet for relevante energibærere ved omlegging i NØS-trafikken**

Havn	Landstrøm	Ladestrøm	Biodiesel	LNG-infrastruktur
Bergen	258	2 669	0	1 556
Oslo	117	1 212	0	-
Slagen	59	613	0	-
Tromsø	57	594	0	-
Ålesund	54	560	0	326
Stavanger	53	544	0	317
Trondheim	51	530	0	-

Larvik	36	375	0	-
Kristiansund	35	357	0	208
Kristiansand	31	321	0	-
Narvik	29	304	0	-
Bodø	27	278	0	-
Sandefjord	27	277	-	-
Drammen	14	149	0	-
Moss	13	133	0	-
Hammerfest	10	102	-	60
Molde	7	74	-	-
Egersund	3	35	0	-
<b>Total</b>	<b>884</b>	<b>9 126</b>	<b>0</b>	<b>2 467</b>

### 7.3 Samlede effekter og kostnader

Tabell 7-9 (omtalt som Tabell 1-1 i rapportens sammendrag) oppsummerer resultatene fra kap. 7.1 og 7.2 og sammenligner aggregerte resultater for de tre ulike trafikkomfangene som beskrevet i foregående kapitler. Tabellen angir utslippsreduksjoner for hver enkelt utslippskomponent i 2040 sammenlignet med et baselinescenario («business as usual», der det antas en utvikling mot 2040 gitt dagens rammebetingelser). Samtidig viser tabellen tilhørende aggregerte kostnader i havn knyttet til nødvendig infrastruktur, for å møte omlegging til alternative drivstoff for de tre ulike trafikkomfangene, fordelt på landstrøm, ladestrøm, biodiesel og LNG. Det gjøres igjen oppmerksom på at hverken kostnader eller reduksjoner tar hensyn til eventuelle eksisterende anlegg for alternativt drivstoff.

Til tross for 100 % kutt i klimautslipp (0,24 Mtonn CO<sub>2</sub>), vil man ved full omlegging til landstrøm ved havneligge få en relativt beskjeden klimamessig effekt, sett opp mot nasjonale utslippstall. Dette skyldes at havneforbruket i de 18 utvalgte havnene utgjør en svært liten del av totalaktiviteten i norske farvann. Samtidig oppnås det også 100 % kutt i lokale utslipp (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partikler m.v.) som kan være av stor betydning i byer og tettbygde strøk med periodevis helseskadelige nivåer av luftforurensing. Kostnadene i havn for full omlegging til landstrøm estimeres til 884 MNOK, under forutsetning av at alle anløpendeskip kan, og vil, benytte seg av tilbudet.

Et realitetsorientert scenario med vesentlig opptak av alternativt drivstoff (/1/) for innenrikstrafikken er estimert å gi betydelige reduksjonseffekter både for klima- og lokalutslipp, det vil si 40 % reduksjon av CO<sub>2</sub> (2,2 Mtonn). Scenariet innebærer at man nærmer seg nivået for nasjonale klimakutt målsettinger ved overgang til alternativt drivstoff for skip og trafikstrømmer som i stor grad opererer innenriks, og dermed i større grad kan nås med statlige virkemidler og regelverk. Kostnaden for tilrettelegging i de aktuelle havnene for forsyning av nødvendig alternativt drivstoff i dette scenariet estimeres til 8 643 MNOK. I 2040 vil opptaksscenarioet sørge for en omlegging av et omfang som gjør at alle skip benytter landstrøm, samt at 28 % av den seilende innenriksflåten (2 750 skip) opererer med alternative drivstoff i 2040.

Tar en også med resten av trafikken i NØS (inkl. utenriks/transitt) er opptaket av alternativt drivstoff estimert å medføre reduksjoner på 33 % (3,8 Mtonn CO<sub>2</sub>) og kostnader i havn på 12 476 MNOK. Dette er imidlertid fragmentert trafikk som vanskelig vil kunne omfattes og nås av nasjonal virkemiddelbruk i sin helhet.

**Tabell 7-9: Kostnader og reduksjoner for ulike omleggingsomfang ved overgang til alternative drivstoff**

		CO <sub>2</sub> [tonn/år]	NO <sub>x</sub> [tonn/år]	SO <sub>x</sub> [tonn/år]	BC [tonn/år]
<b>Havn</b>	Tot. Red. mot 2040-baseline	-235 306	-3 343	-134	-21
	Red. % mot 2040-baseline	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
	<b>Kostnad i havn [MNOK]</b>	<b>Landstrøm = 884 MNOK</b>			
<b>Innenriks</b>	Tot. Red. mot 2040-baseline	-2 175 915	-34 987	-1 610	-259
	Red. % mot 2040-baseline	-40 %	-45 %	-52 %	-52 %
	<b>Kostnad i havn [MNOK]</b>	<b>Ladestrøm + Biodiesel + LNG = 6 629 MNOK + 0 MNOK + 2 014 MNOK = 8 643 MNOK</b>			
<b>NØS</b>	Tot. Red. mot 2040-baseline	-3 795 863	-50 136	-2 675	-430
	Red. % mot 2040-baseline	-33 %	-31 %	-41 %	-41 %
	<b>Kostnad i havn [MNOK]</b>	<b>Landstrøm + Ladestrøm + Biodiesel + LNG = 884 MNOK + 9 126 MNOK + 0 MNOK + 2 467 MNOK = 12 476 MNOK</b>			

## 8 SAMFUNNSØKONOMISKE EFFEKTER OG VURDERINGER

Dette kapitlet innledes med en beregning av den samfunnsøkonomiske nytten (Kap. 8.1) ved å tilby nødvendig infrastruktur i havn for å betjene innenriks skipsfart. Innenriks skipsfart er valgt ettersom Norges internasjonale utslippsforpliktelser er knyttet til denne trafikktypen. Det det sammenfaller også med argumentasjonen i /1/, og vil være et ambisiøst, men likevel naturlig mål for fremtidig regelverk og mulig virkemiddelapparat. Beregningen tar utgangspunkt i tidligere resultater fra /1/, og beregner den samfunnsøkonomiske nytten på det formatet som er etterspurt i dette prosjektet. Videre diskuteres det hvorvidt utbygging i havn isolert vil kunne utløse nødvendig omlegging også i skipsfarten (Kap. 8.2). Deretter argumenteres det for at tiltak i havn må ses i sammenheng med teknologioptak på skip, og behov for at politiske vedtak og tilskuddsordninger må koordineres (Kap. 8.3).

### 8.1 Samfunnsøkonomisk kostnad

Effekter og kostnader av scenariet det regnes på videre er beskrevet i Kap. 7.1.2 og 7.2.2, og er tidligere omtalt og beregnet i /1/. Beregningene gjøres basert på et realitetsorientert teknologioptak hvor man estimerer nytten av å innføre og ta i bruk ulike alternative drivstoff for norsk innenriks skipsfart, tilrettelagt for i norske havner. I denne beregningen verdsettes imidlertid CO<sub>2</sub> og nyttetallet oppgis på formatet [MNOK], mot [MNOK/tonn CO<sub>2</sub>] i /1/.

Studien bruker tiltakskostnader for å vurdere investeringer og drift av tiltak. Disse sammenlignes med skadekostnaden av utslipp for å avgjøre om utgiftssiden er høyere eller lavere enn inntektssiden (sparte miljøkostnader). Derfor benyttes verdsettingsfaktorer som er basert på skadekostnader og ikke tiltakskostnader. Disse er angitt i Tabell 8-1.

Det finnes ingen omforent verdsettingsfaktor for utslipp av klimagasser. I noen analyser legges internasjonale kvotepriser til grunn, mens andre analyser baserer seg på innførte CO<sub>2</sub>-avgifter eller marginalkostnaden for å nasjonale målsettinger. I denne beregningen brukes kalkulasjonspriser fra D32 Metodenotat Kystverket.

Det finnes flere verdsettingsfaktorer for NO<sub>x</sub>, avhengig av hvor utslipp skjer. Utslipp i nærheten av boligområder er verdsatt høyere, dvs. har større skadekostnad, enn utslipp i andre områder. Presisjonsnivået i modelleringen skiller ikke på om utslipp skjer i bynære områder eller ikke. Det er derfor valgt å legge seg på et konservativt nivå ved å kun bruke den laveste verdsettingsfaktoren for NO<sub>x</sub>, selv om det også vil forekomme utslippsreduksjoner i bynære områder. Et konservativt nivå tilsier at de sparte skadekostnadene er høyere enn det som legges til grunn - i så fall er tiltakene rimeligere enn først antatt.

Det er store sprik i forskjellige verdsettinger av SO<sub>x</sub>. Den beste kilden til en generell skadekostnad for SO<sub>x</sub> er en rapport fra Statens forurensningstilsyn, utgitt i 2005. Det er derfor valgt å bruke denne satsen, inflasjonsjustert til dagens nivå.

Black Carbon (BC) er ikke verdsatt i denne rapporten da det er stor usikkerhet knyttet til kostnadene for ulike områder og det ikke foreligger gode, anerkjente faktorer for enhetsutslippene.

**Tabell 8-1: Verdsettingsfaktorer for ulike utslippskomponenter (inflasjonsjustert med konsumprisindeksen) /1/**

Utslippskomponent	Reduksjon [tonn/år]	Skadekostnad (NOK/kg utslipp)	Kilde
CO <sub>2</sub>	2 650 000	0,73	Kystverket (2016)
NO <sub>x</sub>	39 600	54	SWECO (2010)



SO <sub>x</sub>	4 400	18,5	Statens Forurensningstilsyn (2005)
BC	Ikke evaluert		

For å beregne den samfunnsøkonomiske kostnaden benytter man følgende standard metodikk:

$$SØK_{Tiltak} = CAPEX_{Tiltak} + OPEX_{Tiltak} - Nytte_{Tiltak}$$

For dette tilfelle inngår CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> og PM i nytte-beregningen:

$$SØK_{Tiltak} = CAPEX_{Tiltak} + OPEX_{Tiltak} - (\Delta CO_2 \times Verdi_{CO_2} + \Delta NO_x \times Verdi_{NO_x} + \Delta SO_x \times Verdi_{SO_x} + \Delta PM \times Verdi_{PM})$$

Hvor de ulike bidragene omfatter følgende komponenter:

- *SØK<sub>Tiltak</sub>*: Den samfunnsøkonomiske kostnaden av utbygging og drift av infrastrukturen knyttet til miljøtiltak i havn
- *CAPEX<sub>Tiltak</sub>*
  - Landstrøm/Ladestrøm
    - Skip
      - Tilkoblingsenhet på dekk
      - Panel på strømtavle
    - Havn
      - Omformer, transformator, kontrollsystem, anskaffelse og bygging
      - Kabel- og trommeløsning
      - Kabelgrøft, fremføring
  - LNG
    - Skip
      - LNG-tank(er)
      - LNG-motorer
      - Rør- og bunkringsenhet om bord
    - Havn
      - Tankanlegg og nødvendig tilstøtende infrastruktur i havnen
  - Biodiesel
    - Antatt ingen ekstra kostnader utover eksisterende anlegg for MGO
- *OPEX<sub>Tiltak</sub>*
  - Vedlikehold og drift av anlegg i havnen

- Redusert vedlikehold og drift om bord på skipene som skal benytte landanlegget
- Endret drivstoffkostnad som følge av prisdifferanse på mellom ny energibærer (LNG/strøm/biodiesel) og MGO
- $Nytte_{Tiltak}$ 
  - Nytteeffekter som et resultat av reduserte utslipp av  $NO_x$ ,  $SO_x$ , PM og  $CO_2$ . Verdsatt med verdsettingsfaktorer fra Tabell 8-1.

Ved å benytte netto tiltakskostnader for CAPEX og OPEX (451 MNOK) fra /1/, tallfeste utslippskomponentene, og benytte utslipps- og verdsettingsfaktorene fra Tabell 8-1 får man en samfunnsøkonomisk kostnad på:

$$SØK_{Tiltak} = 451 \text{ MNOK} - (848 \text{ MNOK} + 2138 \text{ MNOK} + 81 \text{ MNOK} + 43 \text{ MNOK}) = -2 \text{ 661 MNOK}$$

Med en netto samfunnsøkonomisk lønnsomhet på 2 661 MNOK fremstår et tiltaksomfang av denne typen som svært lønnsomt fra samfunnsøkonomisk perspektiv. For å utløse denne effekten er man imidlertid avhengig av betydelige investeringer både på skip og i havn. Nødvendige investeringer i havneinfrastruktur er angitt i Kap. 7.2.2, mens skipskostnadene er beskrevet i /1/.

Dette er begge tiltak og kostnader av et slikt omfang som vanskelig vil kunne utløses uten målrettet arbeid fra myndighetenes side. Som beskrevet i Kap. 7 vil investeringskostnaden for havne-infrastruktur beløpe seg til omlag 8 600 MNOK for å dekke den norske innenrikstrafikken. For å utløse disse investeringene er man trolig avhengig av støtte og statlige insentivmekanismer.

I det følgende vil aspekter knyttet til en effektiv incentivpolitikk for investeringer i havne-infrastruktur diskuteres.

## 8.2 Isolert effekt av støtte til havneutbygging

Som tidligere nevnt, vil investeringskostnaden for havneinfrastruktur beløpe seg til omlag 8 600 MNOK. Det vil imidlertid være utfordringer ved å igangsette en isolert utbygging i havnene, løst fra grep rettet mot skipene. Videre er det lite sannsynlig at slik infrastruktur tas i bruk i utstrakt grad uten videre innsats fra myndighetshold. Det flere årsaker til dette og bildet er komplekst.

Først og fremst er det få skip og/eller rederier som vil ta en endelig beslutning om overgang til alternative drivstoff utelukkende basert på at drivstoffet gjøres tilgjengelig i en eller flere havner. Ofte er lønnsomhet og teknisk gjennomførbarhet/risiko mer avgjørende enn tilgjengelighet.

Samtidig har mange av skipene som ferdes i NØS et operasjonsmønster som varierer fra år til år, med anløp i et stort antall havner både i Norge og i utlandet. Mange skip opererer i norske farvann kun mindre deler av året (og med variasjon fra år til år) og har for øvrig operasjon i en større region (innen nordsjøbassenget, Østersjøen etc.) eller globalt (til USA, Asia etc.). Uforutsigbart og variert operasjonsmønster betyr at skipene er avhengig av å benytte et drivstoff som de får tilgang til på et stort antall steder, uten å endre og tilpasse operasjonen nevneverdig.

Andre skip, typisk ferger eller enkelte offshoreskip, har imidlertid stabil langsiktig operasjon i norske farvann. Til tross for det kan det være gode argumenter for at skip med forutsigbar drift i norske farvann ikke binder seg til drivstofftyper som ikke er allment tilgjengelig. Dette kan skyldes kontraktsforhold som gjør at skipet enten selges eller flyttes ved utløp av inneværende kontrakt (som f.eks. offshoreskip),

eller rokeres ved en kontraktsendring (f.eks. eldre passasjerskip). Dette kan gjøre at skipet flyttes til et helt nytt operasjonsområde uten mulighet eller ønske om bruk av alternative drivstoff.

Videre er det i mange tilfeller knyttet betydelige investeringer til en overgang til et nytt drivstoff for et enkeltskip. En overgang er derfor, i mange tilfeller, betinget av at det fra myndighetshold er støtteordninger tilgjengelig for å gjennomføre en omlegging ombord.

Samtidig har historien vist at det i mange tilfeller ikke er tilstrekkelig med støtteordninger (feks. NOx fond, Enova, EU<sup>3</sup>) for å gjennomføre omfattende endringer i stor skala. Selv om merkostnadene ved tiltaksbruk i og for seg vil kunne oppnå vesentlig støtteandel, betinger en del tiltak at det investeres i nye skip – noe som ofte er utfordrende ut ifra rederienes finansielle situasjon. Dette er poengtert i Sjøkartet for Grønn kystfart, som blant annet peker på behovet for markedsstimulering og tiltak for å styrke rederienes finansielle kapasitet og tilgang til kapital for å realisere omlegging på flåtenivå. Det er av den grunn essensielt at utbygging i havn sees i sammenheng med støtteordninger på skipssiden, samt regelverk, påbud og øvrige incitament.

Det er også en fare for at tidlig innførte føringer og vedtak resulterer i investeringer som ikke har effekt på lang tid. Et eksempel kan være fra fergesektoren som i dag fremstår som det ledende segmentet innenfor opptak og utvikling av miljøteknologi i maritim næring. Dette til tross - dersom Stortingets vedtak om nullutslipp ikke hadde funnet en gjenpart i Enovas tilskudd til utbygging av ladeinfrastruktur, ville man neppe sett at elektriske ferger hadde vunnet konkurransen mot konvensjonell dieseldrift.

Det er derfor grunn til å anbefale at støtte til tiltaksutbygging i havn må ses i sammenheng med støtte og incentiver for opptak av tiltak på skipene. En koordinert innsats på skip og land er nødvendig for sikre at bruken av offentlige midler for å fremme en renere skipsfart blir gjort på en måte som minimerer kostnadene og maksimerer utslippsreduksjonene.

Videre må utbyggingen ses i sammenheng med utbygging i et nasjonalt, regionalt eller globalt perspektiv – avhengig av hvilke skip man ønsker å prioritere.

Neste avsnitt skisserer noen sentrale innspill og tanker til en koordinert tilnærming som favner både utbygging i havn og teknologioptak på skip.

## 8.3 Koordinert havneutbygging og teknologioptak på skip

Som det blir poengtert i forrige avsnitt bør utbygging i havn ses i sammenheng med det som gjøres på skipssiden. Det er imidlertid vanskelig å peke på konkrete virkemidler og grep som bør gjøres, da dette er et fag-/politikk-felt i rask utvikling, og derfor vanskelig å uttale seg presist om mtp. hva man kan forvente i årene fremover.


### 8.3.1 Sjøkartet for grønn kystfart

Denne studien velger å ta utgangspunkt i Sjøkartet for grønn kystfart der en stor gruppe næringsaktører har foreslått konkrete grep som kan drive utviklingen i en retning som er konsistent med opptaksscenarioet brukt i denne rapporten (Kap. 6).

Sjøkartet understreker behovet for å se på tiltak som treffer de enkelte sektorer/skipstyper som dominerer utslippet i norske farvann, snarere enn mindre målrettede grep på tvers av sektorer/skipstyper som potensielt kan slå uheldig ut for enkelte næringer.

---

<sup>3</sup> Det er sendt ut et utkast til revidert gruppeunntak for statsstøttereguleringen på høring. Det foreslås at statlige myndigheter kan gi støtte til infrastrukturprosjekt i havner uten å måtte notifisere Europakommisjonen/ESA om dette.



Hovedinitiativet som presenteres i Sjøkartet for grønn kystfart innebærer å skape markeder for grønn teknologi. Man ser allerede en gradvis økning i etterspørselen etter grønne løsninger i maritim sektor som følge av det samlede trykket fra regler, insentiver og økt miljøbevissthet i samfunnet. Utfordringen er at dette går for sakte dersom man skal unngå dramatiske konsekvenser av klimaendringene. Det er imidlertid mulig for myndighetene å bidra mer aktivt til økt etterspørsel etter eksisterende løsninger for energieffektive skip med lave eller ingen klimagassutslipp, tilsvarende elbilordningen.

For de dominerende trafikktypene i Norge peker Sjøkartet på konkrete grep. Det tas utgangspunkt i et mindre utvalg av disse grepene i den videre diskusjonen av betydningen for havne-infrastruktur. Diskusjonen er ikke uttømmende, i den forstand at flere segmenter samt flere/andre grep vil være aktuelle.

### **8.3.1.1 Ferger og hurtigbåter**

#### **Mulig myndighetsgrep på skipssiden:**

Utvide og forsterke Stortingets krav om null- og lavutslipp ved utlysning av kontrakter for ferger og hurtigbåter. Et tilstrekkelig strengt krav vil trolig fremtvinge bruk av alternative drivstoff.

#### **Diskusjon om effektiv respons på havnesiden:**

Dekkes på samme måte som for eksisterende regime for ferger gjennom Enova. Neppe aktuelt med ytterlige grep – da dette primært ikke omfatter «havner» i tradisjonell forstand, men snarere kai-anlegg.

### **8.3.1.2 Hurtigruta**

#### **Mulig myndighetsgrep på skipssiden:**

Innføre mer ambisiøse miljøkrav i utlysingen av «Kontrakt om Kystruten Bergen-Kirkenes» (tidligere Hurtigruteavtalen). Et tilstrekkelig strengt krav vil trolig fremtvinge bruk av alternative drivstoff.

#### **Diskusjon om effektiv respons på havnesiden:**

Anløper mange tradisjonelle havner langs kysten (Bergen, Ålesund, Trondheim, Bodø etc.) – i tillegg til en rekke mindre kaier. Et krav til utslippsreduksjoner på hurtigruteskipene, kan i all hovedsak oppfylles gjennom drivstoffendring, dersom dette gjøres tilgjengelig langs hele ruten, Bergen – Kirkenes. For enkelte drivstoff, f.eks. elektrisitet, vil dette kreve tett utbygging, mens det for andre, f.eks. biodrivstoff eller LNG, vil være tilstrekkelig med et fåtall bunkringsplasser langs kysten.

### **8.3.1.3 Fiske og akvakultur**

#### **Mulig myndighetsgrep på skipssiden:**

Benytte kvote- og konsesjonstildelingene til å drive grønn omstilling slik at fisket skjer med begrensede utslipp. Et tilstrekkelig strengt krav vil trolig fremtvinge bruk av alternative drivstoff.

#### **Diskusjon om effektiv respons på havnesiden:**

Fiskeflåten kan, gjennom strenge krav til reduserte utslipp, få behov for tilgang på eksempelvis biodrivstoff, hydrogen eller LNG. Drivstoffet må primært gjøres tilgjengelig i de store fiskerihavnene, eks. Ålesund, Tromsø. Behovet i andre havner, f.eks. Oslo, vil være underordnet.

### **8.3.1.4 Offshoreskip**

#### **Mulig myndighetsgrep på skipssiden:**

Bruke statens eiermakt på sokkelen til å sette krav til grønn transport i innkjøp. Dette kan virke effektivt også på eksisterende felt. Et tilstrekkelig strengt krav vil trolig fremtvinge bruk av alternative drivstoff.

#### **Diskusjon om effektiv respons på havnesiden:**

Offshoreflåten kan, gjennom strenge krav til reduserte utslipp, få behov for tilgang på eksempelvis biodrivstoff, hydrogen eller LNG. Drivstoffet må primært gjøres tilgjengelig i de store offshorehavnene og basene, eks. Bergen og Stavanger. Behovet i andre havner, f.eks. Tromsø, vil være underordnet.

## 8.3.2 Virkemidler og støtteordninger

Basert på en målrettet tilnærming for enkeltsegmenter vil man kunne etablere støtteordninger som utløser nødvendig støtte til utbygging av havn. Det eksisterer allerede i dag løsninger som støtter dette. En omtale av Enova og NOx-fondet, samt deres styrker og svakheter er nevnt under:

### 8.3.2.1 Enova-modellen for landstrøm

Enova har i 2016 opprettet et program for støtte til å etablere landstrømanlegg i norske havner. Enovas støtte til landstrømanlegg organiseres som konkurranser. Søknadene som tilfredsstillende utlysingskriteriene blir rangert etter brukspotensialet til anlegget målt opp mot hvor mye støtte det er søkt om (kr/kWh).

#### Styrker

- Konkurransebasert
- Fleksibel støttesats
- Fjerner «høna og egget» problemet – åpner veien for investeringer om bord og aktiv bruk

#### Svakheter

- Sikrer ikke at utstyret brukes, ettersom det ikke stilles krav til sannsynliggjøring av bruk.
- Kan gi en utilsiktet spissing/favorisering av enkelte skipssegmenter og havner. Dette kan skyldes enkelthavnens allerede godt utbygde infrastruktur, eller andre grunnforhold som gjør utbygging i havnen «billig». Det kan også skyldes havner med skipsanløp av enkeltsegmenter som vil ha stor nytte av tiltak, men som ikke har tilstrekkelig energibehov til å nå opp i konkurransen.
- Støtten bortfaller dersom programmet ikke oppleves som utløsende for utbygging

### 8.3.2.2 NOx-fondet

Næringslivets NOx-fond har som formål å redusere NOx-utslipp. Fondet er organisert som et spleiselag der bedriftene som er med kan søke om støtte til utslippsreducerende tiltak. Betaling til fondet erstatter statlig NOx-avgift for de tilsluttede bedriftene.

#### Styrker

- Tiltaksspesifikke støttesatser
- Utbetaling gjøres kun ved dokumentert stabil drift av det omsøkte tiltaket

#### Svakheter

- NOx-reducerende tiltak er hovedfokus

## 8.3.3 Anbefalinger

Diskusjonen og momentene ovenfor illustrerer hvordan det offentliges innsats kan spisses mot segmenter snarere enn å gape over all trafikk umiddelbart, samt tenke helhetlig rundt de ulike partenes rolle og tidspunkt for aksjoner. Videre pekes det på eksisterende virkemidler og støtteordninger og styrker/svakheter ved disse.

Rapporten konkluderer ikke på spesifikke strategier eller valg, men det anbefales å inkludere perspektivene og drøftingene i det offentliges videre arbeid med virkemidler for infrastruktur i havn.

## 9 REFERANSER

- /1/ DNV GL, 2016. Reduksjon av klimagassutslipp fra norsk innenriks skipsfart. Report No.: 2016-0150
- /2/ DNV GL, 2015. Landstrøm i norske havner. Report No.: 2015-1214, Rev. 1
- /3/ DNV GL, 2015. Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen. Report No.: 2015-0086
- /4/ Bloomberg New Energy Finance, 2016. Energy Smart Technologies.
- /5/ Toll-og-Avgiftsdirektoratet, 2015. Høringsnotat – endring av særavgiftsforskriften – elektrisk kraft – landstrøm og datasentre.
- /6/ Transnova, 2011. Konrad Pütz: Verdier for oppstrøms klimagassberegninger ferjereferansegruppa.
- /7/ Miljødirektoratet, 2015. Rapportering på bærekraftskriterier for biodrivstoff og flytende biobrensel - Veileder til produktforskriften kapittel 3.
- /8/ DNV GL, 2014. Sammenstilling av grunnlagsdata om dagen skipstrafikk og drivstofforbruk. DNV GL Report No.: 2014-1667.
- /9/ DNV GL, 2014. Sjøsikkerhetsanalysen - Prognoser for trafikk i 2040. DNV GL Report No.: 2014-1271.
- /10/ DNV GL, 2014. Teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for forsyning av drivstoff til skip. DNV GL Report No.: 2014-1669, Rev. 0
- /11/ DNV GL, 2016. LNGi. LNG intelligence portal.
- /12/ Eide et al., 2011. Future cost scenarios for reduction of ship CO<sub>2</sub> emissions. Maritime Policy & Management, 38:1, 11-37.
- /13/ Eide et al., 2013. CO<sub>2</sub> abatement potential towards 2050 for shipping, including alternative fuels. Carbon Management Vol 4, Iss 3, 275-289.
- /14/ Grønt kystfartsprogram, 2016. Sjøkartet for grønn skipsfart.



## 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 & gas and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.