

SAMFUNNSØKONOMISKE ANALYSER AVROP 40

Utvikling i fartøystørrelser, motor- og drivstoffteknologi

Kystverket

Report No.: 2018-0901 1

Date: 2018-10-03



Project name: Samfunnsøkonomiske analyser avrop 40 DNV GL AS Maritime
Report title: Utvikling i fartøystørrelser, motor- og Environment Advisory
 drivstoffteknologi Veritasveien 1
Customer: Kystverket 1363 Høvik
Customer contact: Cedric Baum Norway
Date of issue: 2018-10-03
Project No.: 10096466
Organisation unit: Environment Advisory
Report No.: 2018-0901, Rev. 1

Objective:

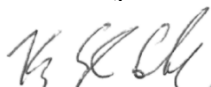
Kystverket ønsker med dette studiet bistand med å sammenstille dagens kunnskap innen forventet utvikling i skipsstørrelse, motorteknologi og drivstoffteknologi for skipsflåten som anløper norske havner og som seiler i norske farvann.

Prepared by:




Jon Anders Ryste
Senior Consultant

Verified by:



Kay Erik Stokke
Business Development Leader

Approved by:



Terje Sverud
Head of Section

Kjetil Martinsen
Principal Consultant

Copyright © DNV GL 2018. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
 INTERNAL use only. Internal DNV GL document.
 CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.*
 SECRET. Authorized access only.

Keywords:

Motorteknologi
Drivstoffteknologi
Størrelsesutvikling

***Specify distribution:**

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	2018-09-20	Første utgivelse	JONRYS	KESTOK	TSV
1	2018-10-03	Første revisjon, mindre endringer	JONRYS	KESTOK	TSV

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING.....	1
2	FREMGANGSMÅTE OG FORUTSETNINGER.....	1
3	DAGENS TRAFIKKSAMMENSETNING	2
3.1	Unike skip i norske farvann i 2017	2
3.2	Operasjonstimer i norske farvann	3
3.3	Utseilt distanse i norske farvann	4
3.4	Drivstofforbruk i norske farvann	5
3.5	Dagens teknologisammensetning	6
4	FRAMTIDIGE DRIVSTOFF OG FRAMDDRIFTSLØSNINGER.....	9
4.1	Kartlegging av teknologirommet for framtidens skipstrafikk i Norge	9
4.2	Alternative framtidige drivstoff og energibærere for skip i Norge	10
4.3	Løsningsrommet for aktuelle fartøyer	18
5	STØTTEORDNINGER OG REGULATORISKE DRIVERE.....	25
5.1	Støtteordninger	25
5.2	Reguleringer av maritim bransje	26
6	FORVENTET UTVIKLING I SKIPSSTØRRELSER	32
6.1	Oljetankere	33
6.2	Kjemikalie- og produkttankere	33
6.3	Gasstankere	34
6.4	Bulkskip	35
6.5	Stykkgodsskip/ro-ro	35
6.6	Konteinerskip	36
6.7	Passasjerbåt	37
6.8	Ropax	37
6.9	Cruiseskip	38
6.10	Offshore supply	39
6.11	Andre offshorefartøy	39
6.12	Slepefartøy	40
6.13	Fiskefartøy	41
6.14	Brønnbåt og servicefartøy til oppdrettsnæring	44
6.15	Andre servicefartøy	45
7	CASE-STUDIE	46

1 INNLEDNING

Kystverket skal utarbeide trafikkprognoser for fartøystrafikk frem mot 2060. Prognosene skal utarbeides som prosentvise vekstrater for fartøytrafikk i farleden målt som anløp/antall skip og som utseilt distanse. Vekstratene skal differensieres på fartøykategorier, størrelsesintervaller og regioner.

Kystverket ønsker med dette studiet bistand med å sammenstille dagens kunnskap innen forventet utvikling i skipsstørrelse, motorteknologi og drivstoffteknologi for skipsflåten som anløper norske havner og som seiler i norske farvann.

På generelt grunnlag er første del av rapporten, som omhandler dagens trafikksammensetning, basert på kvantitative analyser av AIS-data. Delene som omhandler oversikt over fremtidige drivstoff og fremdriftsløsninger er basert på en sammenstilling av informasjon fra tilgjengelige kilder, samt DNV GLs vurdering av disse. Delen som beskriver løsningsrommet for ulike fartøyer med hensyn på drivstoff og teknologi er basert på DNV GLs kvalitative vurderinger med bakgrunn i vår samlede kunnskap om emnet og arbeid med tilsvarende analyser. Delen som omhandler utvikling i størrelse, samt case-studiet er basert på kvalitative vurderinger fra segmentspesialister og vår avdeling for markedsanalyse.

2 FREMGANGSMÅTE OG FORUTSETNINGER

Som basis for de videre vurderingene som er gjort i dette studiet er det benyttet data for norske havområder (Nordsjøen innenfor NØS, Norskehavet og Barentshavet) fra 2017. Datasettet som er benyttet er «DNV GL Combined» som er kombinerte AIS-data fra Kystverket og Vesseltracker.

I henhold til avropet fra Kystverket, er det benyttet nedbryting av skipstyper for dette studiet som vist i Tabell 2-1. Dette sammenfaller også med nedbrytningen som er gjort i framskrivningsanalysen¹. Nedbrytningsmodellen er laget med grunnlag i Lloyds Fairplay (IHS Fairplay) kategori 5, noe som gjør det mulig å aggregere resultater til andre nedbrytningsmodeller skulle dette være ønskelig. Videre er nedbrytningsmodell for skipsstørrelser benyttet etter avtale med Kystverket (Tabell 2-2).

Tabell 2-1: Nedbrytningsmodell for skip i norske farvann

10 - Oljetankskip
11 - Kjemikalie-/produkttankskip
12 - Gasstankskip
13 - Bulkskip
14 - Stykkgoods/roro-skip
15 - Kontainerskip
16 - Passasjerbåt
17 - RoPax-skip
18 - Cruiseskip
19 - Offshore supply skip
20 - Andre offshore fartøy
21 - Brønnbåt
22 - Slepefartøy
23 - Andre servicefartøy
24 - Fiskefartøy
25 - Annet

Tabell 2-2: Nedbrytningsmodell for skipsstørrelser

Skip med lengde overall (LOA) under 70m: Innenlandstrafikk
Skip med lengde overall (LOA) mellom 70 og 150m: Nærskipstrafikk
Skip med lengde overall (LOA) over 150m: Deep sea-trafikk

¹Anløpsprognoser til norske havner 2016 til 2050, Kystverket 2017

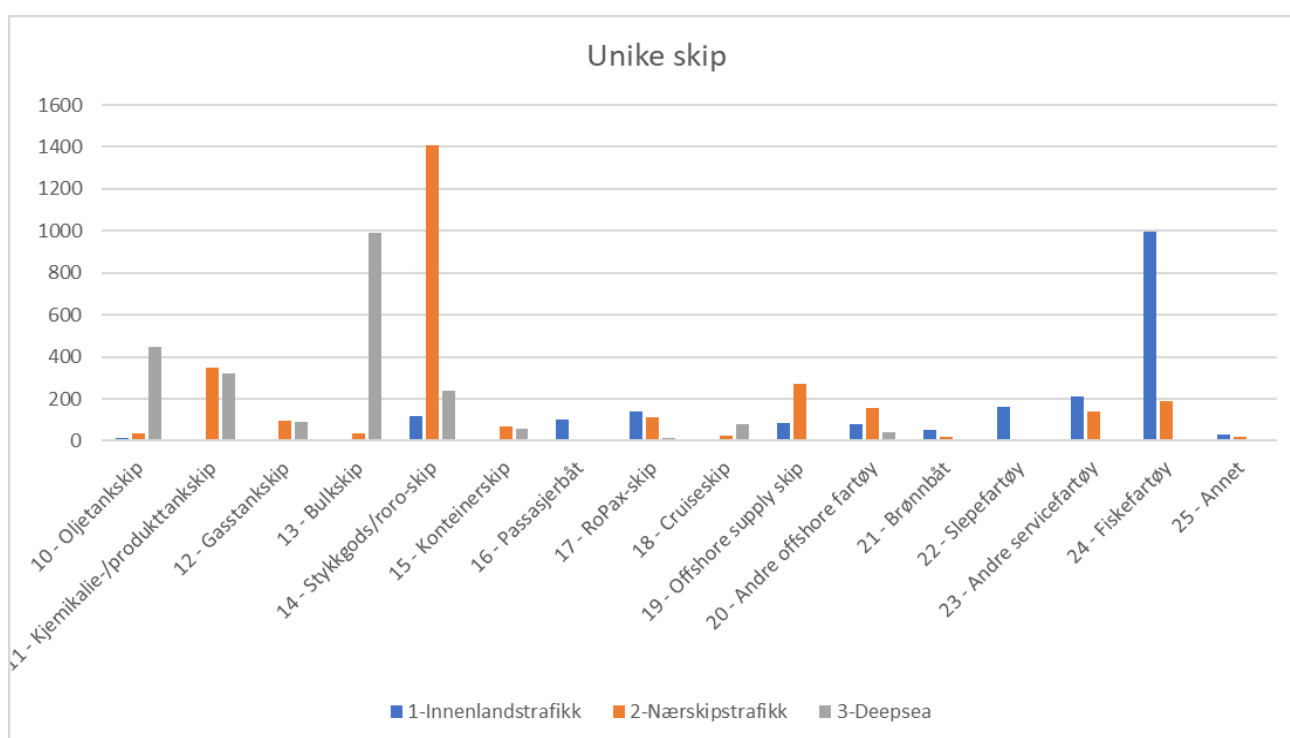
3 DAGENS TRAFIKKSAMMENSETNING

3.1 Unike skip i norske farvann i 2017

Gitt ønsket nedbrytning og basert på AIS-data for 2017 er alle observerte IMO-nummer kategorisert og fremstilt i Tabell 3-1 under.

Tabell 3-1: Antall unike skip med IMO-nummer i norske farvann i 2017

	LOA < 70m Innenlandstrafikk	LOA 70-150m Nærskipstrafikk	LOA > 150m Deep sea	Totalt
10 - Oljetankskip	13	35	447	495
11 - Kjemikalie- /produkttankskip	3	346	320	669
12 - Gasstankskip	1	98	88	187
13 - Bulkskip	2	37	993	1 032
14 - Stykkogds/roro-skip	120	1407	240	1 767
15 - Kontainerskip		67	59	126
16 - Passasjerbåt	99	10		109
17 - RoPax-skip	139	112	14	265
18 - Cruiseskip	10	23	77	110
19 - Offshore supply skip	83	272		355
20 - Andre offshore fartøy	81	154	39	274
21 - Brønnbåt	51	19		70
22 - Slepefartøy	160	9		169
23 - Andre servicefartøy	208	137	6	351
24 - Fiskefartøy	996	187		1 183
25 - Annet	28	17		45
Totalt	1 994	2 930	2 283	7 207



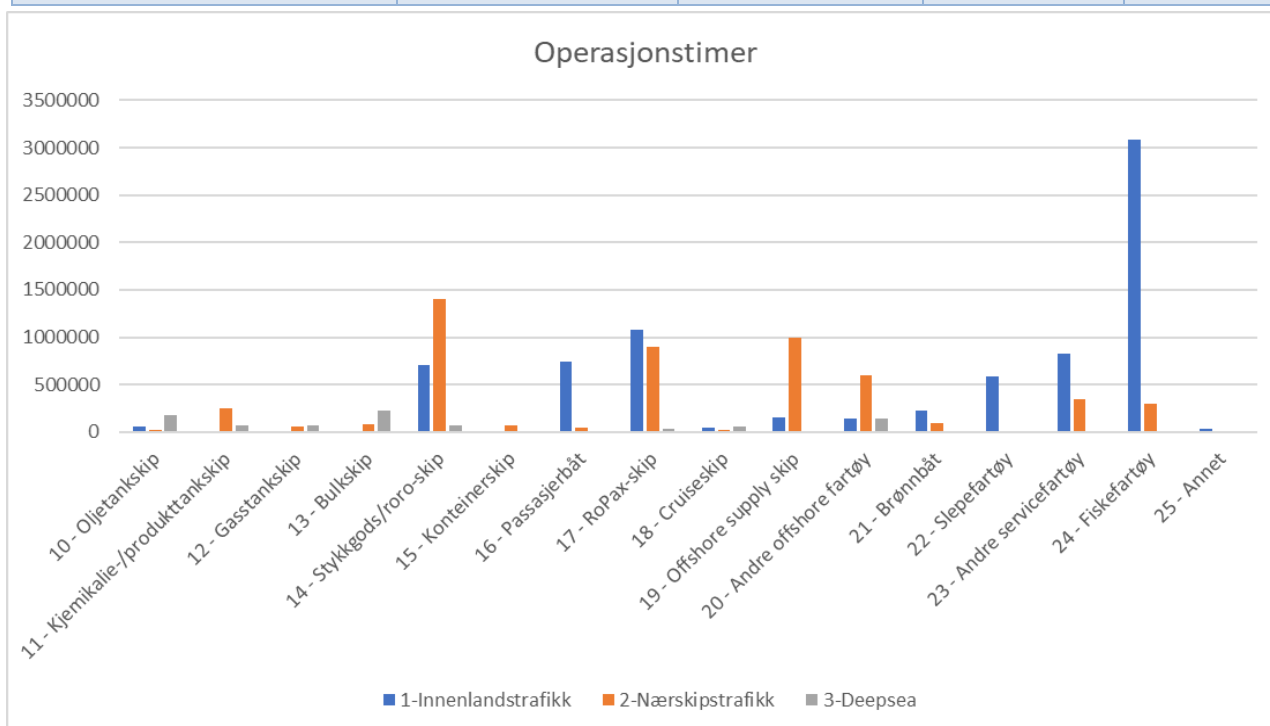
Figur 3-1: Antall unike skip med IMO-nummer i norske farvann i 2017

3.2 Operasjonstimer i norske farvann

I tabell og figur under vises antall operasjonstimer i norske farvann i 2017, inndelt på skipskategori og –størrelser.

Tabell 3-2: Antall operasjonstimer i norske farvann i 2017

	LOA < 70m Innenlandstrafikk	LOA 70-150m Nærskipstrafikk	LOA > 150m Deep sea	Totalt
10 - Oljetankskip	60 094	20 489	178 768	259 351
11 - Kjemikalie- /produkttankskip	14 207	252 194	70 293	336 693
12 - Gasstankskip	8 758	62 796	63 428	134 981
13 - Bulkskip	14 001	86 459	230 948	331 409
14 - Stykkgoods/roro-skip	711 200	1 398 786	67 729	2 177 715
15 - Konteinerskip		68 917	7 902	76 819
16 - Passasjerbåt	747 414	41 361		788 776
17 - RoPax-skip	1 075 338	902 164	38 660	2 016 162
18 - Cruiseskip	41 253	25 111	52 085	118 449
19 - Offshore supply skip	153 771	995 708		1 149 478
20 - Andre offshore fartøy	140 756	592 563	140 645	873 964
21 - Brønnbåt	224 641	93 266		317 907
22 - Slepefartøy	589 983	6 448		596 431
23 - Andre servicefartøy	830 766	344 843	897	1 176 505
24 - Fiskefartøy	3 085 005	302 766		3 387 772
25 - Annet	37 030	9 645		46 675
Totalt	7 734 218	5 203 516	851 355	13 789 088



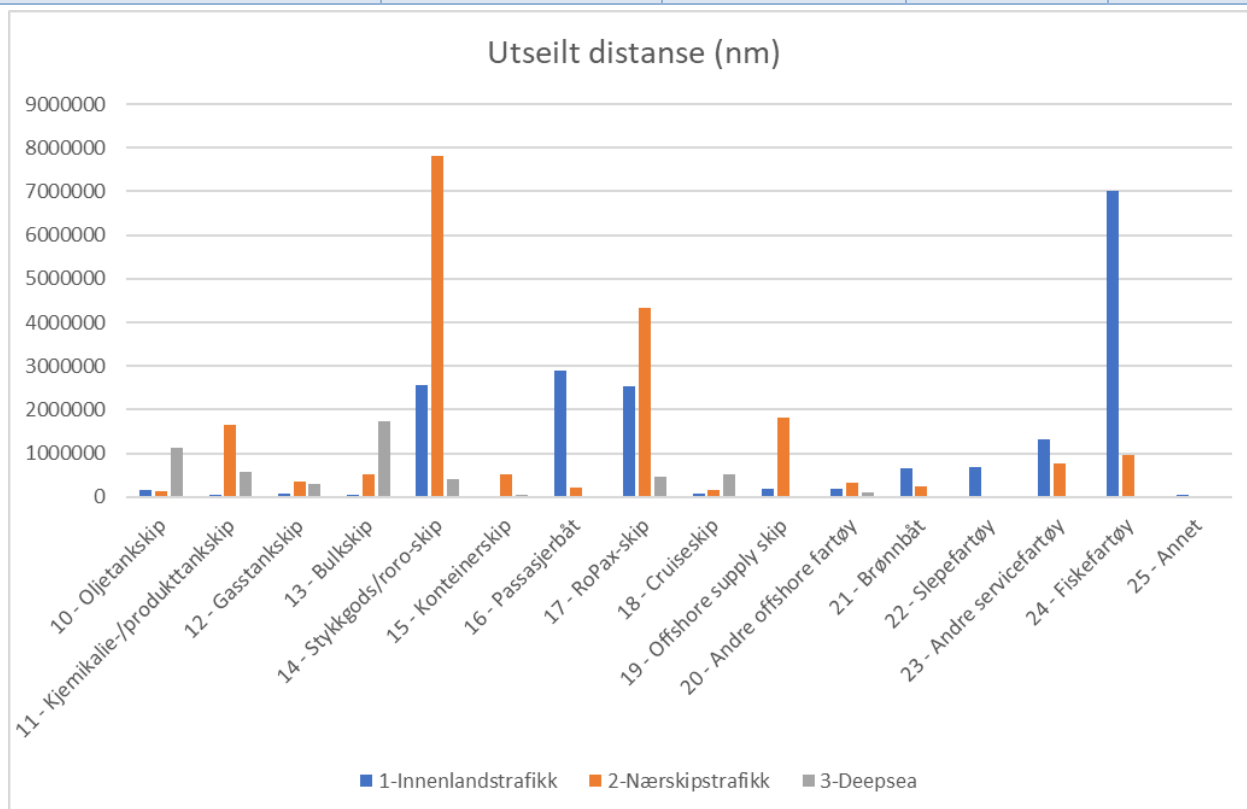
Figur 3-2: Antall operasjonstimer i norske farvann i 2017

3.3 Utseilt distanse i norske farvann

I tabell og figur under vises utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2017, inndelt på skipskategori og -størrelser.

Tabell 3-3: Antall seilte nautiske mil i norske farvann i 2017

	LOA < 70m Innenlandstrafikk	LOA 70-150m Nærskipstrafikk	LOA > 150m Deep sea	Totalt
10 - Oljetankskip	150 792	145 305	1 126 703	1 422 800
11 - Kjemikalie- /produkttankskip	65 084	1 654 586	588 430	2 308 100
12 - Gasstankskip	81 708	346 153	310 474	738 336
13 - Bulkskip	57 197	527 210	1 741 239	2 325 646
14 - Stykk gods/ro-ro-skip	2 565 717	7 814 283	398 923	10 778 923
15 - Kontainerskip		520 230	51 178	571 409
16 - Passasjerbåt	2 911 021	222 903		3 133 923
17 - RoPax-skip	2 525 759	4 346 007	478 776	7 350 542
18 - Cruiseskip	83 704	175 708	518 371	777 784
19 - Offshore supply skip	191 230	1 829 623		2 020 853
20 - Andre offshore fartøy	195 530	340 925	101 978	638 433
21 - Brønnbåt	673 131	240 124		913 255
22 - Slepefartøy	680 866	14 215		695 081
23 - Andre servicefartøy	1 328 578	760 786	8 628	2 097 993
24 - Fiskefartøy	7 011 337	961 074		7 972 411
25 - Annet	57 403	13 412		70 816
Totalt	18 579 058	19 912 544	5 324 701	43 816 303



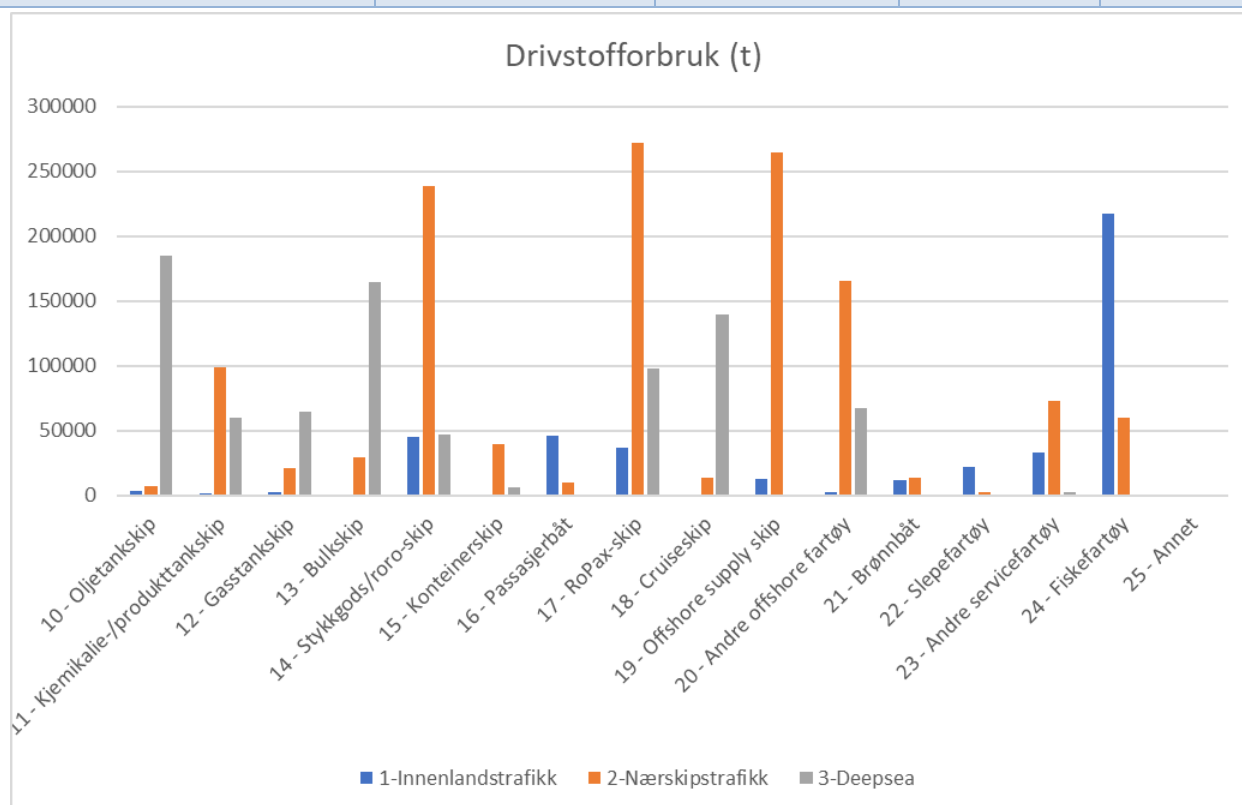
Figur 3-3: Antall seilte nautiske mil i norske farvann i 2017

3.4 Drivstofforbruk i norske farvann

I tabell og figur under vises antall drivstofforbruk (tonn) i norske farvann i 2017, inndelt på skipskategori og –størrelser.

Tabell 3-4: Tonn drivstoff brukt i norske farvann i 2017

	LOA < 70m Innenlandstrafikk	LOA 70-150m Nærskipstrafikk	LOA > 150m Deep sea	Totalt
10 - Oljetankskip	3 239	7 358	185 136	195 733
11 – Kjemikalie- /produkttankskip	1 320	99 301	59 825	160 446
12 - Gasstankskip	2 810	21 006	64 523	88 338
13 - Bulkskip	703	29 495	164 130	194 328
14 - Stykkogods/ro-ro-skip	44 861	238 307	47 227	330 395
15 - Kontainerskip		39 983	6 601	46 585
16 - Passasjerbåt	46 427	9 991		56 418
17 - RoPax-skip	36 589	271 651	98 231	406 471
18 - Cruiseskip	1 043	13 419	139 853	154 314
19 - Offshore supply skip	13 093	264 097		277 190
20 - Andre offshore fartøy	2 781	165 526	67 526	235 833
21 - Brønnbåt	12 046	13 407		25 454
22 - Slepefartøy	21 828	2 476		24 305
23 - Andre servicefartøy	33 280	73 081	2 398	108 758
24 - Fiskefartøy	217 470	59 858		277 328
25 - Annet	948	834		1 782
Totalt	438 437	1 309 791	835 448	2 583 676



Figur 3-4: Antall tonn drivstoff brukt i norske farvann i 2017

3.5 Dagens teknologisammensetning

Ved å sammenstille AIS-data for skip som seilte i norske farvann i 2017 og skipsregisteret til DNV GL² har vi kunnet sette opp en oversikt over hovedframdriftssystemene for skipene. Tabell 3-5 under viser antall skip med følgende maskinerikonfigurasjon:

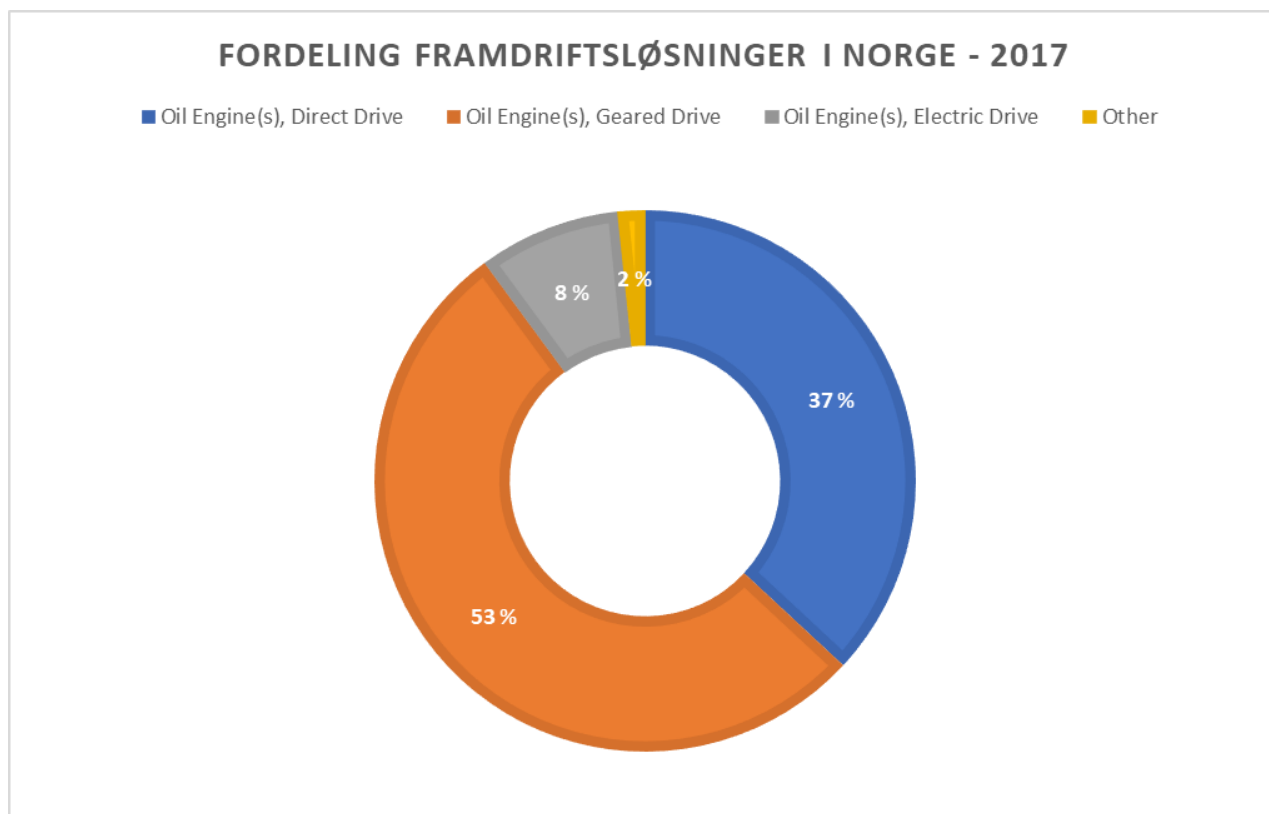
- Propellaksling koblet direkte til hovedmaskin (Oil Engine, Direct Drive – generelt saktegående dieselmaskin)
- Hovedmaskin koblet til aksling via et reduksjonsgir (Oil Engine, Geared Drive – generelt medium til hurtiggående dieselmaskin)
- Diesel-elektrisk oppsett (Oil Engine, Electric Drive - generator koblet til el-motor)
- Restkategori (denne inkluderer bl.a. ingen maskin, gass/dampturbin, seil og elektrisk)

Tabell 3-5: Antall unike skip i norske farvann fordelt på hovedframdriftssystem

Skipstyper	Oil Engine(s), Direct Drive	Oil Engine(s), Geared Drive	Oil Engine(s), Electric Drive	Other
10 - Oljetankskip	434	51	10	0
11 - Kjemikalie- /produkttankskip	401	260	8	0
12 - Gasstankskip	108	55	13	11
13 - Bulkskip	995	37		0
14 - Stykk gods/ro-ro-skip	296	1 441	22	8
15 - Kontainerskip	55	71		0
16 - Passasjerbåt	16	87	4	1
17 - RoPax-skip	53	164	43	4
18 - Cruiseskip	10	33	51	16
19 - Offshore supply skip	3	168	162	22
20 - Andre offshore fartøy	12	71	165	26
21 - Brønnbåt	7	51	12	0
22 - Slepefartøy	14	152	3	0
23 - Andre servicefartøy	39	197	103	11
24 - Fiskefartøy	209	957	14	3
25 - Annet	8	22	1	14
Grand Total	2 660	3 817	611	116

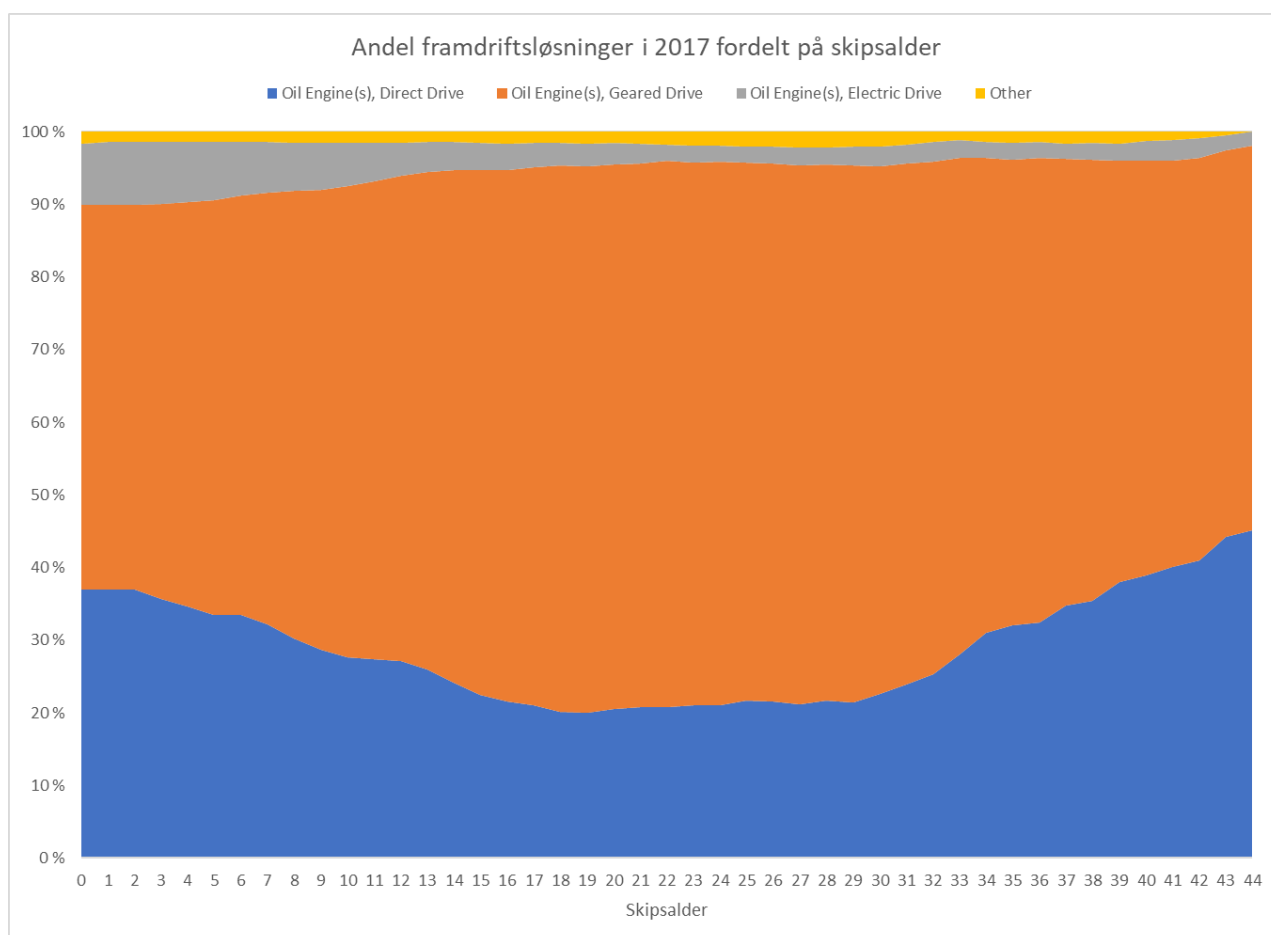
² <http://vesselregister.dnvgl.com/vesselregister/vesselregister.html>

Figur 3-5 nedenfor illustrerer tydelig at dieselmaskiner med gir er oftest funnet ombord på fartøy som opererer i norske farvann. Dette er typisk den mest populære løsningen for mindre og mellomstore fartøy generelt. De større interkontinentale fartøyene er derimot generelt direkte-drevne, mens det på de mer avanserte skipene som offshorefartøy og servicefartøy er blitt populært med diesel-elektrisk framdriftsløsning.



Figur 3-5: Fordeling mellom ulike skip i norske farvann på hovedframdriftssystem

Figur 3-6 viser fordeling mellom de fire framdriftsløsningene per alder for skip i norske farvann. Fordelingen mellom direkte-drevet og giret løsning kan leses like mye som et uttrykk for trender i nybygging og skipstyper/størrelser for de forskjellige byggeårene, som at det er en trend mot en av løsningene. Imidlertid vil det være relevant å peke på at det er blitt klart vanligere å gå for diesel-elektrisk løsning de siste 10-20 årene innenfor noen skipssegmenter. Dette er også en løsning som potensielt vil kunne representere et steg mot elektrifisering av flåten på sikt.



Figur 3-6: Fordeling mellom framdriftsløsninger per alder for skip i norske farvann i 2017

Som man kan se fra figuren er det relativt stor variasjon i fordelingen mellom direkte-drevet og giret framdriftssystem i forhold til alder på skipene. Årsaken til dette er sannsynligvis todelte:

1. Sammensetning av skipsstørrelse og/eller skipstype som bygges til enhver tid (trender innen nybygg). På generelt grunnlag benytter store skip, herunder spesielt lasteskip, saktegående maskiner direktekoblet til propellakslingen. Mange nybygg av denne type fartøy vil gjenspeiles i at disse framdriftsløsningene blir mer fremtredende på fartøy som opererer i norske havområder.
2. Fokus på energieffektivitet. En saktegående maskin direktekoblet til propellakslingen vil være den mest energioptimale løsningen. Fokus på energieffektivitet var høy etter oljekrisen på 70-tallet, mens det hadde mindre fokus gjennom 80-tallet. Utover 90-tallet og fram til nå har igjen energieffektivitet hatt et økende fokus. Denne variasjonen vises i valg av framdriftssystem for nybygg i denne perioden, og samsvarer godt med kurven for direkte-drevne framdriftssystemer i Figur 3-6.

4 FRAMTIDIGE DRIVSTOFF OG FRAMDDRIFTSLØSNINGER

4.1 Kartlegging av teknologirommet for framtidens skipstrafikk i Norge

Norge har etter hvert fått en fremtredende posisjon innen overgang til null- og lavutslippsteknologi for skip. Blant annet skal alle kommende offentlige fergeanbud ha krav til lav- og nullutslippsteknologi der dette er mulig, noe som er i ferd med å følges opp av blant annet vegmyndigheter og fylkeskommuner. Forskjellige tekniske løsninger og drivstofftyper gir mulighet for å oppnå null- og lavutslippsskip. Det er imidlertid kun to løsninger som fremstår som troverdige alternativer for *nullutslipp* fra selve fartøyet. Disse er:

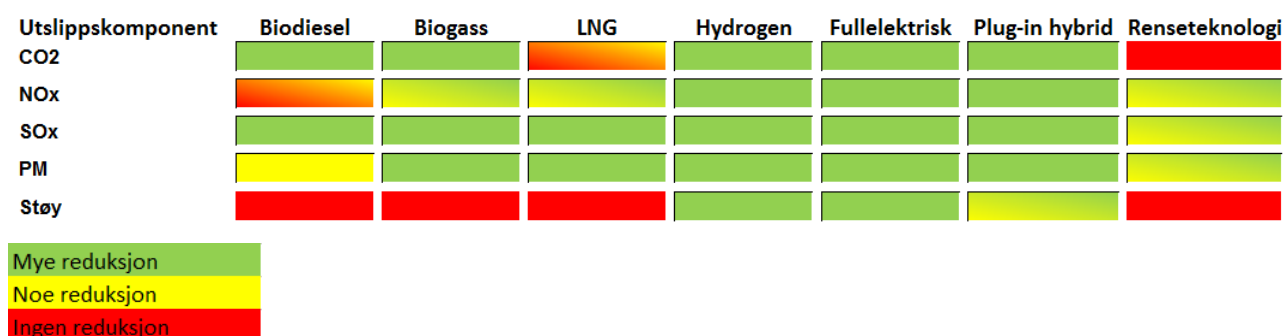
- Batteri (fullelektrifisering)
- Hydrogen (brenselcelle)

Lavutslipp kan oppnås med et bredt spekter av løsninger, herunder:

- Gass (LNG)
- Hybrid (LNG/diesel + batteri som gir mer drivstoffoptimal motordrift)
- Plug-in hybrid (LNG/diesel + batteri som lades med strøm fra land)
- Biodrivstoff (biodiesel og biogass)
- Innblanding av biodrivstoff i ordinært drivstoff

I tillegg finnes det utslippsreducerende teknologi som kan implementeres for å redusere utslipp fra forbrenningsmotorer, eksempelvis Selective Catalytic Reduction (SCR), vanninjeksjon, scrubber, filterteknologi, etc. Ved energieffektivisering av skip og fremdriftsløsninger vil drivstofforbruk og utslipp også kunne reduseres.

De ulike løsningene vil ha ulike reduksjonspotensialer, sett opp mot konvensjonell drift med dieselmotorer. Nedenfor er dette forenklet presentert i Figur 4-1 for miljøeffekter, her vurdert som utslipp til luft og støy. Løsningene som samlet sett kommer best ut er elektrifisering (hel/delelektrifisering) og hydrogen (brenselcelle). For de øvrige løsningene, reduseres ulike komponenter i varierende grad. Avhengig av valgt løsning vil man kunne oppnå reduksjoner både i utslipp med primært lokal/regional effekt (slik som NO_x, PM og støy), og i klimagassutslipp (CO₂). For eksempel vil overgang til LNG vil gi betydelig forbedring av lokal luftkvalitet (men fra moderat til ingen effekt på klimagassutslipp), mens bruk av biodrivstoff vil kunne gi reduserte klimagassutslipp (men fra moderat til liten effekt på lokalforurensning).



Figur 4-1: Anslått reduksjonspotensiale for ulike løsninger vurdert opp mot tradisjonelle motorløsninger på diesel (kun utslipp fra selve skipet er vurdert, dvs. ikke hensyntatt livsløpsutslipp for drivstoffet).

4.2 Alternative framtidige drivstoff og energibærere for skip i Norge

Alternative drivstofftyper har fått mye oppmerksomhet den senere tid. Ulike kandidater finnes for marin anvendelse, inkludert LPG, LNG, metanol, etanol, syntetiske drivstoff, biodiesel, biogass, elektrisitet (batterier), og hydrogen. Potensialet for marin anvendelse vil avhenge av forhold slik som behov for infrastruktur på land og tilpasninger på skip, kjemisk karakteristikk/sammensetning, tilgjengelighet, kostnader, sikkerhet og miljøavtrykk. Mange av disse drivstoffene er allerede i bruk i skipsfarten, og i annen transport og industri. Ulike studier har vurdert alternative drivstoff for skip og inkluderer status og prognoser for fremtidig opptak og energibærersammensetning (eks. Eide et al 2013; IEA 2014; Royal Academy of Engineering 2013; Energy Research Partnership, 2016). IEA (2014) har også vurdert ulike kostnadstyper forbundet med innføring av ulike varianter. Nyere studier fra DNV GL har også vurdert alternative drivstofftyper for anvendelse i norske farvann (DNV GL 2016a,b,c; DNV GL 2015). På lengre sikt vil bruk av brenselceller med hydrogen eller andre drivstoff være aktuelt for å dekke deler eller hele energibehovet (eks. DNV 2012a; DNV GL 2016d).

Vi ser en rivende teknologisk utvikling innen skipsfart i Norge, med:

- flere hundre prosjekter med energioptimalisering gjennom omlegging til ny og energibesparende fremdriftsteknologi, skrogoptimalisering eller skifte til utstyr med lavt energiforbruk om bord.
- bygging av over 50 LNG-drevne skip i norske farvann og flere kontraktsfestede nybygg. Utviklingen følger etter internasjonalt, med ytterligere 60-70 LNG-drevne fartøy i drift og over 100 skip i bestilling.
- bygging av ett helelektrisk og 10 hybridelektriske fartøy i drift samt ytterligere 30-40 ferger med batteriteknologi kontraktsfestet for fremtidige offentlige fergesamband – et antall som øker raskt som følge av kravene til null- og lavutslippsteknologi i fergesektoren.
- 40 til 50 prosjekter med nyetablering eller utvidelse av landstrømsmulighet for skip.
- bruk av avansert biodrivstoff på ferger.

4.2.1 Elektrisk drift

De senere årene har det vært en økende interesse, utvikling og opptak³ av fullelektriske og hybridelektriske skip. Verdens første store batteriferge Ampère⁴ har operert på fergestrekninga Lavik-Oppedal på Vestlandet i over to år. Det neste helelektriske skipet⁵ var den finske fergen som i 2017 ble satt i trafikk mellom Pargas og Nagu. Fergestrekningen Anda – Lote skal fra 2019 ha to ferger i drift, som skal kunne levere all ruteproduksjon med minimum 90% av energien levert fra strømmettet. Det er i Hordaland fylkeskommune kontraktsfestet elektrisk fergedrift på 17 samband hvor hoveddelen settes i drift i 2020, men enkelte allerede i 2018 og 2019. Det samme gjelder for flere samband i Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag.

I det siste er det altså planlagt og bestilt en rekke plug-in-hybride ferger med høy hybridiseringsgrad for drift i Norge. I tillegg skjer det også en utvikling av innovative passasjerskip for fjordcruise:

- «Vision of the Fjords» med hybridløsning som ble levert i 2016.⁶ Verdens største kommersielle fartøy bygget i karbonsandwich og første utstyrt med batteripakke for 3-4 timers fullelektrisk drift i 8-10 knop. Det innovative fartøyet har plass til 400 passasjerer.
- «Future of the Fjords», som er et fullelektrisk fartøy⁷. Fartøyet er 42 meter langt, bygges i karbonfiber og med kapasitet til 400 passasjerer. «Future of The Fjords» skal ha et helelektrisk fremdriftssystem, med en marsjfart på 16 knop. Fartøyet planlegges med 700 turer, og skal trafikere de samme rutene som «Vision of the Fjords».

Med den raske utviklingen i batteriteknologi er det også ventet en fortsatt økende energitetthet for battericeller, som vil gjøre batteriene mindre plasskrevende og rimeligere.

Et økende antall skip har tatt i bruk batterier de senere årene. Av Figur 4-2 fremkommer det at over 220 skip med batterier er i operasjon eller i ordre på verdensbasis. Av disse er over halvparten ikke-ladbare hybrider, fulgt av ladbare (plug-in) hybrider og fullelektriske fartøyer. Ferger og offshore-fartøyer dominerer i dette bildet.

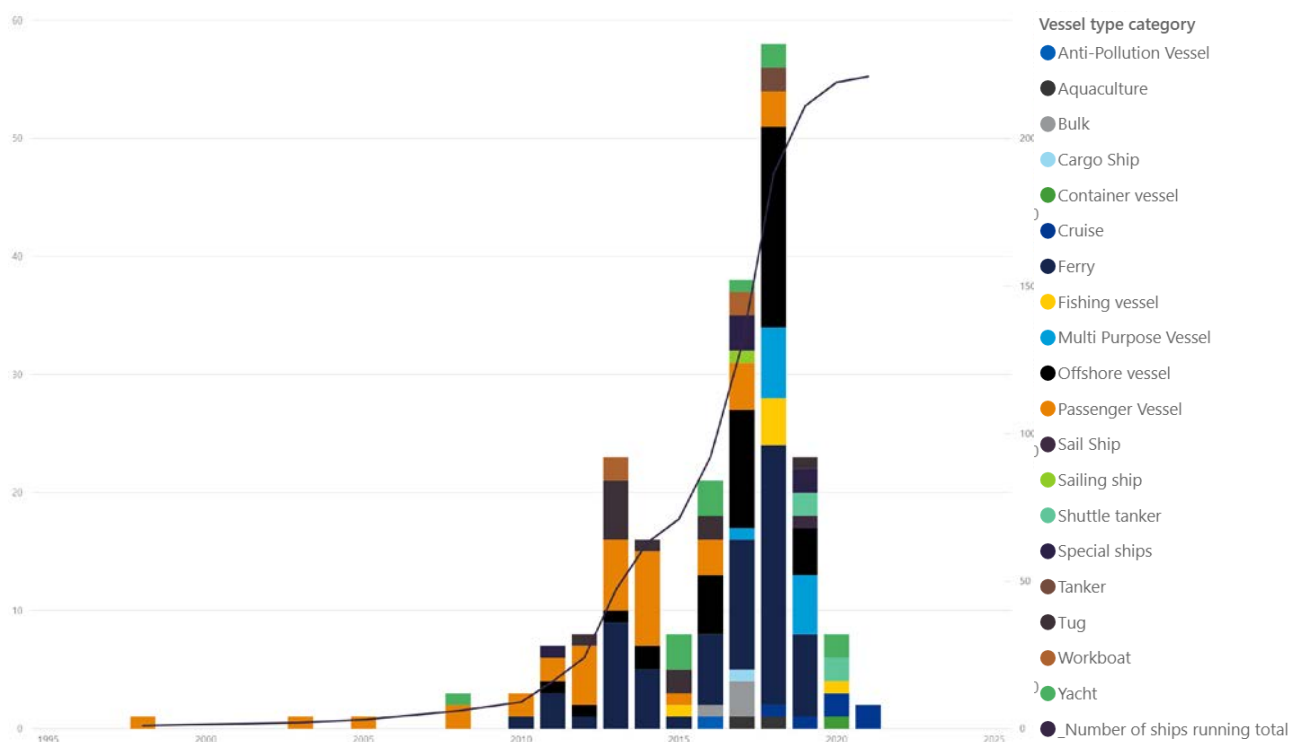
³ Se for eksempel oversikten til Corvus: http://corvusenergy.com/merchant_marine/

⁴ Teknisk ukeblad: <http://www.tu.no/artikler/denne-fergen-er-revolusjonerende-men-passasjerene-merker-det-knapt/222522>

⁵ Teknisk ukeblad <http://www.tu.no/artikler/eksporterer-batteriteknologi-til-finland/278058>

⁶ <https://www.tu.no/artikler/ingen-har-noensinne-bygget-et-slikt-skip/358454>

⁷ <https://www.skipsrevyen.no/helelektriske-future-of-the-fjords-klar-i-april-2018/>



Figur 4-2: Skip med batterier i operasjon og i bestilling per juni 2018 (Maritime Battery Forum⁸)

Bruk av elektrisitet som energibærer på skip kan i hovedsak skje på to måter (inkl. i ulike kombinasjoner);

- Elektrisk drift med landstrøm (eventuelt i kombinasjon med batterier) ved havneligge. Ved bruk av landstrøm vil skipet motta kraft fra land så lenge det ligger til kai, blant annet til belysning, varme, kjøling, lastepumper med mer. Batterier kan her bidra til økt anvendelighet av landstrøm også i havneoperasjon der landstrømkapasiteten alene ikke er tilstrekkelig.
- Elektrisk drift med batterier ladet fra land i hele eller deler av operasjonen til sjøs kan gi nullutslipp eller betydelige reduksjoner. Batteriene leverer energi som kreves til fremdrift og forbruk ombord.

Elektrifisering av skip er særlig godt egnet for fartøyer som opererer i faste ruter med mulighet for hyppig lading ved havneligge av tilstrekkelig varighet (ikke under 5 minutter). Fullelektrifisering er mindre egnet for de lengste, mest energikrevende og værutsatte fergesambandene. En fullelektrisk- eller plug-in hybridferge vil sette krav til strømnettet og infrastruktur på land. Strømnettet må ha tilstrekkelig høy kapasitet til å levere strøm til kort og intensiv direktelading av fartøyet. Et mindre kapasitetskrevenne alternativ er å lade fartøyet via en batteribank på kai, som lades med mindre effekt over lengre tid i perioden mellom ladinger av fartøyet fra batteribanken.

Elektrifisering av skip kan ha betydelige investeringskostnader. For eksempel er typiske merkostnader for en batteriferge i dag 10-30 millioner kroner (ved ny ferge), med ytterligere behov for investeringer på 20-40 millioner kroner på land i ladeinfrastruktur og nettoppgraderinger. Mengde innkjøpt energi vil være lavere ved elektrisk drift sammenliknet med diesel på grunn av vesentlig høyere virkningsgrad,

⁸ <http://maritimebatteryforum.com/>

samt høyere energieffektivitet ved at en unngår suboptimal kjøring av dieselmotorer. Sammen med gunstige elektrisitetspriser, mulig redusert vedlikeholdsbehov og reduserte batterikostnader, forventes merinvesteringene i elektriske skip derfor i mange tilfeller å kunne bli lønnsomme over tid.

4.2.2 Biodrivstoff

Biodrivstoff er en fornybar energibærer som fremstilles av et vidt spekter av organiske materialer, slik 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). Ofte omtaler man biodrivstoff som første-, andre- og tredjegerasjons med bakgrunn av råstoffet som benyttes. Her finnes også andre kategoriseringer, som for eksempel konvensjonelt og avansert biodrivstoff⁹. Bruken av biodrivstoff kan foregå som "drop-in fuels", det vil si som erstatning for marine drivstoff hvor man er kompatibel med eksisterende infrastruktur og motorsystemer, eller ved at man modifiserer infrastruktur og motorsystemer (IEA, 2014). Det er i hovedsak tre former for biodrivstoff som foreløpig vurderes som aktuelle for skip i Norge:

- **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.
- **Biodiesel** er et diesel-lignende drivstoff produsert av vegetabiliske oljer eller animalsk fett. Den vanligste formen er FAME (Fatty Acid Methyl Ester, ref. EU standard EN 12214), som gjerne kjennetegnes som førstegenerasjon biodiesel. Den har mye av de samme egenskapene som fossil diesel. Fossil diesel med lavinnblanding (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.
- **Syntetisk fornybar diesel**, kan produseres av avfallsprodukter fra jord- og skogbruk og mat. Relativt nytt på markedet er en syntetisk biodiesel med betegnelsen HVO (Hydrogenert Vegetabilisk Olje). Produktet er i henhold til CEN TS 15940-spesifikasjonen for parafindiesellolje. Dette er derfor et annet produkt med en annen fremstillingsmåte, som av leverandører omtales som en fornybar diesel med svært like egenskaper som vanlig fossil diesel. Denne syntetiske fornybare dieselen hevdes å ha gode egenskaper med henblikk på surhet, lagring og temperatortoleranse. 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.

Biodrivstoff tilskrives et langt lavere klimagassutslipp enn fossile drivstoff siden CO₂ fra forbrenning av biologisk materiale i utgangspunktet ikke medfører en økning av CO₂-mengden i atmosfæren på samme måte som CO₂ fra fossile energikilder; det regnes som del av det CO₂ som ellers ville vært i kretsløp. I et livssyklusperspektiv vil imidlertid produksjon og transport av biodrivstoff kunne medføre utslipp av fossilt CO₂. Det rapporteres om CO₂ reduksjoner opp til 80-90% for vise typer biodrivstoff, basert på livssyklus-analyser (eks. IEA, 2011; Bengtsson et al 2012; Chryssakis et al 2014). Ifølge CircleK sitt produktblad vil bruk av syntetisk biodiesel HVO100 redusere CO₂-utslippet med 65-90 %, avhengig av råvare. Det bemerkes at biodrivstoff regnes som utslippsfritt i det norske klimaregnskapet.

Alle former for biodrivstoff fører til at utslipp av SO_x blir tilnærmet eliminert. Ved bruk av biodiesel og vegetabilisk olje har en tradisjonelt regnet med NO_x-utslipp tilsvarende fossilt drivstoff. Imidlertid peker flere kilder på at NO_x-utslipp for FAME biodiesel er omtrent 10% høyere (IEA 2014, Ecofys 2012).

⁹ http://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&view=article&id=255

Analysen er nødvendig for å bekrefte NO_x-utslippene fra nyere produkter, slik som syntetisk fornybar diesel (HVO) der leverandører hevder reduserte utslipp av NO_x. Det rapporteres at NO_x-utslipp fra HVO er 10% lavere enn for diesel (MGO), mens PM reduseres med opp mot 30% (Neste 2016). Ved innblanding i fossilt drivstoff antas utslippsreduksjonen proporsjonal med innblandingsprosenten. Biodrivstoff har også vært testet på skip, og er i dag tilgjengelig blant annet i Rotterdam og i Amsterdam¹⁰. En oversikt over andre demonstrasjonsprosjekter finnes blant annet i IEA (2014) og på nettstedet *European Technology and Innovation Platform Bioenergy*¹¹. I Norge er det mulig å fylle det fornybare biodrivstoffet 2G marin¹² fra Eco-1 i noen marinaer (eks. Tofte). Allerede benytter tre av Fjord1s¹³ ferger i trafikk på Hella-Dragsvik-Vangsnes denne biodieselen (100%). Ifølge Ruters hjemmesider¹⁴ benytter båtene som trafikkerer øyene i indre Oslofjord fornybar diesel.

Biodrivstoff er i de fleste tilfeller dyrere enn konvensjonelle drivstoff (eks. Ecofys 2012). I Amsterdam og Rotterdam rapporteres¹⁵ det om noe høyere drivstoffpriser sammenlignet med MGO. Dette støttes av historiske tidsserier med prisutviklingen på FAME biodiesel¹⁶. Prisen på HVO biodrivstoffet er vesentlig høyere enn for MGO, om lag 100 % dyrere i dag. For biodrivstoff forventes det at produksjonskostnader reduseres over tid som følge av kontinuerlig prosessforbedring, teknologisk utvikling og økende produksjon (van Eijk et al, 2014; Festel et al, 2014).

Det er videre en debatt vedrørende de reelle utslippsreduksjonene en oppnår ved bruk av forskjellige typer biodrivstoff i et livssyklusperspektiv. EU har imidlertid introdusert bærekraftskriterier¹⁷ for biodrivstoff, som også gjelder for Norge. Disse skal sikre at livssyklus-utslippene fra biodrivstoff er betydelig lavere enn fossile alternativer. Kriteriene er implementert i Produktforskriftens kapittel 3 i Norge. Biodiesel som oppfyller kriteriene vil kunne gi betydelige reduksjoner i klimagassutslipp, men ikke nullutslipp. Vi legger til grunn at biodrivstoff til skipsfart oppfyller bærekraftskriteriene, og at disse utformes og etterprøves på en tilfredsstillende måte, slik at tiltaket gir en reell klimaeffekt.

Bruk av syntetisk fornybar diesel (HVO) i norske farvann vil kunne gi redusere klimabidraget fra skipsaktivitetene, samt potensielt gi bedre luftkvalitet gjennom noe reduserte PM-utslipp, og muligens også litt reduserte NO_x-utslipp. På kort sikt er syntetisk fornybar diesel eneste reelle lavutslippsløsning. DNV GL forventer at biodrivstoff (HVO) på kort sikt ikke er et kostnadseffektivt alternativ men at dette vil kunne forventes å endre seg framover.

4.2.3 Hydrogen

Hydrogen kan spille en betydelig rolle i omleggingen av energisystemet til et lav- og nullutslippssystem. Innen transportsektoren er det forventninger om økt forbruk av hydrogen (IEA, 2015). Det er et utviklingsløp på gang i Norge med mål om å få i drift en hydrogen-drevet ferge i 2021¹⁸. Som en del av denne prosessen forventes det at vesentlige brikker innen sikkerhet og regelverkssiden faller på plass.

¹⁰ Biofuels are already available in Amsterdam and Rotterdam:

<http://www.seatrade-maritime.com/news/americas/will-biofuels-become-significant-alternative-fuel-for-shipping.html>

¹¹ http://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&view=article&id=294

¹² 2G marin: <http://eco-1.no/2g-marine-fornybar-diesel-til-fritidsbater/>

¹³ TU: <http://www.tu.no/artikler/de-bliir-verdens-tre-forste-ferger-pa-kun-biodrivstoff/275609>

¹⁴ Ruter: <https://ruter.no/om-ruter/miljo/gassdrevne-passasjerferger/>

¹⁵ Seatrade (2016). Biofuels are already available in Amsterdam and Rotterdam: <http://www.seatrade-maritime.com/news/americas/will-biofuels-become-significant-alternative-fuel-for-shipping.html>

¹⁶ Neste, <https://www.neste.com/en/corporate-info/investors/market-data/biodiesel-prices-sme-fame>

¹⁷ The Renewable Energy Directive sets out biofuels sustainability criteria:

EU, Renewable energy directive: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>

EU, Sustainability criteria, <https://ec.europa.eu/energy/node/73>

¹⁸ Norge kan i 2021 bli verdens første som tar i bruk en hydrogenferge

<https://www.tu.no/artikler/i-2015-ble-norge-forst-ut-med-elferge-na-skal-ny-milepael-nas/358972>

Det er fortsatt betydelige barrierer som gjør at dette ikke er så aktuelt for ordinære fartøy per i dag. De mest sentrale barrierene for hydrogendrift anses å være mangler i eksisterende regelverk og utfordringer relatert til sikkerhet, samt høye kostnader og manglende infrastruktur. For hydrogendrift er det brenselcelle-teknologien som vies størst oppmerksomhet. En brenselcelle konverterer kjemisk energi til elektrisk energi i en kjemisk prosess uten forbrenning. Det finnes mange alternative brenselcelleteknologier, hver med sine spesifikke styrker og svakheter, navnet er typisk knyttet til materialvalget benyttet i cellenes membraner. Tilgjengelige brenselcelleteknologier har en elektrisk virkningsgrad på mellom 40 og 60 % (DNV GL, 2017a), avhengig av type teknologi. Det er dermed gode muligheter for å oppnå en høyere virkningsgrad enn for marine dieselgeneratorer. Flere typer brenselceller har mulighet for varmegjenvinning, noe som kan øke totalvirkningsgraden betydelig. Fordelende med brenselcelleteknologien er også at den tar bort støy og vibrasjon.

Om hydrogen til brenselcellen er generert fra fornybar energi, kan man se for seg et nullutslippsskip også i livsløpssammenheng. Brenselceller kan benyttes sammen med andre drivstoff, slik som LNG. Allerede omkring 2010 gjennomførte *Fellowship*-prosjektet storskala demonstrasjon med bruk av LNG. En marine Molten Carbonate fuel cell (MCFC) ble testet i 18 000 timer ombord på supplyskipet Viking Lady¹⁹ (DNV, 2012a; 2013). Den 330 kW store brenselcellen fungerte som hjelpemotor til strømforsyningen (ikke til framdrift). Dette prosjektet har rapportert at de etter optimalisering av systemet oppnådde en totalvirkningsgrad på 71% (DNV GL, 2017a).

EMSA har nylig gjennomført en teknisk studie der man kartla bruken av brenselceller på skip (DNV GL, 2017a). Studien ga også en oversikt over teknologier, inkl. vurdering av potensialet og begrensninger med bruk av brenselceller på skip. Av syv vurderte teknologier ble det konkludert med at Solid oxide-brenselcellen, og PEM (Proton Exchange Membrane) brenselcellen og høy-temperatur PEM var de meste lovende kandidatene for shipping. EMSA-studiet gav også en beskrivelse av dagens gjeldende standarder og regelverksutvikling, samt identifisere mangler i forhold til sikker og effektiv bruk av brenselceller i maritime applikasjoner.

Magasinet *Motorship*²⁰ rapporterer om to LNG-drevne cruiseskip til Royal Caribbean som planlegges med brenselcelle til strømproduksjon (planlagt levert i 2022 and 2024). «Nullutslippsskipet» *Race for Water* er også under uttesting²¹, hvor blant annet hydrogen og brenselcelle inngår. I Port of San Francisco ser man også på muligheten for Hydrogen-bunkring²² i forbindelse med SF-BREEZE prosjektet²³. Det rapporteres også om bruk av hydrogen som drivstoff til forbrenningsmotorer. Ulike skandinaviske selskaper²⁴ jobber også med å utvikle hydrogenprosjekter for maritim sektor. Eksempler på dette er Fiskerstrands prosjekt HYBRIDskip²⁵ og Hydrogenpiloten GKP7H2 i Grønt Kystfartsprogram (hydrogen-hurtigbåt Florø-Måløy). I andre sektorer er det også forventninger²⁶ om økt bruk av hydrogen. Produksjon av hydrogen globalt i dag er rapportert til i overkant av 50 millioner tonn per år (Maritime Knowledge Centre, TNO & TU delft, 2017).

¹⁹ <https://www.tu.no/artikler/tester-brenselcelle-pa-skip/242017>

²⁰ Fuel cells and LNG for RCCL orders: <http://www.motorship.com/news/101/ships-and-shipyards/fuel-cells-and-lng-for-rccl-orders>

²¹ Is there a future for hydrogen-powered ship propulsion? <http://www.ship-technology.com/features/featureis-there-a-future-for-hydrogen-powered-ship-propulsion-5731545/>

²² Port of San Francisco Eyes Hydrogen Bunkering: <https://shipandbunker.com/news/am/824190-port-of-san-francisco-eyes-hydrogen-bunkering>


²³ Feasibility of the SF-BREEZE: a Zero-Emission, Hydrogen Fuel Cell, High-Speed Passenger Ferry, Sandia Report SAND2016-9719, Sept 2016.

²⁴ Generating electricity via fuel cells: http://www.bunkerindex.com/news/article.php?article_id=18479

²⁵ <http://www.hydrogen.no/hva-skjer/akuteltarkiv/2016,-juli-desember/pilot-e-midler-til-fiskerstrand-verft-til-demonstrasjon-av-verdens-forste-hydrogenferge/>

²⁶ How hydrogen empowers the energy transition

<http://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2017/01/20170109-HYDROGEN-COUNCIL-Vision-document-FINAL-HR.pdf>



Kostnaden for hydrogen til bunkring på skip er sterkt avhengig av kraftprisen, for hydrogen produsert ved elektrolyse, eller gassprisen for hydrogen produsert fra naturgass. DNV GL har gjennomgått globale data, og prisen for hydrogen produsert ved elektrolyse oppgis å ligge typisk i området 30-70 NOK/kg. I tillegg til kraftpris vil salgspris for hydrogen påvirkes av lokale markedsforhold og produksjonsanleggets størrelse. For hydrogen produsert fra naturgass ligger kostnaden typisk i området 20-55 NOK/kg. Estimaten inkluderer produksjon, kompresjon, lagring og transport. For å oppnå nullutslipp ved bruk av hydrogen til bruk på skip, er det gjerne mest aktuelt med elektrolyse. Hvis hydrogenet produseres lokalt, der man benytter kraftressurser med lav nettleie eller utenfor kraftnettet, vil prisen kunne ligge på 30-35 NOK/kg i 2020 eller enda lavere.

Det er også gjennomført en mulighetsstudie for etablering av en hydrogen-verdikjede i de tre Vestlandsfylkene²⁷. Sentrale tema var evaluering av mulig etterspørsel, hvordan og hvor hydrogenproduksjon kan bli etablert samt regionens relative fordeler med tanke på hele verdikjeden. For enkelte områder kunne man aktivt søke å utrede mulige lokasjoner med tilgang på hydrogen produsert for eksempel fra overskuddskraft fra småkraftverk.

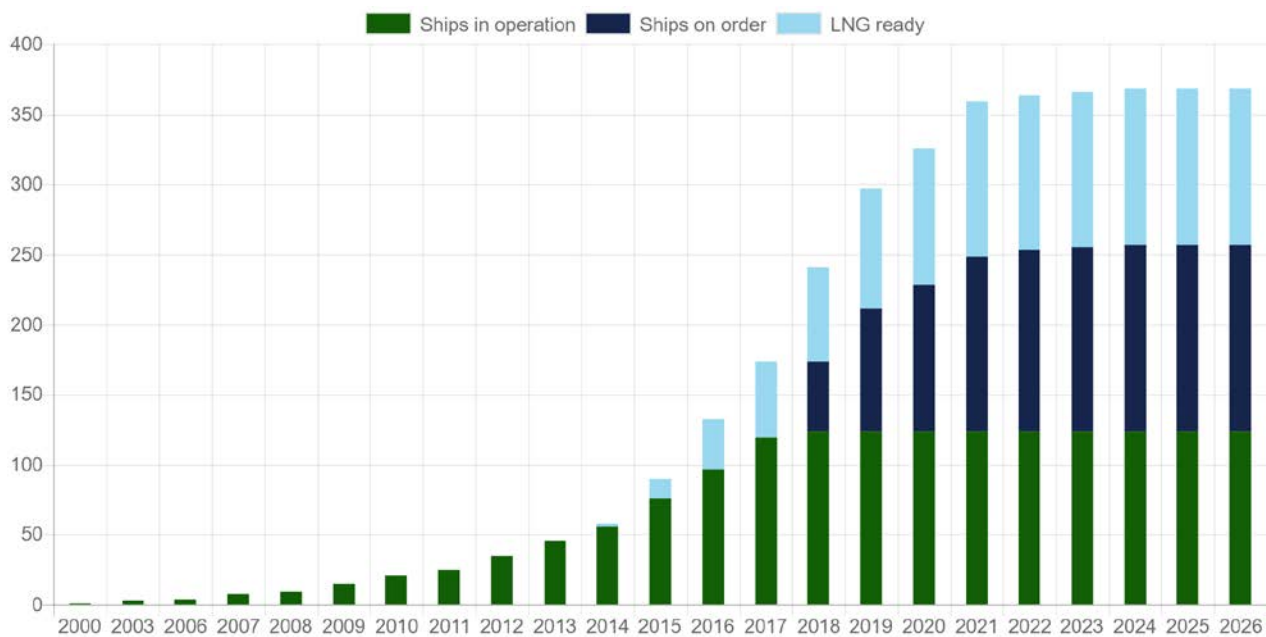
Anvendelse i passasjerfartøyer som støtte til et batteri- eller gassbasert system vil også kunne være interessant. Innfasing av hydrogen og brenselceller på fartøyene vil kunne gi nullutslipp i fremtiden. På grunn av høye investeringskostnader og høyere kostnader til investering og drift enn ved elektrifisering med batteri, forventer DNV GL at ren hydrogendrift ikke vil være kostnadseffektivt før adskillig senere enn for batterielektrisk framdrift. Der målsetningen er nullutslipp bør hydrogen i første omgang vurderes der rene batteriløsninger ikke er ansett å være hensiktsmessige.

4.2.4 LNG

Flytende naturgass, Liquefied Natural Gas (LNG), er fossil naturgass som er nedkjølt og kondensert til flytende form. Nedkjøling og kondensering er kostbart, og LNG produseres hovedsakelig for å muliggjøre transport av gass der investering i gassrør ikke egner seg, samt for lagring og oppbevaring.

LNG som drivstoff har tradisjonelt vært brukt i motorer på LNG-frakteskip, siden de allerede har drivstoffet om bord som last. Bruken på andre typer skip har imidlertid vært i sterk økning de siste 10 årene. Norge har vært i en særstilling her og har etter hvert fått en anseelig mengde helt og delvis LNG-drevne skip i sine farvann. Per oktober 2017 er det 116 LNG drevne fartøy i operasjon i verden (se Figur 4-3). Bilfergen «Glutra» ble i 2000 det første kommersielle fartøyet med ren LNG-drift. Det er også 112 bekreftede bestillinger av LNG-drevne skip. Om lag halvparten av skipene i drift har norsk opprinnelse, men det har vært en sterkt økende utenlandsk andel de siste årene. Selv om LNG er drivstoff for relativt få skip sammenlignet med verdensflåten, kan LNG likevel anses å være en moden teknologi, men kostnadseffektiv distribusjon av drivstoffet er fremdeles en utfordring mange steder. For små volum er distribusjon med tankbil oftest mest relevant og effektivt.

²⁷ <https://www.dnvgl.no/energy/publications/download/hydrogen-vestlandet-mulighetsstudie-2016.html>



Figur 4-3: LNG-skip i operasjon og bestilling per juni 2018 (LNGi portalen²⁸)

Det er få tekniske begrensninger knyttet til hvilke skip som kan anvende LNG, så lenge en har muligheter for å inkludere LNG-tank i designet. Bruken begrenses blant annet av tilgjengelighet på bunkringsinfrastruktur, og prisene i dagens marked for LNG levert til skip. Bunkringsinfrastruktur er til dels på plass i Norge, og er også under oppbygning andre steder i verden. Det er imidlertid langt igjen til en fullverdig, global infrastruktur på linje med diesel er på plass. De fleste LNG-drevne fartøy i Norge i dag får drivstoffet levert med tankbil på kai, eventuelt via mellomlagring på lokal landtank.

Avhengig av LNG-løsning kan en oppnå over 20% reduksjon av klimagassutslippene sammenlignet med dieseldrift, men reduksjonen kan også bli lavere. Dette er knyttet til nivået av utslipp av uforbrent metan (CH₄, som er en kraftig klimagass) i eksosgassen, noe som varierer med type LNG-motorteknologi. Faktisk effekt på klimagassutslipp er altså avhengig av motorteknologivalg, og et grovt antatt snitt på 10 % forbedring er ikke urimelig å legge til grunn for aktuelle fartøy om en ikke vet akkurat hvilken LNG-løsning som vil tas i bruk. Bruk av LNG gir som regel betydelig reduksjon i NO_x-utslipp, ca. 90% for løsningene som er aktuelle her. Utslipp av SO_x og partikler blir tilnærmet eliminert. I et livssyklusperspektiv kan det også være betydelige utslipp i prosessen med utvinning, lagring og transport av drivstoffet.

Sammenlignet med tradisjonelle fremdriftsløsninger vil det påløpe ekstra kostnader ved overgang til LNG, både for nybygg og eksisterende skip (pga. motorteknologi, drivstofftank og tilhørende systemer). Det er i dag en betydelig merinvestering for et LNG-drevet skip sammenlignet med en tradisjonell diesel-løsning, typisk i størrelsesorden 10-20 % av prisen på skipet. Ombyggingskostnader for eksisterende skip er ofte betydelig dyrere enn merkostnaden for LNG-løsning ved nybygging. I operasjon vil LNG-drift kunne være billigere enn oljebasert drivstoff, men dette vil være avhengig av olje- og gassprisene, samt avgiftspolitikken. Slik sett er den økte investeringen forventet å kunne tilbakebetales over noen år.

Bruken av LNG som drivstoff i skip forventes å øke vesentlig verden over, og spesielt i nærskipfarten. Sentrale drivere for denne utviklingen er utslippsreguleringer for skip i ulike farvann (MARPOL Annex VI,

²⁸ LNGi: <https://www.dnvgl.com/maritime/mydnvgl-service-overview/lngi-business-intelligence-portal-for-lng-industry.html>

særlig innen ECA, samt egne krav i EU og USA), lave gasspriser sammenlignet med olje og diesel, samt positiv profilering knyttet til bærekraftig og miljøvennlig drift.

Økt bruk av LNG i Norge vil først og fremst ha effekt på lokalforurensning gjennom eliminering av SOx og partikler, og betydelig reduksjon av NOx utslippet.

4.3 Løsningsrommet for aktuelle fartøyer

I det følgende avsnittet presenteres det teknisk-økonomiske mulighetsrommet, samt grad av implementering av teknologien for eksisterende fartøyer og nybygg for 2025, 2035 og 2050 (Figur 4-4 til Figur 4-6). Bakgrunnen for vurderingene er dagens status for de ulike drivstoffene som presentert i foregående kapittel, samt DNV GLs kunnskap om forventet teknologioptak i et fremskrivningsperspektiv.

I vurderingene benyttes en fargekode som reflekterer både teknisk egenhet for implementering og om det vil være økonomisk gjennomførbart, og dette inkluderer antatt støtte fra virkemiddelapparatet.

Grønn: Teknisk godt egnet for implementering, selv om det fortsatt vil kunne være visse barrierer. Anses som et kostandeffektivt alternativ over *gjenværende* levetid (investering sett opp mot operasjonelle besparelser).

Gul: Teknisk egnet for implementering, men har potensielt større barrierer (for eksempel umoden teknologi, investeringskostnader, forventet drivstoffpris). Anses ikke som kostnadseffektivt over *gjenværende* levetid (investering sett opp mot operasjonelle besparelser).

Rød: Teknisk ikke egnet og anes ikke relevant for implementering.

Videre er det benyttet en inndeling med prikker som angir teknologioptaket innen de ulike skipskategoriene.

- Liten grad implementert. Få til ingen skip benytter teknologien. Dette kan eksempelvis tilsi skip som har det implementert som ledd i forskning/testøyemed for teknologi under utvikling, mens det ansees som ikke egnet eller er for dyrt hvis teknologien er moden.
- Noe implementert. Teknologien er tatt i bruk til en viss grad. Dette tilsier at teknologien er moden eller nær moden, og velges for de tilfeller man finner det som en økonomisk løsning i vurdering mot andre løsninger, eller at lokale krav eller regler tilsier at denne teknologien bør velges.
- Generelt implementert. Teknologien velges på lik linje med annen tilgjengelig, moden teknologi. Den enkelte reders preferanser, eller behov i forhold til dimensjonering, rutevalg, tilgang på bunkringsinfrastruktur, lokale krav for havner som besøkes og så videre bestemmer hvilken teknologi som velges.

4.3.1 Løsningsrom i 2025

	•	••	•••			
Teknisk godt egnet	•			Liten grad implementert		
Teknisk mulig, men krevende	••			Noe implementert		
Teknisk ikke egnet	•••			Generelt implementert		

Nybygg under 70m LOA - 2025	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1-Tørr-våtbulk	•	•	•	•	•	•
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	•	•	••	•	•	•
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	•	••	•	••	••
4 - Cruiseskip	•	•	••	•	•	•
5 - Offshore supply skip og andre	•	•	••	•	•	••
6 - Brønnbåt og andre serviceskip	•	•	••	•	•	•
7 - Slepefartøy	•	•	•	•	•	•
8 - Fiskefartøy	•	•	•	•	•	•

* H2, NH3 - stempelmotor og brenselcelle

**Fast, flytende, gass



Nybygg 70-150m LOA - 2025	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1 - Tørr-våtbulk	•	•	•	•	•	•
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	•	•	••	•	•	•
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	•	•	••	•	•	••
4 - Cruiseskip	•	•	••	•	•	•
5 - Offshore supply skip og andre	•	•	••	•	•	••
6 - Brønnbåt og andre serviceskip	•	•	••	•	•	•
7 - Slepefartøy	•	•	•	•	•	•
8 - Fiskefartøy	•	•	•	•	•	•

* H2, NH3 - stempelmotor og brenselcelle

**Fast, flytende, gass

Nybygg over 150m LOA - 2025	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1 - Tørr-våtbulk	•	•	•	•	•	•
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	•	•	••	•	•	•
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	•	•	••	•	•	•
4 - Cruiseskip	•	•	•	•	•	•
5 - Offshore supply skip og andre						
6 - Brønnbåt og andre serviceskip						
7 - Slepefartøy						
8 - Fiskefartøy						

Figur 4-4: Vurdert mulighetsrom for aktuelle fartøyer samt forventet markedsdekning for 2025.

Slik DNV GL ser teknologiutviklingen i maritime bransje er det sannsynlig at hybridiseringsløsninger vil være utbredt allerede i 2025. Løsninger med batteri, biodrivstoff og til en viss grad LNG/LPG er teknologier som ansees som aktuelle i det teknisk-økonomiske løsningsrommet. Av disse er det LNG/LPG samt hybridiseringsløsninger med batteri som kan forventes at blir implementert på skipene.

4.3.1.1 Hovedbarrierer og -drivere 2025

Hovedbarrierer og -drivere for opptak av de ulike teknologiene i 2025 er presentert under.

Barrierer

- Batteri
 - Begrenset rekkevidde
 - Operasjonell fleksibilitet
 - Batterikostnader
 - Infrastruktur for lading
- Hydrogen
 - Begrenset erfaring
 - Usikker klimaeffekt
 - Høy energikostnad
 - Manglende infrastruktur
 - Kostbart
- Biodrivstoff
 - Usikker klimaeffekt
 - Begrenset tilgjengelighet
 - Kostbart
- E-Metanol
 - Usikker klimaeffekt
 - Usikkert prisbilde
 - Begrenset tilgjengelighet
- LNG/LPG
 - Begrenset klimaeffekt
 - Begrenset tilgjengelighet

Drivere

- Nasjonalt
 - Vedtak om elektrifisering av ferger og hurtigbåter
- Internasjonalt
 - IMO's klimastrategi

4.3.2 Løsningsrom i 2035

	•	••	•••			
Teknisk godt egnet	•			Liten grad implementert		
Teknisk mulig, men krevende	••			Noe implementert		
Teknisk ikke egnet	•••			Generelt implementert		

Nybygg under 70m LOA - 2035	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1-Tørr-våtbulk	••	••	••	•	•	••
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	••	••	••	•	•	•••
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	••	••	••	•••	•••
4 - Cruiseskip	••	••	••	•	•	•••
5 - Offshore supply skip og andre	••	••	••	••	•	•••
6 - Brønnbåt og andre serviceskip	••	••	••	••	••	•••
7 - Slepefartøy	••	••	••	••	••	•••
8 - Fiskefartøy	••	••	••	••	••	•••

* H2, NH3 - stempelmotor og brenscelle

**Fast, flytende, gass

Nybygg 70-150m LOA - 2035	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1 - Tørr-våtbulk	••	••	••	•	•	••
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	••	••	••	•	•	•••
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	••	••	••	••	•••
4 - Cruiseskip	••	••	••	•	•	•••
5 - Offshore supply skip og andre	••	••	••	••	•	•••
6 - Brønnbåt og andre serviceskip	••	••	••	••	••	•••
7 - Slepefartøy	••	••	••	••	••	•••
8 - Fiskefartøy	••	••	••	••	••	•••

* H2, NH3 - stempelmotor og brenscelle

**Fast, flytende, gass

Nybygg over 150m LOA - 2035	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1 - Tørr-våtbulk	••	••	••	•	•	••
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	••	••	••	•	•	•••
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	••	••	•	•	•••
4 - Cruiseskip	••	••	••	•	•	•••
5 - Offshore supply skip og andre						
6 - Brønnbåt og andre serviceskip						
7 - Slepefartøy						
8 - Fiskefartøy						

* H2, NH3 - stempelmotor og brenscelle

**Fast, flytende, gass

Figur 4-5: Vurdert mulighetsrom for aktuelle fartøyer samt forventet markedsdekning for 2035.

I 2035 vil relativt mange teknologier ansees som aktuelle i det teknisk-økonomiske løsningsrommet. Av disse er det hybridiseringsløsninger med batteri som kan forventes at i størst mulig grad blir implementert på skipene, etterfulgt av biodrivstoff, E-Metanol (syntetisk, karbonnøytral metanol) og LNG/LPG. Siden disse tre er drivstoff vil valg av teknologi bl.a. begrunnes med bunkringsinfrastruktur, drivstoffkostnader og reders preferanser. I 2035 kan det også forventes at hydrogen og eventuelt ammoniakk (NH3) blir stadig mer utbredt.

4.3.2.1 Hovedbarrierer og -drivere 2035

Hovedbarrierer og -drivere for opptak av de ulike teknologiene i 2035 er presentert under.

Barrierer

- Batteri
 - Rekkevidde
- Hydrogen
 - Usikker klimaeffekt
 - Høy energikostnad
 - Usikker infrastruktur
 - Usikkert prisbilde
- Biodrivstoff
 - Usikker klimaeffekt
 - Usikkerhet vedr. tilgjengelighet
 - Usikkert prisbilde
- E-Metanol
 - Usikker klimaeffekt
 - Usikkert prisbilde
 - Begrenset tilgjengelighet
- LNG/LPG
 - Begrenset klimaeffekt

Drivere

- IMO's klimastrategi
- Forbrukerbevissthet og -forventninger
- Disruptiv teknologi

4.3.3 Løsningsrom i 2050

	•	Liten grad implementert
	••	Noe implementert
	•••	Generelt implementert
Teknisk godt egnet	•	Liten grad implementert
Teknisk mulig, men krevende	••	Noe implementert
Teknisk ikke egnet	•••	Generelt implementert

Nybygg under 70m LOA - 2050	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1-Tørr-våtbulk	••	••	••	••	•	••
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	••	••	••	••	•	•••
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	••	••	••	•••	•••
4 - Cruiseskip	••	••	••	••	•	•••
5 - Offshore supply skip og andre	••	••	••	••	••	•••
6 - Brønnbåt og andre serviceskip	••	••	••	••	••	•••
7 - Slepefartøy	••	••	••	••	••	•••
8 - Fiskefartøy	••	••	••	••	••	•••

* H2, NH3 - stempelmotor og brenselcelle

**Fast, flytende, gass

Nybygg 70-150m LOA - 2050	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1 - Tørr-våtbulk	••	••	••	••	•	••
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	••	••	••	••	•	•••
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	••	••	••	••	•••
4 - Cruiseskip	••	••	••	•	•	•••
5 - Offshore supply skip og andre	••	••	••	••	••	•••
6 - Brønnbåt og andre serviceskip	••	••	••	••	••	•••
7 - Slepefartøy	••	••	••	••	••	•••
8 - Fiskefartøy	••	••	••	••	••	•••

* H2, NH3 - stempelmotor og brenselcelle

**Fast, flytende, gass

Nybygg over 150m LOA - 2050	Biodrivstoff**	E-Metanol	LNG/LPG	H2/NH3*	Fullelektrisk	El-hybrid
1 - Tørr-våtbulk	••	••	••	••	•	••
2 - Stykkgoods/Roro-skip/Konteiner	••	••	••	••	•	•••
3 - Passasjerbåt og Ro-Pax	••	••	••	••	•	•••
4 - Cruiseskip	••	••	••	•	•	•••
5 - Offshore supply skip og andre						
6 - Brønnbåt og andre serviceskip						
7 - Slepefartøy						
8 - Fiskefartøy						

* H2, NH3 - stempelmotor og brenselcelle

**Fast, flytende, gass

Figur 4-6: Vurdert mulighetsrom for aktuelle fartøyer samt forventet markedsdekning for 2050.

Det er vanskelig å forutsi hvordan teknologioptaket vil være i 2050, og det er naturlig nok knyttet mye usikkerhet til fremskrivningen gitt over. Imidlertid ansees det som sannsynlig at hydrogen og ammoniakk vil få en ytterligere utbredelse. Bakgrunnen for dette er forbedring i effektivitet og kostnad på brenselcellene som drivstoffene er tenkt benyttet i. Videre kan man se for seg fullelektriske løsninger for flere skips kategorier og -størrelser. Som nevnt er det knyttet usikkerhet til fremskrivning så langt fram i tid, og det er sannsynlig at disruptiv teknologi og endring i regelverk vil påvirke bildet, uten at det er mulig å angi for et sannsynlig scenario i 2050 per dags dato.

4.3.3.1 Hovedbarrierer og -drivere 2050

Hovedbarrierer og -drivere for opptak av de ulike teknologiene i 2050 er presentert under.

Barrierer

- Batteri
 - Begrenset rekkevidde
- Hydrogen/NH₃
 - Usikker klimaeffekt
 - Usikker energikostnad
 - Usikkert prisbilde
- Biodrivstoff
 - Usikker klimaeffekt
- E-Metanol
 - Usikker klimaeffekt
- LNG/LPG
 - Begrenset klimaeffekt

Drivere

- Forbrukerveissthet og -forventninger
- Disruptiv teknologi
- Regelverksendringer/krav

5 STØTTEORDNINGER OG REGULATORISKE DRIVERE

Støtteordninger og regulatoriske drivere er viktige å ha med i vurderingen av teknologioptak på både kort og lang sikt. Grunnen til dette er at støtteordninger som finnes i dag påvirker hvilken teknologi som blir prioritert, og medfører et hurtigere teknologioptak enn man ville sett uten støtteordningene. Disse støtteordningene er ofte satt opp som virkemidler for å støtte opp rundt regulatoriske krav eller forventninger fra myndigheter. Således er regulatoriske krav og eventuelle støtteordninger interessant også i et lengre perspektiv, da innføring av nye krav medfører at bransjen må finne løsninger for å oppfylle kravene, og opptak av ny teknologi drives i stor grad av disse kravene.

5.1 Støtteordninger

Selv om mange null- og lavutslippsløsninger har potensiale til å redusere operasjonelle utgifter over tid, viser erfaringene at de beste alternativene krever til dels betydelige merinvesteringer. Dette er knyttet til utstyr og infrastruktur på land (for eksempel for lading av elektrisk drevne fartøy), og til teknologi på skipene, slik som batterier og tilhørende systemer og tilpasninger.

Slik man har sett gjennom utlysning av offentlige fergeanbud, kan potensialet for støtte fra virkemiddelapparatet for å dekke slike merkostnader være betydelig for maritime null- og lavutslippsprosjekter. Det vil i hovedsak være støtteordningene under Enova og NOx-fondet som vil være aktuelle, og erfaringene har vist at det er mulig å kombinere støtte fra begge hold.

For tiltak som omfatter investeringer på både landsiden og på skip, for eksempel batteridrevne skip med lading fra land, har Enova og NOx-fondet kommet frem til at det er hensiktsmessig om Enovas tilsagn omfatter investeringer i infrastruktur på land, mens NOx-fondet støtter investeringer på skipet. Dette vil i de aller fleste tilfeller også gi prosjektet den høyeste totale støtterammen.

Støtte fra NOx-fondet

Dagens avtale om NOx-fondet er akkurat fornyet for perioden 2018-2025. Slik sett er det DNV GLs vurdering at NOx-fondet vil kunne spille en viktig rolle i å fasilitere teknologiske endringer i den norske flåten de nærmeste årene. Fartøy med fremdriftsmaskineri mindre enn 750 kw faller utenfor NOx-fondordningen, også med ny avtale.

I utgangspunktet er alle tekniske tiltak som reduserer NOx-utslipp aktuelle for støtte, både tiltak som reduserer drivstofforbruket (og dermed indirekte reduserer NOx-utslippet) og tiltak som reduserer NOx-faktoren på motoren.

Støtte fra Enova²⁹

Enova gir støtte til tiltak som reduserer bruken av drivstoff på skip. Både drivstoffreduserende tiltak og overgang til alternativt drivstoff kan støttes. Erfaringene fra fergesektoren viser at det har vært hensiktsmessig at anbudsutlyser (ikke rederiene) søker støtte fra Enova for investeringer på landsiden (ladeinfrastruktur og oppgradering av kraftnett i tilfelle elektrisk drift). Enova har det siste året ved flere anledninger støttet etablering av infrastruktur på land for lading av elektriske ferger.

Enovas tildelingskriterier har lagt klare føringer for gjennomføringen av flere fergeanbudskonkurranser de seneste årene, og for hvordan miljøkriteriene har vært satt. Det sentrale aspektet med Enovas

²⁹ <https://www.enova.no/bedrift/transport/tema/ok-konkurranskraften-i-maritim-sektor/>

støtteordninger er kravet om at støtten skal være «utløsende», og hvordan dette tolkes i dag. Man må være oppmerksom på at for søknader til Enova vil lønnsomhetsbetraktninger være sentralt, spesielt for hydrogen. Negativ lønnsomhet kan være problematisk, ettersom Enova er opptatt av at teknologiene må ha et potensiale til å bli lønnsomme slik at støtte på sikt kan trappes ned. Samtidig kan ikke prosjektene være så lønnsomme at støtte er unødvendig.

Andre støttemuligheter:

Det finnes også andre instrumenter som kan være aktuelle. Her kan nevnes:

- PILOT-E³⁰ er et finansieringstilbud til norsk næringsliv, etablert av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova. Målet med ordningen er at helt nye produkter og tjenester innen miljøvennlig energiteknologi skal bli raskere utviklet og tatt i bruk for å bidra til utslippskutt både i Norge og internasjonalt. Det rapporteres at «The Fjords» fikk støtte gjennom denne ordningen.³¹
- Innovasjon Norge sitt *Kondemneringstilskudd*³² på inntil 2 millioner kroner til skip i nærskipfart skal bidra til at eldre skip i norske farvann skrapes, og erstattes med nyere og mer bærekraftig kapasitet. Kondemneringsfartøy og skip under 500 DWT vil kun unntaksvis kvalifisere.
- Innovasjon Norge sin *Miljøteknologiordningen*³³ tilbyr offentlig finansiering til å bygge pilot- og demonstrasjonsanlegg. Tilskuddet reduserer risikoen i prosjektet for de øvrige investorene.

Som vi gjennomgår nedenfor i pkt. 5.4.2 og 6.3, så er miljøstøtteregulverket og de nasjonale ordningene i stadig endring og utvikling. Det vil derfor være gode muligheter for å få innført nye ordninger eller nødvendige justeringer i eksisterende ordninger dersom den miljømessige gevinsten kan dokumenteres.

5.2 Reguleringer av maritim bransje

For å sikre samsvar med regelverk eller å for å kunne ta de riktige forretningsmessige avgjørelsene er det avgjørende å forstå samfunnets forventninger til shipping, og hvordan dette vil forme fremtidige regelverk.

I løpet av de siste tiårene har den maritime industrien møtt en rekke miljøkrav. Videre vil den globale svovelgrensen, NOx-krav i ECA og krav til rensing av ballastvann påvirke maritim transport de neste fem årene, mens klimagassutslippene vil være den største utfordringen i et lengre perspektiv.

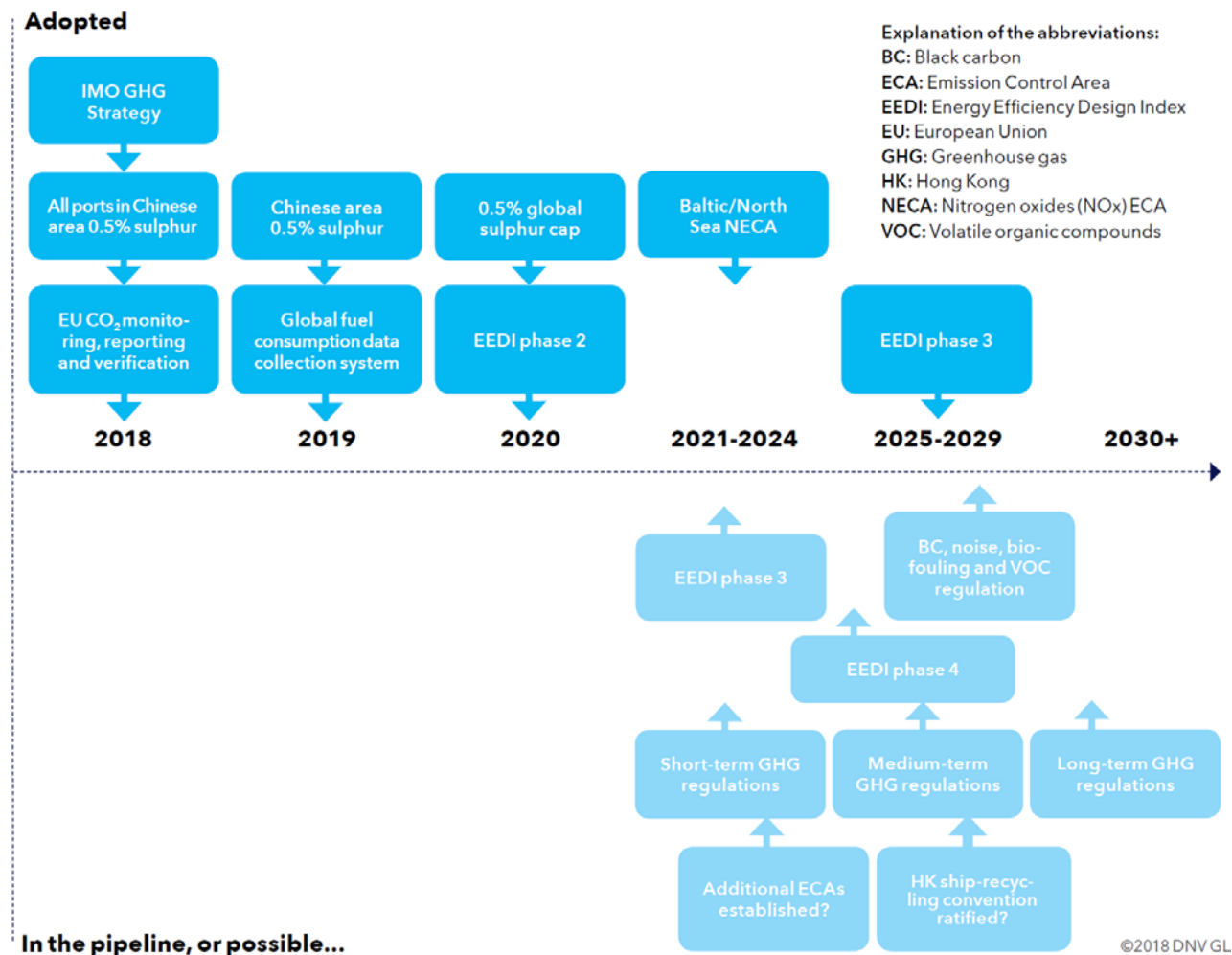
Sikkerhetsvurderinger knyttet til ny miljøteknologi og drivstoff vil være instrumentell for hvordan bransjen utvikler seg og for hvordan den vil være i stand til å takle utfordringer knyttet til digitalisering som cyberrisiko, autonomi og kontrollsystemer.

³⁰ <https://www.enova.no/pilot-e/>

³¹ <http://www.mssfj.no/news/detail/2017/06/02/brodrene-aa-bygger-future-of-the-fjords/>

³² <http://www.innovasjon norge.no/no/Nyheter/styrker-kondemneringsordningen-for-gronnere-narskipfart/>

³³ <http://www.innovasjon norge.no/no/finansiering/miljoteknologi/>



Figur 5-1: Implementerte og mulig framtidige regulering av internasjonal skipsfart

5.2.1 SO_x-begrensninger

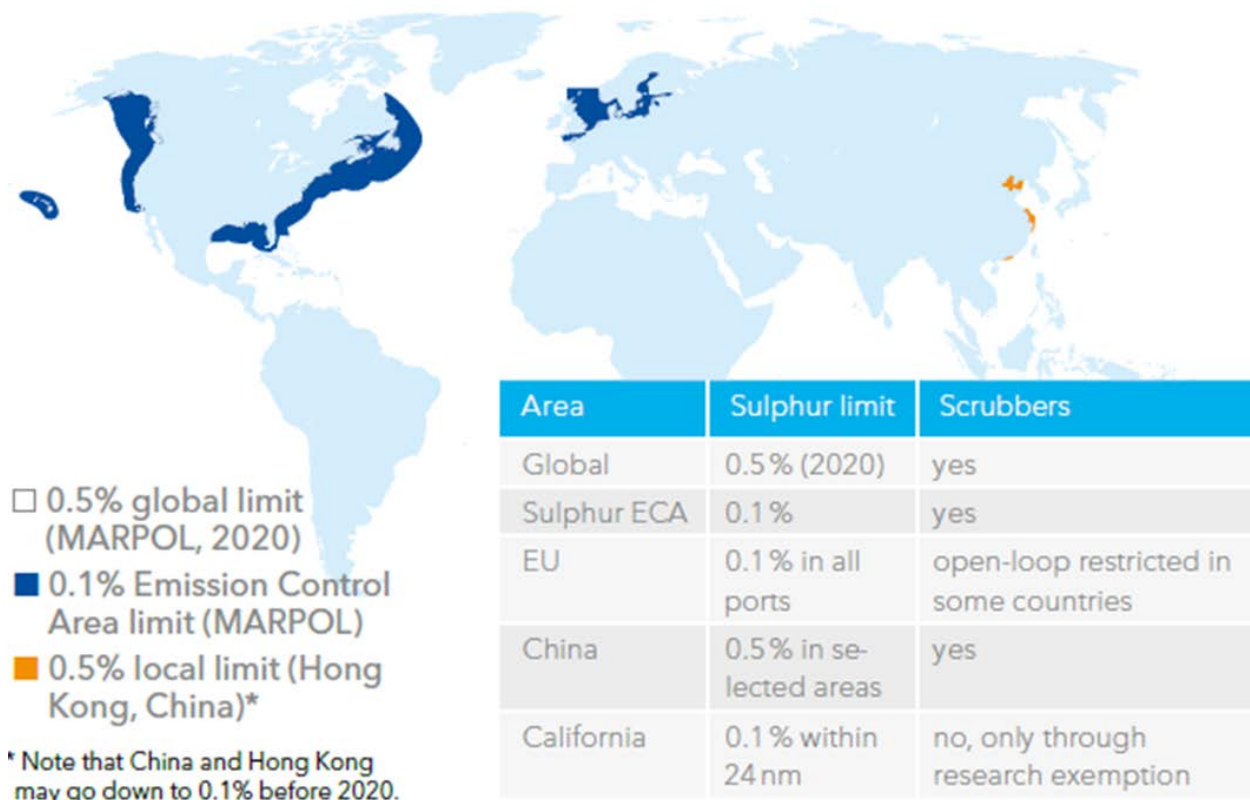
IMO har bestemt at det globale kravet til maksimalt svovelinnhold på 0,50% i drivstoff vil bli implementert fra 1. januar 2020. Beslutningen er endelig og vil ikke bli reforhandlet.

Skipsoperatørene må således beslutte hvilken teknologiske løsning de skal velge for å kunne operere, og denne beslutningen vil kunne ha betydelige operasjonelle og finansielle konsekvenser. Det finnes ingen enkel løsning som vil passe alle; scrubber, LNG og "hybrid"-drivstoff er alle realistiske alternativer. Imidlertid forventes de fleste fartøyene i utgangspunktet å benytte drivstoff med 0,5% svovelinnhold som standard. Lokal tilgjengelighetsproblematikk og prisvolatilitet vil måtte forventes som konsekvenser av de dramatiske endringene i drivstoffeterspørsel som vil kunne forventes etter 1. januar 2020. I en overgangsperiode vil det også kunne forventes å være vanlig med overskridelser, spesielt på grunn av utilstrekkelig rensing av drivstofftanker både på land og på fartøy.

Når det gjelder regionale og nasjonale saker, bør det bemerkes at EUs rammedirektiv for vann vil legge begrensninger for utslipp av scrubbervann (vann benyttet til eksosrensing i en scrubber). Belgia og Tyskland har forbudt utslipp av scrubbervann i de fleste områder, noe som begrenser driften av åpne scrubberløsninger (man kan benytte åpen scrubberløsning med sjøvann, lukket løsning med kjemikalier, eller en hybridløsning). Lignende restriksjoner gjelder også i deler av USA, for eksempel i Connecticut.

I Asia arbeider Kina med utarbeidelse av forskrifter for nasjonale SECA-lignende krav (SECA – Sulphur Emission Control Area; områder med strenge krav til svovelinnhold i drivstoff for å begrense utslipp). Disse gjelder for havområdene utenfor Hong Kong/Guangzhou og Shanghai, og i Bohaihavet. Kina tar en stegvis tilnærming, der kravet i utgangspunktet er på maksimalt 0,5% svovelinnhold i drivstoff benyttet i hovedhavnene. Gradvis utvides kravområdet for til slutt å gjelde alt drivstoff som brukes i havområdene fra 2019 og fremover. Det er også mulig at kravene vil innstrammes ytterligere, til maksimalt 0,1% svovel i 2020, og at en formell ECA-søknad sendes til IMO. Det er ikke usannsynlig at slike soner blir utvidet til å dekke ytterligere kinesiske havområder.

Utover det globale svovelkravet berører ikke de øvrige reguleringene beskrevet over skip i norske farvann direkte. Imidlertid vil skip som seiler utover norske farvann berøres av krav for områder de opererer i, hvilket betyr at både nærskipstrafikk og deep sea-fartøy som opererer i norske farvann vil kunne måtte innføre tiltak for å oppfylle kravene. Videre viser innføring av nye nasjonale og regionale krav at det er et økt fokus på miljø som igjen påvirker reguleringer og krav. som nevnt i kapittel 5 påvirker reguleringer opptak av ny teknologi. En potensiell effekt av innføring av strenge krav kan også være en tidlig fornying av flåten for å møte kravene.



Figur 5-2: Oversikt over SOx-begrensninger i ulike regioner

5.2.2 Klimagassutslipp

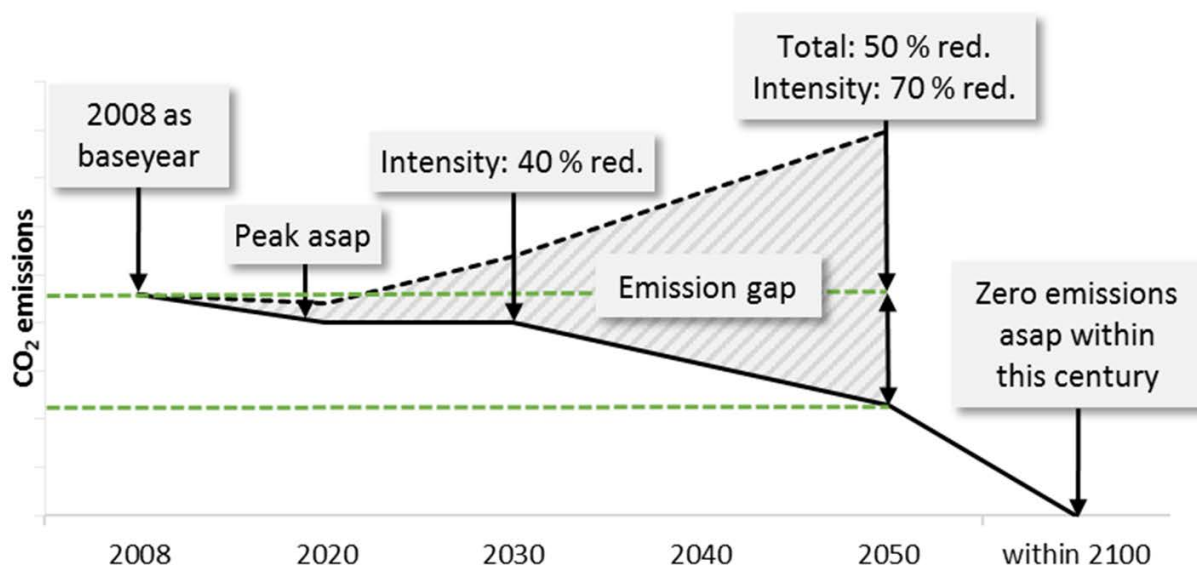
Da Parisavtalen ble vedtatt i 2015 som et svar på faren for global oppvarming, ble shipping og luftfart ikke inkludert. I stedet ble IMO forventet å komme med egne bidrag til å redusere drivhusgassutslippene. I april 2018 vedtok IMO en strategi for å redusere drivhusgassutslipp fra shipping. Denne tar sikte på å redusere totale drivhusgassutslipp med minst 50% innen 2050, og redusere gjennomsnittlig karbonintensitet (CO₂ per tonnkilometer) med minst 40% innen 2030 mens den sikter mot 70% i 2050 - alle tall med utgangspunkt i 2008. Visjonen til IMO er å totalt utfase klimagassutslippene så snart som

mulig innen dette århundret. Dette er en innledende strategi som vil bli revurdert i 2023 basert på informasjon samlet fra IMO Data Collection System (DCS)³⁴ og en fjerde IMO GHG-studie³⁵ som skal gjennomføres i 2019.

Ettersom shippingaktiviteten er forventet å fortsette å vokse mot 2050, er målet om 50% reduksjon av utslipp ambisiøst og vil mest sannsynlig kreve utbredt opptak av null- eller nær null-utslippsløsninger, i tillegg til andre energieffektiviseringsløsninger. Karbonfritt drivstoff er ikke tilgjengelig i dag i tilstrekkelige mengder. Det er behov for en samordnet forskningsinnsats både for å utvikle slike drivstoff samt gjøre dem tilgjengelig i nødvendige mengder og til akseptable priser.

Å møte ambisjonene i strategien vil kreve at IMO beslutter nye politiske tiltak og forskrifter. Selv om ingenting er avtalt, inneholder strategien en lang liste over mulige mål. Eksempler er styrking av EEDI (Energy Efficiency Design Index; krav for nye skip for å sikre at energieffektivt utstyr og maskineri benyttes), anvendelse av driftsindikatorer (måleparametre fra drift av skip som gjør det mulig å finne driftsoptimaliseringer), hastighetsoptimalisering/reduksjon, markedsbaserte tiltak og utvikling av karbonfritt/nøytralt drivstoff. Arbeidet med å utarbeide en handlingsplan, og dermed startet arbeidet med de faktiske tiltakene, vil starte høsten 2018.

Mens det på kort sikt forventes en begrenset innvirkning på bransjen, må innsatsen for å nå målene trappes opp over de kommende årene, og reelle innvirkninger må synliggjøres allerede i 2020-årene. I et mer langsiktig perspektiv fram mot 2050 kan det forventes at implementeringen av strategier for dekarbonisering fundamentalt vil forandre hvordan skip utformes og opereres.



Figur 5-3: IMO's mål for reduksjon av klimagassutslipp fra shipping

³⁴ IMO DCS Overvåking av drivstofforbruk og andre relevante data for energieffektivisering. Innført av IMO for å bidra til reduksjon i klimagassutslippene.

³⁵ IMO's GHG-studier er en serie studier som kvantitativt analyserer verdensflatens GHG-utslipp og utvikling av denne for i første omgang å ha kontroll med utslippene, og senere for å kunne måle utslippsreduksjoner

5.2.3 NO_x-utslipp

NO_x Tier III kravene har allerede trådt i kraft i nordamerikanske ECA for skip bygget 1. januar 2016 eller senere. Alle som bygger et skip i dag, må vurdere om drift i de nordamerikanske ECA-ene vil være en del av operasjonsmønsteret ved levering, eller om det i fremtiden vil være det. I så fall vil NO_x-reduserende tiltak kreves ombord på skipet.

IMO har også vedtatt NO_x Tier III krav til skip som opererer i ECA i Nordsjøen og Østersjøen. Dette gjelder for skip bygget 1. januar 2021 eller senere. Det er for tiden ingen indikasjoner på at andre NO_x Tier III-områder vil bli innført med det første.

5.2.4 Kommende temaer

Det er en rekke miljøspørsmål som behandles hos IMO så vel som innenlands i ulike land. Disse dekker et bredt spekter av emner som plast, virkningen av støy på hvaler, partikkelutslipp, begroing og forbud mot tungolje i Arktis. Disse er på forskjellige stadier av implementering, f.eks. har New Zealand introdusert regelverk ift. begroing i mai 2018, mens plast og et arktisk HFO-forbud er under behandling hos IMO. Det er en viss sannsynlighet for at de fleste av disse kan bli innført over det neste tiåret.

5.2.5 Autonome skip

Autonome og ubemannede mindre fartøy har vært i bruk i noen år, men har vært unntatt fra internasjonale maritime reguleringer. Det er for tiden flere planlagte prosjekter med større autonome skip (ubemannet og fjernstyrt). Disse er alle i nasjonale farvann og får tillatelse til å seile fra nasjonale myndigheter som ledd i forskning og utvikling. Arbeidet med de internasjonale forskriftene startet i IMO i 2017 med en studie som skal oppsømmere dagens kunnskap om emnet. Dette studiet er ment å identifisere "showstoppere" for autonome skip og forventes ferdigstilt i 2020. Det er behov for ytterligere arbeid på de ulike internasjonale konvensjonene og dette arbeidet har bare delvis startet.


Sammenlignet med arbeidet med IGF-koden³⁶ (som tok 17 år fra det første LNG-skipet seilte i nasjonale norske farvann til koden trådte i kraft), antas det optimistisk sett at internasjonale regler for autonome skip kan være på plass innen 2035. Allikevel kan det være et antall autonome skip som seiler i nasjonale farvann under nasjonale krav det neste tiåret. Allerede nå ser vi i Norge et økt fokus på autonome skip, blant annet ved Yara Birkeland. Med tanke på norske teknologibedrifters interesse i autonomi er det sannsynlig med en ytterligere posisjonering for Norge som sjøfartsnasjon som benytter autonomi, noe som sannsynligvis vil bety ytterligere fartøy i norske vann med denne teknologien. eknologileverandører og maritime bedrifter

5.2.6 Interessenters forventninger

Uavhengig av regelverk forsøker en god del selskaper i økende grad å gjøre sine verdikjeder grønnere, og redusere sine karbonavtrykk. Denne utviklingen er drevet av faktorer som forbrukerpreferanser og påtrykk fra investorer, politikere, frivillige organisasjoner og forbrukerne. For selskaper som innfører høyere standarder kan det øke synligheten samt gi konkurransefortrinn. Som nevnt kreves det nå lav- eller nullutslippsløsninger ved offentlige fergeanbud i Norge. Et annet eksempel er finanssektorens krav til klimarisikovurdering og synliggjøring av dette, som også kan bli vanlig om noen år.

Over de siste tiårene har bærekraft endret seg fra å være et fag diskutert av frivillige organisasjoner og akademikere, til et sentralt emne i styrerom og den finansielle verden. Å oppnå langsiktig verdi for aksjonærer og interessenter gjennom bærekraftig miljø-, sosial og styringspolitikk har blitt et sentralt fokus for mange selskaper. I 2015 vedtok FN "2030 Agenda for Sustainable Development"; et globalt

³⁶ Sikkerhetsforskrift for skip som bruker gass eller drivstoff med lavt flammepunkt



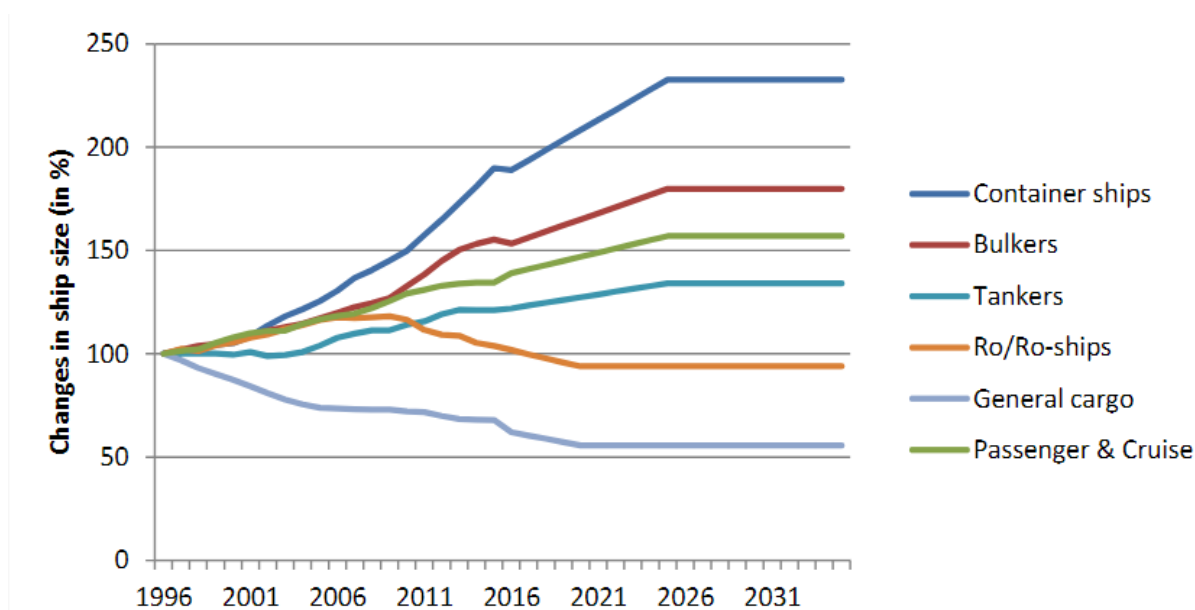
rammeverk som inkluderer et ambisiøst sett med 17 bærekraftsmål (Sustainable Development Goals - SDG) og 169 tilknyttede mål. Målene vil stimulere til handling mot 2030 på områder av kritisk betydning for mennesker, planeten og velstand.

SDG-ene gir en ekstraordinær mulighet for bedrifter å tilpasse sine strategier og forretningsmodeller til globale bærekraftsbehov. Som en global næring har shipping en viktig rolle å spille for å møte mange av målene³⁷. I norsk perspektiv vil nok dette ha betydning inne flere sektorer. Et eksempel er at noen norske rederier sannsynligvis vil benytte muligheten til å gjøre sine operasjoner «grønnere», mens andre rederier vil bli tvunget til det på bakgrunn av vareeierens krav og forventninger. Videre vil sannsynligvis sjømatnæringen få ytterligere forventninger til å levere fersk mat med så lavt miljøfotavtrykk som mulig. Dette er eksempler som igjen vil påvirke hvilke fartøy disse næringene bestiller og benytter, og hvilken teknologi disse fartøyene benytter.

³⁷ <https://www.rederi.no/globalassets/dokumenter-en/all/fagomrader/smi/dnv-gl-sdg-maritime-report.pdf>

6 FORVENTET UTVIKLING I SKIPSTØRRELSER

I sin siste rapport fra International Transport Forum (ITF), har OECD vurdert utvikling i skipsstørrelse på den internasjonale skipsflåten fram mot 2035 (ITF, 2018). Deres konklusjon er skipskategorier hvor skipsstørrelsen har vært nedadgående vil stabilisere seg på nåværende nivå. For kategorier hvor størrelsen har økt forventes det at trenden fortsetter på dagens nivå fram mot ca. 2025, før man ser en generell utflating til platånivå. Bakgrunnen er at man regner med at man har optimalisert stordriftsfordelene ved store skip innen dette tidspunktet, og at størrelsesveksten derfor opphører.

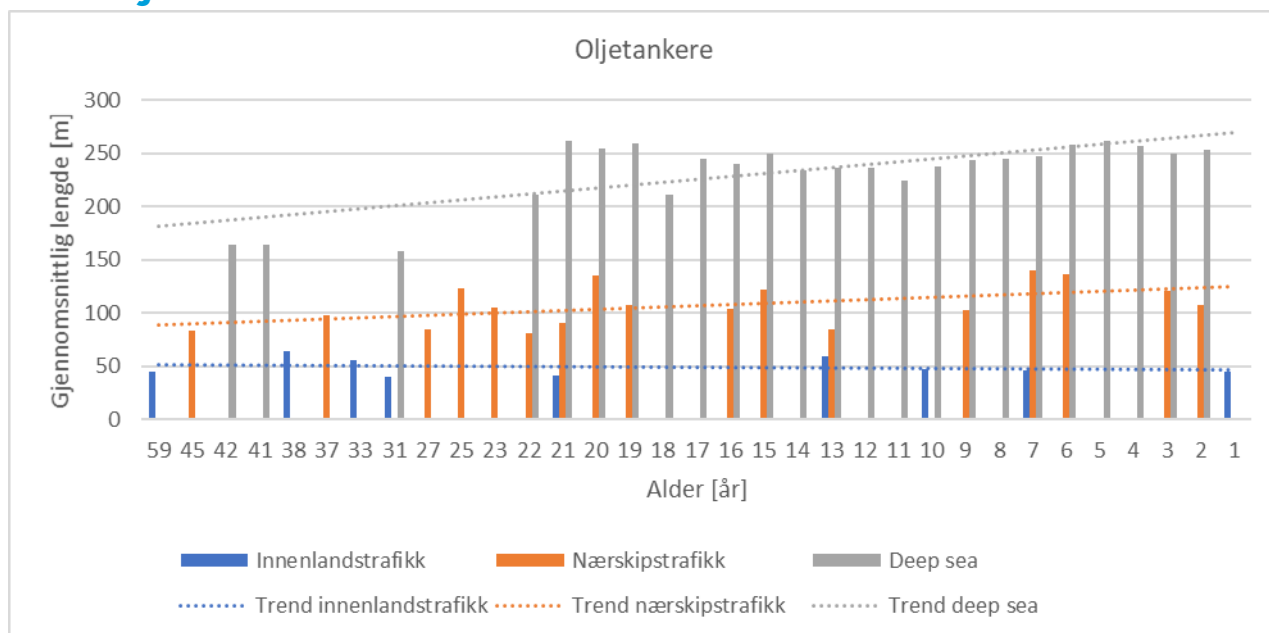


Figur 6-1: ITF prognose på utvikling i skipsstørrelse fram mot 2035

ITFs prognose gjelder som nevnt for den internasjonale skipsflåten og gir en indikasjon på den generelle trenden. I studier DNV GL har gjennomført for Kystverket om havner (Kystverket, 2016) (DNV GL 2017b), nevnes mudring/fordyping som viktige tiltak både i farled og havn for å kunne ta større skip. Siden dette er kostbare tiltak, indikerer det at havnene har prioritert kaiforlengelse/utdyping for å møte en forventet utvikling i markedet.

Imidlertid er det en rekke forhold som påvirker utvikling for skip som har aktivitet i norske farvann. Med bakgrunn i dette er det i de følgende kapitlene forsøkt å detaljere hvordan utviklingen kan bli per skipstype spesifikt i norske farvann. For hver skipstype er det angitt en figur som viser gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på fartøyene. Denne fremstillingen er ment å gi en oversikt over typiske størrelser man finner i norske farvann i dag. Figurene baserer seg på samme AIS-data som i kapittel 3. Figurene kan også gi en indikasjon på størrelsesutvikling, samt informasjon om innfasing/utfasing av størrelseskategorier.

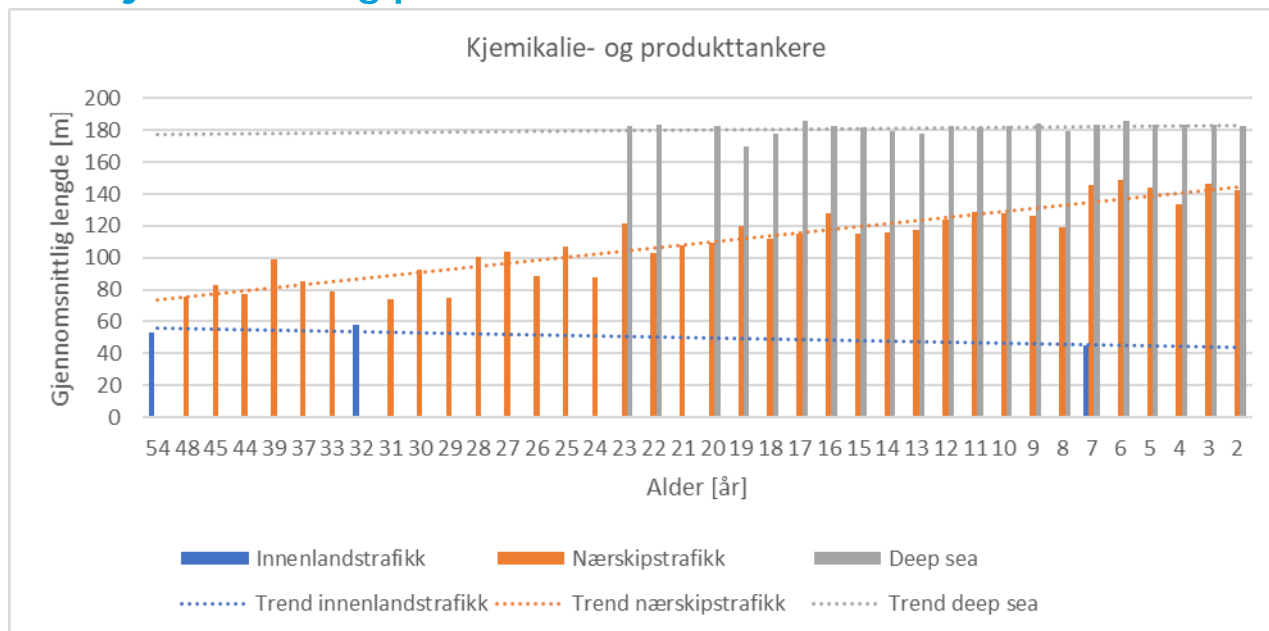
6.1 Oljetankere



Figur 6-2: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på oljetankere

For nye bunkringsfartøyer er 4800dwt og lengde rundt 80m blitt en standard størrelse. For øvrig forventes det ingen endring i størrelse på fartøyene, utover at de største tankerne vil ha en nedgang i trafikkmengde.

6.2 Kjemikalie- og produkttankere



Figur 6-3: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på kjemikalie- og produkttankere

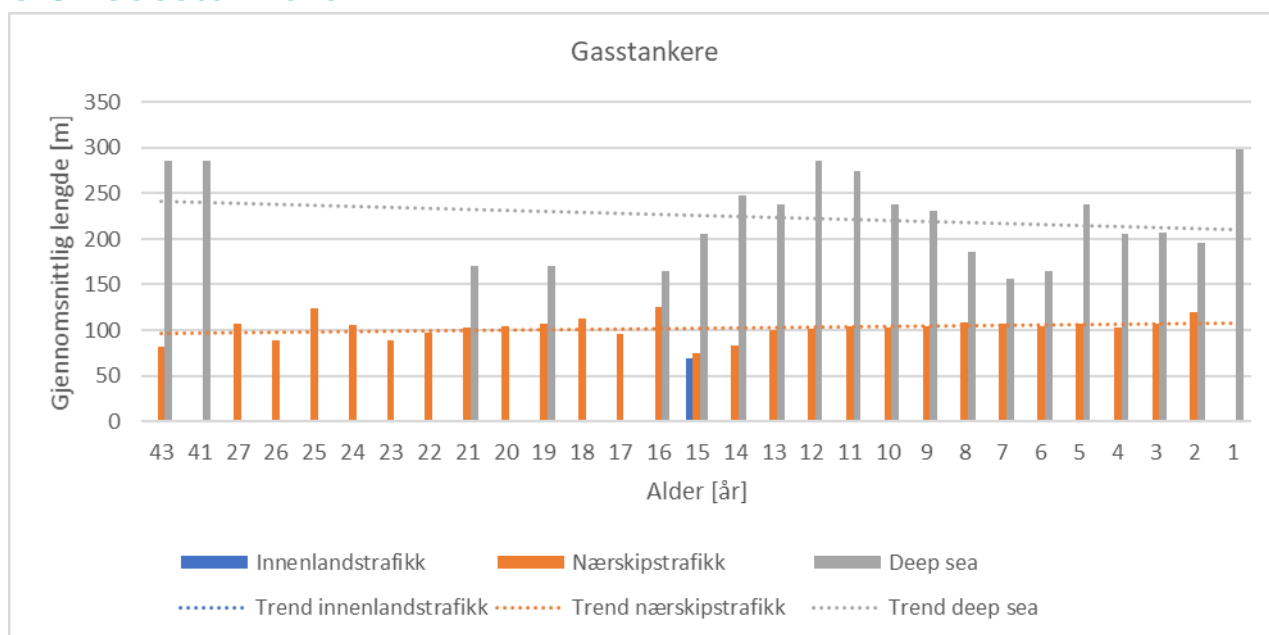
1.januar 2016 ble det innført krav til inertgass-system³⁸ på nye fartøy over 8000dwt, det vil si typisk 110m. Man kan derfor forvente at man får en gruppe kjemikalie- og produkttankere rett under denne

³⁸ Inertgass er en ikke-reagerende gass. Den benyttes som teppegass på toppen av brennbær væske, samt erstatter denne når tenken tømmes, for å redusere eksplosjonsfare.

størrelsesgrensen. Videre gjelder Common Structural Rules (CSR)³⁹, innført 1. juli 2015, for fartøy over 150m. Dette vil med sannsynlighet medføre at man får en gruppe fartøyer rett under denne størrelsesgrensen.

Det er per dags dato en del kjemikalie- og produkttankere som frakter råolje fra mindre raffinerier i Russland. For kjemikalie- og produkttankere under 20 000dwt er det ingen *tekniske* begrensninger som forhindrer dem fra å frakte råolje. Disse er typisk i størrelsesorden 14-15000dwt, det vil si ca. 220m. Med økt lete- og utvinningaktivitet i nordområdene kan man dermed forvente en økt mengde fartøyer som passerer norskekysten i størrelsesorden 220m.

6.3 Gasstankere

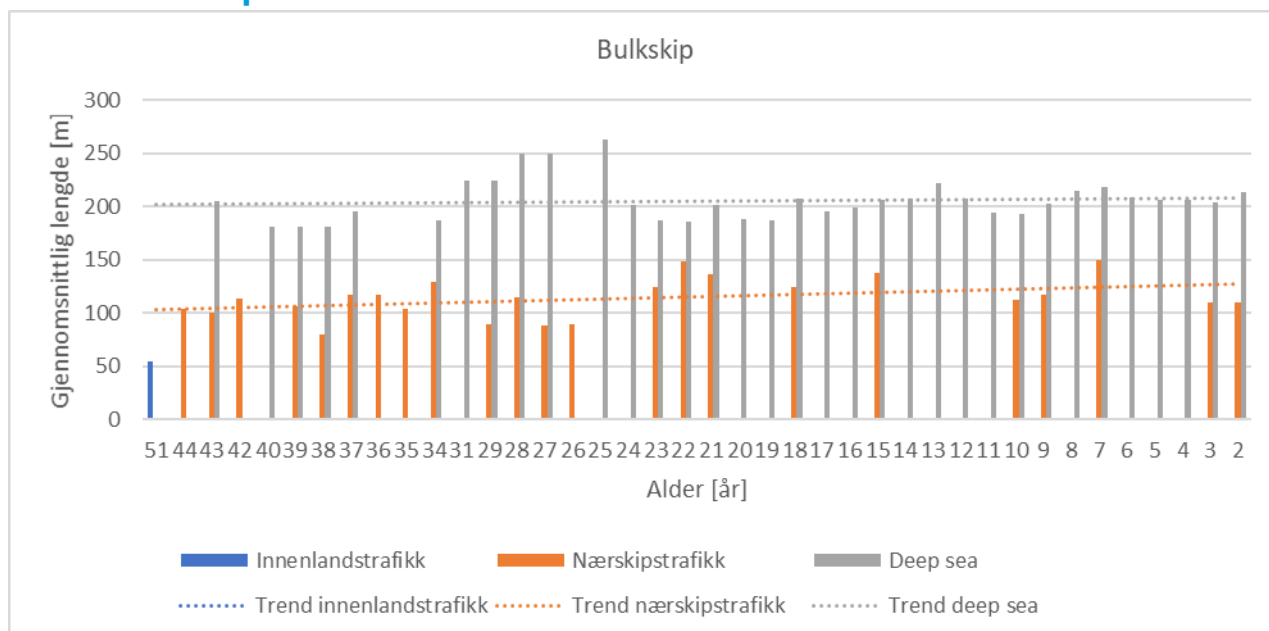


Figur 6-4: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på gasstankere

De minste gasstankerne er typisk bunkringsfartøy. Ved økt etterspørsel etter gass er det sannsynlig at den minste kategorien gasstankere vil få en økning i størrelse for lettere å dekke økt etterspørsel. Tilsvarende vil økt etterspørsel få ringvirkninger for gasstankere 70-150m, da dette typisk er gasstankere i nærskipsfart som betjener redistribusjon av gass. Økt etterspørsel vil kreve utvidelse av infrastruktur og en økning i størrelse innen denne kategorien for betjening av infrastrukturen.

³⁹ CSR er et sett med krav som er utviklet for å unngå varierende krav til struktur, og for å oppnå konsistens i krav til ulike skipstyper.

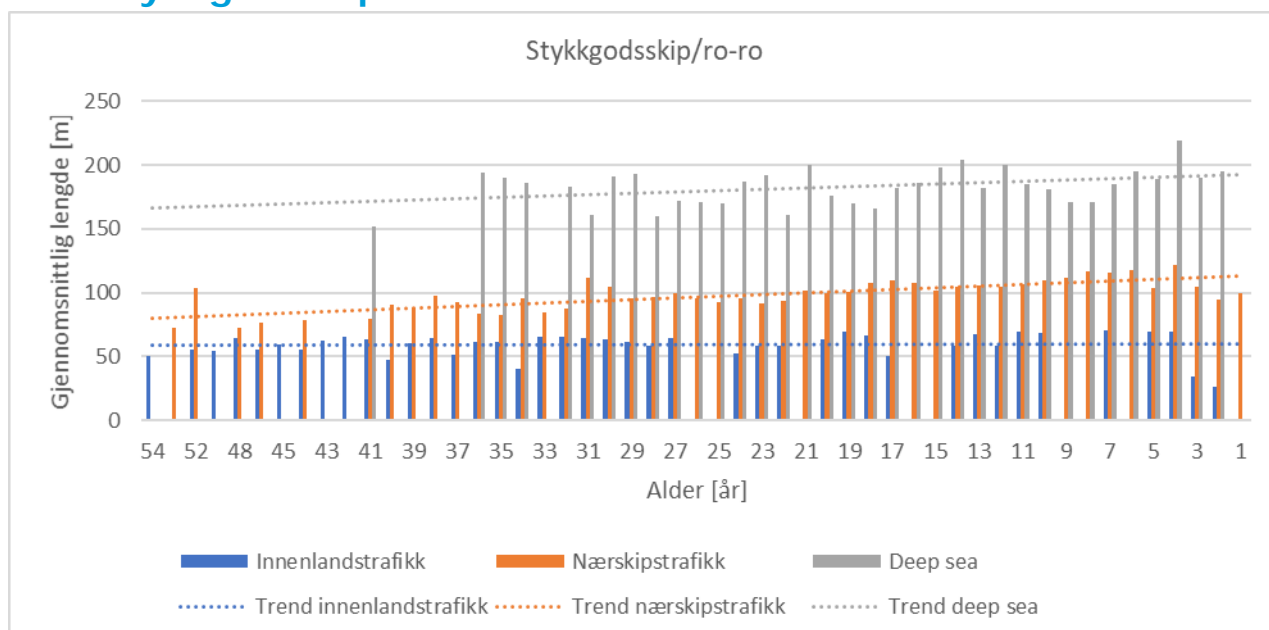
6.4 Bulkskip



Figur 6-5: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på bulkskip

På generelt grunnlag forventes ingen store endringer i størrelser på bulkskip. Imidlertid er det usikkerhet knyttet til fartøy som opererer innenlands. Disse er typisk aldrende fartøy som opererer på faste ruter eller i faste områder, og er således tilpasset operasjonsmønster og geografi. Redere som opererer i dette segmentet kan ha noe begrenset økonomi. Dette medfører i første omgang at fartøyene holdes i drift til de når høy alder. Usikkerheten ligger i hva som skjer når fartøyene er så gamle at de tas ut av drift, da begrenset økonomi kan begrense investeringsmuligheter i nye fartøy.

6.5 Stykkgodsskip/ro-ro

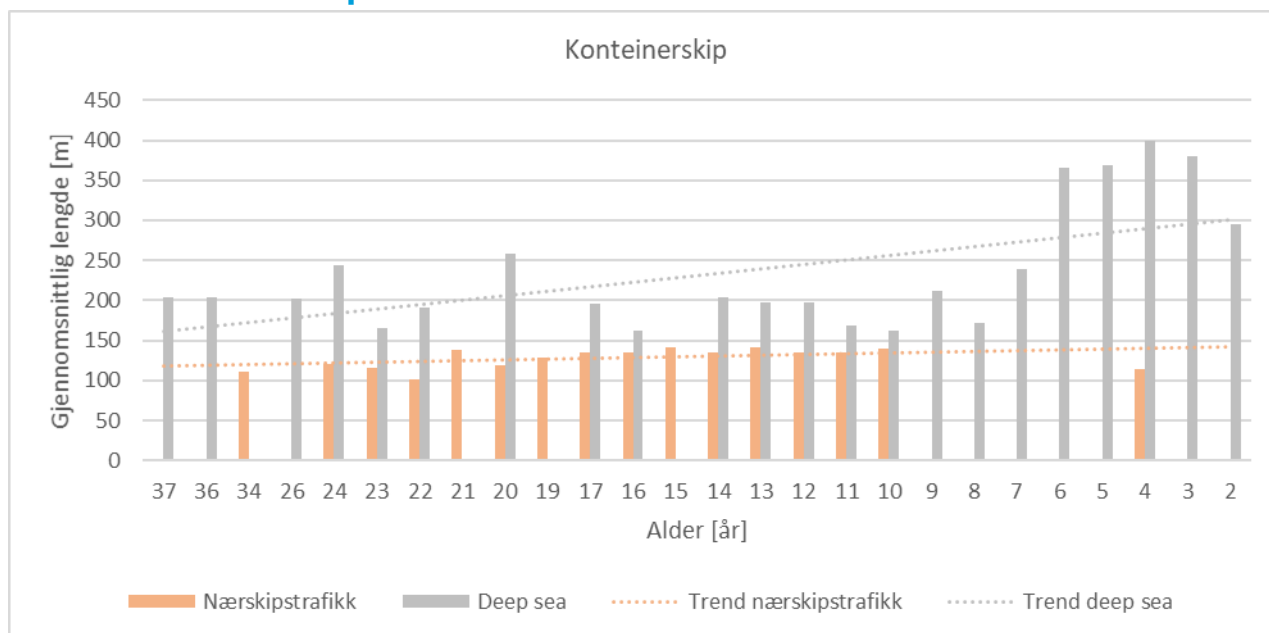


Figur 6-6: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på stykkgodsskip/ro-ro

Stykkgodsskip har med tiden blitt høyt spesialiserte fartøy, og utviklingen er mest framtreddende på skip >150m. Det er derfor sannsynlig at utviklingen vil fortsette, noe som kan medføre en økning i størrelse på de største stykkgodsskipene.

For Ro-ro lasteskip kan det forventes at befolkningsvekst vil påvirke størrelsen på skip som betjener innenlands- og nærskipstrafikken. For de største Ro-ro lasteskipene forventes ingen endring i størrelse.

6.6 Kontainerskip

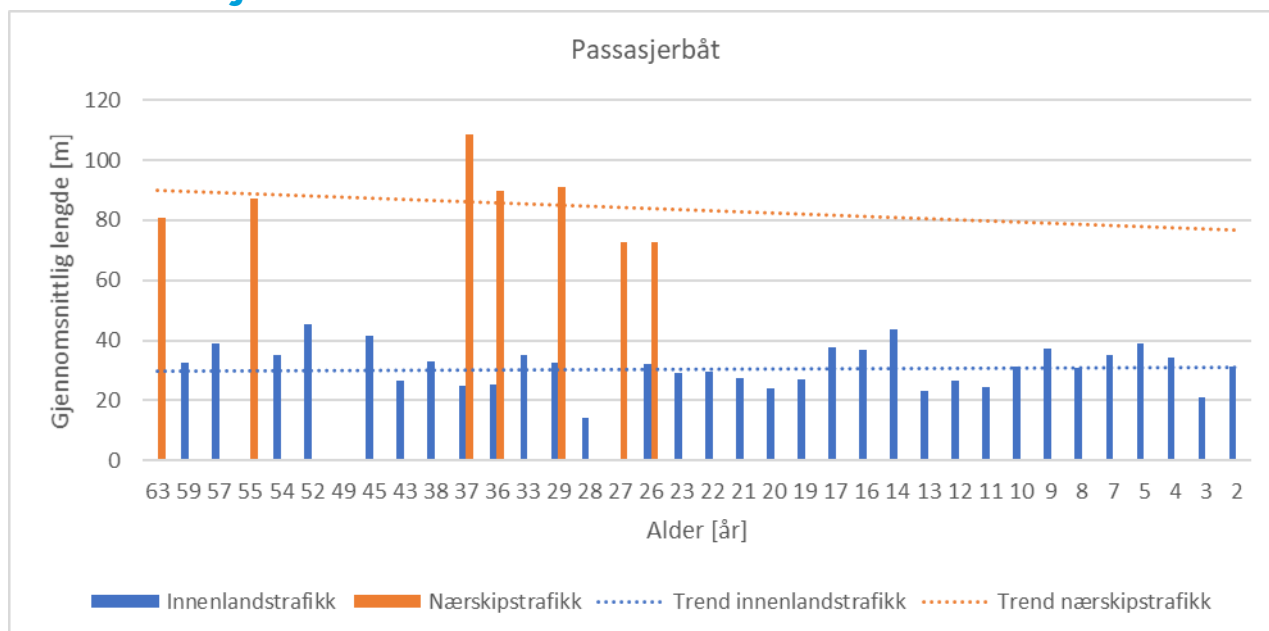


Figur 6-7: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på kontainerskip

Utvikling i størrelse for kontainerskip er tett knyttet til utviklingen ITF har angitt for den internasjonale skipsflåten. De store, havgående kontainerskipene blir stadig større, noe som medfører at mengden last som ankommer de europeiske konteinerhavnene per anløp øker. Dette, koblet med ønske om effektivisering i havnene, medfører ringvirkninger for resten av distribusjonsnettet, da man ønsker å få lasten fraktet videre så fort som mulig. På generelt grunnlag medfører dette at kontainerskip innen nærskip- og innenlandstrafikk kan forventes å øke i størrelse i takt med de største havgående fartøyene («cascade effect»). Dette vil til en viss grad gjelde også for skip som trafikkerer norske farvann, men lokal geografi og manøvrerbarhet i skipsleden kan medføre noe begrensning på økning i størrelse for kontainerskip.

Videre vil utvikling i befolkningsvekst være med på å bestemme hvor stor etterspørselen for varer til Norge vil være. I dette bildet kan man se for seg at en videre sentralisering rundt de større byene medfører at etterspørsel og effektiv distribusjon av varer muliggjøres ved at det blir en økning i størrelse på kontainerskip >150m. Vi vil imidlertid ikke se de største kontainerskipene i Norge. Til dette er etterspørselen for liten, og disse skipene vil forbli forbeholdt anløp til de store europeiske konteinerhavnene.

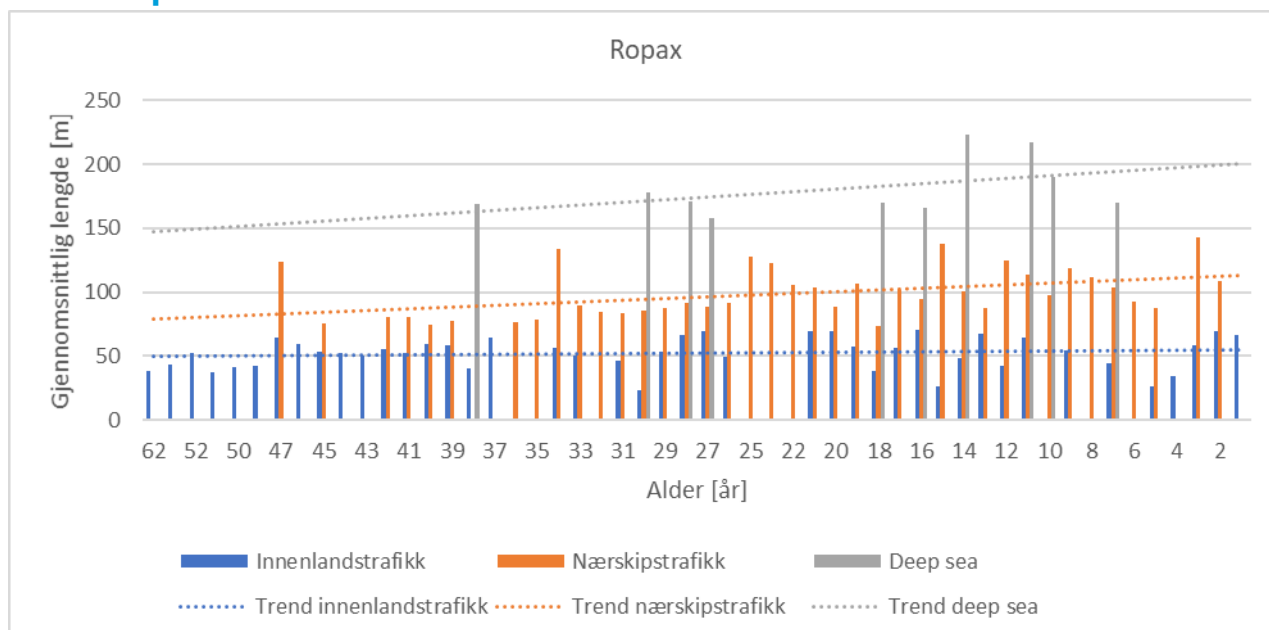
6.7 Passasjerbåt



Figur 6-8: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på passasjerbåter

Økende sentralisering rundt de store byene i Norge kan utløse behov for utvidelse av kollektivtilbudet, der økt bruk av vannveiene kan være en mulig løsning. Dette vil sannsynligvis medføre noe økning i størrelse på hurtigbåter, der optimalisering av rutetilbud og kapasitet vil være med å bestemme fartøystørrelsene.

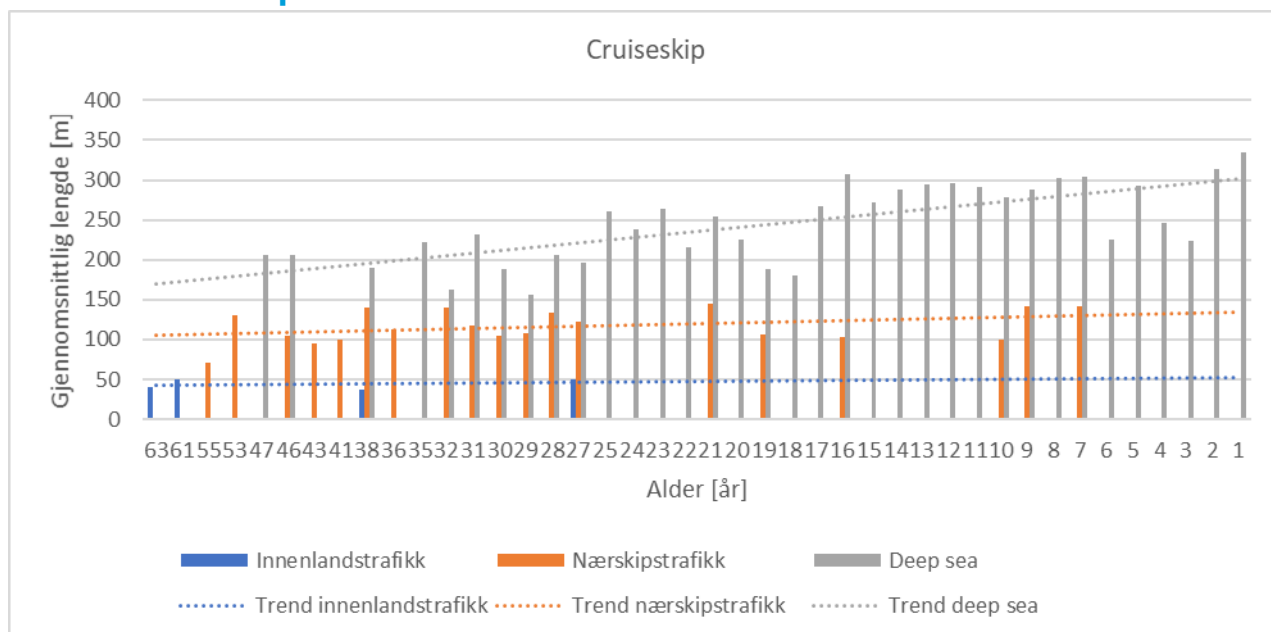
6.8 Ropax



Figur 6-9: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på ropax-fartøy

På generelt grunnlag vil økt befolkningsvekst kunne påvirke kapasitetsbehovet på Ropax-fartøy. Dette vil føre til en økning i størrelse for å ta unna for det økte behovet, i tråd med befolkningsveksten. Utviklingen vil i så måte være moderat, gitt SSBs hovedalternativ for befolkningsframskrivning⁴⁰.

6.9 Cruiseskip



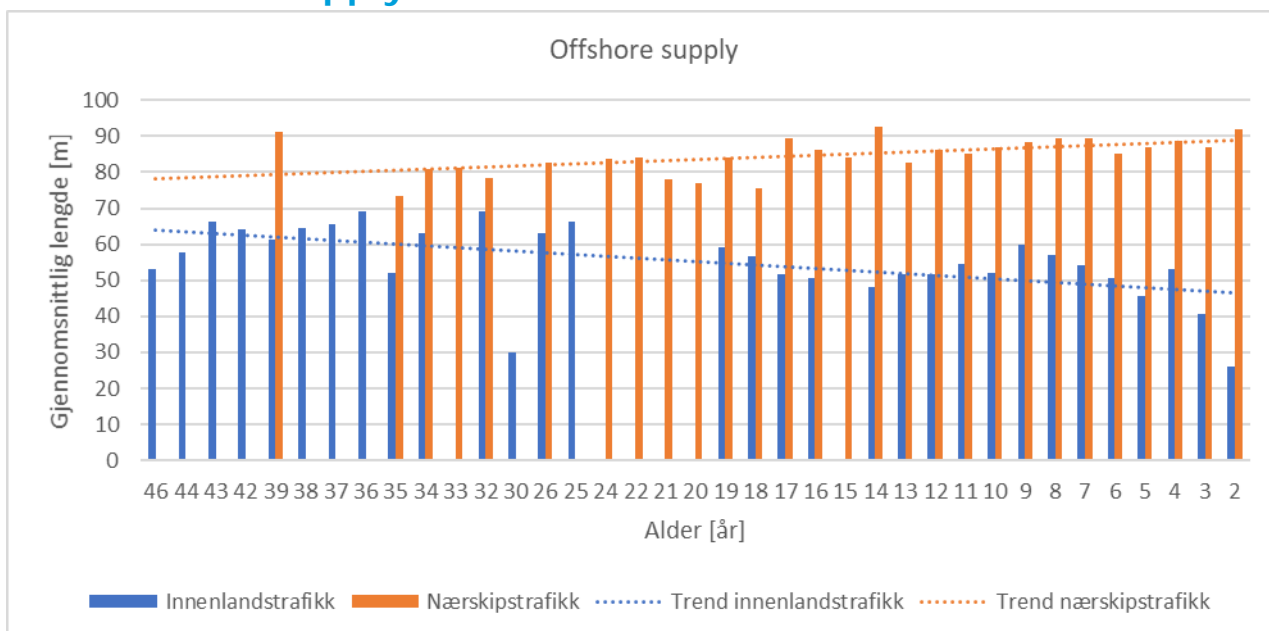
Figur 6-10: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på cruiseskip

Nybyggingsprogrammene til de fleste cruiserederiene har stort sett medført en økning i størrelse for hver nye klasse skip som har blitt introdusert til markedet. Denne utviklingen gjenspeiles også på skip som kommer til norske farvann, ved at de skipene som kommer blir stadig større. Imidlertid ser man nå en utflating i størrelse på nybyggingsprogrammene, noe som også vil medføre en brems i størrelsesvekst på cruiseskipene som besøker norske farvann. De største skipene er forventet å stabilisere seg i overkant av de største fartøystørrelsene vi ser i dag. Videre er det forventet at antall store cruiseskip som besøker norske farvann vil gå noe ned, og at disse skipene vil bli erstattet av mindre ekspedisjons-cruiseskip.

Denne utviklingen vil potensielt forsterkes av den offentlige misnøyen med store og mange cruiseskip i norske fjorder og havner. Det fokuseres stadig på at de store cruiseskipene har negativ effekt på miljøet, de forstyrrer det visuelle inntrykket, samt at det setter byer og bygder under stort press ved ankomst av mange turister. Hvis man kobler denne misnøyen med innføringen av verdensarvfjorder kan man på sikt tenke seg at de større cruiseskipene i mange tilfeller kun vil anløpe større havner i utkant av fjordene, og at mindre, spesialiserte utslippsfrie passasjerfartøy frakter turister inn i fjordene.

⁴⁰ <https://www.ssb.no/folkfram>

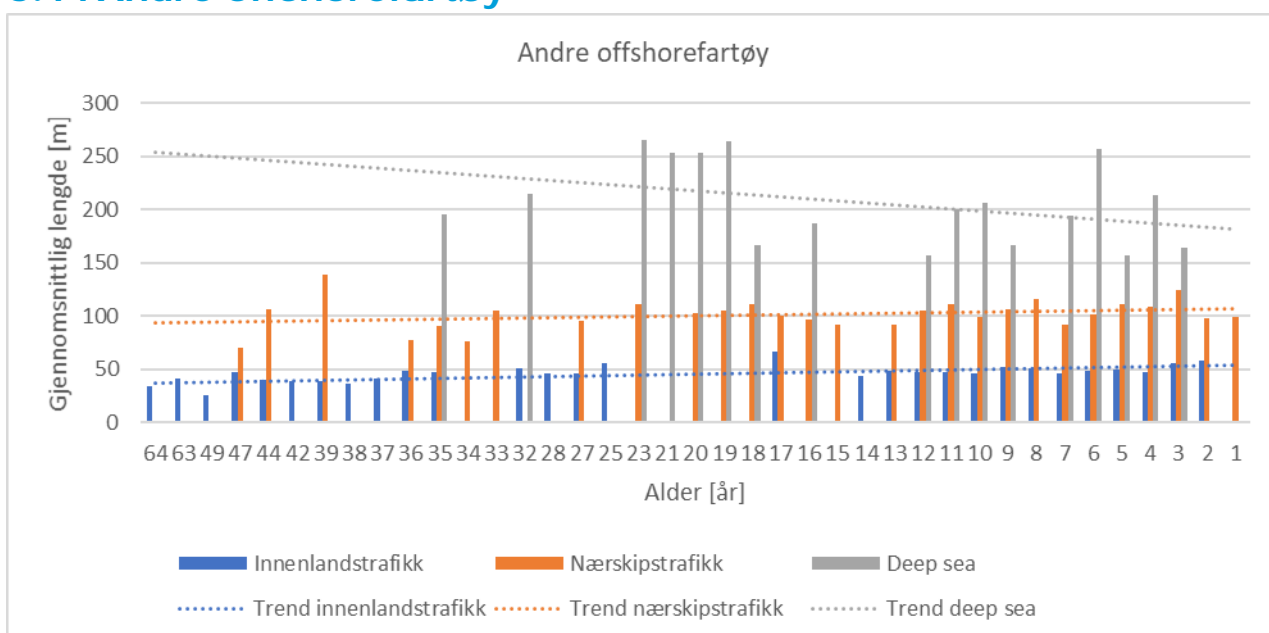
6.10 Offshore supply



Figur 6-11: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på offshore supply

Det forventes ingen endring i størrelse på offshore supply-fartøy.

6.11 Andre offshorefartøy

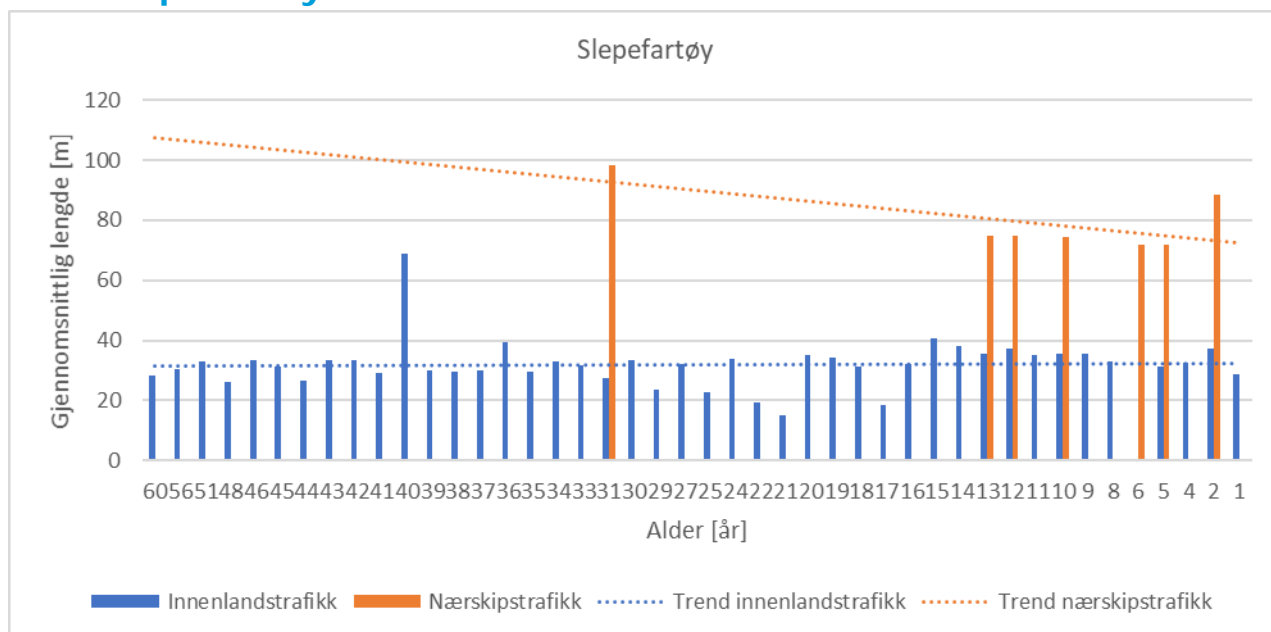


Figur 6-12: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på andre offshorefartøy

Økt aktivitet innen plug&abandonement (på grunn av plugging av midlertidig etterlatte brønner, samt på sikt permanent plugging av brønner som per dags dato er i produksjon) og avhending av offshoreinstallasjoner kan forventes å medføre en økning i størrelse på spesialiserte offshorefartøy som gjennomfører disse jobbene. Dette vil sannsynligvis være fartøy som betjener et globalt marked, på bakgrunn av økende mengde oppdrag etter hvert som lete- og produksjonsaktiviteten innen olje avtar.

Videre kan man i norske farvann se for seg en utvikling av offshorefartøy for betjening av flere, nye typer offshoreinstallasjoner, som vindparker og oppdrettsanlegg. Detaljer rundt dette er angitt i case-studiet i kapittel 7.

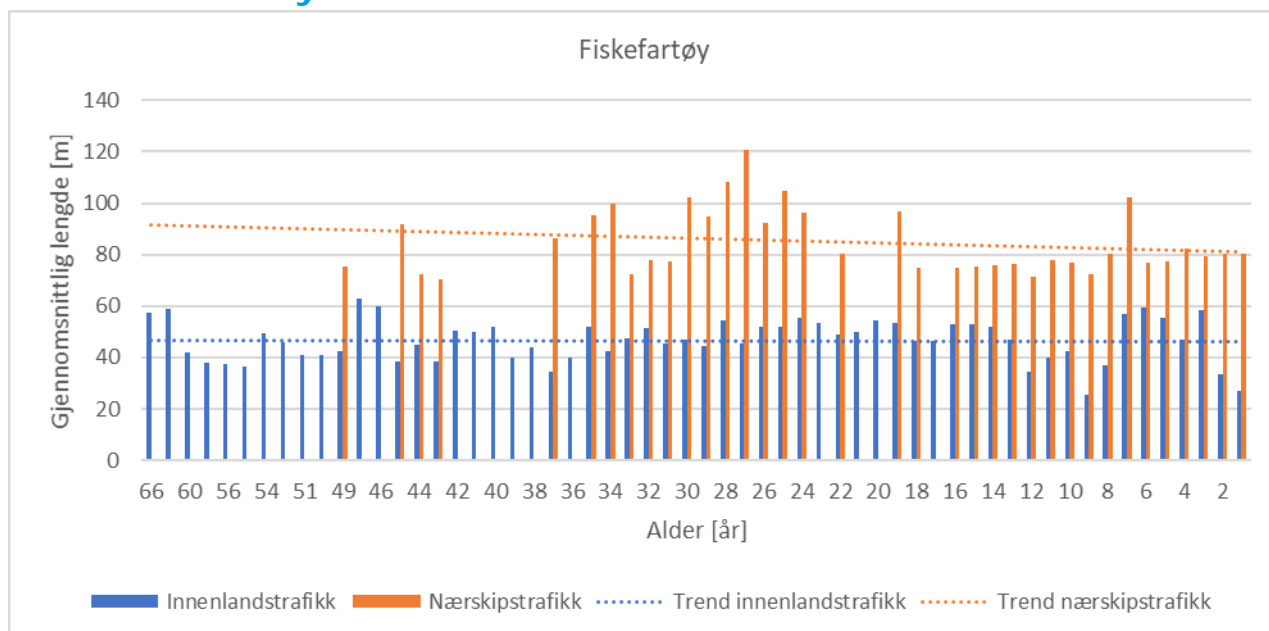
6.12 Slepefartøy



Figur 6-13: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på slepefartøy

Internasjonalt er trenden på utvikling i størrelse på slepefartøy fartøyene får en betraktelig økning i størrelse og installert effekt når de først fornyes. Bakgrunnen for dette er at slepefartøyene holdes i drift til de når høy alder. Når fartøyet så fornyes ser man at skipene som slepefartøyene skal betjene har økt betraktelig i størrelse gjennom slepebåtenes liv. Dermed bygges det større og sterkere slepefartøy ved fornyelse. I Norge er slepefartøyene til dels gamle, og det kan forventes en økning i størrelse når disse fornyes framover. Denne økningen vil imidlertid begrenses av størrelsen på skipene som slepefartøyene skal betjene. Med utvikling i størrelse som beskrevet i kapitlene over for aktuelle fartøyskategorier der slepebåter benyttes kan man si at slepefartøyene kanskje vil øke moderat i størrelse.

6.13 Fiskefartøy



Figur 6-14: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på fiskefartøy

Størrelsen på kystfiskefartøy er i stor grad styrt av reguleringer innen fiskekvoter og sertifikater samt teknisk mulighetsrom. I tillegg er konkurranse om arbeidskraft og endringer i hvordan fiskebestander vandrer viktig.

Fiskekvoter

For å opprettholde fiskernes kjøpekraft må enten verdi av hver kilo fisk økes eller mengden per fisker økes. Ettersom de fleste større fiskebestandene i norske farvann er fullt utnyttet, kan ikke den totale mengden som fiskes økes. Man har heller ikke sett en stor økning i fiskepriser og dermed må norske fiskekvoter fiskes med færre fiskere.

For å møte denne utfordringen har norske myndigheter innført en rekke ulike ordninger over tid som skal regulere dette. Forenklet kan dette kalles strukturpolitikk, vedtatt i stortingsmeldinger. Nofima har analysert denne utviklingen, og sammenstilt ordningene for kystflåten i figuren under (Nofima, 2018).



Figur 6-15: Nofimas sammenstilling av ordninger for kystflåten

Den norske fiskeflåten består av fartøy i alle størrelseskategorier. Strukturordningene vist i figuren viser hvordan utviklingen i regelverket for kystflåten har gitt muligheter til å samle flere kvoter på ett fartøy. Ordningene er basert på inndeling i størrelseskategorier, der de mest sentrale er 11 meter, 15 meter og den største delen av kystflåten som tidligere var begrenset til 28 meter men som nå er begrenset av lasteromsvolum på 500 m³.

Sertifikater

Vanlige sertifikater i kystfiskeflåten er «Fiskeskipper klasse C», som gir rett til å føre fiskefartøy inntil 15 meter eller 50 brutto registertonn, og «Dekksoffiser klasse 5», som gir rett til å føre fartøy inntil 500 brutto registertonn. I havfiskeflåten har offiserene større sertifikater.

Teknisk utvikling gjelder både hvordan man bygger fartøy og hvilket utstyr de kan og må utrustes med. Fartøyene bygges og konstrueres nå bredere og dypere enn tidligere. Samlet gir dette en utvikling der fartøy tilpasset de ulike regelverkene bygges størst mulig på lengdegrensene, og det kan dermed forventes at fartøyslengdene ved fornying av kystflåten etter hvert samles rundt disse grensene:

- Fartøy på 14,99 meter som er betraktelig bredere og dypere enn tidligere
- Fartøy med 499 i brutto register tonn, med en lengde på rundt 35-38 meter og 8-9 meters bredde.

Eksempler på fartøy i disse størrelsene er «Frøyhav» (nå «Ny Viking») og «Gunnar K».



Figur 6-16: Ny Viking

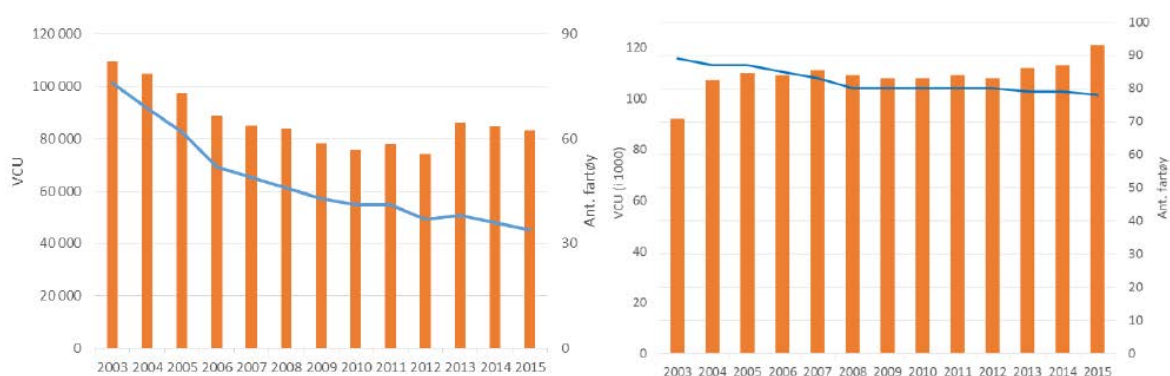


Figur 6-17: Gunnar K.

Havfiskeflåten har et friere spillerom når det gjelder lengde- og lasteromsbegrensninger. I tillegg vil offiserer på fartøy i denne gruppen ha navigasjonssertifikater som heller ikke vil være en vesentlig begrensning i de fleste tilfeller. I nevnte Nofima-rapport er også utviklingen i denne fartøysgruppen vurdert. Her brukes blant annet størrelsesmålet VCU for å si noe om utviklingen:

Et mål på kapasitet som kombinerer flere av de øvrige fysiske målene på fartøy, vessel capacity units (VCU), stammer fra engelsk fiskeriforvaltning, og er anbefalt av FAO (1999). Dette målet er sammensatt av fartøyets lengde, bredde samt motorkraft, og uttrykkes formelt slik: $VCU=L \times B + 0,45 \times \text{motorkraft}$

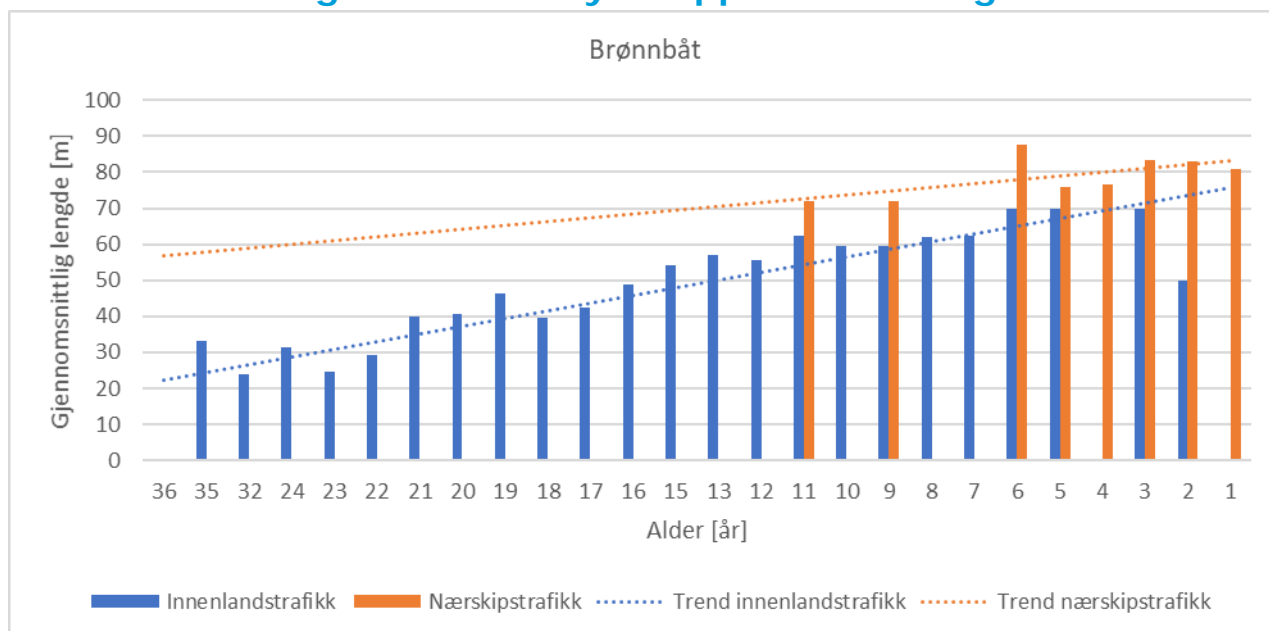
Figuren under illustrerer utviklingen i to av fartøysgruppene i havfiskeflåten, torsketrål og ringnot:



Figur 6-18: Utvikling i antall fartøy og VCU i torsketrål og ringnot. Blå graf er antall fartøy, oransje søljer viser VCU (Nofima, 2018)

Her fremgår det at antallet fartøy reduseres, mens fartøyenes teoretiske kapasitet øker. Dette betyr at fartøystørrelsene øker ved fornying. Om trendlinjene kan trekkes videre frem i tid er imidlertid usikkert. Som for Kystflåten har strukturordningene for fiskekvoter vært viktig for utviklingen av flåten, men det kan tenkes at flåten har vært gjennom de største endringene som følger av dette, og at man fremover vil ha et mindre behov for størrelsesøkninger. Kanskje kan andre faktorer som reduksjon av klimagass og bruk av nye typer drivstoff være drivere. Fiskefartøy er normalt veldig volumintensive, noe som kan bety økt behov for større fartøy dersom man skal implementere teknologier som LNG. Ett eksempel på dette er det nye fartøyet «Libas» som skal bygges i Tyrkia med LNG og batterier, og er noe større enn andre fartøy med tilsvarende lastekapasiteter.

6.14 Brønnbåt og servicefartøy til oppdrettsnæring



Figur 6-19: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på brønnbåter

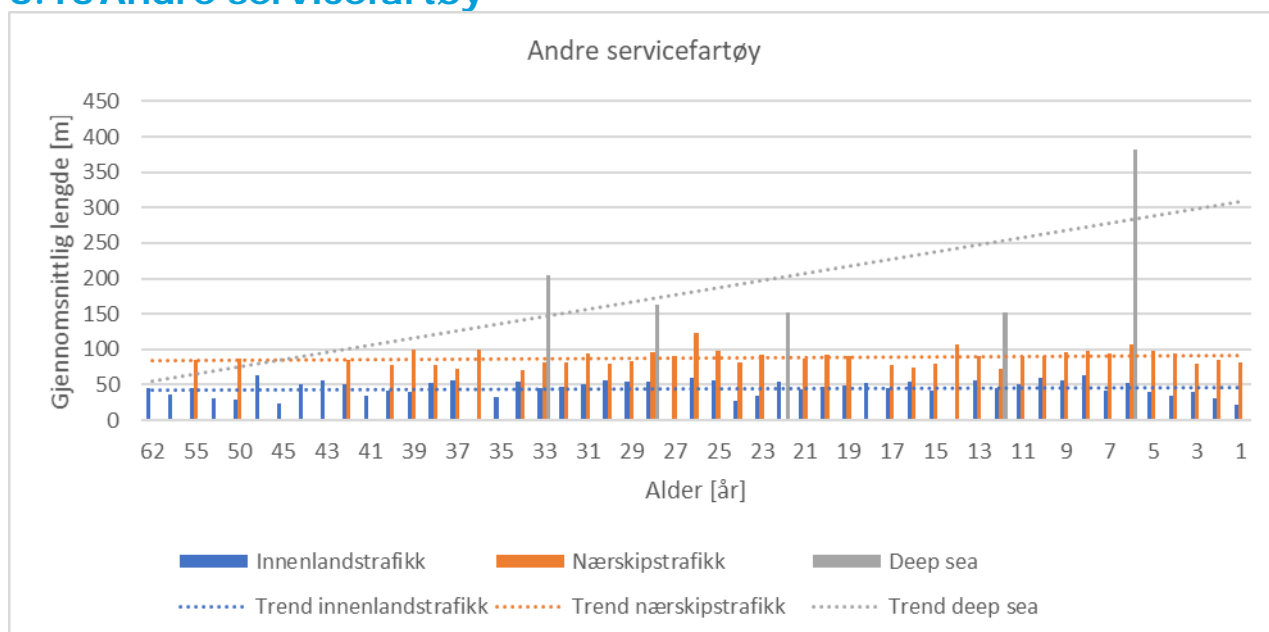
Brønnbåtnæringen har vært gjennom en kraftig vekstperiode med både flere og betydelig større fartøy. Dialog med aktører i næringen tyder på at veksten kan fortsette blant annet grunnet strengere krav til utslipp av vann, eksempelvis ved lossing av levende fisk til slakterier. I tillegg utforskes nye driftsformer med utviklingskonsesjoner i oppdrettsnæringen som vil kunne medføre produksjon i betydelig større anlegg enn i dagens merder, og gjerne til havs. Det er også eksempler på svært store fartøy under bygging som skal brukes til sykdomsbehandling av fisk, blant annet i Australia. Man kan derfor anta at trenden med vekst i størrelsen på brønnbåter vil fortsette.

Servicefartøy til oppdrettsnæringen har også vært gjennom en endring. Fra å tidligere være dominert av mindre fartøyer, gjerne under lengdegrensene for navigasjonssertifikater på 14,99 meter, ser man nå en utvikling med profesjonelle aktører med større fartøyer, eksempelvis som fartøyet i figuren under, «Multi Safety»:



Figur 6-20: Servicefartøyet "Multi Safety" med lengde 26,88 meter og bredde 11,5 meter

6.15 Andre servicefartøy



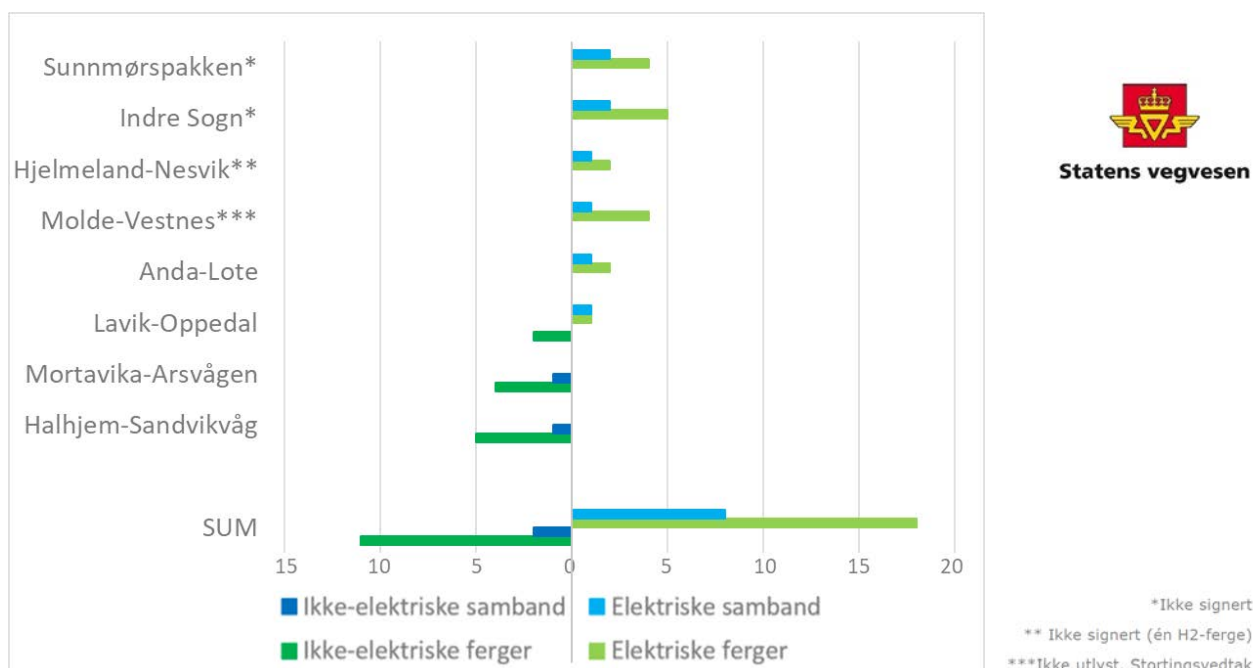
Figur 6-21: Gjennomsnittlig lengde i forhold til alder på andre servicefartøy

Under samlebetegnelsen andre servicefartøy er det vanskelig å definere utvikling i størrelse. Størrelsen er relativt stabil for innenlandstrafikk og nærskipstrafikk, uavhengig av alder på fartøyene. Antall deep sea-fartøy er for lav til å definere endring i størrelse som en reell trend.

7 CASE-STUDIE

I det følgende kapitlet presenteres et scenario for utvikling innen miljøteknologi og -opptak basert på beskrivelsene av teknologi i kapittel 4.2, løsningsrom for de ulike fartøyskategoriene i kapittel 4.3 og forventet utvikling i skipsstørrelser i kapittel 6. Scenariet tar for seg utvikling på kort og mellomlang sikt, og er en sammenfatning av utviklingen DNV GL ser i dagens norske maritime marked.

I budsjettforliket 2015 ba Stortinget «regjeringen sørge for at alle kommende fergeanbud har krav til lav- og nullutslippsteknologi når teknologien tilsier det». Av riksvegsambandene som har vært utlyst etter dette kravet kom er det kun to samband som ikke har blitt elektrifisert.



Figur 7-1: Oversikt over antall elektriske og ikke-elektriske ferger og fergesamband for riksvegsamband utlyst fra og med 2015

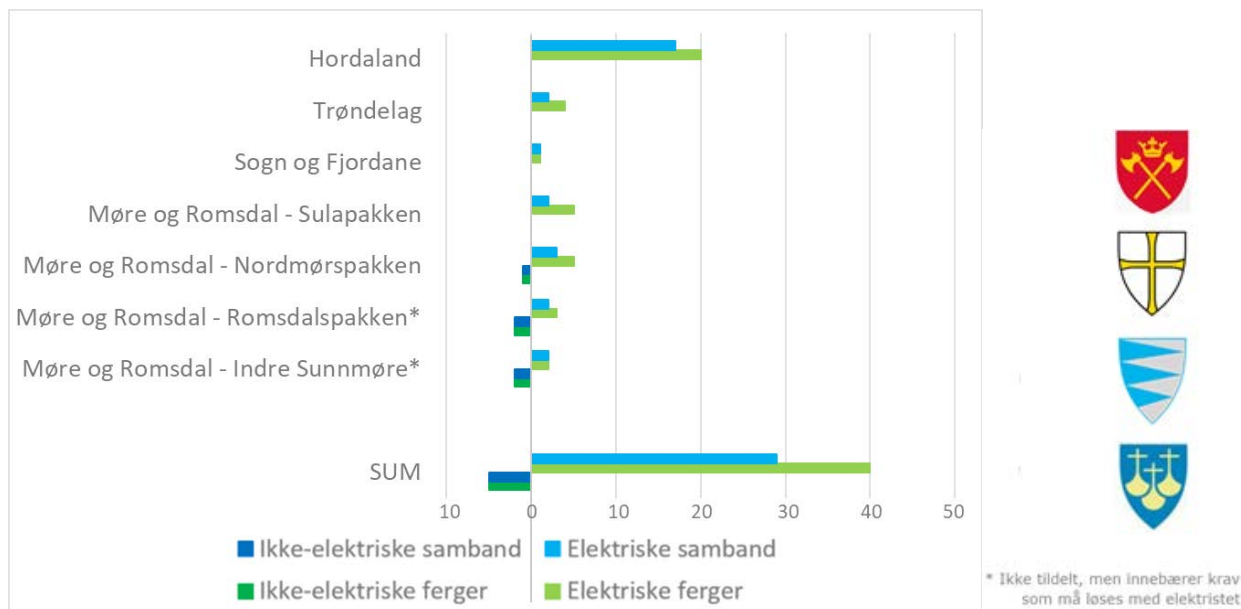
Årsaken til at to utlysninger ikke har resultert i elektrifisering er at de gjennom analyse ikke er funnet å være teknisk-økonomisk gjennomførbare. Dette kommer av flere faktorer, gjerne i kombinasjon:

- Fergestrekningene er lange, noe som medfører høyt energibehov per overfart hvilket betyr at batteriet må være stort. Dette medfører høye kostnader for batteri på fergerne.
- Høyt energibehov utløser høy ladeeffekt. Fergerne ligger ofte kort tid ved kai mellom avganger, og ladetiden blir tilsvarende kort. For å klare å fylle batteriene tilstrekkelig må ladeeffekten være stor. Dette innebærer at infrastrukturen på land må kunne levere tilstrekkelig effekt og/eller at en batteribank på land er stor nok til å fylle batteriet på fergerne.
 - Både anleggsbidrag til infrastrukturbygging og investeringskostnader i batteribank kan dermed bli store.
 - Påkrevd ladeeffekt kan også bli så høy at det ikke kan gjennomføres teknisk med dagens ladeløsninger.

Konklusjonen er at alle riksvegsamband som er utlyst etter kravet kom i 2015 har blitt elektrifisert der det har vært ansett som teknisk-økonomisk mulig.

Stortinget fulgte opp kravet til riksvegsambandene med et tilsvarende krav til fylkesveisambandene 1. desember 2015: «Stortinget ber regjeringen iverksette tiltak som sikrer at alle fylkeskommunale og

kommunale ferger og hurtigbåter benytter lav- eller nullutslippsteknologi ved nye anbud og på ruter i egen regi». I likhet med riksvegsambandene har dette medført en storstilt elektrifisering av fylkesvegsambandene.



Figur 7-2: Oversikt over antall elektriske og ikke-elektriske ferger og fergesamband for fylkesvegsamband utlyst fra 2016

For fylkesvegsambandene har ikke teknisk egnethet primært vært barrieren for de sambandene som ikke har blitt elektrifisert, men heller fylkeskommunenes evne til å påta seg tunge investeringer for å nå kravene. Dette synliggjøres i Figur 7-2 for Møre og Romsdal, der man kan se at ca. halvparten av sambandene blir elektrifisert. Hovedårsaken til dette er at fylkeskommunen måtte prioritere mellom de ulike sambandene på bakgrunn av midlene de hadde tilgjengelig. En slik prioritering er det også sannsynlig at andre fylkeskommuner må gjøre i framtidige utlysninger.

Vesentlig for både riksveg- og fylkesvegsambandene er at prosjektene har mottatt støtte fra Enova og NOx-fondet på merkostnader knyttet til tiltakene på henholdsvis infrastruktur og fartøyssiden. Dette har vært en avgjørende faktor for mange samband, og særskilt på fylkesvegsambandene.

Bildet som tegnes av fergesektoren i Norge viser at storstilt elektrifisering er gjennomførbart, gitt de riktige tekniske forutsetningene, samt stimuli/støtteordninger som kan bidra i prosjekter som ikke er lønnsomme. Resultatet av dette er at man reduserer utslippene for et enkelt skipssegment betraktelig, og over relativt kort tidshorisont. Dette blir lagt merke til internasjonalt, og har bidratt til å sette Norge på kartet med hensyn på det grønne skiftet i maritim næring.

Med elektrifisering av ferger som bakteppe kan man løfte blikket for å se på nyttiggjøring av elektrifisering i andre skips kategorier og -størrelser. Gjennom blant annet Grønt Kystfartsprogram erfarer DNV GL at batteri og elektrifisering/hybridisering blir ansett som svært aktuelt på tvers av skips kategorier- og størrelser, og at man på relativt kort sikt vil se hybridiseringsløsninger både ved ombygging og nybygg. En stor fordel med hybridisering med batteri er at man kan bedre energieffektiviteten ved ulike driftstilstander, samt at elektriske systemer har høyere virkningsgrad enn forbrenningsmotorer. Kostnadseffektiviteten av å elektrifisere blir generelt sett bedre jo høyere hybridiseringsgrad man oppnår.

Begrensningene for elektrifisering ligger stort sett i hvor høy hybridiseringsgrad man kan oppnå. Fullelektrifisering av større skip med lange overfarter vil ikke være teknisk (eller økonomisk)

gjennomførbart pga. påkrevd batteristørrelse. Imidlertid vil en hybridisering kunne gi gode resultater i form av redusert energibruk og reduserte utslipp. Dette betyr at store, havgående fartøy fortsatt kan nyte godt av elektrifisering gitt at løsningen optimaliseres til fartøy og rute. Spesielt vil en elektrifisering av disse fartøyene gi god effekt hvis de kan benytte landstrøm mens de ligger til kai. Dette gjør at man kan redusere bruk av fossilt brennstoff, samt at lokalmiljøet rundt havnene vil bedres.


Når man ser resultatene som oppnås ved elektrifisering av fergene, samt at man vet begrensningene for elektrifisering for fartøy i deepsea-trafikk, blir det tydelig at små og mellomstore fartøy ligger an til å være gode kandidater for elektrifisering. Som tidligere nevnt vil fartøy som går i fast rute være spesielt attraktive å elektrifisere gitt de rette tekniske forutsetningene. Vi har den senere tid sett flere konsepter som sikter seg inn på løsninger med disse forutsetningene.



Figur 7-3: 1. Yara Birkeland, 2. ASKO elektrisk og autonom kryssing av Oslofjorden, 3. Autonom batteridrevet kystfeeder med bakgrunn i DNV GLs konseptskip ReVolt, 4. Hybrid havbruksbåt på LNG/batteri

Felles for flere av disse prosjektene er at flere aktører har kommet på banen, både i form av at vareeierne har engasjert seg sterkere i utvikling og konseptualisering av fartøy, og at leverandørindustrien jobber tettere med både vareeiere og rederiene for å utvikle nye konsepter. For vareeierne har økt fokus på samfunnsansvar og bærekraft vært én av pådriverne for å engasjere seg mer i utviklingen. På tilsvarende måte er det innen fiskeri en forventning om leveranse av ferske råvarer, samtidig som forbrukerne stadig har større fokus på og forventninger til bærekraftig produksjon og forsyning. Med det generelt økte fokuset på miljø og det grønne skiftet kan det forventes at forbrukerne gjennom sitt engasjement vil fortsette å bidra til utvikling og realisering av tilsvarende prosjekter innenfor en relativt kort tidshorison.

Andre skips kategorier der det kan forventes at hybridisering vil komme i til dels stor grad på mellomlang sikt er inne offshore og fiskeri. Felles for disse er at de har forbrukere av strøm som under visse driftstilstander kan generere strøm. Eksempler på dette er kraner og vinsjer. Videre har man funnet at det benyttes mye trykkluft innen begge disse fartøyskategoriene, og det er naturlig ved en hybridisering at energibehovet for trykkluft hentes fra batterier framfor forbrenningsmaskineri. Ved en systematisering av energikonsumentene og energiproducentene/-bærerne i en hybridløsning vil man kunne optimalisere



generering og forbruk av strøm i et forsøk på å oppnå høyest mulig elektrifiseringsgrad, og dermed best kostnadseffektivitet.

Hvis man ser på offshore-fartøyene spesifikt er det sånn i dag at disse fartøyene ligger mye ved kai og at de ofte seiler med begrenset mengde last i forhold til kapasitet. Dette medfører at det er et stort potensiale for effektivisering hvis fartøyene kan nyttiggjøres mer enn de gjør i dag. I denne sammenhengen kan et scenario for offshore-fartøy på mellomlang sikt være følgende:

- Det er økende fokus på elektrifisering av så vel nye som gamle offshoreinstallasjoner i Nordsjøen.
- I tillegg kan man på bakgrunn av tidligere nevnte forbrukerbevissthet se for seg at dagens oppdrettsanlegg flyttes til havs (og på land) og at infrastruktur for strøm til disse blir nødvendig. Videre ser man at prisene for offshore vind fortsetter nedover og man kan potensielt se en storskala utbygging av offshore vindparker på sikt. Summen av dette gjør at man går fra én til tre aktører offshore, som alle trenger logistikk-løsninger, samt at man har tre aktører som kan forsyne strøm til fartøy som betjener dem. I et slikt fremtidsbilde vil man få en konsolidering innen offshore-fartøyene der de betjener flere ulike aktører med en høyt effektivisert drift, med lading av fartøy på alle de ulike destinasjonene fartøyet anløper. Som vi tidligere har sett kan slike fartøy også egne seg for autonomisering, slik at fremtidsvisjonen kan være fullelektriske eller hybridiserte fartøy i autonom drift offshore.

Pådrivere for realisering av en slik fremtidsvisjon kan igjen være både forbrukere, vareeiere, redere, teknologileverandører og andre interessenter. For offshore vind er det nærliggende å tro at bransjen ønsker seg fartøy som er lav- eller nullutslipp, i tråd med energien de lager. Man kan derfor forvente seg at de vil være pådrivere for utvikling av lav- og nullutslippsløsninger for disse fartøyene. Denne utviklingen vil sannsynligvis først komme på de mindre, lavkomplekse CTV-ene (Crew Transfer Vessel), for så å skaleres opp til implementering på de større servicefartøyene, OSV (Offshore Service Vessel). På mellomlang sikt vil også drivstoff-siden av hybridløsningen erstattes av alternative drivstoff og -teknologier. Eksempelvis vil en hybridløsning med brenselcelle og batteri være en mulig løsning. Brenselcellen kan da benytte ulike alternative drivstoff, basert på tilgjengelighet, pris og mål om utslippsreduksjoner. I en nullutslippsvisjon vil på lengre sikt hybridisering med hydrogen og/eller ammoniakk produsert ved fornybar energi være en mulig løsning.

En tydelig barriere for en slik fremtidsvisjon er tilgang på tilstrekkelig lade- og bunkringskapasitet ved de ulike anløpsstedene. Dette innebærer spesielt tilgang på landstrøm og etablering av batteribanker for lading, samt forsyning av hydrogen og ammoniakk, eller andre drivstoff produsert på en fornybar måte. For å oppnå dette må fremtidig havneutbygging ta inn over seg alternativ energi og energilagring, slik at havnene blir en del av fremtidens energilagringssystem. Dette vil også stille krav til infrastrukturen for kraftoverføring, slik at denne må oppgraderes, og det vil da være behov for en rebalansering av infrastrukturen for å ta høyde for nye produsenter og konsumenter på mange ulike geografiske lokasjoner til havs og på land.

Avslutningsvis kan det nevnes at hvis havner utvikles til å bli en del av framtidens energilagringssystem vil alle brukere kunne nyte godt av forsyning av strøm og alternative drivstoff. Særsilt vil dette kunne gjelde kystnære servicefartøy som slepebåter, turistbåter som frakter passasjerer i verdensarvfjordene og hurtigbåter som betjener områdene rundt de større byene.

KILDELISTE

- Bengtsson, S., Fridell E, Andersson (2012), K. Environmental assessment of two pathways towards the use of biofuels in shipping. *Energy Policy*, 44, 451-463 (2012).
- Chryssakis, C., O. Balland, H.A. Tvette, A. Brandsæter (2014), "Alternative fuels for shipping", DNV-GL strategic research and innovation position paper 1-2014.
- DNV GL (2017a), Study on the use of Fuel Cells in Shipping, utredning for European Maritime Safety Agency (EMSA), DNV GL rapportnr. 111M9MGA-1. <http://emsa.europa.eu/main/air-pollution/alternative-fuels/items.html?cid=329&id=2921>
- DNV GL (2017b), Analyse av investeringer for effektive havner
- DNV GL (2016a), Reduksjon av Klimagassutslipp fra Norsk innenriks skipsfart, utredning for Klima og miljødepartementet. Rapportnr. 2016-0150. <https://www.regjeringen.no/contentassets/b3df5ceb865e42b48befdf132a95a8be/skipsfart-klimagasser-dnvgl.pdf>
- DNV GL (2016b), Muligheter og kostnader ved bruk av fornybar energi på Ruters båtsamband, Utredning for Ruter As, Rapportnr., 2015-1276, rev 4. <https://ruter.no/globalassets/dokumenter/fossilfri-2020/muligheter-og-kostnader-ved-bruk-av-fornybar-energi-pa-ruters-batsamband.pdf>
- DNV GL (2016c), Beregning av kostnad og nytte av investeringer i infrastruktur for alternative drivstoff i Norske havner, Utredning for Kystverket, Rapportnr.2016-1040.
- DNV GL (2016d), Realisering av null- og lavutslippsløsninger i anbudsprosesser for ferjesamband. rapport nr. 2016-0119.
- DNV GL (2015), Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen, Utredning for Klima- og miljødepartementet, rapport nr. 2015-008.
- DNV (2013), Hybrid ships, position paper 15, 2013.
- DNV (2012a). Fuel cell for ships, position paper 13, 2012.
- Ecofys (2012), Potential of biofuel for shipping, January 2012, BIONL11332. http://www.ecofys.com/files/files/ecofys_2012_potential_of_biofuels_in_shipping_02.pdf
- Eide, M.S., Chryssakis, C., and Endresen, Ø. (2013), CO₂ abatement potential towards 2050 for shipping including alternative fuels (2013), *Carbon Management*, June, Vol. 4, No. 3, Pages 275-289, 2013.
- Energy Research Partnership (2016), Energy Options for transport: Overview of options, April 2016. http://erpuke.org/wp-content/uploads/2016/04/54541_ERP_Transport_Report_Annex-18-Apr-16.pdf
- Festel, G. et al. (2014). Modelling production cost scenarios for biofuels and fossil fuels in Europe. *Journal of Cleaner Production* 66: 242-253.
- IEA (2015), Technology Roadmap, hydrogen and fuel cell <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapHydrogenandFuelCells.pdf>
- IEA (2014), Alternative Fuels for Marine Applications. http://www.iea-amf.org/app/webroot/files/file/Annex%20Reports/AMF_Annex_41.pdf



IEA (2011), Technology Roadmap: Biofuels for Transport.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-biofuels-for-transport.html>

ITF (2018), Decarbonising Maritime Transport - Pathways to zero-carbon shipping by 2035.

Kystverket (2016), Samfunnsøkonomisk analyse av statlige tilskudd til investeringer i havner, Rapport til Samferdselsdepartementet.

Maritime Knowledge Centre, TNO & TU delft (2017), Framework CO2 reduction in Shipping, 16-01-2017.

Nofima (2018), Strukturering i fiskeflåten - Drivkrefter og konsekvenser, rapport 8/2018.

Royal Academy of Engineering (2013), Future ship Powering options, July 2013.

<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/future-ship-powering-options>

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





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.