

RAPPORT

GRØNN MARITIM 2022 – TEKNOLOGI, UTSLIPP, VERDISKAPING OG SYSSELSETTING



MENON-PUBLIKASJON NR. 29/2022

Av Lars Martin Haugland, Serli Abrahamoglu, Henrik Motrøen Foseid, Maren N. Basso og Erik Jakobsen



Forord

Global maritim transport utgjør i dag 2,9 prosent av globale utslipp (IMO, 2020). Norge har, sammen med flere andre land, sagt at nullutslipp i 2050 er nødvendig for at internasjonal skipsfart skal bidra til å nå Parisavtalens temperaturmål. I 2019 utga Menon rapporten *Grønn maritim – status for omsetning, eksport, sysselsetting og verdiskaping*. Mye har skjedd siden rapporten ble skrevet, både teknologisk, politisk og ikke minst i næringen. Høsten 2021 ble landene i FNs sjøfartsorganisasjon (IMO) enige om at gamle klimamål ikke er gode nok. Ambisjonsnivået må økes og nye klimakrav må utvikles for å sikre utslippskutt og at verden når målet om netto null innen 2050. Grønn omstilling anses nå som den viktigste utfordringen for maritim næring, ikke bare i Norge, men over hele verden.

Basert på ny innsikt og den pågående omstillingsprosessen i næringen, tok Norges Rederiforbund initiativ til å oppdatere og å videreutvikle rapporten fra 2019. Menon Economics har derfor på oppdrag for et konsortium bestående av Eksfin, Enova, Innovasjon Norge, Klima- og miljødepartementet, NCE Maritime Cleantech, Norges forskningsråd og Norges Rederiforbund kartlagt norsk maritim nærings grønne omstilling, og analysert sammenhengen mellom implementering av lav- og nullutslippsløsninger, faktiske CO₂-utslipp og næringens verdiskaping og sysselsetting.

Prosjektet har vært ledet av Lars Martin Haugland med Serli Abrahamoglu, Henrik Foseid og Maren N. Basso som prosjektmedarbeidere. Erik Jakobsen har vært prosjektansvarlig og kvalitetssikrer. Menon står ansvarlig for alt innhold i rapporten.

Vi takker for et spennende og utfordrende prosjekt!

Mars 2022

Erik Jakobsen
Prosjektansvarlig

Lars Martin Haugland
Prosjektleder

Menon Economics

Innhold

SAMMENDRAG	4
Dekarboniseringen av verdensflåten har så vidt begynt	4
Norge ligger i front, men har likevel svært langt igjen til nullutslipp	4
Norske skipsverft har kommet lengst i verden på bygging av lav- og nullutslippsfartøy	4
Det er utslippene som er viktig, ikke teknologien som benyttes	5
Grønn verdiskaping og sysselsetting i rederiene	6
Grønn omstilling i maritim næring gir stort potensial for verdiskapings- og sysselsettingsvekst i Norge	7
Norge er ikke alene om å satse på grønn maritim	8
INNLEDNING OG BAKGRUNN	9
Maritim næring i Norge	9
Grønn omstilling i maritim næring gir stort potensial for verdiskapings- og sysselsettingsvekst i Norge	11
Leseveiledning	12
Overordnet metodikk og datagrunnlag	12
Overordnet metodikk	12
Datakilder	19
GRØNT INNHOLD I DEN NORSKEIDE FLÅTEN	22
Grønne fartøy – skille mellom lavutslipps- og nullutslippsfartøy	22
Verdensflåten	24
Den norskeide flåten	25
Case 1: Elisabeth – Hurtiggående elektrisk arbeidsbåt til oppdrettsnæringen	29
Sammenligning av den norskeide flåten og verdensflåten	29
Utvikling i nybygg til norske rederier	30
GRØNT INNHOLD I FARTØY SOM BYGGES I NORGE	33
Utvikling i skip bygget ved norske verft siden 2010	33
Utvikling i bygging av fartøy med grønt innhold ved norske verft	34
Case 2: Medstraum – helelektrisk hurtigbåt bygget i moduler	37
Norske verfts konkurranseposisjon	38
Verdien på skip bygget ved norske verft i perioden 2018-2020	40
UTSLIPP BLANT SKIP I DEN NORSKEIDE FLÅTEN	43
Beregning av utslipp fra norske skip – datagrunnlag og metode	44
Case 3: Wavefoil – energieffektive baugfoiler	52
GRØNN VERDISKAPING OG SYSSELSETTING BLANT NORSKE REDERIER	53
Metodikk for å koble skipenes utslipp til rederienes verdiskaping og sysselsetting	53
Variasjon i utslippstall mellom norske rederier	56
Verdiskaping	56
Sysselsetting	59
Hvordan presterer norske rederier sammenlignet med internasjonal skipsfart?	61
Antall rederier som har henholdsvis høyere eller lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet	64
Verdiskaping	66
Ansatte	68
Resultater på segmentnivå	69
GRØNN TEKNOLOGIUTVIKLING	73
Klimagassreducerende patenter for skipsfarten	73

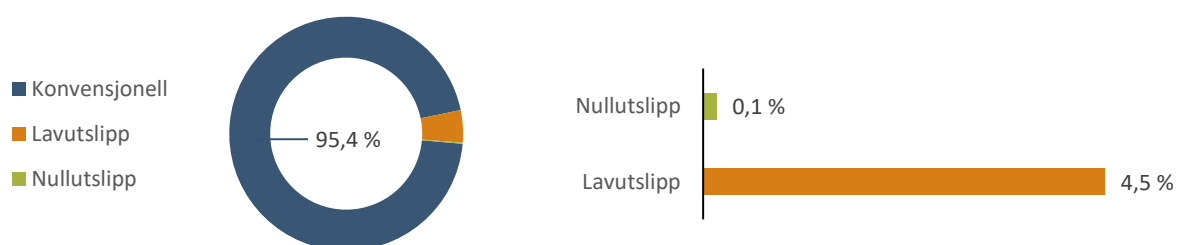
Grønne leveranser fra maritime utstyrsprodusenter	74
Tilgang på landstrøm ved kaianlegg i Norge	76
REFERANSER	80
VEDLEGG A: KATEGORISERING AV DRIVSTOFFTYPER	82
VEDLEGG B: KATEGORISERING AV SKIPSSEGMENTER	83
VEDLEGG C: METODIKK FOR ESTIMERING OG BEREKNING AV UTSLIPP (KG CO2) PER NAUTISKE MIL	84
Datakilder	84
Metode 1: Mahalanobis avstand	85
Placebo-testing: Hvor godt treffer modellen?	89
Metodikk for teoretisk beregning av utslipp	90
Nasjonale kalkulasjonspriser	91
Endret bølgekorrigering	91
Forenklet beregningsmetode for drivstofforbruk	92
Original fremgangsmåte	92
Alternativ beregningsmåte	94
Resultatet fører til noen endringer i drivstoffkostnadene sammenlignet med tidligere metode	96
Drivstoffavhengige virkningsgrader og brennverdier	97
Sammenligning av fremdriftsteknologier på tvers av estimeringsmetodikk	97
VEDLEGG D: DETALJERTE FIGURER	100
Fast 2018-verdiskaping og sysselsetting: Har det vært en tilvekst i de lavere percentilene?	100
Tilnærming 1	101
Tilnærming 2	102

Sammendrag

Dekarboniseringen av verdensflåten har så vidt begynt

Global maritim transport utgjør i dag 2,9 prosent av globale utslipp (IMO, 2020). Norge har, sammen med flere andre land, sagt at nullutslipp i 2050 er nødvendig for at internasjonal skipsfart skal bidra til å nå Parisavtalens temperaturmål. Det innebærer at hele verdensflåten må gå over til nullutslippsteknologier eller til fangst og lagring av utslippene fra skipet. Skipsfartens dekarbonisering har så vidt begynt, men det er enormt langt igjen. I dag er kun 0,1 prosent av alle *fartøy* nullutslipps, mens 0,0 prosent av *tonnasjen* er nullutslipps. Med andre ord skal i praksis 100 prosent av tonnasjen dekarboniseres fra nå.

Figur 1: Fordeling av verdensflåten etter fossilt, lav- og nullutslippsdrivstoff. Kilde: Clarksons World Fleet Register



Norge ligger i front, men har likevel svært langt igjen til nullutslipp

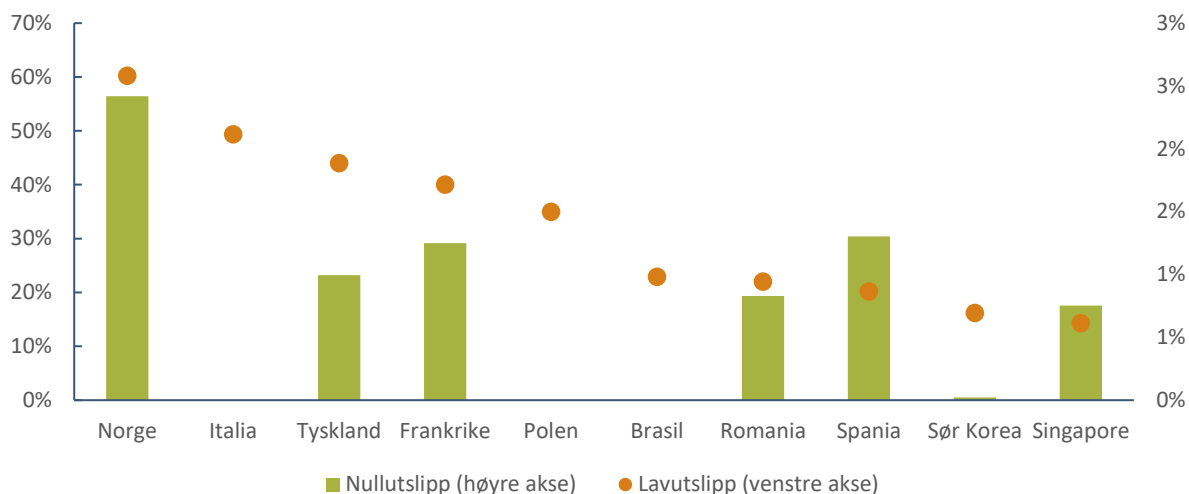
Den norske maritime næringen ligger i front i den grønne omstillingen, men også i Norge har vi en lang vei å gå. Den norskeide flåten i denne analysen består av 2824 skip. 1 prosent av norskeide fartøy har nullutslippsteknologi, men målt i tonnasje er andelen kun 0,1 prosent. Den norskeide flåten har en høyere andel lav- og nullutslippsskip sammenlignet med verdensflåten, tilsvarende 24 prosent. Denne andelen inkluderer diesel-elektrisk maskineri på offshorefartøy.

Med få unntak er det små ferger og fjordcruise-fartøy som frem til nå er blitt dekarbonisert i form av batteri og elmotor, men flere hydrogendrevne fartøy er på vei. Våre beregninger viser at 7 prosent av norske rederiers fartøy som er yngre enn 5 år har nullutslipp. Fartøyene er imidlertid små, så andelen er langt lavere målt i tonnasje. Det er derfor vel så viktig at et økende antall rederier kontraherer fartøy med fremdriftssystemer som er *klargjort* for nullutslipps-drivstoff som ammoniakk og hydrogen. De er med andre ord «fremtidsklare».

Norske skipsverft har kommet lengst i verden på bygging av lav- og nullutslippsfartøy

Også blant skipsverftene er Norge i front internasjonalt. Andelen lav- og nullutslippsteknologier på fartøy bygget på norske verft er høyere enn i alle andre skipsbygningsnasjoner. I perioden 2018 til 2020 sto nullutslippsløsninger for 7 prosent av verdien (kjøpesummen) på fartøy bygget på norske verft.

Figur 2: Andel lav- og nullutslippsskip fordelt på 10 største skipsbyggingsland siden 2010 inkl. ordre bok frem til 2024 (land som har bygd mer enn 50 skip siden 2010). Kilde: Clarksons World Fleet Register



Det er utslippene som er viktig, ikke teknologien som benyttes

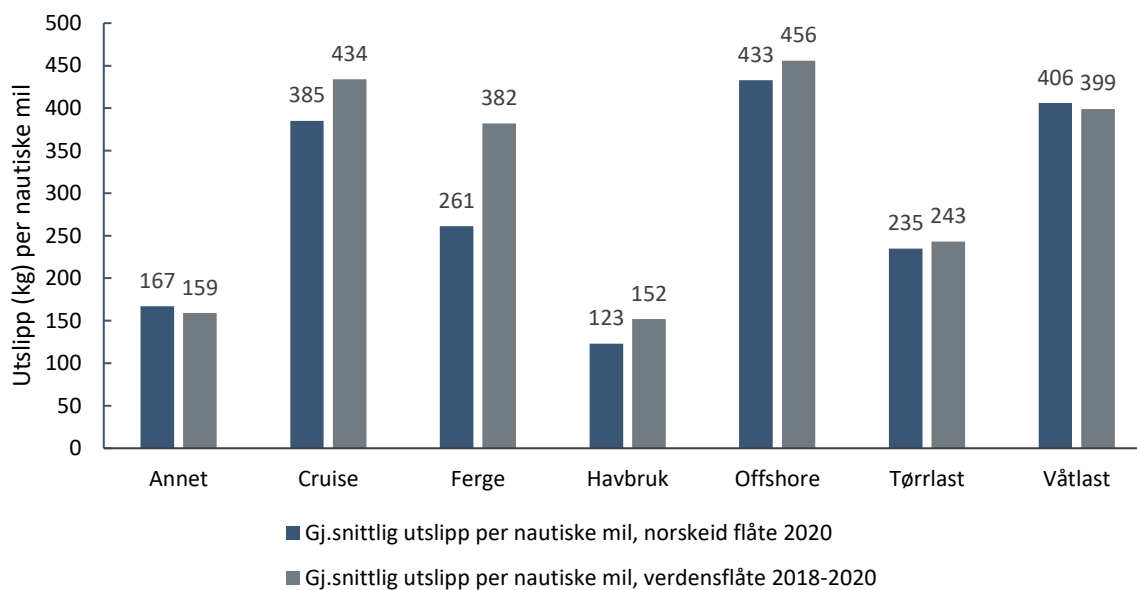
Det er viktig å understreke at det er mange kilder til utslippsreduksjoner, inklusiv tiltak for energieffektivisering. Det er derfor viktig å ikke bare fokusere på fremdriftssystemer og drivstoff, men på *faktiske utslipp*. Våre analyser viser at norske rederiers skip har lavere utslipp enn gjennomsnittet innenfor de fleste skipssegmenter. *Justert for segmentsammensetning og størrelse på skipene*, er de norske utslippene per nautiske mil i gjennomsnitt 20 prosent lavere enn utslippene per nautiske mil blant skip internasjonalt.

Norskeide skip har lavere utslipp per nautiske mil i de fleste segmenter – cruise, ferger, havbruk, offshore og tørrlast. Bare innenfor vårlast, hvor blant annet oljetankere er inkludert, og samlekategorien «annet» ligger norskeide fartøys utslipp noe over. De største utslippene per nautiske mil finner vi totalt sett blant offshore-fartøyene. Det skyldes både at fartøyene har kraftig maskineri og at de utfører operasjoner hvor de står i ro med 433 kg CO₂ per nautiske mil i 2020. Cruiseskip er det segmentet i verdensflåten med nest høyest utslipp. De norske cruiseskipene har noe lavere utslipp. Som beskrevet i kapitlet «Grønt innhold i den norskeide flåten» har norskeide cruiseskip også i større grad enn cruiseskip internasjonalt implementert lavutslipps-fremdriftsteknologi.

Norske fergers utslipp er også vesentlig lavere enn den gjennomsnittlige fergen i internasjonal skipsfart. Dette skyldes primært at norske ferger i langt større grad er elektrifisert med typisk hybrid-løsninger, og at en stor del av den internasjonale fergeflåten består av gamle fartøy med ineffektive fremdriftssystemer. De aller laveste utslippene i den norske flåten finner vi innen havbruk. Operasjonsmessig har brønnbåtene og arbeidsbåtene mye til felles med offshorefartøy, så de lave utslippene skyldes primært at fartøyene er relativt små med små motorer om bord.

De nest høyeste utslippene i den norskeide flåten finner vi innen vårlast-kategorien. Utslippene er noe høyere sammenlignet med skip internasjonalt, men forskjellene er små.

Figur 3: Gjennomsnittlig utslipp CO2 (kg) per nautiske mil for norskeid skip i ulike skipssegmenter i 2020 sammenlignet med snittet for perioden 2018-2020 blant skip i verdensflåten. Kilde: Menon Economics

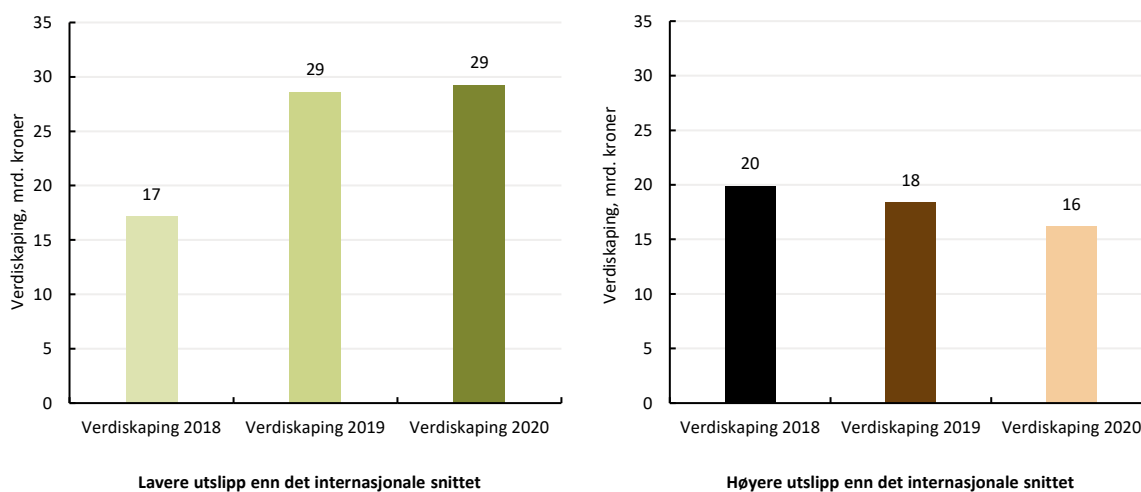


Grønn verdiskaping og sysselsetting i rederiene

Når vi kobler skipenes utslippsdata til rederienes regnskapsdata, finner vi at jo større verdiskaping rederiene har, desto høyere utslipp har flåten per nautiske mil. Enkelt illustrert: Når vi deler rederiene i to grupper etter utslippsintensitet (CO2-utslipp per nautiske mil), finner vi at kun 20 prosent av verdiskaping ble generert i rederier med lave utslipp, mens rederiene med høyest utslipp genererte 80 prosent av verdiskaping. Fordelingen er enda skjevare med henblikk på sysselsetting: 82 prosent av de ansatte i norske rederier jobber i rederier med høyere utslipp enn gjennomsnittet. Merk at det ikke dreier seg om totale utslipp, men om utslipp per nautiske mil. Det er flere forklaringer på dette. Den mest opplagte forklaringen er at de store rederiene har store, energikrevende skip og dermed store utslipp per nautiske mil. Det gjelder både offshorerederier og deepsea-rederier. At rederier med høy verdiskaping og sysselsetting har gjennomgående høyere utslipp per nautiske mil innebærer at dekarboniseringen av den norske flåten foreløpig har fått liten effekt på verdiskaping og sysselsetting. I årene fremover vil dette bildet gradvis endres, men endringen vil ta tid. Det skyldes at små fartøy som går korte distanser er best egnet for elektrifisering, og at det nesten ikke eksisterer infrastruktur for bunkring av hydrogen og ammoniakk, drivstoffene som er egnet for store, havgående fartøy. Samtidig ser vi at mange store rederier allerede har igangsatt eller har planer om å bygge skip med maskineri som kan drives på hydrogen og/eller ammoniakk.

80 prosent av norske rederier har lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet i sitt segment. 62 prosent av verdiskapingen blant norske rederier genereres i disse rederiene, og de sysselsetter 65 prosent av de ansatte i norske rederier. Det er særlig innen cruisesegmenter (cruise og ferge) norske rederier skiller seg ut med lavere CO2-utslipp.

Figur 4: Samlet verdiskaping hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Kilde: Menon Economics



Grønn omstilling i maritim næring gir stort potensial for verdiskapings- og sysselsettingsvekst i Norge

Formålet med grønn omstilling i den norske maritime næringen er å bidra til at Norge skal oppfylle sine klimaforpliktelser – og dermed bidra til å nå 1,5 graders-målet. Samtidig er det viktig å understreke at grønn omstilling ikke utelukkende handler om å oppfylle klimaforpliktelsene. Den grønne omstillingen av global skipsfart representerer også en enorm markedsmulighet for hele den norske maritime næringen, og er således et virkemiddel for økt verdiskaping og sysselsetting. I utgangspunktet er det derfor ingen grunn til å tenke at det er et motsetningsforhold mellom klimamålsettinger og verdiskaping. Tvert imot vil det å lykkes med grønn omstilling i den norske næringen legge grunnlaget for et stort eksportpotensial av grønn norsk teknologi, utstyr, systemer, fartøy og rederioperasjoner.

Verdensmarkedet for rederitjenester er ufattelig stort – om lag 5 500 milliarder kroner i 2021.¹ Norske rederier har om lag 4,5 prosent av verdensmarkedet. Markedsandelen er høyest innen havbruk, men vi har også sterke posisjoner innen havvind og olje/gass. Innenfor det suverent største markedsområdet, varetransport (deepsea/shortsea), er andelen på om lag 4 prosent. Innenfor varetransportmarkedet har vi sterke nisjeposisjoner, for eksempel innen kjemikalier, bilfrakt og bøyelastere.

Størrelsen på rederimarkedene er også avgjørende for verftenes, utstørsproducentenes og tjenesteleverandørenes markedsmuligheter. De neste tiårene skal hele verdensflåten byttes ut eller bygges om til nullutslippsfartøy. Markedet vil være enormt stort, og norske konkurransefortrinn vil både kunne bygges på eksisterende posisjoner og på Norges ledende rolle i utvikling og implementering av grønne løsninger på skip. Norge har sterke posisjoner i markedene hvor dekarboniseringen har kommet lengst – spesielt innen passasjersegmenter som ferger og cruise.

¹ Strategier for grønn maritim eksport 2022. Menon-rapport nr 30/2022. Rapporten publiseres i april.

Det er i tillegg et selvstendig poeng at den norske maritime næringen kan bidra til å fremskynde overgangen fra fossile til fornybare energikilder, særlig gjennom innovasjoner og kostnadsreduksjoner i havvind, men på sikt også innen flytende sol og andre energikilder.

Norge er ikke alene om å satse på grønn maritim

Andre land satser også på grønn omstilling i maritim næring. Norge (Oslo) regnes som det globale senteret for utvikling av klima- og miljøløsninger for havnæringene², men land som Singapore, Nederland og Danmark investerer kraftfullt og langsiktig på utvikling og implementering av nye fremdriftssystemer og drivstofftyper. På teknologisiden er spesielt Sør-Korea, Kina og Japan sterke. Disse tre landene har 84 prosent av alle patenter i verden knyttet til grønn maritim teknologi.

²Kilde: *Leading Maritime Cities of the World 2022*. Rapporten er utarbeidet i samarbeid mellom Menon og DNV.

Innledning og bakgrunn

Dersom verden skal nå målsettingene i Parisavtalen, er vi avhengige av en storstilt omstilling av økonomien og ikke minst måten vi produserer og bruker energi på. Global maritim transport utgjør i dag 2,9 prosent av globale utslipp (IMO, 2020). I april 2018 ble en viktig milepæl nådd i omstillingen av den maritime næringen da en klimastrategi ble vedtatt i FNs sjøfartsorganisasjon (IMO). Norske myndigheter har vært pådriver for de vedtatte utslippsmålene inkludert målet om minst 50 prosent reduksjon av skipsfartens klimagassutslipp innen 2050 målt mot utslippsnivået i 2008. IMO arbeider nå med å revidere klimastrategien, og en ny klimastrategi skal vedtas i 2023. Da skal landene beslutte hvilke krav og mekanismer som skal sikre at utslippsmålene nås. Norge har, sammen med flere andre land, sagt at nullutslipp i 2050 er nødvendig for at internasjonal skipsfart skal bidra til å nå Parisavtalens temperaturmål.³

Det er et krevende mål ettersom den samlede verdensflåten består av omtrent hundre tusen fartøy over hundre bruttotonn og det globale skipsmarkedet er forventet å vokse (IMO, 2020). For å nå denne målsettingen vil det være behov for et bredt spekter av energibærere og teknologier som legger til rette for klimavennlige fremdriftssystemer. For å kunne redusere utslippene i skipsfarten er det også viktig med ytterligere forbedring av skipenes energieffektivitet. Dette gjelder både skipenes design og den operasjonelle effektiviteten.

Denne rapporten kartlegger den norske maritime næringens grønne omstilling og analyserer sammenhengen mellom implementering av lav- og nullutslippsløsning, faktiske CO₂-utslipp og næringens verdiskaping og sysselsetting. Mer konkret kartlegger og analyserer vi følgende:

- Lav- og nullutslippsløsninger blant skip med norske eiere (rederier) – sammenlignet med verdensflåten for øvrig
- Lav- og nullutslippsløsninger i leveranser fra norske verft til kunder nasjonalt og internasjonalt, samt tilhørende verdivurdering på disse skipene. Tallene er sammenlignet med internasjonal verftsindustri for øvrig
- Patenter og annen grønn teknologiutvikling i maritim næring
- Utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for norskeide skip i perioden 2018-2020
- Utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for alle skip internasjonalt som har seilt i farvannet tilhørende EU og EØS territorium i perioden 2018-2020
- Grønn maritim verdiskaping og sysselsetting hos norske rederier sett opp mot utslippsnivåer av skip internasjonalt

Maritim næring i Norge

Maritim næring er en av Norges viktigste næringer og spiller en viktig rolle for verdiskaping og sysselsetting i store deler av landet. Med maritim næring mener vi alle virksomheter som eier, opererer, designer, bygger eller leverer utstyr og spesialiserte tjenester til alle typer skip og andre flytende innretninger. Langs norskekysten finnes en komplett maritim klynge hvor det inngår verdensledende selskaper innenfor et bredt spekter av segmenter. Norske maritime bedrifter og kunnskapsaktører står bak en kontinuerlig strøm av innovasjoner innen skipsdesign, dynamisk posisjonering, fremdriftssystemer, utstyr og tjenester.

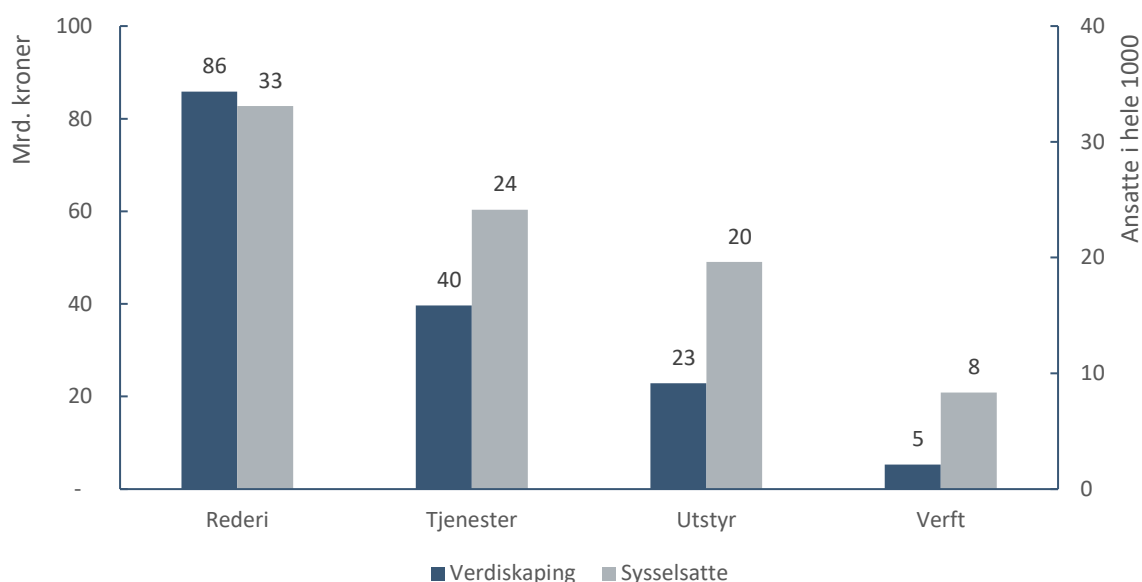
³ (Klima og Miljødepartementet, 2021).

Maritim næring er sammensatt av fire hovedgrupper: Rederier, verft, utstys- og tjenesteleverandører. Verdikjeden i maritim næring kan anses som generisk i den forstand at den har lik struktur uavhengig av hva slags fartøy som bygges og hvilke markeder rederier leverer sine tjenester i. Samtidig er fartøy spesialbygd for ulike typer rederioperasjoner – avhengig av hvilke markeder rederiene leverer tjenester til – og krever derfor ulike former for kompetanse. De fire maritime hovedgruppene kan deles inn i følgende undergrupper:

- **Rederier:** Deepsea-rederier, nærskipfartsrederier, offshorerederier og bore- og produksjonsselskap.
- **Maritime tjenesteleverandører:** Teknologiske tjenester, finansielle og juridiske tjenester, havne- og logistiktjenester og handel
- **Maritime utstysprodusenter**
- **Verft**

I 2021 stod rederiene for 56 prosent av næringens samlede verdiskaping, tilsvarende i overkant av 85 milliarder kroner. De maritime tjenesteleverandørene bidrar med 26 prosent av verdiskapingen i næringen, mens utstysprodusentene og verftene bidrar med henholdsvis 15 og 3 prosent hver.

Figur 5: Verdiskaping og sysselsetting i de maritime hovedgruppene i 2021 (estimert). Kilde: Menon Economics



Norge er blant de fremste i verden når det gjelder å utvikle og å ta i bruk grønn maritim teknologi. En tidlig posisjonering innen grønn internasjonal skipsfart kan utgjøre et betydelig konkurransefortrinn for det som allerede er en av Norges viktigste eksportnæringer. Omstillingen krever innovasjon og teknologisk utvikling i alle deler av verdikjeden når det gjelder energieffektivitetsløsninger og fremdriftssystemer med alternative drivstoff. Norge har allerede en av verdens største LNG-drevne flåter, i løpet av 2022 vil Norge ha over 80 batteriferger og i nærskipfarten rulles det ut hybridskip. Hydrogen som drivstoff er også på vei, og Norge har potensial til å bli en ledende havvindnasjon.

For å nå IMO's utslippsmål er det både behov for omstilling til null- og lavutslippsløsninger og til løsninger som bidrar til energieffektivisering. Energieffektivisering og nye drivstoff vil gå sammen som hånd i hanske. En effektivisering av skipsoperasjoner i form av å forbedre utnyttelsen av fartøy bidrar til å dekarbonisere flåten. Flere aktører i næringen jobber systematisk med å ta i bruk nye, tilgjengelige teknologier og tiltak for å bruke mindre drivstoff. Skroptimalisering, rengjøring og bruk av maling og bunnstoff er teknologieksempler innenfor

hydrodynamikk som kan bidra til å dekarbonisere skipsfarten. Ny teknologi kan redusere både kostnader og utslipp.

Det å gå fra eksempler på grønn aktivitet i næringen til verdien av dette i form av aggregerte tall for de maritime hovedgruppene som helhet er krevende. Spesielt krevende er det å definere hva som er grønn aktivitet og ikke, og deretter graden av grønt. I vurderingen av dette kan man ha mange forskjellige innfallsvinkler. Et eksempel vil være å ta utgangspunkt i konkrete teknologier og basert på deres egenskaper vurdere i hvilken grad disse bidrar til utslippsreduksjoner. En slik tilnærming tar utgangspunkt i at det er teknologiene som er førende for de observerte utslippsnivåene. En av utfordringene ved dette er at vi ikke klarer å fange opp hvordan ytre faktorer påvirker de faktiske utslippstallene (som for eksempel vær-, bølge- og vindforhold). Videre er det å vurdere med hvilket nivå av utslippsreduksjoner teknologiene bidrar til utslippsreduksjoner en utfordring og videre isolere effekten teknologiene gir, ettersom utslippsnivåer bestemmes av samspillet mellom en rekke faktorer, både iboende og eksterne. Risikoen for å overvurdere eller undervurdere effekten av teknologiene er derfor stor, og tallene vil derfor i beste fall bli upresise.

For å unngå i størst mulig grad normative vurderinger av teknologier og effekt på utslipp, har vi i denne rapporten valgt å gå rett til kilden for å vurdere grønn aktivitet og grader av dette – nemlig faktiske utslippstall. Utslippsnivået bestemmer i seg selv graden av grønt og ved å bruke denne kilden unngår vi problemer relatert til vurderingen av effekt på tvers og innad i grupper av teknologier og systemer. For å måle dette benytter vi utslipp (kg CO₂) per nautiske mil som indikator. Vi bruker utslipp per nautiske mil fremfor samlede utslippstall ettersom samlede utslippstall i stor grad bestemmes av aktivitetsnivået hos rederiene. Ettersom det er betydelig variasjon i aktivitetsnivået både mellom rederier og på tvers av år (COVID-19-pandemien som eksempel), vil samlede utslippstall ikke kunne isolere effekten av grønne investeringsvalg. Ved å bruke utslipp per nautiske mil vil vi imidlertid klare å isolere denne effekten; uavhengig av aktivitetsnivået til de ulike aktørene vil utslipp per nautiske mil i stor grad forbli uendret. Endringer i utslipp per nautiske mil vil derfor kunne tolkes som endring i skipenes klimagassfotavtrykk.

Ved å sammenligne utslippstallene til norske rederier med et internasjonalt gjennomsnitt kan vi avgjøre om norske rederier kan anses som mer eller mindre grønne enn sine internasjonale konkurrenter, og om dette har forandret seg over tid.

Grønn omstilling i maritim næring gir stort potensial for verdiskapings- og sysselsettingsvekst i Norge

Formålet med grønn omstilling i den norske maritime næringen er å bidra til at Norge skal oppfylle sine klimaforpliktelser – og dermed bidra til å nå 1,5 graders-målet. Samtidig er det viktig å understreke at grønn omstilling ikke utelukkende handler om å oppfylle klimaforpliktelsene. Den grønne omstillingen av global skipsfart representerer også en enorm markedsmulighet for hele den norske maritime næringen, og er således et virkemiddel for økt verdiskaping og sysselsetting. I utgangspunktet er det derfor ingen grunn til å tenke at det er et motsetningsforhold mellom klimamålsettinger og verdiskaping. Tvert imot vil det å lykkes med grønn omstilling i den norske næringen legge grunnlaget for et stort eksportpotensial av grønn norsk teknologi, utstyr, systemer, fartøy og rederioperasjoner.

Verdensmarkedet for rederitjenester er ufattelig stort – om lag 5 500 milliarder kroner i 2021.⁴ Norske rederier har om lag 4,5 prosent av verdensmarkedet. Markedsandelen er høyest innen havbruk, men vi har også sterke posisjoner innen havvind og olje/gass. Innenfor det suverent største markedsområdet, varetransport (deepsea/shortsea), er andelen på om lag 4 prosent. *Innenfor* varetransportmarkedet har vi sterke nisjeposisjoner, for eksempel innen kjemikalier, bilfrakt og bøyelastere.

Størrelsen på rederimarkedene er også avgjørende for verftenes, utstyrproduzentenes og tjenesteleverandørenes markedsmuligheter. De neste tiårene skal hele verdensflåten byttes ut eller bygges om til nullutslippsfartøy. Markedet vil være enormt stort, og norske konkurransefortrinn vil både kunne bygges på eksisterende posisjoner og på Norges ledende rolle i utvikling og implementering av grønne løsninger på skip. Norge har sterke posisjoner i markedene hvor dekarboniseringen har kommet lengst – spesielt innen passasjersegmenter som ferger og cruise.

Leseveiledning

Rapporten er strukturert som følger: Kapittel 1 gir en oversikt over grønt innhold i den norske flåten og en sammenligning av denne med verdensflåten. Kapittel 2 viser nybyggaktiviteten til norske verft fra 2010 til i dag, samt tilhørende fremdriftssystem, eksempelvis lav- og nullutslippsløsninger, i de nybygde fartøyene. Videre ser vi nærmere på fartøy bygget i perioden 2018-2020 og verdien av disse for å kvantifisere norske verfts produksjon av fartøy med lav- og nullutslipp. Kapittel 3 presenterer resultatene fra estimering av utslippstall for norske rederier og viser hvordan norske rederier presterer sammenlignet med utenlandske rederier i perioden 2018-2020. Kapittel 4 viser grønn verdiskaping og sysselsetting blant norske rederier i samme perioden og sammenligner de med utenlandske rederienes gjennomsnitt. I dette kapitlet presenterer vi også begrunnelsen bak endringene i verdiskaping og sysselsetting blant norske verft i perioden 2018-2020. Til slutt gir kapittel 6 en oversikt over grønn teknologiutvikling i skipsfart. Vi presenterer utslippsreducerende patenter for skipsfarten, tilgang på landstrøm i norske havner og utstyrproduzentenes bidrag til grønn omstilling i skipsfart.

Overordnet metodikk og datagrunnlag

I dette delkapittelet presenterer vi overordnet metodikk, metodevalg og datakilder. I tillegg oppsummerer vi hvordan denne rapporten skiller seg fra Grønn maritim-rapporten utarbeidet i 2019.

Overordnet metodikk

I 2019 utarbeidet Menon den første Grønn maritim-rapporten. Til forskjell fra rapporten som ble utarbeidet i 2019, har vi i årets rapport skiftet tilnærming. I stedet for å ta utgangspunkt i konkrete teknologier, som for eksempel fremdriftssystemer, skipsdesign og drivstofftyper, tar vi i årets rapport utgangspunkt i faktiske utslippstall og gjennom dette bedømmer graden av grønn. Bakgrunnen til dette er at det er utslippsnivået av CO₂ som faktisk avgjør hvor grønn en teknologi er, og ikke teknologien i seg selv, og vi har derfor gått vekk fra å bruke teknologiinnhold om bord på skip som indikator på graden av grønn.

Det er en rekke faktorer som bidrar til å forklare CO₂-utslippene til skip, og innvirkningen av de ulike faktorene kan variere mellom seilaser for et og samme skip, samt mellom skip. På et overordnet nivå kan faktorene som påvirker utslippene til skip grupperes inn i tre kategorier:

⁴ *Strategier for grønn maritim eksport 2022. Menon-rapport nr 30/2022. Rapporten publiseres i april.*

- Skipsspesifikke egenskaper
- Seilasspesifikke valg/avgjørelser
- Ytre miljø

Skipsspesifikke egenskaper er egenskaper knyttet til hvordan skipet er designet og hvilke fremdriftssystemer, drivstofftype og teknologier som finnes om bord. Seilasspesifikke avgjørelser peker på beslutninger som styrmenn og kapteiner tar underveis på seilaser som påvirker skipets CO₂-utslipp, som for eksempel valg av hastighet og seilingsmønster. Ytre miljø peker på ytre forhold som vær, vind og bølger. Alle disse tre kategoriene påvirker i ulik grad skipenes CO₂-utslipp, og det er krevende, om ikke umulig, å avgjøre styrkeforholdet mellom dem. Ved å ta utgangspunkt i teknologier kan vi i beste fall si noe om hvordan de spesifikke egenskapene ved skipene virker inn på CO₂-utslipp, men også her møter vi på et fundamentalt problem i at vi ikke klarer å måle effekt av teknologiene. I beste fall klarer vi å kategorisk avgjøre om en teknologi på generelt nivå er mer grønn enn en annen.

Ved å ta utgangspunkt i CO₂-utslipp fanger vi opp alle tre kategoriene, men her ligger problemet i å tolke hvorvidt utslippstallene faktisk sier noe om effekt av grønn teknologi eller om utslippstallene kun reflekterer egenskaper ved det ytre miljø og seilasspesifikke avgjørelser. Med andre ord, det kan inntreffe situasjoner hvor et gammelt skip som går på marin dieselolje har like lave utslipp som et nytt skip som går på hybrid-løsninger, fordi det gamle skipet har seilt under perfekte vær-, bølge- og vindforhold eller at styrmannen valgte optimal hastighet for å minimere drivstoffbruket, mens hybridskipet seilte i røff sjø og måtte seile raskt for å rekke i havn tidnok. Ved å utnytte utslippsdata for et høyt antall seilaser, vil variasjoner i utslipp som skyldes ytre miljø og/eller seilasspesifikke valg/avgjørelser være neglisjerbare. Når vi i tillegg bruker et stort antall skip inn i estimeringen, vil endringer i utslippsnivåer i stor grad kunne forklares av endret teknologiinnhold snarere enn tilfeldig variasjon i seilingsmønster og -forhold. I dette ligger det en forventning om at forskjellene i utslipp mellom skip i snitt vil kunne forklares av forskjeller i skipsspesifikke egenskaper, og ikke faktorer som ytre miljø eller seilasspesifikke avgjørelser. Dette kommer av at skip over tid vil oppleve samme type vær-, vind- og bølgeforhold, samt at styrmenn jevnt over styrer sine skip likt som andre styrmenn med tanke på optimal marsjfart for det gitte skipet.

Fremgangsmåte for å vurdere omfanget av grønn maritim

I denne rapporten presenterer vi resultater på tre nivåer:

- 1) Kartlegging av grønt innhold (teknologi) i den norskeide flåten, samt kartlegging av grønt innhold (teknologi) i skip levert på norske verft. Kartleggingen kategoriserer drivstoff- og fremdriftssystemer inn i utslippskategoriene: nullutslipp, lavutslipp og konvensjonelle utslipp.
- 2) Utslippsnivåer (kg CO₂ per nautiske mil) blant skip i den norskeide flåten og sammenligning av utslipp til norske rederier med et internasjonalt gjennomsnitt i verdensflåten innenfor ulike skipssegmenter. Basert på prestasjonen til de norske rederiene, har vi kategorisert verdiskaping og sysselsetting etter hvor mye lavere/høyere utslippene rederiene har sammenlignet med gjennomsnittet internasjonalt. Verdiskapings- og sysselsettingstallene er også fordelt på skipssegmenter.
- 3) Grønn teknologiutvikling i maritim næring, eksemplifisert ved grønne maritime patenter, oversikt over kaianlegg med landstrøm og til slutt spesifikke caser blant norske rederier og utstyrproducenter. Casene er utarbeidet av NCE Maritime Cleantech.

Kartlegging av grønt innhold

Metoden for å vurdere grønt innhold i skip er en binær tilnærming basert på drivstofftyper og fremdriftssystem om bord på skipene. Kartleggingen gir derfor et overblikk over hvilke typer drivstoff og fremdriftssystem den

norske flåten har i dag, og hvordan dette bildet ser ut sammenlignet med verdensflåten – både totalt sett og for forskjellige skipssegmenter. Metoden sier ikke noe om hvilken effekt de ulike drivstofftypene og fremdriftssystemene direkte vil ha på CO2-utslippene til skipsfarten, men den gir en indikasjon på hvilke deler av flåten som kan anses å ha lavere utslipp og om norske rederier i snitt presterer bedre eller verre enn verdensflåten for øvrig.

Vi har også kartlagt grønt innhold i leveranser av nybygg hos norske verft og sammenlignet det med internasjonal verftsindustri. I tillegg har vi innhentet og estimert kontraktspriser for nybygg på norske verft i perioden 2018-2020. Data fra Eksportfinansiering Norge og Clarksons World Fleet Register gjør at vi klarer til et høyt prestasjonsnivå å angi nybyggpriser helt ned på enkeltskip. Gruppering av nybygg etter nullutslipps-, lavutslipps- og konvensjonelle fremdriftssystemer gjør at vi kan presentere samlet verdi forbundet med ulike typer grønn skipsteknologi.

Beregning av utslippsnivåer

Den statistiske metoden for å beregne utslippsnivåer er avansert og metoden er gjennomgått i detalj i «Vedlegg C: Metodikk for estimering og beregning av ». Vi vil her kun gjengi hovedtrekkene ved metoden.

Av en norskeid flåte på om lag 2800 skip, har om lag 740 skip rapportert inn utslippsdata til EU-registeret Thetis-MRV (se Tabell 2 for en gjennomgang av datakildene benyttet i denne rapporten). Det betyr at vi har estimert utslippstall for om lag 2060 skip. Disse skipene fordeler seg jevnt på forskjellige segmenter, men det er særlig fire segmenter som skiller seg ut: Annet, Havbruk, Ferge og Cruise.⁵ Nær 100 prosent av alle de norskeide skipene i disse fire segmentene har ikke rapportert utslippsdata til EU-registeret. Dette kommer av begrensninger ved EUs register over utslippsdata: Skip under 5000 BT og skip som ikke driver frakt av gods eller passasjerer er ekskludert fra registeret. I tillegg inkluderer registeret kun utslipp blant skip dersom skipenes seilaser enten har hatt avgang fra eller anløpt en havn innenfor EU/EØS sitt territorium. Som kjent er fergene relativt små skip (snittvekt på 1290 BT for norskeide ferger) og inngår derfor ikke i EU-registeret. Segmentet «Annet» består av en rekke mindre fartøy og taubåter (snittvekt på 790 BT for norskeide skip i segmentet). Offshore og Havbruk består av både mindre og større fartøy, men skip i disse segmentene er eksplisitt utelatt fra EU-registeret. Blant segmentene «Cruise»⁶, «Våtlast» og «Tørrlast» er andelene av utslippene til skipene som er estimert tilsvarende henholdsvis 15 prosent, 32 prosent og 57 prosent.

Ettersom vi ønsker en komplett dekning av utslipp per nautiske mil for norskeide skip, har vi estimert utslippene til de skipene som ikke allerede rapporterer til EU-registeret. For å gjøre dette, har vi anvendt to ulike tilnærminger for å få så presise estimater som mulig samtidig som vi faktisk klarer å estimere utslippene for alle de om lag 2060 skipene. De to tilnærmingene er på et overordnet nivå beskrevet under.

Tilnærming 1: Mahalanobis avstand⁷

Denne tilnærmingen er en statistisk metode som er særlig mye brukt innen maskinlæring. Metoden er et multivariat alternativ til euklidisk avstand, som betyr at man kan beregne avstand fra et punkt til et annet

⁵ Se «Vedlegg B: Kategorisering av skipssegmenter» for en oversikt over hvilke skipstyper som inngår i disse aggregerte skipssegmentene.

⁶ Color Line, Fjord Line og Hurtigruta inngår i segmentet «Cruise» selv om de prinsipielt er kategorisert som ferger. Disse skipene er så store og tilbyr helt andre tjenester enn de tradisjonelle fergene som går på fergesamband langs kysten av Norge.

⁷ Se for eksempel (Cedeño Viteri & Sánchez, 2012) for en overordnet gjennomgang av konseptet og bruk i forskning.

sett/fordeling med punkter gjennom normalisering av datapunktene til en felles akse.⁸ Man kan altså sammenligne avstand i et flerdimensjonalt rom. For vår oppgave som er å estimere utslippsdata, vil Mahalanobis avstand-metoden åpne opp for at vi kan finne relevante sett av skip som skal inngå som input i estimeringen.

Overordnet kan metoden i kronologisk rekkefølge beskrives på følgende måte:

- **Steg 1:** Vi identifiserer alle norskeide skip som mangler utslippsdata. Disse skal vi estimere utslippstall for.
- **Steg 2:** Vi kartlegger egenskaper ved skipene vi skal estimere utslippsdata for. For hvert skip vi skal estimere utslippstall for, er vi interessert i at settet av utslippstall er fra skip som ligner tilstrekkelig mye på skipet vi skal estimere utslippstall for. Med andre ord, hvis vi skal estimere utslipp for en ferge, må vi sikre oss at vi bruker utslippstall for ferger og ikke for eksempel for LNG-frakteskip. I tillegg må fergene som velges ut være like langs en rekke andre dimensjoner enn kun at de er ferger. Det er her Mahalanobis avstand kommer inn i bildet.
 - a. Det første vi gjør er å kartlegge alle relevante kategorier som vil være viktig å anvende når vi velger sammenligningsgrunnlaget vårt. Dette er kategorier som skipstype, drivstofftype, fremdriftssystem og modernitet på motor.
 - b. Basert på kategoriene identifisert i steget over, velger vi ut universet av skip som prinsipielt kan bli brukt som input til å estimere utslipp. Data vi kan velge fra er registeret Thetis-MRV. Dette er skip som deler samme skipstype, drivstofftype, fremdriftssystem og modernitet på motor. Universet består derfor stort sett av skip som er mer eller mindre like på det skipet vi skal estimere utslippstall for. Noen skip vil imidlertid være svært gamle, andre er veldig store, mens andre igjen har stor motorkapasitet, men lite lastekapasitet. Vi tar derfor utgangspunkt i egenskapene ved skipet vi skal estimere utslipp for, og bruker Mahalanobis avstand til å til å finne de skipene i universet som er tilstrekkelig like. Er det stor avstand betyr det at universet av skip som er valgt ut i liten grad likner på det skipet vi ønsker å estimere utslippstall for. Er avstanden liten, betyr det at det finnes skip som ligner i stor grad på det skipet vi ønsker å estimere utslippstall for.
 - c. For å få mest mulig presise estimater på avstand, bruker vi kun forklaringsvariabler som ikke er høyt innbyrdes korrelert, men som forteller noe om drivstofforbruk ved skipene.⁹
- **Steg 3:** For hvert skip som vi skal estimere utslippstall for, finner vi først universet av lignende skip. Deretter bruker vi Mahalanobis avstand til å finne de skipene som ligner mest. De med nærmest avstand blir vektet høyest, dvs. at de får en vekt som er lik omvendt proporsjonalt av deres beregnede avstand. For å unngå at vi inkluderer skip som ikke er tilstrekkelig like skipet vi ønsker å estimere utslippstall for, legger vi på et kriterium om at avstanden ikke kan være større enn et threshold lik 2 (en avstand lik 0 betyr at skipet er identisk med skipet vi ønsker å estimere utslippstall for).¹⁰ I tillegg legger vi på et kriterium om at kun de 10 nærmeste skipene skal brukes. Oppsummert betyr dette at vi velger ut de 10 nærmeste skipene innenfor en maksavstand på 2, hvor de vektet etter hvilken avstand de har. Med

⁸ Metoden standard normaliserer datapunktene. Høy grad av innbyrdes korrelasjon mellom (og i) de ulike fordelingene av data som brukes til å beregne avstand til vårt punkt bidrar til å gjøre estimatene skjeve. Man må derfor fjerne variabler som har høy innbyrdes korrelasjon (lignende problematikk som ved multikollinearitet i regresjonsanalyser).

⁹ CO₂-utslipp er direkte utledet fra drivstofforbruket ved å utnytte informasjon om ulike utslippsfaktorer per tonn drivstoff konsumert. Det å si noe om drivstofforbruk, for gitt drivstofftype, vil derfor være viktig i vår metode.

¹⁰ Thresholdet på 2 er blitt valgt etter empiriske undersøkelser av avstander og hvor like skipene er, samt fordeling av antall skip for ulike avstander.

andre ord, vi kan ende opp i en situasjon hvor det faktisk er 10 skip som har en avstand mindre enn 2, men hvor kun ett skip har avstand lik 0. Da får dette ene skipet en vekt lik 1.

- **Steg 4:** Etter at vi har beregnet avstand og funnet settet av skip som ligner mest, tar vi deres utslippstall og vekter disse med avstandsvekten vi beregnet over. Utslippstallene til de skipene som ligner mest vil derfor bety mest i estimeringen av utslippstall.

For å vurdere om metodikken Mahalanobis avstand gir gode estimater på utslipp per nautiske mil, har vi gjennomført en såkalt Placebo-testing. Vi har tatt utgangspunkt i de norske skipene som faktisk har rapportert utslippstall (om lag 740 skip) og anvendt vår modell på dette utvalget for å si noe om modellen er treffsikker eller ikke. Er modellen perfekt, skal avviket mellom faktiske og estimerte utslippstall være lik 0 (korrelasjonskoeffisient lik 1). I «Vedlegg C: Metodikk for estimering og beregning av » gjennomgår vi resultatene fra Placebo-testing av modellen. Overordnet kan vi konkludere med at modellen treffer veldig godt med en korrelasjonskoeffisient mellom 0.84 og 0.89.

Tilnærming 2: Teoretisk beregning ved hjelp av AIS-data

Av de om lag 2060 skipene som vi måtte estimere utslippstall for, var det ikke alle skip som det var mulig å estimere utslippstall for ved hjelp av tilnærming 1. Dette kommer av ulike grunner. For det første bruker vi utslippstall fra EU-registeret Thetis-MRV som input-data i Mahalanobis-avstand-estimeringen. Som kjent er det visse skipstyper og segmenter som er utelatt fra dette registeret som Annet¹¹, Havbruk og Offshore. Det betyr at vi ikke kan bruke Mahalanobis-avstand til å estimere utslippstall for skip i disse segmentene fordi vi krever at skip i Thetis-MRV må være samme skipstype som skipstypen til skipet vi ønsker å estimere utslippstall for. For det andre er det flere tilfeller der skip i samme skipstype er vesensforskjellig fra utvalget av skip i Thetis-MRV. Det betyr at det ikke finnes skip i EU-registeret som er tilstrekkelig like til å kunne brukes som estimatorene. Eksempelvis finnes det små el-ferger i den norske flåten som vi ikke klarer å matche opp mot fergene i Thetis-MRV.

Av de 2060 skipene som vi måtte estimere utslippstall for, ble 905 skip estimert ved hjelp av Mahalanobis avstand. Øvrige skip ble ansett for å ikke være tilstrekkelig like universet av skip i Thetis-MRV. For de resterende 1155 skipene har vi brukt Kystverkets metodikk for teoretisk beregning av utslipp per nautiske mil. Metodikken er utarbeidet over flere år og nedfelt i Kystverkets veileder i samfunnsøkonomiske analyser (Kystverket, 2021). I denne rapporten bruker vi siste tilgjengelige reviderte versjonen av metodikken og den er beskrevet i detalj i «Vedlegg C: Metodikk for estimering og beregning av ».

Den teoretiske tilnærmingen bruker to typer informasjon som input til beregning av CO₂-utslipp. Den første typen informasjon er statistisk skipsinformasjon som iboende egenskaper ved skipene. Eksempler på dette er motorstørrelse, drivstofftype, fremdriftssystem, designhastighet, lastfaktor og bølgekorrigeringsfaktor. Den andre typen informasjon er spesifikk informasjon knyttet til hver enkelt seilas. Dette er primært observert seilingshastighet. For å beregne utslippene til de 1155 gjenværende skipene, har vi hentet inn AIS-data for perioden 2018-2020 ved bruk av Kystverkets API for AIS-data (Kystdatahuset). AIS-dataene er begrenset til norsk økonomisk sone, som dekker et område større enn territorialgrensen, men mindre enn norsk kontinentalsokkel. Området er stort nok til at vi får fanget opp seilasene til norske offshorefartøy.

For å beregne utslippene per skip på årssnivå (som våre andre utslippsdata er gruppert på), beregner vi først utslipp per skip per seilas. Deretter summerer vi utslipp og utseilt distanse (nautiske mil) for hvert skip innad i

¹¹ Annet består av mindre skip som slepebåter og mudringskip.

hvert av årene 2018-2020, og deler totale utslipp på totalt utseilt distanse. Dette gir oss, for hvert skip, et anslag på gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på årnivå.

Ved hjelp av denne beregningsmetodikken fikk vi estimert utslipp for 778 norskeide skip. Det er altså 416 gjenværende norskeide skip som vi ikke klarer å estimere utslippstall for. Dette er hovedsakelig mindre skip i de ulike segmentene, men det er også enkelte større skip. Dette er skip som ikke rapporterer til Thetis-MRV, som er tilstrekkelig ulike settet av skip i Thetis-MRV, og som ikke seiler innenfor norsk økonomisk sone. Denne residualen på 416 skip er derfor utelatt fra denne analysen. I antall utgjør de 15 prosent av alle norskeide skip, men i GT utgjør de kun åtte prosent.

I tabellen under gjengir vi fordelingen av antall skip på de ulike metodene for fastsettelse av utslipp (kg CO₂) per nautiske mil.

Tabell 1: Antall norskeide skip med utslippstall per segment, fordelt etter metode for fastsettelse av utslipp. Kilde: Menon Economics

	AIS	Mahalanobis	Thetis-MRV
Annet	145	0	0
Cruise	0	4	23
Ferge	66	365	0
Havbruk	134	0	0
Offshore	374	1	6
Tørrlast	54	407	390
Våtlast	5	128	319

Fra utslipp per nautiske mil til verdiskaping og sysselsetting

I denne rapporten bruker vi tall for utslipp (kg CO₂) per nautiske mil som mål på grad av grønt ettersom utslippstallene direkte vil fortelle oss rederienes karbonavtrykk som en kontinuerlig skala, som i prinsippet kan gå fra 0 (ingen utslipp) til uendelig. Faktisk type teknologi blir dermed underordnet.

Vi har kun tilgjengelig utslippstall for den norskeide flåten. Utstørsprodusenter, tjenesteprodusenter og verft er derfor utelatt fra disse beregningene, men disse aktørene er imidlertid dekket i de øvrige kapitlene i denne rapporten.

For å måle grønn prestasjon til norske rederier, må vi systematisere utslippene inn i en form for sammenlignbar skala. Vi har gjort dette på to måter:

- Med utgangspunkt i utslippstall for den norskeide flåten har vi beregnet gjennomsnittlig utslippstall per nautiske mil per rederi. Ved å sortere denne fra minst til størst for norske rederier, har vi delt rederiene inn percentiler etter hvor mye flåten til rederiene, i snitt per skip, slipper ut per nautiske mil. Vi har deretter summert omsetning og verdiskaping for hver percentil. Dette gir oss innblikk i sammenhengen mellom utslippsnivå og inntekter og sysselsetting blant rederiene.
- Med utgangspunkt i utslippstall for den norskeide flåten har vi beregnet totale utslipp per nautiske mil for hvert enkelt rederi og segment. Vi har deretter beregnet gjennomsnittlig utslipp per segment for alle skip som har rapportert utslippstall til EU-registeret Thetis-MRV. Dette utslippstallet ligger konstant lik snittet for årene 2018-2020 som et slags fast baseår for sammenligning over tid. Ved å multiplisere antall skip per segment og rederi med det internasjonale gjennomsnittet, får vi oversikt over hva hvert enkelt

rederi har av egne utslipp, og hva de ville hatt av utslipp dersom skipene var like karbonintensive som det internasjonale gjennomsnittet. For hvert rederi vil det prosentvise avviket mellom egne utslipp og det internasjonale gjennomsnittet fortelle oss hvor mye mer/mindre miljøvennlig den norske rederiets utslipp er sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet. Gitt denne internasjonale benchmarkingen fordeler vi verdiskaping og sysselsetting inn i grupper etter størrelsesordenen på det prosentvise avviket. På den måten får vi innsikt i hvor godt norske rederier presterer internasjonalt, og hvor mye bedre de faktisk presterer. I tillegg gir dette oss en fordeling av verdiskaping og sysselsetting blant norske rederier etter hvor mye lavere/høyere utslipp de har enn det internasjonale gjennomsnittet. Vi har også anvendt den samme metodikken for å kartlegge verdiskaping og sysselsetting fordelt på skipssegmentene.

Kartlegging av grønn teknologiutvikling

I siste del av rapporten tar vi for oss grønn teknologiutvikling i maritim næring. Kartleggingen er ikke fullstendig, men gir et godt overblikk over aktiviteten i maritim næring. Kapitlet analyserer klimagassreducerende maritime patenter og deres eierskap, teknologiutvikling blant maritime utstyrproducenter og etableringen av og tilgangen på landstrøm i Norge. I tillegg har Norwegian Maritime CleanTech¹² utarbeidet tre case på grønn maritim teknologiutvikling og prosessen med å gå fra pilotering til skalering.

¹² (Maritime Cleantech, u.d.)

Grønn maritim 2019

I 2019 ga Menon ut den første versjonen av Grønn maritim. I grønn maritim-rapporten fra 2019 definerte vi grønn på en enklere og mindre presis måte enn vi gjør i årets rapport. På de tre årene som har gått siden 2019-rapporten, har mye skjedd. Klimakrisens alvor har i langt større grad sunket inn, og det er en helt annen «sense of urgency» i næringsliv, politikk og i samfunnet generelt. Kunnskapen om sammenhengen mellom klimateknologier og utslipp er også langt større i dag, og selv om mye av jobben for å redusere utslipp fremdeles ligger foran den maritime næringen, har mange tiltak allerede blitt implementert.

2019-rapporten var basert på en «teknologibasert», «verdikjedebasert» og «fleksibel» tilnærming:

- **Teknologibasert:** Omsetning og investeringer anses som grønne dersom de bidrar til bruk av en teknologi som eliminerer eller vesentlig reduserer utslipp av miljø- eller klimaskadelige gasser. Eksempler på dette er skip som bruker elektrisitet eller hydrogen som «drivstoff» til framdrift.
- **Verdikjedebasert:** Omsetningen er grønn dersom den kommer fra aktører som er direkteleverandør av et produkt eller en tjeneste som i seg selv ikke er miljøvennlig, men er en spesialisert leveranse til miljøvennlig næring. Eksempel på dette er offshorerederier som tilbyr tjenester til havvindprosjekter, eller leverandører av batterier til batteriskip eller hybridferger.
- **Fleksibel:** Bruk av enkelte teknologier bidrar til en vesentlig reduksjon, men ikke på langt nær en eliminering av utslipp av miljø- eller klimaskadelige gasser.

Basert på denne definisjonen ble «grønn» fordelt i tre kategorier.

- **Mørkegrønn:** 80-100 prosent reduksjon av klima- og miljøskadelige gasser. Eksempler på dette er batteri- eller hydrogendrevne skip, samt offshore skip som brukes til offshore vind.
- **Grønn:** 30-80 prosent bidrag til reduksjon i utslipp av klima- og miljøskadelige gasser. Eksempler på dette er bygging av eller ombygging til hybridskip.
- **Lysegrønn:** Under 30 prosent bidrag til reduksjon i utslipp av klima- og miljøskadelige gasser. Eksempler på dette er installasjon av LNG-motorer eller scrubbere.

Basert på denne tilnærmingen var et skip og inntekter fra dette skipet ansett som grønne dersom skipet leverte til havvind, selv om selve skipet gikk på oljebasert drivstoff og ikke tok i bruk miljøvennlige teknologier. Datagrunnlaget var imidlertid ikke tilstrekkelig detaljrikt til å foreta ytterligere finmaskede inndelinger enn det som ble foretatt. I årets analyse har vi tilgang til bedre datagrunnlag og dermed mulighet til å nansere metodikken, slik at vi tar vi utgangspunkt i faktiske norskeide skip og beregner utslipp til disse. Vi fortsetter med å koble skipene opp mot rederier og deres inntekt, hvor vi identifiserer den miljøvennlige andelen av rederienes inntekt basert på egenskapene til skip, som fremdriftssystem, drivstoff, motorstørrelse osv.

Datakilder

I tabellen under sammenstiller vi de ulike datakildene som er anvendt i denne rapporten og hva de har blitt brukt til.

Tabell 2: Oversikt over datakilder brukt i rapporten

Datakilde	Innhold og datakvalitet	Bruksområde
Clarksons World Fleet Register	Datakilden inneholder en komplett oversikt over aktive skip i verdensflåten (med unntak av forsvarsskip og mindre fiskefartøy) Registeret inneholder en lang rekke metadata for hvert enkelt skip, som ulike skipsinformasjon, eierinformasjon, verftsinformasjon og segmentinformasjon. Datakvaliteten er ansett som svært god.	Datakilden har blitt brukt til å identifisere verdensflåten og den norske flåten, og disse har blitt brukt til både å lage statistikk over grønt innhold i skip bygd hos verft og eid av rederier, og til å estimere utslippstall basert på den statistiske metoden «Mahalanobis distance» og basert på teoretisk beregning.
Thetis-MRV (EMSA, u.d.)	Alle kommersielle skip over 5000 BT i segmenter som driver frakt av gods (både våt- og tørrlast) og passasjerer er inkludert i datasettet, dersom minst én av havnene under hver seilas er i EU/EØS sitt territorium. Disse skipene (rederiene) melder inn utslippstall for alle sine seilaser (med unntak av bunkringsseilaser). For hvert skip er dataene aggregert på årsnivå for årene 2018-2020. Tallene inkluderer både totale utslippstall og per nautiske mil. Datakilden inneholder ikke utslippstall for skipssegmenter som offshore og havbruk. Datakvaliteten er ansett som svært god. For mer detaljer, se (DNV, u.d.).	Datakilden har blitt brukt til spesielt to ting: <ol style="list-style-type: none"> 1) Beregne gjennomsnittlige utslippsfaktorer for ulike segmenter internasjonalt. Disse fungerer som referansepunkt for den norske flåten. 2) Input-verdier for å estimere utslippstall for norske skip som ikke rapporterer til Thetis. Den statistiske metodikken som har blitt anvendt er «Mahalanobis distance».
AIS-data (Kystdatahuset.no)	Datakilden inneholder AIS-data for alle fartøy som har seilt i norsk økonomisk sone for mange år bakover i tid. AIS er et radiosignal som hvert skip over 15 meter sender ut med stor hyppighet på seilaser. AIS-dataene fanges opp av Kystverket og dataene angir posisjon, tid og fartøy. Kystverket har systematisert AIS-punktene og satt de samme til seilaser basert på egne regler. Vi har utnyttet AIS-data for perioden 2018-2020. Datakvaliteten er ansett som svært god.	Datakilden har blitt brukt som input til den teoretiske beregningen av utslipp (kg CO ₂) per nautiske mil blant norske skip som 1) ikke rapporterer til Thetis-registeret eller som 2) ikke var mulig å estimere ved hjelp av «Mahalanobis distance». Dette er skip hovedsakelig i segmentene «Havbruk», «Offshore» og «Annet».
Menons regnskapsdatabase	Menon sin regnskapsdatabase er en relasjonell database over alle regnskapspliktige foretak i Norge for perioden 2003-2020. Regnskapsdataene på foretaksnivå er også disaggregert til avdelingsnivå ved hjelp av informasjon om sysselsetting i de	Ved bruk av Menon sin populasjon over maritime foretak, har vi brukt datakilden til å beregne verdiskaping og sysselsetting blant rederiene som vi har utslippsdata for.

	ulike avdelingene. Regnskapsdataene er komplette og inneholder både resultatregnskap, balanseregnskap, sysselsetting samt en lang rekke foretaksinformasjon. Datakvaliteten er ansett som svært god.	
--	--	--

Grønt innhold i den norske flåten

Verdensflåten består per medio februar 2022 av 112 444 fartøy med en samlet tonnasje på 1,55 mrd. bruttotonn. Dette kapittelet viser at 4,5 prosent av verdensflåten er lavutslippsfartøy, mens kun 0,1 prosent er nullutslippsfartøy. For den norske flåten er andelen høyere, tilsvarende 23 prosent lavutslippsfartøy og ett prosent nullutslippsfartøy. Det er imidlertid mye som gjenstår for å dekarbonisere både den norske og den globale flåten til ønsket nivå, ettersom lavutslippsløsningene representerer relativt små utslippsreduksjoner sammenlignet med konvensjonelle drivstoff. Andelen lav- og nullutslippsfartøy er imidlertid økende. Blant norske skip som er 5 år eller yngre¹³, utgjør lavutslippsfartøy 42 prosent, mens andelen med nullutslippsløsninger utgjør 7,6 prosent.

Grønne fartøy – skille mellom lavutslipps- og nullutslippsfartøy

For å kunne si noe om hvor stor den «grønne» andelen av norske rederiers skip er, har vi laget en definisjon på hva som kategoriseres som «grønne» og «ikke-grønne» skip. Vi baserer oss på data på skipsnivå fra Clarksons World Fleet Register, hvor vi klassifiserer skipene etter hva slags *fremdriftsteknologi* skipenes fremdriftssystemer har og drivstofftyper de benytter. Sentralt her er at vi ikke ser direkte på utslippstall, men på hvilke drivstofftyper som bidrar til *mindre* utslipp enn konvensjonelle drivstofftyper. Eksempelvis anser vi skip med fremdriftssystemer som går på ren diesel/olje som minst klimavennlig. Ulike fremdriftssystemer og drivstofftyper som bidrar til mindre utslipp enn hva diesel og olje gjør, klassifiserer vi som henholdsvis lav- og nullutslippskip. Hybride løsninger og fartøy som benytter gass som drivstoff kategoriseres som *lavutslippsløsninger*, mens *nullutslippsløsninger* inkluderer batteridrevne skip og hydrogenløsninger¹⁴.

Det eksisterer svært få fartøyer med atomkraftbaserte fremdriftssystemer på verdensflåten. Samtidig identifiserer vi ingen fartøyer som i dag benytter ammoniakk i sine fremdriftssystemer. Atomkraft og ammoniakk er å anse som nullutslippsfartøyer, men grunnet fraværende tilstedeværelse på den norske flåten, legger vi ikke særlig vekt på disse. Atomkraft inkluderes imidlertid i analysene av verdensflåten fordi det finnes tilgjengelig data på dette. Tabellen nedenfor viser en full liste over kategoriseringen av fremdriftssystemer og drivstofftyper.

Tabell 3: Oversikt over ulike fremdriftssystemer og utslippskategorisering av disse. Kilde: Menon Economics

Fremdriftssystem	Fremdriftsteknologi	Drivstoffkategorisering
Batterihybrid	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Batteri	Nullutslipp	Batteri/Hydrogen
Biodrivstoff	Lavutslipp	Biodrivstoff
Komprimert naturgass (CNG)	Lavutslipp	Gass
Etangass	Lavutslipp	Gass
Hydrogen	Nullutslipp	Batteri/Hydrogen/Atomkraft
Tungolje (IFO)	Konvensjonell	Diesel/Olje
Flytende naturgass (LNG)	Lavutslipp	Gass
Flytende petroleumsgass (LPG)	Konvensjonell	Gass
Atomkraft	Nullutslipp	Atomkraft
MDO	Konvensjonell	Diesel/Olje

¹³ Dette inkluderer kun leverte fartøy. Ordrebøker er ikke inkludert her.

¹⁴ Hvor klimavennlig hydrogen-drevne skip er avhenger av produksjonsmetoder for hydrogenet som benyttes. Vi antar her at hydrogenet produseres med fornybar energi.

MGO	Konvensjonell	Diesel/Olje
Metanol	Lavutslipp	Gass
Kombinasjon	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Diesel 2-taktsmotor	Konvensjonell	Diesel/Olje
Diesel 4-taktsmotor	Konvensjonell	Diesel/Olje
Diselelektrisk	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Gassturbin	Lavutslipp	Gass
Hybridmekanisk elektrisk	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Dampdrevet stempelmotor	Lavutslipp	Gass
Dampeturbin	Lavutslipp	Gass

Det er viktig å understreke at klimagevinsten av å gå fra en konvensjonell dieseldrevet motor til LNG, LPG og batteri-/diselelektriske løsninger er begrenset¹⁵. Tiltak for energieffektivisering, som «slowsteaming» og ruteoptimalisering, kan i noen tilfeller ha en større effekt på skipenes utslipp. Eksempelvis kan diselelektriske fremdriftssystemer vise til lavere drivstofforbruk, mindre utslipp av klimagasser, samt lavere støynivå sammenlignet med fremdriftssystemer basert på tradisjonelle dieselmotorer med direkte propellakslar, men behøver ikke å bidra til signifikante klimagevinster.^{16,17} I tabellen under har vi gjengitt utslippsfaktorer per tonn drivstoff. Som vi ser, så er det lite forskjell mellom konvensjonelle drivstofftyper som Diesel/Gas Oil og LNG og LPG.

Tabell 4: Utslippsfaktorer (tonn CO₂/tonn drivstoff) fordelt på ulike drivstofftyper. Kilde: (VERiFAViA shipping, 2014)

Drivstofftype	Utslippsfaktor (tonn CO ₂ /tonn drivstoff)
Biofuel	0
Diesel/Gas Oil	3,206
Ethane	1,913
Heavy Fuel Oil	3,114
Light Fuel Oil	3,151
LNG	2,75
LPG	3
Methanol	1,375

Lavutslippsløsningene er imidlertid viktige på kort sikt som et steg i transformasjonen mot dekarbonisering av flåten, men vil i seg selv ikke være tilstrekkelige for å nå Norges, Europas og IMOs utslippskrav i 2030 og 2050. Vi mener likevel at det er viktig å skille mellom konvensjonelle drivstofftyper og lavutslippsløsninger. I det følgende benyttes fargen oransje på lavutslippsfartøy, mens fargen grønn er forbeholdt nullutslipp.

¹⁵ (VERiFAViA shipping, 2014)

¹⁶ (E-Pod, 2021)

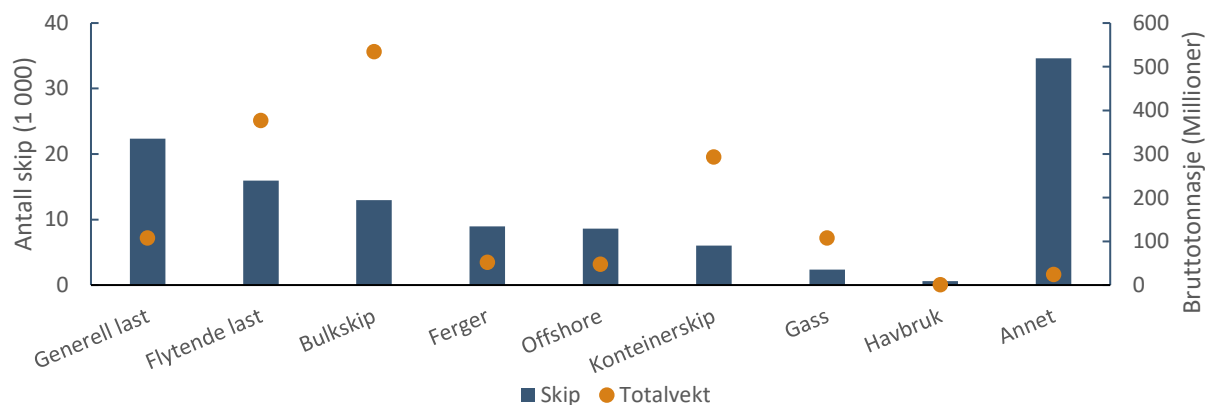
¹⁷ I direkte propellakslarmotorer er skipets propeller direkte koblet til motorene ved hjelp av en aksling, og skiller seg fra diselelektriske løsninger hvor propellene er indirekte koblet til motorene via elektriske generatorer.

Verdensflåten

Verdensflåten består per medio februar av 112 444 skip fordelt på et bredt spekter av fartøyssegmenter. Figur 6 viser antall skip i verdensflåten fordelt på hovedsegmenter¹⁸, samt hovedsegmentets totalvekt målt i bruttotonnasje. Dersom vi kun forholder oss til antall skip ved flåten, fanger vi ikke opp forskjellene ved skipene som er avgjørende for deres valg av drivstoffsystemer. Ved å aggregere skipenes vekt målt i bruttotonnasje etter deres fremdriftsteknologi får vi et bredere bilde av *størrelsen* på disse skipene.

Det er flest skip innen segmentet «generell last», sett bort fra «annet»-kategorien. Bulkskip (metaller, korn, kull osv.) er imidlertid det største segmentet målt i bruttotonnasje, hvor totalvekten er på i overkant av 500 millioner bruttotonn. Skip med flytende last (for eksempel oljetankere og kjemikalietankere) er nest størst målt i tonnasje og tredje størst målt i antall fartøy. «Annet»-kategorien utgjør nærmere 35 000 skip, tilsvarende omkring 30 prosent av skipene i verdensflåten. Dette inkluderer skip som lektere, mudderskip, taubåter og andre ikke-lastbærende skip. Taubåter utgjør rundt 65 prosent av dette segmentet.

Figur 6: Antall skip i verdensflåten etter aggregerte segmenter og total bruttotonnasje på segmentene. Kilde: Clarksons World Fleet Register

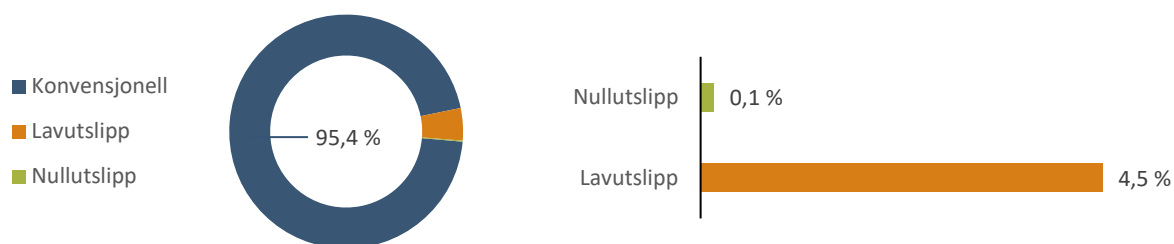


I 2020 sto den internasjonale skipsfarten for to prosent av de globale energirelaterte CO₂-utslippene.¹⁹ IMO's ambisjon er å halvere de samlede absolutte CO₂-utslippene fra skipsfarten innen 2050. Per dags dato går de fleste skip i verdensflåten på konvensjonelt drivstoff, tilsvarende 95 prosent som vist i Figur 7. Kun 4,6 prosent av verdensflåten er i dag kategorisert som lav- eller nullutslippsfartøy, hvor kun én promille går på nullutslippsdrivstoff.

¹⁸ Segmentene baserer seg på sammenstilte flåtetypener. Sammenslåingene kan ses i vedlegg.

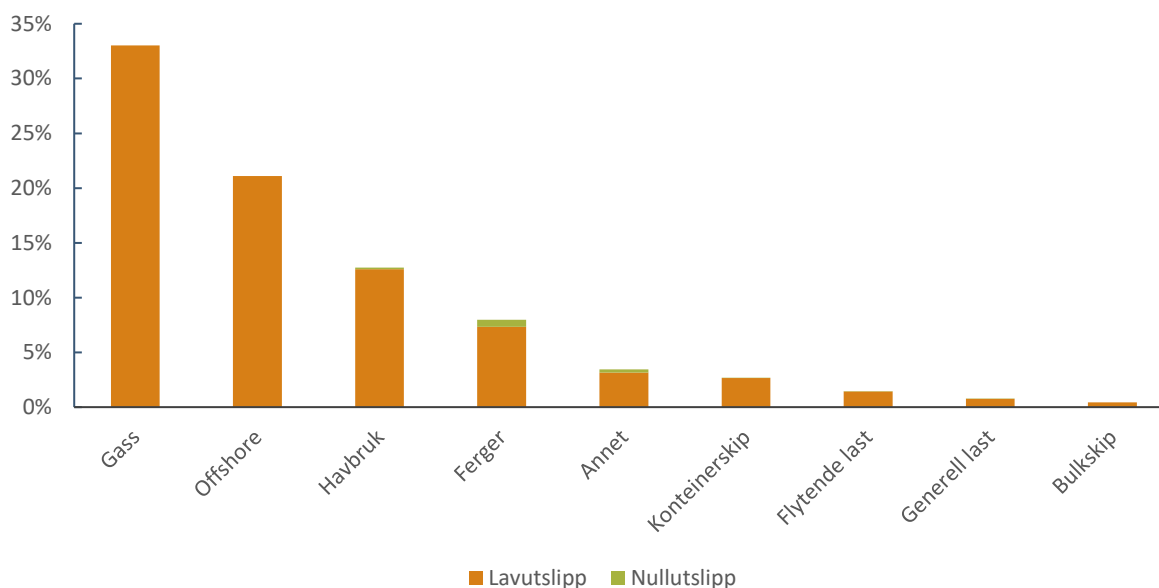
¹⁹ (IEA 2022 Ministerial Meeting, 2020)

Figur 7: Fordeling av verdensflåten etter fossilt, lav- og nullutslippsdrivstoff. Kilde: Clarksons World Fleet Register²⁰



På verdensbasis er det stor variasjon i tilstedeværelsen av lav- og nullutslippsskip på tvers av skipssegmentene. Gasskipene er det desidert største segmentet målt i lavutslippssandel, etterfulgt av offshoresegmentet, hvor over 20 prosent av offshoreskip er kategorisert som lavutslippsskip. Lasteskip benytter oftest konvensjonelle drivstoff, og andelen lav- og nullutslippsløsninger innen dette segmentet er marginalt. Nullutslippssandelene er på tvers av segmentene forsvinnende små.

Figur 8: Andel lav- og nullutslippsskip i verdensflåten fordelt på segmenter. Kilde: Clarksons World Fleet Register



Den norskeide flåten

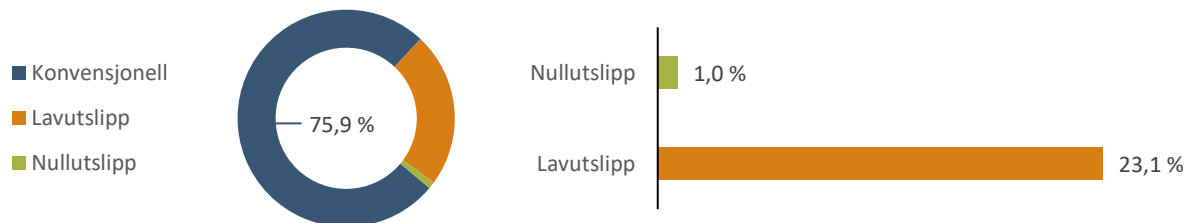
Den norskeide flåten²¹ i denne rapporten består av 2824 skip. Den norskeide flåten har en høyere andel lav- og nullutslippsskip sammenlignet med verdensflåten, tilsvarende 24 prosent. Det er imidlertid verdt å merke at det

²⁰ Lavutslippssandelen er betraktelig høyere enn vist i rapporten *Maritim 21 – Strategi (2021)*. I denne sammenheng regner vi hybridelektriske skip som lavutslippsskip ettersom disse bidrar til mindre utslipp enn konvensjonelle olje- og/eller dieselskip.

²¹ Den norskeide flåten inkluderer alle registrerte skip per februar 2022, inkl. ordrebøker.

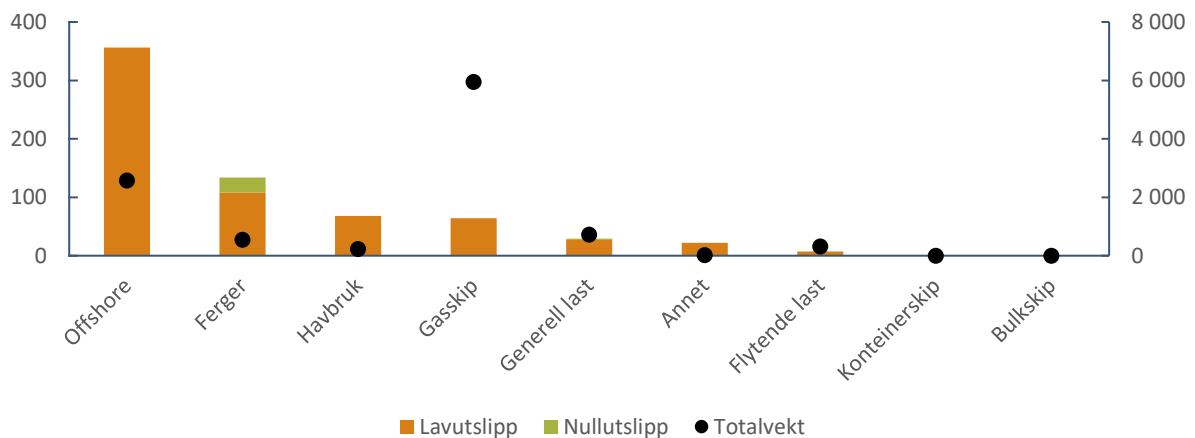
kun er ett prosent av skipene som har nullutslippsløsninger og som dermed kan klassifiseres som rene grønne skip. Selv om den norskeide flåten i større grad enn verdensflåten baserer seg på lav- og nullutslippsløsninger, benytter 76 prosent av skipene fremdeles fossile drivstoffløsninger.

Figur 9: Fordeling av antall norskeide skip etter fossilt drivstoff (konvensjonelt drivstoff) og lav- og nullutslipp. Kilde: Clarksons World Fleet Register



Det er store forskjeller mellom skipssegmentene når det gjelder bruk av null- og lavutslippsløsninger. Offshoreflåten har flest skip på lavutslippsløsninger. Målt i bruttotonnasje, er det imidlertid gasskipsegmentet som troner på topp. Dette segmentet består i hovedsak av LNG- og LPG-drevne skip.²² Det er forsvinnende få nullutslippsfartøy i den norskeide flåten, og det er i hovedsak fergesegmentet som har skip med nullutslippsløsninger. Yara Birkeland er det eneste nullutslipp-frakteskipet i den norskeide flåten, og er foreløpig det eneste helelektriske nullutslipp-konteinerskipet i verdensflåten.

Figur 10: Antall grønne skip i den norske flåten fordelt på lav- og nullutslippsskip for ulike skipssegmenter. Kilde: Clarksons World Fleet Register



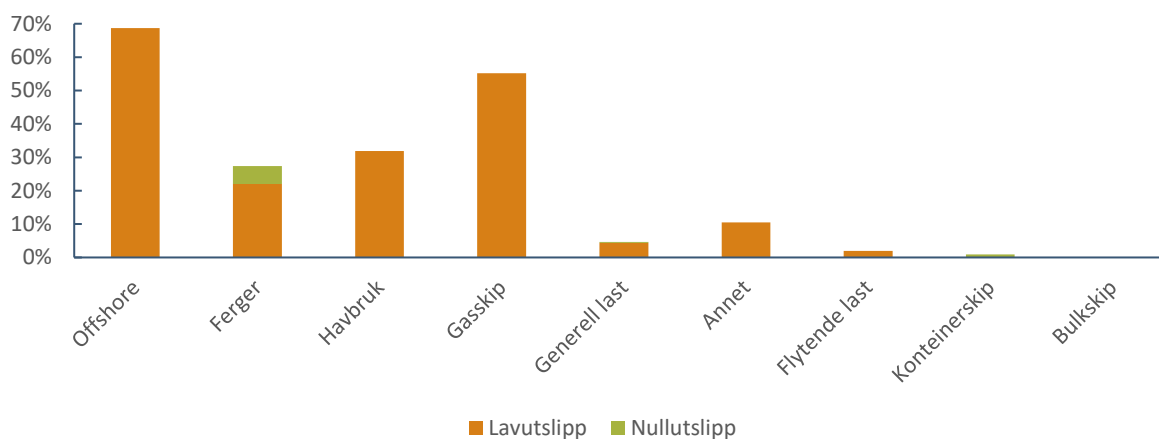
Figur 11 viser andel lav- og nullutslippsfartøy innen hvert segment for den norskeide flåten, og fanger dermed variasjonen i lav- og nullutslippsomfanget på tvers av segmentene. Offshoresegmentet er det største enkeltsegmentet målt i andel lavutslippsfartøy, tilsvarende nærmere 70 prosent. Over 50 prosent av gasskipene er lavutslippsskip ettersom disse ofte benytter samme drivstoff i sine fremdriftssystemer som fraktes.²³ Innen

²² LNG- eller LPG-drevne skip benytter både konvensjonelle to- og firetaktsmotorer til forbrenning av drivstoffet. Gassen tennes ved hjelp av tennplugger. Motorene har med tiden blitt mer egnet til slike drivstoff, som har vært med på å øke effektiviteten og redusere utslipp av klimagasser. (DNV, u.d.)

²³ (Eikens, 2020)

havbruksflåten har ett av tre fartøy lavutslippsløsninger. For fergesegmentet er andelen skip med lavutslippsløsninger lavere, men til gjengjeld er dette segmentet som har kommet lengst når det gjelder nullutslippsløsninger. I overkant av fem prosent innenriks-fergene i Norge er nå batteridrevne. De fire varefrakt-segmentene – tørrbulk, generelle lasteskip, containerskip og skip som frakter flytende væsker som olje og kjemikalier – har kommet langt kortere på veien mot dekarbonisering enn de øvrige segmentene. Som Figur 11 viser, er andelen med null- og lavutslippsløsninger mindre enn 5 prosent for alle disse fire varefrakt-segmentene.

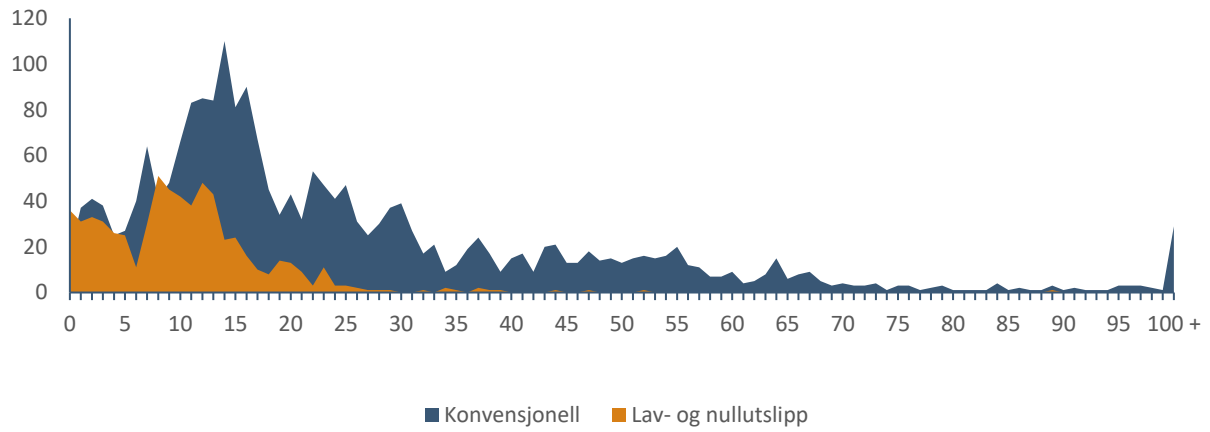
Figur 11: Andel lav- og nullutslippsskip innen hvert segment i den norskeide flåten. Kilde: Clarksons World Fleet Register



De fleste skipene i den norskeide flåten som i dag benytter lav- og nullutslippsløsninger er bygget de siste 25 årene, men hvor flere av dem er bygget de siste ti årene. Dette er vist i Figur 12 som illustrerer antall skip fordelt på drivstofftype og alder. Flestparten av lavutslippsfartøyene er seks til 15 år gamle, og består i hovedsak av diesel-elektriske offshorefartøy. Etter oljeprisfallet i 2014 ble det kontrahert svært få nye offshorefartøy fra norske rederier, noe som førte til et fall i antall nye lavutslippsfartøy. Veksten i den oransje kurven de siste fem årene skyldes i stor grad batteridrevne ferger og hybridløsninger på større passasjerskip (for eksempel Color Hybrid og Hurtigrutens to nybygde ekspedisjonscruiseskip).

På den andre siden viser Figur 12 at det er bygget flest skip med tradisjonelle drivstoffløsninger, som diesel og tungolje, de siste 15 årene – selv om antallet nye skip med konvensjonelle drivstoff har falt betydelig de siste 10 årene. Den norskeide nærskipfrakteflåten har en gjennomsnittsalder på omkring 25 år. Det er nærliggende å tro at flere av disse skipene vil byttes ut de neste årene og at det da vil bygges nye skip med null- eller lavutslippsløsninger som møter IMOs krav om utslipp.

Figur 12: Alder på den norskeide flåten fordelt på fossilt drivstoff og lav- og nullutslipp etter alder. Kilde: Clarksons World Fleet Register²⁴



²⁴ Figuren viser ikke akkumulert (stabet) fordeling, men konvensjonelle og lav- og nullutslipp hver for seg.

Case 1: Elisabeth – Hurtiggående elektrisk arbeidsbåt til oppdrettsnæringen



Batterirevolusjonen har inntatt oppdrettsnæringen, hvor flere og flere oppdrettere tar i bruk elektriske fartøy. Havbruk får en stadig viktigere rolle i norsk verdiskaping og Regjeringens ambisjon er en femdoblet produksjon i 2050. Oppdrettsnæringen er derfor i økende grad opptatt av å finne løsninger for å møte utslippskravene.

Ved å elektrifisere mindre, hurtiggående fartøy i oppdrettsnæringen kan en spare 60 tonn CO₂-ekvivalenter. 75 prosent av energiforbruket i sjøfasen av norsk lakseoppdrett kan elektrifiseres

med dagens teknologi. Større arbeidsbåter og mindre ferjer har estimerte innsparinger på 250 – 300 CO₂-ekvivalenter per fartøy.

Verdens første helelektriske arbeidsbåt: «Elisabeth» er en av verdens første helelektriske arbeidsbåter. Arbeidsbåten av modellen Polarcirkel 860 Cabin er det siste tilskuddet til det helelektriske oppdrettsanlegget Loddetå i Sveio, som Bremnes Seashore eier og drifter. Der går hun sine daglige runder mellom selskapets tre anlegg på lokasjonen. Arbeidsbåten «Elisabeth» er kjøpt inn av Bremnes Seashore til bruk ved deres oppdrettsanlegg Loddetå i Sveio.

Utviklet av norsk selskap: «Elisabeth» er utrustet med helelektrisk fremdriftssystem designet og utviklet av norske Evoy, som benytter underleverandører fra hele verden.

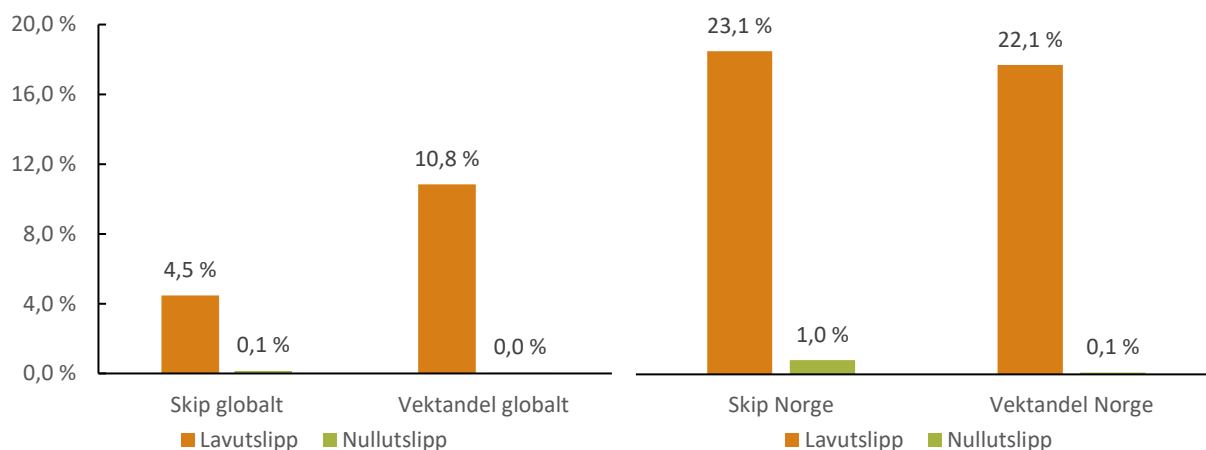
Lett og installasjonsvennlig system: En del av hovedkomponentene er hylleware, som er satt sammen på en ny måte. Resten av systemet er designet og bygget hos Evoy eller medleverandører. En har hatt stort fokus på å få systemet så lett og installasjonsvennlig som mulig, sånn at det kan fungere i hurtiggående arbeidsbåter. Systemet fungerer også i fartøy som krever fartøysinstruksjoner og er saktegående.

Høy etterspørsel internasjonalt: Evoy opplever stort påtrykk fra utenlandske aktører som ønsker å få levert systemene deres, og har allerede solgt de til fem land.

Sammenligning av den norskeide flåten og verdensflåten

Tidligere i kapitlet så vi at lav- og utslippsløsninger kun utgjør 5 prosent av verdensflåten, mens de utgjør 24 prosent av den norske flåten. Benytter vi skipenes størrelse, målt i bruttotonnasje, i stedet for antall, ser bildet noe annerledes ut. Globalt sett er lavutslippsfartøyenes vektandel betraktelig høyere enn deres andel av totalt antall fartøy. Dette viser at lavutslippsløsningene er særlig anvendbare på større våt- og tørrlastskip. I den norske flåten er situasjonen annerledes. Målt i samlet tonnasje utgjør både lav- og nullutslippsløsninger en mindre andel enn målt i antall fartøy. Dette gjelder spesielt nullutslipp, hvor andelen kun er 0,1 prosent målt i bruttotonnasje, mens den er 1,0 prosent målt i antall skip. Med andre ord er andelen 10 ganger større målt i antall enn i bruttotonnasje. Dette skyldes at batterifremdrift i all hovedsak er implementert på ferger og andre mindre fartøy, mens hydrogen og ammoniakk foreløpig bare eksisterer i testversjoner.

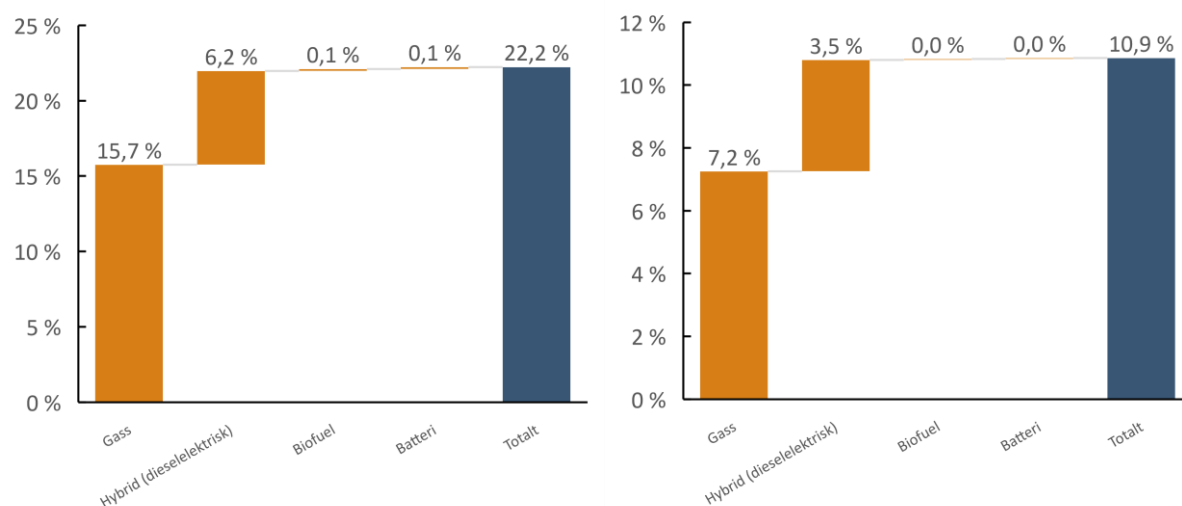
Figur 13: Skip etter fremdriftsteknologi på verdensflåten og den norske flåten, samt vektandel (bruttotonnasje) av disse.
Kilde: Clarksons World Fleet Register



Figur 14 viser fordeling av bruttotonnasje på den norskeide flåten og verdensflåten blant lav- og nullutslippsskip fordelt etter drivstofftyper. Av lav- og nullutslippsløsningene er det gassskip og hybridelektriske løsningene som utgjør de største andelen, både på den norskeide flåten og verdensflåten. Per 2022 er det få fartøy som benytter helelektrisk fremdriftssystem og biodrivstoff. Samlet utgjør disse kun ett prosent av den norskeide flåten. Det er heller ingen fartøy i den norskeide flåten som benytter hydrogen eller atomkraft som energikilde, og andelen i verdensflåten utgjør kun en marginal del av totalen.

Den norskeide flåtens sammensetning av drivstofftyper står i stil med resten av verden, hvor gassskip og hybride løsninger står for mesteparten av lav- og nullutslippene på hhv. verdensflåten og den norskeide flåten. Dette indikerer at den norskeide flåten målt i bruttotonnasje er representativ for verdensflåten.

Figur 14: Fordeling av bruttotonnasje på hhv. norsk eid flåte (venstre) og verdensflåten (høyre) blant lav- og nullutslippsskip etter drivstofftyper. Kilde: Clarksons World Fleet Register



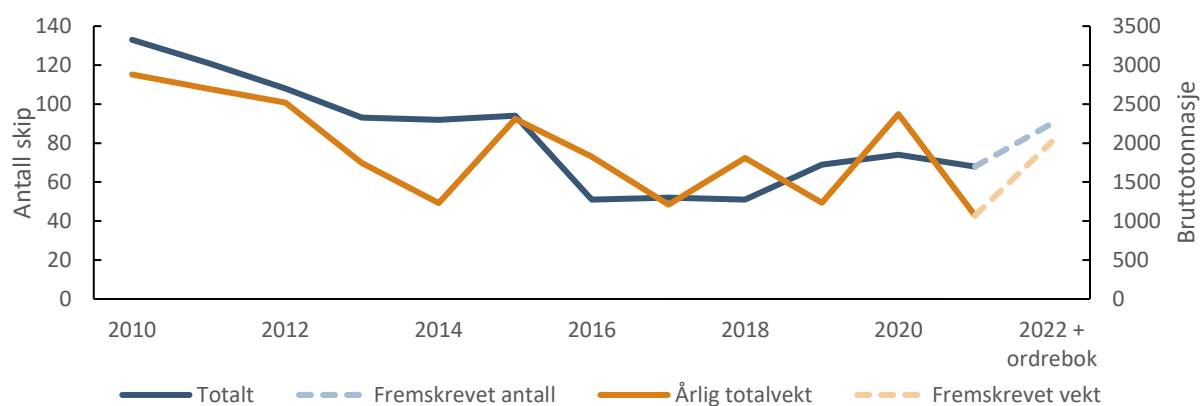
Utvikling i nybygg til norske rederier

I perioden 2010 til 2018 har det vært en fallende trend i leverte nybygg til norske rederier. Etter finanskrisen i 2008 og fram til oljeprisfallet sto leveranser av offshoreskip for store deler av nybyggene levert til norske rederier.

Etter oljeprisfallet, i perioden 2014 til 2016, avtok leveransene til norske rederier, hvor store deler av fallet kan forklares av en nedgang i kontrahering av offshorefartøy. Ettersom disse skipene historisk har utgjort en stor andel av leveransene, reflekteres dette i Figur 15. Antall leveranser av nybygg vokste fra 2018 til 2020, før det igjen var en liten nedgang fra 2020 til 2021. Til tross for denne nedgangen, er det (basert på dagens ordrebokstatistikk) forventet en økning i norske rederier sin kontrahering av nye skip.²⁵ Dette omfatter ferger, våt- og tørrlastskip, havbruksfartøyer og offshoreskip.

Den årlige totalvekten på nybygde skip levert til norske rederier reflekterer størrelsen på skipene bygget i perioden. I 2014 var skipenes totalvekt relativt lav, som impliserer at leveransene i snitt besto av mindre fartøy som ferger, havbruk og offshore. Til sammenligning var situasjonen motsatt i 2018 og 2020, hvor det ble levert flere lasteskip og cruise til norske rederier.

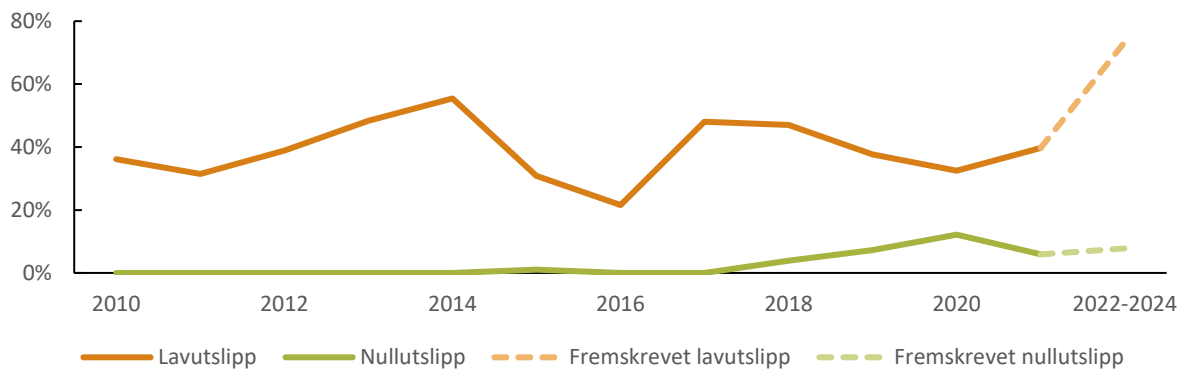
Figur 15: Utvikling i leveranser av nybygg til norske rederier i perioden 2010-2021 med ordrebok. Venstre akse måler leveranser i antall, mens høyre akse måler leveranser i bruttotonnasje. Kilde: Clarksons World Fleet Register



Til tross for den fallende trenden i totalt antall leveranser til norske rederier siden 2010, har lavutslippsandelen holdt seg stabil i perioden. Fallet i offshoreleveranser reflekterer store deler av variansen etter 2014. Andelen lavutslippsfartøy økte betraktelig fra 2016 til 2017, og skyldes en økning i leveranser av hybridelektriske havbruksfartøyer til norske rederier. I 2021 var lav- og nullutslippsandelen blant nybyggene nærmere 40 prosent, og det er forventet at andelen vil vokse de kommende årene. Andelen nullutslippsskip har i perioden utgjort en marginal andel, og flesteparten av disse er levert etter 2017. Ordrebøkene for nullutslippsskipene indikerer per 2022 en flat utvikling mot 2024.

²⁵ Ordrebokstatistikken viser et nå-bilde av aktive ordrer. Dette vil endre seg.

Figur 16: Norske rederier sine leveranser av nybygg i perioden 2010 til 2021 med ordrebok etter lav- og nullutslippsandel.
Kilde: Clarksons World Fleet Register



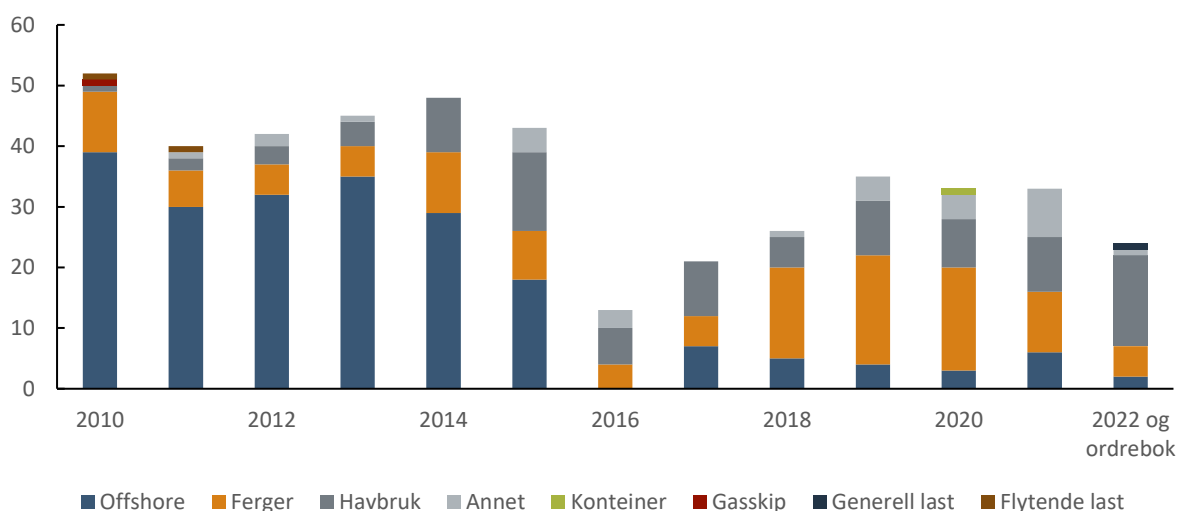
Grønt innhold i fartøy som bygges i Norge

Dette kapitlet gir et overblikk over verftsindustrien i Norge, hvor fokuset er på utvikling i andel skip med lav- og nullutslippsløsninger bygget ved norske verft fra 2010 og fram til i dag. I likhet med kapitlet over, viser analysen skip fordelt etter fremdriftsteknologi, hvor vi også her skiller mellom konvensjonelle, lav- og nullutslippsskip. Skipsbyggingsmarkedene er sykliske. Ordreinngangen til norske skipsverft var lav i perioden 2016 til 2018 som følge av offshorekrisen, før de igjen økte som følge av en omstilling til andre skipssegmenter. Samtidig er det nærliggende å tro at flere rederier skyver på investeringer i påvente av nasjonale, regionale og internasjonale utslippsreguleringer. I 2020 kom koronapandemien og bidro til ytterligere usikkerhet og reduserte kontraheringer. Det er imidlertid grunn til å anta at etterspørselen etter nye skip vil øke kraftig i årene som kommer, både som følge av utslippskrav som enten må håndteres gjennom kostbare ombygginger eller gjennom nybygg.

Utvikling i skip bygget ved norske verft siden 2010

Norske verft har de ti siste årene hatt en sterk internasjonal posisjon i bygging av offshore servicefartøy, ekspedisjonscruiseskip, ferger/-hurtigbåter og brønnbåter. I perioden 2010 til 2014 utgjorde offshoreskip brorparten av norske verfts ordrebooker. Etter oljeprisfallet i 2014 ble det bråstopp i kontraheringer av offshorefartøy. Som følge av lange ordrebooker og få nye bestillinger i andre fartøyssegmenter, stod offshoreskip for de fleste av leveransene også i 2015 og delvis i 2017, men langt lavere antall enn i perioden fram til 2015.

Figur 17: Antall nybygg ved norske verft siden 2010 fordelt på skipssegment. Kilde: Clarksons World Fleet Register²⁶



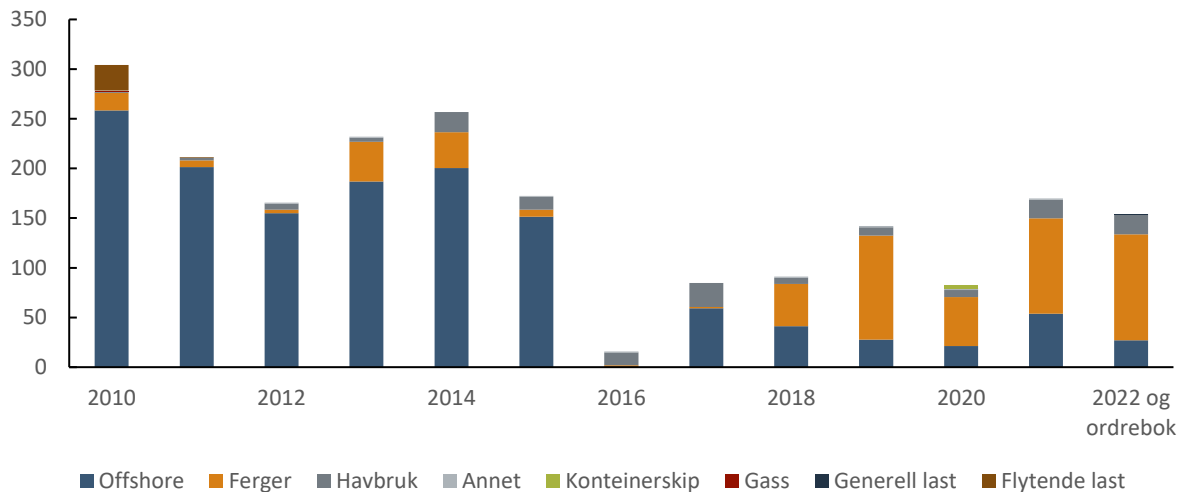
Siden 2016 har norske verfts ordrebooker blitt mer diversifisert, men omstillingen har kostet, særlig for de store nybyggverftene. Det tok flere år før de store nybyggverftene klarte å bygge opp en portefølje av nye fartøytper som ekspedisjonscruise etter offshorekrisen. Omstillingskostnadene har vært høye og betalingsviljen lavere for segmenter som cruise, bilferger og fiskefartøy. Dette har ført til store økonomiske tap og svekket soliditet for de store verftene. De mellomstore verftene har imidlertid hatt en mer diversifisert sammensetting av fartøystyper de siste 10 årene og har dermed hatt en bedre verdiskapingsutvikling enn de store verftene i perioden.

²⁶ Figuren baserer seg på data fra Clarksons Fleet Register, hvor vi kun tar hensyn til skip med oppgitte drivstofftyper. Tallene er i denne sammenheng lavere enn oppgitt i Menon-rapporten Norsk verftsindustri (2020).

Lønnsomheten har imidlertid totalt sett vært svak i perioden som følge av at noen av de mellomstore verftene også var spesialisert inn mot offshoreindustrien. De små nybygg- og reparasjonsverftene har havbruk og fiskeri som sine viktigste markeder. Disse verftene har klart seg godt gjennom de siste årene, og har positiv vekst og relativt god lønnsomhet gjennom hele perioden.

Årlig bruttotonnasje på nybygg etter 2010 viser også et tydelig brudd i trenden frem mot 2016. Offshoreskipene drev store deler av bruttotonnasjen bygget i perioden frem til 2016, mens fergene har dominert i årene etter.

Figur 18: Bruttotonnasje bygget ved norske verft siden 2010 etter segmenter. Kilde: Clarksons World Fleet Register



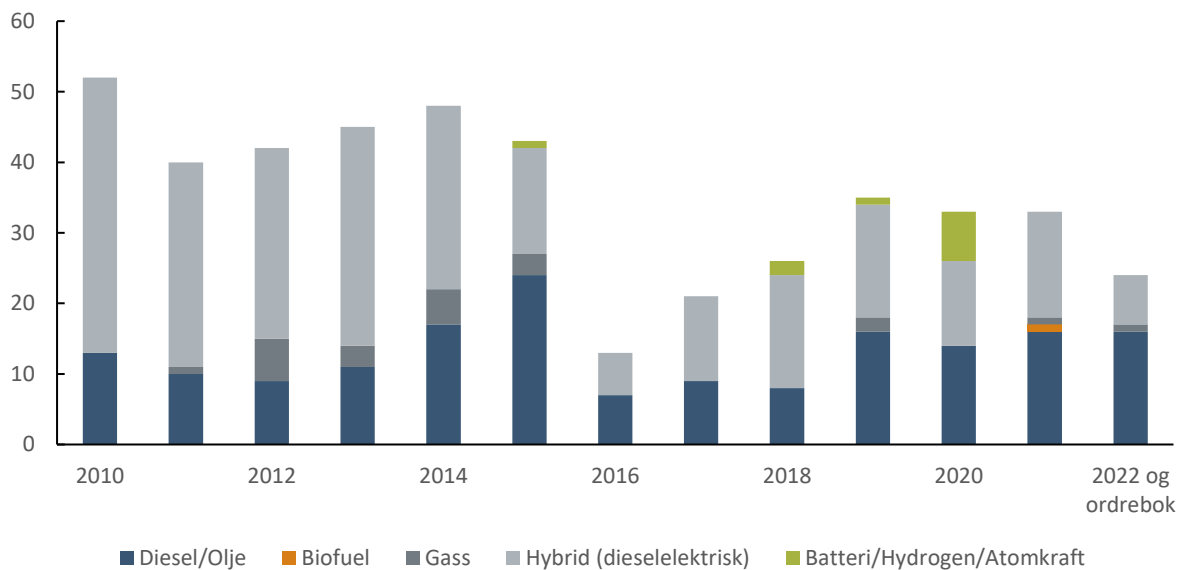
Utvikling i bygging av fartøy med grønt innhold ved norske verft

Omstillingen til nye skipstyper, økt fokus på utslippsreduksjon og en videreutvikling av nullutslippssystemer har bidratt til økt grønt innhold i nybygg levert ved norske verft. Skip med nullutslippssystemer utgjør likevel en liten andel av skipene levert fra norske verft siden 2010. Figur 19 viser skip bygget ved norske verft fordelt på drivstofftype. I perioden 2010 til 2014 utgjorde nybygg med hybride fremdriftssystem over halvparten av leveransene ved norske verft. Dette er i hovedsak offshoreskip med dieselelektrisk fremdriftssystem^{27,28}. I 2015 og 2016 ble det levert flest skip med konvensjonelt drivstoffsystem og andelen skip med dieselelektrisk fremdriftssystem gikk ned, som følge av nedgangen i kontrahering av offshoreskip. 2020 er det året hvor det har blitt levert flest nullutslippsskip. Dette var i hovedsak helelektriske ferger, men også det elektriske kontainerskipet Yara Birkeland. I perioden er det kun bygget ett skip drevet av biodrivstoff ved norske verft. Fartøyet ble levert i 2021, og er et Ro-Ro-fartøy.

²⁷ Offshoreskipene sto for over 90 prosent av dieselelektriske drivsystemer mellom 2010 og 2014.

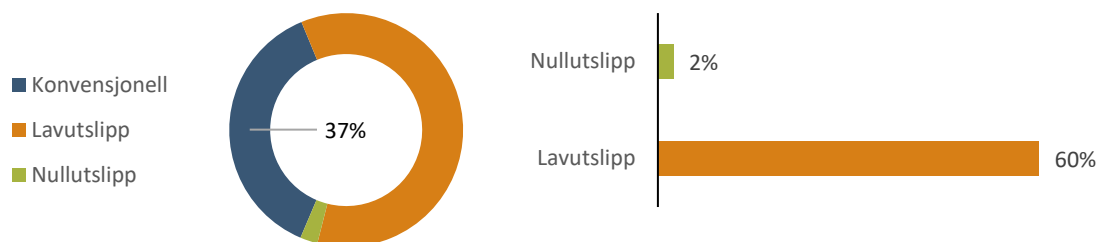
²⁸ Dieselelektriske skip benytter konvensjonelle dieselmotorer (2- og 4-takt) til å produsere energi. Energien fra dieselmotoren overføres via et elektrisk system til å drive propeller og andre elektroniske systemer om bord på skipet. Systemet åpner for elektronisk variabel hastighetsregulering, og bidrar til signifikant reduksjon i drivstofforbruk. (Marine Survey Australia, 2017)

Figur 19: Antall skip bygget ved norske verft årlig siden 2010 inkl. ordrebook frem til 2024 fordelt på drivstofftyper. Kilde: Clarksons World Fleet Register



Siden 2010 er det totalt bygget 455 skip ved norske verft.²⁹ Figur 20 viser andelen null- og lavutslippsskip bygget ved norske verft i perioden 2010 til 2024. Som følge av en relativt bred definisjon på lavutslippsskip, hvor blant annet dieselelektriske skip inngår, er 60 prosent av skipene som ble bygget siden 2010 lavutslippsskip. Kun to prosent av skipene bygget i perioden er nullutslippsskip. Dette er hovedsakelig batteridrevne skip (ferger) bygget etter 2014.

Figur 20: Totalt antall skip bygget ved norske verft siden 2010 inkl. ordrebook frem til 2024 fordelt på fossilt, lav- og nullutslippsskip. Kilde: Clarksons World Fleet Register



Figur 21 viser hvordan lav- og nullutslippsfartøy bygget ved norske verft siden 2010 fordeler seg på ulike type fremdriftssystem. Dieselelektriske fremdriftssystem utgjør 55 prosent av lavutslippsfartøyene og de resterende fem prosentene er skip som bruker gass (LNG/LPG) som drivstoff. I perioden er det ikke bygget noen fartøyer som benytter atomkraft som fremdriftskilde, og hydrogenskipene har nettopp startet sitt inntog. MF Hydra er eneste hydrogen-drevne fartøyet bygget ved norske verft i perioden. MF Hydra er verdens første hydrogen-drevne ferge, og er forventet satt i drift høsten 2022. Fergen har et elektrisk fremdriftssystem som består av batterier

²⁹ Tallet inkluderer ikke mindre fiskefartøy og arbeidsbåter.

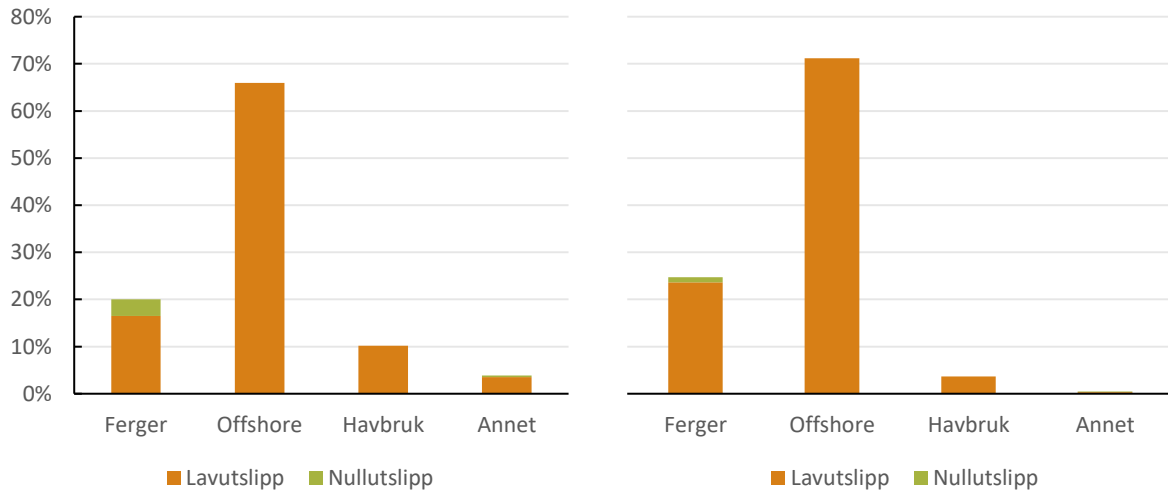
og etter hvert Brenselceller som går på flytende hydrogen. Ettersom skipet er første av sitt slag, følger det en periode med testing og prøveseiling før ferger omsider settes i drift med hydrogen som drivstoff.³⁰

Figur 21: Andel lav- (oransje) og nullutslippsskip (grønn) av antall skip bygget ved norske verft siden 2010 inkl. ordrebook frem til 2024 etter drivstofftyper. Kilde: Clarksons World Fleet Register



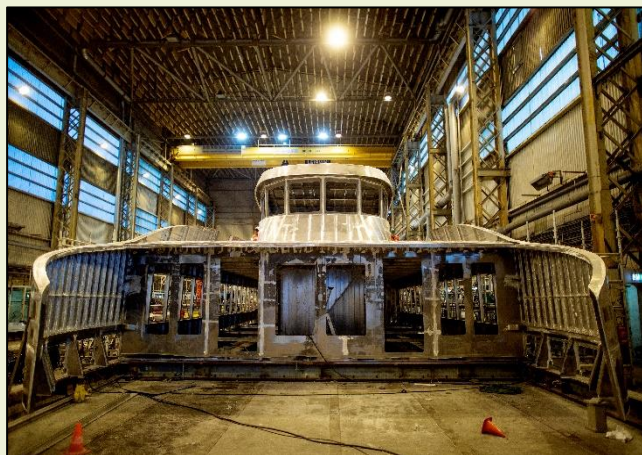
Blant lav- og nullutslippsfartøylene bygget ved norske verft siden 2010 utgjør offshoreskip den største andelen, både målt i antall og i bruttotonnasje. Dette er vist i Figur 22. Ingen av offshoreskipene bruker imidlertid nullutslippsløsninger. Fergesegmentet er det nest største segmentet og er det eneste segmentet som har tatt i bruk nullutslippsløsninger så langt, hovedsakelig batteridrevne ferger. Dette knyttes til deres relativt korte reiser og hyppige avganger, samt tilgangen på landstrøm.

Figur 22: Andel skip bygget ved norske verft siden 2010 inkl. ordrebook frem til 2024 fordelt på lav- og nullutslippsskip og aggregerte skipssegmenter (venstre), samt vektandel av deres totalvekt (høyre). Kilde: Clarksons World Fleet Register



³⁰ (Førde, 2021)

Case 2: Medstraum – helelektrisk hurtigbåt bygget i moduler



Sommeren 2022 skal verdens første helelektriske hurtigbåt døpes i Stavanger. «Medstraum» skal frakte pendlere lydløst mellom Stavanger, Byøyene og Hommersåk, med en marsjfart på 23 knop. Fartøyet, som Kolombus eier og drifter, er et resultat av et EU-støttet prosjekt (TrAM), drevet fram av Maritime CleanTech. TRAM-prosjektet har som mål å redusere investeringskostnader og leveringstid for nullutslipps hurtigbåter i EU/EØS-land. Det vil trolig derfor bli mer overkommelig å skifte ut dagens flåte av dieseldrevne hurtigbåter.

I prosjektet har det blitt brukt en modulbasert tilnærming der en har tenkt energisparing og effektivisering i alle ledd. Dette får en til ved å bygge på skalerbare løsninger og standardkomponenter som kan brukes på flere ulike fartøy. Modulbasert design finnes allerede, men planen er å utvikle en mer avansert form for moduldesign. Planen for TRAM-prosjektet er å designe moduler som kan brukes på flere skip istedenfor å designe hvert skip for seg. Nullutslippskipene blir dermed billigere og mer konkurransedyktige mot tradisjonelle skip.

Energibesparelse: Tank-testing og kalkulasjoner viser at «Medstraum» vil få en virkningsgrad på framdriften på rundt 80 prosent, noe som er grensesprengende på denne type fartøy. Målt opp imot en standard løsning med vannjet eller fast propell på tilsvarende skrog, er energibesparingen på nesten 30 prosent.

Norsk tyngde: Det er et tungt innslag av norske aktører bak realiseringen av prosjektet. Ettersom det er et EU-støttet utviklingsprogram, vil flere av aktørene få muligheten til å få fram og å pilotere nye produkter og metoder. Totalt 14 partnere står bak utviklingen av hurtigbåtene. Fra Norge deltar: Maritime CleanTech, Kolombus, Wärtsilä, Fjellstrand verft, Servogear, Leirvik, Hydro, Rogaland fylkeskommune. Andre partnere er: Fraunhofer IEM og HSVA fra Tyskland, University of Strathclyde og Uber Boat by Thames Clipper (UK), National Technical University of Athens (Hellas) og De Vlaamse Waterweg (Belgia).

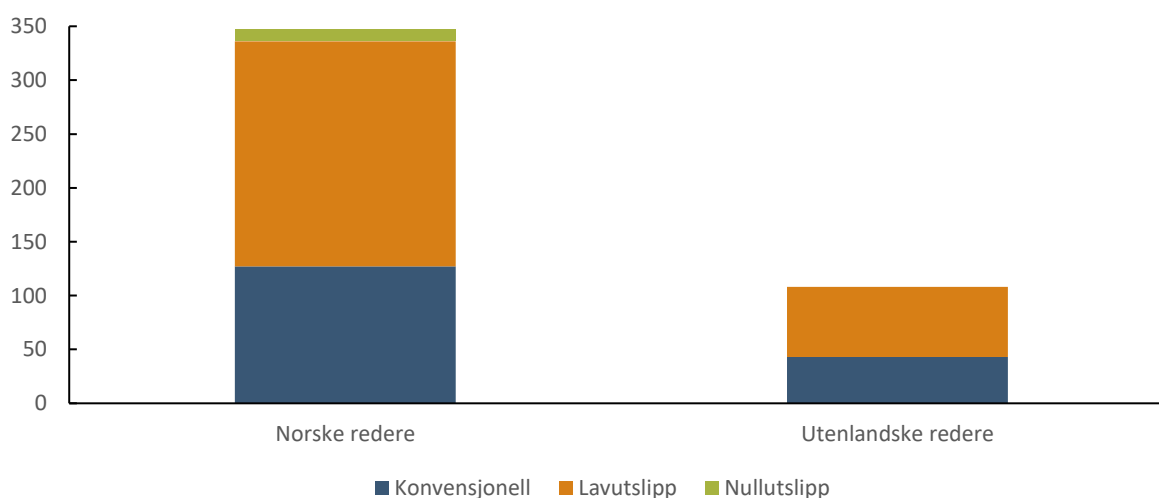
Skipsskrog: Fjellstrand verft i Omastrand i Hardanger har bygget skroget i aluminium, satt sammen de ulike modulene, og utrustet den helelektriske passasjerbåten. Leirvik produserte overbygget til «Medstraum» i aluminium, levert av Hydro. Platene var nede i en tykkhet på bare 2 millimeter. Leirvik bruker her sin kompetanse på bygging av boligkvarter i aluminium til bruk i offshore på nye områder.

Propell og motor: Servogear har levert et nyutviklet fremdriftssystem, Ecoflow el-flow system. Dette består av vridbar propell, ror, aksling, karbonbraketter, gir og design av propelltunell. Leveransen er basert på standardløsninger, men optimalisert spesifikt for skroget, vekten, og hydrodynamikken til «Medstraum». Wärtsilä leverte batteripakken, som er samkjørt og integrert med hele det elektriske systemet: To elektriske motorer og batteripakke med kapasitet på 1,5 MWh.

Norske verfts konkurranseposisjon

De siste ti årene har norske verft hatt en sterk internasjonal posisjon innen fire fartøysesegment: offshorefartøy, ekspedisjonscruise, ferger og hurtigbåter og brønnbåter. Som tidligere vist er det den høye andelen offshorefartøyer med dieselelektrisk fremdriftssystem som trekker opp lavutslippssandelen. Norske skipsverft leverer i hovedsak skip til norske rederier, hvor omkring 76 prosent av alle skip bygget ved norske verft siden 2010 er levert til norske rederier. 11 av skipene bygget ved norske verft i perioden er nullutslippsskip og samtlige er kontrahert av norske rederier. Det er ikke levert noen nullutslippsskip til utenlandske eiere, men over halvparten av skipene levert til utenlandske rederier har lavutslippssystemer. Disse skipene består av våt- og tørrlastskip, ferger, havbruk- og offshorefartøyer, og er dieselelektriske eller gassdrevne.

Figur 23: Antall skip bygget ved norske verft fordelt på fremdriftsteknologi og eierskap siden 2010 inkl. ordrebok frem til 2024. Kilde: Clarksons Research

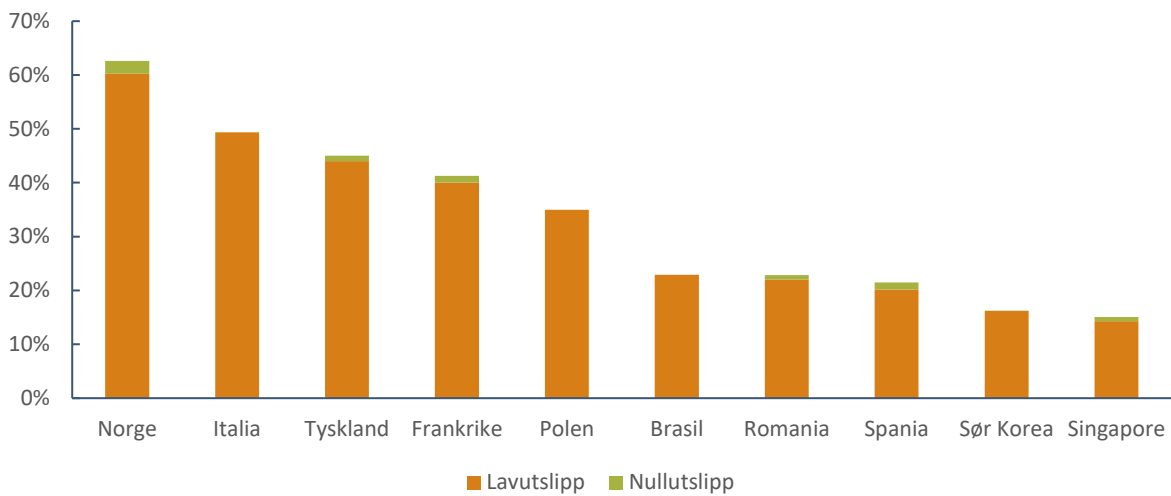


Passasjer-segmenter (ferger, hurtigbåter og cruiseskip) utgjør en relativt stor andel av norske verfts ordrebøker, særlig i perioden 2018 til 2020. Norske verft har bygget 1/3 av alle ekspedisjonscruiseskip i verden de siste ti årene. Cruisemarkedet er globalt, og de aller fleste ekspedisjonscruiseskipene er bygget for utenlandske rederier. Innenfor den smale nisjen brønnbåter (til havbruk) som totalt domineres av norske rederier, har norske verft bygget 71 prosent av alle båter siden 2010 (inkludert ordrebøker). For ferger og hurtigbåter er posisjonen svakere – seks prosent av verdensmarkedet de 10 siste årene – og de aller fleste fartøyene er levert til norske rederier.³¹

Dersom en sammenligner Norge med de ti største skipsbyggingslandene basert på lav- og nullutslippssandel, viser resultatene i Figur 24 at Norge er lengst framme i skoene. Segmentfordeling av skip bygget ved de ulike landenes verftsindustri de siste 12 årene er svært varierende. Landene med under 30 prosent lav- og nullutslippssandel bygger oftere større last- og containerskip med konvensjonelle drivsystemer. Singapore har i perioden bygget tilsvarende mengde offshore-fartøyer som norske verft, men disse går oftere på konvensjonelle drivsystemer. Kun 18 prosent av offshorefartøyer bygget i Singapore i perioden er lavutslippsfartøyer. Det er kun Italia, Polen og Brasil som ikke har bygget noen nullutslippsfartøyer i perioden.

³¹ Menon-publikasjon nr. 66/2021. Norske skipsverft – aktivitet, konkurransesituasjon og rammebetingelser

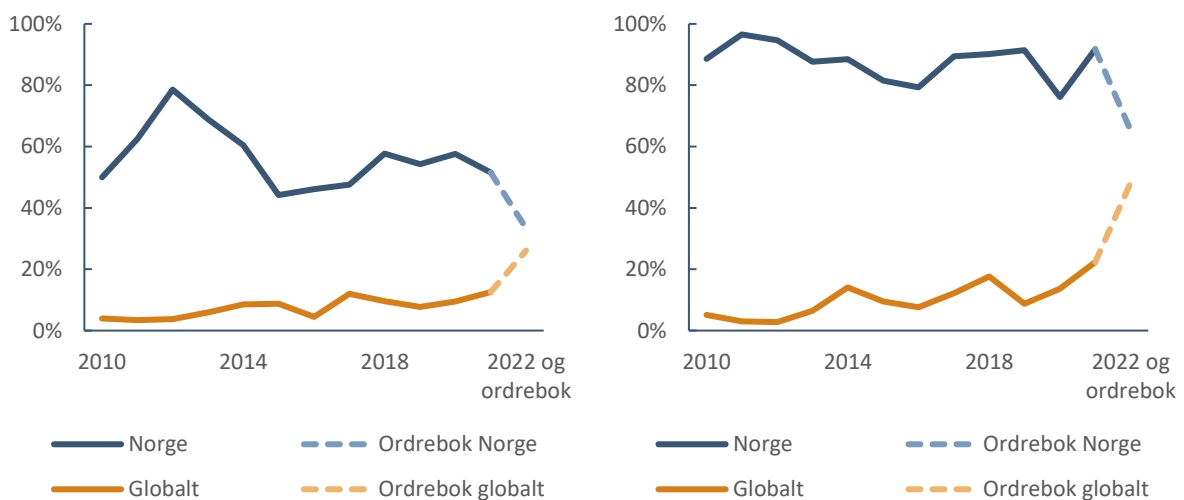
Figur 24: Andel lav- og nullutslippskip fordelt på 10 største skipsbyggingsland siden 2010 inkl. ordrebok frem til 2024 (land som har bygd mer enn 50 skip siden 2010). Kilde: Clarksons World Fleet Register



Lav- og nullutslippsandelen bygget ved norske verft har siden 2010 vært betraktelig høyere enn verdensflåten sett under ett. Den norske lav- og nullutslippsandelen har imidlertid vært mindre stabil som følge av offshorekrisen. Siden 2015 har lav- og nullutslippsandelen hatt en stigende trend, men av ordrebøkene kan det tyde på at denne trenden vil snu de kommende par årene, tross usikre estimater. Globalt har lav- og nullutslippsandelen gått fra ca. 4 prosent i 2010 til over 12 prosent i 2021.

Ser man på årlig bygget bruttotonnasje, har den norske lav- og nullutslippsandelen stått for store deler av total bruttotonnasje. Dette kommer av den utbredte bruken av lavutslippsløsninger på større skip bygget ved norske verft, hvor offshorekipene står for ca. 66 prosent av bruttotonnasjen bygget i perioden.

Figur 25: Andel av antall lav- og nullutslippskip bygget årlig ved norske verft og globalt inkl. ordrebok frem til 2024 (venstre), og lav- og nullutslippskipenes andel av total bruttotonnasje bygget ved norske verft og globalt i samme periode (høyre). Kilde: Clarksons World Fleet Register

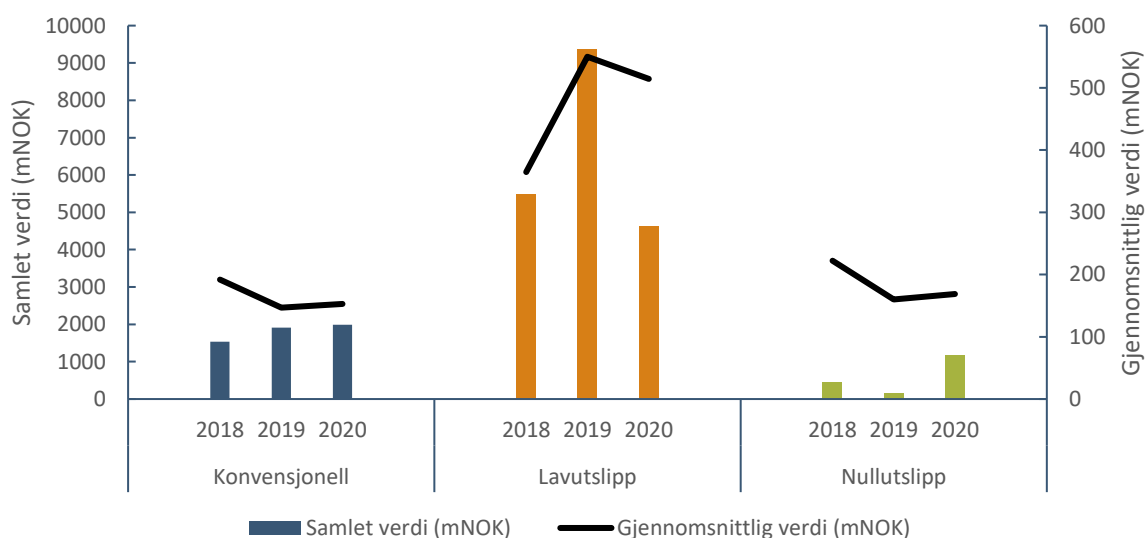


Verdien på skip bygget ved norske verft i perioden 2018-2020

I dette kapitlet ser vi nærmere på fartøy bygget i norske verft i perioden 2018-2020, hvor vi har innhentet og estimert kontraktspriser for nybygg på norske verft. Data fra Eksportfinansiering Norge og Clarksons World Fleet Register og andre offentlige kilder gjør at vi klarer til et høyt prestasjonsnivå å angi nybyggpriser helt ned på enkeltskip. Gruppering av nybygg etter nullutslipp-, lavutslipp- og konvensjonelle fremdriftssystemer gjør at vi kan presentere samlet verdi forbundet med ulike typer grønn skipsteknologi.

Figur 26 viser utviklingen i samlet og gjennomsnittlig verdi på skip bygget ved norske verft i perioden 2018 til 2020 fordelt på fremdriftsteknologi. Som vist, er verdien høyest for skipene som er bygget med lavutslippssystemer. Dette henger sammen med at det i perioden er blitt bygget flest skip med lavutslippssystemer, i tillegg til at de er mer avanserte, og dermed dyrere å bygge, enn skip bygget med konvensjonelle fremdriftssystemer. I 2019 er samlet verdi av skipene nesten dobbelt så stor som i 2018 og i 2020. Økningen i 2019 var i hovedsak drevet av leveranser av hybride cruiseskip som Color Line Hybrid. Dette er skip med høy kompleksitet og avansert utstyr, hvor innredningen utgjør en stor del av kontrakten, sammenlignet med bygging av andre skip uten passasjerer. Til tross for et fall i samlet verdi i 2020, holdt gjennomsnittsverdien seg relativt stabil. I 2019 ble det levert 18 skip med lav- og nullutslippsløsninger ved norske verft, mens det til sammenligning ble levert 12 i 2020. Nedgangen i antall leverte skip skyldes delvis koronapandemien, hvor blant annet karantenereregler for utenlandske ansatte førte til forsinkelser og utsettelse av flere skipsleveranser på norske verft.³²

Figur 26: Samlet og gjennomsnittlig verdi på skip bygget i norske verft, fordelt etter år og utslippsnivå. Kilde: Clarksons World Fleet Register & Menon Economics 2022



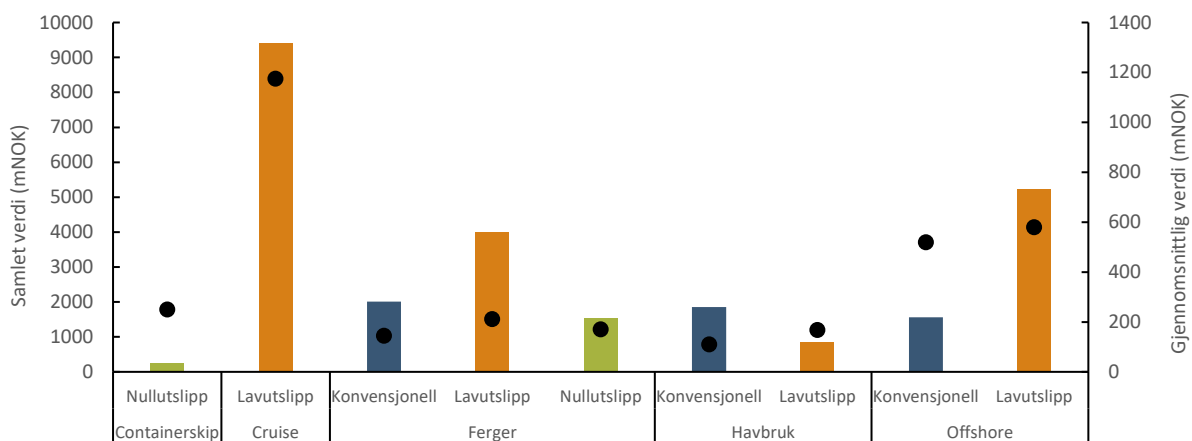
Det er i hovedsak ferger, havbruksskip og offshoreskip som er bygget med konvensjonelle fremdriftssystemer. Den samlede verdien har i perioden holdt seg relativt stabil, hvor verdien i 2020 var på i overkant av 2,3 milliarder norske kroner. Gjennomsnittsverdien på skipene har imidlertid opplevd et fall fra 2018 til 2020. Bakgrunnen for dette er at ordrebøkene i 2019 og 2020 har bestått av en høyere andel mindre arbeidsfartøy innen havbruk som har dratt gjennomsnittsverdien ned. Verdien av nullutslippsskip har økt betraktelig fra 2018 til 2020, mens gjennomsnittsverdien i 2020 er noe lavere sammenlignet med nivået i 2018 som følge av økt antall leveranser av

³² (Stensvold, Karantenereregler skaper problemer for norske verft, 2020)

mindre batteriferger i 2020. Ordrebøkene består i dag hovedsakelig av ferger og hurtigbåter, ekspedisjonscruise, brønnbåter og avanserte fiskefartøy, samt fartøy tilknyttet offshoreoperasjoner.

Figur 27 viser samlet og gjennomsnittlig verdi av skip bygget ved norske verft i perioden 2018 til 2020, fordelt etter segment og fremdriftssystem. Innen cruisesegmentet er det utelukkende bygget lavutslippsskip i perioden 2018 til 2020, tilsvarende ni skip. Dette er avanserte skip som er kostbare å bygge, og de hadde en samlet verdi på i overkant av ni milliarder norske kroner, med en gjennomsnittlig verdi på 1,2 milliarder kroner per skip. Alle ni cruiseskip har hybride fremdriftssystem, hvor ett av dem er et batterihybridskip og åtte av dem er dieselelektriske. De fleste av cruiseskipene bruker konvensjonelt drivstoff på seilasene, men de har installert batteripakker som gir dem mulighet til å seile utslippsfritt inn og ut av havneområdet/fjorder, samt å koble seg til havnens elektriske nett i stedet for å kjøre sine egne fossile forbrenningsmotorer for å produsere egen elektrisitet i havn. Å kunne slå av motoren under havneoppholdet reduserer både luftforurensing og støy i havneområdet og også bidra til å redusere utslipp globalt dersom nettstrømmen er basert på fornybar energi.³³

Figur 27: Samlet verdi (stolper) og gjennomsnittlig verdi (sorte kuler) på skip bygget i norske verft i perioden 2018-2020.
Kilde: Clarksons World Fleet Register & Menon Economics 2022



Fergesegmentet er det segmentet som per dags dato flest nullutslippsskip. I perioden 2018 til 2020 er det bygget ni batteriferger til en verdi av 1,5 milliarder norske kroner. Ferger og hurtigbåter, slik batteriteknologien er i dag, er det segmentet som egner seg best til bruk av elektrisk fremdrift som følge av korte seilingsdistanser og faste tidskjema. Det er imidlertid også bygget flere ferger med lavutslippssystemer. De hadde en samlet verdi på fem milliarder kroner. Det er kun bygget ett nullutslippsskip ved norske verft. Containerskip er ikke et segment norske verft har vært konkurransedyktige på, men i 2020 ble Yara Birkeland – verdens første batteridrevne containerskip – bygget ved Vard sitt verft i Brattvåg. Skipet kostet 250 millioner kroner, som er 3 ganger dyrere enn et containerskip med konvensjonelt fremdriftssystem.³⁴

Innen både havbrukssegmentet og offshoresegmentet er det bygget skip med både konvensjonelle og lavutslippssystem. Innen havbrukssegmentet er det i perioden bygget flest skip med konvensjonelt drivstoff, men

³³ (Gabriell, 2021)

³⁴ (Paris, 2017)

lavutslippsskipene har hatt en noe høyere gjennomsnittsverdi. De fleste kundene innen offshoresegmentet har vært knyttet til både offshore olje og gass, og havvind.

Utslipp blant skip i den norskeide flåten

I dette kapittelet beregner vi utslippene per nautiske mil for skip i den norskeide flåten. For 738 skip har vi eksakte utslippstall. Det utgjør 26 prosent av den samlede flåten. For resten av flåten er utslippene estimert, basert på et bredt spekter av egenskaper ved skipene og ved hjelp av AIS-data.³⁵ Et gjennomsnittlig norsk fartøy slapp ut 262 kg CO₂ per nautiske mil i 2020, en nedgang på 3 prosent fra 2018. Justert for segment-sammensetning og størrelse på skipene, er de norske utslippene per nautiske mil i gjennomsnitt 20 prosent lavere enn utslippene per nautiske mil blant skip internasjonalt.³⁶

Figur 28 viser gjennomsnittlig utslippstall per nautiske mil for norskeide skip fordelt på segment i 2020 sammenlignet med snittet for perioden 2018 til 2020 blant skip i samme skipssegment internasjonalt.³⁷ De største utslippene per nautiske mil i den norske flåten finner vi blant offshorefartøyene, med 433 kg CO₂ per nautiske mil i 2020. Det samme gjelder for skip i verdensflåten. Det skyldes både at fartøyene har kraftig maskineri og at de utfører operasjoner hvor de står i ro. De nest høyeste utslippene i den norskeide flåten finner vi innen våtlast-kategorien, hvor blant annet oljetankere er inkludert.³⁸ Utslippene er noe høyere sammenlignet med skip internasjonalt, men forskjellene er små.

Cruiseskip er det segmentet i verdensflåten med nest høyest utslipp, tilsvarende 434 kg CO₂ per nautiske mil i 2020. Cruiseskipene inkludert i verdensflåten er store skip med en kapasitet på opp mot 6000 passasjerer.³⁹ De norske cruiseskipene er betydelig mindre. Derfor er også de norske cruiseskipenes utslipp per nautisk mil lavere enn cruiseskipene i verdensflåten. Som beskrevet i kapitlet «Grønt innhold i den norskeide flåten» har norskeide cruiseskip også i større grad enn cruiseskip internasjonalt implementert lavutslippsfremdriftsteknologi. Norske fergers utslipp er også vesentlig lavere enn den gjennomsnittlige fergen i internasjonal skipsfart. Dette skyldes primært at norske ferger i langt større grad er elektrifisert med typisk hybrid-løsninger, og at en stor del av den internasjonale fergeflåten består av gamle fartøy med ineffektive fremdriftssystemer. De aller laveste utslippene i den norske flåten finner vi innen havbruk. Operasjonsmessig har brønnbåtene og arbeidsbåtene mye til felles med offshorefartøy, så de lave utslippene skyldes primært at fartøyene er relativt små med små motorer om bord.

³⁵ For en liten andel, 15 prosent, har vi ikke lyktes med å estimere utslipp. Det skyldes primært at disse fartøyene er små og at det ikke finnes noe godt sammenligningsgrunnlag å estimere ut ifra. Målt i bruttotonnasje utgjør disse skipene kun 8 prosent av den norskeide flåten.

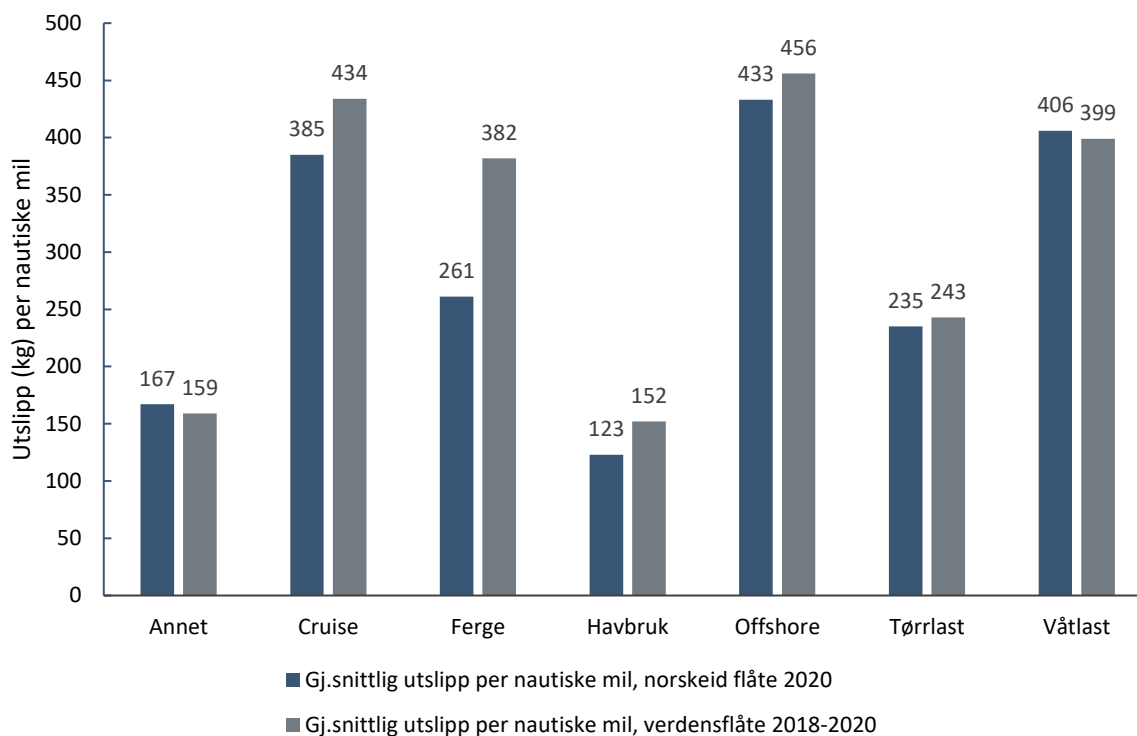
³⁶ Estimatet på 20 prosent lavere utslipp per nautiske mil i gjennomsnitt for den norskeide flåten enn internasjonal skipsfart er beregnet når topp 2 prosent største observasjonen er fjernet fra utvalget. Når vi også inkluderer disse ekstremverdiene, ligger estimatet på 14 prosent.

³⁷ Gjennomsnittstallene er beregnet ved å ta hensyn til både segmenttilhørighet og størrelse på skipene. Til å beregne gjennomsnittene har vi brukt en mer finkornet segmentfordeling enn den som foreligger i Figur 28 for å fange opp at ulike skipstyper ofte har ulike utslippsnivåer for gitt størrelse. For å beregne utslippstall på de aggregerte segmentene i Figur 28, har vi vektet tallene basert på antall skip i hver skipstype i de aggregerte segmentene. Med andre ord, vi har brukt sammenlignbare norskeide og internasjonale skip når vi har beregnet gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil.

³⁸ Oversikt over hvilke segmenter som inngår i de mer aggregerte segmentene presentert i dette og neste kapittel, se vedlegg «Vedlegg B: Kategorisering av skipssegmenter»

³⁹ *Symphony of the Seas* var verdens største cruiseskip da det sto ferdig i 2018. I 2021 ble søsterskipet, *Wonder of the Seas*, ferdigstilt, med en samlet kapasitet på 5734 passasjerer, 236,857 GT og et diesel-elektrisk maskineri på 3*20 MW.

Figur 28: Gjennomsnittlig utslipp CO2 (kg) per nautiske mil for norskeide skip i ulike skipssegmenter i 2020 sammenlignet med snittet for perioden 2018-2020 blant skip i verdensflåten. Kilde: Menon Economics



Beregning av utslipp fra norske skip – datagrunnlag og metode

I det følgende beskriver vi hvordan utslippsresultatene som ble presentert ovenfor er beregnet. For å kunne sammenligne utslipp på tvers av skip og skipssegmenter, beregner vi utslipp i form av **kg CO2 per nautiske mil**.

Av totalt 2837 registrerte skip i den norskeide flåten⁴⁰ har vi fra EU-registeret *Thetis-MRV* oversikt over faktiske utslipp per nautiske mil i for 738 skip for minst et av årene 2018-2020.⁴¹ Av de resterende 2099 skipene, har vi estimert utslippstall for 1683 skip.⁴² De gjenværende 416 skipene har vi ikke lyktes med å estimere utslippstall for. Dette er hovedsakelig mindre fartøyer i de ulike skipssegmentene, men det er også enkelte større skip. I antall utgjør de 15 prosent av alle norskeide skip, men i GT utgjør de kun åtte prosent. Tabell 4 viser fordelingen av antall skip på de ulike metodene for fastsettelse av utslipp (kg CO2) per nautiske mil.

Tabell 5: Antall norskeide skip med utslippstall per segment, fordelt etter metode for fastsettelse av utslipp. Kilde: Menon Economics

	Metode: AIS	Metode: Mahalanobis	EU-registeret Thetis-MRV
Annet	145	0	0

⁴⁰ Kilden er *Clarksons World Fleet Register* sitt register over skip og eiere. Fiskefartøyer er utelatt.

⁴¹ Kilden er EU-registeret *Thetis-MRV*, se (EMSA, u.d.)

⁴² Av disse er utslipp for 905 skip estimert ved hjelp av Mahalanobis avstand, og utslipp for 778 skip er estimert ved hjelp av AIS-data og metodikk utarbeidet av Kystverket. Se kapittelet «Leseveiledning» eller «Vedlegg C: Metodikk for estimering og beregning av » for mer detaljer for hvordan vi har estimert utslipp.

Cruise	0	4	23
Ferge	66	365	0
Havbruk	134	0	0
Offshore	374	1	6
Tørrlast	54	407	390
Våtlast	5	128	319

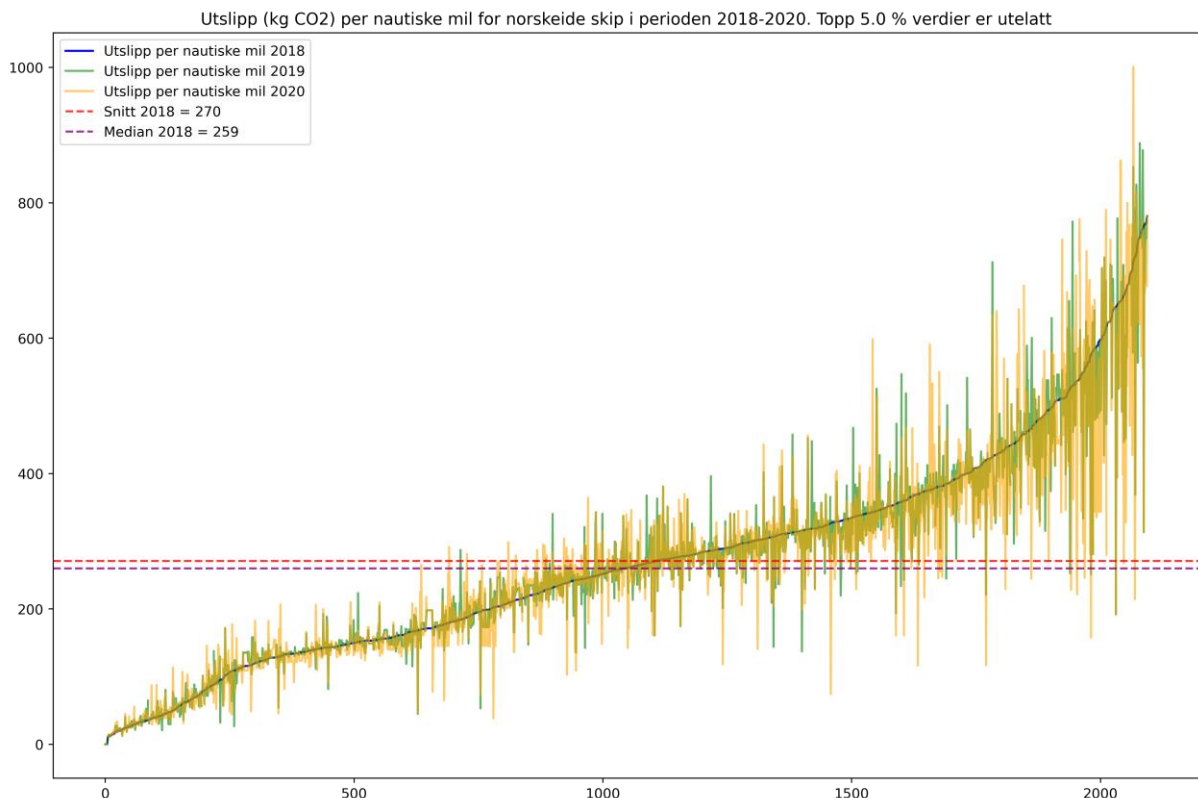
Vi bruker utslipp per nautiske mil fremfor samlede utslippstall fordi samlede utslippstall bestemmes i stor grad av aktivitetsnivået hos rederiene. Ettersom det er betydelig variasjon i nivå på aktivitet både mellom aktører og på tvers av år (med COVID-19-pandemien som eksempel), vil samlede utslippstall være dårlig egnet for å si noe om klimavennlighet på tvers av skip i den norskeide flåten. Vi har i tillegg ikke tilgjengelig informasjon om samlet utseilt distanse blant skipene i den norskeide flåten som gjør at vi heller ikke kan beregne samlede utslippstall.

Våre utslippsdata er hentet inn og estimert for årene 2018-2020. Det betyr at utslippstallene tar utgangspunkt i alle seilasene som hvert enkelt skip har gjennomført per år over nevnte tidsperiode. Våre tall for utslipp (kg CO₂) per nautiske mil kan derfor tolkes som et gjennomsnittsanslag på utslipp for alle seilasene som er blitt gjennomført i hvert enkelt år. Ved å sammenligne disse utslippstallene over tid, kan endringer i utslipp per nautiske mil tolkes som endringer i skipenes klimagassfotavtrykk, og i mindre grad faktorer som vær, vind og bølger og seilasspesifikke avgjørelser som valg av seilingshastighet og seilingsrute.⁴³

I Figur 29 presenterer vi utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for alle norskeide skip som vi har utslippsdata for (det vil si 2421 skip). X-aksen viser hvert enkelt skip sortert fra det skipet med lavest utslipp per nautiske mil til det skipet med høyest utslipp per nautiske mil i 2018. Y-aksen viser nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil. Den blå linjen viser derfor utslippsnivåer per skip i 2018, mens henholdsvis grønn og gul linje viser utslippstall i 2019 og 2020 for det samme skipet. Alle punkter *under* den blå linjen viser derfor til utslippsnivåer som i gjennomsnitt er lavere enn skipets gjennomsnittlige utslippsnivåer i 2018. Alle punkter *over* den blå linjen viser gjennomsnittlige utslippsnivåer som er høyere enn skipets gjennomsnittlige utslippsnivåer i 2018.

⁴³ Dette kommer av at over tid vil effektene på gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil per skip som følge av ytre faktorer og seilasspesifikke faktorer viskes ut. Når antallet seilaser øker vil også effekten av ekstremverdier på gjennomsnittet minimeres.

Figur 29: Utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for norskeide skip i perioden 2018-2020. Skipene med 5 prosent høyeste utslippsverdier er utelatt. Kilde: Menon Economics



Fra Figur 29 ser vi at utslipp (kg CO₂) per nautiske mil fordeler seg relativt jevnt for skipene i den norskeide flåten. Vi ser det er enkelte skip som har null utslipp, mens relativt mange skip har utslippstall som er lavere enn gjennomsnittet (den røde stiplede linjen). Det er også enkelte skip som har svært høye utslipp. De fem prosent skipene med høyest utslipp er fjernet fra figuren over, da det foreligger en antakelse om at det er ekstraordinære forhold som har ført til utslippsnivåene. Ett eksempel kan være at skipet har seilt en svært kort distanse dette året, men ligget stille en periode med motorene i gang (eksempelvis startet sin eneste seilas dette året 31. desember nære midnatt).

I 2018 lå gjennomsnittlige utslipp for den norskeide flåten som helhet på 270 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianen lå på 259 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning var gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 268 kg CO₂ i 2019 og 262 kg CO₂ i 2020.⁴⁴ Det innebærer at for den norskeide flåten har utslippstallene i gjennomsnitt avtatt noe i perioden 2018-2020, men kun 3 prosent.

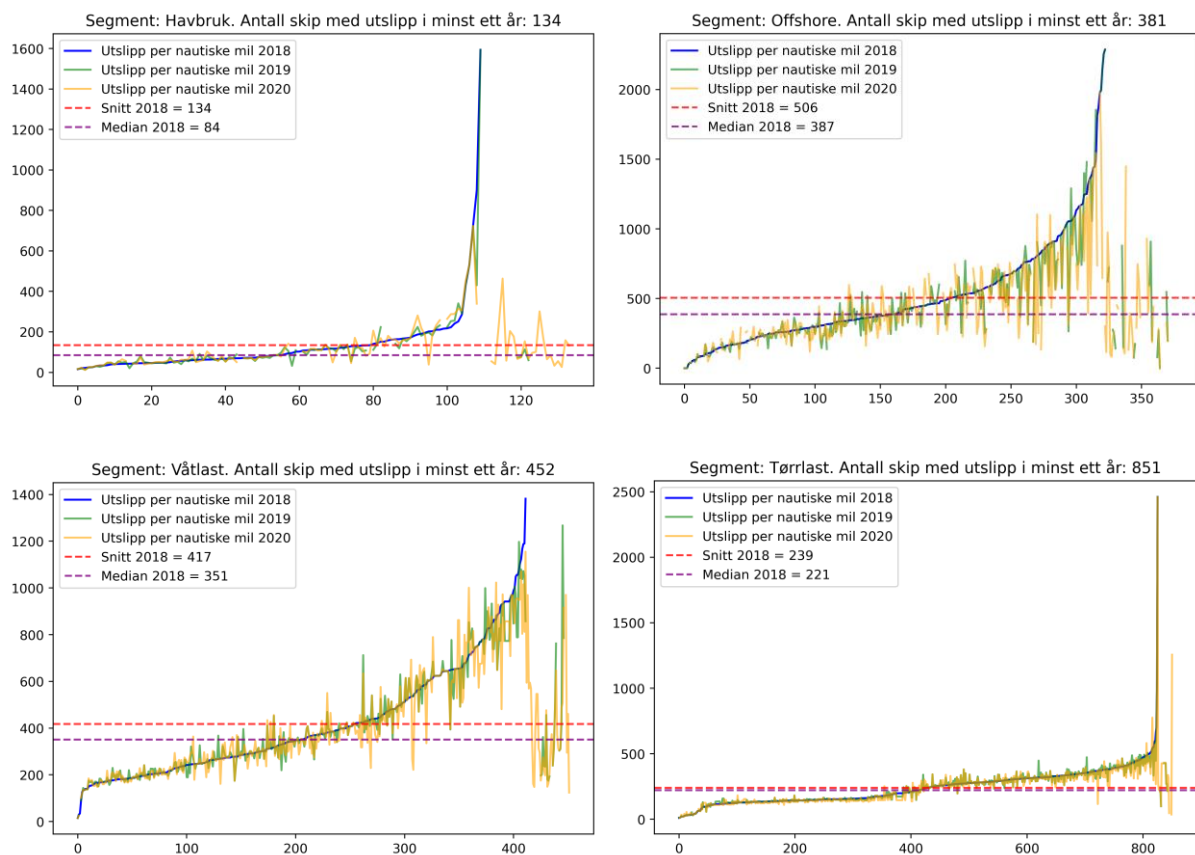
I Figur 29 presenterte vi utslippstall for alle skip i den norskeide flåten. Vi vet imidlertid at utslippene vil variere mellom ulike typer skip. Forskjellene skyldes både egenskaper ved operasjonene de utfører, egenskaper ved omgivelsene de seiler i, samt forskjeller i fremdriftssystemer og drivstofftyper. Fra diskusjonen i kapitlet «Grønt innhold i den norskeide flåten» vet vi at ulike segmenter har ulik dekning av null- og lavutslippsfremdriftsteknologi. Alt annet likt betyr det at vi skal forvente lavere utslipp blant enkeltsegmenter enn andre segmenter. I den norskeide flåten vet vi at det er særlig segmentene offshore, ferger, cruise og havbruk som har en relativt høy andel skip med lav- og nullutslippsfremdriftsteknologi. Samtidig vet vi også at det er særlig LNG og andre

⁴⁴ Dersom vi også inkluderer skip med topp 5 prosent høyeste utslipp per nautiske mil, faller utslippstallene fra 312 kg CO₂ i 2018 til 304 kg CO₂ i 2019 og 291 kg CO₂ i 2020.

gass-drivstofftyper som utgjør den store majoriteten av lavutslippsdrivstofftyper blant offshore skipene. I tillegg er det en rekke hybridskip hvor andelen av seilingstiden som går på elektrisitet varierer stort. Videre virker faktorer som valg av seilingshastighet og vær-, vind- og bølgeforhold inn på drivstoffbruket og derav utslippene til skipene. Generelt er det derfor vanskelig å anslå klimagevinsten ved slik fremdriftsteknologi uten å se på hva som er av faktiske utslippstall.

I de følgende figurene presenterer vi utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for syv ulike segmenter, fire i Figur 30 og tre i Figur 31.⁴⁵ I likhet med Figur 29, viser x-aksen hvert enkelt skip i hvert segment, sortert fra det skipet med lavest utslipp per nautiske mil til det skipet med høyest utslipp per nautiske mil. Y-aksen viser nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil. For hvert segment har vi rapportert gjennomsnittlig og median utslipp (kg CO₂) per nautiske mil, i tillegg til antall skip i segmentet som vi har utslippsdata for i minst ett av årene 2018-2020. I figurene under har vi ikke fjernet noen ekstremobservasjoner. I Figur 30 presenterer vi utslippstall for segmentene havbruk, offshore, våtlast og tørrlast.

Figur 30: Utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for norskeide skip i segmentene Havbruk, Offshore, Våtlast og Tørrlast i perioden 2018-2020. Kilde: Menon Economics



I **havbrukssegmentet** har vi utslippsdata for 134 norskeide skip for minst et av årene i perioden 2018-2020.⁴⁶ Segmentet inkluderer alle typer fartøy som betjener norsk sjømatnæring. Dette er typisk brønnbåter og mindre

⁴⁵ Sammensetningen av de syv segmentene er beskrevet i «Vedlegg B: Kategorisering av skipssegmenter».

⁴⁶ Utslippstallene for skip i havbrukssegmentet er ikke innrapportert til EU-registeret Thetis-MRV. Tallene har derfor måttet bli estimert, og det har vi gjort gjennom Kystverket sin metodikk for beregning av klimagassutslipp i skipsfarten. Som beskrevet tidligere i rapporten (og vedlegg C), bruker denne metodikken informasjon om hver enkelt seilas. Dette

arbeidsbåter.⁴⁷ Skipene i dette segmentet har relativt like nivåer på utslipp, men det er enkelte ekstremverdier som drar snittet opp. Gjennomsnittlige utslipp i 2018 lå på 134 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 84 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 129 kg CO₂ i 2019 og 123 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger 8,2 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. For norskeide havbruksskip har utslippstallene i gjennomsnitt avtatt i perioden 2018-2020. Dette vises også tydelig i figuren: For de fleste av skipene som hadde høyere utslipp enn gjennomsnittet i 2018 har vi observert en nedgang i utslipp i både 2019 og 2020. De lave utslippsnivåene og nedgangen i disse er ikke overraskende tatt i betraktning den relativt beskjedne størrelsen på skipene og investeringer som er gjort i lavutslippsfremdriftsteknologi de senere årene. Skipene i havbrukssegmentet er blant de minste skipene i den norskeide flåten målt etter bruttotonnasje. I snitt er det kun skip i kategorien «Annet» og «Ferge» som har lavere gjennomsnittsstørrelse. Målt per bruttotonnasje på skipene er utslippene til havbruksskip midt på treet, men fortsatt betydelig lavere enn offshoresegmentet, som har de høyeste gjennomsnittlige utslippene per bruttotonnasje.

I **offshoresegmentet** har vi utslippsdata for 381 norskeide skip for minst et av årene i perioden 2018-2020. Segmentet inkluderer alle typer fartøy som betjener norsk og utenlandsk olje- og gassvirksomhet samt havvindvirksomhet innenfor norsk økonomisk sone.⁴⁸ Skipene i dette segmentet har relativt like nivåer på utslipp med få ekstremverdier, men vi ser likevel at det er en relativt stor spredning i utslippstallene for offshoresegmentet. Dette kommer av at offshoresegmentet omfatter et relativt bredt spekter av forskjellige skipstyper som for eksempel PSV-er, ERRV-er, AHTS-er, seismikkskip, kabelleggere og flerbruksskip som alle har forskjellige operasjonsmønstre, størrelse og seilingshastigheter. I tillegg er de norskeide offshoreskipene relativt sett utsatt for tøffe vær-, vind- og bølgeforhold ettersom oljefeltene og oljeplattformene er plassert langt til havs i områder med røff sjø. For offshoresegmentet er det grunn til å tro at vind-, vær- og bølgeforhold har relativt mye å si for utslippsnivåene. Betydningen til lavutslippsfremdriftsteknologi vil ha mindre effekt på utslippene for dette segmentet enn sammenlignet med andre segmenter som seiler under mer stabile og rolige forhold. For offshoresegmentet lå gjennomsnittlig utslipp i 2018 på 506 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 387 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 476 kg CO₂ i 2019 og 433 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger 14,4 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. For norskeide offshoreskip har utslippstallene i gjennomsnitt avtatt i perioden 2018-2020. Dette vises også tydelig i figuren: De fleste av skipene som hadde høyere utslipp enn gjennomsnittet i 2018 har vi observert en nedgang i utslipp for i både 2019 og 2020. De gjennomsnittlige utslippsnivåene per nautiske mil er imidlertid de høyeste blant segmentene vi har utslippsdata for til tross for at snittstørrelsen (bruttotonnasje) på skipene ligger midt på skalaen. Dette kan i stor grad forklares av at skipene står mye i ro underveis på sine seilaser. Målt per bruttotonnasje på skipene er utslippene til offshoreskip midt på treet, men fortsatt betydelig lavere enn fergesegmentet som har de høyeste gjennomsnittlige utslippene per bruttotonnasje (fordi skipene er veldig små sett i norsk og internasjonal sammenheng). Annet-kategorien og havbrukssegmentet har høyere utslipp per bruttotonnasje enn offshoresegmentet, men lavere enn fergesegmentet.

har vi hentet ut ved hjelp av AIS-data. AIS-dataene dekker «kun» området innenfor norsk økonomisk sone, og havbruksskip som seiler utenfor dette området blir derfor ikke fanget opp ved hjelp av denne metodikken.

⁴⁷ *I havbrukssegmentet har vi utslippsdata på 82 brønnbåter, 47 arbeidsbåter og 5 fiskefabrikkskip.*

⁴⁸ *Utslippstallene for skip i offshoresegmentet er ikke innrapportert til EU-registeret Thetis-MRV. Tallene har derfor måttet bli estimert, og det har vi gjort gjennom Kystverket sin metodikk for beregning av klimagassutslipp i skipsfarten. Som beskrevet tidligere i rapporten (og vedlegg C), bruker denne metodikken informasjon om hver enkelt seilas. Dette har vi hentet ut ved hjelp av AIS-data. AIS-dataene dekker «kun» området innenfor norsk økonomisk sone, og offshoreskip som seiler utenfor dette området blir derfor ikke fanget opp ved hjelp av denne metodikken.*

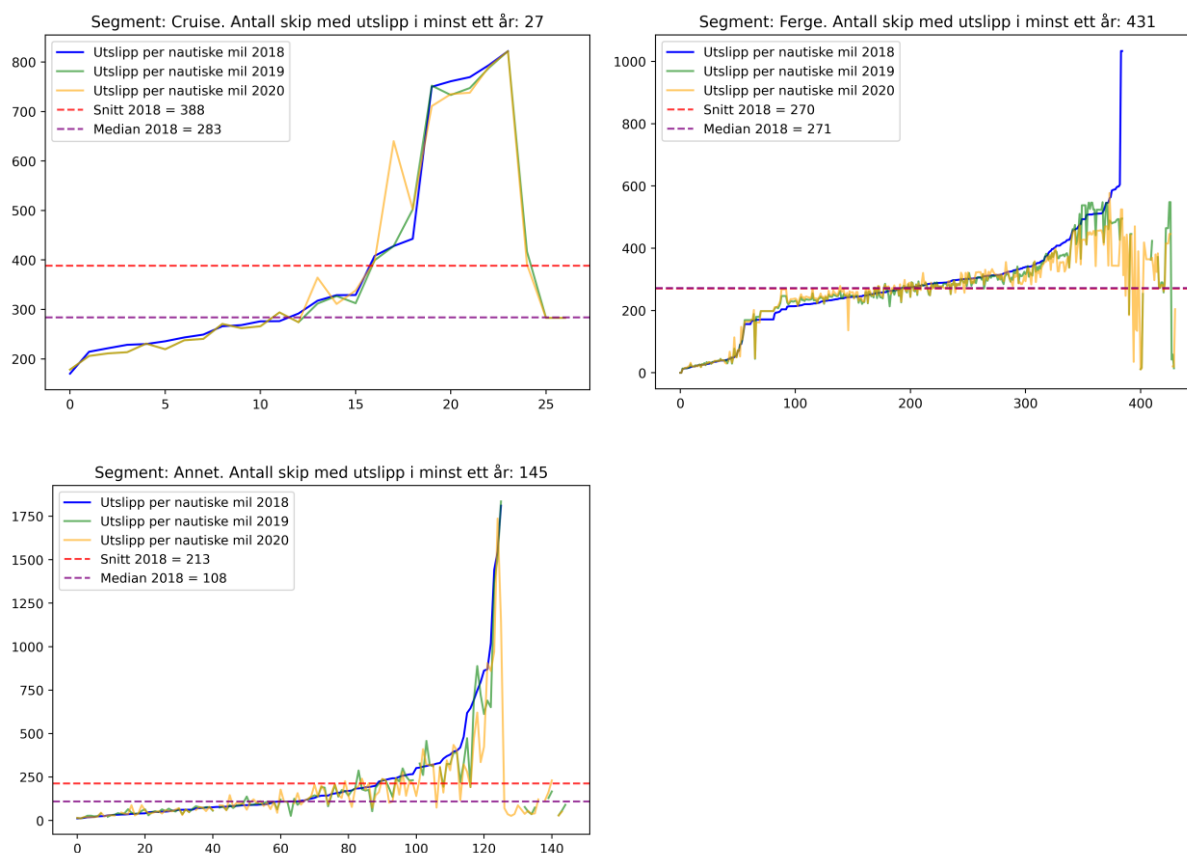
I **våtlastsegmentet** har vi utslippsdata for 452 norskeide skip for minst et av årene i perioden 2018-2020. Segmentet inkluderer både gasskip (LNG- og LPG-tankere) og andre tankere som laster forskjellige typer flytende væske. Skipene i dette segmentet har relativt like nivåer på utslipp og ekstremverdiene er relativt lave. Gjennomsnittlig utslipp i 2018 lå på 417 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 351 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 412 kg CO₂ i 2019 og 406 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger 2,6 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. For norskeide våtlastskip har utslippstallene i gjennomsnitt avtatt noe i perioden 2018-2020. Vi ser at nedgangen i utslipp er størst for skip som i 2018 allerede hadde relativt høye utslipp. Sammenlignet med de andre segmentene har våtlastskipene i snitt høyere utslipp per nautiske mil enn alle øvrige segmenter med unntak av offshore. Som tidligere beskrevet i kapitlet «Grønt innhold i den norskeide flåten» er andelen våtlastskip med lavutslippsfremdriftsteknologi høy. Det store flertallet av våtlastskip med lavutslippsfremdriftsteknologi er gasstankere som LNG- og LPG-tankere som også bruker dette som drivstofftype. Dette er drivstofftyper som har lavere utslippsintensiteter per enhet drivstoff enn konvensjonelle drivstofftyper, men avviket er ikke stort.⁴⁹ I tillegg er skipene i dette segmentet de desidert største skipene av alle norskeide skip (målt i bruttotonnasje). Gitt den relativt store lasten som fraktes og mengden vann som må skyves på for å sikre fremdrift, er de høye utslippstallene en naturlig konsekvens. Målt per bruttotonnasje er utslippene til våtlastskip de laveste blant alle segmentene i den norskeide flåten.

I **tørrlastsegmentet** utgjør det største segmentet med 851 norskeide skip som vi har utslippsdata for minst et av årene i perioden 2018-2020. Segmentet inneholder en lang rekke forskjellige skipstyper som alle frakter tørrlast, som for eksempel generell tørrlast, flerbruksskip, bilfrakteskip, bulkskip, ro-ro-skip og containerskip. Skipene i dette segmentet har relativt like nivåer på utslipp per nautiske mil med unntak av enkelte ekstremverdier. Gjennomsnittlig utslipp i 2018 lå på 239 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 221 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 241 kg CO₂ i 2019 og 235 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger kun 1,7 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. For norskeide tørrlastskip har utslippstallene i gjennomsnitt avtatt noe i perioden 2018-2020. Vi ser at nedgangen i utslipp er størst for skip som i 2018 allerede hadde høye utslipp. Sammenlignet med de andre segmentene har tørrlastskipene i snitt de tredje laveste utslippene per nautiske mil, og dette til tross for at tørrlastskipene i liten grad benytter seg av null- og lavutslippsfremdriftsteknologier. Samtidig ser vi at tørrlastskipene i snitt er relativt store med en gjennomsnittlig bruttotonnasje på 21 tonn. Til sammenligning har våtlastskipene en snittstørrelse på 46 tonn, mens havbruksskipene har en snittstørrelse på 1,5 tonn. Dette tyder på at utslippsnivåene per nautiske mil i liten grad påvirkes av om skipet bruker lavutslippsfremdriftsteknologier som LNG og hybrid, men at utslippene i større grad bestemmes av seilasspesifikke egenskaper som seilingsruter og -hastighet samt påvirkning av vær, vind- og bølgeforhold. Tørrlastskip seiler i stor grad i faste ruter med jevn hastighet. I tillegg går mange av skipene i nærskipfart i relativt sett rolig og beskyttet farvann.

I Figur 31 presenterer vi utslippstall for segmentene cruise, ferge og annet.

⁴⁹ Se Tabell 4 i kapitlet «Grønt innhold i den norskeide flåten» for en oversikt over utslippsintensiteter for ulike drivstofftyper.

Figur 31: Utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for norskeide skip i segmentene Cruise, Ferge og Annet i perioden 2018-2020.
Kilde: Menon Economics



I **cruisesegmentet** har vi utslippsdata for 27 norskeide skip for minst et av årene i perioden 2018-2020. Segmentet inkluderer tradisjonelle cruiseskip og skip som kan betegnes som ferger, men på grunn av størrelse, seilingsruter og tjenester som tilbys om bord har disse blitt kategorisert som cruise. Dette inkluderer skip i rederiene til Color Line, Hurtigruta og Fjord Line. Utslippsnivåene i dette segmentet varierer relativt mye mellom skipene. Gjennomsnittlig utslipp i 2018 lå på 388 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 283 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 378 kg CO₂ i 2019 og 385 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger 0,77 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. For norskeide cruiseskip har utslippstallene i gjennomsnitt holdt seg stabilt gjennom tidsperioden. Sammenlignet med de andre segmentene har cruiseskipene i snitt de tredje høyeste utslippene per nautiske mil. Vi ser at cruiseskipene i snitt er relativt store med en gjennomsnittlig bruttotonnasje på 21 tonn som er på linje med tørrlastskipene. Sett i forhold til størrelsen på skipene er utslippene imidlertid blant de laveste, kun slått av våtlast- og tørrlastsegmentet.

I **fergesegmentet** har vi utslippsdata for 431 skip for minst et av årene i perioden 2018-2020. Segmentet inkluderer små og mellomstore person- og bilferger som betjener fergesamband langs norskekysten i rederier som Fjord1, Bastø-Fosen og Torghatten. Utslippsnivåene i dette segmentet varierer relativt mye mellom skipene. Relativt mange skip er nært nullutslipp, mens enkelte har relativt høye utslipp. De mange fergerne med svært lave utslipp er forbundet med ferger som enten er helelektriske eller som går på hybrid på relativt korte fergesamband. Gjennomsnittlig utslipp i 2018 lå på 270 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 271 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 265 kg CO₂ i 2019 og 261 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger 3,3 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. Vi ser at dette hovedsakelig kan forklares av nybygde ferger med null- og lavutslippsfremdriftsteknologi som entret

markedet i 2019 og 2020 (de grønne og gule punktene lengst til høyre i figuren over). Sammenlignet med de andre segmentene, ser vi at fergesegmentet i snitt har de fjerde laveste utslippstallene per nautiske mil, men blant denne gruppen er det lite som skiller gjennomsnittstallene. Målt i bruttotonnasje er skipene i snitt små med en snittvekt på 1,3 tonn som er nest minst av alle segmentene – kun slått av kategorien Annet med en snittvekt på 0,4 tonn. Av den grunn er utslippene målt per bruttotonnasje de høyeste blant alle segmentene.

I segmentet **Annet** har vi utslippsdata for 145 skip for minst et av årene i perioden 2018-2020. Segmentet består hovedsakelig av små arbeidsbåter og taubåter. Utslippsnivåene blant skip i dette segmentet er jevnt over lave med unntak av enkelte ekstremobservasjoner. Gjennomsnittlig utslipp i 2018 lå på 213 kg CO₂ per nautiske mil, mens medianutslippet lå på 108 kg CO₂ per nautiske mil. Til sammenligning lå gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på 189 kg CO₂ i 2019 og 167 kg CO₂ i 2020. Gjennomsnittlige utslippstall for 2020 ligger 21,5 prosent lavere enn gjennomsnittet i 2018. Vi ser også her at det er skipene med utslippsnivåer over snittet i 2018 som også reduserer sine utslipp per nautiske mil i 2019 og 2020. Som følge av skipene i dette segmentet er veldig små, er utslippene per bruttotonnasje høye. Utslippene per bruttotonnasje er faktisk nest høyest, kun slått av fergesegmentet.

Case 3: Wavefoil – energieffektive baugfoiler



Effekten av baugfoiler har vært kjent og forsket på siden 1800-tallet, men det var ikke før norske Wavefoil kom på banen at en klarte å løse de tekniske utfordringene som gjør oppfinnelsen anvendbar i det virkelige liv.

En foil – eller vinge – som er plassert langt forut ved baugen til i bølger dempe stampebevegelsen og i stedet gi bidrag til fremdrift. Stamping bidrar normalt til at skip mister fart framover og i stedet

må gi mer gass om hastigheten skal opprettholdes. For å oppnå maksimal effekt er det avgjørende at foilene er plassert så langt frem i baugen og så dypt som mulig. I relativt lav bølgehøyde vil imidlertid foilenes motstand medføre at de har motsatt effekt – altså reduserer fremdriften.

Energibesparelse: Gründerne i Wavefoil har utviklet og patentert en løsning som gjør det mulig å trekke foilene inn vertikalt når det ikke er hensiktsmessig å bruke dem. Foilene kan dermed plasseres i baugen hvor skipet er smalest, og effekten er størst. Løsningen fører til økt energieffektivitet (også for fartøy som går på ikke-fossilt drivstoff), vesentlig reduksjon av CO₂-utslipp, i tillegg til at både sikkerhet og komfort økes.

Effekt på drivstofforbruk og CO₂-utslipp: Effekten på drivstofforbruk og CO₂-utslipp avhenger av flere faktorer som skrogets form, last, hastighet og seilingsområde. Når det gjelder seilingsområde, vil foilene ha langt bedre effekt for fartøy som går utenfor kysten og i åpne havområder enn fartøy som går i fjorder og smult farvann. Som følge av framdriftseffekten av foilene vil drivstoffbesparelsen ligge i intervallet 5-15 prosent. I tillegg vil vertikalbevegelsen reduseres med 15-25 prosent, noe som bidrar til både økt sikkerhet og bedre komfort for besetning og passasjerer.

Testing og pilotering: Så langt har Wavefoil en pilot installert på den færøyske passasjerferjen «Teistin» samt kommersielle leveranser av foilmoduler installert på to katamaraner – ambulansébåten «Thea Jensen» og sightseeingbåten «Bard». Bilfergen, som går korte strekk med en seilingstid på rundt 25 minutter, melder om gjennomsnittlig 8 prosent besparelse i drivstoff etter første driftsår. Ambulansébåten har oppnådd 25 prosent reduksjon i vertikalbevegelsene og kan som følge av dette holde inntil 10 knop høyere fart med samme komfort sammenlignet med drift uten foiler.

Leveranser: Wavefoil har ytterligere 4 kommersielle leveranser som skal installeres inneværende år. To av disse er til større fartøy innenfor fiskeri og havbruk, og dermed med større moduler enn de som hittil er levert. I tillegg er selskapet, med støtte fra EUs Accelerator program, i ferd med å utvikle en ny og enda større modul for fartøy mellom 100 og 200 meter.

Leverandører: Wavefoil har flere utenlandske leverandører av sentrale komponenter til produksjonsprosessen, for eksempel foiler i kompositt og gjengestang i superduplex stål.

Grønn verdiskaping og sysselsetting blant norske rederier

I dette kapitlet kobler vi skipenes CO₂-utslipp per nautiske mil med rederienes regnskaper. Formålet er å avdekke hvordan verdiskaping og arbeidsplasser i næringen fordeler seg på fartøy med ulike utslippsintensitet, og derav måle hvordan verdiskaping og sysselsetting fordeler seg på ulike grader av grønt blant norske rederier. Dette belyser vi gjennom to ulike tilnærminger.

Den første tilnærmingen sorterer de norske rederienes utslippstall fra minst til størst og deler dem inn i grupper etter utslippsnivåer (per nautiske mil). Dette gir oss en oversikt over hvor mye og hvor stor andel av samlet verdiskaping og sysselsetting som er forbundet med rederier med ulike utslippsintensiteter på deres flåter. Mønsteret er tydelig: Jo større utslippene er, desto høyere er samlet verdiskaping. Det illustreres av at bare 20 prosent av verdiskapingen foregår i halvdelen av norske rederier som har lavere utslipp enn gjennomsnittet, mens 80 prosent foregår i rederier med høyere utslipp enn gjennomsnittet.

Mens den første tilnærmingen måler hvordan verdiskaping og sysselsetting fordeler seg internt blant norske rederier etter deres egne utslippsintensiteter, måler vi i den andre tilnærmingen hvordan norske rederier presterer i forhold til sine konkurrenter i internasjonal skipsfart. For å gjøre dette, bruker vi skip internasjonalt som er i samme skipssegment og i samme størrelsesgruppe som de norske skipene som sammenligningsgrunnlag. Analysene viser at 80 prosent av norske rederier har lavere utslipp per nautisk mil enn gjennomsnittet i sitt segment. 62 prosent av verdiskapingen blant norske rederier genereres i disse rederiene, og de sysselsetter 65 prosent av de ansatte i norske rederier. Det er særlig innen cruisesegmenter (cruise og ferge) norske rederier skiller seg ut med lavere CO₂-utslipp.

Metodikk for å koble skipenes utslipp til rederienes verdiskaping og sysselsetting

I dette kapitlet har vi lagt til grunn to ulike tilnærminger for å måle forskjell i utslipp per nautiske mil mellom rederier og skipssegmenter og derigjennom hvordan verdiskaping og sysselsetting fordeler seg på de ulike utslippsnivåene. Ulike nivåer på utslipp per nautiske mil vil også reflektere ulike karbonavtrykk per nautiske mil og sett i sammenheng med verdiskaping og sysselsetting vil vi få innsikt i hvor inntjeningen og sysselsettingen blant norske rederier i hovedsak foregår – er det blant rederier med lave utslipp per nautiske mil eller blant rederier med høye utslipp per nautiske mil?

I det følgende beskriver vi metodikken vi har lagt til grunn for de to ulike tilnærmingene. Den første tilnærmingen måler de norske rederienes utslippstall opp mot hverandre og ser på forskjeller i verdiskaping og sysselsetting. Den andre tilnærmingen måler norske utslippstall per nautiske mil opp mot utslippene per nautiske mil for et sammenlignbart sett av skip i internasjonal skipsfart, og deretter summerer verdiskaping og sysselsetting blant rederier som har lavere og høyere utslippstall per nautiske mil enn sammenlignbare skip internasjonalt.

Den første tilnærmingen sorterer de norske rederienes utslippstall fra minst til størst. For å beregne utslippsintensiteter på rederinivå, beregner vi gjennomsnittlig utslipp per skip i flåten til hvert rederi.⁵⁰ Deretter grupperer vi utslippsnivået inn i percentiler fra 0 til 100 prosent. Med andre ord, gruppen 0-10 percentil inkluderer alle norske rederier som i snitt har de 0-10 prosent laveste utslippene. På den andre siden av skalaen har vi gruppen 90-100 percentil. Denne gruppen inkluderer alle norske rederier som i snitt har de 90-100 prosent

⁵⁰ Dette gjennomsnittsanslaget er uvektet. Vi kunne vektet utslippene etter f.eks. BT, men analyser av dataene viser at små skip også kan ha større utslipp per nautiske mil enn større skip. I tillegg vil det være slik at størrelse på skipene innad i flåten til hvert enkelt rederi ikke nødvendigvis har et 1:1-forhold med skipenes inntjening.

høyeste utslippene per nautiske mil blant norske rederier. Jo nærmere vi er null, desto grønnere kan vi si at flåten til hvert rederi er.

Basert på denne grupperingen av rederier, har vi summert verdiskaping og sysselsetting innad i hver percentil. Denne fordelingen gir oss oversikt over sammenhengen mellom utslippstall og inntjening gjennom å belyse hvor stor andel av inntektene til rederiene som kan tilskrives aktivitet blant skip med forskjellige utslippsnivåer. For hvert segment får vi dermed et bilde på inntjeningsnivået sett i forhold til hvor klimavennlig rederienes segmenter er.

Den andre tilnærmingen videreutvikler metoden beskrevet over. Metoden brukt i den første tilnærmingen ser kun på utslippstall blant norskeide skip. Det betyr at det minst klimavennlige skipet i den norskeide flåten også vil være referansepunkt for å måle de mest klimavennlige skipene. Sagt på en annen måte viser den første tilnærmingen kun variasjon i utslippstall per nautiske mil innad i den norske flåten. For å kunne si noe om norske rederiers utslippsprestasjoner, bør vi også sammenligne utslippsnivåene i den norskeide flåten opp mot internasjonale utslippstall. På den måten vil vi avdekke hvorvidt utslippsnivåene til norskeide skip faktisk er lave, eller om de er det samme eller høyere enn hva vi finner i internasjonal skipsfart.

Denne metodikken består av fire steg. **Første steg** er å beregne samlede utslippsnivåer per nautiske mil for hvert segment i hvert norske rederi. Vi har kategorisert skipene inn i ulike vektklasser for å ta hensyn til at mindre skip typisk vil ha lavere utslippstall per nautiske mil enn større skip. I tillegg har vi gjort segmentfordelingen mer granulert for å bedre fange opp forskjeller i utslippsnivåer mellom skipssegmenter.⁵¹ **Andre steg** er å beregne gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil per segment blant skip som ikke er norskeide. Vi bruker snittet av årene 2018-2020 som referanse for utslipp i internasjonal skipsfart.⁵² Det **tredje steget** består i å multiplisere de gjennomsnittlige internasjonale utslippstallene med antall skip i hvert segment for hvert rederi. Dette gir oss forventet utslippsnivå per norske rederi dersom rederiene hadde hatt skip som i snitt slipper ut like mye som det internasjonale gjennomsnittet. Det **fjerde steget** består i å først summere på tvers av segmentene både de faktiske og forventede utslippstallene for hvert rederi. Deretter beregner vi prosentvist avvik for hvert rederi. Det prosentvise avviket forteller oss i prosent hvor mye lavere/høyere utslippstallene er for norske rederier i gjennomsnitt sammenlignet med utslippsnivåene internasjonalt. Det gjennomsnittlige nivået på utslipp per nautiske mil internasjonalt vil derfor fungere som et benchmark på hvor grønn den norskeide flåten er.

Basert på hvor mye lavere/høyere utslippene er til norskeide skip sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet, kan kategorisere avvikene inn i ulike grupper. Tabellen under viser hvilke grupper vi har lagt til grunn.

⁵¹ I dette og forrige kapittel presenterer vi resultater fordelt på seks syv segmenter: Annet, Cruise, Ferge, Havbruk, Offshore, Tørrlast og Våtlast. I beregningen av gjennomsnittlige utslippstall har vi delt opp de relativt brede segmentene Tørrlast og Våtlast inn i mer finkorna grupper. Våtlast har blitt delt opp i segmentene gass (LNG og LPG), Flytende last (spesialtankere, produkt-tankere, oljetankere, kombinasjonstankere), Kjemikalieskip. Tørrlast har blitt delt opp i segmentene Bulkskip, Generell last (General Cargo, Multi-produkt-skip, Billastfartøy, Kjøleskip), Ro-Ro og Containerskip). I beregningene er segmentene Annet, Cruise, Ferge, Havbruk og Offshore uendret.

⁵² Vi gjør dette for å rendyrke effekten av endringer mellom år i utslipp blant norskeide skip. Dersom vi hadde beregnet det internasjonale gjennomsnittsutslippet for skipssegmentene hvert år, ville det være krevende å avdekke hvor mye av endringen i avvik som skyldes endring i norske utslippstall og hvor mye som skyldes endring i internasjonale utslippstall.

Tabell 6: Kategorier av prosentvist avvik i utslipp per nautiske mil blant norske rederier sammenlignet med gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil blant skip globalt

Lavere utslipp enn verdensgjennomsnittet	Høyere utslipp enn verdensgjennomsnittet
0-20 prosent lavere utslipp	0-25 prosent høyere utslipp
20-40 prosent lavere utslipp	25-50 prosent høyere utslipp
40-60 prosent lavere utslipp	50-75 prosent høyere utslipp
60-80 prosent lavere utslipp	75-100 prosent høyere utslipp
80-100 prosent lavere utslipp	Over 100 prosent høyere utslipp

Basert på denne grupperingen av avvik i utslipp fra det internasjonale gjennomsnittet, har vi summert verdiskapingen og sysselsettingen til de norske rederiene som befinner seg i hver gruppe. Tallene for verdiskaping og sysselsetting forteller oss derfor hvor stor andel av inntektene til rederiene som kan tilskrives aktivitet som er mer eller mindre grønn enn snittet blant sammenlignbare skip internasjonalt.

Det er viktig å merke seg at vi ikke har tilgjengelig utslippstall for skip i segmentene offshore og havbruk. Med andre ord, registeret vi benytter for å hente inn utslippstall fra internasjonal skipsfart (EU-registeret Thetis-MRV) rapporterer ikke utslippstall for skip i disse skipssegmentene. Som tidligere beskrevet i kapitlet «Overordnet metodikk og datagrunnlag» og i vedlegg, har vi måttet benytte oss av AIS-data for norsk økonomisk sone og Kystverket sin metodikk for beregning av klimagassutslipp fra skipsfart for å estimere klimagassutslippene per nautiske mil for skip i segmentene offshore og havbruk. Det betyr at vi ikke har tilgjengelige utslippstall for internasjonale offshore- og havbruksskip. Etter litteratursøk på temaet har vi landet på at vi modellerer internasjonale havbruksskip med moderat høyere utslipp enn norske havbruksskip, mens offshore skip internasjonalt har tilnærmet samme utslipp per nautiske mil som norske.⁵³

⁵³ Til tross for at en relativt høy andel av norske offshore skip tar i bruk lavutslippsfremdriftsteknologi på sine fartøy, har vi ikke grunn til å anta at utslippene er vesentlig lavere for norskeide skip enn internasjonale offshore skip. Dette kommer av at lavutslippsfremdriftsteknologiene ikke gir vesentlig lavere utslipp per tonn drivstoff enn konvensjonelle drivstofftyper. I tillegg seiler typisk norskeide offshore skip i mer tøffe forhold som tilsier at en eventuelt lavere utslippintensitet som følge av lavutslippsfremdriftsteknologi vil bli motvirket av større energibruk som følge av tøffe vær-, vind- og bølgeforhold.

Rederier som er inkludert i datamaterialet

Våre utslippstall for norskeid flåte tar utgangspunkt i en liste over norske skipseiere fra Clarksons Platou sitt register «World Fleet Register». Med utgangspunkt i denne listen har vi innhentet utslippsdata fra EU-registeret Thetis-MRV (<https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report>). De norskeide skipene som ikke er inkludert i dette registeret har vi forsøkt å estimere utslippstall for. Om lag 400 skip var ikke mulig å estimere med tilgjengelige metoder og data. Det betyr at rederier tilknyttet denne listen er ekskludert fra vår analyse.

I tillegg er det enkelte rederier som ikke er oppgitt på Clarksons sitt register, men som har rapporterte regnskapstall for perioden 2018-2020. Disse blir heller ikke fanget opp i vår analyse fordi vi ikke klarer å identifisere hvilke skip de eier og derigjennom hvilke utslipp de har forbundet ved seg.

Foretaksstrukturen til rederier er ofte kompleks. Det betyr at vi i koblingen mellom rederilisten fra Clarksons World Fleet Register og Brønnøysunds regnskapsdata kan ha oversett enkelte rederier som prinsipielt sett skulle vært koblet sammen. Denne utfordringen kommer av at Clarksons World Fleet Register kun oppgir navn på skipseiere, og ikke tilhørende organisasjonsnummer for settet av foretak som er tilknyttet eieren oppgitt på Clarksons.

I tillegg er det slik at skipseiere representerer foretak som ikke kan betraktes som rederier. Det kan for eksempel være forskningsinstitusjoner, statlige virksomheter, fylkeskommuner og olje- og gasselskap. Dette er foretak som ikke skal være med i vår analyse, fordi vi ønsker å kartlegge verdiskaping og sysselsetting i rederivirksomhet, fordi vi ser på sammenhengen mellom skipene i flåten til rederiene (og deres utslipp) og verdiskapingen og sysselsettingen som følger av aktiviteten til disse skipene. Det samme gjelder for holdingselskaper, eiendomsselskaper og/eller olje- og gasselskaper som er i konsernstrukturen til rederier – disse er også utelatt fra denne analysen.

Førende for våre tall på verdiskaping og sysselsetting er at vi klarer å koble faktiske utslipp per skip til relevante sett av foretak (organisasjonsnumre). Rederier vi ikke klarer å estimere/oppdrive utslippstall for, vil derfor ikke bli inkludert i vår analyse.

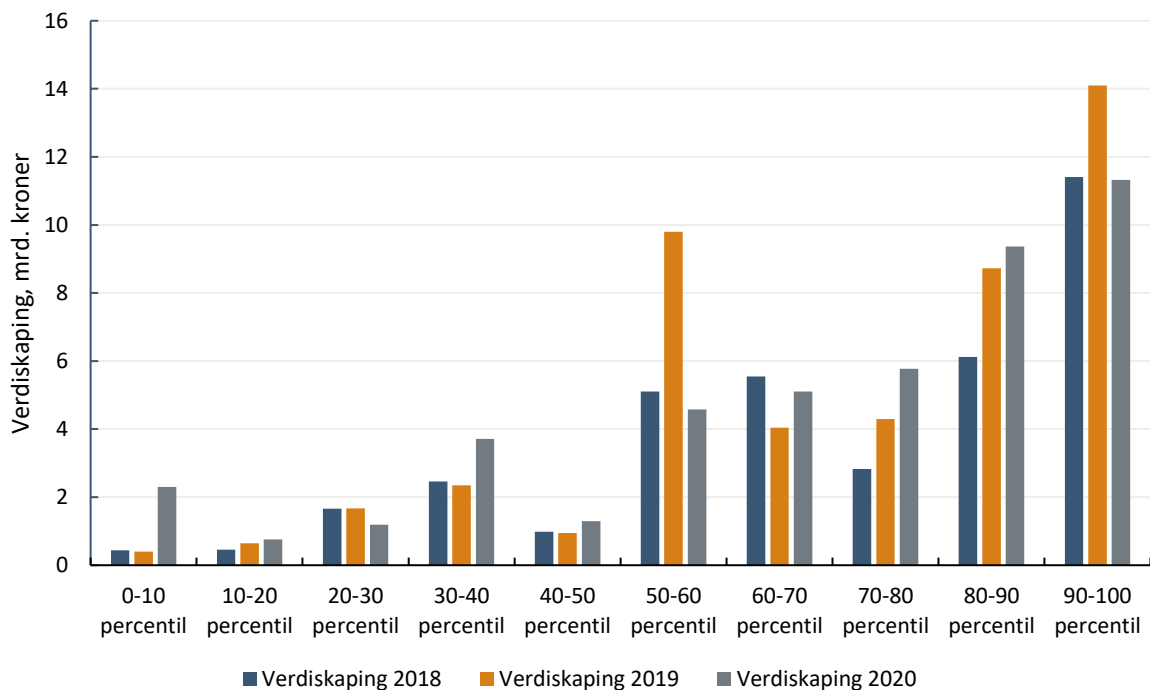
Dette fører til at våre samlede tall for verdiskaping og sysselsetting er lavere enn hva som rapporteres på overordnet nivå for maritim næring (for referanse, se Figur 5). I denne rapporten har vi hentet inn utslippstall for rederier som samlet står for verdiskaping lik 45 mrd. kroner i 2020. Tallene gir imidlertid en representativ dekning av norske rederiers grønne bidrag.

Variasjon i utslippstall mellom norske rederier

Verdiskaping

I Figur 32 presenterer vi verdiskaping blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for årene 2018-2020. Percentil 0-10 viser verdiskapingen blant rederiene med de 0-10 prosent laveste utslippene av alle norske rederier som vi har utslippstall for. På motsatt side finner vi percentil 90-100 som viser verdiskapingen blant rederiene med de 90-100 prosent høyeste utslippene av alle norske rederier som vi har utslippsdata for.

Figur 32: Verdiskaping blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for perioden 2018-2020. 0-10 percentil er samlet verdiskaping blant rederiene med 10 prosent laveste utslipp i den norskeide flåten. 90-100 percentil er samlet verdiskaping blant rederiene med 90-100 prosent høyeste utslippene i den norskeide flåten. Kilde: Menon Economics



Det første vi kan trekke ut fra Figur 32 er at fordelingen av verdiskaping og utslippstall er skjevfordelt. Av totalt 45 milliarder kroner i 2020 er i overkant av ni milliarder kroner tilknyttet rederier som har mellom 0-50 percentil laveste utslipp i den norskeide flåten. Dette nivået har økt fra 2018 og 2019, hvor særlig gruppen 0-10 percentil og 30-40 percentil har vokst.

Rederiene med de 50-100 prosent høyeste utslippene står for hele 36 milliarder kroner i 2020. Mønsteret er tydelig: Jo større utslippene er per nautisk mil for hvert rederi, desto høyere er samlet verdiskaping. Dette bildet er også konsistent over tidsperioden 2018-2020: Summen av verdiskaping er størst blant rederier som har de høyeste utslippstallene per nautiske mil. Med andre ord, store rederier har oftest store utslipp per nautiske mil, mens mindre rederier har små utslipp per nautiske mil, og under en antakelse om at verdiskaping og samlet utseilt distanse til rederiene er positivt korrelert, vil de største rederiene også stå for de største samlede utslippene. Dette kan forklares med at store rederier typisk eier skip i segmentene offshore, våtlast og tørrlast som har høyere utslipp enn mindre fartøy som i større grad eies av mindre rederier, hvor de også eier flere skip som seiler lengre distanser enn de små rederiene.

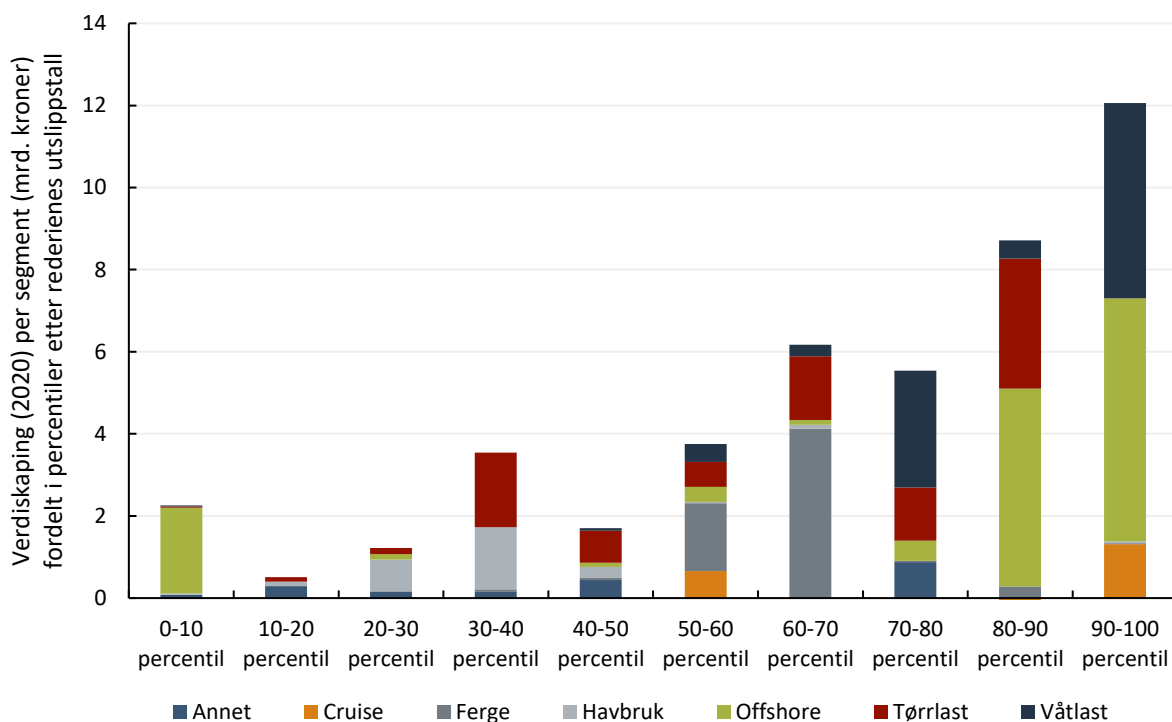
Det andre vi kan trekke ut fra Figur 32 er at vi samlet ser en liten, men positiv vekst i verdiskaping blant rederiene med lave utslipp per nautiske mil over tidsperioden 2018-2020, men denne mer enn oppveies av veksten vi ser i verdiskaping blant rederiene som har de høyeste utslippene per nautiske mil. Dersom vi holder verdiskapingen konstant, kan vi avdekke hvor mye av veksten som vi ser i Figur 32 som skyldes endring i utslippsnivåer per nautiske mil for rederiene mellom år, og hvor mye som skyldes endring i inntjening som for eksempel som følge av koronapandemien.⁵⁴ Med noen få unntak omtrent nøytraliseres endringene i verdiskaping mellom år. Det

⁵⁴ Vi har også laget en figur over dette, som viser endring i verdiskaping som følge av endring i utslippsnivåer. Denne figuren finnes i «Vedlegg D: Detaljerte figurer»

betyr at endringene i verdiskaping som vi ser i Figur 32 i hovedsak skyldes endring i inntjeningsnivåer og i mindre grad omlegging til/tilførsel av nye lavutslipps-skip i flåtene til rederiene.

I Figur 33 presenterer vi verdiskapingstallene for 2020 fordelt på de ulike segmentene som rederiene betjener, fordelt inn i utslipppercentilene fra 0 til 100 prosent.

Figur 33: Verdiskaping i 2020 blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil. Tallene for verdiskaping er gruppert i segmenter etter hvilke segmenter som rederiene betjener. Kilde: Menon Economics



Det første vi kan trekke ut fra Figur 33 er at fordelingen av verdiskaping og utslippstall på ulike segmenter er skjevfordelt. Rederiene som har de høyeste utslippene per nautiske mil betjener særlig segmenter som offshore og våtlast, og til dels tørrlast. Fra kapittelet «Utslipp blant skip i den norskeide flåten» vet vi at dette er segmenter som i snitt har høye utslippstall per nautiske mil. Offshorerederiene er, til tross for lav oljepris i etterkant av oljeprisfallet i 2014 og påfølgende offshorekrise, relativt store rederier med høy inntjening. Rederiene i våtlastsegmentet er ofte deepsea-rederier som har opplevd gode rater de senere årene. Det er derfor ikke overraskende at disse rederiene også har høy verdiskaping samtidig som de har høye utslippstall per nautiske mil. Tørrlast-segmentet har i snitt lavere utslipp per nautiske mil, men også her finnes det rederier innenfor segmentet som har høye utslipp per nautiske mil. Disse rederiene, som det er relativt få av, har høy verdiskaping. Videre ser vi at tørrlastsegmentet er fordelt jevnt over flere utslipppercentiler, som er å forvente tatt i betraktning utslippstallene per nautiske mil til dette segmentet, og det i hovedsak er nærskipsfraktefartøy, både i form av bulkskip og stykkgodsskip, som er kategorisert som tørrlastskip.

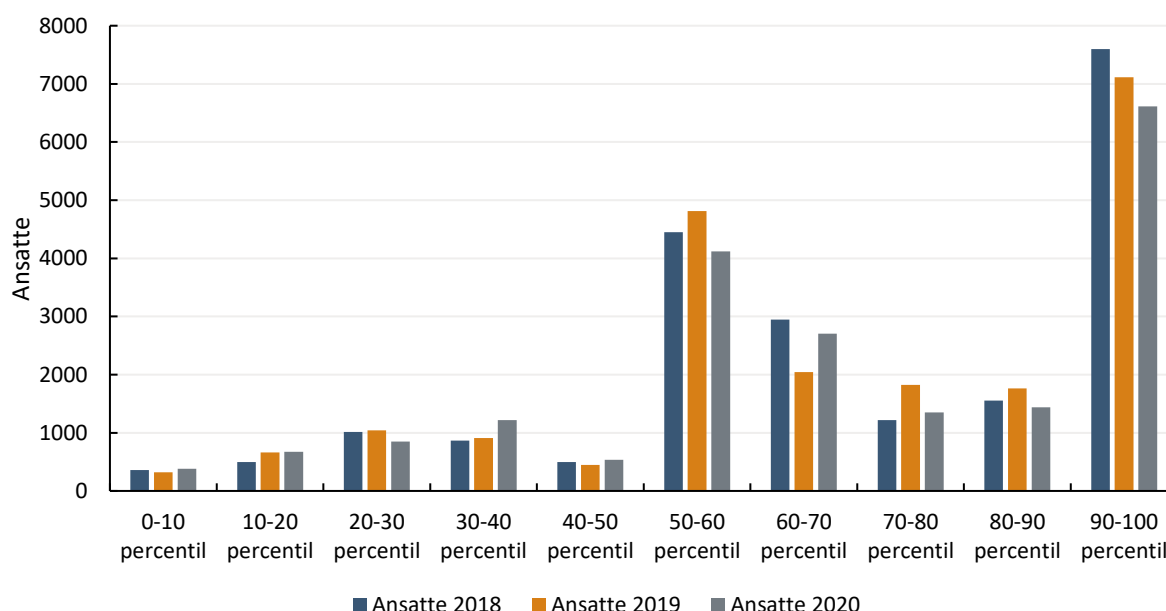
Noe overraskende finner vi at majoriteten av verdiskapingen til fergesegmentet ligger i gruppen 50-70 percentil høyeste utslipp per nautiske mil i den norskeide flåten. Ifølge våre utslippsdata har mange av fergene tilnærmet nullutslipp, men samtidig er det relativt mange ferger med høye utslipp. I tillegg er det en god del ferger midt mellom disse to ytterpunktene som har utslippstall som ligger nær snittet for segmentet som helhet. Gjennomsnittet for ferger er fjerde lavest blant de syv segmentene vi opererer med. Med andre ord, som figuren

over antyder, har de største fergereederiene fortsatt relativt høye utslipp sett i forhold til andre fartøy i den norskeide flåten. Antallet ferger med lav- og nullutslippsfremdriftsteknologi er fortsatt relativt lavt, noe som gjør at snittutslippene for hvert enkelt rederi fortsatt er relativt høyt. Havbruksrederienes⁵⁵ verdiskaping er i hovedsak plassert i utslippspercentilene 10-40, med en hovedtyngde på percentilen 30-40. Dette er konsistent med utslippstallene presentert i forrige kapittel. De relativt lave verdiskapingstallene kommer av at vi kun ser på havbruksrederier og ikke sjømatbedrifter innen havbruksnæringen. Cruisesegmentet har tilbakelagt seg et vanskelig 2020 hvor koronapandemien traff cruisereederiene spesielt hardt. Vi ser derfor relativt lave verdiskapingstall for dette segmentet i 2020. Verdiskapingen til cruisesegmentet ligger derimot relativt høyt på utslippskalaen, fordelt på 50-60 utslipps-percentil og 90-100 utslipps-percentil. Dette er ikke overraskende ettersom disse rederiene eier store skip som naturligvis har høye utslipp per nautiske mil forbundet ved seg. Hoppene vi ser i verdiskaping i disse to percentilene mellom 2019 og 2020 kan i stor grad tilskrives koronapandemiens effekt på inntjeningen til cruisereederiene.

Syssetting

I Figur 34 presenterer vi syssetting blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for årene 2018-2020. Percentil 0-10 viser syssettingen blant rederiene med de 0-10 prosent laveste utslippene av alle norske rederier som vi har utslippstall for. På motsatt side finner vi percentil 90-100 som viser syssettingen blant rederiene med de 90-100 prosent høyeste utslippene av alle norske rederier som vi har utslippsdata for.

Figur 34: Syssetting blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for perioden 2018-2020. 0-10 percentil er samlet syssetting blant rederiene med 10 prosent laveste utslipp i den norskeide flåten. 90-100 percentil er samlet syssetting blant rederiene med 90-100 prosent høyeste utslippene i den norskeide flåten. Kilde: Menon Economics



⁵⁵ Oppdrett- og foredlingselskaper innenfor sjømatnæringen er ikke inkludert i den maritime populasjonen, kun havbruksrederier.

Det første vi kan trekke ut fra Figur 34 er at fordeling av sysselsetting og utslippstall er skjevfordelt. Av rett i underkant av totalt 20 000 sysselsatte i 2020, er i overkant av 3600 sysselsatte tilknyttet rederier som har mellom 0-50 percentil laveste utslipp i den norskeide flåten. Dette er vesentlig forskjellig fra antall sysselsatte i rederier som eier skip med utslippsnivåer som ligger i 50-100 percentil. Disse rederiene står for i overkant av totalt 16 200 sysselsatte – hele 82 prosent av sysselsettingen er i rederier som har utslipp per nautiske mil mellom 50 og 100 percentil. Som vi ser fra figuren over, så er det markant flest sysselsatte i rederier som eier skip med utslippsnivåer i 50-60 percentil og 90-100 percentil. Med andre ord, arbeidsintensive rederier innenfor segmenter som cruise, ferge og offshore, som også har høye utslipp, forklarer mye av bildet vi ser i Figur 34.

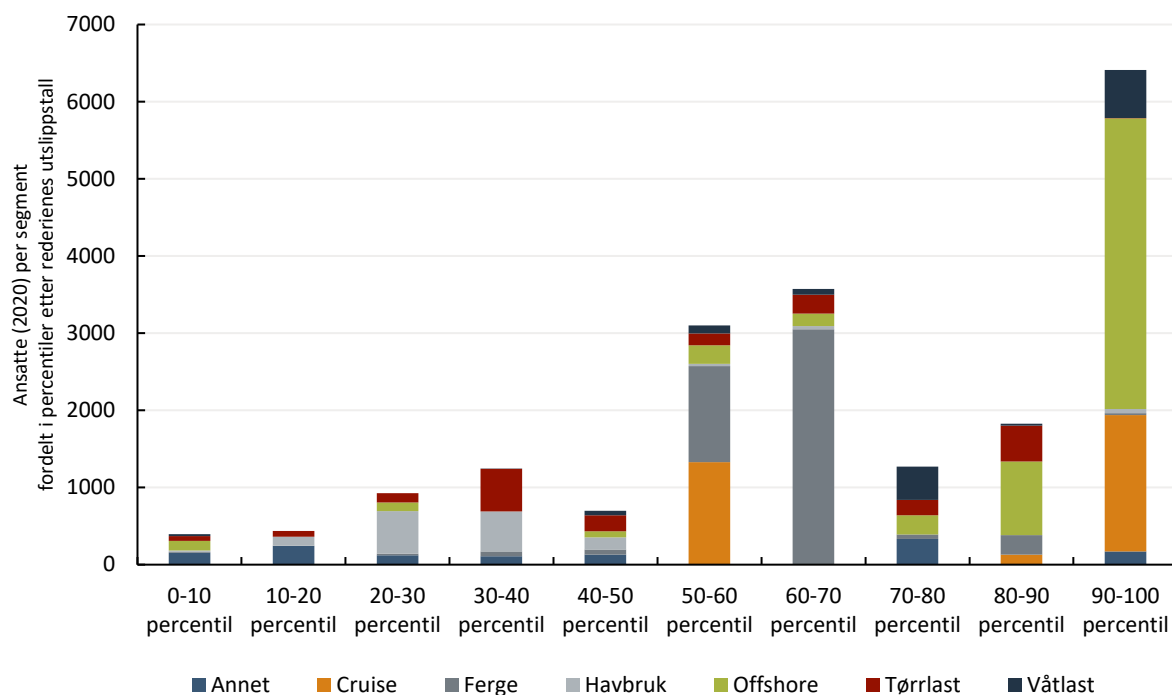
Trenden i Figur 34 er imidlertid ikke like klar som i Figur 32. Antall sysselsatte varierer mellom de forskjellige utslippspercentilene og dette mønsteret går igjen på tvers av år. I tidsperioden 2018-2020 er det arbeidsintensive rederier med skip som har utslipp per nautiske mil over medianen som står for majoriteten av sysselsettingen blant rederiene i vår studie. Vi ser også at sysselsettingen totalt sett faller svært moderat fra et nivå på 21 000 sysselsatte i 2018 til 19 900 sysselsatte i 2020. Tatt i betraktning koronapandemien i 2020 er det litt overraskende at fallet i sysselsettingen ikke har vært større, men på en annen side har norsk næringsliv under koronapandemien nytt godt av sjenerøse arbeidsmarkedstiltak som permisjonsordningen og kompensasjonsordningen for næringslivet som har dempet økningen antall oppsigelser. Permitterte arbeidstakere inngår imidlertid i statistikken over sysselsatte.

Holder vi sysselsettingsnivået konstant lik 2018-nivået på 21 000, kan vi se hvor mye av endringen i sysselsettingen per utslipps-percentil som skyldes endring i utslippsnivåer per nautiske mil mellom år.⁵⁶ Med noen få og beskjedne unntak, ser vi at endringene i sysselsetting i de ulike utslippspercentilene omtrent nøytraliseres. Det betyr at endringene i sysselsetting som vi ser i Figur 34 skyldes i all hovedsak endring i sysselsettingsnivåer og ikke omlegging til/tilførsel av nye lavutslipps-skip.

I Figur 35 presenterer vi sysselsettingstallene for 2020 fordelt på de ulike segmentene betjent av rederiene fordelt etter utslippstall per nautiske mil.

⁵⁶ Vi har også laget en figur over dette, som viser endring i sysselsetting som følge av endring i utslippsnivåer. Denne figuren finnes i «Vedlegg D: Detaljerte figurer»

Figur 35: Sysselsettingen i 2020 blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO2) per nautiske mil. Tallene for sysselsetting er gruppert i segmenter etter hvilke segmenter som rederiene betjener. Kilde: Menon Economics



Figur 35 viser at det er arbeidsintensive rederier med skip i segmentene offshore, ferge og cruise som står for den klare majoriteten av sysselsettingen, og at disse rederiene eier skip som har utslippintensiteter over medianen på 50 percentil. Dette er konsistent med utslippstallene per segment presentert i forrige kapittel. Sett i forhold til verdiskapingstallene presentert i Figur 33, ser vi at cruise- og fergerederiene har lave verdiskapingstall, men høye sysselsettingstall. Mye av dette kan forklares med koronapandemiens innvirkning på inntjeningen til disse rederiene, som i stor grad livnærer seg av turisme. Vi ser samtidig at offshore-rederiene er det enkeltsegmentet som står for størst antall sysselsatte, hvor dette er sysselsatte som i all hovedsak er ansatt i rederier med skip som i snitt ligger i 90-100 percentil høyeste utslipp per nautiske mil. Sysselsettingen i havbruksrederiene fordeler seg i hovedsak på lave utslippintensiteter. Tørr- og våtlastsegmentet er mer spredt fordelt mellom de forskjellige utslipppercentilene.

Hvordan presterer norske rederier sammenlignet med internasjonal skipsfart?

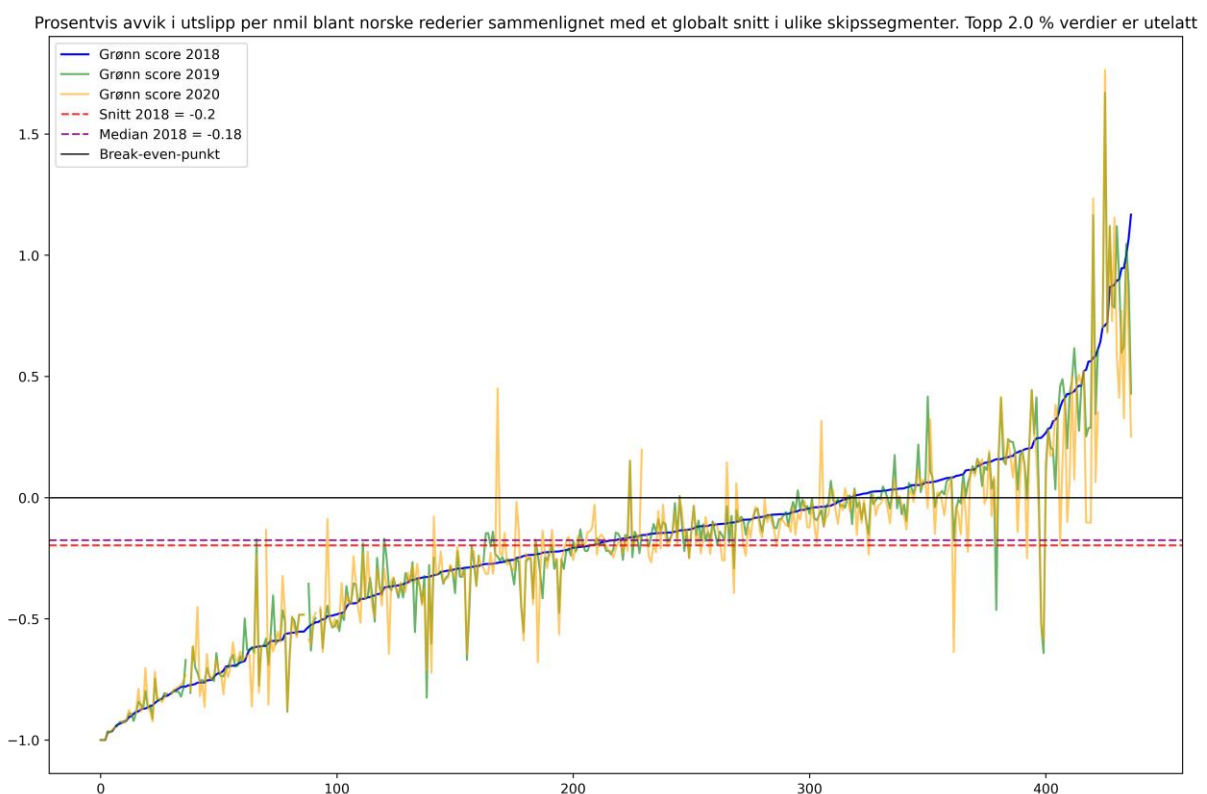
I forrige delkapittel så vi på variasjoner i utslipp per nautiske mil mellom norske rederier og hvilke nivåer på verdiskaping og sysselsetting som fulgte med dette. I dette delkapitlet endrer vi fokus vekk fra hvordan norske rederier presterer sammenlignet med andre norske rederier, til hvordan norske rederier presterer sammenlignet med internasjonal skipsfart.

For å kunne si noe om norske rederiers utslippsnivåer, bør utslippsnivåene i den norskeide flåten sammenlignes med internasjonale utslippstall. På den måten vil vi avdekke hvorvidt utslippsnivåene til norskeide skip faktisk er lave, eller om de er det samme eller høyere enn utslippene i internasjonal skipsfart. Som benchmark for å måle hvorvidt den norskeide flåten har lave eller høye utslipp, bruker vi gjennomsnittlige utslipp per nautiske mil per segment blant skip som ikke er eid av norske rederier. Per segment bruker vi snittet for 2018-2020 som fast

benchmark når vi måler avvik til utslippene til hvert norskeide rederi for hvert år. Avvik fra dette snittet indikerer hvorvidt hvert enkelt norske rederi gjør det bedre eller verre enn internasjonal skipsfart.⁵⁷

I Figur 36 presenterer vi prosentvist avvik i utslippstall per nautiske mil for skip i norskeide rederier sammenlignet med gjennomsnittlige utslippstall for skip i ulike vektclasser blant våre syv segmenter i internasjonal skipsfart. Som tidligere beskrevet, er det prosentvise avviket beregnet per norskeide rederi. Figuren viser at den norskeide flåten har betydelig lavere gjennomsnittlige utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet. Dette ser vi ved at nærmere 2 av 3 norske rederier har utslippstall per nautiske mil som er lavere enn benchmarket i internasjonal skipsfart. Den sorte horisontale linjen indikerer tilfeller der norske rederier i snitt har like høye utslipp som snittet i internasjonal skipsfart. Alle observasjoner under den sorte linjen indikerer derfor tilfeller der utslippene per nautiske mil i norske rederier i snitt er lavere enn i internasjonal skipsfart. Alle observasjoner over den sorte horisontale linjen indikerer tilfeller der utslippene per nautiske mil i norske rederier er høyere enn snittet i internasjonal skipsfart. Vi ser fra figuren at for de aller fleste norske rederiene, er avviket mindre enn null for alle år i tidsperioden 2018-2020, noe som betyr at norske rederier konsekvent presterer bedre enn sine internasjonale konkurrenter.

Figur 36: Prosentvis avvik i utslippstall per nautiske mil for norskeide skip sammenlignet med internasjonale gjennomsnittlige utslippstall for perioden 2018-2020. Sort linje indikerer tilstanden hvor utslipp per nautiske mil for norske rederier er identisk med den globale gjennomsnittet for utslipp per nautiske mil. Langs X-aksen er norske rederier sortert fra minst til størst. Y-aksen måler prosentvist avvik (tallet 0.5 indikerer 50 prosent). Kilde: Menon Economics

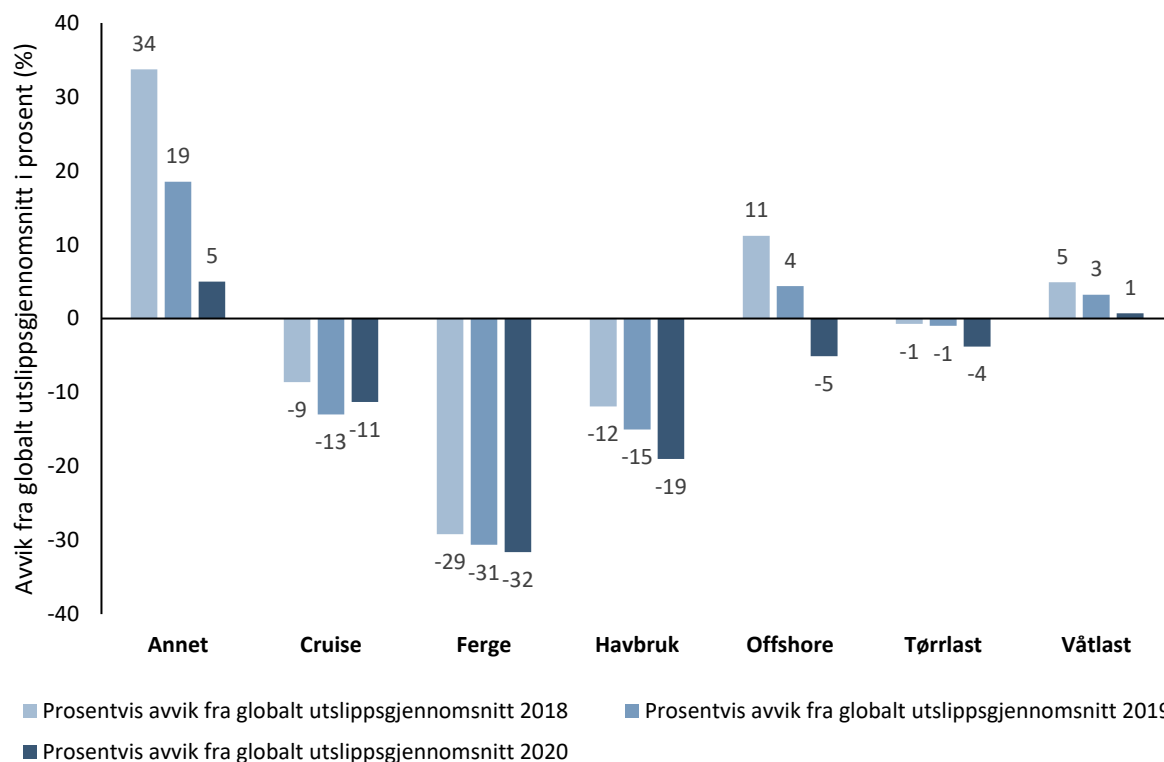


⁵⁷ Dersom vi ikke hadde brukt et fast referansepunkt/benchmark for å måle avvik i utslippintensiteter blant norskeide skip ville vi ikke kunne avdekke hvorvidt endringen i avvik skyldes at norske skip har endret sine utslipp, eller om utslippene i internasjonal skipsfart har endret seg.

Vi ser også fra Figur 36, i boksen øverst til venstre, at gjennomsnittlig utslipp blant skip og norske rederier er i 2018 hele 20 prosent lavere enn det internasjonale gjennomsnittet. Medianverdien ligger 18 prosent lavere utslipp per nautiske mil enn sine internasjonale konkurrenter.⁵⁸ I 2019 ligger gjennomsnittlig prosentvist avvik fra det internasjonale utslippsgjennomsnittet for norske rederier på 21 prosent. I 2020 ligger det samme tallet på 22 prosent. I snitt over treårsperioden 2018-2020 har norskeid flåte blitt mer grønn sammenlignet med internasjonal skipsfart.^{59 60}

I Figur 37 presenterer vi prosentvist avvik i utslippsnivå per nautiske mil per segment. Vi måler altså avvik i prosent per segment fra det internasjonale gjennomsnittet. Figuren viser at fire av syv skipssegmenter har i snitt lavere utslippsintensiteter enn det internasjonale gjennomsnittet, mens tre av syv i snitt har høyere utslippsintensiteter enn det internasjonale gjennomsnittet. For offshoresegmentet hadde den norske flåten i snitt høyere utslippsintensitet enn det internasjonale snittet i 2018 og i 2019, mens i 2020 er utslippene lavere.

Figur 37: Avvik i prosent fra internasjonalt utslippsgjennomsnitt per segment for perioden 2018-2020. Tall større enn null indikerer tilfeller der skip i skipssegmentene til norske rederier har høyere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet for samme segment, og vice versa. Tallet 37 viser til 37 prosent høyere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale snittet. Kilde: Menon Economics



⁵⁸ Figur 36 har utelatt topp 2 prosent høyeste verdier. Dette er ansett som ekstremverdier. Dersom ekstremverdiene er inkludert, ligger det gjennomsnittlige prosentvise avviket på 14 prosent, med en median på 17 prosent.

⁵⁹ Merk at vi sammenligner utslippstallene for Norge med snittet for perioden 2018-2020 for internasjonal skipsfart. Det betyr at endringen i prosentvis avvik som vi ser for den norskeide flåten kun skyldes at norskeid flåte har blitt mer grønn, og ikke at internasjonal flåte har blitt mindre grønn.

⁶⁰ Inkluderer vi topp 2 prosent høyeste verdier i beregningene av snitt prosentvis avvik fra internasjonal skipsfart, ligger 2018-tallet på 14 prosent, 2019-tallet på 16 prosent og 2020-tallet på 19 prosent. Også her observerer vi en mer grønn norskeid flåte over tid.

Mer spesifikt forteller Figur 37 følgende:

- Både cruise- og fergesegmentet har i perioden hatt lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet for disse segmentene. Dette skyldes at norske cruise er mindre enn internasjonale cruise målt i bruttotonnasje, og flere av de norske fergene går på batteridrevne løsninger. Begge segmentene har forholdt seg tilnærmet uendret i perioden, men fergesegmentet har hatt det største prosentvise avviket fra globalt utslippsgjennomsnitt i alle tre år.
- Norske skip innen havbrukssegmentet har også lavere utslipp per nautiske mil sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet i for disse segmentene. Dette segmentet har i perioden 2018-2020 opplevd en tydelig forbedring ved at segmentet hadde 12 prosent lavere utslipp i 2018, mot 15 og 19 prosent i henholdsvis 2019 og 2020.
- De norske tørrlastskipene har også i perioden hatt lavere utslipp per nautiske mil sammenlignet med den internasjonale flåten. Utslippene er imidlertid ikke mye lavere, men segmentet har opplevd en forbedring fra ett prosent lavere utslipp i både 2018 og 2019 til fire prosent lavere i 2020.
- Selv om en høy andel av norskeide offshorefartøy har lavutslippsfremdriftsteknologi om bord på sine skip, har offshoresegmentet i snitt høyere utslipp per nautiske mil i 2018 enn det internasjonale gjennomsnittet. Dette kan blant annet komme av krevende seilingsforhold på norsk kontinentalsokkel. Offshoresegmentet har imidlertid forbedret seg og i 2020 lå utslippene per nautiske mil fem prosent lavere enn det internasjonale gjennomsnittet.
- Våtlastsegmentet har tilnærmet identiske utslippstall per nautiske mil som det internasjonale gjennomsnittet, hvor kun noen få prosentpoeng skiller gjennomsnittet for norskeide våtlastskip og internasjonale våtlastskip, særlig i 2020.
- Annet er det segmentet hvor den norskeide flåten presterer dårligst sammenlignet med internasjonale gjennomsnittet. Fartøy i dette segmentet hadde 34 prosent høyere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet i 2018. Imidlertid har avviket blitt mindre over tid og har gått ned til 19 prosent i 2019 og fem prosent i 2020.

I det videre arbeidet grupperer vi rederiene inn i grupper basert på hvor mye lavere/høyere utslippene er sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet innenfor hvert segment og vektklasse. Vi har lagt følgende grupper til grunn for kategorisering av prosentvis avvik fra det internasjonale gjennomsnittet:

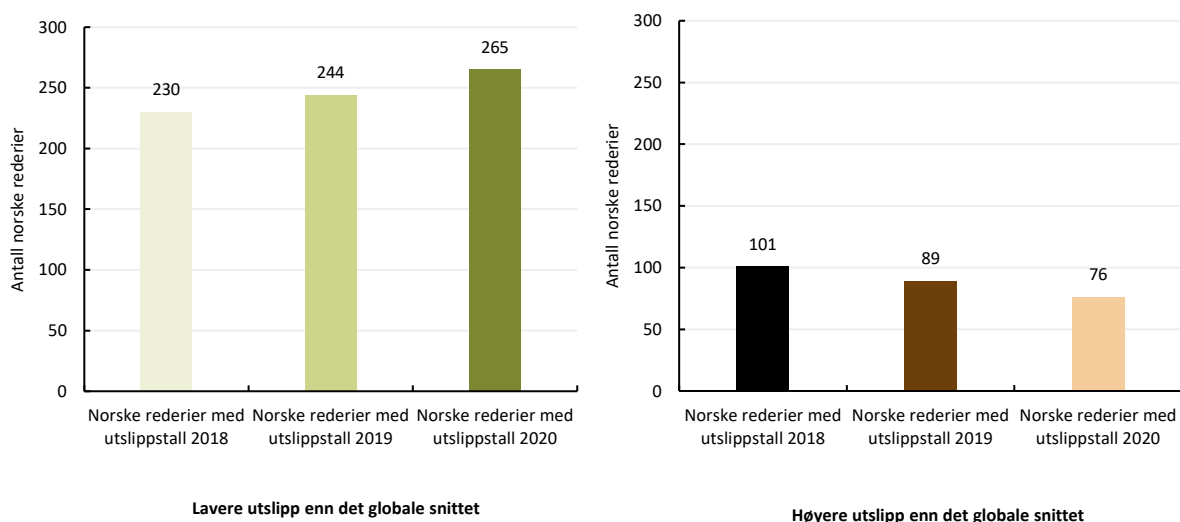
Tabell 7: Kategorier av prosentvist avvik i utslipp per nautiske mil blant norske rederier sammenlignet med gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil blant skip globalt.

Lavere utslipp enn verdensgjennomsnittet	Høyere utslipp enn verdensgjennomsnittet
0-20 prosent lavere utslipp	0-25 prosent høyere utslipp
20-40 prosent lavere utslipp	25-50 prosent høyere utslipp
40-60 prosent lavere utslipp	50-75 prosent høyere utslipp
60-80 prosent lavere utslipp	75-100 prosent høyere utslipp
80-100 prosent lavere utslipp	Over 100 prosent høyere utslipp

Antall rederier som har henholdsvis høyere eller lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet

I dette delkapitlet presenterer vi resultater over antall rederier som har utslipp høyere eller lavere enn det internasjonale gjennomsnittet for årene 2018-2020. Figur 38 viser dette på et overordnet nivå.

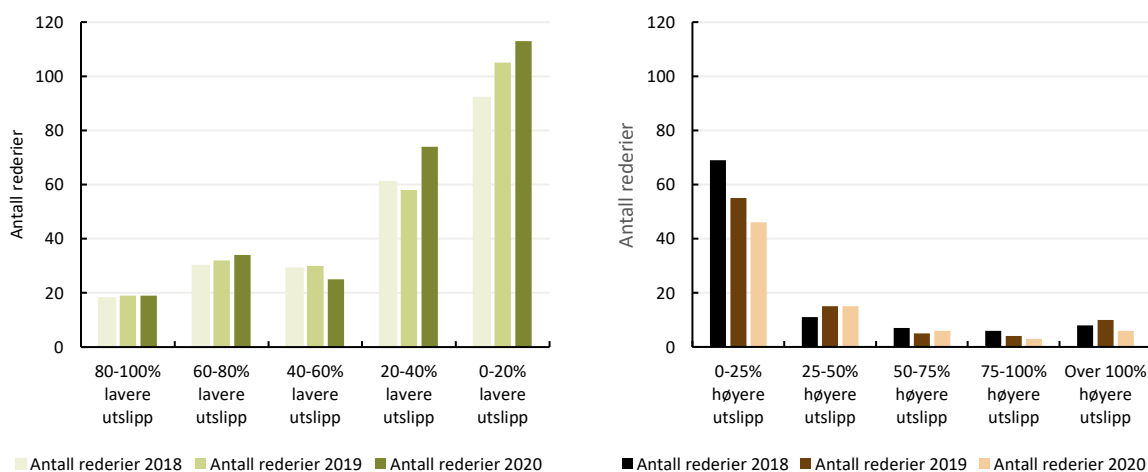
Figur 38: Antall norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip internasjonalt innenfor samme segment og vektklasse. Figuren til venstre viser antall som har lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet, mens figuren til høyre viser de som har høyere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet. Kilde: Menon Economics



Fra Figur 38 ser vi at det store flertallet av norske rederier har gjennomsnittlige utslipp per nautiske mil per skip som er lavere enn det internasjonale gjennomsnittet. Nærmere 4 av 5 rederier har gjennomsnittlige utslipp per nautiske mil som er lavere enn det internasjonale gjennomsnittet i 2020. Vi ser samtidig at i perioden 2018-2020 var det flere rederier hvert år som presterte bedre enn verdensgjennomsnittet. Mer konkret, antall rederier som hadde lavere utslipp enn det globale snittet gikk opp fra 230 i 2018 til 244 i 2019 til 265 i 2020.

Figur 39 kategoriserer det prosentvise avviket fra det internasjonale gjennomsnittet inn i grupper etter størrelse på avviket. Fra dette ser vi at majoriteten av rederiene har 0-20 prosent lavere utslipp enn verdensgjennomsnittet. Vi ser også at mange av rederiene har mellom 20-40 prosent lavere utslipp.

Figur 39: Antall norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Tallene er gruppert i ulike nivåer på avvik i utslipp fra verdensgjennomsnittet. Figuren til venstre viser antall som har lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet, mens figuren til høyre viser de som har høyere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet. Kilde: Menon Economics

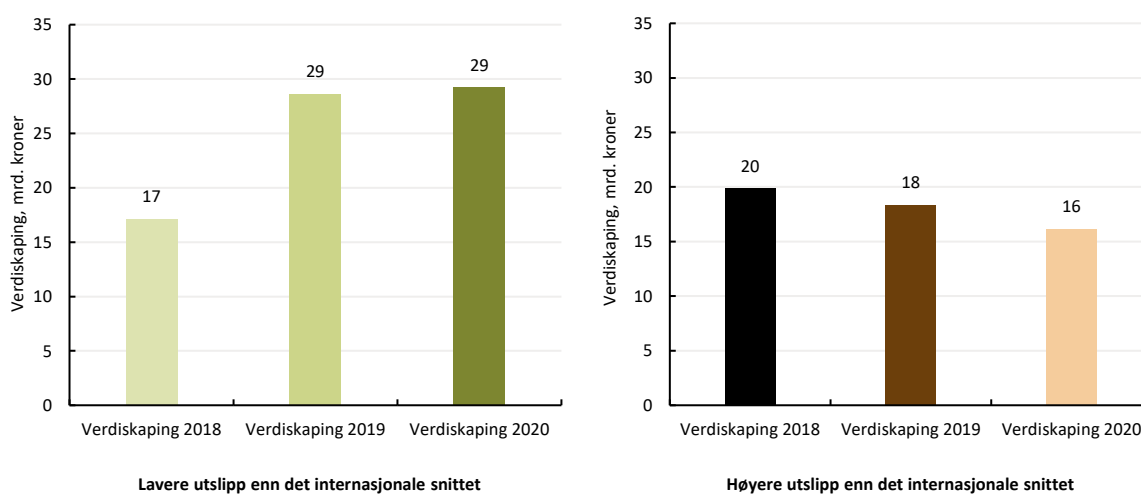


Halvparten av rederiene som presterer dårligere enn det internasjonale gjennomsnittet har 0-25 prosent høyere utslipp. Samtidig ser vi at antall norske rederier som presterer dårligst – rederiene som eier skip med 80-100 prosent høyere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet – er redusert fra 2018 til 2020.

Verdiskaping

I dette delkapitlet presenterer vi resultater over verdiskaping blant norske rederier, gruppert etter størrelsesorden på avviket på utslipp per nautiske mil fra det internasjonale gjennomsnittet for perioden 2018-2020. Figur 40 viser dette på et overordnet nivå.

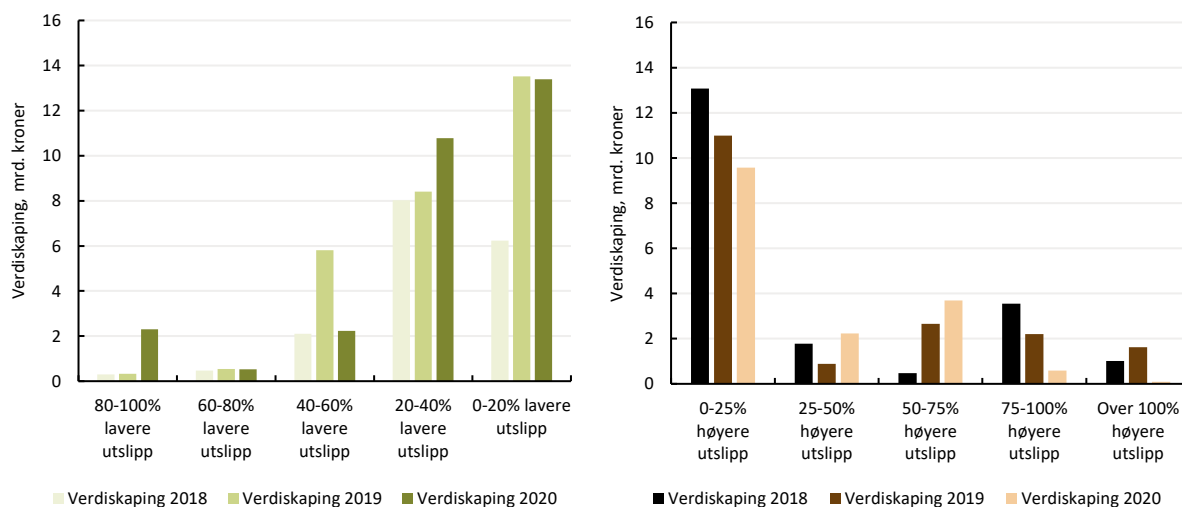
Figur 40: Samlet verdiskaping hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Kilde: Menon Economics



Fra Figur 40 ser vi at verdiskapingen til norske rederier som i snitt har lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet, er på 17 mrd. kroner i 2018 og øker til om lag 29 mrd. kroner i 2019 og i 2020. Selv om 2 av 3 rederier i snitt har utslippstall per nautiske mil som er lavere enn det internasjonale gjennomsnittet i 2018, utgjør verdiskapingen kun 46 prosent av samlet verdiskaping i 2018 mot 62 prosent og 64 prosent i henholdsvis 2019 og 2020. Med andre ord, det er noen få store rederier som har utslippstall høyere enn det internasjonale gjennomsnittet som bidrar til at verdiskapingen til de som slipper ut mer per nautiske mil enn gjennomsnittet er høyere enn hva antallet rederier i denne gruppen skulle tilsi.

I Figur 41 har vi delt opp verdiskapingstallene fra Figur 40 i mindre grupper etter hvor mye lavere/høyere utslippstallene i snitt er for rederiene sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet innenfor vektclassene og segmentene til hvert enkelt norske rederi.

Figur 41: Samlet verdiskaping hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Tallene er gruppert i ulike nivåer på avvik i utslipp fra verdensgjennomsnittet. Kilde: Menon Economics



Vi ser fra Figur 41 at summen av verdiskaping blant rederier som har utslipp per nautiske mil under det internasjonale gjennomsnittet i størst grad fordeler seg på gruppene 0-20 prosent lavere utslipp og 20-40 prosent lavere utslipp. Vi ser også at det er enkelte variasjoner i hvilke grupper som dominerer mellom årene.

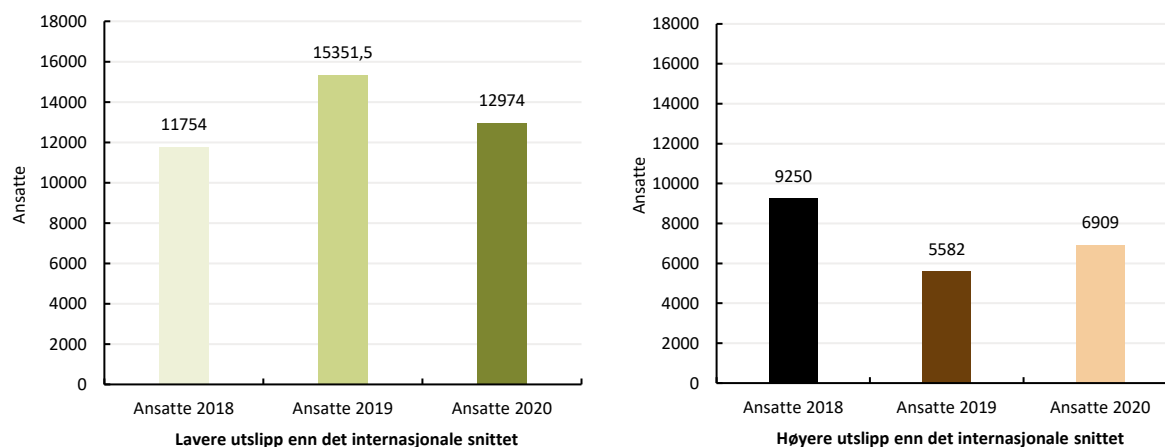
Blant rederiene som har utslipp per nautiske mil høyere enn det internasjonale gjennomsnittet ser vi at desidert størsteparten av verdiskapingen tilfaller rederier med 0-25 prosent høyere utslippstall. Vi ser også at residualen fordeler seg relativt jevnt blant de øvrige gruppene av rederier med høyere utslipp per nautiske mil, hvor verdiskapingen per gruppe per år summerer seg til nivåer mellom 0 og 4 mrd. kroner.

Slik figurene over er fremstilt, er det vanskelig å avdekke hvorvidt endringen mellom år som vi observerer kan tilskrives faktiske endringer i utslippsnivåer per nautiske mil, eller om kun verdiskapingen har økt. Ved å holde verdiskapingstallene uendret og lik 2018-nivå for alle de tre årene, avdekker vi i hvilken grad endringene i Figur 40 og Figur 41 skyldes endring i utslippsnivåer innad og mellom rederier eller om det skyldes endringer verdiskaping. Denne analysen viser at flere av de store hoppene vi ser i Figur 41 i stor grad viskes ut når verdiskapingen holdes konstant. Unntaket er gruppen rederier som har 0-20 prosent lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet. Her har gruppen av rederier vokst i 2019 før det falt litt tilbake i 2020. Det motsatte bildet viser seg for rederiene som har skip som i snitt slipper ut mer enn det internasjonale gjennomsnittet. Dette betyr at det er enkelte rederier som eier skip som i gjennomsnitt ligger rett i overkant eller rett i underkant av det internasjonale gjennomsnittet. Samlet sett ser vi en dreining mot mer klimavennlig norsk skipsfart over tid, ved at verdiskapingen blant rederier med utslipp lavere enn det internasjonale gjennomsnittet ville hatt 21 mrd. kroner i verdiskaping i 2018 dersom de hadde hatt tilgjengelig 2020-teknologi. Det er en omfordeling på fire mrd. kroner i verdiskapingen fra rederiene i 2018 med utslipp høyere enn det internasjonale gjennomsnittet dersom de hadde hatt 2020-teknologien tilgjengelig og da faktisk vært under det internasjonale gjennomsnittet.

Ansatte

I dette delkapittelet presenterer vi resultater på ansatte i norske rederier, gruppert etter hvorvidt de i snitt har lavere eller høyere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet for perioden 2018 til 2020. Figur 42 viser dette på et overordnet nivå.

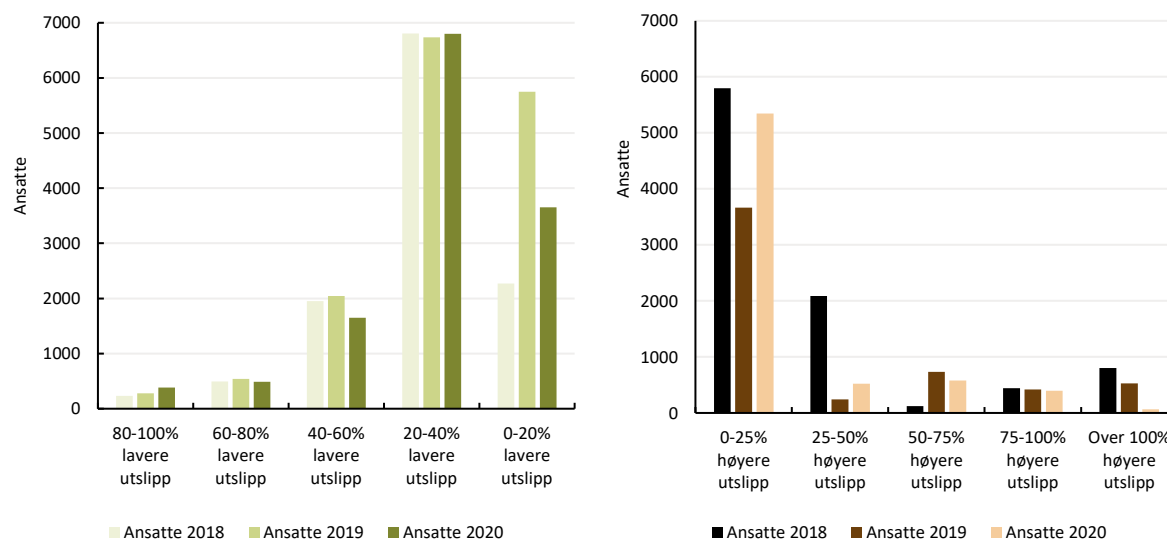
Figur 42: Totalt antall ansatte hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Kilde: Menon Economics



Fra Figur 42 ser vi at norske rederier som i snitt har lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet, sysselsatte i overkant av 11 700 personer i 2018. I 2019 økte dette til drøyt 15 300 sysselsatte. I 2020 gikk antall sysselsatte i norske rederier ned til i underkant av 13 000. Det er nærliggende å tro at dette henger sammen med koronapandemien, og at fallet i sysselsetting har blitt dempet noe av gode permitteringsordninger for næringslivet. Selv om totalt antall ansatte i 2020 gikk ned, var andelen sysselsatte i rederier med lavere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale snittet høyere, tilsvarende 65 prosent, enn det var i 2018 – tilnærmet 56 prosent. 2019 var imidlertid toppåret med en andel på hele 73 prosent av sysselsatte i rederier med utslipp lavere enn det internasjonale gjennomsnittet.

I Figur 43 har vi delt opp sysselsettingstallene fra Figur 42 i mindre grupper etter hvor mye lavere/høyere utslippstallene i snitt er for rederiene sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet innenfor hvert segment og vektklasse.

Figur 43: Totalt antall ansatte hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Tallene er gruppert i ulike nivåer på avvik i utslipp fra verdensgjennomsnittet. Kilde: Menon Economics



Vi ser fra Figur 43 at summen av antall ansatte blant rederier som har utslipp per nautiske mil under det internasjonale gjennomsnittet i størst grad fordeler seg på gruppene 20-40 prosent og 0-20 prosent lavere utslipp. Vi ser også at det er enkelte variasjoner i hvilke grupper som dominerer mellom årene.

Blant rederiene som har utslipp per nautiske mil høyere enn det internasjonale gjennomsnittet ser vi at det er flest ansatte i rederier med 0-25 prosent høyere utslippstall. Vi ser også at residualen fordeler seg relativt jevnt blant de øvrige gruppene av høyere utslipp.

Slik figurene over er fremstilt, er det vanskelig å avdekke hvorvidt endringen mellom år som vi observerer kan tilskrives faktiske endringer i utslippsnivåer per nautiske mil, eller om det skyldes endring i antall ansatte. Ved å holde sysselsettingstallene uendret og lik 2018-nivå for alle de tre årene, vil vi klare å avdekke i hvilken grad endringene i Figur 42 og Figur 43 skyldes endring i utslippsnivåer. Denne analysen viser at flere av de store hoppene vi ser i Figur 43 viskes ut. Men likevel ser vi samlet sett en dreining mot mer klimavennlig norsk skipsfart over tid, ved at sysselsettingen blant rederier med utslipp lavere enn det internasjonale gjennomsnittet ville vært rett i overkant av 2000 personer høyere enn i 2018 dersom de hadde hatt tilgjengelig 2020-teknologi. Det er en omfordeling på 2000 i sysselsetting fra rederiene i 2018 med utslipp høyere enn det internasjonale gjennomsnittet dersom de hadde hatt 2020-teknologien tilgjengelig og da faktisk vært under det internasjonale gjennomsnittet.

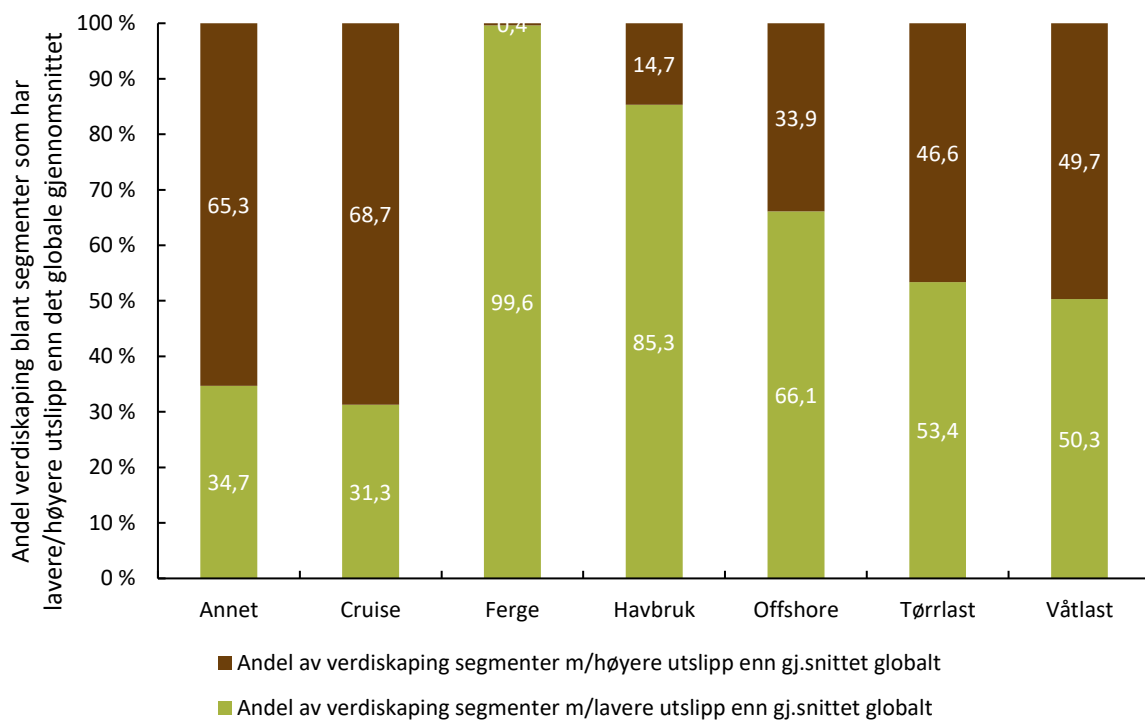
Resultater på segmentnivå

Ovenfor så vi at 64 prosent av norske rederiers verdiskaping genereres i skip som har lavere utslipp enn gjennomsnittet i sitt segment internasjonalt i 2020. Det er imidlertid store forskjeller mellom segmentene i utslippstall og verdiskaping, noe som fremgår av Figur 32 og Figur 33. Figuren under viser andel verdiskaping blant segmenter med lavere eller høyere utslipp enn det globale gjennomsnittet i sitt segment. For å unngå tilfeldige variasjoner innenfor et år, har vi beregnet gjennomsnittlige utslippstall for 2018 til 2020.

Figuren viser at alle norske fergerederier (viktig å presisere at ferger i utenriks sjøfart *ikke* er inkludert her) har lavere utslipp enn gjennomsnittet blant ferger internasjonalt i samme vektklasse. Andelen er også svært høy

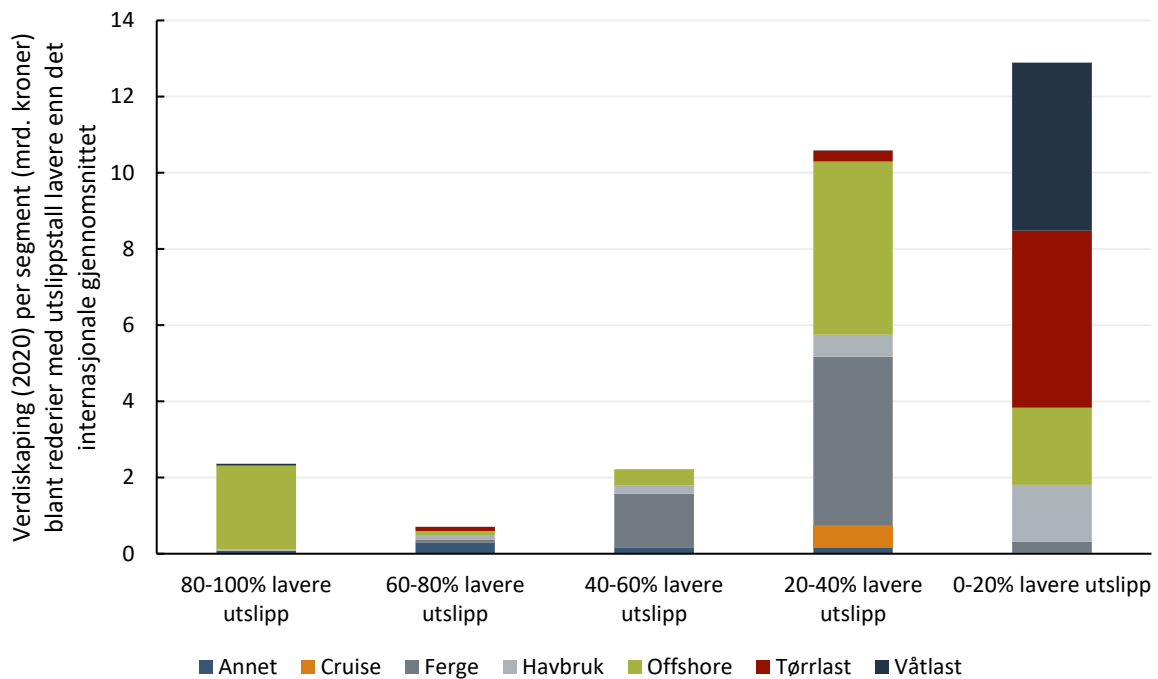
blant cruiserederier og havbruksrederier. Blant sistnevnte er det viktig å understreke at nesten hele havbruksflåten er norsk-kontrollert.

Figur 44: Andel verdiskaping blant rederiene som er i rederier som har lavere/høyere utslipp per nautiske mil enn det internasjonale gjennomsnittet. Kilde: Menon Economics



I figuren under tar vi utgangspunkt i segmentene som har utslippstall lavere enn det internasjonale gjennomsnittet, og fordeler deres verdiskaping i gruppene 80-100 prosent lavere utslipp, 60-80 prosent lavere utslipp og så videre opp til 0-20 prosent lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet. På den måten får vi innblikk i hvilke segmenter som skiller seg positivt ut og hvilken verdiskaping som er forbundet med rederiene som betjener disse segmentene.

Figur 45: **Verdiskaping i 2020** blant norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Tallene for verdiskaping er gruppert i segmenter etter hvilke segmenter som rederiene betjener. Kilde: Menon Economics

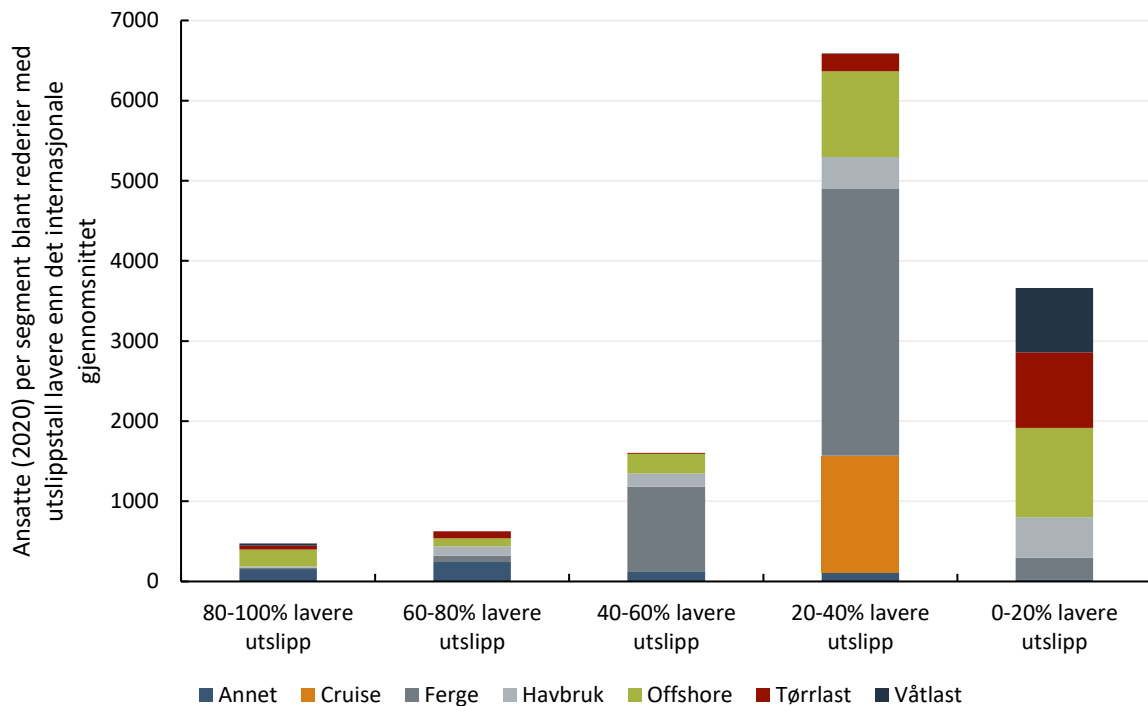


Figuren viser at rederiene med 20-40 prosent lavere utslipp hadde den høyest verdiskapingen i 2020. Den samlede verdiskapingen blant rederiene blir mindre jo lavere utslipp per nautiske mil rederienes flåte har sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet.

Rederiene som eier en flåte som er 0-20 prosent mer miljøvennlige enn verdenssnittet har samlet sett rundt 13 milliarder kroner i verdiskaping i 2020. Dette er rederier som betjener hovedsakelig segmentene våtlast, tørrlast offshore og havbruk. Rederiene med 20-40 prosent lavere utslipp hadde nest høyest verdiskaping med på omkring 11 milliarder kroner i 2020. Det største segmentet som bidrar til verdiskaping i denne gruppen er offshore-rederier med rundt 4,5 milliarder kroner, etterfulgt av ferger med rundt 4,2 milliarder kroner. Vi ser at rederiene med 40-60 prosent lavere utslipp står bak i overkant av tre milliarder kroner og det største bidraget kommer fra ferge- og offshore-rederiene. Rederier med 60-80 prosent lavere utslipp omkring en milliard kroner i verdiskaping. Til slutt, rederiene som presterer best sammenlignet med verdenssnittet med 80-100 prosent lavere utslipp hadde i overkant av 2 milliarder kroner i verdiskaping i 2020, hvor offshore-rederiene utgjør størst andel. Dette er hovedsakelig rederier med mindre offshorefartøy som enkelte typer slepebåter og lignende.

I likhet med figuren ovenfor viser Figur 46 hvordan sysselsetting i rederiene med mer miljøvennlige flåter er fordelt over segmentene de betjener. Rederiene innen ferge, cruise og offshore står for majoriteten av sysselsettingen blant rederier med lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet. Dette er arbeidsintensive rederier.

Figur 46: **Sysselsetting i 2020** blant norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Tallene for verdiskaping er gruppert i segmenter etter hvilke segmenter som rederiene betjener. Kilde: Menon Economics



Blant rederiene med 0-20 prosent lavere utslipp er offshore største segmentet med i rundt 1100 ansatte, etterfulgt av havbruk og tørrlast. Rederiene med 20-40 prosent lavere utslipp sysselsatte flest, hvor fergerederiene var den største arbeidsgiveren, en sysselsetting tilsvarende i overkant av 3300 personer. Fergerederiene sysselsetter også flest blant skipene med 40-60 prosent lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet. Norske rederier som presterer best sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet sysselsatte rundt 500 personer, jevnt fordelt på de ulike segmentene.

Grønn teknologiutvikling

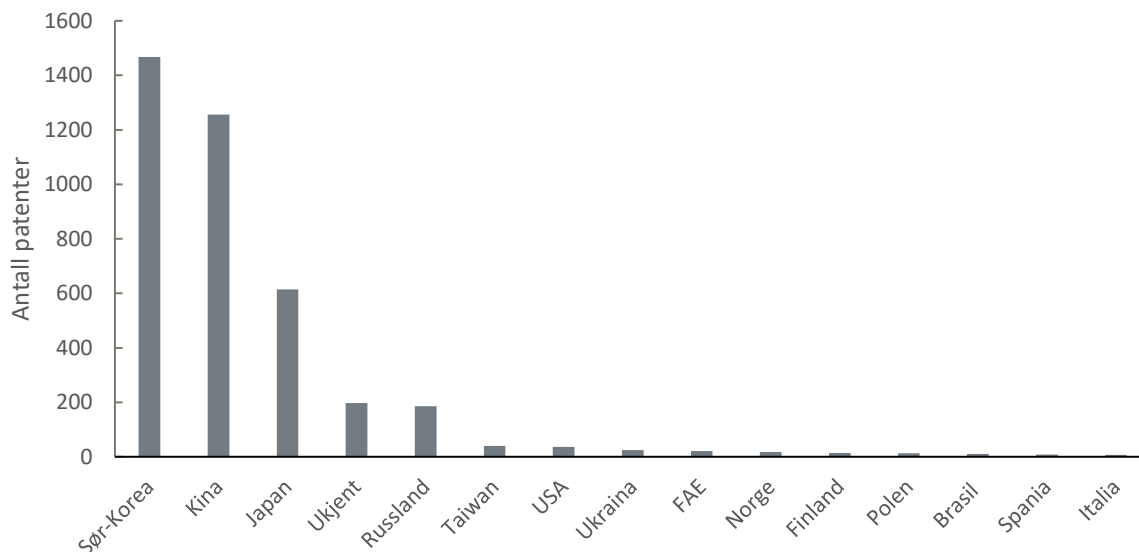
Norge er blant de fremste i verden når det gjelder å utvikle og å ta i bruk grønn maritim teknologi. En tidlig posisjonering innen grønn internasjonal skipsfart kan utgjøre et betydelig konkurransefortrinn for det som allerede er en av Norges viktigste eksportnæringer. Dette kapitlet gir et overblikk over grønn teknologiutvikling i maritim næring. Første del omhandler klimagassreducerende patenter for skipsfarten. Patenter spiller en stadig viktigere rolle for innovasjon og økonomisk utvikling, hvor «grønne patenter» som eies av norske personer eller selskap kan gi en indikasjon på innovasjonsevnen i norsk maritim industri. Det andre delkapitlet gir et innblikk i grønne leveranser fra maritime utstyrsprodusenter. En høy andel av utstyrsprodusentenes omsetning fanges opp i verdien av skip bygget ved norske verft, og en betydelig del av deres grønne aktivitet henger sammen med norske rederiers kontrahering av hel- eller delelektriske skip. Det siste delkapitlet viser tilgangen på landstrøm ved kaianlegg i Norge.

Klimagassreducerende patenter for skipsfarten

Patenter spiller en stadig viktigere rolle for innovasjon og økonomisk utvikling. «Grønne patenter», eid av norske personer eller selskap, som bidrar til reduksjon av klimagasser, kan gi en indikasjon på innovasjonsevnen til maritim næring. For å identifisere "grønne maritime patenter" brukte vi "CPC-patentklassifisering". Denne klassifiseringsmetodikken administreres i fellesskap av det europeiske patentverket (EPO) og det amerikanske patent- og varemerkekontoret (PTO). En unik egenskap ved denne klassifiseringsmetoden er at det er en utpekt kategori for teknologier som bidrar til reduksjon av utslipp. Innenfor denne kategorien er patentene ytterligere differensiert etter sektorer, hvor det er mulig å få informasjon om maritime patenter som bidrar til reduksjon av klimagasser med kode "Y0270" (United States Patent and Trademark Office, 2022).

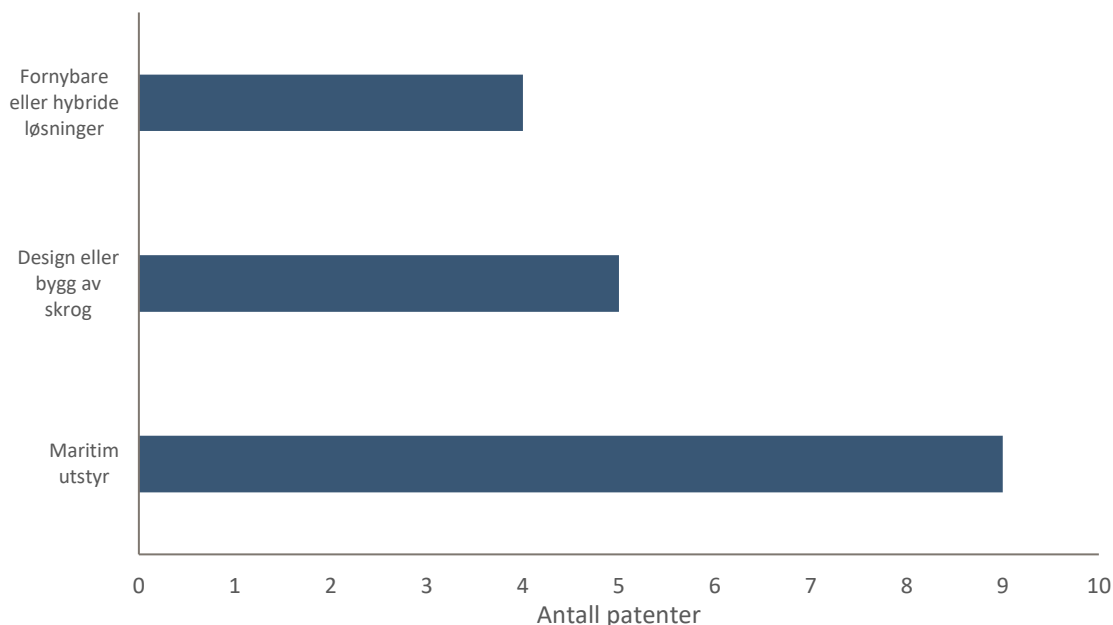
Ved hjelp av «ORBIS Intellectual Property Database», har vi innhentet informasjon om distribusjonen av aktive maritime patenter i eiernes land. Det største antallet grønne maritime patenter eies av Sør-Korea, Kina og etterfulgt av Japan, noen av de største skipsfartsnasjonene i verden. Disse landene er kjent for sin maritime industri og har en stor markedsandel innenfor industrien. Norge ligger på 10. plass i verden når det gjelder antall grønne maritime patenter med totalt 18 aktive patenter, etter andre viktige maritime aktører som USA og De forente arabiske emirater, som vist i Figur 47. Det er imidlertid viktig å påpeke at Norge presterer bedre når det gjelder alle maritime patenter. Oslo alene er rangert niende når det gjelder antall aktive maritime patenter, uten å skille ut «grønne» patenter, som tyder på innovasjonsevnen til norsk maritim næring og forskningsinstitusjoner (Menon Economics & DNV, 2022).

Figur 47: Antall grønne maritime patenter, fordelt etter eiers land. Kilde: ORBIS Intellectual Property, 2022



Figur 48 viser fordelingen av norskeide grønne maritime patenter fordelt etter type teknologier. Halvparten av patentene er fokusert på maritimt utstyr som bidrar til reduksjon av klimagasser, etterfulgt av patenter som reduserer klimagassutslipp ved design eller bygging av skrog, og til slutt patenter på hybride eller elektriske løsninger.

Figur 48: Grønne maritime patenter eid av norske eiere, fordelt på type teknologi. Kilde: ORBIS Intellectual Property Database, 2022



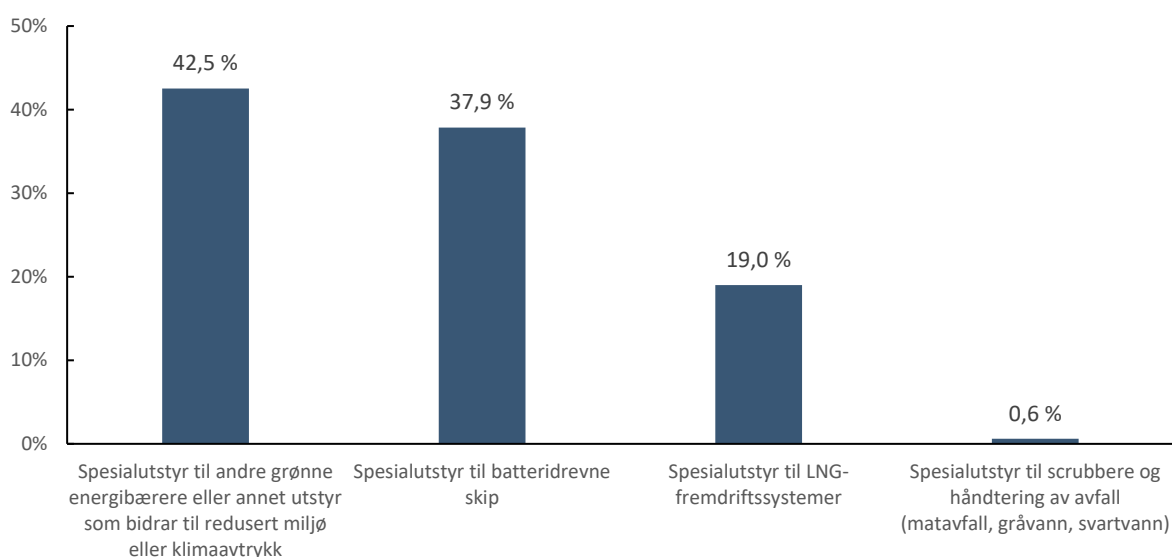
Grønne leveranser fra maritime utstysprodusenter

Norske maritime utstysleverandører produserer spesialisert utstyr til skipsfarten og er leverandør til verftsindustrien både nasjonalt og internasjonalt. En høy andel av utstysprodusentenes grønne omsetning

fanges opp i verdien av skip bygget ved norske verft.⁶¹ I likhet med verftsindustrien har norske utstyrsleverandører også gått gjennom en omstillingsprosess i kjølvannet av offshorekrisen. Utstyrsleverandørene har også hatt utfordringer med å levere lønnsomme leveranser i nye markeder, men omstillingsprosessen begynner å bære frukter. Salg av utstyr til cruise, ferger, brønnbåter og fiskefartøyer har økt de siste årene. Utstyrsleverandørene er også i økende grad orientert mot utvikling og produksjon av klima- og miljøvennlig maritim teknologi og løsninger, som eksempelvis batteripakker og fremdriftssystemer basert på alternativt drivstoff og systemer for driftsoptimalisering og energieffektivisering (Menon Economics, 2022). Det canadisk-norske selskapet Corvus Energy er en verdensledende leverandør av energilagringssystemer for alle segmenter i maritim næring. De har blant annet levert batterier til Fjord1s el-ferger bygget av Havyard. Norske utstyrsleverandører bidrar også til dekarbonisering av næringen gjennom leveranser av energieffektiverende løsninger. Jotun og Kongsberg har blant annet utviklet en fjernstyrt robot, «Jotun Hullskater», som inspiserer og renser skipets skrog mens det ligger i havn (Kongsberg, 2022).

Gjennom Menons årlig publikasjon «Norwegian Maritime Equipment Suppliers» på vegne av Norsk Industri, ble det i 2021 gjennomført en spørreundersøkelse blant maritime utstyrsprodusenter. I denne spørreundersøkelsen ble det stilt spørsmål om hvor stor andel av deres «grønne» omsetning som går til leveranser av grønt utstyr og fremdriftssystemer. 60 prosent av respondentene svarte at deler av deres omsetning er relatert til «grønne» aktiviteter. Av denne gruppen svarte drøyt 40 prosent at deres omsetning kommer fra spesialutstyr til andre grønne energibærere eller annet utstyr som bidrar til redusert miljø eller klimaavtrykk, som vist i Figur 49. Videre er omkring 38 prosent av omsetningen relatert til spesialutstyr til batteridrevne skip. Når det gjelder omsetning relatert til lavutslippsteknologier, var 19 prosent av omsetningen relatert til spesialutstyr tilknyttet LNG-fremdriftssystemer. I underkant av en prosent av omsetningen tilskrives inntekter fra leveranser fra scrubbere og håndtering av avfall, gråvann og svartvann.

Figur 49: Norske utstyrsprodusenters andel av «grønn» omsetning som går til leveranser av grønt utstyr og fremdriftssystemer. N = 33. Kilde: Menon Economics, Norwegian Equipment Suppliers (2021)



⁶¹ En god del utstyrsprodusenter har også en relativt høy eksportandel og en del av deres grønne omsetning vil derfor være knyttet til leveranser til utenlandske kunder.

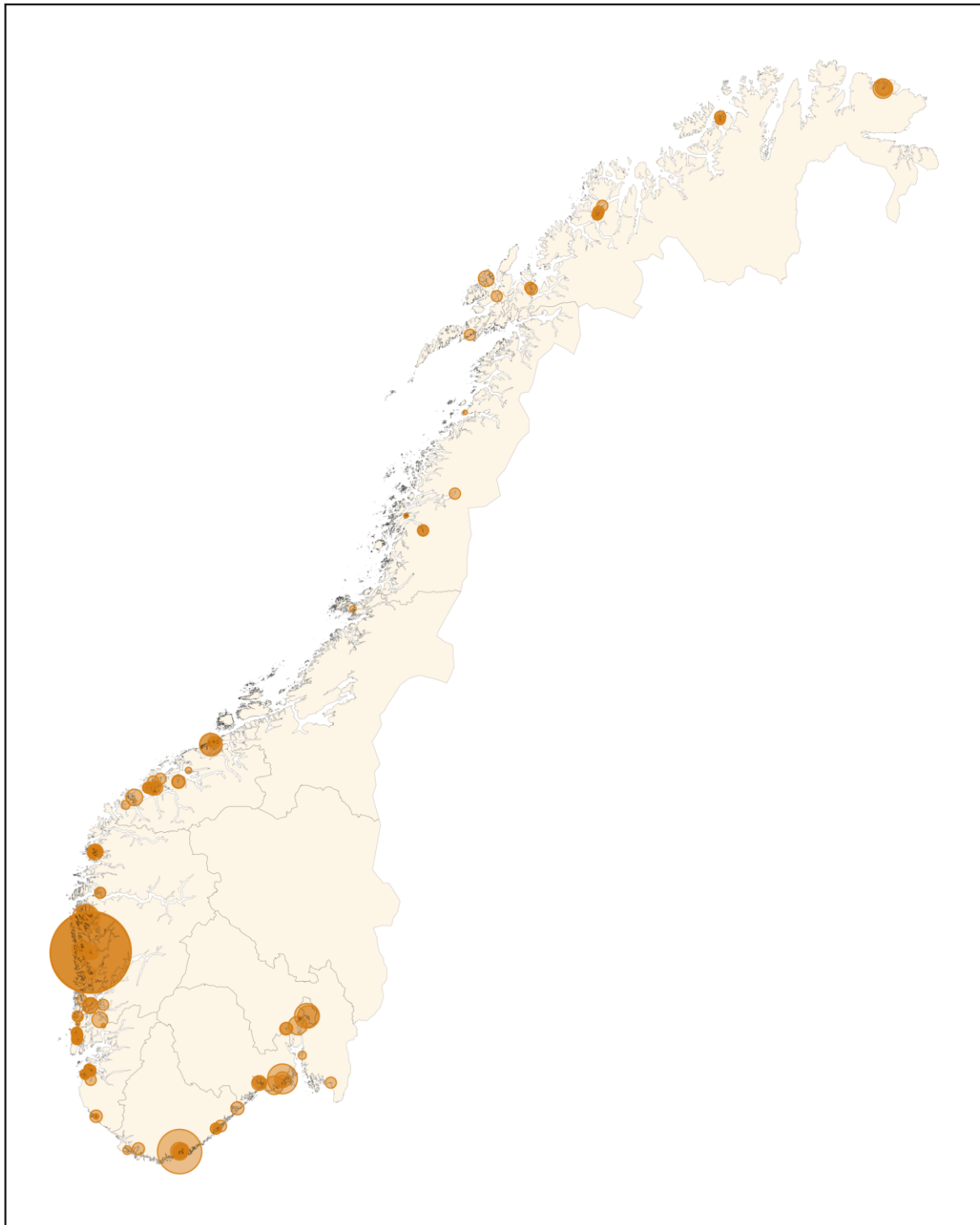
Nasjonale, regionale og internasjonale reguleringer presser maritim næring til å fortsette å utvikle, å teste og å ta i bruk mer miljøvennlige løsninger. Det er derfor en forventning om en økning i både mer miljøvennlige nybygg og retrofitting av eldre skip for å imøtekomme utslippskravene. Dette fører til en forventning om at norske utstyrsleverandørers omsetning tilknyttet grønne aktiviteter også vil øke i årene framover.

Tilgang på landstrøm ved kaianlegg i Norge

Når et skip ligger til kai er det et behov for energi om bord til oppvarming eller kjøling, belysning, hjelpesystemer, utstyr til lasting og lossing av gods og annet. For de større skipene dekkes dette energibehovet vanligvis med hjelpemotorer som benytter oljebasert drivstoff, men ved å koble seg til et strømnnett på land kan energibehovet dekkes med elektrisitet, noe som vil redusere støy og luftforensing i havneområder og i nærliggende miljøer. Landstrømnettet har i flere år vært egnet for mindre skip og båter, eksempelvis ferger, taubåter og fiskebåter som ligger i ro over natten. Dette har vært strøm med den samme spenningen og frekvensen som finnes i det ordinære kraftnettet (230 eller 400 volt på 50 Hz) og med relativt lav effekt (opp mot 50-100 kW). Lokale myndigheter har de siste årene i økende grad etterspurt større og kraftigere landstrømmanlegg for å redusere miljøbelastningen fra skipsfarten. I den andre enden har flere rederier etterspurt landstrøm for å redusere deres driftskostnader i havn. Det har derfor blitt bygget flere og større landstrømmanlegg i Norge de siste årene for å imøtekomme behovene til de større skipene (Miljødirektoratet, 2022). Color Line benytter eksempelvis landstrømmanlegg på 2,5 til 5 MW på sine cruiseskip (ColorLine, 2022).

Kartlegging gjort av Kystverket viser at det ved inngangen til august 2021 var etablert totalt 177 anlegg for landstrøm med elektrisk spenning på minimum 400 volt ved norske havner. Sammenlignet med våren 2019 er dette en økning på 92 prosent. 10 av disse anleggene var høyspentanlegg, mens 130 av dem var lavspentanlegg. De resterende anleggene (37) hadde ukjent spenningsgrad. Flere av anleggene har mulighet til å betjene mer enn ett fartøy av gangen, og ved enkelte større havner er det installert flere landstrømmanlegg for økt kapasitet. Slik det forekommer av kartet under er det etablert landstrømmanlegg i store deler av landet, men dekningen er størst i Sør-Norge med særlig dekning på Vestlandet. Bergen har i dag verdens største anlegg for landstrøm til cruiseskip. Anlegget kan betjene 3 skip i parallell og har en effekt på 48 MW (48 000 kW) per skip.

Figur 50: Oversikt over kaianlegg med landstrøm i Norge. Sirklene indikerer effekten på landstrømanleggene (i kWh). Kilde: Menon Economics og Kystverket sitt API (Kystdatahuset.no)



For at landstrøm skal være et bærekraftig alternativ til forbrenning av fossile drivstoff til energigenerering om bord på skip, forutsettes det at energien fra kraftnettet stammer fra fornybare kilder. Ved utgangen av 2021 besto ca. 98 prosent av Norges kraftproduksjon av vann- og vindkraft (Noregs vassdrags- og energidirektorat,

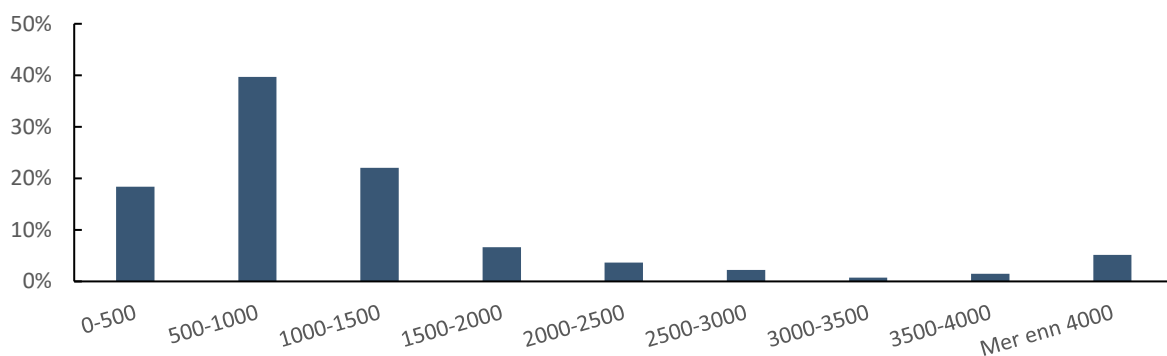
2022)⁶². Landstrøm bidrar på den måten til å redusere lokale utslipp av klimagasser, og skaper mindre støyforurensning. Landstrøm er samtidig et energieffektiviserende tiltak, ettersom mye av den genererte energien forsvinner i varme ved forbrenning av fossile drivstoff (Yao, Qian, Li, & Hu, 2019).⁶³

Det er forbundet store investeringer ved utbygging av landstrøminfrastruktur. Samtidig er det forbundet kostnader til drift av tjenesten. Dette medfører at kostnaden per kWh gjerne ligger over vanlig strømpris (ENOVA, 2022). Større skip har større effektbehov enn mindre, noe som er med på å øke presset på energitilførselen ved enkelte havner. Per i dag er det heller ingen internasjonal spenningsstandard for skipstrafikken. På grunn av dette har skipene en egen kabeltrommel og transformator plassert om bord (Sprenger, 2007). Enova gir i dag støtte til utbygging av landstrøminfrastruktur (ENOVA, 2022). Støttetilbudet retter seg til aktører som ønsker å etablere offentlig tilgjengelige landstrømanlegg som skal driftes på markedsmessige vilkår. For å sikre utnyttelse av infrastrukturen som blir bygget er det viktig at utbyggingen av landstrøm er kostnadseffektiv og kundeorientert. Støttetilbudet prioriterer derfor prosjekter med sunne forretningsmodeller for salg av strøm, for å sikre et levedyktig marked for landstrøm.

Per i dag eksisterer det flere utbyggingsprosjekter på landstrømfronten i Norge. Blant annet planlegger Oslo havn og COWI landstrømanlegg for containerskip som ventes klart i 2023 (COWI, 2021). Samtidig gir Enova ca. 28 millioner kroner i støtte til utbygging av landstrøm i Tromsø, Harstad, Vågan og Nordfjord (Stensvold, TU, 2021). Landstrøm legges her frem som et sentralt tiltak for å redusere klimagassutslipp, samtidig som det bidrar til elektrifisering av flåten, og vil være et sentralt ledd i en stadig større elektrisk flåte.

Det er stor forskjell fra de største til de minste landstrømanleggene når det kommer til deres effektuttak. Per i dag eksisterer det to landstrømanlegg med et effektuttak på 86 kW. Samtidig eksisterer det anlegg med effektuttak på 48 000 kW (48 MW). Nærmere 40 prosent av alle landstrømanleggene har effektuttak på mellom 500 og 1 000 kW, og 90 prosent av anleggene har mindre enn 2 500 kW i totalt effektuttak. De fleste landstrømanleggene i Norge er lavspenninganlegg, og kun 7 prosent av dem er høyspent.

Figur 51: Antall landstrømanlegg etter effekt (kW). Kilde: Kystverket sitt API (Kystdatahuset.no)

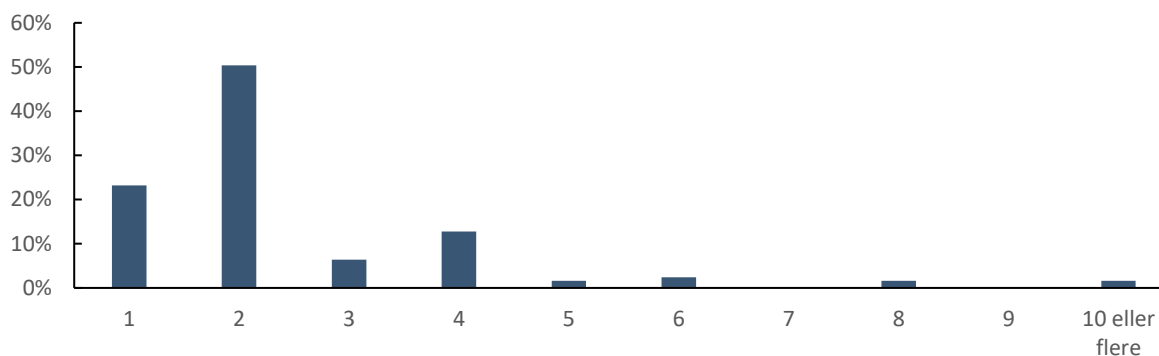


Store deler av landstrømanleggene har flere tilkoblingspunkter som tillater for skip i ulik størrelse å benytte tjenesten. Halvparten av alle landstrømanleggene har to tilkoblingspunkter, og 23 prosent av anleggene har kun ett tilkoblingspunkt. De resterende anleggene har mer enn to tilkoblingspunkter, som vist i Figur 53. Disse landstrømanleggene varierer mellom tre og elleve tilkoblingspunkter, hvor flesteparten har tre eller fire.

⁶² Resterende kraftproduksjon stammer fra termisk kraft

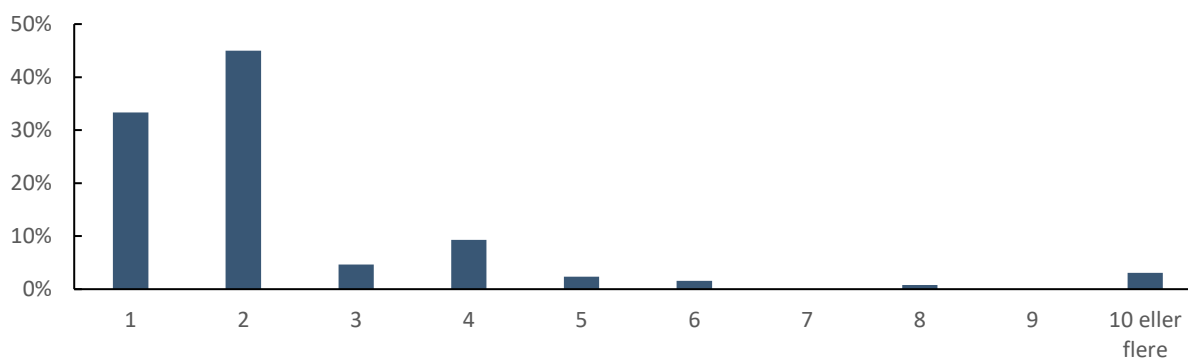
⁶³ Så mye som 25 prosent av total energi går tapt gjennom eksosvarme.

Figur 52: Fordeling av antall landstrømlegg etter tilkoblingspunkter. Kilde: Kystverket sitt API (Kystdatahuset.no)



Til tross for at flesteparten av landstrømleggene har flere tilkoblingspunkter, kan bare 86 prosent av anleggene med to eller flere tilkoblingspunkter betjene mer enn ett skip av gangen. 33 prosent av landstrømleggene kan kun betjene ett skip av gangen, mens 45 prosent kan betjene to. Det eksisterer kun fire landstrømlegg som kan betjene 10 eller flere skip samtidig.

Figur 53: Fordeling av landstrømlegg etter hvor mange skip som kan betjenes samtidig. Kilde: Kystverket sitt API (Kystdatahuset.no)



Referanser

- Cedeño Viteri, M., & Sánchez, M. (2012). Mahalanobis Distance. *Science Direct*.
- ColorLine. (2022, mars 21). Retrieved from Fakta om landstrøm: <https://www.colorline.no/om-oss/om-color-line/landstrom>
- COWI. (2021, juli 12). Retrieved from Planlegger landstrømanlegg for containerskip i Oslo havn: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/planlegger-landstromanlegg-for-containerskip-i-oslo-havn?publisherId=16391437&releaseld=17913564>
- DNV. (u.d.). *LNG as marine fuel*. Retrieved from DNV: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/lng-as-marine-fuel/technologies.html>
- DNV. (u.d.). *MRV and DCS*. Retrieved from DNV: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/MRV-and-DCS/FAQs-EU-MRV.html>
- Eikens, M. (2020, 10 30). *How do LNG ships work?* Retrieved from Econnect Energy: <https://www.econnectenergy.com/articles/how-do-lng-ships-work>
- EMSA. (u.d.). *Thetis-MRV*. Retrieved from EMSA: <https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report>
- ENOVA. (2022, MARS 21). Retrieved from Lønner det seg med landstrøm?: <https://www.enova.no/bedrift/sjotransport/maritimt-tema/landstrom/lonnsomhet-landstrom/>
- ENOVA. (2022, mars 21). Retrieved from Landstrømanlegg: <https://www.enova.no/bedrift/sjotransport/landstromanlegg/>
- E-Pod. (2021, 9 16). *Benefits of the diesel-electric propulsion system*. Retrieved from E-Pod Marine Electrication Our Business: <https://epod.com.sg/benefits-of-the-diesel-electric-propulsion-system/>
- Førde, T. (2021, 3 8). *Grenser flyttes med verdens første hydrogenferge*. Retrieved from Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/grenser-flyttes-med-verdens-forste-hydrogenferge/507556>
- Gabriell, C. (2021, 12 13). *Termisk lagring og varmpumper: et skritt mot nullutslipps cruiseskip*. Retrieved from Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/termisk-lagring-og-varmpumper-et-skrutt-mot-nullutslipps-cruiseskip/515630>
- IEA 2022 Ministerial Meeting. (2020). *International Shipping*. Retrieved from IEA: <https://www.iea.org/reports/international-shipping>
- IMO. (2020). *Fourth green house gas study*.
- IMO. (2020). *Fourth Greenhouse Gas Study 2020*.
- IMO. (2021). *Preliminary results: Impact of ships' Biofueling on Greenhouse Gas Emissions*.
- Klima og Miljødepartementet. (2021, 11 26). *Vil styrke klimamålene for skipsfarten*. Retrieved from regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-styrke-klimamalene-for-skipsfarten/id2889907/>

- Kongsberg. (2022, mars 21). Retrieved from Jotun hull skating solutions: <https://www.kongsberg.com/no/maritime/campaign/hullskater/>
- Kystverket. (2021). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*.
- Marine Survey Australia. (2017, 2). *Diesel Electric Propulsion*. Retrieved from Marine Survey Australia: <https://marinesurveyaustralia.com.au/diesel-electric-propulsion/>
- Maritime Cleantech. (u.d.). *Maritime Cleantech*. Retrieved from Maritime Cleantech: <https://maritimecleantech.no/>
- Menon Economics & DNV. (2022). *Leading Maritime Cities of the World 2022*.
- Menon Economics. (2022). *Maritim Verdiskapingsrapport 2022*.
- Miljødirektoratet. (2022, mars 21). Retrieved from Landstrøm: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepliktige-utslipp-mot-2030/sjofart-fiske-og-havbruk/landstrom/>
- Noregs vassdrags- og energidirektorat. (2022, mars 21). Retrieved from Kraftproduksjon: <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/>
- Paris, C. (2017, 7 22). *Norway Takes Lead in Race to Build Autonomous Cargo Ships*. Retrieved from The Wall Street Journal: <https://www.wsj.com/articles/norway-takes-lead-in-race-to-build-autonomous-cargo-ships-1500721202>
- Sprenger, M. (2007, februar 14). *TU*. Retrieved from Gjør skipene mer miljøvennlig: <https://www.tu.no/artikler/gjor-skipene-mer-miljoennlig/260091>
- Stensvold, T. (2020, 3 18). *Karantenereregler skaper problemer for norske verft*. Retrieved from Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/karantenereregler-skaper-problemer-for-norske-verft/487745>
- Stensvold, T. (2021, september 1). *TU*. Retrieved from Landstrøm til fire nye havner: <https://www.tu.no/artikler/landstrom-til-fire-nye-havner/513028?key=iWLqYN8t>
- United States Patent and Trademark Office. (2022, mars 21). Retrieved from Classification Resources: <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02T.html#Y02T>
- uspto. (2022). *Cooperative patent classification*. Retrieved from Classification resources: <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02T.html#Y02T>
- VERiFAViA shipping. (2014). *Which emission factors shall be used?* Retrieved from Verifavia shipping: <https://www.verifavia-shipping.com/shipping-carbon-emissions-verification/faq-which-emission-factors-shall-be-used-110.php>
- Yao, Z.-M., Qian, Z.-Q., Li, R., & Hu, E. (2019, juni). Energy efficiency analysis of marine high-powered medium-speed diesel engine base on energy balance and exergy. *Energy*, pp. 991-1006.

Vedlegg A: Kategorisering av drivstofftyper

Fremdriftssystem	Fremdriftsteknologi	Drivstoffkategorisering
Batterihybrid	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Batteri	Nullutslipp	Batteri/Hydrogen
Biodrivstoff	Lavutslipp	Biodrivstoff
Komprimert naturgass (CNG)	Lavutslipp	Gass
Etangass	Lavutslipp	Gass
Hydrogen	Nullutslipp	Batteri/Hydrogen
Tungolje (IFO)	Konvensjonell	Diesel/Olje
Flytende naturgass (LNG)	Lavutslipp	Gass
Flytende petroleumsgass (LPG)	Konvensjonell	Gass
MDO	Konvensjonell	Diesel/Olje
MGO	Konvensjonell	Diesel/Olje
Metanol	Lavutslipp	Gass
Atomkraft	Nullutslipp	Atomkraft
kombinasjon	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Diesel 2-taktsmotor	Konvensjonell	Diesel/Olje
Diesel 4-taktsmotor	Konvensjonell	Diesel/Olje
Diselelektrisk	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Gassturbin	Lavutslipp	Gass
Hybridmekanisk elektrisk	Lavutslipp	Hybrid (Diselelektrisk)
Dampdrevet stempelmotor	Lavutslipp	Gass
Dampsturbin	Lavutslipp	Gass

Vedlegg B: Kategorisering av skipssegmenter

Flåtype Clarksons WFR	Sammenstilt segment kapittel 1 og 2	Sammenstilt segment kapittel 3 og 4
Lekter & Innland	Annet	Annet
Bulkskip	Bulkskip	Tørrlast
Kjemikalietankskip	Flytende last	Våtlast
Kombinasjonsskip	Flytende last	Våtlast
Konteinerskip	Konteinerskip	Tørrlast
Råoljetankskip	Flytende last	Våtlast
Cruiseskip	Ferger	Cruise
Mudring (Dredgers)	Annet	Annet
Ferger	Ferger	Ferge
Havbruk	Havbruk	Havbruk
Generell tørrlast	Generell last	Tørrlast
LNG-skip	Gass	Våtlast
LPG-skip	Gass	Våtlast
Flerbruksskip (Multipurpose)	Generell last	Tørrlast
Offshore	Offshore	Offshore
Andre non-cargoskip	Annet	Annet
Bilfrakteskip	Generell last	Tørrlast
Produkttankskip	Flytende last	Våtlast
Fryseskip	Generell last	Tørrlast
Roll-on/Roll-off	Generell last	Tørrlast
Små taubåter	Annet	Annet
Unike tankskip	Flytende last	Våtlast
Taubåter	Annet	Annet

Vedlegg C: Metodikk for estimering og beregning av utslipp (kg CO₂) per nautiske mil

I dette vedlegget går vi gjennom datakilder og metode som har blitt brukt til å estimere utslippsdata for skip i den norskeide flåten som ikke har rapportert inn egne utslippstall til EU-registeret Thetis-MRV.

Til å estimere utslippstall for skip i den norskeide flåten, har vi anvendt to forskjellige metoder. Vi har brukt to ulike metoder for å sikre oss at estimatene blir så presise som mulig. Metode 1 tar utgangspunkt i estimeringsmetodikken «Mahalanobis avstand»⁶⁴, og blant de skipene der estimatene fra metode 1 blir for upresise anvender vi metode 2 som grunnlag for estimering av utslippstall. Metode 2 baserer seg på allerede utviklet metodikk for beregning av klimagassutslipp fra skip utviklet av Kystverket og Menon Economics over tid. Hovedforskjellene mellom de to metodene, er at metode 1 bruker informasjon om egenskapene til skipene som allerede har rapportert inn utslippstall og basert på likhet med skipet vi ønsker å estimere utslippstall for, bruker vi utslippstallene for de skipene som ligner mest som estimatorer for faktiske utslippsnivåer. Metode 2 på sin side bruker ikke informasjon om utslipp fra andre «like» skip, men er kun en teoretisk beregning av utslippstall basert på skipsspesifikke egenskaper som motorstørrelse, drivstofftype og seilingshastighet.

I det følgende presenterer vi de to metodene i mer detalj.

Datakilder

I tabellen under sammenstiller vi de ulike datakildene som er anvendt i denne rapporten og hva de har blitt brukt til.

Tabell 8: Oversikt over datakilder brukt i rapporten

Datakilde	Innhold og datakvalitet	Bruksområde
Clarksons World Fleet Register	Datakilden inneholder en komplett oversikt aktive skip i verdensflåten (med unntak av forsvarsskip og mindre fiskefartøy) Registeret inneholder en lang rekke metadata for hvert enkelt skip, som ulik skipsinformasjon, eierinformasjon, verftsinformasjon og segmentinformasjon. Datakvaliteten er ansett som svært god.	Datakilden har blitt brukt til å identifisere verdensflåten og den norskeide flåten, og disse har blitt brukt til både å lage statistikk over grønt innhold i skip bygd hos verft og eid av rederier, og til å estimere utslippstall basert på den statistiske metoden «Mahalanobis distance» og basert på teoretisk beregning.
Thetis-MRV https://mrv.emsa.eu/ropa.eu/#public/emission-report	Alle kommersielle skip over 5000 BT i segmenter som driver frakt av gods (både våt- og tørrlast) og passasjerer er inkludert i datasettet, dersom minst én av havnene under hver seilas er i EU/EØS sitt territorium. Disse skipene (rederiene)	Datakilden har blitt brukt til spesielt to ting: 1) Beregne gjennomsnittlige utslippsfaktorer for ulike segmenter internasjonalt. Disse fungerer som

⁶⁴ Se for eksempel <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/mahalanobis-distance> for en overordnet gjennomgang av konseptet og bruk i forskning.

	<p>melder inn utslippstall for alle sine seilaser (med unntak av bunkringsseilaser). For hvert skip er dataene aggregert på årsnivå for årene 2018-2020. Tallene inkluderer både totale utslippstall og per nautiske mil. Datakilden inneholder ikke utslippstall for skipssegmenter som offshore og havbruk. Datakvaliteten er ansett som svært god. For mer detaljer, se https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/MRV-and-DCS/FAQs-EU-MRV.html</p>	<p>referansepunkt for den norske flåten</p> <p>2) Input-verdier for å estimere utslippstall for norske skip som ikke rapporterer til Thetis. Den statistiske metodikken som har blitt anvendt er «Mahalanobis distance».</p>
<p>AIS-data (Kystdatahuset.no)</p>	<p>Datakilden inneholder AIS-data for alle fartøy som har seilt i norsk økonomisk sone for mange år bakover i tid. AIS er et radiosignal som hvert skip over 15 meter sender ut med stor hyppighet på seilaser. AIS-dataene fanges opp av Kystverket og dataene angir posisjon, tid og fartøy. Kystverket har systematisert AIS-punktene og satt de samme til seilaser basert på egne regler. Vi har utnyttet AIS-data for perioden 2018-2020. Datakvaliteten er ansett som svært god.</p>	<p>Datakilden har blitt brukt som input til den teoretiske beregningen av utslipp (kg CO₂) per nautiske mil blant norskeide skip som 1) ikke rapporterer til Thetis-registeret eller som 2) ikke var mulig å estimere ved hjelp av «Mahalanobis distance». Dette er skip hovedsakelig i segmentene «Havbruk», «Offshore» og «Annet».</p>
<p>Menons regnskapsdatabase</p>	<p>Menon sin regnskapsdatabase er en relasjonell database over alle regnskapspliktige foretak i Norge for perioden 2003-2020. Regnskapsdataene på foretaksnivå er også disaggregert til avdelingsnivå ved hjelp av informasjon om sysselsetting i de ulike avdelingene. Regnskapsdataene er komplette og inneholder både resultatregnskap, balanseregnskap, sysselsetting samt en lang rekke foretaksinformasjon. Datakvaliteten er ansett som svært god.</p>	<p>Ved bruk av Menon sin populasjon over maritime foretak, har vi brukt datakilden til å beregne verdiskaping og sysselsetting blant rederiene som vi har utslippsdata for.</p>

Metode 1: Mahalanobis avstand

Av en norskeid flåte på om lag 2800 skip, har om lag 740 skip rapportert inn utslippsdata til EU-registeret Thetis-MRV. Det betyr at vi har estimert utslippstall for om lag 2060 skip. Disse skipene fordeler seg jevnt på forskjellige segmenter, men det er særlig fire segmenter som skiller seg ut: Annet, Havbruk, Ferge og Cruise.⁶⁵ Nær 100 prosent av alle de norskeide skipene i disse fire segmentene har ikke rapportert utslippsdata til EU-registeret.

⁶⁵ Se «Vedlegg B: Kategorisering av skipssegmenter» for en oversikt over hvilke skipstyper som inngår i disse aggregerte skipssegmentene.

Dette kommer av begrensninger ved EUs register over utslippsdata: Skip under 5000 BT og skip som ikke driver frakt av gods eller passasjerer er ekskludert fra registeret. I tillegg inkluderer registeret kun utslipp blant skip dersom skipenes seilaser enten har hatt avgang eller anløpt en havn innenfor EU/EØS sitt territorium. For mer detaljer rundt kriteriene for å rapportere utslippstall til Thetis-MRV, se <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/MRV-and-DCS/FAQs-EU-MRV.html>.

Som kjent er fergene relativt små skip (snittvekt på 1290 BT for norskeide ferger) og inngår derfor ikke i EU-registeret. Segmentet «Annet» består av en rekke mindre fartøy og taubåter (snittvekt på 790 BT for norskeide skip i segmentet). Offshore og Havbruk består av både mindre og større fartøy, men skip i disse segmentene er eksplisitt utelatt fra EU-registeret. Blant segmentene «Cruise»⁶⁶, «Våtlast» og «Tørrlast» er andelene av utslippene til skipene som er estimert tilsvarende henholdsvis 15 prosent, 32 prosent og 57 prosent.

Ettersom vi ønsker en komplett dekning av utslipp per nautiske mil for norskeide skip, har vi estimert utslippene til de skipene som ikke allerede rapporterer til EU-registeret. Den første metodikken vi anvender for å gjøre dette, kaller vi Mahalanobis avstand.⁶⁷

Denne tilnærmingen er en statistisk metode som er særlig mye brukt innen maskinlæring. Metoden er et multivariat alternativ til euklidisk avstand, som betyr at man kan beregne avstand fra et punkt til et annet sett/fordeling med punkter gjennom normalisering av datapunktene til en felles akse.⁶⁸ Man kan altså sammenligne avstand til et punkt i et flerdimensjonalt rom. For vår oppgave som er å estimere utslippsdata, vil Mahalanobis avstand-metoden åpne opp for at vi kan finne sett av skip som «ligner» på skipet vi skal estimere utslippsdata for langs flere akser. Universet av skip som inngår i denne estimeringsmetodikken, er alle skipene som har innrapportert utslippstall til EU-registeret Thetis-MRV i minst et av årene 2018-2020. Dette er skip som vi gjennom Clarksons World Fleet Register har tilgang på metadata for (e.g. skipstype, alder, størrelse, drivstofftype, motorkapasitet m.v.), som dermed vi kan bruke til å finne de skipene som ligner mest på de skipene vi ønsker å estimere utslippstall for. På den måten vil kun skip som er tilstrekkelig like langs flere viktige dimensjoner brukes som estimatører for utslippsnivåene til skipet vi ønsker å estimere utslippstall for.

Overordnet kan metoden i kronologisk rekkefølge beskrives på følgende måte:

- **Steg 1:** Vi identifiserer alle norskeide skip som mangler utslippsdata. Disse skal vi estimere utslippstall for.
- **Steg 2:** Vi kartlegger egenskaper ved skipene vi skal estimere utslippsdata for. For hvert skip vi skal estimere utslippstall for, er vi interessert i at settet av utslippstall er fra skip som ligner tilstrekkelig mye på skipet vi skal estimere utslippstall for. Med andre ord, hvis vi skal estimere utslipp for en ferge, må vi sikre oss at vi bruker utslippstall for ferger og ikke for eksempel for LNG-frakteskip. I tillegg må fergene som velges ut være like langs en rekke andre dimensjoner enn kun at de er ferger. Det er her Mahalanobis avstand kommer inn i bildet.

⁶⁶ Color Line, Fjord Line og Hurtigruta inngår i segmentet «Cruise» selv om de prinsipielt er kategorisert som ferger. Disse skipene er så store og tilbyr helt andre tjenester enn de tradisjonelle fergene som går på fergesamband langs kysten av Norge.

⁶⁷ Se for eksempel <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/mahalanobis-distance> for en overordnet gjennomgang av konseptet og bruk i forskning.

⁶⁸ Metoden standard normaliserer datapunktene. Høy grad av innbyrdes korrelasjon mellom (og i) de ulike fordelingene av data som brukes til å beregne avstand til vårt punkt bidrar til å gjøre estimatene skjeve. Man må derfor fjerne variabler som har høy innbyrdes korrelasjon (lignende problematikk som ved multikollinearitet i regresjonsanalyser).

I denne estimeringsmetodikken legger vi til grunn enkelte absolutte kriterier for utvelgelse av univers av skip som kan inngå som estimatorer for beregning utslippsnivåer. Disse kriteriene er: Skipstype, drivstofftype, fremdriftsteknologi og modernitet på motor.⁶⁹ For hvert enkelt skip vi skal estimere utslippstall for, bruker vi deres rapporterte verdier for disse fire variablene som basis for utvelgelse. Disse absolutte kriteriene sikrer oss derfor at vi tar hensyn til fundamentale egenskaper ved skipene vi ønsker å estimere utslippstall for, og på den måten unngår å sammenligne skip som tilsynelatende er like sett ut ifra parametere som for eksempel bruttotonnasje, skipslengde og designhastighet, men som er vesensforskjellige når det kommer til drivstofftype og skipstype (og derav operasjonsmønster). Ettersom det er utslipp per nautiske mil som vi skal estimere, er det helt kritisk at vi også fanger opp de egenskapene ved skipene som i størst mulig grad forklarer utslipp per nautiske mil.

For hvert skip vi skal estimere utslippstall for, rensker vi derfor ut alle skip som ikke oppfyller de absolutte kriteriene vi har lagt til grunn. Det gjenværende delutvalget av skip tvinger vi gjennom en selekteringsprosess hvor kun skip som ligner mest blir valgt ut som estimatorer for estimering av utslipp. Dette er beskrevet i mer detalj under:

- a. Delutvalget av skip som bestod den første utvelgelse (lik skipstype, drivstofftype, fremdriftsteknologi og modernitet på motor) består derfor stort sett av skip som er mer eller mindre like på det skipet vi skal estimere utslippstall for. Noen skip vil imidlertid være svært gamle, andre er veldig store, mens andre igjen har stor motorkapasitet, men lite lastekapasitet. Vi tar derfor utgangspunkt i egenskapene ved skipet vi skal estimere utslipp for, og bruker Mahalanobis avstand til å til å finne de skipene i universet som er tilstrekkelig like langs flere sett av forklaringsvariabler. Er det stor avstand betyr det at universet av skip som er valgt ut i liten grad likner på det skipet vi ønsker å estimere utslippstall for (langs de variablene vi har lagt til grunn for å måle avstand fra). Er avstanden liten, betyr det at det finnes skip som ligner i stor grad på det skipet vi ønsker å estimere utslippstall for.

En utfordring vi møter på, er å velge ut sett av forklaringsvariabler som skal brukes til å identifisere settet av skip som ligner mest. Fra Clarksons World Fleet Register har vi tilgang på rekke forklaringsvariabler som alle sier noe vesentlig om skipene, men hvor variablene i stor grad er høyt innbyrdes korrelert. Er korrelasjonen (i absolutt-verdi) høy mellom forklaringsvariablene vil disse variablene beskrive de samme egenskapene og dersom disse inkluderes til å beregne avstand vil vi legge for høy vekt på disse egenskapene (fordi alle variabler som er høyt korrelert egentlig måler det samme). Samtidig er det ønskelig med færrest, men mest mulig presise forklaringsvariabler. Øker vi antallet forklaringsvariabler reduserer vi antall frihetsgrader, og kovariansmatrisen mellom forklaringsvariablene kan bli singular. Da bryter estimeringsmetodikken sammen. Vi har derfor tatt utgangspunkt i relativt breitt spekter av forklaringsvariabler som bruttotonnasje, drivstofforbruk (estimat på tonn forbruk per dag), motorstørrelse (kWh), byggeår, skipslengde, dypgang, designhastighet, lastekapasitet (i form av enten TEU, kubikkmeter eller antall biler ombord), dødvekttonn, antall passasjerer, antall lugarer osv. Deretter har vi for hver skipstype som vi skal estimere utslippstall for, tatt utgangspunkt i delutvalget av skip i Thetis-MRV og beregnet en korrelasjonsmatrise for disse forklaringsvariablene. For alle variabler som er innbyrdes har en høyere absolutt korrelasjon på 0,75 er gjennomgått.

⁶⁹ Modernitet på motor tar binær verdi lik enten «Eco – Electronic Engine Modern» eller «Eco – Electronic Engine».

I gjennomgangen av korrelasjonsmatrisene, har vi tatt utgangspunkt i at variabler som byggeår alltid skal tas med videre, og at alltid minst en av variablene for bruttotonnasje, motorstørrelse og drivstofforbruk skal tas med videre inn i estimeringen. Blant disse tre variablene har vi først og fremst prioritert drivstofforbruk, deretter motorstørrelse og tilslutt bruttotonnasje dersom de tre variablene alle er høyt innbyrdes korrelert.

Variabelen for drivstofforbruk (estimat på tonn forbruk per dag) er ofte manglende i Clarksons World Fleet Register. Det betyr ikke at variabelen er mindre viktig, men at i de tilfellene vi ikke har informasjon om drivstofforbruk, erstatter vi variabelen med motorstørrelse og deretter bruttotonnasje dersom disse ikke er manglende. Begge tas med dersom begge to ikke er høyt innbyrdes korrelert.

Per skip som vi skal estimere utslippstall for, ender vi opp i beregningen av avstand med å bruke to til fire variabler, alt etter hvor mange av variablene som er høyt innbyrdes korrelert. Dette settet av variabler inkluderer alltid byggeår og minst en av variablene bruttotonnasje, drivstofforbruk og motorstørrelse. I tillegg blir ofte variabler som design-hastighet, skipslengde og dypgang.

- **Steg 3:** For hvert skip som vi skal estimere utslippstall for, finner vi de skipene som ligner mest på det skipet vi skal estimere utslippstall for, basert på avstanden mellom settet av forklaringsvariabler valgt i steg 2 (gitt at skipene deler samme skipstype, drivstofftype, fremdriftsteknologi og modernitet på motor). Mahalanobis avstand omforener avstanden til alle de utvalgte forklaringsvariablene til et samlet avstandsmål (hvor alle variablene er vektet likt). Jo lavere avstanden er, jo mer likt kan vi si skipet er det skipet vi skal estimere utslippstall for. Er beregnet avstand lik 0, betyr det at skipet er helt identisk med skipet vi ønsker å estimere utslippstall for langs alle de forklaringsvariablene vi har lagt til grunn.

De skipene med lavest avstand blir vektet høyest, dvs. at de får en vekt som er lik omvendt proporsjonalt av deres beregnede avstand. For å unngå at vi inkluderer skip som ikke er tilstrekkelig like skipet vi ønsker å estimere utslippstall for, legger vi på et kriterium om at avstanden ikke kan være større enn en øvre grense lik 2 (to standardavvik fra gjennomsnittet).⁷⁰ I tillegg legger vi på et kriterium om at kun de 10 nærmeste skipene skal brukes. Oppsummert betyr dette at vi velger ut de 10 nærmeste skipene innenfor en maksavstand på 2, hvor de vektet etter hvilken avstand de har. Med andre ord, vi kan ende opp i en situasjon hvor det faktisk er 10 skip som har en avstand mindre enn 2, men hvor kun ett skip har avstand lik 0. Da får dette ene skipet en vekt lik 1, mens de resterende ni skipene får en vekt lik 0.

- **Steg 4:** Etter at vi har beregnet avstand og funnet settet av skip som ligner mest, tar vi deres utslippstall og vektet disse med avstandsvekten vi beregnet over. Utslippstallene til de skipene som ligner mest vil derfor bety mest i estimeringen av utslippstall.

Av de om lag 2060 skipene som vi måtte estimere utslippstall for, var det ikke alle skip som det var mulig å estimere utslippstall for ved hjelp av Mahalanobis avstand. Dette kommer av ulike grunner. For det første bruker vi utslippstall fra EU-registeret Thetis-MRV som input-data i Mahalanobis-avstand-estimeringen. Som kjent er det visse skipstyper og segmenter som er utelatt fra dette registeret som Annet⁷¹, Havbruk og Offshore. Det betyr

⁷⁰ *Thresholdet på 2 er blitt valgt etter empiriske undersøkelser av avstander og hvor like skipene er, samt fordeling av antall skip for ulike avstander.*

⁷¹ *Annet består av mindre skip som slepebåter og mudringskip.*

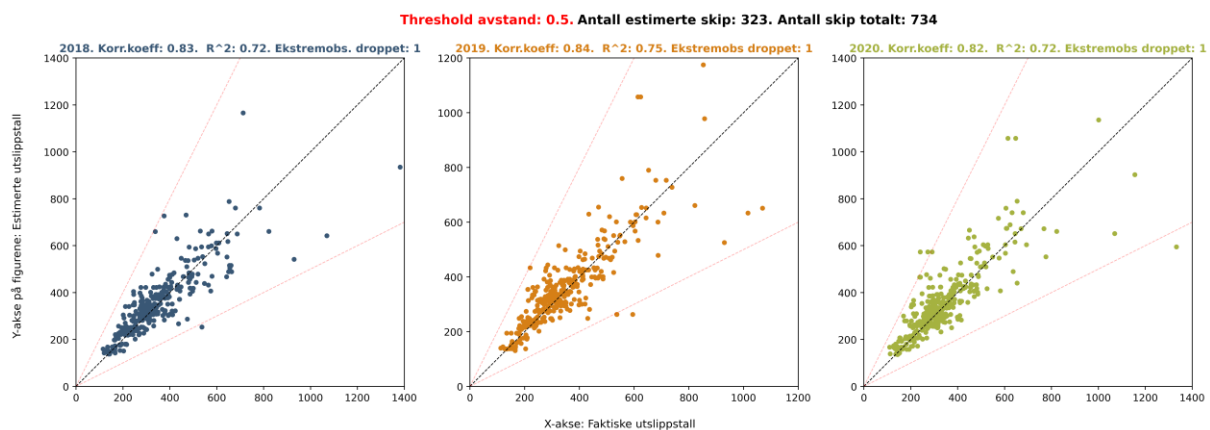
at vi ikke kan bruke Mahalanobis-avstand til å estimere utslippstall for skip i disse segmentene fordi vi krever at skip i Thetis-MRV må være samme skipstype som skipstypen til skipet vi ønsker å estimere utslippstall for. For det andre er det flere tilfeller der skip i samme skipstype er vesensforskjellig fra utvalget av skip i Thetis-MRV. Det betyr at det ikke finnes skip i EU-registeret som er tilstrekkelig like til å kunne brukes som estimatorene. Eksempelvis finnes det små el-ferger i den norskeide flåten som vi ikke klarer å matche opp mot fergene i Thetis-MRV.

Av de 2060 skipene som vi måtte estimere utslippstall for, ble 905 skip estimert ved hjelp Mahalanobis avstand. Øvrige skip ble ansett for å ikke være tilstrekkelig like universet av skip i Thetis-MRV. For de resterende 1155 skipene, har vi brukt Kystverkets metodikk for teoretisk beregning av utslipp per nautiske mil. Metodikken er utarbeidet over flere år og nedfelt i Kystverkets veileder i samfunnsøkonomiske analyser (Kystverket, 2021). Kystverket-metodikken er beskrevet senere i dette vedlegget.

Placebo-testing: Hvor godt treffer modellen?

For å vurdere om metodikken Mahalanobis avstand gir gode estimater på utslipp per nautiske mil, har vi gjennomført en såkalt Placebo-testing. Vi har tatt utgangspunkt i de norskeide skipene som faktisk har rapportert utslippstall (om lag 740 skip) og anvendt vår modell på dette utvalget for å si noe om modellen er treffsikker eller ikke. Er modellen perfekt, skal avviket mellom faktiske og estimerte utslippstall være lik 0 (korrelasjonskoeffisient lik 1). Vi har testet modellen for ulike sett av øvre tillate grense på avstand fra skipet vi ønsker å estimere utslippstall for. I figuren under presenterer vi resultatene for Placebo-testing med en øvre grense på avstanden lik 0,5.

Figur 54: Placebo-testing av treffsikkerheten til metodikken Mahalanobis avstand med øvre grense på avstand lik 0,5. Kilde: Menon Economics

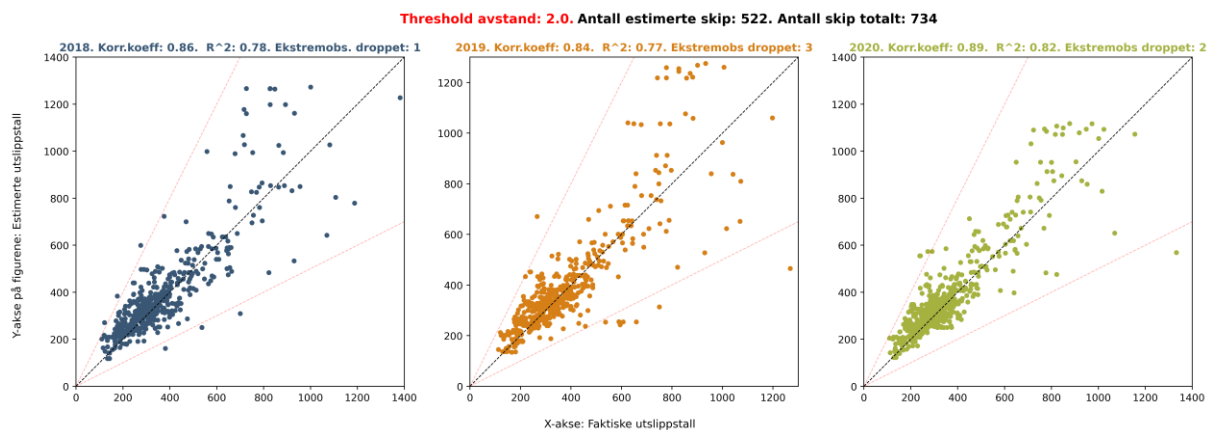


Som vi ser av figuren over, så treffer modellen svært godt. Av 734 norskeide skip som har rapportert utslippstall i minst et av årene 2018-2020, klarer modellen å estimere utslippstall for 323 skip. Blant resterende skip klarer ikke modellen å finne skip i Thetis-MRV-registeret som er tilstrekkelig like (avstand større enn 0,5). Disse blir derfor ikke estimert. Blant de skipene som blir estimert, ser vi at for årene 2018-2020 ligger korrelasjonskoeffisienten mellom 0,84 og 0,89. Utledet forklaringskraft, R², ligger mellom 0,77 og 0,82. Det betyr at vi i gjennomsnitt over-/underestimerer de faktiske utslippene per nautiske mil med om lag 20 prosent.

Når vi øker den øvre tillate grensen på avstand til 2, som er vår base i vår hovedmodell, endres ikke presisjonen til modellen mye. Fra figuren under ser vi at antall skip sine utslippstall som estimeres øker fra 323 skip med øvre

grense lik 0,5 til 522 skip når øvre grense på avstand er satt lik 2. Samtidig holder korrelasjonskoeffisienten seg høy mellom 0,84 og 0,89 for årene 2018-2020. Utledet forklaringskraft, R^2 , ligger fortsatt mellom 0,77 og 0,82.

Figur 55: Placebo-testing av treffsikkerheten til metodikken Mahalanobis avstand med øvre grense på avstand lik 2. Kilde: Menon Economics



Vi kan derfor konkludere med at metodikken ved å anvende Mahalanobis avstand treffer godt og gir presise estimater på utslipp per nautiske mil til skip i den norskeide flåten. Skipene som vi ikke klarer å estimere ved hjelp av Mahalanobis avstand, totalt 1155 norskeide skip, blir estimert ved hjelp av teoretisk beregning av utslipp ved bruk av Kystverket sin metodikk. Dette er beskrevet i neste kapittel.

Metodikk for teoretisk beregning av utslipp

Den teoretiske tilnærmingen bruker to typer informasjon som input til beregning av CO₂-utslipp. Den første typen informasjon er statisk skipsinformasjon som iboende egenskaper ved skipene. Eksempler på dette er motorstørrelse, drivstofftype, fremdriftssystem, designhastighet, lastfaktor og bølgekorrigeringsfaktor. Den andre typen informasjon, er spesifikk informasjon knyttet til hver enkelt seilas. Dette er primært observert seilingshastighet. For å beregne utslippene til de 1155 gjenværende skipene, har vi hentet inn AIS-data for perioden 2018-2020 ved bruk av Kystverkets API for AIS-data (Kystdatahuset). AIS-dataene er begrenset til norsk økonomisk sone, som dekker et område større enn territorialgrensen, men mindre enn norsk kontinentalsokkel. Området er stort nok til at vi får fanget opp seilasene til norske offshorefartøy.

For å beregne utslippene per skip på årssnivå (som våre andre utslippsdata er gruppert på), beregner vi først utslipp per skip per seilas. Deretter summerer vi utslipp og utseilt distanse (nautiske mil) for hvert skip innad i hvert av årene 2018-2020, og deler totale utslipp på totalt utseilt distanse. Dette gir oss, for hvert skip, et anslag på gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil på årssnivå.

Ved hjelp av denne beregningsmetodikken fikk vi estimert utslipp for 778 norskeide skip. Det er altså 416 gjenværende norskeide skip som vi ikke klarer å estimere utslippstall for. Dette er hovedsakelig mindre skip i de ulike segmentene, men det er også enkelte større skip. Dette er skip som ikke rapporterer til Thetis-MRV, som er tilstrekkelig ulike settet av skip i Thetis-MRV, og som ikke seiler innenfor norsk økonomisk sone. Denne residualen på 416 skip er derfor utelatt fra denne analysen. I antall utgjør de 15 prosent av alle norskeide skip, men i GT utgjør de kun åtte prosent.

I det følgende beskriver vi i detalj hvordan vi har teoretisk beregnet utslippstallene for disse norskeide skipene.

Nasjonale kalkulasjonspriser

Metodikken i FRAM3.0 baserer seg på at man henter ut informasjon om motorstørrelse, SFOC og servicehastighet for et representativt skip innad i hver skipstype og lengdegruppe, innad på de ulike strekningene. Det representative skipet estimeres basert på observerte skip på strekningen det aktuelle året, vektet etter antall observasjoner (AIS-punkter). Kalkulasjonsprisene for drivstoff er altså strekningsavhengige. Det foretas likevel justeringer dersom datakvaliteten er for dårlig. I de tilfellene der datakvaliteten er såpass mangelfull at man ikke får representativ informasjon om motorstørrelse, SFOC og servicehastighet innad i en skipstype og lengdegruppe, benyttes nasjonale tall.

Strekningsspesifikke kalkulasjonspriser kan gi skjevheter i verdsetting på tvers av strekninger som reflekterer et øyeblikksbilde, men som ikke nødvendigvis reflekterer virkeligheten over tid. Modellen tar nemlig ikke hensyn til flåtefornyelse innad i en skipstype og lengdekategori. Dersom én strekning har en lite drivstoffeffektiv flåte i dag, vil den dermed ha det gjennom hele perioden (relativt til øvrige strekninger). SØA knyttet til farledsinvesteringer i et 50-75 års perspektiv, dekker en tidsperiode som innebærer at de aller fleste skipene i denne perioden er fornyet, skip er flyttet mellom regioner ved kontraktsfornyelser (f.eks. ferger og hurtigbåter), de har skiftet eierskap, rutemønster og trafikkområder. Alt dette tilsier at man bør benytte referanseskip basert på den nasjonale trafikken, og ikke basert på regionsvis trafikk med tilfeldige variasjoner i alder på flåten for den målte tidsperioden på ett år eller to.

I denne oppdateringen av drivstoffkostnadsberegningene i det som blir FRAM3.2 har vi derfor endret tilnærming til å bruke nasjonale data for skipstrafikkens alderssammensetning fremfor strekningsvise, ettersom nasjonale snitt vil gi bedre representasjon. Dette vil bety en nasjonal gjennomsnittlig verdi for SFOC, motorstørrelse og servicehastighet per skipstype og lengdegruppe. Endringen vil gjøre beregningen av kalkulasjonspriser mer robuste da vi får flere datapunkter og blir mindre utsatt for midlertidige variasjoner i flåtesammensetning innad i regionen. Det er særlig motorstørrelse og SFOC (som avhenger av byggeår) som vil bli mer robuste med den foreslåtte fremgangsmåte.

Observert hastighet og utseilt distanse vil beregnes som før, der man bruker et representativt skip for hver skipstype og lengdegruppe *per rute* basert på AIS-data.

I overgangen fra strekningsvise til nasjonale kalkulasjonspriser vil resultatene endres noe. Det vil avhenge av strekningen hvorvidt det trekker opp eller ned distanseavhengige kostnader. På strekningene vi har sjekket har ikke denne metodiske endringen gitt store utslag (<5 prosent).

Endret bølgekorrigering

I lastfaktoren inngår en korreksjonsfaktor, k , som skal korrigere for fartstap i bølger:

$$\overbrace{r * \left(\frac{\text{obs hastighet}}{\text{servicehastighet}} \right)^3 * k}^{\text{Lastfaktor}}$$

- $k = 1 + z(hs, l, b) \in [1,2]$ er en korreksjonsfaktor for fartstap i bølger
- Lastfaktor $\in [0.2, 0.9]$

I FRAM3.0 er denne korreksjonsfaktoren i utgangspunktet satt lik 1 som tilsier stille sjø og fravær av vind og bølger. I denne oppdateringen har vi lagt til grunn et generelt påslag for bølgemotstand på 15 %, for å få et mer realistisk drivstofforbud. Den generelle korreksjonsfaktoren vil dermed bli satt til 1,15 i FRAM3.2, i påvente av resultatene av et pågående arbeid som ser nærmere på hvordan man kan inkorporere variasjon i bølgenivået på en effektiv måte i drivstoffberegningene (avrop 67).

I utgangspunktet vil denne endringen føre til at drivstofforbruket øker med 15 prosent, og dermed at distanseavhengige kostnader øker tilsvarende (i absoluttverdi). Ettersom bølgekorrigeringen inngår i lastfaktoren, og lastfaktoren har en øvre grense på 0,9 selv om den teknisk sett er høyere, så vil økningen i distanseavhengige kostnader kunne være noe under 15 prosent som følge av endringen. Det er imidlertid et fåtall av tilfellene hvor lastfaktoren må klippes og settes til 0,9, så i realiteten ligger økningen nær 15 prosent.

Forenklet beregningsmetode for drivstofforbruk

Beregning av distanseavhengige kostnader er i stor grad basert på metodikk i Kystverkets veileder i samfunnsøkonomiske analyser. I arbeidet med de strekningsvise analysene ble det imidlertid gjort enkelte oppdateringer av forutsetningene som ligger til grunn. For det første legger ikke eksisterende metodikk i veilederen opp til framskrivninger av drivstofforbruket over tid. Ettersom det forventes store endringer i både fremdriftsteknologi, energieffektiviseringsløsninger og type drivstoff fremover, og de samfunnsøkonomiske virkningene vurderes over en periode på 75 år, ble det i samråd med Kystverket lagt til grunn framskrivninger av hvilken miks av drivstoff/energibærere som antas fremover, med tilhørende drivstofforbruk.

Et premiss for arbeidet med implementeringen av drivstoffberegninger i FRAM3.0 var at det skulle gjøres så få endringer i beregningsmetodikken som mulig. Kombinert med hensyn som måtte tas når drivstofforbruket fremskrives, førte dette til en noe unødvendig komplisert beregningsmetodikk. Menon og DNV har derfor gjennomført en gjennomgang av beregningsmetodikken og kommet frem til en oppdatering som gjør drivstoffberegningene mindre kompliserte, mer oversiktlige og lettere å oppdatere dersom ny og bedre informasjon blir tilgjengelig. Endringen gjør også at den tilknyttede koden blir mer intuitiv og kronologisk oppbygd, noe som gjør det lettere å sette seg inn i beregningene i ettertid.

Kort oppsummert består endringen av følgende punkter:

- Beregne energibehov til fremdrift direkte (propulsjonseffekt), i stedet for å gå via energimengden som må kjøpes i markedet under en antakelse om bruk av MGO/HFO.
- Legge til grunn en drivstoff-/energibærerspesifikk «SFOC»-matrise for å hensynta variasjonen som skyldes motorens alder og størrelse.
- Endre benevnelse på priser til den benevnelsen som brukes i markedet (i stedet for kr/MJ for alle energibærere)

I resten av kapittelet går vi først gjennom hvordan beregningene ble gjort i FRAM3.0, før vi gir en grundigere forklaring på hvordan beregningene nå blir gjort i FRAM3.2.

Original fremgangsmåte

I den originale fremgangsmåten benyttes følgende steg for å beregne drivstoffkostnader per seilingstime innenfor en skipstype, lengdegruppe og rute:

1. Beregne drivstofforbruk i tonn per seilingstime i dag (2018)

2. Omberegne drivstofforbruk i tonn til energiforbruk i MJ
3. Fremskrive energiforbruk til 2050 hensyntatt en effektiviseringsfaktor for skipsflåten
4. Fordele energiforbruket per år på ulike energibærere/drivstoff
5. Dividerer på virkningsgrad per energibærer for å finne etterspurt energi i markedet per energibærer
6. Prissetter energibehovet → kr per MJ per seilingstid

I det påfølgende vil vi gå gjennom trinnene steg for steg.

Trinn 1 - Beregne drivstofforbruk i tonn per seilingstid i dag

For å beregne drivstofforbruket (hvor mye MGO/HFO som må kjøpes i markedet) på et gitt skip over en gitt distanse er følgende formel lagt til grunn:

Ligning 1:

$$\frac{\text{Drivstofforbruk hovedmotor}}{\text{seilingstid}} = \frac{\overbrace{\text{Motorstørrelse (kW)} * \text{SFOC} \left(\frac{\text{g}}{\text{kWh}}\right) * r}^{\text{Motoravhengig komponent}} * \overbrace{\left(\frac{\text{obs hastighet}}{\text{servicehastighet}}\right)^3 * k}^{\text{Lastfaktor}}}{1000000}$$

SFOC er på sin side definert som $\frac{1}{\text{virkningsgrad}} * \frac{1}{\text{brennverdi}} * 3,6$, der 3,6 er en ren omregningsfaktor fra MJ til kWh. SFOC (spesifikt drivstofforbruk pr kwt) er i denne anvendelsen avhengig av skipets størrelse og alder, hvor forbruket har krøpet nedover med forbedret motorteknologi og optimalisering.

Trinn 2 - Omberegne drivstofforbruk i tonn til energiforbruk i MJ

Formelen ovenfor gir tonn MGO/HFO som må kjøpes i markedet per seilingstid. For å finne ut hvor mye energi som faktisk brukes til å drive skipet fremover, multipliserer vi med energitetthet og virkningsgrad (noe som i praksis er det samme som å dele på SFOC). I denne anvendelsen er SFOC ikke differensiert på motorens alder, noe som blir riktig all den tid vi ønsker å bevare variasjonen som skyldes motorstørrelse og -alder når vi beregner energibehov i markedet for andre energibærere i steg 5.

Ligning 2:

$$\frac{\text{MJ (3,6 kWh)}}{\text{seilingstid}} = \frac{\text{drivstofforbruk (tonn)}}{\text{seilingstid}} * \text{energitetthet} * \text{virkningsgrad}$$

Trinn 3 – Fremskrive energiforbruk til 2050 ved hjelp av effektiviseringsfaktor

Med utgangspunkt i effektiviseringsfaktorer fra DNV GL antar vi at alle skipstyper og lengdegrupper er 20 prosent mer energieffektive i 2050. Kilde: DNV GL (2019). Effektiviseringsfaktoren implementeres lineært over perioden.

Trinn 4 - Fordele energiforbruket per år på ulike energibærere

Det forventes en overgang fra MGO og HFO over til andre energibærere over tid. Her legges et sett med forutsetninger om drivstoffsammensetning i 2050 til grunn (Kilde: DNV GL 2019). Overgangen implementeres lineært over perioden ved vektorer per energibærer for hvert år.

Trinn 5 – Dividerer på virkningsgrad per energibærer for å finne etterspurt energi per energibærer i markedet

Ettersom formelen for beregning av drivstofforbruk gir tonn per time for ulike skipstyper, må vi konvertere dette forbruket til energibruk. Dette kommer av at enkelte drivstofftyper ikke har en per tonn kostnad, som for eksempel elektrisitet. Vi har derfor konvertert drivstofforbruket i tonn til energibehov i MJ. I dette arbeidet har vi derfor behov for ulike virkningsgrader for de ulike drivstofftypene. Følgende virkningsgrader er antatt for de forskjellige motorene i kombinasjon med drivstofftyper:

Tabell 0-9: Virkningsgrader. Kilde: DNV GL (2019)

Drivstofftype	Virkningsgrad
MGO og HFO	0,4
LNG	0,4
Karbonnøytrale	Antatt å bestå av 50 % hydrogen, 25 % biodiesel og 25% LBG
Hydrogen	0,5
Biodiesel	0,4
LBG	0,4
Elektrisitet	0,9

Steg 6: Multipliserer med pris per MJ per energibærer for å få kroner per time

Til slutt multipliserer vi med pris per MJ per energibærer for å få kroner per time. Dette er ikke en pris som er enkelt tilgjengelig i markedet, og man skulle optimalt sett hatt en måleenhet på prisene som reflekteres det som faktisk benyttes i markedene, som for eksempel kroner per tonn for MGO/HFO.

Alternativ beregningsmåte

Den oppdaterte beregningsmåten består av følgende steg:

- Trinn 1: Beregner energibehovet til fremdrift, propulsjonseffekten, for en gitt fartøystype, lengdegruppe og rute
- Trinn 2: Fremskriver energibehovet til 2050 ved hjelp av effektiviseringsfaktor
- Trinn 3: Fordele energiforbruket per år på ulike energibærere
- Trinn 4: Beregner etterspurt mengde drivstoff (MJ for elektrisitet) i markedet per energibærer
- Trinn 5: Beregne utslipp

I det påfølgende vil vi gå gjennom trinnene steg for steg

Trinn 1: Beregner energibehovet for en gitt fartøystype, lengdegruppe og rute:

Her beregner vi energibehovet i MJ per seilingstime direkte ved hjelp av ligning 1 nedenfor. Dette er en forenkling av tidligere benyttet metode, som beregnet energibehovet via drivstoffbehovet, under en antakelse om at alle skip i dag benytter MGO/HFO.

Ligning 1:

$$\left(\frac{\text{Energiforbruk}}{\text{seilingstid}}\right) = (1,1 * 3,6 * \text{Motorstørrelse [kW]} * r * (\text{obs hastighet/servicehastighet})^3 * k)$$

Lastfaktor

$k = 1 + z(hs, l, b) \in [1,2]$ er en korreksjonsfaktor for fartstap i bølger, og r settes til 0,9. Motorstørrelse, observert hastighet og servicehastighet hentes inn på samme måte som tidligere.

Lastfaktor $\in [0.2, 0.9]$

Faktoren 1,1 representerer korreksjonsfaktor for hjelpemotor

Faktoren 3,6 representerer konvertering fra kW til MJ

Trinn 2 – Fremskrive energiforbruk til 2050 ved hjelp av effektiviseringsfaktor

Med utgangspunkt i effektiviseringsfaktorer fra DNV GL antar vi at alle skipstyper og lengdegrupper er 20 prosent mer energieffektive i 2050. Kilde: DNV GL (2019). Effektiviseringsfaktoren implementeres lineært over perioden. Dette gir energibehovet som brukes til fremdrift, propulsjonseffekten, for hvert år i det relevante tidsrommet.

Trinn 3 - Fordele energiforbruket per år på ulike energibærere

Det forventes en overgang fra MGO og HFO over til andre energibærere over tid. Her legges et sett med forutsetninger om drivstoffsammensetning i 2050 til grunn (Kilde: DNV GL 2019). Overgangen implementeres lineært over perioden ved vektorer per energibærer for hvert år. Dette gir oss energibehovet som brukes til fremdrift, fordelt på de ulike energibærerne, hvert år i det relevante tidsrommet

Trinn 4: Beregner etterspurt mengde drivstoff i markedet per energibærer

Neste steg er å beregne etterspurt mengde drivstoff i markedet per energibærer (MJ for skip som går på elektrisitet). Dette gjøres ved formelen nedenfor:

Ligning 2: Drivstofforbruket for hvert drivstoff

$$FOC = (\text{drivstofforbruk} \left[\frac{\text{tonn}}{\text{seilingstid}}\right]) = (\text{Energibruk} / (\text{energitetthet} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{tonn}}\right] * \text{virkningsgrad}))$$

Energitetthet = (Nedre brennverdi) er en fysisk størrelse.

Virkningsgrad = er satt av alder/størrelse på fartøy (se tabeller under)

Virkningsgrader og energitetthet for de ulike drivstofftypene ligger i kapittel 1.3.4.

Trinn 5: Beregne utslipp

CO₂-utslippet utledes ved å multiplisere drivstofforbruket med utslippintensiteter per drivstofftype. Disse utslippintensitetene er gjengitt i tabellen under.

Tabell 10: Utslippsfaktorer (tonn CO₂/tonn drivstoff). Kilde: <https://www.verifavia-shipping.com/shipping-carbon-emissions-verification/faq-which-emission-factors-shall-be-used-110.php>

Drivstofftype	Utslippsfaktor (tonn CO ₂ /tonn drivstoff)
Biofuel	0
Diesel/Gas Oil	3,206
Ethane	1,913
Heavy Fuel Oil	3,114
Light Fuel Oil	3,151
LNG	2,75
LPG	3
Methanol	1,375
Batteri-fremdrift	0
Damp-fremdrift	0
Hybrid-fremdrift	1,8906
Ikke propell-fremdrift	0

Drivstofforbruk multiplisert med utslippsintensitetene per drivstofftype gir oss totale utslippstall per seilas. Ettersom vi har beregnet drivstofforbruk for alle seilaser, summerer vi utslippene for alle seilaser per skip i hvert år og deler til slutt på samlet antall nautiske mil seilt i de gjeldende seilasene. Dette gir oss et mål gjennomsnittlig utslipp per nautiske mil for hvert skip i hvert år.

Resultatet fører til noen endringer i drivstoffkostnadene sammenlignet med tidligere metode

Endringen var i utgangspunktet tenkt å være en matematisk forenkling av metodikken som ligger til grunn i FRAM3.0, men viser seg å gi mindre endringer i prissettingen av drivstoff. Vi mener at endringen likevel representerer virkeligheten på en mer korrekt måte. Endringen skyldes:

1. **Original metode** beregner først hvor mye MGO/HFO man må kjøpe i markedet per seilingstime, under en forutsetning om at alle skip benytter MGO/HFO i dag. Denne operasjonen benytter en differensiert virkningsgrad basert på motorens størrelse og alder. I neste steg regnes mengden energibehovet som går med til fremdrift, propulsjonseffekten, basert på en generisk virkningsgrad som ikke tar hensyn til motorstørrelse- og alder. Dette betyr at variasjon i drivstofforbruk som skyldes motorens alder «overføres» til beregningene av propulsjonseffekten. Dette er uproblematisk for skip som benytter konvensjonelt drivstoff gjennom hele perioden, men når enkelte skip over tid går over til for eksempel elektrisitet, blir det misvisende om disse fremdeles bærer en «age penalty» basert på den gamle motorens alder.
Ny beregningsmetode for drivstoff beregner propulsjonseffekten direkte, uavhengig av motorstørrelse og alder. Variasjonen som skyldes alder og størrelse kommer først når man går fra propulsjonseffekt til hvor mye man må kjøpe av de ulike drivstoffene i markedet. Her er det kun skip som i det gitte året fremdeles går på MGO/HFO som får den nevnte «age penalty»-en.
2. I arbeidet med oppdateringen oppdaget vi et avvik mellom virkningsgradene som var implementert i modellen og virkningsgradene dokumentert i håndboken. I den opprinnelige modellen ble det brukt henholdsvis 0,7 og 0,8 som virkningsgrad for LNG og karbonnøytrale drivstoff. Nå ligger virkningsgradene for disse energibærerne i intervallene 0,42-0,47 og 0,37-0,5. Dette øker de distanseavhengige kostnadene med 20-25 prosent.

Drivstoffavhengige virkningsgrader og brennverdier

Vi får da følgende tabeller som kan legges inn som strekningsuavhengig input i SØA-modellen:

Olje & bio-diesel

Alder fartøy (år)	<5000kW	5000-15000kW	>15000Kw
<1984	0,37	0,39	0,41
1984-2000	0,41	0,43	0,45
>2000	0,43	0,45	0,48

Energitetthet med brennverdi olje: 43 [GJ/tonn] eller 11900 [kWh/tonn]

LNG & LBG

Alder fartøy (år)	<5000kW	5000-15000kW	>15000Kw
>2000	0,42	0,45	0,47

Energitetthet med brennverdi LNG: 49 [GJ/tonn] eller 13700 [kWh/tonn]

Kilde: <https://gasnor.no/naturgass/typiske-data-naturgass/>

Hydrogen

Alder fartøy (år)	<5000kW	5000-15000kW	>15000Kw
>2020+	0,5	0,5	0,5

Energitetthet med brennverdi Hydrogen: 120 [GJ/tonn] eller 33300 [kWh/tonn]

Kilde: https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html

Elektrisk

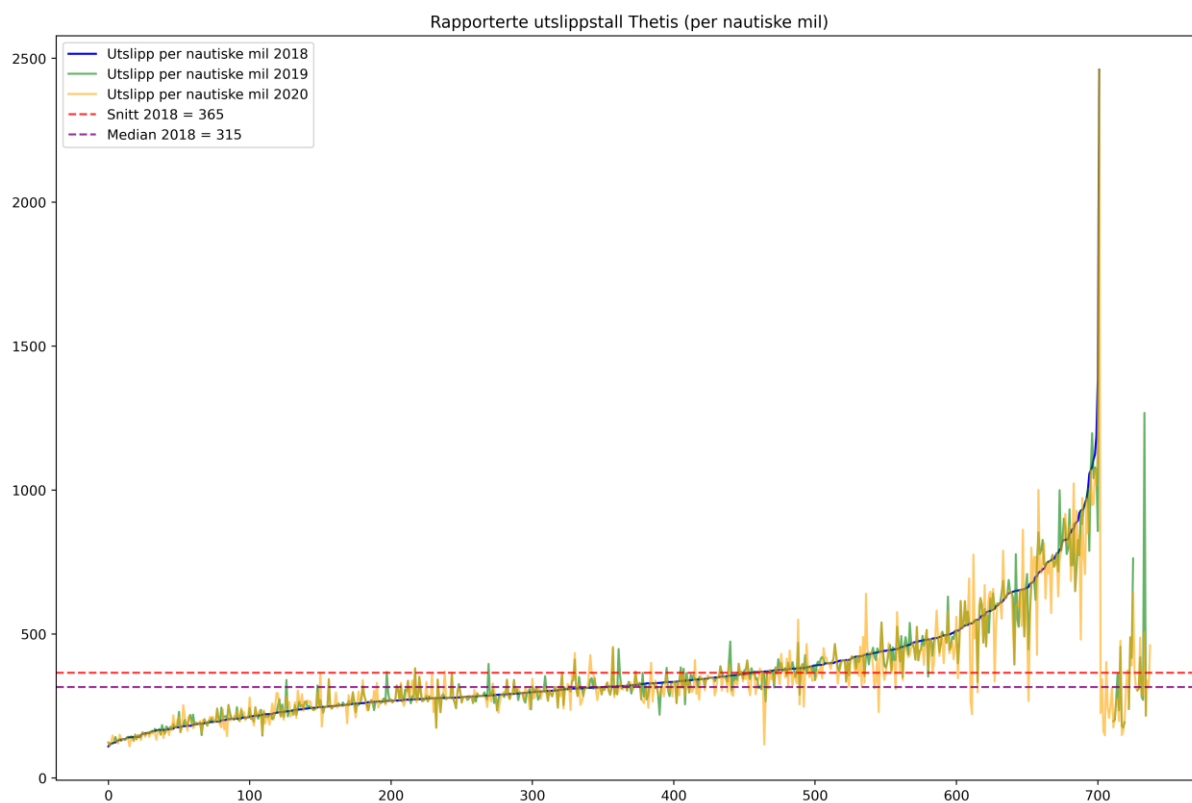
Virkningsgrad elektrisk drift: 0,9

Sammenligning av fremdriftsteknologier på tvers av estimeringsmetodikk

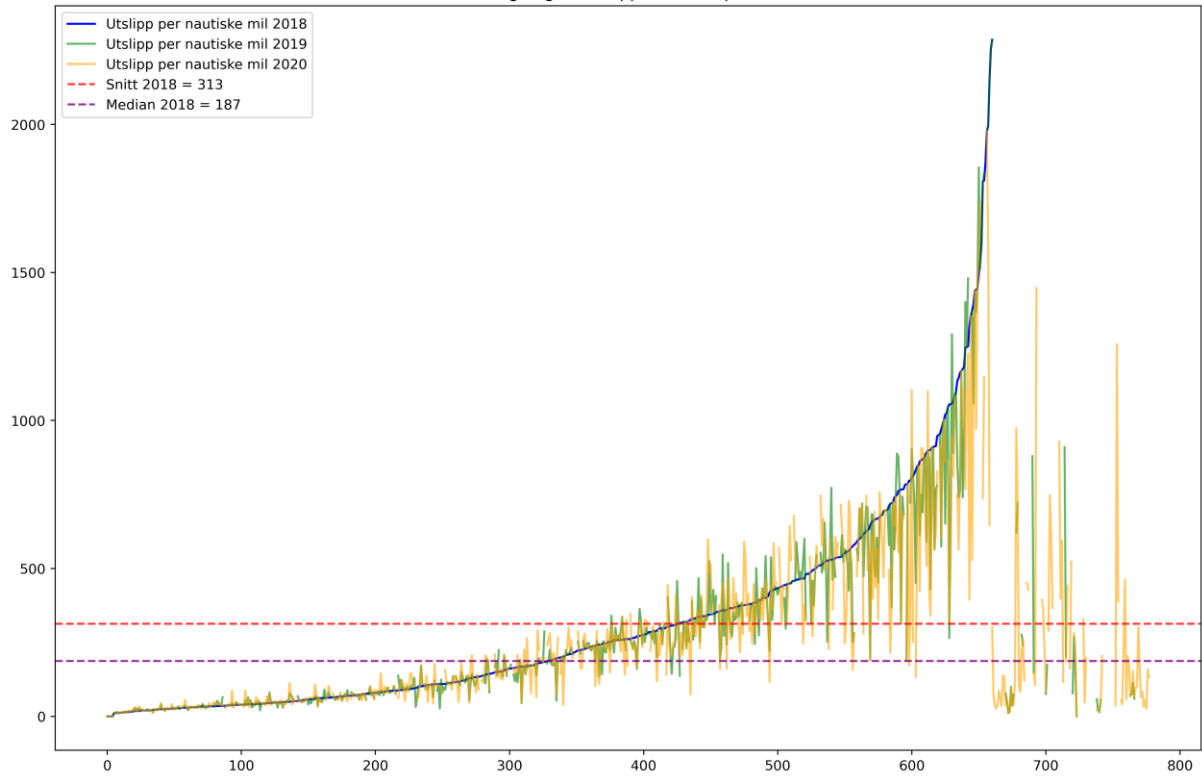
Tabell som sammenligner utslippstall fra de tre kildene til utslippstall: Mahalanobis avstand, teoretisk beregning (AIS) og EU-registeret over faktiske utslippstall Thetis-MRV. Tabellen viser antall observasjoner estimert, snitt, median og standardavvik.

Tabell 11: Deskriptiv statistikk over fremdriftsteknologier ved de ulike beregningsmetodene. Thetis viser til faktiske rapporterte utslippstall for norskeide skip.

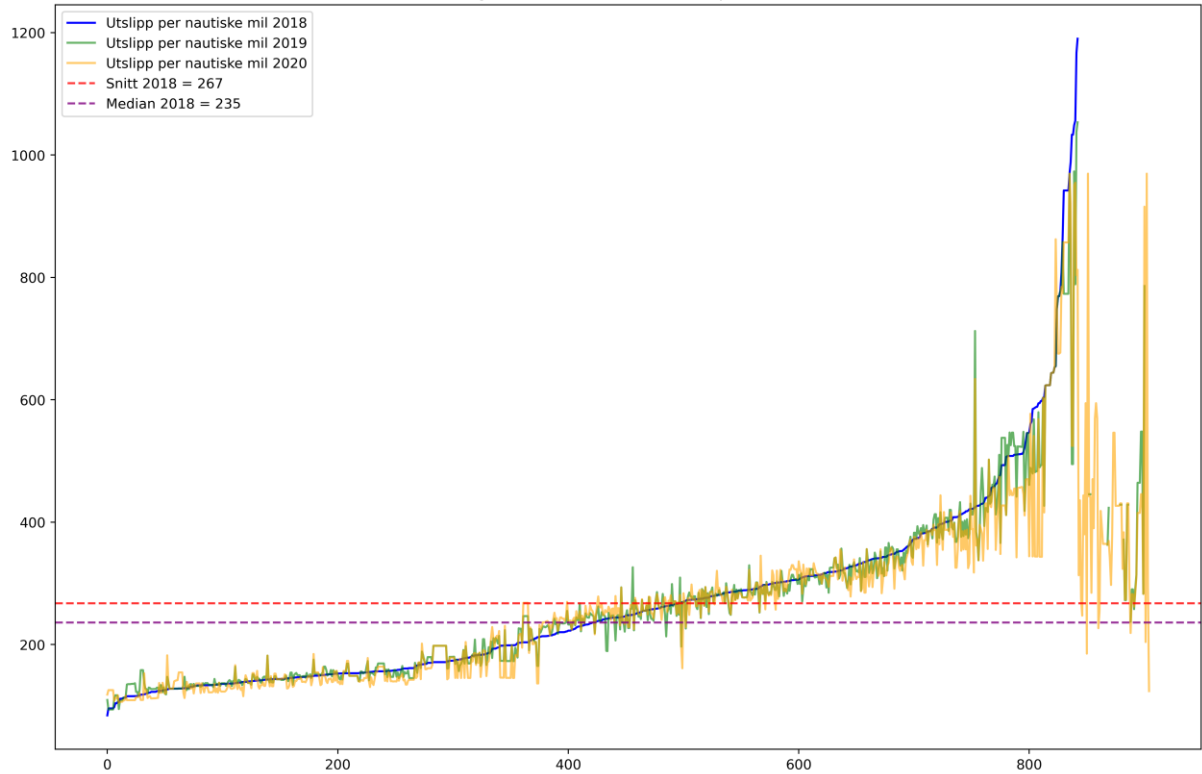
	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max	Utslippsdata
AIS	661	313	359	-	63	187	424	2 287	2 018
AIS	657	288	343	-	58	174	388	2 287	2 019
AIS	684	260	282	-	58	164	346	1 977	2 020
Mahalanobis	843	267	157	84	153	236	319	1 190	2 018
Mahalanobis	873	267	142	94	153	245	321	1 053	2 019
Mahalanobis	905	266	142	105	146	254	324	969	2 020
Thetis	702	366	196	110	258	316	416	2 460	2 018
Thetis	726	363	191	113	255	315	409	2 460	2 019
Thetis	738	353	186	110	254	308	395	2 460	2 020



Teoretisk beregning av utslipp vha. AIS (per nautiske mil)

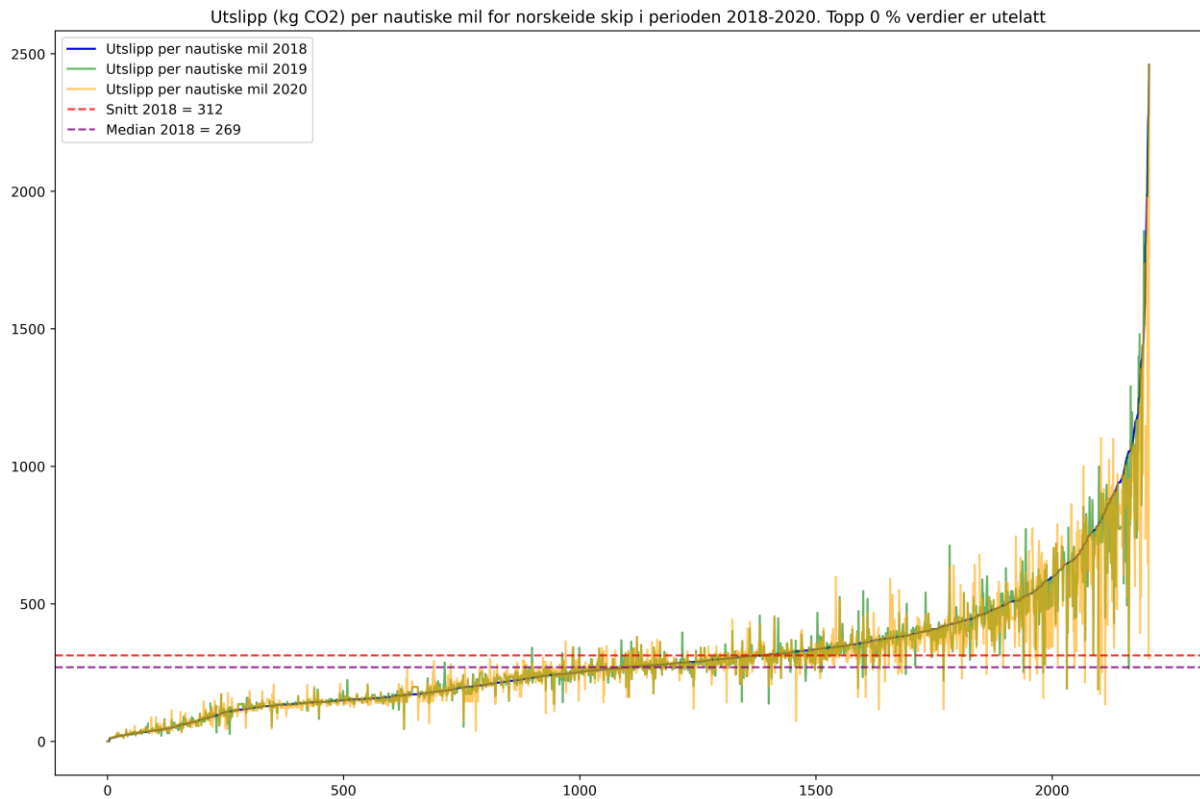


Estimering vha. Mahalanobis avstand (per nautiske mil)



Vedlegg D: Detaljerte figurer

Figur 56: Utslipp (kg CO₂) per nautiske mil for norskeide skip i perioden 2018-2020. Kilde: Menon Economics

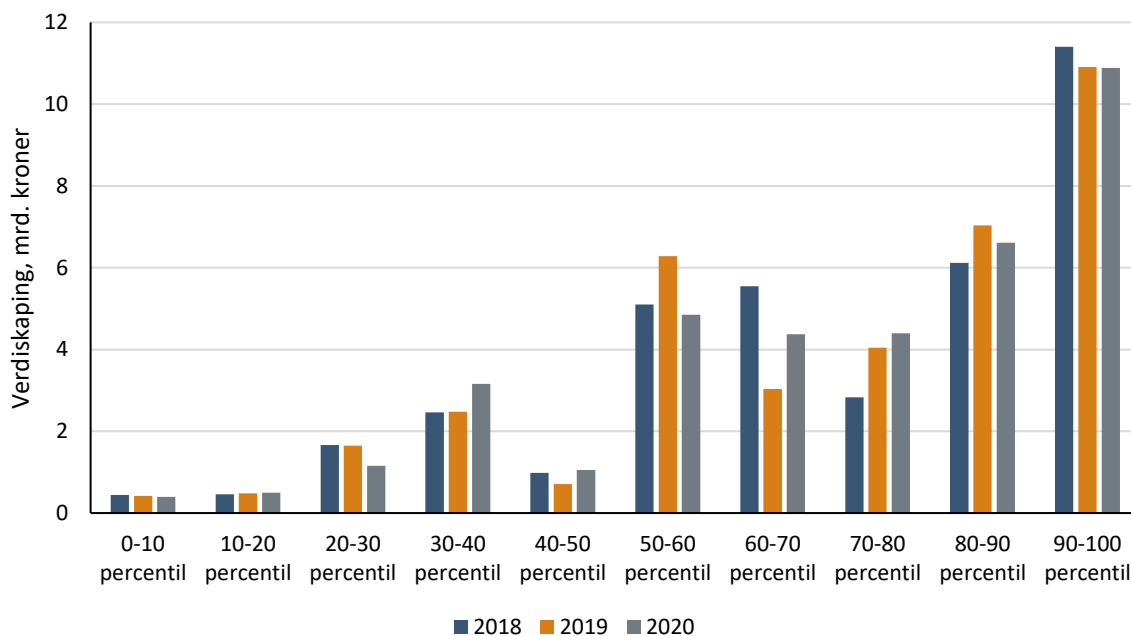


Fast 2018-verdiskaping og sysselsetting: Har det vært en tilvekst i de lavere percentilene?

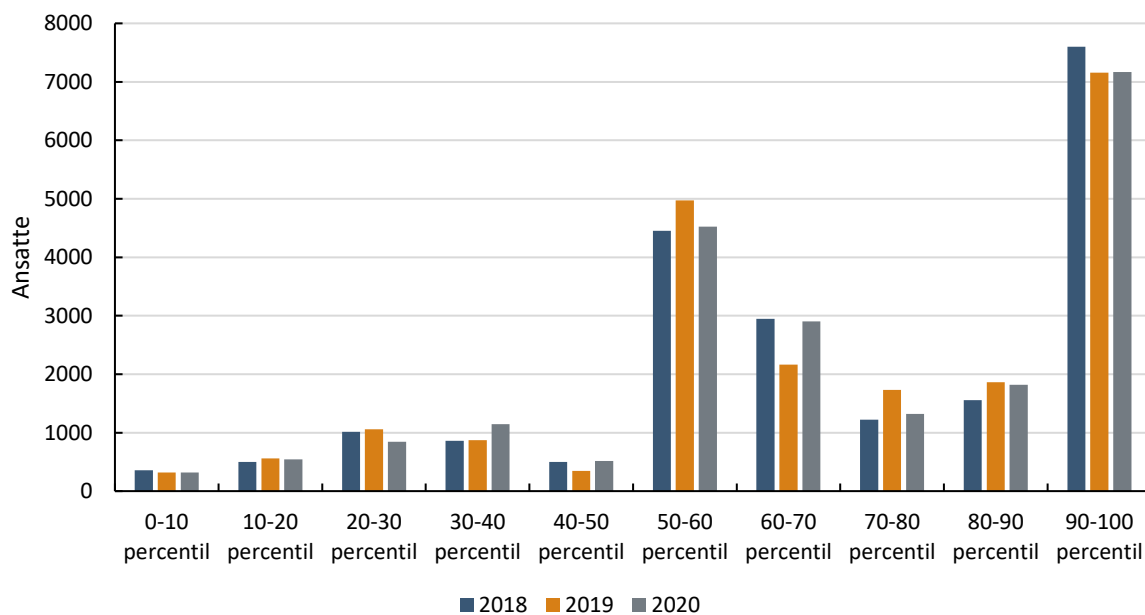
I dette kapitlet presenterer vi resultatene med faste 2018-nivå for verdiskaping og sysselsetting. Disse figurene er referert til i «Grønn verdiskaping og sysselsetting blant norske rederier». Ved å beregne verdiskaping og sysselsetting i faste 2018-nivåer viser vi endring i sysselsetting og verdiskaping i perioden 2018-2020, drevet kun av endring i utslippene.

Tilnærming 1

Figur 57 **Verdiskaping** blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO2) per nautiske mil (blant norskeide skip). 0-10 percentil er samlet verdiskaping blant rederiene med 10 prosent laveste utslipp i den norskeide flåten. 90-100 percentil er samlet verdiskaping blant rederiene med 90-100 prosent høyeste utslippene i den norskeide flåten. **Verdiskapingen er satt fast til 2018-nivå.** Kilde: Menon Economics



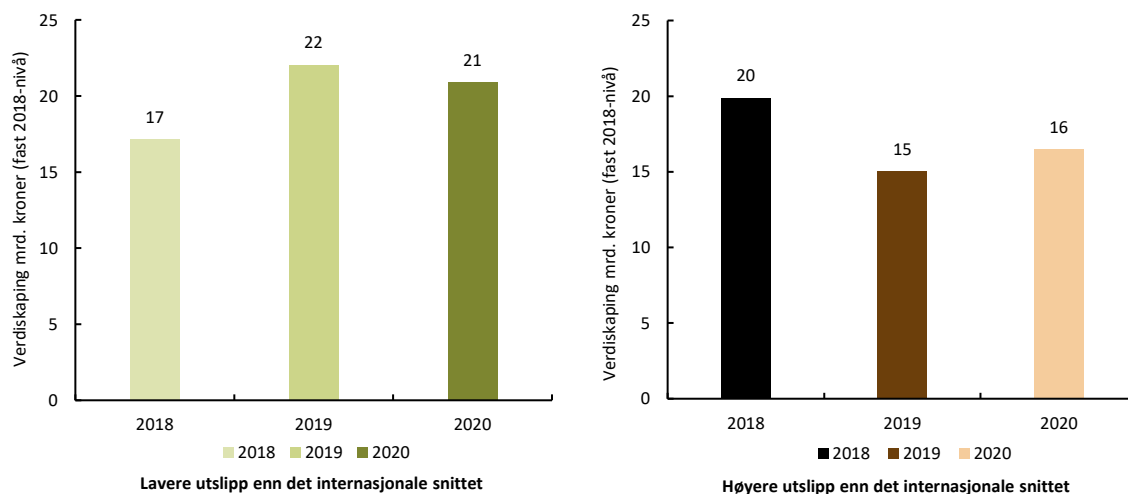
Figur 58: **Ansatte** blant norske rederier fordelt på percentiler av nivå på utslipp (kg CO2) per nautiske mil (blant norskeide skip). 0-10 percentil er samlet verdiskaping blant rederiene med 10 prosent laveste utslipp i den norskeide flåten. 90-100 percentil er samlet verdiskaping blant rederiene med 90-100 prosent høyeste utslippene i den norskeide flåten. **Antall ansatte er satt fast til 2018-nivå.** Kilde: Menon Economics



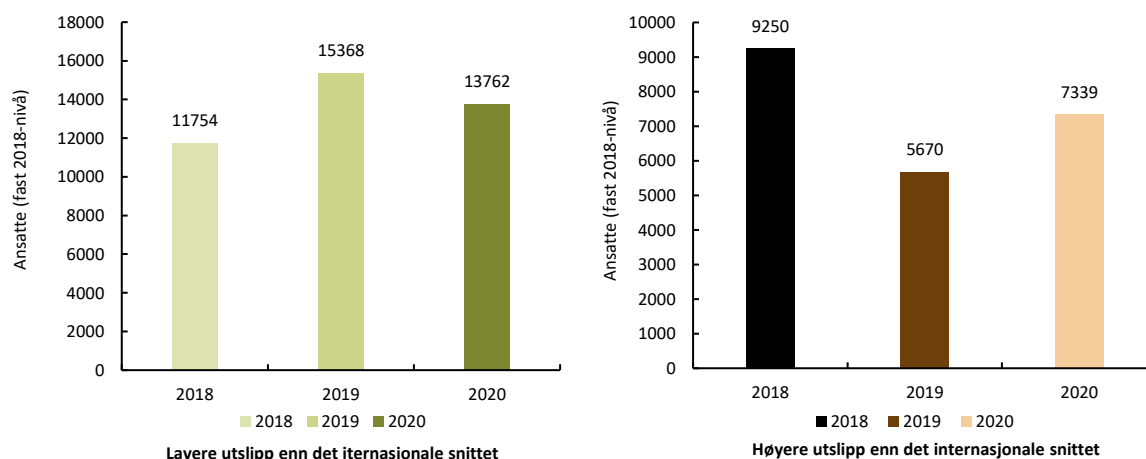
Tilnærming 2

Figurene under viser verdiskaping og omsetning hos norske rederier i absolutte-tall hvor 2018-nivået holdes konstant. Vi finner at blant rederiene med lavere utslipp enn det internasjonale gjennomsnittet, er verdiskaping og sysselsetting størst for de med 0-40 prosent lavere utslipp. I likhet med dette, blant rederiene med høyere utslipp er sysselsetting og verdiskaping høyest for de med 0-25 prosent høyere utslipp.

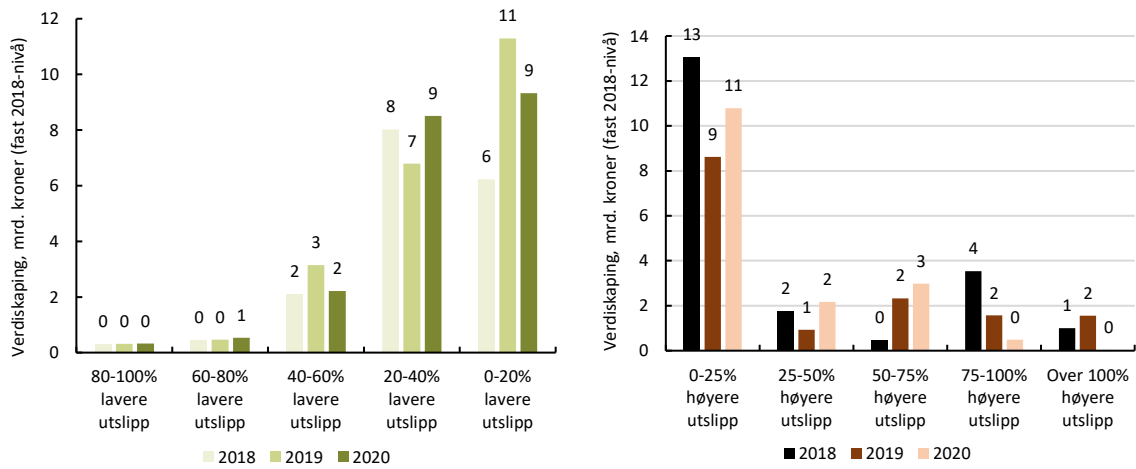
Figur 59: Samlet verdiskaping hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip internasjonalt. Figuren viser verdiskaping i absolutt-tall når 2018-verdiskaping holdes konstant. Kilde: Menon Economics



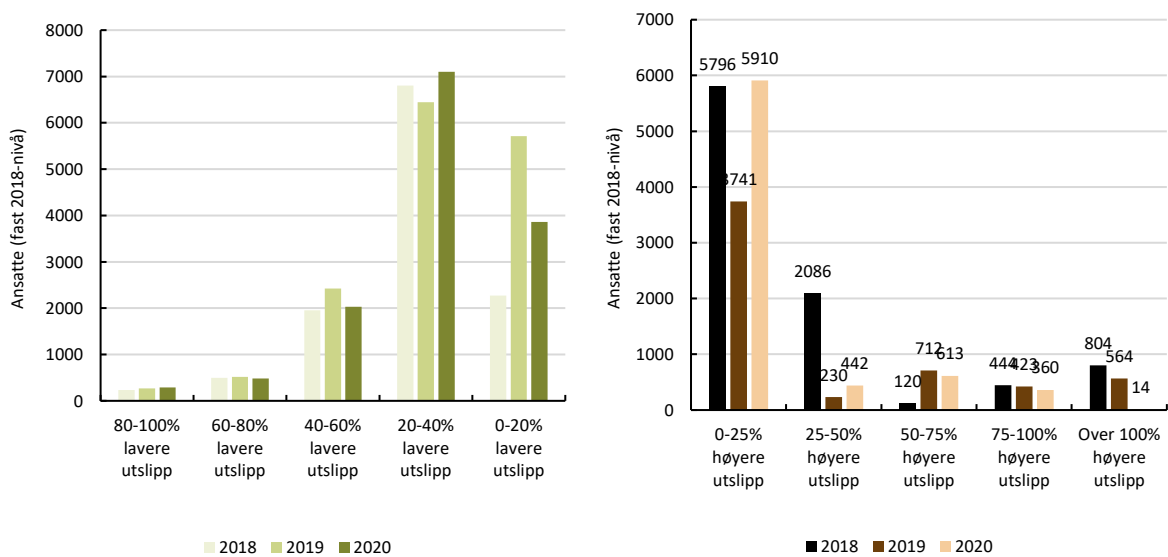
Figur 60: Samlet sysselsetting hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip internasjonalt. Figuren viser sysselsetting i absolutt-tall når 2018-sysselsetting holdes konstant. Kilde: Menon Economics



Figur 61: Samlet verdiskaping hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip internasjonalt. Tallene er gruppert i ulike nivåer på avvik i utslipp fra verdensgjennomsnittet. Figuren viser verdiskaping i absolutt-tall når 2018-verdiskaping holdes konstant. Kilde: Menon Economics



Figur 62: Totalt antall ansatte hos norske rederier etter hvorvidt rederienes flåte av skip samlet sett er mer miljøvennlig enn snittet av skip globalt. Tallene er gruppert i ulike nivåer på avvik i utslipp fra verdensgjennomsnittet. Figuren viser sysselsetting i absolutt-tall når 2018-sysselsetting holdes konstant. Kilde: Menon Economics





Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter.

Vi er et medarbeidereiet konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked.

Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside www.menon.no.

+47 909 90 102 | post@menon.no | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | menon.no