

# Rapport

## Energi og klimaeffekter GCE Blue Maritime

**Forfatter(e)**

Erik Skontorp Hognes  
Henning Borgen



Bilde: Rolls-Royce

# Rapport

## Energi og klimaeffekter GCE Blue Maritime

EMNEORD:  
shipping industry;  
marin industry;  
klimaforsk; LCA

**RAPPORTNR**  
OC2017 A-159

**VERSJON**  
3.0

**DATO**  
2017-07-06

**FORFATTER(E)**  
Erik Skontorp Hognes  
Henning Borgen

**OPPDRAGSGIVER(E)**  
GCE Blue Maritime

**OPPDRAGSGIVERS REF.**  
Per Erik Dalen

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
29+ vedlegg

**GRADERING**  
Unrestricted

**GRADERING DENNE SIDE**  
Unrestricted

**ISBN**  
978-82-7174-308-6

### SAMMENDRAG

Rapporten presenterer en undersøkelse av hvordan den maritime klyngen i Møre og Romsdal, GCE Blue Maritime, har bidratt til en mer energieffektiv og klimavennlig maritim næring. Resultat og konklusjoner baserer seg på intervju av viktige aktører, litteratur og offentlige datakilder.

Klyngen har bidratt ved å stå bak utviklingen av viktige teknologier; være spesielt tidlig ute med å integrere nye og bedre løsninger; og ved å levere et stort volum av skip med disse nye løsningene. Felles mål, kort vei fra "dekk til direktør" og god helhetsforståelse har gitt grunnlaget for tillit og samarbeid, som er nødvendig for å ta den risikoen nye teknologier innebærer. Utover de konkrete teknologiene og produktene har klyngen spilt en viktig rolle i forskning og utvikling som har hatt positiv innflytelse på hele den globale maritime næringen.



**UTARBEIDET AV**  
Erik Skontorp Hognes

**KONTROLLERT AV**  
Henning Borgen

**GODKJENT AV**  
Hanne Digre

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjeningsprosedyre og er sikret digitalt

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Introduksjon.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Metode .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>6</b>
4.1	Klyngen som innovasjonsmotor.....	6
	Felles mål og risikovilje .....	6
	Fiskeri startet, oljen akselererte .....	6
	Volumeffekten .....	7
	Maritim forskning i regionen .....	8
	Simulering .....	8
	Rolls-Royce Environship konsept, et eksempel på helhetstankegangen.....	10
4.2	Teknologier og innovasjoner.....	12
	Skrogmotstand.....	12
	Motstand i stille vann.....	12
	Optimalisering for virkelige operasjoner .....	13
	Operabilitet .....	15
	Diesel-elektrisk fremdrift .....	17
	Hybride systemer for ankerhåndteringsfartøy .....	18
	Fremtiden er mer elektrisk .....	20
	Energieffektiv propulsjon: Azipull.....	21
	Kompakte innovative fremdriftsløsninger .....	22
	Samhandling ror og propell: Promas .....	22
	Dyseteknologi.....	23
	Rim drive thrustere .....	24
	Naturgass som drivstoff .....	25
	Hydrogen.....	26
	Autonome og fjernstyrte skip .....	27
	Tryggere og mer effektive operasjoner .....	28
<b>5</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>30</b>

## 1 Introduksjon

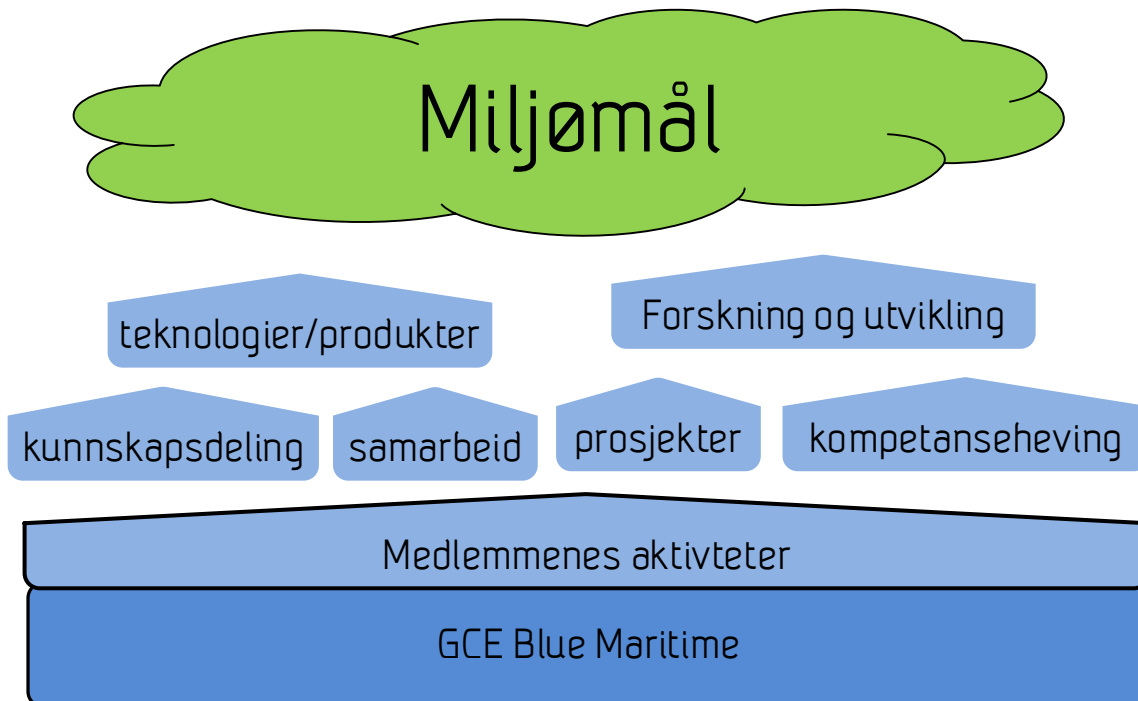
Maritim transport står for om lag 3% av årlige menneskeskapte klimagassutslipp, disse utslippene forventes å øke med 150-250% innen 2050 ved "business-as-usual" scenario, men riktig og utbredt bruk av eksisterende løsninger og endringer i operasjon, over hele den maritime transport sektoren, kan redusere dagens utslipp med en faktor på 4-6 per transportert enhet (Bouman et al., 2017). Maritim transport stod også for 10-15% av globale SOx og Nox utslipp i 2014 (Smith et al., 2015).

### Formål, omfang og avgrensninger

Rapporten er laget på oppdrag av og finansiert av GCE Blue Maritime (her omtalt som "klyngen"). Tiltent publikum er relevante beslutningstakere og andre som vil lære mer om hvordan den maritime næringen i Møre og Romsdalsregionen har bidratt til en mer energieffektiv og klimavennlig maritim næring.

Rapporten gir eksempel på aktiviteter og teknologier som har ledet til fremskritt ovenfor viktige miljøutfordringer. Rapporten gir ikke en komplett evaluering av alle positive og negative miljøeffekter av maritime industrier. Innenfor begrepet bærekraft så tar vi her for oss miljøaspektet og ikke sosiale og økonomiske aspekt av bærekraft.

Rapporten drar frem eksempel fra aktiviteter hos de enkelt medlemmer i klyngen og aktiviteter som er et direkte resultat fra aktiviteter i klyngen. Eksemplene begrenser seg i all hovedsak til teknologier og løsninger for aktiviteter på havet og strekker seg ikke utover til effekter videre i verdikjeden. Eksemplene vil også omfatte resultater av forskning som medlemmer i klyngen har bidratt til. Det blir dratt frem eksempler bakover i tid, pågående aktiviteter og planlagte aktiviteter.



**Figur 1-1** Klyngens ulike former for bidrag

## 2 Metode

Kartleggingen har foregått via følgende aktiviteter:

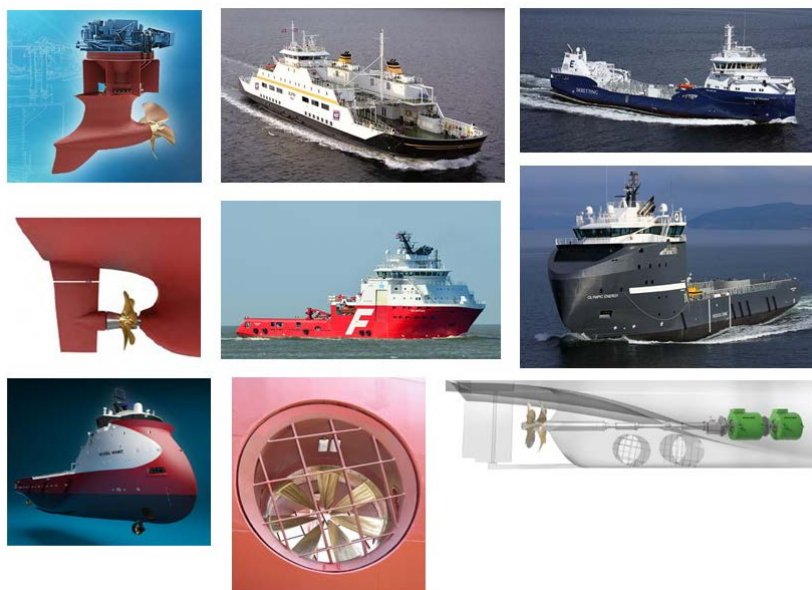
- Ekspertmøter. Møter med personer som har jobbet i den maritime industrien og med FoU for den maritime industrien. Dette inkluderer eksperter fra SINTEF Ocean (tidligere Marintek) og NTNU Ålesund.
- Møter og intervju med medlemmer i klyngen. Her ble aktørene utfordret til å dra frem eksempler på hvordan de og restene av næringen i området har bidratt til å få frem nye teknologier med positive miljøegenskaper. Som en referanse for slike teknologier og tiltak ble blant annet rapporten "Teknologier og tiltak for energieffektivisering av skip" av DNV-GL (Dale, 2017) benyttet.
- Innhenting av data fra
  - o Bransjeorganisasjoner, som Norske Skipsverft
  - o Data fra Norges Forskningsråd
  - o Litteratur og prosjektrapporter

### 3 Konklusjoner

Den maritime klyngen i Møre og Romsdal har bidratt til en mer energi og klimavennlig næring ved å utvikle viktige teknologier, være tidlig ute med å integrere nye og bedre løsninger og ved å levere et stort volum av skip med disse nye løsningene. Felles mål, kort vei fra "dekk til direktør" og god helhetsforståelse har gitt grunnlaget for tillit og samarbeid, som er nødvendig for å ta den risikoen nye teknologier innebærer. Klyngen er på denne måten en viktig katalysator for at nye teknologier og løsninger blir tatt i bruk, industrialisert, og eksportert til store deler av resten av verden.

Regionen har gjort et viktig bidrag til at mange av de teknologiene som vi i dag vet har redusert energibruken i maritime næringer over hele verden. Et eksempel er bruken av diesel-elektriske fremdriftssystemer. Den maritime klyngen i Møre og Romsdal var her tidlig ute, tok på seg stor risiko og banet vei for en teknologi som vi i dag vet har betydd svært mye for å redusere energibruk og utslipp fra store skipssegmenter. Den diesel-elektriske revolusjonen kan man nå si videreføres av regionen med nye konsepter der elektrisitet og batterier ytterligere øker energieffektivitet og reduserer utslipp. Andre felt der regionen har tatt en spesielt fremtredende rolle er i ulike former for mer energieffektive propell og ror systemer samt skrogdesign.

Regionens bidrag er ikke bare via skipene som er bygget og teknologiene de bruker, men også via samarbeid og støtte til forskning og utvikling. Møre og Romsdal har vært en spesielt viktig partner i den marintekniske forskningen som har foregått hos NTNU og SINTEF. Infrastruktur og kompetanse for modellering og simulering har vært spesielt viktig for å ta de høyteknologiske løftene næringen kan vise til og her har den maritime klyngen i Møre og Romsdal spilt en stor og viktig rolle.



**Figur 3-1** Teknologier og produkt fremhevet i rapporten

## 4 Resultat

### 4.1 Klyngen som innovasjonsmotor

En forutsetning for innovasjon er god helhetsforståelse, et driv for å gjøre noe bedre og tillit mellom aktører. De gode løsningene kommer sjelden fra en isolert del av verdikjeden, men heller som resultat av et konstruktivt samspill mellom aktørene. De som finner løsningene og de som vil ta dem i bruk. Det gode samspillet på tvers av verdikjeden trekkes frem som unik for Møre og Romsdal regionen, en region som dekker hele den maritime verdikjeden:

- Verft
- Skipsdesign
- Rederi
- Utstyrleverandører
- Sjøfolk
- Forskning og utvikling

#### *Felles mål og risikovilje*

Innovasjonskraften i klyngen er fundamentert på et samspill mellom tre avgjørende aktører: Rederi, utstyrsleverandører og verft. I Møre og Romsdal har disse aktørene kontinuerlig utfordret hverandre med nye forslag til teknologiske løsninger og løst dem sammen. Det å ta i bruk ny teknologi er fulgt av stor risiko. Vil den fungere? Hvem tar ansvaret for at skipet fungerer slik som spesifisert? Vil de nye løsningene bli godkjent? Hvem deler på den økonomiske risikoen? Nøkkelen har vært å fordele risikoen seg imellom i introduksjonen av nye løsninger og på den måten skapt det nødvendige grunnlaget for at nye ideer og produkter kan realiseres. Verftet står til slutt ansvarlige for at skipet presterer i henhold til bestillingen, men de to andre aktørene har ofte delt på risikoen med verftet. Gjennom formelle kontakts klausuler og konstruktiv problemløsning i prosjektgjennomføringen hvor alle parter bidrar.

Vard er et skipsverft konsern med hovedkontor i Ålesund<sup>1</sup>. De forteller om en region der det er korte og tette bånd mellom de som bestiller, eier, utvikler, bygger og bruker skipene. Forretningsmessige samarbeid, men minst like viktig sosiale bånd. Nettopp disse tette båndene og den korte veien for erfaringsutveksling har ført til en unik helhetsforståelse for gode løsninger som er gode hele veien fra tegnebordet og frem til praktisk bruk. Historien forteller også om en region der utviklingen av lokalsamfunnene og lønnsomheten til den samlede næringen har vært viktigere enn kortsiktig gevinst for de enkelte aktørene. Dette har ført til en konstruktiv konkurranse mellom aktørene der tilliten og samholdet som er nødvendig for god innovasjon er ivarettatt.

#### *Fiskeri startet, oljen akselererte*

De aller fleste aktørene i klyngen har sitt utspring fra fiskeri. Historisk sett har aktørene i fiskerisektoren hatt en kontinuerlig driv for å finne nye og mer effektive løsninger, både innen fangstteknologi og skip- og fremdriftsteknologi. Drivstoff har alltid vært en stor utgiftspost for fiskeriene. Denne kulturen har en tett med seg over i oljeservice, og mange av rederne her har sine røtter i fiskeri. Seismikk er et eksempel på direkte anvendelse og videreutvikling av fiskeriteknologi, og en finner de samme aktørene i begge segment. Økonomien og teknologibehovet i olje og offshore næringen har vært driveren for den enorme veksten en har sett i klyngen, og samtidig gitt muligheten for nye innovasjoner. Dette får igjen nyere maritime næringer stor nytte av. Offshore vind og andre nye markedssegmenter, som det raskt voksende cruise/megayacht markedet, kan for eksempel adoptere teknologier som det har vært svært kostbart å utvikle. Et annet eksempel er

---

<sup>1</sup> [www.vard.com](http://www.vard.com)

moderne brønnbåter, som er spekket av løsninger utviklet i Offshore Service Fartøy (OSV) boomen vi har sett over de siste tiårene, og hvor Møre og Romsdal nå er den største leverandøren.

### ***Volumeffekten***

Den totale miljøeffekten av bedre teknologi og operasjon er til syvende og sist gitt av hvor stor del av næringen som kan ta i bruk nye løsninger. Møre og Romsdal har ikke bare tatt mange små og store steg for å utvikle mer miljøvennlige teknologier, men minst like viktig vist evnen til å levere store volum av skip med ny og bedre teknologi. En viktig forutsetning for det er evnen til å ivareta lønnsomhet. Evnen til å tjene både miljø og penger. Tabell 4-1 viser hvor stor andel av bestillinger av skip som gikk til Møre og Romsdal i årene 2015 til 2017. Den viser at regionen står for brorparten av den norske produksjonen av skip<sup>2</sup>.

Regionene var tidlig ute med å ta tak i fergedrift. Fergeskip er en liten nisje i den store maritime industrien, men for Norge og norske miljømål er fergeskip viktige og derfor en viktig driver i utvikling av miljøteknologi. Møreregionen responderte på at politikerne etterspurte mer miljøvennlig fergedrift og regionen var først i verden med å levere lavutslippsferger ved LNG-fergen MF Glutra. Denne ble bygd på Langsten i Tomrefjorden for det lokale fergereideriet MRF. Klyngen ligger fortsatt i front i utviklingen av lavutslippsferger. Fiskarstrand Verft leder i dag utviklingen av verdens første ferge drevet på hydrogen. Et annet marked som har hatt stor historisk betydning er Offshore Service fartøy, her har Møre og Romsdals regionen tatt en spesielt fremtredende rolle som en dominerende leverandør og ikke minst sørget for store fremskritt mht. energieffektivitet.

**Tabell 4-1 årlig inngåtte nybyggingskontrakter (kun kontrakter større enn 50 mill.) i milliarder kroner**

	2015	2016	2017
Totalt	11,1	12,7	8,9
M&R	9,4	11,5	6,8
<b>Andel i M&amp;R</b>	<b>85 %</b>	<b>91 %</b>	<b>76 %</b>

<sup>2</sup> Data fra Asle Strønen i Norske Skipsverft



### **Maritim forskning i regionen**

En forutsetning for kontinuerlig utvikling og fremskritt er infrastruktur og kultur for forskning og utdanning. Samspillet mellom høyskolen i Ålesund, nå en del av NTNU, og universitet og forskningsmiljøene i Trondheim har vært viktig for utviklingen av næringen. Spesielt båndene til Marintek, som nå er blitt en del av SINTEF Ocean, har betydd mye.

Under forskningsrådets store maritime programmer, Maroff og Maroff 2, er det fra Møre og Romsdal ledet 83 prosjekter med et samlet budsjett på over 280 millioner kroner. Dette kun prosjekter ledet fra MR, i tillegg er aktører fra MR sentrale i store FoU aktiviteter ledet fra "universitetsbyene" Trondheim, Oslo og Bergen. For eksempel har aktører fra MR viktige roller i flere av de største Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFier) rettet mot maritim teknologi, for eksempel SFI Smart Maritime<sup>3</sup> og SFI MOVE.

Rolls-Royce er inne i sitt 12. driftsår for sitt University Technology Centre (UTC) kalt Performance in a Seaway i Trondheim. Dette er et langsiktig forskningsprogram i samarbeid med NTNU og SINTEF med fokus på problemstillinger knyttet til virkelig operasjon i bølger for skip. Hovedmotivasjonen er å forstå det virkelige dynamiske lastbildet propulsorer, transmisjoner og skip generelt påføres i bølger, både i gjennomsnitt, og for mer ekstreme tilfeller. Arbeidet her er et viktig bidrag til å forstå skips reelle operasjon og skaffe seg innsikt i hvordan skip og deres systemer bør designes for å seile effektivt og med stor pålitelighet i reelle seilingskondisjoner.

### **Simulering**

Sammen med NTNU og forskningsinstitusjoner har flere aktører i den maritime næringen i Møre og Romsdal bygd opp en bred plattform for bruk av data og simulering i utvikling av næringen. Historisk strekkes dette tilbake til utvikling av datamodellering av teknologier for å bygge simulatorer for trening av mannskap til mer effektiv og trygg bruk av skipene i offshore operasjoner. Bruk av simulatorer for dette formålet var klyngen tidlig ute med å utvikle og benytte, og denne praksisen har spredd seg til flere andre steder i verden som Frankrike, Brasil og Australia.

Å gi mannskap muligheten til å trene på egne oppgaver og samhandle med andre på egen båt og på rigg i simulator har over tid bidratt til at operasjoner offshore gjennomføres tryggere og mer effektivt enn de ellers ville ha gjort. Trenings-simulatorer har vært en viktig bidragsyter i en tid der aktiviteten offshore økte dramatisk, og både nytt og erfarent mannskap kunne heve kompetansen og forbedre prosedyrer i gjennomføring av offshore operasjoner gjennom trening i simulator.

Etter at markedet kollapset for OSV rederne har simulatormiljøet dreid mer og mer mot andre typer tjenester. Offshore Simulator Centre (OSC) har bl. annet jobbet med Statoil og andre innenfor simulering av marine operasjoner med det formål å utfordre prosedyrer og design for ulike typer installasjoner i et simulatormiljø i forkant for å kunne optimalisere disse.

---

<sup>3</sup> SFI Smart Maritime: [www.smartmaritime.no](http://www.smartmaritime.no)

Et eksempel på dette er simuleringsaktivitetene Statoil gjennomførte hos Offshore Simulator Centre i forkant av installasjonen av Åsgard gasskompresjonsprosjektet. Her ble installasjonsfartøyet North Sea Giant, løfteverktøyet SHS levert av Axtec (første gang levert), alle modulene som skulle installeres, samt bunnrammen modulene skulle stå i på havbunnen modellert i simulatoren. En begynte så å trene på å gjennomføre installasjonen med mannskapet som skulle gjøre selve jobben offshore. Dette resulterte i følgende

- Installasjonsprosedyrene ble i stor grad omskrevet da en fant mye smartere måter å gjennomføre operasjonene på
- Faktiske designendringer på selve modulene ble gjort da muligheter for forbedring ble identifisert på et tidlig nok stadium
- Risiko ble betydelig redusert offshore da alle hadde en felles forståelse for hva som skulle gjøres og var trent på operasjonen i forkant. Som følge av dette fikk operatøren betydelig kutt i forsikringspremie
- En sparte ca. 50 dager offshore i forhold til opprinnelig plan. Betydelig effektivisering.

Det siste punktet kan en direkte koble til stor gevinst i energieffektivitet da en gjennom utstrakt bruk av simulering var i stand til å effektivisere operasjonen slik at den tok vesentlig kortere tid. En slik operasjon innbefatter et stort installasjonsfartøy, støttfartøyer, helikopter og en omfattende logistikk-kjede, og i sum gir dette stor gevinst, både i kost og utslipp. Fra Statoil er det uttalt at de har tjent inn kostnaden med simulering og trening minst 10 ganger.

Sentralt i klyngen innenfor simulering i dag er videreutvikling av metodikk og rammeverk for Virtuell Prototyping. Virtuell prototyping vil være vesentlig mer kost- og tidseffektivt enn fysisk prototyping og vil satt i system kunne øke innovasjonstakt i klyngen betydelig. Her er klyngen godt posisjonert med lokale aktører som NTNU & SINTEF (fysiske modeller, co- simuleringsteknologi), OSC (Visualisering og human interface), etableringen av Blue Innovation Arena (simuleringsinfrastruktur) og lokale næringsaktører som benytter simulering i sin normale operasjon allerede og vil sette standarden for utviklingen fremover.



**Figur 4-1** Øyeblikksbilde fra bro under Åsgard gasskompresjons-simulering



**Figur 4-2** Øyeblikksbilde av fartøyet North Sea Giant under Åsgard gasskompresjons-simulering

### ***Rolls-Royce Environship konsept, et eksempel på helhetstankegangen***

Environship er et konsept utviklet av Rolls-Royce som sikrer gode valg og samspill mellom motor, fremdriftssystem og skrogdesign. Environship er ett enkelt selskap sitt konsept, men gir et helt konkret eksempel på hva man kan oppnå med god helhetsforståelse og samspill mellom alle nøkkelparametere for et skips energieffektivitet.

Environship konseptet har vunnet flere anerkjente miljøpriser<sup>4,5,6</sup> og leder frem til en rekke fartøy som har satt en ny standard for drivstoffeffektivitet.

Environship har følgende hovedelementer:

- skrogdesign som var revolusjonerende ved at det med grunnlag i simuleringer og modellforsøk kunne designes med hensyn til de bølge- og værforholdene skipene faktisk møter. Resultatet ble en baugkonstruksjon med opptil 10% lavere bølgemotstand og som også tålte mer. Baugkonstruksjonen brukes i dag på mange ulike typer skip.
- Nye motorteknologier, blant annet gass-elektriske systemer som reduserer NOx utslipp og eliminerer SOx utslipp

<sup>4</sup> Green Ship Technology Award 2013: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2013/19032013-green-technology-award.aspx>

<sup>5</sup> Next Generation Ship Award: <http://www.skipsrevyen.no/nor-lines-bygger-to-naturgassdrevne-milj%C3%B8skip/>

<sup>6</sup> Heyerdahlprisen 2014: <http://www.kongehuset.no/nyhet.html?tid=120502>

- Mer energieffektive propell- og rorsystem som Promas systemet
- Hybrid akselgenerator (HSG). System som muliggjør variabelt turtall på akselgenerator, og dermed også på propell og motor. Viktig faktor for forbedring i energieffektivitet

I sum kan disse teknologiene og riktig samspill mellom dem redusere det totale drivstofforbruket med opptil 40% sammenlignet med liknende tradisjonelle skip.

Rolls-Royce leverte de første skipene konstruert etter Environship konseptet i 2013. Det første skipet var en fôrbåt for Eidsvåg rederiet, M/S «EIDSVAAG PIONER» (Figur 4-3). Skipet ble utrustet med en gass-motor, hybrid akselgenerator (HSG) og promas propell- og rorsystem.

Selv om Environship er et rent Rolls-Royce konsept gir dette et bilde på hvordan klyngemekanismen virker i praksis. De ulike utstyrleverandørene utvikler og tilpasser sine produkter inn mot totalproduktet, som i klyngen er et samarbeid mellom reder og verft/skipsdesigner. En utvikler en integrert løsning der det er summen av løsninger og hvordan de samspiller som er innovasjonen.



**Figur 4-3 M/S «EIDSVAAG PIONER»**

## 4.2 Teknologier og innovasjoner

Økt energieffektivitet og reduserte utslipp kan oppnås via to hovedveier:

1. Øke energieffektiviteten gjennom teknologiske løsninger og smartere operasjoner.
2. Lav-utslippsløsninger som kan deles inn i alternative energikilder (renere drivstoffer), og renseteknologier.

Den første veien gir ofte en direkte økonomisk gevinst og er selvfinansierende, mens nr.2 kommer som følge av regelverk og eventuelle støtteordninger, tilbakebetaling under drift er ikke alltid der for disse tiltakene. Undersøkelsen viser at klyngen har gitt bidrag innen begge kategorier av tiltak.

### *Skrogmotstand*

Klyngens viktigste markedssegment har vært Offshore Service Fartøy (OSV). Her har kontraktene mellom rederi og oljeselskap vært regulert slik at oljeselskapene betaler for drivstoff. Altså har ikke de som eier og opererer skipene, rederiene, hatt økonomiske insentiver eller forpliktelser til å fokusere på energieffektivitet. På 80- og 90- tallet førte dette til et ensidig fokus på kapasitet og arrangement, uten tilstrekkelig fokus på drivstoffeffektivitet. Selv om kontraktsformen er den samme i dag har kundene etter hvert også stilt større krav til energieffektivitet, og i de siste 20 årene har fokuset på energieffektivitet økt. Det har ført til mye fokus på effektive maskineri- og propulsjonsløsninger, men også etter hvert på effektive skrogdesign.

I en litteraturstudie av teknologier og tiltak for å redusere klimagassutslipp fra marin transport presenteres rapporter som anslår at skrogdesign kan bidra til å redusere CO<sub>2</sub> utslipp med fra 2-30% (Bouman et al., 2017). DNV GL anslår reduksjonspotensialet fra skrogformoptimalisering er mellom 4-8% av hovedmotorens drivstofforbruk, avhengig av fartøyets størrelse, segment, driftsprofil og område den skal operere i. Reduksjoner er sannsynlig dersom driftsprofilen som ble lagt til grunn for standarddesign avviker betydelig fra skipets forventede driftsprofil (Dale, 2017).

### *Motstand i stille vann*

Tradisjonelt har skip blitt optimalisert basert på en idealisert seiling i stille vann, uten bølger, vind og strøm tilstede, såkalt stille vannsmotstand. Mye av årsaken til dette er stille vannsmotstand er lett å verifisere i en modelltest, og dermed enkel å håndtere når motstanden til det ferdige produktet skal dokumenteres. For mange fartøystyper er operasjonsmønsteret slik at stille vannsmotstand også er viktig, og vil i slike tilfeller være en god indikator for energieffektivitet.

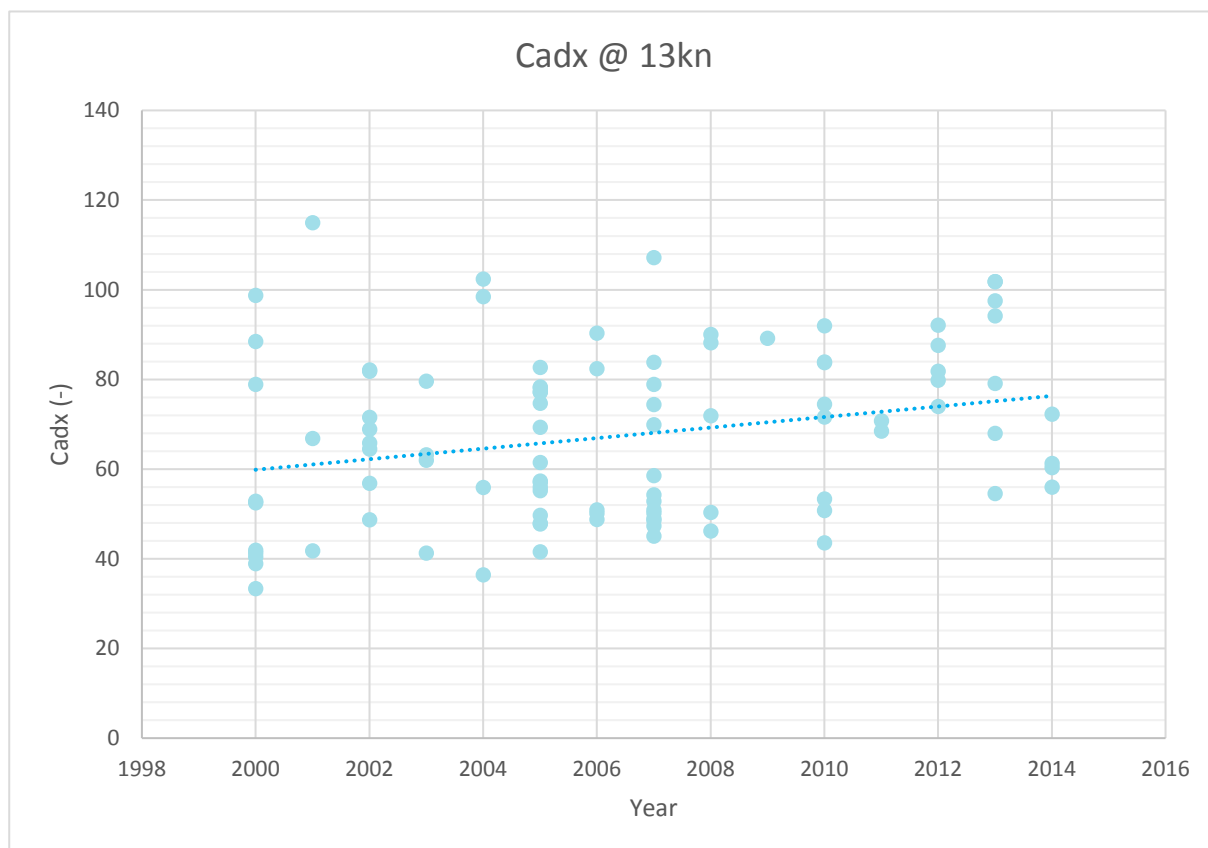
Klyngen inneholder et rikt utvalg av kompetente skipsdesignmiljø, og mange av disse har den siste tiden hatt høyt fokus på energieffektive skrog, og jobbet mye med å utvikle gode løsninger for dette.

Et godt mål på hvor energieffektivt et skrog er i stille vann kan uttrykkes ved Resistance merit coefficient ( $C_{ADX}$ , se likning nedenfor), kort sagt et mål på hvor effektivt et gitt volum transporteres gjennom vann ved en gitt hastighet. Økning i  $C_{ADX}$  betyr forbedret energieffektivitet i form av lavere motstand.

Resistance merit coefficient: 
$$C_{ADX} = \frac{\nabla^{2/3} \cdot V_s^3}{P_E} \quad (V_s \text{ i m/s, } P_E \text{ i kW})$$

I Figur 4-4 har en samlet  $C_{ADX}$  for 13 knop for alle OSV-design fra klyngens medlemmer testet i SINTEF Ocean sin slepetank fra år 2000 og frem til de siste som er testet. Trendlinjen en kan dra for utviklingen av

$C_{ADX}$  over tid viser en betydelig forbedring i  $C_{ADX}$ , dvs. skipsmotstanden i stille vann har i gjennomsnitt gått vesentlig ned i tidsperioden. Den fremgangen Figur 4-4 viser har foregått samtidig med at kundene av mange av fartøyene har bedt om fartøy med mer kapasitet, men uten å ville la dem bli lengre. Når lengden ikke økes betyr det at fartøyene må bli bredere, mer fyldige, og det vil i prinsippet øke motstanden. Utviklingen som klyngen har oppnådd har altså skjedd samtidig med at kundene har krevd fartøy med egenskaper som i utgangspunktet øker motstanden, noe som betyr at selve skrogformene og deres detaljer er forbedret.



**Figur 4-4 Resistance Merit Coefficient for OSV-design, 13 knop hastighet**

### ***Optimalisering for virkelige operasjoner***

Ikke mange skip vil operere i en tilstand som er tilnærmet lik stille vann. Dette gjelder spesielt for OSV-fartøyer som opererer i Nordsjøen (utgangspunkt for utvikling av de fleste skipsdesign i klyngen), hvor en har mye dårlig vær. OSV-fartøyer er i tillegg i all hovedsak relativt små fartøyer (i forhold til de bølgehøyder de opererer i), og kombinasjonen små fartøyer og generelt høye bølger betyr at skipsbevegelse vil ha en stor innvirkning på skipets totale motstand.

Erkjennelsen av at skip bør designes for å være effektive i realistiske sjøtilstander har drevet frem en rekke nye løsninger fra designmiljøer i klyngen. Først ute var Ulstein med sin X-bow design, siden har Vard, Rolls-Royce og Havyard kommet med sine varianter (Figur 4-5). Felles for dem er et fokus på å få en effektiv, trygg og komfortabel gange gjennom bølger. Dette blir ekstra viktig når de opererer i farvann med bølgeperioder som resulterer i at fartøyet stamper. I slike bølger kan motstanden grunnet bølger være større enn stille vannsmotstanden. En kan også få frivillige fartstap, dvs. at kapteinen slakker av, grunnet bølgeslag

eller voldsom skipsbevegelse. Skrogformer utviklet i klyngen har hatt fokus på å redusere både ufrivillig (stopp i bølger) og frivillig fartstap, noe som bidrar til forbedret energieffektivitet. For PSV-flåten er dette spesielt viktig, da typisk bølgefrequens i Nordsjøen sammenfaller med typisk skipslengde for disse fartøyene, noe som medfører mye stamping.

Vi ser i den senere tid at løsningene utviklet for OSV er attraktive i andre segment også, senest demonstrert ved Ulstein sine nye kontrakter for Cruiseskip og Yacht med X-bow design (Figur 4-6).



**Figur 4-5** Eksempler på skrogløsninger utviklet i klyngen for effektiv gange i bølger

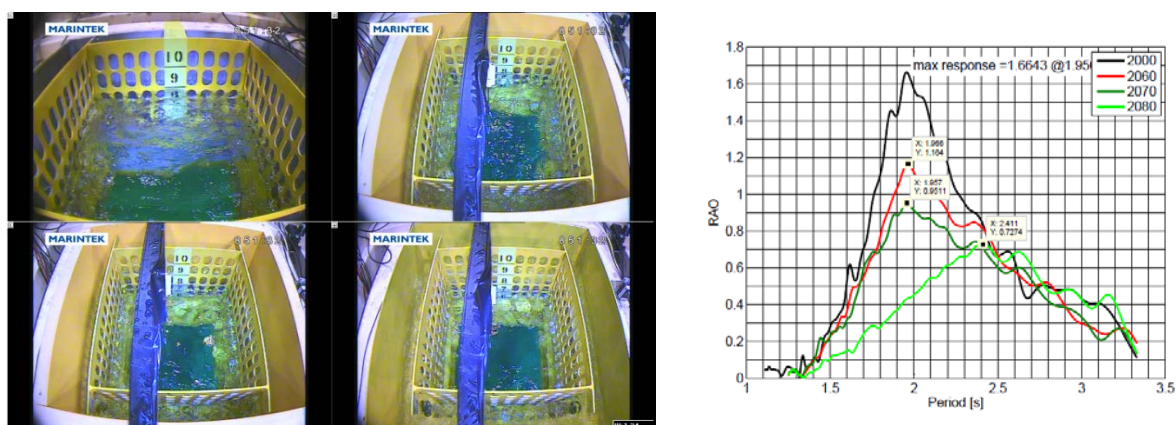


**Figur 4-6** Ulstein X-bow Cruise skip (Illustrasjon: Ulstein)

## Operabilitet

Klyngens fokus på utvikling av effektive baugformer er også fundamentert i fokus på økt operabilitet. Operabilitet er et mål på et skips evne til å gjennomføre ønsket operasjon i et gitt område over tid. Økt operabilitet bidrar til energieffektivitet ved at operasjonen vil ta kortere tid ved f.eks. at ventetid vil bli redusert, eller at skipet kan holde høyere fart i gov sjø.

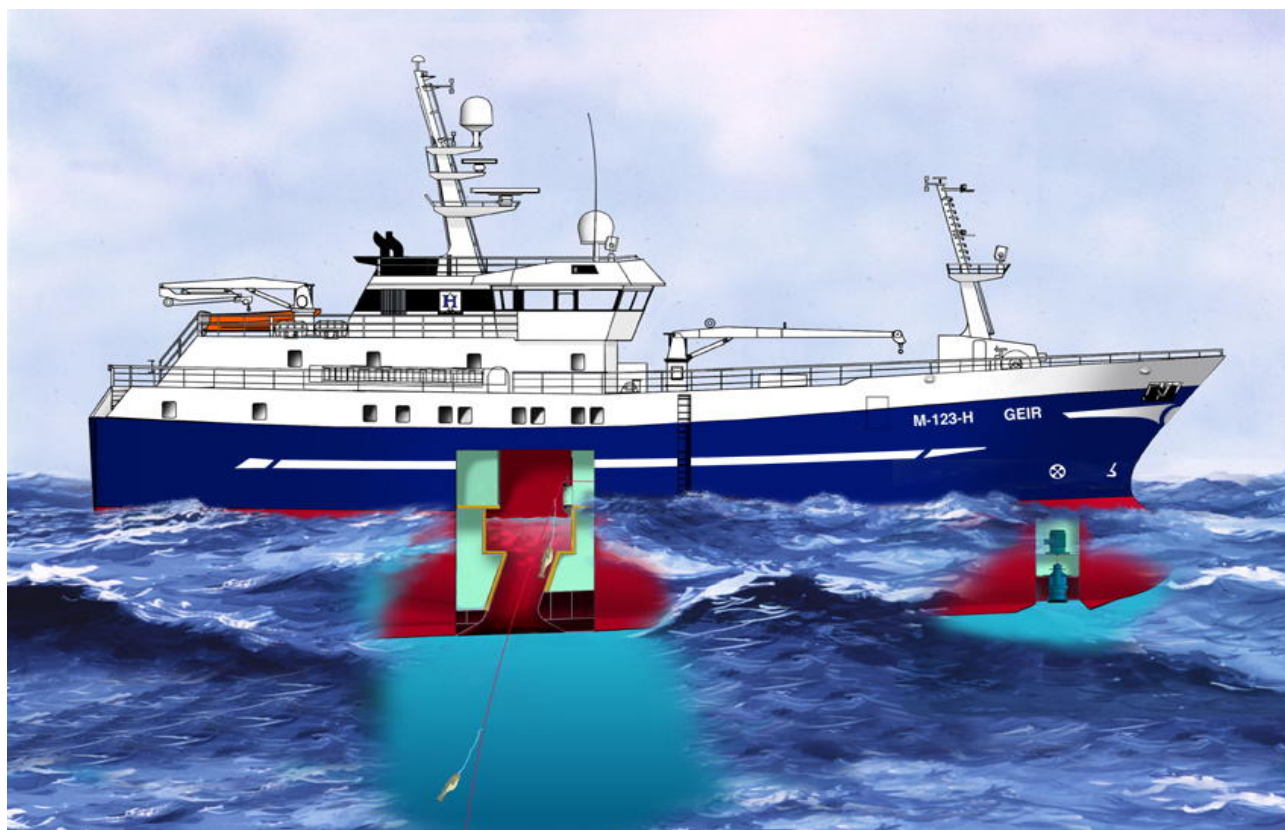
Et konkret eksempel på utvikling innen operabilitet er fokuset Vard og andre har hatt på forbedring av operabilitet i operasjoner som involverer moonpool. En moonpool er en åpning, en form for brønn, i skipet som brukes til å senke ned utstyr, redskap og andre objekter. Fordelen med en moonpool kontra å løfte med kran over skipssiden er at en med hjelp av ulike lede-systemer integrert i brønnen sikrere og mer kontrollert kan senke objekter gjennom moonpoolen enn ved å bruke kran. Utfordringen med moonpools er vertikal bevegelse av vann opp og ned i moonpoolen. Å forstå fysikken og hvordan redusere vannbevegelsen i moonpoolen er avgjørende. Vard har gjennomført et 3 år langt utviklingsprogram, støttet av Forskningsrådet, hvor de har gått systematisk til verks for å forstå moonpoolen bedre. Resultatet er løsninger som gir skip som bruker moonpools for å sette ned/ta opp ting på havbunnen vesentlig bedre operabilitet. Figur 4-7 viser bilder fra modellforsøk av fire ulike moonpoolkonfigurasjoner i samme skip. Grafen i den samme figuren viser resultatene fra vannbevegelsen for de ulike konfigurasjonene. Den beste konfigurasjonen (grønn, forsøk 2080) har mer enn halvert respons i forhold til det som var utgangspunktet (konvensjonell design, sort, forsøk 2000). I praksis fører dette til at det aktuelle skipet kan benytte moonpoolen til operasjoner et vesentlig høyere antall dager pr. år enn med konvensjonelt designet moonpool.



Figur 4-7 Fra modelltest av 4 moonpool-konfigurasjoner (illustrasjon: Vard)

M/S "Geir" bygget av Fiskarstrand verft ble i 1998 den første fiskebåten (linebåt) som tok i bruk moonpool, slik at lina kunne dras rett inn i båten istedenfor over ripa (Figur 4-8). Løsningen revolusjonerte effektiviteten, blant annet mister de vesentlig mindre fangst, og dermed øker energieffektiviteten når den måles opp mot landet produkt. I tillegg var løsningen av stor betydning for fiskernes arbeidsmiljø og sikkerhet. Etter "Geir" er det laget flere fiskefartøyer med samme løsningen, minst 7 fartøyer, en av de siste var Geir II som også inkluderte en diesel-elektrisk fremdrift.





**Figur 4-8 Linebåten Geir med moonpool/dragebrønn inntak av lina**

### ***Diesel-elektrisk fremdrift***

Fartøy som har en stor variasjon i driftsprofil, og derav har store variasjoner i krav til ytelse fra motorer og propulsjonssystem har en stor utfordring. Forskjellen i krav til ytelse gjør det vanskelig å optimalisere motor- og fremdriftssystemet. Tradisjonelle forbrenningsmotorer og propulsjonssystemer leverer best i et begrenset effektområde, men når en og samme båt skal gjøre svært forskjellige arbeidsoppgaver må både kraftprodusentene og -konsumentene ofte jobbe utenfor sitt mest energieffektive område. Eksempler på fartøy som har stor variasjon i ytelse for spesielle operasjoner er fiskefartøy som skal trekke en stor trål gjennom vannet, fartøy som skal håndtere anker og andre store konstruksjoner, holde seg i en spesifikk posisjon og fartøy som ofte må akselerere. Ferger er et eksempel på det siste.

Diesel-elektrisk fremdrift har vært benyttet helt tilbake til begynnelsen av 1900, faktisk var de første diesel drevne skipene også diesel-elektrisk<sup>7</sup>. Diesel-elektrisk fremdrift har hele tiden vært en del av den maritime teknologien, blant annet mye brukt i ubåter, men frem til 80 tallet ble ikke teknologien benyttet i stor skala. En utfordring med diesel-elektrisk fremdrift er å få til god samhandling mellom svært ulike systemer. Helhetsforståelse, godt samarbeid på tvers av aktørene og viljen til å ta risiko gjorde at Møre og Romsdals regionen har vært en sterk bidragsyter til å løse denne utfordringen, og i dag er diesel-elektriske systemer en vanlig og bredt anvendt teknologi på verdensbasis.

En av teknologiene som måtte forbedres før at diesel-elektrisk kunne bli en viktig del av den maritime industrien var vekselstrømgeneratorene. Dette ble det jobbet med allerede tidlig på 70 tallet i Møre og Romsdal, 15 år senere ble aksel- og vekselstrømgeneratorene gjenstand for stor forskningsaktivitet. Viljen til å ta risiko beskrives godt av skipsverftet Langsten som i 1990 hentet teknologi fra den britiske togindustrien og installerte det på en ferge som skulle gå over Øresund. Et risikabelt valg, men et valg som var mulig pga. kulturen i regionen. Etter en prøvetur med store utfordringer fikk de til slutt det hele til å fungere. Regionen har siden det spilt en avgjørende rolle i å skalere opp bruken av diesel-elektriske systemer. Teknologikompetansen i regionen beskrives blant annet av at det globale konsernet ABB kjøpte opp den lokale bedriften Stadt Automasjon i Møre og Romsdal for å forberede seg på den diesel-elektriske bølgen.

Diesel-elektriske løsninger ble innført i OSV segmentet fra midten av 90-tallet. Brattvåg skipsverft (i dag Vard Brattvåg) var bl. a. tidlig ute og leverte i 1996 "Scandi Marstein", et MT6000 design levert av Marin Teknikk i Herøy. Siemens i Trondheim leverte power-systemet. Siden har klyngen gradvis gått over til å levere nesten utelukkende diesel-elektriske system for OSV leveransene. Klyngen i Møre og Romsdal har vært en dominerende aktør både nasjonalt og internasjonalt i utvikling av skip med diesel-elektriske løsninger gjennom både å levere de mest avanserte fartøyene, og ved å levere et stort volum av skip med slike systemer. For eksempel har de fire verftsgruppene Ulstein, Kleven, Havyard og Vard levert til sammen 280 skip med diesel-elektrisk fremdrift i tidsrommet fra år 2000 og i dag.

Prosjektet "fremtidens tråler", et samarbeidsprosjekt mellom SINTEF i Trondheim og Rolls Royce i Ålesund, viste at med diesel-elektrisk fremdrift kombinerte med energigjenvinning fra varmen i eksosen kan trålere redusere drivstoffbruket med opptil 25% (Pedersen, 2009).

Diesel-elektriske systemer er spesielt egnet for skip med høyt krav til redundans. OSV skip som skal ligge i såkalt dynamisk posisjonering og utføre tunge arbeidsoppgaver er underlagt spesielt strenge krav til reservesystemer. De utfører ofte oppgaver der det er store krefter i spill og bortfall av evnen til å holde posisjonen og trekraft kan ha store konsekvenser. Reservesystemene må ha kort responstid og går derfor på tomgang, men dette bruker også mye drivstoff. Diesel-elektriske systemer er energieffektive over stort turtallsområde og innenfor OSV har bruken av diesel-elektriske systemer ført til store drivstoffbesparelser. Rederiet Farstad har sammenlignet drivstoffbruket mellom forsyningsfartøy som utførere de samme

---

<sup>7</sup> Lenke til kilde: [https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel-electric\\_transmission](https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel-electric_transmission)

oppgavene (Tabell 4-2). Fartøyet "Far Serenade" fra 2009 med diesel-elektrisk system bruker opptil 40% mindre drivstoff enn det diesel-mekaniske sammenlignbare "Far Star" fra 1999 på å utføre de samme oppgavene.

Tar en med at "Far Serenade" også er større og har høyere lastekapasitet, så er målt forbedring i forbruk 50% reduksjon pr. fraktet tonnasje (DWT). Aktørene i klyngen har gjennom leveranse av et stort volum av slike løsninger gjort et viktig bidrag til å oppnå en mer energi- og miljøeffektive OSV næring. Via det store volumet har klyngen også industrialisert og forbedret teknologien slik at den i dag er blitt en bransjestandard og eksportert til store deler av verden.

Utviklingen innen diesel-elektriske systemer går nå videre med en mengde løsninger hvor en kan produsere strøm med variabelt turtall på dieselgeneratorene/fremdriftsmotorene. Dette gir en ytterligere forbedring i energieffektivitet ved at det kan produseres elektrisitet over et større spekter av turtall på forbrenningsmotoren. Også her er aktører i klyngen sterkt involvert, enten direkte ved å selv utvikle konkrete løsninger for dette, eller indirekte ved å integrere slike løsninger i sine systemer. Verftene Kleven og Vard har den seneste tiden levert 7 fartøy med "hybrid shaft generator" teknologi som er en variant av denne nye diesel-elektriske teknologien.

**Tabell 4-2 Drivstofforbruk sammenlignbare forsyningsfartøy**

Type	Forsyningsfartøy/ Platform Supply Vessel (PSV)	
Fartøy og byggeår	"Far Star", 1999	"Far Serenade", 2009
Lengde	84 m	94 m
Motorteknologi	Vanlig forbrenningsmotor	Diesel-elektrisk system
Drivstofforbruk, seiling ved 12 kn	16 t/d 3,6 kg/DWT	10 t/d 1,8 kg/DWT
Drivstofforbruk, posisjonering	10 t/d	6 t/d

### **Hybride systemer for ankerhåndteringsfartøy**

Ankerhåndteringsfartøy kjennetegnes av et behov for meget høy tilgjengelig ytelse på propellene da skipets hovedoperasjon krever høy tauekraft for å trekke ut og posisjonere ankerliner og installere anker. Dette oppnås med propeller med stor diameter i dyse, kombinert med høy akseeffekt.

Selve ankerhåndteringen, operasjoner som krever høy trekraft, utgjør en relativt liten del av den tiden fartøyet er i aktivitet. Seiling, dynamisk posisjonering og tauing med moderate ytelser utgjør en mye større del av driftsprofilen, målt i tid. Av tekniske og kostnadmessige årsaker er ikke rene diesel-elektriske løsninger optimale for så høye maksimale ytelser, og en har derfor utviklet hybride løsninger som tar med seg det beste fra både mekaniske og diesel-elektriske løsninger. En kjører mekanisk alene, evt. assistert av elektrisk for høye ytelser under tauing. Ved mindre krav til ytelse på propellene, kjører en ren diesel-elektriske drift for å redusere propell-turtallet, noe som gir en betydelig gevinst i propulsjonseffektivitet.

For et moderne ankerhåndteringsfartøy vil hybrid teknologi med riktig størrelse på den elektriske delen av fremdriftssystemet kunne redusere årlig drivstofforbruk med 30-50% (sitat Børge Nakken, Farstad shipping). Tabell 4-3 viser målt forbruk for sammenlignbare ankerhåndteringsfartøy fartøy med og uten hybrid fremdriftsteknologi.

Medlemmer av klyngen var tidlig ute med å bestille og levere fartøy med hybrid teknologi, allerede i 2007 leverte Vard Langsten "Far Sapphire" (Rolls-Royce design) til Farstad Shipping. Siden den gang har klyngen levert en stor del av fartøyene med denne teknologien installert. Verftene Ulstein, Kleven, Havyard og Vard har siden 2000 levert mer enn 35 ankerhåndteringsfartøy med hybrid teknologi.



**Figur 4-9** Verdens første hybride ankerhåndteringsfartøy, "FAR Sapphire"

**Tabell 4-3** Drivstofforbruk sammenlignbare ankerhåndteringsfartøy

Type	Ankerhåndteringsfartøy / Anchor Handler Tug Supply Vessel (AHTS)	
Fartøy	"Far Santana", 2000	"Far Scorpion", 2009
Lengde	77 m	87,4 m
Motorteknologi	Vanlig forbrenningsmotor	Hybrid system
Drivstofforbruk, seiling ved 12 kn	23 t/d 7,7 kg/TDW	18 t/d 4,6 kg/DWT
Drivstofforbruk, posisjonering	18 t/d	9 t/d

### ***Fremtiden er mer elektrisk***

Den diesel-elektriske utviklingen i Møre og Romsdals regionen går nå videre inn i systemer som også inkluderer batterier – såkalte hybrid teknologier. Med batterier utvides alle de positive egenskapene til det diesel-elektriske systemene og fartøyene utvider hvordan de kan håndteres. Flere av rederiene i klyngen har installert/installerer batteripakker i fartøyer (Olympic, Farstad), og løsningene er i stor grad utviklet av leverandører i klyngen, og installasjon/ombygging av fartøyene er gjort av verft i klyngen. Så langt har Ulstein og Kleven 3 fartøy med batterier (hybrid løsninger) i ordreboken.

Fartøy som gjennomfører arbeid i nærheten av oljeinstallasjoner har pga. sikkerhet behov for solide reservesystemer, såkalt redundans. Det er strenge krav som blant annet krever at reservesystemene må kunne reagere umiddelbart og kunne levere en kraft som ofte er høyere enn det skipet behøver under normal drift. Når reservesystemene baserer seg på forbrenningsmotorer må de stå og gå på veldig lav belastning for å ha kraft tilgjengelig innen akseptabel reaksjonstid. Store motorer på lav belastning over lang tid bruker mye drivstoff. På et av sine sist bygde skip installerer nå Farstad batteri som gir en reserve på 13 minutter. Det er tilstrekkelig til å starte opp de andre reservesystemene. Med batteri som reserve kan en stenge ned generator(er) med konsekvens at de resterende generatorene som produserer strøm gjør det på høyere, mer optimal belastning, og vil derfor være vesentlig mer effektiv. Forventet drivstoffbesparing er 15-20% på årsbasis målt opp mot sammenlignbare fartøy.

En ekstra bonus ved installasjon av batterier på fartøyene er at det forenkler bruken av landstrøm til kai. En utfordring med landstrøm er å dimensjonere tilførselen mot skipenes maksimale behov, noe som medfører store kostnader på infrastruktur på land. Batteri vil kunne ta de høyeste forbrukstoppene og tilførselen kan dimensjoneres for langt lavere effekt en skipets topper. Introduksjon av batteri om bord i fartøy vil kunne øke bruken av landstrøm betraktelig om det blir vanlige løsninger på skip.

I en litteraturstudie av teknologier og tiltak for å redusere klimagassutslipp fra marin transport presenteres rapporter som anslår at hybride teknologier kan redusere CO<sub>2</sub> utslipp fra marin transport med 2-45% (Bouman et al., 2017). DNV-GL anslår at forbruk og utslipp reduseres med 5-25 % for fartøy der batteriløsninger bidrar til fremdriftsstøtte og optimaliserer driften av hovedmaskineriet. Fartøy med varierende kraftbehov, mye lavlastoperasjon og stor andel av operasjonen med krav til kraftredundans, er antatt å kunne forvente de største besparelsene. Videre kan en forvente mindre reduksjoner av størrelsen 1-10% for konsepter der batteriet utelukkende brukes som støtte for hjelpemaskineriet (Dale, 2017).

Elektrifisering og automatisering blir en ny viktig utvikling for å redusere utslipp fra marine aktiviteter. For eksempel bygger nå Kleven verft<sup>8</sup> sammen med Rolls Royce fremtidens hurtigruteskip. I første omgang blir det hybridskip som kan gå på strøm deler av tiden. DNV GI vurderer at batterihybridløsninger med lading fra forbrenningsmotoren kan gi utslippsreduksjoner på 5-25% [DNV Enova rapport 2016].

---

<sup>8</sup> Lenke til verftet: [www.kleven.no](http://www.kleven.no)

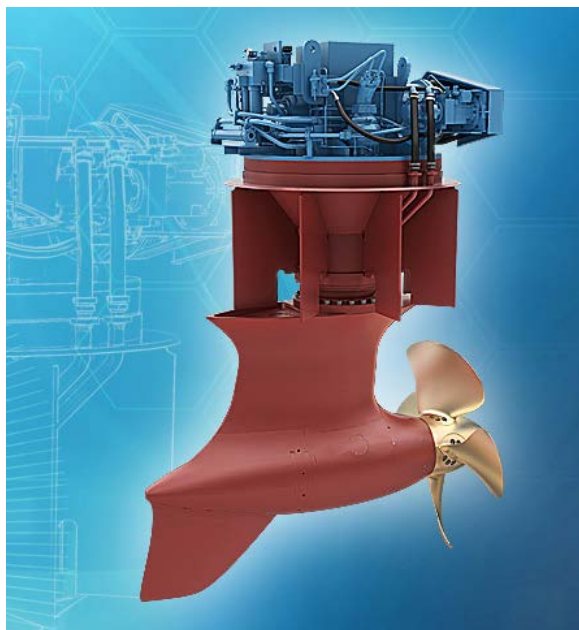
### ***Energieffektiv propulsjon: Azipull***

Interaksjonen og felles læring har drevet frem mye ny teknologi i Møre og Romsdals regionen. Et eksempel er utviklingen av nye azimuth-thrusterne. Azimuth-thrusterne brukes til fremdrift og til å posisjonere skip, og står for en stor del av fartøyenes energibruk. Tradisjonelt er en thruster designet til å skyve med propellen plassert bak thrusterkroppen. Dette fungerer godt i posisjonering, men gir utfordringer mtp effektivitet og potensielt også støy i seiling.

Prinsippet om at det kunne være mer energieffektivt å dra fremfor å skyve har vært godt kjent. Likevel var det en lang vei frem til å få teknologien anvendbar. De første trekkende thrusterne ble introdusert av Liaaen allerede på 80 tallet, og selv om konseptet fungerte godt hydrodynamisk, ble det ganske raskt avskrevet, blant annet fordi at mekanikken ikke tålte påkjenningene. Konseptet ble lagt i skuffen, men med samarbeidet mellom industri og FoU miljø ble muligheten til å modellere og beregne krefter revolusjonert. Sammen med Marintek (nå SINTEF Ocean) og NTNU ble konseptet tatt opp igjen og med hjelp av avansert datamodellering, tunge beregninger og modellforsøk ble de siste utfordringene løst. Computational Fluid Dynamics (CFD) var viktig her.

En trekkende propell foran thrusterkroppen gir muligheter for å designe en mer effektiv propell da den står i en homogen innstrøm, og i tillegg gir interaksjon mellom thrusterkropp og propell en fremoverrettet kraft. En trekkende thruster vil også ha en kurs-stabiliserende effekt på fartøyet da den vil ha en betydelig bedre ror-effekt enn en skyvende thruster, noe som fører til mindre behov for kurs korrigering. Spesielt OSV-fartøyer nyter godt av dette da de i utgangspunktet er kurs-ustabile og derav utfordrende å holde på kurs i seiling. I praksis betyr dette i sum betydelig økt effektivitet.

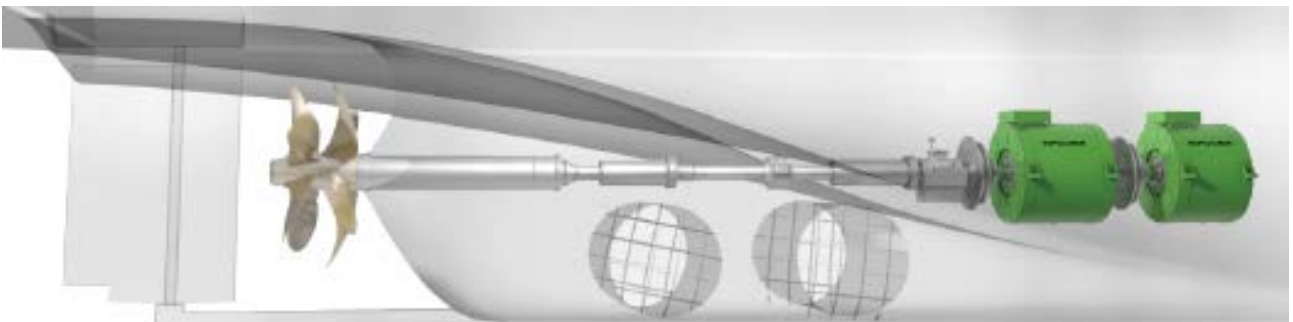
Rederiet Bourbon hadde i utgangspunktet utstyrt PSV skipet "Burboun Tampen" med tradisjonelle skyvende thrusterne da det ble levert i 2002. Etter en tid ble disse erstattet av trekkende thrusterne. Drivstofforbruket gikk ned med hele 16.6%. For dette fartøyet betyr denne reduksjonen 1700t brennolje spart på ett år. Azipullen er siden introduksjonen blitt en stor suksess med mer enn 600 enheter levert. Den har store markedsandeler, spesielt i OSV og fergemarkedet, og konkurrerende konsepter basert på de samme prinsippene er lansert av andre aktører i markedet, senest ved at Brunvoll har lansert sin trekkende Azimuth thruster (PU-serien).



**Figur 4-10 Rolls-Royce Azipull thruster (Illustrasjon: Rolls-Royce)**

### ***Kompakte innovative fremdriftsløsninger***

Brunvoll Volda har over tid tilbudt kompakte propulsjonsløsninger med permanentmagnet (PM) motorer koblet rett på propellakslingen (Figur 4-11). Dette eliminerer behov for reduksjonsgir, og en unngår tap i gir, noe som resulterer i en effektivitetsforbedring i størrelsesorden 2-5%. I tillegg er PM motorer i seg selv mer effektive enn asynkronmotorer som er de mest brukte elektriske motorene i dag. De har også utviklet en spesiell løsning for skip med krav til redundans, en kontraroterende propell med individuell drift på hver av de to propellene koblet til to PM motorer. Dette er et spesielt energieffektivt system for OSV skip med krav til redundans da en kontraroterende propell i senter av båten har vesentlig høyere virkningsgrad enn en klassisk to-propells løsning. Denne innovative løsningen ble første gang levert på PSV skipet Juanita, levert av Kleven i 2014.



**Figur 4-11 Brunvoll Volda kontra-roterende propellsystem med redundans (Illustrasjon: Brunvoll)**

### ***Samhandling ror og propell: Promas***

Rolls-Royce sitt Promas system er utviklet spesielt med tanke på å øke energieffektivitet for propulsjonsløsninger med fast aksling og ror. Systemet integrerer propellen, en hubcap, rorbulb og selve roret til en hydrodynamisk effektiv enhet (Figur 4-12). Ifølge Rolls-Royce vil Promas systemet kunne øke propulsjonseffektiviteten med 3-8% for singleskrue fartøy, og 2-6% for twin skrue fartøy. Modelltester gjort hos SINTEF Ocean med Promas-systemet viser at de indikerte potensialene er oppnåelige.

Promas-systemet gir andre fordeler som er attraktive som økt manøverkraft og lavere støy fra propellen. Klyngen har integrert dette systemet i mange skipskonsepter i flere markedssegmenter som OSV, fiskefartøy og i det siste cruisebåt, hvor balansen mellom effektivitet og støykarakteristikk gjør systemer som dette spesielt attraktivt. Siden lanseringen er det solgt ca. 80 Promas anlegg, 11 av dem med dyse.

Promas teknologien utgjør en sentral del av Rolls-Royce sitt Environship konsept.



**Figur 4-12 Rolls-Royce Promas system (Illustrasjon: Rolls-Royce)**

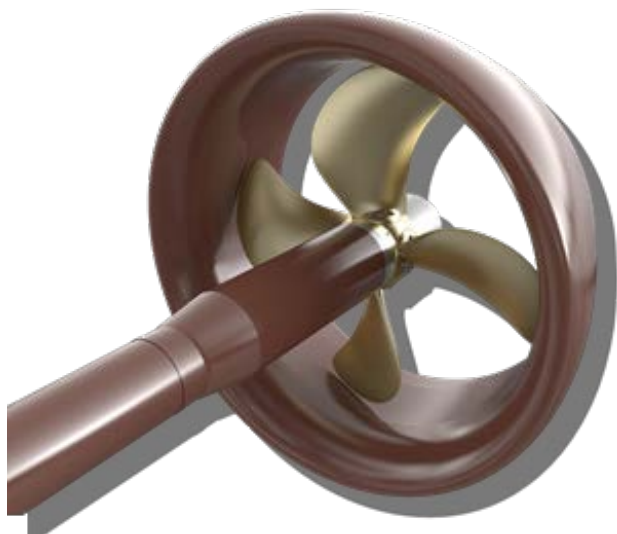
### ***Dyseteknologi***

En propell i dyse (Figur 4-13) leverer vesentlig høyere skyvekraft i liten eller ingen hastighet i forhold til en åpen propell. I normale/høye seilingshastigheter vil derimot dysen ha en negativ effekt (den vil bremse), og i dette fartsregisteret er åpne propellsystemer mer gunstig. Propulsjonssystem med dyse er derfor attraktivt for skip med stort behov for skyvekraft i lave hastigheter, som eksempelvis ankerhåndterere, taubåter og trålere, som "lever av" å trekke tungt i lave hastigheter. Samtidig vil de samme fartøystypene seile mye i høyere hastigheter, og dyseløsninger som også er seilingseffektive er viktige i et energieffektivitetsperspektiv. Flere aktører i klyngen har det siste tiåret utviklet nye løsninger for propulsjonssystemer som inkluderer dyser. Scana Volda (nå Brunvoll Volda) er kommet på markedet med sin høyeffektivitetsdyse som gir en merkbar forbedring i tauekraft/kW effekt.

Rolls-Royce har de seneste årene introdusert sin Innoduct dyse, hvor en i tillegg til å øke tauekraft har hatt ett spesielt fokus på å forbedre energieffektiviteten i seilingsmodus. I følge Rolls-Royce viser beregninger og modelltester et forbedringspotensial på 15% i seiling og 1-2% forbedring i tauekraft i 0-hastighet (Bollard Pull) for Innoduct vs. konvensjonell dyseteknologi. Farstad Shipping har bygd en serie på 8 AHTS på Vard Langsten hvor de 6 første hadde konvensjonell dyse, mens de to siste hadde Innoduct. Resultater fra prøvetur viser her at en hadde 13% reduksjon i effekt i 12.5 knop, og 9% reduksjon i 16 knop i snitt for skipene med Innoduct. Forbedring i tauekraft i 0-hastighet var i snitt 5.4%.

I følge Rolls-Royce vil en kombinasjon av Innoduct og Promas løsningen fra (se eget kapittel om Promas) kunne ha et potensiale på 15-20% forbedring i seiling og 6-8% i tauekraft i 0-hastighet i forhold til konvensjonell dyseteknologi. Erfaringer fra modelltester gjort i SINTEF Ocean sine laboratorier viser at disse skisserte potensialene er realistiske.





**Figur 4-13 Rolls-Royce Innoduct dyse (Illustrasjon: Rolls-Royce)**

### *Rim drive thrustere*

Brunvoll har over tid utviklet en serie av Rim Driven Thrusters (RDT). Dette er et konsept hvor selve motoren ligger i omkretsen rundt propellen og beveger seg med denne. Brunvolls versjon har vannkjølte lagre, og derav ingen risiko for oljelekkasjer. RDT løsningen er ekstremt kompakt, og gir stor fleksibilitet i installasjon som kan utnyttes til mer energioptimale skrogløsninger. RDT teknologien eliminerer også behovet for girhus i propellskiven, noe som gir muligheter for betydelig reduksjon i støy og økning i effektivitet, da en kan gjøre propellblad-designet uten å måtte ta hensyn til forstyrrelse av innkommende vannstrøm forårsaket av girhus, noe en må for konvensjonelle mekaniske thrustere. At en ikke har gir i seg selv øker effektivitet da en eliminerer girtap.

Rolls-Royce har også utviklet lignende løsninger både for Azimuth thrustere og tunnel thrustere. Azimuth thruster varianten deres har vært operativt på NTNU sitt forskningsskip Gunnerus i 2 år med vesentlige dokumenterte innsparinger på oljeforbruk i forhold til propulsjonssystemet med faste akslinger som dette skipet hadde tidligere.



**Figur 4-14 Brunvoll RDT tunnel thruster og RDT Azimuth thruster for hovedpropulsjon (Bilde: Brunvoll)**

### ***Naturgass som drivstoff***

Naturgass kan være et miljøvennlig alternativ til diesel. Først og fremst fjerner det SO<sub>x</sub> utslipp og det blir mindre NO<sub>x</sub> utslipp. Man kan også oppnå lavere klimagassutslipp, men det krever at det er svært små utslipp av metan og at energibruken for å gjøre om naturgassen til væske (liquid natural gas, LNG) og til å distribuere og lagre den ikke blir for høy.

Aktører i klyngen har vært svært sentral i utvikling og leveranse av fartøyer med LNG drift innen ulike skipssegmenter. Vard Langsten var først i verden til å levere en LNG drevet bilferge da de leverte MF "Glutra" til det lokale fergerederiet MRF. Senere bygde Vard en serie på 5 LNG drevne ferger til samme rederi. Felles for disse prosjektene er at regelverk både hos flaggstat og klasseselskap ble utviklet parallelt med design og bygging av disse skipene, en enorm risiko for skipsbyggeren. Og samtidig helt avgjørende for at denne teknologien har blitt kommersialisert og gjort tilgjengelig. Klyngen var også først ute da Kleven leverte verdens første LNG PSV Viking Energy, og har i ettertid vært dominerende på verdensbasis i leveranser av LNG drevne PSV-fartøy. LNG som drivstoff er også sentralt i Rolls-Royce sitt Environship konsept beskrevet i foregående kapittel. I sum er aktører i klyngen også her avgjørende for utvikling og kommersialisering av LNG teknologi, i tillegg til å ha levert stort volum av skip som benytter dette miljøvennlige drivstoffet. Eksempelvis har verftsgruppene Kleven og Vard siden 2000 levert 15 fartøyer med LNG teknologi.



**Figur 4-15 M/F «GLUTRA»**

### ***Hydrogen***

Hydrogen er en interessant energibærer for marine aktiviteter. Bouman et al presenterer i en litteraturstudie prosjekter som estimerer at innføring av brenselceller i maritim transport kan redusere klimagassutslippene med 2-20% (Bouman et al., 2017). Hydrogen har en åpenbare fordel ved at utslippene fra bruk av hydrogenet kun er vann. Det samlede klimaregnskapet til hydrogen er for øvrig gitt av summen av utslipp fra den energi og infrastruktur som er nødvendig for å produsere, lagre og distribuere hydrogenet. I tillegg til å fjerne uønskede utslipp fra skipet muliggjør hydrogen mer bruk av elektriske systemer som for mange bruksområder er mer energieffektive enn forbrenningsmotorer. Et eksempel er ferger som med hyppig akselerasjon har behov for et motorsystem som er energieffektive over et stort effektregister.

Fiskerstrand Verft i Møre og Romsdal har tatt lederrollen for å drive frem hydrogen som energibærer på skip. Brenselceller er benyttet tidlige i mindre fartøy, men med ferdigstilling i 2020 kan ferga fra Fiskerstrand bli verdens første større skip som kun går på hydrogen. Prosjektet med å forske frem, utvikle og bygge ferga har fått navnet HYBRDskip. Fra før har også Fiskerstrand vært tidlig ute med å ta i bruk gass-elektrisk og hybrid løsninger (biodiesel og batteri) på ferger.

### ***Autonome og fjernstyrte skip***

Autonome skip er i vinden for tiden. Både i akademia og industri legges store ressurser inn i utvikling av teknologi for å gjøre skip fjernstyrte og fullt autonome. Gevinstene av autonome skip er mange, en av dem er energieffektivitet. Et autonomt skip er styrt av datamaskiner som settes opp til å styre skipet mest mulig drivstoffoptimalt under alle forhold. Autonome skip kan også være selvlærende og finne ytterligere tiltak for å drive mer energieffektivt ved å bruke målinger og analyser det utfører selv til å oppdatere og optimalisere styringssystemet. Dette er et eksempel på moderne "big data" databehandling og maskinlæring.

Grunnlaget for at autonome skip er i ferd med å bli en realitet er en utvikling som har gått over lang tid innenfor automasjon. Mange skipsoperasjoner er i dag fullautomatiserte, som posisjonering og kontrollen over skipenes energiproduksjon og propulsjon. Denne teknologiutviklingen legger grunnlaget for at en i dag har begynt å ta de siste stegene mot fjernstyrte og fullt autonome skip gjennom å lage gode løsninger for kommunikasjons- og sikkerhetssystemene som må på plass for at skip skal kunne seile trygt uten mennesker ombord. Denne utviklingen har utstysleverandørene og verftsgruppene i klyngen hatt vesentlige bidrag inn mot, da automasjon og kontrollsystem har vært en kjernekompetanse i utviklingen av fartøystypene i klyngen har levert de siste tiårene.

Autonome skip har i kommersiell sammenheng fått et gjennombrudd ved leveranse av Taubåten Svitser Hermod (Figur 4-16), som er omtalt som verdens første kommersielle fjernstyrte skip. Her har aktører i klyngen vært sentral, Rolls-Royce har levert styringssystemene, og Ålesundsbaserte Inmarsat har vært sentral i kommunikasjonssystemene.



**Figur 4-16 Taubåten "Svitser Hermod" (Bilde: Rolls-Royce)**

### ***Tryggere og mer effektive operasjoner***

Skipsoperasjoner i OSV segmentet inkluderer tunge løft og håndtering av utstyr utsatt for store krefter på skip i tidvis dårlig vær. Arbeidsplassen på dekk på fartøyene er derfor forbundet med betydelig risiko. Lite var gjort på dette før 2005, men etter det har mange av aktørene i klyngen har bidratt til en vesentlig forbedring, spesielt innen ankerhåndteringsfartøy hvor utvikling innen haikjeft, tauepinner, automatisk kabellarskifte, cargorail- og traverskraner er introdusert av utstyrsleverandører i klyngen. For forsyningskip (PSV-segmentet) er automatisk slangehåndtering og automatisk lastning og sikring av rør eksempler. Rederiene i klyngen var en driver i utviklingen av disse systemene, og tok sammen med de lokale verftene risikoen med å implementere løsningene i nybygg. Ett eksempel på dette er ankerhåndteringsfartøyet "Olympic Octopus" som i 2006 var det første skipet med cargorailkraner installert for å minske risikoen for mannskap på dekk i jobben å håndtere ankerliner (ofte med store krefter i) og anker på dekk. Dette skipet er designet av Rolls-Royce, dekkshåndteringsutstyr inkludert cargorailkraner er levert av Rolls-Royce, skipet er bygd av Vard Sjøviknes for rederiet Olympic Shipping (Figur 4-17). Alle disse aktørene finner en i Møre og Romsdal.



**Figur 4-17 Ankerhåndteringsskipet "Olympic Octopus" (Bilde: Rolls-Royce)**



## 5 Referanser

- BOUMAN, E. A., LINDSTAD, E., RIALLAND, A. I. & STRØMMAN, A. H. 2017. State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, Part A, 408-421.
- DALE, E. 2017. KARTLEGGING AV TEKNOLOGISTATUS Teknologier og tiltak for energieffektivisering av skip Rapportnr.: 2016-0511, Rev. 1 Dokumentnr.: 1ZMV979-4. DNV-GL.
- PEDERSEN, R. 2009. "FREMTIDENS TRÅLER SLUTTRAPPORT" SFH80 A093033 ISBN 978-82-14-04908-4 SINTEF Fiskeri og havbruk.
- SMITH, T. W. P. J., J. P.; ANDERSON, B. A.; CORBETT, J. J.; FABER, J.; HANAYAMA,, S.; O'KEEFFE, E. P., S.; JOHANSSON, L.; ALDOUS, L.; RAUCCI, C.; TRAUT, M.; ETTINGER, S.; NELISSEN, D.; LEE, D. S.; & NG, S. A., A.; WINEBRAKE, J. J.; HOEN, M.; CHESWORTH, S.; PANDEY, A. 2015. Third IMO GHG Study 2014. International Maritime Organization.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)