

STF80 A053059

RAPPORT



Energireducerende tiltak innen norsk fiskeri

Harald Ellingsen, Moten Lønseth

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Fiskeriteknologi

November 2005

www.sintef.no



SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Fiskeriteknologi

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF Sealab
Brattørkaia 17B

Telefon: 4000 5350
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Energireduserende tiltak innen norsk fiskeri.

FORFATTER(E)

Harald Ellingsen, Morten Lønseth

OPPDRAKSGIVER(E)

Norges Fiskarlag

RAPPORTNR. SFH80 A053059	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Eirik Ulsund	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-1403550-3	PROSJEKTNR. 830151.01	ANTALL SIDER OG BILAG 51
ELEKTRONISK ARKIVKODE Document1	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Harald Ellingsen	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Birger Enerhaug	
ARKIVKODE	DATO 2005-11-21	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Håvard Røsvik, Forsknings sjef	

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Fiskeri- og havbruksnæringens Forskningsfond og Norges Fiskarlag. Målet med rapporten er å dokumentere energiforbruket under normal drift innen de viktigste flåtegruppene i norsk fiske, og foreta en vurdering av potensialet for energireduserende og miljørettede tiltak. Kartleggingen har tatt utgangspunkt i tidligere gjennomført arbeid ved SINTEF Fiskeri og havbruk og hos andre, supplert med ytterligere undersøkelser.

Rapporten beskriver i alt 16 ulike tiltak for reduksjon av energiforbruk og miljøeffekter. De tekniske tiltakene med størst effekt i forhold til energisparing er knyttet til endringer innen fremdriftssystem og propell og til energisystemet. Disse tiltakene vil kunne gi gevinster i størrelsesorden 10 til 20% i forhold til i dag.

Størst effekt med hensyn til reduksjon i utslipp vil kunne oppnås ved å endre energibærer. Overgang til naturgass som energibærer vil kunne gi en reduksjon i utslipp av NOx på 85% og CO2 på rundt 20%.

I tillegg er det også mye å hente ved "myke" tiltak som å endre atferd og strategi i fisket. Tiltak som redusert hastighet og mer energivennlig operasjonsmønster kan gi effekter opp mot 20% for enkelte flåtegrupper.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Fiskeri	Fishery
GRUPPE 2	Energisparing	Energy saving
EGENVALGTE		

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag og konklusjoner	3
2	Innledning	5
3	Norsk fiskeflåte og energiforbruket	6
3.1	Flåten i dag	6
3.2	Motivasjon for energireduksjon	6
3.2.1	Kyoto-protokollen	8
3.2.2	Gøteborg-protokollen	8
3.3	Utvikling mht energiforbruket i norsk fiske.....	10
3.3.1	Spesifikt forbruk for utvalgte grupper.....	10
3.3.2	Utslipp av miljøgasser.....	10
3.3.3	Forskjeller mellom gruppene.	13
3.3.4	Generelt økende trend	13
3.3.5	Tidligere energisparingstiltak rettet mot fiskeflåten.	17
4	Beskrivelse av eksempelfartøy	17
4.1	Ringnotsnurper med kolmulesesong	18
4.2	Rekefrysetråler	19
4.3	Torsketråler med ombordproduksjon (250 BRT/500 TE og over)	20
4.4	Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet. (28 m. st. l. og over).....	22
4.5	Notfiske etter sei, sild, makrell m.m. (21,35 - 27,5 m st.l.)	23
4.6	Garn- og juksafiske. Nord-Norge. (13-20,9 m st.l.).....	24
5	Beskrivelse av tiltak med innsparingspotensial	26
5.1	Tiltak for direkte reduksjon av forbruk.	26
5.2	Energigjenvinning gjennom bruk av spillvarme	38
5.3	Reduksjon av utslipp gjennom endret energibærer.	45
6	Effekter på flåtenivå	48

1 Sammendrag og konklusjoner

Denne rapporten dokumenterer resultatene fra en studie av energiforbruket og potensialet for reduksjon i energiforbruket innen norsk fiskeri.

En kort oversikt over flåten med antall fartøy pr. gruppe er beskrevet. Dette omfatter også energiforbruket pr. gruppe med utviklingstrender. Her er videre inkludert en gjennomgang av teknologisk utvikling og trender samt en beskrivelse av utviklingen av fangstkapasitet og overordnet forbruk.

For å konkretisere foreslåtte tiltak er typiske eksempelfartøy som kan representere de viktigste flåtegruppene, beskrevet. For hvert eksempelfartøy er hoveddimensjoner, installert ytelse, redskap ombord, drifts- og fangstprofiler beskrevet. Energiproduksjon ombord er estimert for å finne tilgang på restenergi.

Undersøkelsen omfatter utvalgte eksempelfartøy fra den helårsdrevne flåten mens øvrige registrerte og aktive fartøy, som ikke kategoriseres som helårsdrevne, er holdt utenfor. For å kunne gi en indikasjon på potensialet for energireduksjon og energigjenvinning for flåten som helhet, har vi også gjort overslag på flåtenivå. Slike overslag blir naturlig nok omtrentlige og må tas med forbehold, men hensikten er å gi et bilde av hvor eller i hvilken retning energireduserende tiltak vil ha størst effekt.

Data er hentet delvis fra egne databaser og fra Fiskeridirektoratets fartøyregister. For å finne representative drifts- og fangstprofiler er også utvalgte rederi og fiskere kontaktet. Alle eksempelfartøy er tenkte, ikke-eksisterende fartøy. Aktuelle energisparingstiltak og andre miljøtiltak som eksempelvis reduksjon av NO_x ved endring av fremdriftskonsept eller energibærer osv., er deretter beskrevet. Vurderingen omfatter så langt mulig også økonomiske effekter.

Rapporten beskriver i alt 16 ulike tiltak for reduksjon av energiforbruk og miljøeffekter. De tekniske tiltakene med størst effekt i forhold til energisparing er knyttet til endringer innen fremdriftssystem og propell og til energisystemet. Disse tiltakene vil kunne gi gevinster i størrelsesorden 10 til 20% i forhold til i dag.

Størst effekt med hensyn til reduksjon i utslipp vil kunne oppnås ved å endre energibærer. På kort sikt er bruk av naturgass i form av LNG mest aktuelt mens hydrogen i kombinasjon med bruk av brenselceller forventes å bli aktuelt for fiskerisektoren på lengre sikt. Overgang til naturgass som energibærer vil kunne gi en reduksjon i utslipp av NO_x på 85% og CO₂ på rundt 20%.

Med hensyn til reduksjon i energiforbruket uavhengig av energibærer, er det også mye å hente ved ”myke” tiltak som å endre atferd og strategi i fisket. Tiltak som redusert hastighet og mer energivennlig operasjonsmønster kan gi effekter opp mot 20% for enkelte flåtegrupper. Dette er tiltak som kan iverksettes gjennom holdningsskapende arbeid og bevisstgjøring med hensyn til hva energien brukes til. Slike tiltak kan støttes oppunder av relativt enkle PC-baserte beslutningsstøtteverktøy som kan gjøre det enklere å holde oversikt over forbruket og samtidig se konsekvensen av hva som gjøres.

Tabell 1-1 oppsummerer de tiltakene som beskrives, sammen med et anslag over hvilken effekt disse har på energisparingen.

Tabell 1-1 Maksimale energibesparelser og utslippsreduksjoner ved innføring av ulike tiltak

		Ringnotsnurpere med kolmulesesong.	Rekefrysetrålere.	Torsketrålere med ombordproduksjon (250 BRT/500 TE og over).	Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet. (28 m. st. l. og over).	Notfiske etter sei, sild, makrell m.m. (21,35 - 27,5 m st.l)	Garn- og juksafiske. Nord-Norge. (13-20,9 m st.l.)
TILTAK							
REDUKSJON AV FORBRUK	Optimal hastighet	10-15%	3-5%	3-5%	5-10%	10-15%	10-12%
	Optimal skrogform	Marginalt	Marginalt	Marginalt	Marginalt	10-15%	0-5%
	Forholdet mellom propellstørrelse og turtall	10-15%	10-15%	10-15%	10-15%	10-15%	10-15%
	Riktig bruk av vripropell	5%	5%	5%	5-10%	5%	5%
	Motortekniske tiltak	0-5%	Marginalt	Marginalt	0-5%	Marginalt	Marginalt
	Energieffektiv dekksutrustning	2-5%	10-15%	10-15%	Marginalt	Marginalt	Marginalt
	Energieffektiv trål	2-5%	10%	10%			
	Driftsmessig samarbeid (partråling, ny logistikk)	Marginalt	Marginalt	5-10%	0-5%	Marginalt	Marginalt
	Beslutningsstøttesystem	Hjelpemiddel for lettere å oppnå effekten av de øvrige tiltakene					
ENERGIGJENVINNING	Oppvarming	5%	5%	5%	5%	5%	5%
	Produktbehandling		5%	5%	5%		
	Elektrisitetsproduksjon	5-10%	5-10%	5-10%	Marginalt		
	Kjøling/Frysing	0-5%	0-5%	0-5%	0-5%		
ALTERNATIVE ENERGIBÆRERE	NO _x /CO ₂ reduksjon ved bruk av LNG	85%/20% (red NO _x /CO ₂)		85%/20% (red NO _x /CO ₂)	85%/20% (red NO _x /CO ₂)	85%/20% (red NO _x /CO ₂)	
	Bio-fuel (eks. leverolje)			2-5%	2-5%		

I arbeidet har det vært en stor utfordring å fremskaffe pålitelige data over det typiske forbruket ombord i de ulike fartøygruppene. Dette gjelder også tilgang til representative driftsprofiler.

Tilgang til mer eksakte data og driftsprofiler vil være nødvendig i et eventuelt videre arbeid med å utvikle tiltak for energisparing på mer eksakt nivå. Det anbefales at det settes i verk et arbeid med å fremskaffe slike data som er representative for de ulike flåteleddene.

Vi håper at dette arbeidet kan danne utgangspunkt for både videre diskusjoner og ikke minst konkrete tiltak som kan føre til at energiforbruket reduseres innen den norske fiskeflåten.

2 Innledning

Å drive fiskeri året rundt i våre farvann er i sin natur energikrevende. En rekke faktorer påvirker energiforbruket som avstand fra land til fiskefelt, dårlig vær og høy sjø, lave temperaturer og ising, håndtering av redskap og ikke minst konservering av fangsten. Flere av disse faktorene er naturgitte og vanskelig å påvirke, mens det på andre felt burde være mulig å finne løsninger som i mindre grad krever energi enn hva som ofte er tilfelle i dag. Temaet reduksjon av energiforbruket innen fiskeriene har da også fått økt aktualitet av flere årsaker.

For fiskerinæringen har den senere tids sterke vekst i oljeprisen medført alvorlige økonomiske utfordringer. Innen enkelte flåtegrupper er lønnsomheten direkte truet hvis ikke tiltak settes inn med sikte på å redusere forbruket ombord. Prisøkningen skyldes heller ikke midlertidige tiltak av prispolitisk art, som eksempelvis var tilfelle på 80-tallet, men mer varige strukturelle årsaker knyttet til økt forbruk spesielt i Kina. Dette økte forbruket er ikke kompensert gjennom økt produksjon, og det hersker bred enighet om at oljeprisene forblir høye i overskuelig fremtid.

Samtidig er det et viktig miljømål for flåten å redusere forbruket. Norge har knyttet seg til flere internasjonale avtaler som Kyoto- og Gøteborg-protokollen som begge forplikter oss med hensyn til å redusere utslippene av klimagasser. Flere studier har vist at det er et betydelig potensial for reduksjoner innen fiskeriene noe som har medført større oppmerksomhet fra myndighetssiden rettet mot slike utslipp fra flåteleddet.

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Fiskeri- og havbruksnæringens Forskningsfond og Norges Fiskarlag. Målet med rapporten er å dokumentere energiforbruket under normal drift for de viktigste flåtegruppene i norsk fiske, og foreta en vurdering av potensialet for energireducerende og miljørettede tiltak. Kartleggingen har tatt utgangspunkt i tidligere gjennomført arbeid ved SINTEF Fiskeri og havbruk og hos andre supplert med ytterligere undersøkelser.

Arbeidet har også hatt som mål å initiere et prosjekt for utredning av bruk av LNG som fremdriftsmedium ombord i norske fiskefartøy. Et konsortium er nå etablert og en søknad om gjennomføring av et slikt prosjekt er utarbeidet og oversendt Norges Forskningsråd ved MARUT-initiativet.

Utredningen baserer seg på tilgjengelige studier og på tilgjengelige driftsdata hentet frem fra ulike kilder som samtaler med rederier og skippere og noe målte data. Det er store variasjoner fra fartøy til fartøy både når det gjelder kapasiteter, tekniske løsninger og driftsform selv innen de samme gruppene. Enkelte skippere hevder også at det knapt finnes to turer som er like. De resultatene vi presenterer kan naturlig nok ikke representere hele flåten tilfredsstillende, men det er vårt håp at vi har fått frem noen hovedområder hvor det kan være grunnlag for sette i verk tiltak med sikte på energisparing i fiskeriene.

3 Norsk fiskeflåte og energiforbruket

3.1 Flåten i dag

Den norske fiskeflåte er meget sammensatt og det er store interne forskjeller med hensyn til driftsmåte, størrelse, utrustning osv. I tillegg varierer fartøyenes alder betydelig. I følge Fiskeridirektoratet (2003) er det registrert aktive fartøy med byggeår tilbake til begynnelsen av forrige århundre. Fortsatt er det motorer i drift med fabrikkårs tilbake i mellomkrigstiden. I følge samme publikasjon var gjennomsnittsalderen på norske fiskefartøy i 2001 24,3 år. Denne har også steget jevnt utover 90-tallet fra et nivå på 20,2 år i 1990.

Totalt besto flåten av 2206 helårsdrevne fartøy i 2002. Tabell 3-1 gir en oversikt over registrerte fartøy, aktive fartøy og helårsdrevne fartøy i følge tall fra Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse, 2002 (Budsjettnemda for fiskerieringen, 1980 - 2002).

Tabell 3-1 Registrerte fartøy, aktive fartøy og helårsdrevne fartøy i følge tall fra Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse (2002).

Fartøystørrelse	Totalt	Aktive ¹	Helårsdrevne
0 – 7,9 m st. l.	4 442	2 356	
8 – 12,9 m st. l.	4 727	4 040	1 127
13 m st. l. og over	1 479	1 403	1 079
Totalt	10 648	7 801	2 206

Fordelingen av de helårsdrevne fartøy på de ulike fartøygrupper fremgår videre av tabell 3-2, fra Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse 2002 (Budsjettnemda for fiskerieringen 1980 – 2002).

3.2 Motivasjon for energireduksjon

Næringsaktørene har et selvsagt økonomisk motiv som i den siste tiden har blitt forsterket med en kraftig økt oljepris som forventes å holde seg på et høyt nivå fremover. Samtidig sliter næringen med en mer eller mindre berettiget oppfatning blant omverdenen om at fangst av vill fisk er energiintensiv og mer energikrevende enn produksjonen innen landbruket. Generelle kundeoppfatninger, eller image i markedet, forventes å kunne få økende betydning etter hvert som at det innføres økende dokumentasjonskrav, muligens også miljømerker osv. I den sammenheng er det viktig for næringen å kunne vise til tiltak i retning av at energiforbruket og de tilhørende miljøeffektene reduseres.

Norge er videre forpliktet ut fra internasjonale avtaler om reduksjon av klimaeffekter, forsuring og overgjødning. Norske myndigheter ønsker å innføre tiltak for å innfri dette på en måte som er samfunnsøkonomisk forsvarlig.

¹ Fartøy som er registrert med fangstverdi i Fiskeridirektoratets sluttseddelregister.

Tabell 3-2 Helårsdrevne fiskefartøy i størrelsen 8 m st.l. og over fordelt på fartøygruppe etter driftskombinasjon¹⁾. 2001 og 2002 (Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse 2002).

Fartøy gruppe	Fartøy størrelse m st.l./ BRT/TE/hl ²⁾	Driftskombinasjon	Antall fartøy	
			2001	2002
Torskeartet fisk				
001	8-12,9 m st.l.	Garn- og juksafiske. Nord-Norge.	441	559
002	13-20,9 m st.l.	Garn- og juksafiske. Nord-Norge.	158	206
003	8-12,9 m st.l.	Snurrevadfiske. Nord-Norge.	6	10
004	13-20,9 m st.l.	Snurrevadfiske. Nord-Norge.	67	86
005	8-12,9 m st.l.	Linefiske. Nord-Norge.	236	212
006	13-20,9 m st.l.	Linefiske. Nord-Norge.	84	100
007	8-12,9 m st.l.	Diverse fiske etter torskeartet fisk m.m.	417	281
008	13-20,9 m st.l.	Diverse fiske etter torskeartet fisk m.m.	89	93
009	21-27,9 m st.l.	Snurrevadfiske. Nord-Norge.	23	23
010	21-27,9 m st.l.	Diverse fiske etter torskeartet fisk m.m.	48	34
011	28 m st.l. og over.	Fiske med konvensjonelle redskap. Hele	57	49
013	250 BRT/500 TE	Ferskfisktrålere/rundfrysetrålere.	35	35
014	250 BRT/500 TE	Torsketrålere med ombordproduksjon.	16	16
015		Andre trålere og småtrålere. Konsumfiske etter sei, torsk	29	33
Reke				
016	8-12,9 m st.l. Under 50 BRT/80	Reketråling.	78	45
017	13 m st.l. og over Under 50 BRT/80	Reketråling.	111	69
020		Rekefrysetrålere.	22	15
022	Over 50 BRT/80	Andre havreketrålere.	34	29
"Sildefiskerier"				
023		Trålfiske etter øyepål, tobis, lodde m.m.	52	41
024	8-12,9 m st.l.	Notfiske etter sei, sild, makrell, brisling	7	20
025	13-21,34 m st.l.	Notfiske etter sei, sild, makrell, brisling	42	81
026	21,35 - 27,5 m st.l.	Notfiske etter sei, sild, makrell m.m.	56	76
027	Tillatt lastekapasitet	Ringnotsnurpere.	34	31
028	Tillatt lastekapasitet 8000	Ringnotsnurpere.	15	15
029		Ringnotsnurpere med kolmulesesong.	42	47
Totalt			2 199	2 206

- 1) Resultater fra kartleggingen av fartøyene i forkant av lønnsomhetsundersøkelsene (ukorrigert masse).
- 2) m st.l. = meter største lengde, BRT = brutto registertonn, TE = tonnasjeenheter, hl = hektoliterkapasitet (konsesjonskapasitet)
- 3) I tidligere fartøygruppe 012 "Diverse fiske etter torskeartet fisk m.m. Hele landet" er det 4 helårsdrevne fartøy i 2002.

Regjeringen har gjennom Miljøverndepartementet (2005) lagt frem en ny stortingsmelding om *Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*. I denne meldingen understreker regjeringen sin intensjon om å oppfylle Norges internasjonale forpliktelser og samtidig være en pådriver i det internasjonale arbeidet med å forhindre menneskeskapte globale miljøeffekter.

I første rekke er det Kyoto- og Gøteborg-protokollene som vil få betydning for fiskerinæringen i årene som kommer.

3.2.1 Kyoto-protokollen

Kyoto-protokollen ble vedtatt i Kyoto, Japan 11. desember 1997. For full tekst, se CICERO (1998). Protokollen er en konkretisering av industrilandenes forpliktelser med utgangspunkt i FNs rammekonvensjon om klimaendringer fra 1992.

Industrilandene har med Kyoto-protokollen for første gang påtatt seg bindende internasjonale forpliktelser om begrensning og reduksjon i klimagassutslipp. Norge ble et av de første land med utslippsforpliktelser som ratifiserte denne protokollen (Miljøverndepartementet, 1995). Etter at Russland ratifiserte protokollen 16. november 2004, trådte den i kraft 16. februar 2005. Det er over 55 parter til Klimakonvensjonen, herunder industriland (dvs. land med utslippsforpliktelser) som sto for minst 55 prosent av industrilandenes totale CO₂-utslipp i 1990, som nå har ratifisert protokollen.

Kyoto-protokollen inneholder en forpliktelse om å redusere industrilandenes samlede utslipp av klimagasser med minst 5 prosent sett i forhold til 1990-nivå innen perioden 2008–2012.

I perioden 1990-2003 økte Norges samlede utslipp av klimagasser med vel 9 prosent, fra 50,1 til 54,8 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Det er anslått at utslippene vil øke ytterligere til om lag 61,8 millioner tonn innen 2010 dersom det ikke innføres nye klimatiltak. I henhold til framskrivningene vil petroleums- og transportsektorene stå for en betydelig del av utslippsveksten fram til 2010.

3.2.2 Gøteborg-protokollen

I 1999 ble det i Gøteborg vedtatt en protokoll om reduksjon av forsurening, overgjødsling og bakkenært ozon (SFT 2000). Denne regulerer landenes årlige utslipp av svoveldioksid (SO₂), nitrogenoksider (NO_x), ammoniakk (NH₃) og flyktige organiske forbindelser (VOC). De maksimale utslippsnivåene som er angitt i protokollen, skal overholdes innen 2010. Gøteborgprotokollen trådte i kraft 17. mai 2005. Ett år etter ikrafttreddelsen skal partene til protokollen vurdere behovet for revisjon. Det arbeides med å legge til rette det faglige grunnlaget for en slik revisjon.

I følge Miljøverndepartementet (2005) er Norges største utfordring ved oppfølging av Gøteborgprotokollen knyttet til å redusere de årlige utslippene av NO_x i et omfang som er tilstrekkelig til å overholde protokollens forpliktelse innen 2010. I henhold til protokollen skal Norge redusere de årlige utslippene til maksimalt 156 000 tonn innen 2010, se Tabell 3-3. Dette nødvendiggjør en reduksjon på om lag 45 000 tonn, som tilsvarer en reduksjon på om lag 30 prosent i forhold til utslippene i 2003. I meldingen understrekes at *NO_x-forpliktelsen i Gøteborgprotokollen er ambisiøs, og de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til å innfri forpliktelsen vil være store. Det er forutsatt at det skal velges tiltak og virkemidler som gir en mest mulig kostnads- og styringseffektiv overholdelse av forpliktelsen.*

Tabell 3-3 Norges forpliktelser etter Gøteborgprotokollen i tonn.

Stoff	Utslipp i basisåret 1990	Utslipp i 2003	Forpliktelsene i Gøteborg-protokollen	Prosent reduksjon innen 2010 i forhold til 1990
SO ₂	53.000	22.800	22.000	58%
NO _x	219.000	220.300	156.000	29%
NH ₃	20.400	22.900	23.000	0%
NMVOC	300.000	301.000	195.000	35%

Kilde: SFT (2000)

Miljøverndepartementet (2005) refererer videre til analyser foretatt i regi av SFT omkring potensialet for ytterligere utslippsreduksjoner for NO_x, som viser at om lag 40 prosent av de norske NO_x-utslippene kommer fra innenriks sjøfart og fiske (Statens Forurensningstilsyn 1999). I følge SFT's analyser er tiltak for å redusere NO_x-utslipp rimeligere innen disse sektorene enn innen industri og transport på land. En betydelig del av utslippsreduksjonene bør derfor skje innen innenriks sjøfart og fiske. I følge tiltaksanalysene fremstår også tiltakene innen petroleumsvirksomheten offshore gjennomgående som mer kostnadskrevende enn de tiltakene som er vurdert for skip og fiskefartøy.

I meldingen understreker departementet at det for skip og fiskefartøy ”vil være nødvendig å utvikle nye virkemidler som kan gi utslippsreduksjoner utover det som følger av IMOs krav til NO_x-utslipp fra nye skip”. Det refereres til sjøfartsdirektoratet som har vurdert en rekke mulige tekniske tiltak både for eksisterende og nye skip. Tiltaksvurderingene omfatter NOR-registrerte skip med størrelse over 500 BRT og som er bygget etter 1985.

Videre heter det: ”IMOs krav til NO_x-utslipp fra nye skip vil bli gjennomført i Norge gjennom forskrift i medhold av sjødyktighetsloven. For å oppnå ytterligere utslippsreduksjoner fra sjøfart og fiske, legger Regjeringen opp til å fastsette egne utslippskrav for skip som går i norsk innenriksfart (dvs. mellom to norske havner, inkl. faste installasjoner på norsk sokkel) samt for fiskefartøy. Det kan være aktuelt å fastsette disse kravene med hjemmel i sjødyktighetsloven. Det vil bli stilt krav både til nye og eksisterende skip og fartøy.”

I meldingen heter det at: ”Regjeringen vil arbeide videre med å konkretisere hvilke fartøyskategorier som skal omfattes av krav og utformingen av kravene. Det vil bli lagt vekt på at kravene skal utformes på en hensiktsmessig måte, at det tas hensyn til konkurransevnen til ulike fartøygrupper og til behovet for å unngå konkurransevidringer. Det er bl.a. viktig at norske og utenlandske skip likestilles mest mulig mht. virkemiddelbruk.”

Regjeringen legger videre opp til en tiltaksplan hvor det også skal vurderes en ordning med tilskudd til finansiering av NO_x-reduserende tiltak på skip og fiskefartøy for å lette gjennomføringen av utslippskrav. Her refereres det til erfaringene med NO_x-RED-ordningen som først ble gjennomført i perioden 1996-2000 og som det igjen ble bevilget penger til i 2004. Regjeringen vil komme tilbake til den konkrete utformingen og omfanget av eventuelle tilskudd i de årlige budsjettene. Utformingen av en eventuell tilskuddsordning må tilpasses ESA's regelverk for miljøstøtte heter det i meldingen.

3.3 Utvikling mht energiforbruket i norsk fiske

3.3.1 Spesifikt forbruk for utvalgte grupper

Det spesifikke drivstofforbruket innen ulike flåteledd er kartlagt for årene 1980 til 2000. Tallene gjelder hovedsakelig bunnfisk, men tall fra kombinasjon ringnot med kolmuletråling er også tatt med, se Figur 3-1. Følgende flåteledd er tatt med i denne undersøkelsen:

- Kystfiske: Garn, juksa, snurrevad = Kystfiske med garn, juksa og snurrevad 13-20,9 m., Nord-Norge
- Kystline = Kystfiske med line 13-20,9 m., Nord-Norge
- Autoline = Autoline 21 m. og over, Sør-Norge
- Ferskfisk-/ rundfrystrål = Ferskfisk- / rundfrystrålere 250 BRT og over, hele landet (før 1998: Ferskfisktrålere, før 1988: 200 BRT og over)
- Fabrikkrål = Torsketrålere med ombordproduksjon 250 BRT og over, hele landet (før 1988: Fabrikkrålere. 200 BRT og over)
- Ringnot = Ringnotsnurpere, hele landet

Det eksisterer ikke oppgaver over det direkte energiforbruket innen flåten, og energiforbruket er derfor beregnet indirekte basert på økonomiske oppgaver over kostnader til drivstoff, drivstoffpriser og fangstdata. Oppgaver over årlige gjennomsnittlige drivstoffutgifter og fangstdata er hentet fra lønnsomhetsundersøkelsene (Budsjettmemda, 1980 – 2002) og kombinert med oppgaver over årlig gjennomsnittspris på drivstoff levert de ulike flåteleddene. Oversikt over priser er basert på underlag fra Statoil, Norsk Petroleumsinstitutt, Bunker Oil og Toll- og Avgiftsdirektoratet. Figur 3-2 viser en oversikt over prisene på drivstoff benyttet i undersøkelsen. For ytterligere detaljer knyttet til beregning av forbruk av drivstoff og utslipp av klimagasser refereres til appendiks 1.

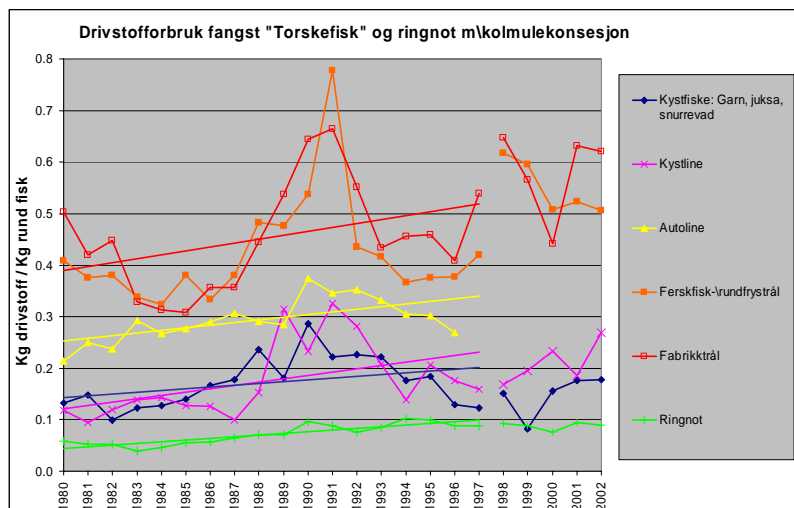
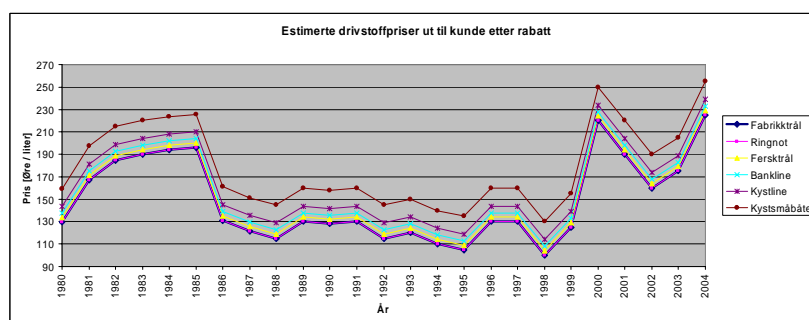
Det er viktig å påpeke at oversikten over energiforbruket er historiske tall og gjenspeiler på ingen måte forskjeller i forutsetninger og reguleringsbetingelser mellom de ulike flåtegruppene. Dette antas å gå i disfavør av trålerflåten som gjennomgående er bundet av strengere betingelser både med hensyn til geografisk og tidsmessig adgang til fiske enn kystflåten. Følgelig reflekterer ikke figuren nødvendigvis de tekniske muligheter som ligger i utnyttelsen av de ulike flåtegrupper når det gjelder energiforbruket.

Av figuren framgår at det spesifikke energiforbruket varierer markert mellom gruppene og fra år til år. I tillegg observeres en generelt økende trend med hensyn til spesifikt forbruk.

3.3.2 Utslipp av miljøgasser.

En overslagsberegning over de viktigste utslippene fra helårsdrevne fartøy med største lengde 8 m og over er foretatt blant annet for å finne en grov oversikt over situasjonen i forhold til målsettingen i Gøteborgprotokollen. Beregningen er gjort for 2002 for de samme gruppene som det spesifikke energiforbruket er beregnet for.

Det totale beregnede forbruket for disse gruppene er multiplisert med utslippsfaktorer (utslipp per kg forbrent MGO, Marine Gas Oil) hentet fra MARINTEK (Bjørkum, 1991), se Tabell 3-4. Totalforbruket er regnet ut ved å multiplisere gjennomsnittlig forbruk per fartøy med antall helårsdrevne fartøy.


Figur 3-1 Spesifikt energiforbruk, ulike flåtegrupper

Figur 3-2 Faktisk pris på drivstoff levert ulike flåtegrupper (nominelle priser).

Tabell 3-4 Gjennomsnittlig utslippskoeffisienter (middelshurtigløpende 4-taksmotorer 80% belastning)

Utslipp	Utslippsfaktor [kg / kg MGO]
NO _x	0.064
HC	0.002
CO	0.002
PM	0.0008
CO ₂	3.17
SO ₂	0.0034

Faktorene er ment å representere et gjennomsnitt for flåten. De er imidlertid basert på noen enkeltmotorer. Vi har ikke tilgang til studier over hva "gjennomsnittsmotoren" i flåten vil slippe ut. Det fører til at resultatene ikke nødvendigvis er representative for flåten.

Hvis man studerer utslippene ut fra deres potensielle miljøbelastning, er NO_x og SO₂ de viktigste utslippene. Utslippsfaktoren for NO_x er relativt usikker fordi den varierer mye fra motortype til motortype, og er veldig avhengig av motorens turtall og belastning. Faktoren for SO₂ utslippene er kun avhengig av svovelinnholdet i drivstoffet. Norsk Petroleumsinstitutt gir hvert år ut en statistikk over det gjennomsnittlige svovelinnholdet i MGO i Norge. Faktoren for SO₂ bør derfor være ganske nøyaktig. En annen viktig type utslipp er CO₂ utslippet. CO₂ utslippet er kun

avhengig av karboninnholdet i drivstoffet, og proporsjonalt med drivstofforbruket. Faktoren for spesifikt CO₂-utslipp i tabellen ovenfor gjelder for alle fartøy som benytter MGO som drivstoff og er representativ for hele flåten.

Tabell 3-5 viser de estimerte totale utslippene i 2002 fra flåtegruppene i denne undersøkelsen. I tillegg viser den utslippene fra alle helårsdrevne fiskefartøyfartøy med 8 meter største lengde og over inklusive fartøy i utenriksfart. Tallene gir kun grove estimater for utslippene. Det er regnet med de samme gjennomsnittlige utslippskoeffisienter for alle flåtegruppene uavhengig av belastningsprofil på maskineriet. Dette vil gi unøyaktige resultater da de forskjellige flåtegruppene har ulike driftsprofiler.

Det estimerte totale drivstofforbruket for flåtegruppene er vist i Tabell 3-6.

Tabell 3-5 *Estimat av totalt utslipp fra forbrenning av marine gassoljer for helårsdrevne fiskefartøyfartøy 2002*

	Kyst: Garn, juksa, snurrev. [Tonn]	Kyst- line [Tonn]	Ferskf./ rundfrys- trål [Tonn]	Fabrikk -trål [Tonn]	Ring-not [Tonn]	Sum flåtegr. denne unders. [Tonn]	Hele helårs- drevne flåten 8 m st.l. og over [Tonn]
NO _x	420	300	3 110	3 240	9 210	16 300	27 500
HC	13	10	100	100	290	500	900
CO	13	10	100	100	290	500	900
PM	10	4	40	40	120	200	300
CO ₂	20 600	14 700	154 200	160 700	456 200	806 000	1 363 000
SO ₂	22	20	170	170	490	900	1 500

Tabell 3-6 *Drivstofforbruk totalt 2002*

Kystfiske: Garn, juksa, snurrevad [Tonn]	Kyst- line [Tonn]	Ferskfisk-/ rundfrys- trål [Tonn]	Fabrikktrål [Tonn]	Ring-not [Tonn]	Sum flåtegr. denne undersøkelsen [Tonn]	Hele helårsdrevne flåten 8 m st.l. og over [Tonn]
6 500	4 700	48 700	50 700	143 900	254 400	430 000

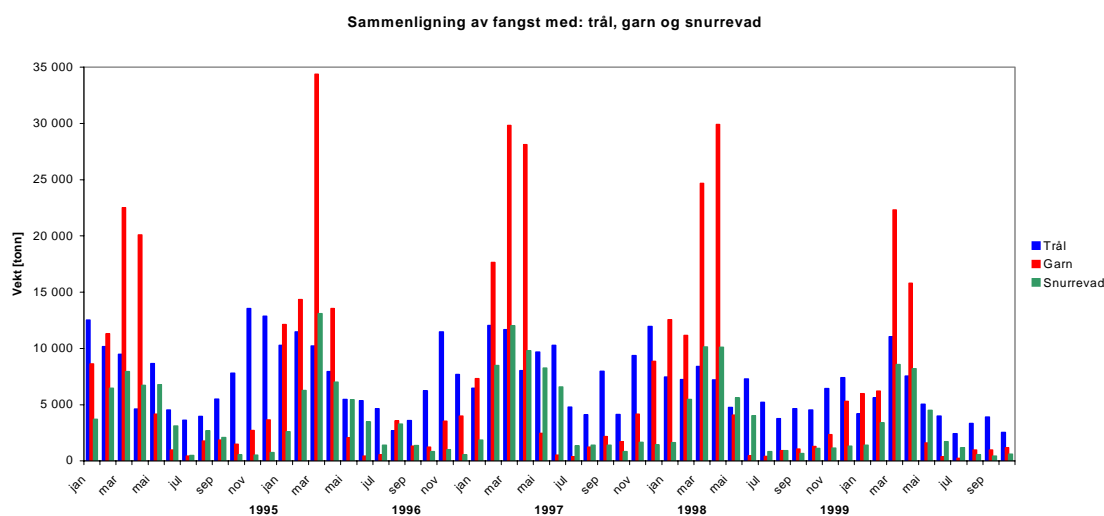
Statistisk sentralbyrå har kartlagt drivstofforbruk og utslipp fra innenriks kystfart og fiske (Tornsjø, 2001). I følge SFT's beregninger forbrukte fiskeflåten totalt 392 000 tonn drivstoff i 1998 hvilket ligger 9% lavere enn våre anslag fra 2002. Med de variasjoner som opptrer fra år til år, vil vi betrakte dette som en bekreftelse på at anslagene er innenfor akseptable rammer for dette formålet.

Vi har videre beregnet et samlet utslipp av NO_x for hele flåten på 27.500 tonn i 2002 som er det samme som SFT har anslått for 1998. 30% reduksjon i forhold til dette nivået medfører at NO_x utlippene fra fiskeriene skal reduseres med rundt 8.250 tonn innen år 2010. I følge våre estimat var utslippene fra fiskeflåten på omtrent samme nivå i 2002 som i 1990 som er basisåret for Gøteborgprotokollen. Estimaten fra 2002 brukes derfor som utgangspunkt for å beregne behovet for NO_x-reduksjoner fra fiskeriene i forhold til målene i Gøteborgprotokollen.

3.3.3 Forskjeller mellom gruppene.

Som nevnt over, bygger tallmaterialet på erfaringsdata uten at det er tatt hensyn til forskjeller i reguleringsbestemmelser som også påvirker energiforbruket gruppene imellom. Dette antas å gå i disfavør av trålerflåten som gjennomgående er bundet av strengere betingelser både med hensyn til geografisk og tidsmessig adgang til fiske enn kystflåten.

Spesielt for torsk er trålerflåten pålagt et jevnere uttak av fisk gjennom året mens fiske med konvensjonelle redskap drives med et stort antall mindre fartøyer med en sterkt sesongbetont aktivitet som Lofotfisket er et eksempel på. Figur 3-3 under (Standal, 2001) viser en oversikt over fangstmønsteret for ulike redskapsgrupper etter torsk for årene 1995 til 1999. Nødvendig fangstinnstas og spesifikt energiforbruk vil være høyere for fangst av torsk som står spredt utover store områder enn for fisk som står konsentrert nær kysten.



tidligere. At dette ikke er tilfelle innen fiskerierne, er bekymringsfullt og kan ha flere årsaker. I denne sammenheng har vi sett nærmere på enkelte faktorer som hver for seg ikke nødvendigvis medfører at energiforbruket øker, men som likevel samlet kan bidra til en slik utvikling. Dette er:

- Overkapasitet og knappe ressurser.
- Billig energi.
- Teknologisk utvikling.
- Driftsmessige forhold.

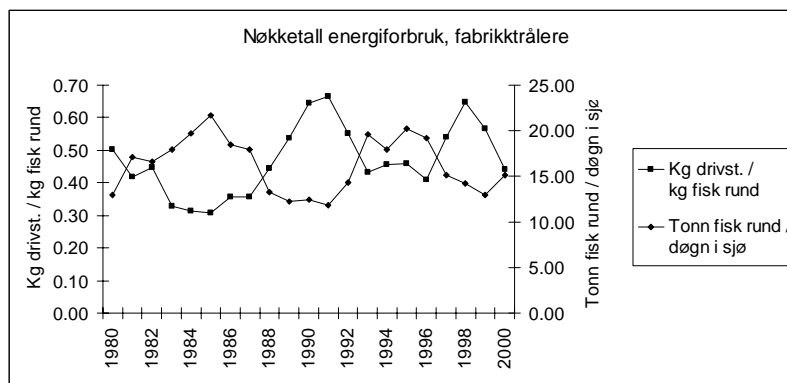
Tabell 3-7 Spesifikt forbruk av drivstoff – ulike undersøkelser.

Fiskemetode	[kg. drivstoff/kg. fisk]				
	Islandsk fiske (Arason, 2002)	Svensk fiske (Ziegler 2001)	Dansk fiske (Bak 1994)	Norge (Meltzer og Bjørkum 1991)	Norsk fiske (denne undersøk.)
Bunnetrål, fabrikk	1,0			0,81	0,47
Bunnetrål, kyst	0,6	1,5	1,4	0,79	0,44
Autoline, hav	0,3			0,36	0,29
Autoline, kyst	0,2			0,21	0,18
Kystfiske	0,1	0,41	0,33	0,25	0,17
Ringnot (sild, lodde)	0,04				
Ringnot m. kolmuletrål	0,09			0,13	0,06

Overkapasitet og knappe ressurser.

Et hovedformål med fiskeriforvaltningen verden over er å tilpasse fangstkapasiteten til ressursgrunnlaget. Å få bukt med overkapasitet er følgelig en hovedutfordring, også i Norge. Selv om situasjonen her til lands er langt bedre enn hos sammenlignbare fiskerinasjoner som eksempelvis Spania, viser flere studier at teknologisk utvikling har en tendens til å utligne kapasitetsregulerende tiltak som settes i verk.

En rimelig antakelse er at overkapasitet i alminnelighet fører til at driftsmidlene ikke utnyttes optimalt. Overkapasitet vil således kunne trekke i retning av økt energiforbruk. En slik sammenheng indikeres av Figur 3-4 under som viser hvordan det spesifikke energiforbruket varierer i forhold til fangstrate for fabrikktrål i årene 1980 til 2000. Koblingen mellom energiforbruk og tonn fangst pr. driftsdøgn fremstår rimelig klart i den forstand at mye fangst pr. døgn medfører et lavt spesifikt energiforbruk og omvendt. Tilsvarende sammenhenger er funnet også for de andre flåtegruppene selv om dette er mest tydelig for bunnetrål. Innen alle gruppene opptrer variasjoner i det gjennomsnittlige spesifikke forbruket tildels kraftig fra år til år. I eksempelet for bunnetrål som figuren viser, varierer det registrerte snittforbruket mellom 0,31 i 1985 og 0,66 i 1991.



Figur 3-4 Spesifikt energiforbruk i forhold til fangstrate for fabrikktrål, årene 1980 til 2000.

Dette indikerer etter vår oppfatning at en flåtestruktur hvor driftsmidlene utnyttes effektivt, vil være en viktig forutsetning for å oppnå en effektivt energiutnyttelse.

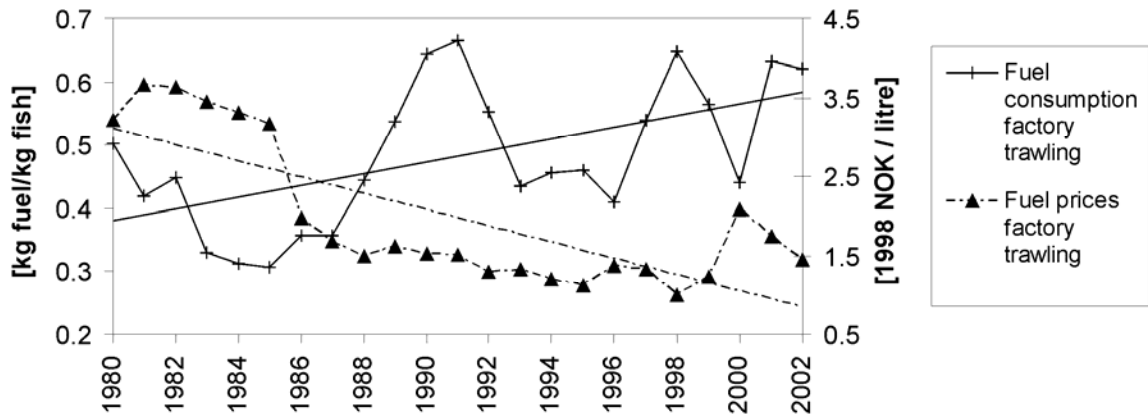
Billig energi.

Figur 3-5 viser utvikling av spesifikt forbruk for fabrikktrål sammen med utvikling av oljepris mellom år 1980 til 2000 i 1998-kroner. Trendlinjer er tegnet inn. Det fremgår av figuren at realprisen på olje har vært jevnt fallende fra tidlig på 80-tallet til år 2000 samtidig som at det spesifikke forbruket har økt. Selv om oljeprisen har variert opp og ned fra år til år i hele perioden, er det ikke funnet noen kortsiktig sammenheng mellom spesifikt forbruk og prisutvikling, men den langsiktige trenden synes klar.

Den kraftige prisveksten på olje for drivstoff vi opplever i dag, kan på mange vis minne om situasjonen på 70 og tidlig 80-tallet. Da ble prisen på olje nesten 5-doblet i løpet av to perioder med kraftig vekst. Som en konsekvens av dette, sank forbruket av olje i verden med rundt 10 % tidlig på 80-tallet og nådde ikke 1979-nivå igjen før etter hele 10 år etter. Frem til midt på 80-tallet ser vi en relativt markert reduksjon i det spesifikke energiforbruket innen flåten før det begynner å stige igjen. Det er naturlig å anta at denne reduksjonen hadde sammenheng med prisveksten frem mot 1981, men at motivasjonen for videre energisparing etter hvert ble svekket ved at prisen på olje igjen sank kraftig.

I tillegg til at det må kunne antas at den økonomiske motivasjonen for å tenke energieffektivisering i designfasen har vært lav, kan mye tyde på at også operasjonelle rutiner har utviklet seg uten å ha et lavt energiforbruk som hovedmål.

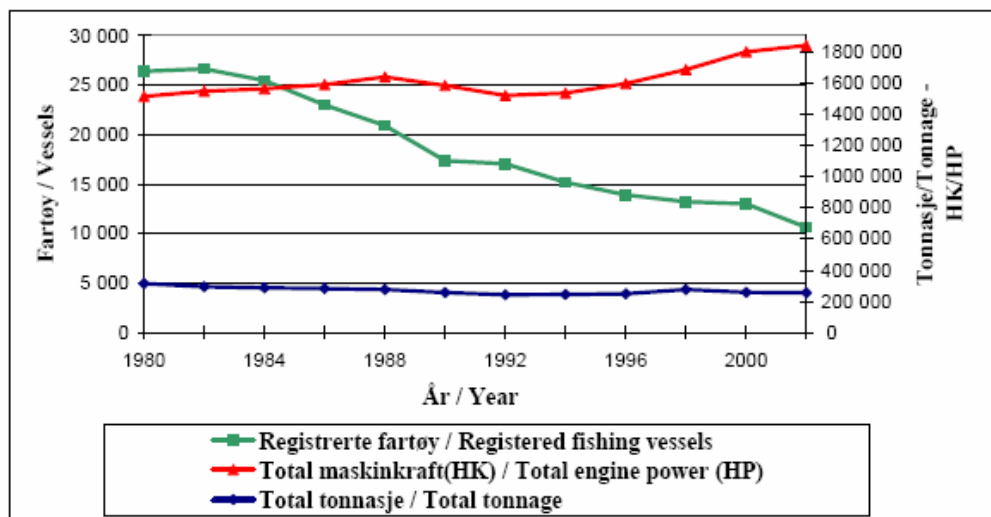
Oljekrisen på 70- og 80-tallet hadde imidlertid politiske årsaker. Selv om det er farlig å spå om oljeprisens fremtid, er den prisoppgangen vi ser i dag på en helt annen måte markedsgenerert ut fra forholdet mellom tilbud og etterspørsel på verdensmarkedet. Det hersker bred enighet om at prisoppgangen denne gang er av langt mer varig karakter, og at det derfor er behov for langsiktige tiltak for å redusere energibruken innen næringen.



Figur 3-5 Utvikling av spesifikt forbruk og utvikling av oljepris. Trendlinjer er tegnet inn.

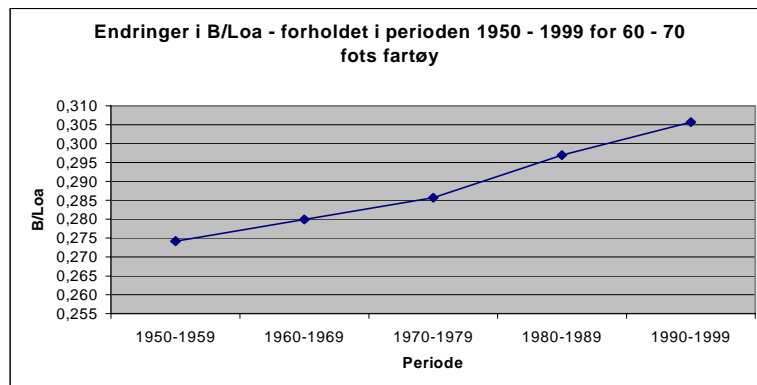
Teknologisk utvikling.

Figur 3-6 illustrerer noe av den teknologiske utviklingen i perioden. Av figuren fremgår at antall fartøy er sterkt redusert, mens den totale tonnasje er stort sett uendret. Samtidig har den samlede installerte motorytelse økt. Vi har med andre ord fått en fiskeflåte som består av stadig færre og større fartøy med mer og mer installert motorytelse. Motivet bak økt ytelse har vært å oppnå både økt tauekraft og økt hastighet. Selv om økt tauekraft isolert sett ikke nødvendigvis burde føre til økt energiforbruk, kan det stilles spørsmål ved om en trend i retning av mer fart og større motorer i alminnelighet er optimalt i forhold til energiforbruket.



Figur 3-6 Registrerte fartøy, total maskinkraft og total tonnasje i norsk fiskeri, årene 1980 – 2002. Figur hentet fra: Fiskeridirektoratet 2002: "Økonomiske og biologiske nøkkeltall fra de norske fiskeriene".

Figur 3-7 viser videre utviklingen av forholdet mellom bredde og lengde for 60 og 70 fots fartøy fra 1950 og fremover. Vi ser klart at disse fartøyene har blitt bredere i forhold til lengden, hvilket i alminnelighet ikke bidrar til å gjøre dem mer energieffektive. Figuren er utarbeidet basert på intern statistikk hos SINTEF Fiskeri og havbruk.



Figur 3-7 Endringer i B/L - forholdet i perioden 1950 - 1999 for 60 - 70 fots fartøy.

Driftsmessige forhold.

Vi har ikke tilgang til data som direkte angir hvor mye driftsavhengige forhold isolert sett kan bety for energiforbruket, men vi har tilgang på data som viser at det er store variasjoner innen samme år for samme flåtegrupper. Beregninger basert på data fra Norske Trålrederiers Forening (1985 – 1994) viser en variasjon innen spesifikt forbruk fra 0,24 (kg. olje pr. kg. rund fisk levert) for en ferskfisktråler til 1,06 for en annen i ett og samme år.

Det må kunne antas at dette indikerer at det er store driftsmessige variasjoner. Det burde dermed være et betydelig potensial for forbedringer innen rene operasjonelle rutiner.

3.3.5 Tidligere energisparingstiltak rettet mot fiskeflåten.

I forbindelse med økningen i oljeprisen på slutten av 70-tallet ble det satt i gang et større nordisk samarbeidsprosjekt med sikte på å redusere energiforbruket i fiskeflåten. Det såkalte "Oliefisk-programmet" ble gjennomført i regi av Nordforsk (Nordforsk, 1984) som et samarbeid mellom forskningsinstitusjoner og universitet i Danmark, Færøyene, Island og Norge. Ved siden av det nordiske samarbeidsprosjektet ble det gjennomført nasjonale prosjekt med tilsvarende målsetting (FTFI 1984, Berg 1986).

Prosjektene utarbeidet en rekke faktaark og brosjyrer og drev oppsøkende opplysningsvirksomhet rettet mot fangstleddet. I tillegg ble det foretatt pilotinstallasjoner av diverse energieffektiviserende tiltak for demonstrasjonsformål.

4 Beskrivelse av eksempelfartøy

For å konkretisere foreslåtte tiltak for energireduksjon og bedring av miljøeffekter i forbindelse med fiskeriene, har vi valgt ut typiske eksempelfartøy som kan representere de viktigste flåtegruppene. Basert på inndelingen fra Budsjettneemda sine lønnsomhetsundersøkelser er typiske fartøy fra følgende flåtegrupper benyttet:

- (029) Ringnotsnurpere med kolmulesesong.
- (020) Rekefrysetrålere.
- (014) Torsketrålere med ombordproduksjon (250 BRT/500 TE og over).
- (011) Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet. (28 m. st. l. og over).
- (026) Notfiske etter sei, sild, makrell m.m. (21,35 - 27,5 m st.l.)
- (002) Garn- og juksafiske. Nord-Norge.

Typiske data er hentest ut fra egne databaser og fra Fiskeridirektoratets fartøyregister. For å finne representative drifts- og fangstprofiler, er utvalgte rederi og fiskere kontaktet. Vi har plukket ut et representativt fartøy fra hver av gruppene. Alle er under 10 år gamle og vil dermed være i aktivt fiske i mange år framover. Alle eksempelfartøy er anonymisert og presenteres under.

4.1 Ringnotsnurper med kolmulesesong

Fartøysgruppen inneholdt i 2002 46 fartøy. Av de 42 som var med i lønnsomhetsundersøkelsen, var gjennomsnittlig lengde (største lengde eller L.O.A.) 66 m og gjennomsnittlig alder 11 år. Eksempelfartøyet har følgende karakteristika:

Hoveddimensjoner

Lengde o.a.	75 m
Bredde mld.	14.5 m
Dybde to hoved dekk	6.00 m
Hastighet	18,5 kn

Fremdriftsanlegg

Hovedmotor	5500 kW / 750 rpm
Propeller	140 rpm
Akselgenerator	2500 kW
hjelpemaskineri	2 x 1000 kW
Baugtruster	700 kW
Aktertruster	900 kW

Kapasiteter

Fuel oil	700 m ³
Ferskvann	80 m ³
Fryse rom	550 m ³
Fryseri	200 t/døgn
RSW	2000 m ³ (inkl. fryserom)
Lugarkapasitet	18 personer

Fabrikk/fryseri

RSW/fryseri	1800kW
Kuldemedium	CO2/NH3
Fryseri	10 x plate frysere
Filetlinjer	4

Dekksutstyr

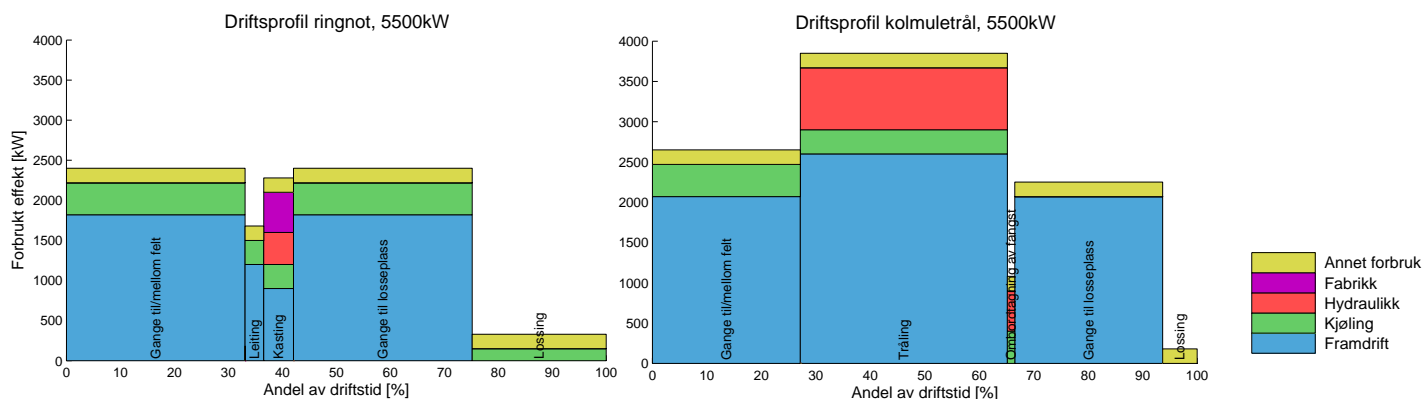
Fartøyet er utstyrt for pelagisk trål og ringnot med hydraulisk trål-/nothåndteringsutrustning. Foruten dette er fartøyet utstyrt med dekkskraner, fiskepumper og et vakuum lossesystem.

Store elektriske forbrukere på denne type fartøy er:

- Trusterne
- RSW/fryserianlegg
- Hydraulikkanlegg

Driftsprofiler

Fartøyene i denne gruppen driver hovedsaklig med to ulike driftsformer, ringnot og trål. Disse har svært ulike karakteristikk som en ser av figurene under.



Figur 4-1 Driftsprofiler for ringnot og kolmulefiske (trål).

En utfordring for denne typen kombinasjonsfiske er at det kreves svært ulike motorkapasitet for de to driftsformene. Som det fremgår av driftsprofilene over, bruker dette fartøyet på det meste oppunder 4.000 kW under kolmulefiske mens bare oppunder 2.500 kW kreves på det meste den delen av tiden fartøyet driver med ringnot. Kolmulefisket blir dermed dimensjonerende for installert ytelse, Dette medfører at fartøyet i store deler av driftstida opererer med unødvendig installert ytelse med mye kjøring på lav last.

4.2 Rekefrysetrål

Fartøysgruppen inneholdt i 2002 13 fartøy. Av de 8 som var med i lønnsomhetsundersøkelsen, var gjennomsnittlig lengde (største lengde eller L.O.A.) 56 m og gjennomsnittlig alder 10 år. Eksempelfartøyet har følgende karakteristika:

Hoveddimensjoner

Lengde o.a.	66,40 m
Bredde mld.	14,60 m
Dybde to hoved dekk	6,06 m
Hastighet	14,5 knots

Kapasiteter

Fuel oil	888 m ³
Ferskvann	48 m ³
Fryse rom	1030 m ³
Lugarkapasitet	24 personer

Fremdriftsanlegg

Hovedmotor	5520 kW/750 rpm
Akselgenerator	2300 kW
Hjelpemotor	340kW + 1424kW
Baugtruster	490 kW

Fabrikk/fryseri

Kuldemedium

NH3

Fryseri

Platefrysere, 50tonn / 24 t

Frysetunnel, 30tonn / 24 t

Dekksutstyr

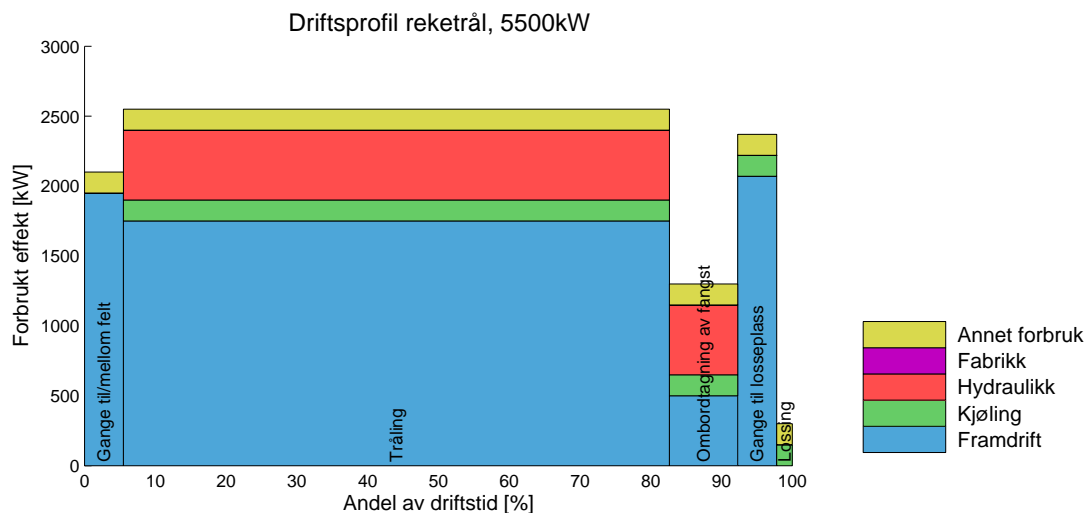
Fartøyet er utstyrt for reketråling i arktiske strøk, med hydraulisk trålhånderingsutrustning. Foruten dette er fartøyet utstyrt med dekkskraner.

Store elektriske forbrukere på denne type fartøy er:

- Trusterne
- Fryserianlegg
- Hydraulikkanlegg

Driftsprofiler

Fartøyene i denne gruppen driver hovedsaklig med tråling.



Figur 4-2 Driftsprofil for rekefrysetrålere.

Driftsprofilen for rekefrysetrålere viser relativt jevn belastning over en typisk tursyklus med en forholdsvis høy andel av energiforbruket knyttet til hydraulikksystemet og kjøring av vinsjer.

4.3 Torsketrålere med ombordproduksjon (250 BRT/500 TE og over)

Fartøysgruppen inneholdt i 2002 16 fartøy. Av de 13 som var med i lønnsomhetsundersøkelsen, var gjennomsnittlig lengde (største lengde eller L.O.A.) 60 m og gjennomsnittlig alder 14 år. Eksempelfartøyet har følgende karakteristika:

Hoveddimensjoner

Lengde o.a.	66,00 m
Bredde mld.	14,0 m
Dybde to hoved dekk	5,85 m
Hastighet	15 knots

Kapasiteter

Fuel oil	650 m ³
Ferskvann	75 m ³
Fryse rom	1000 m ³
Lugarkapasitet	44 personer

Fremdriftsanlegg

Hovedmotor	3800 kW
Akselgenerator	2000 kW
Hjelpemotor	1100 kW
Baugtruster	350 kW

Fabrikk/fryseri

Kuldemedium	NH ₃
Fryseri	Platefrysere, 50tonn / 24 t
Kombinert eksos-/oljefyrt kjel	800/2000 kg/t
Fishmeal plant	50 tonn råmateriale /24 t

Dekksutstyr

Fartøyet er utstyrt for hvitfisktråling, med hydraulisk trålhånderingsutrustning. Foruten dette er fartøyet utstyrt med dekkskraner.

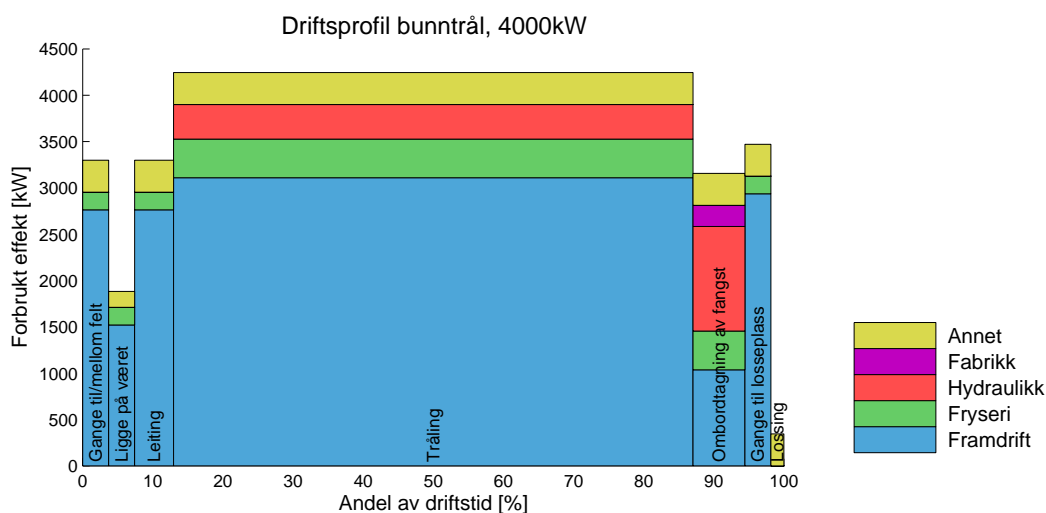
Store elektriske forbrukere på denne type fartøy er:

- Trusterne
- Fryserianlegg
- Hydraulikkanlegg

Driftsprofiler

Fartøyene i denne gruppen driver hovedsaklig med bunntåling.

Som for rekefrysetråleren viser denne driftsprofilen en relativt jevn belastning over en typisk tursyklus. Andelen av energiforbruket knyttet til hydraulikksystemet er omtrent lik energiforbruket i tilknytning til fryseriet.



Figur 4-3 Driftsprofil, bunntårl.

4.4 Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet. (28 m. st. I. og over)

Fartøysgruppen inneholdt i 2002 49 fartøy. Av de 42 som var med i lønnsomhetsundersøkelsen, var gjennomsnittlig lengde (største lengde eller L.O.A.) 39 m og gjennomsnittlig alder 17 år. Eksempelfartøyet har følgende karakteristika:

Hoveddimensjoner

Lengde o.a.	44,85 m
Bredde mld.	10,5 m
Dybde to hoved dekk	7,1 m
Hastighet	13 kn

Kapasiteter

Fuel oil tank capacity	150 m ³
Ferskvann tank capacity	30 m ³
Fryserom fangst	500 m ³
Fryserom agn	70 m ³
Lugarkapasitet	14 personer

Fremdriftsanlegg

Hovedmotor	1100 kW
Hjelpemotor	2 x 350 kW
Baugtruster	200 kW

Fabrikk/fryseri

Kuldemedium	NH ₃
Fryseri	Platefrysere, 18 tonn / 24 t Frysetunell 13 tonn /24 t

Dekksutstyr

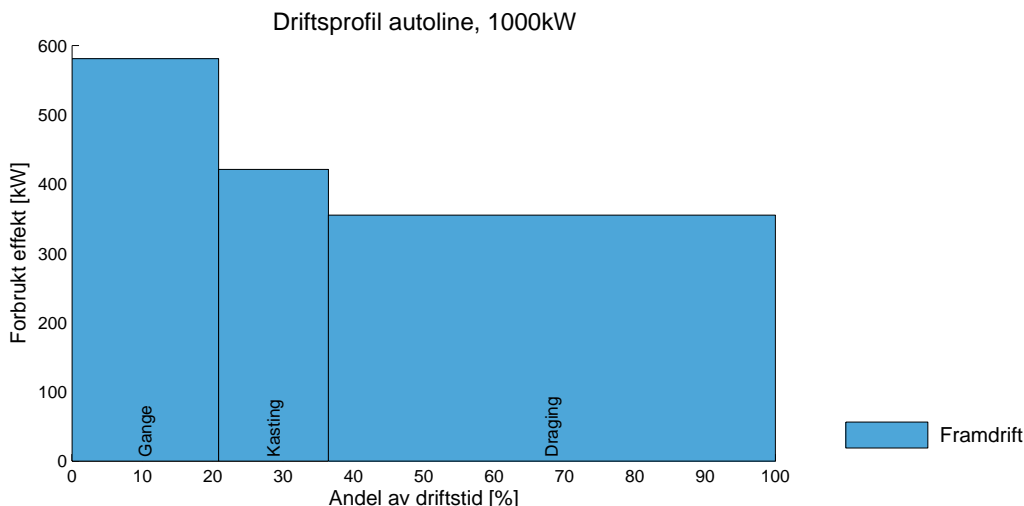
Fartøyet er utstyrt med autolineutstyr. Foruten dette er fartøyet utstyrt med dekkskraner.

Store elektriske forbrukere på denne type fartøy er:

- Trusterne
- Fryserianlegg
- Hydraulikkanlegg

Driftsprofiler

Fartøyene i denne gruppen driver linefiske.



Figur 4-4 Driftsprofil line.

Driftsprofilen for linefartøyet viser at energiforbruket er høyest under gange og lavest under draging av linea. Driftsprofilen er forenklet, men omfatter fartøy med akselgenerator. Framdrift inkluderer også strømproduksjon. Fartøyet er i dette tilfellet under gange i bare 20% av tiden og drar line i mer enn 60% av tiden. Et maskineranlegg tilpasset gange til og fra felt vil i dette tilfellet være overdimensjonert og lite økonomisk hvis det ikke gjøres spesielle tilpasninger.

4.5 Notfiske etter sei, sild, makrell m.m. (21,35 - 27,5 m st.l.)

Fartøysgruppen inneholdt i 2002 76 fartøy. Av de 38 som var med i lønnsomhetsundersøkelsen, var gjennomsnittlig lengde (største lengde eller L.O.A.) 25,6 m og gjennomsnittlig alder 22 år. Eksempelfartøyet har følgende karakteristika:

Hoveddimensjoner

Lengde o.a.	21 m
Bredde mld.	8 m
Dybde to hoved dekk	4 m
Hastighet	

Kapasiteter

Fuel oil tank capacity	30 m ³
Ferskvann tank capacity	15 m ³
Fryserom fangst	150 m ³
Lugarkapasitet	6 personer

Fremdriftsanlegg

Hovedmotor	650 kW
Hjelpemotor	200 kW
Baugtruster	110 kW
Aktertruster	150 kW

Fabrikk/fryseri

RSW	240000 kcal
Kuldemedium	NH ₃
Fryseri	

Dekksutstyr

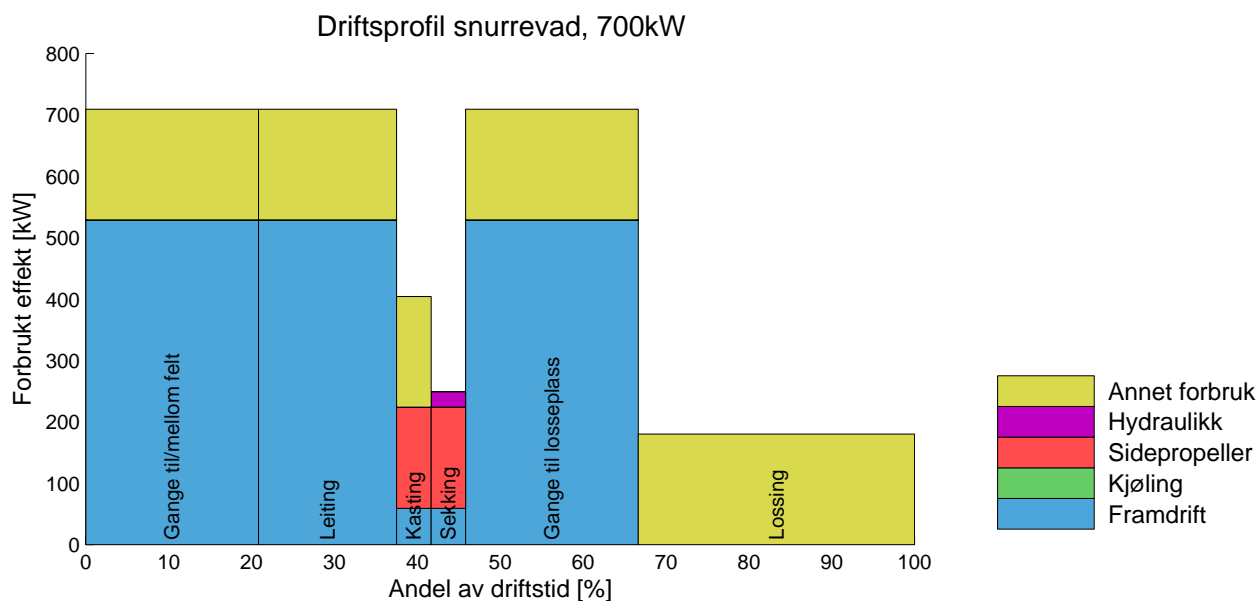
Fartøyet er utstyrt med autolineutstyr. Foruten dette er fartøyet utstyrt med dekkskranner.

Store elektriske forbrukere på denne type fartøy er:

- Trusterne
- RSW-anlegg
- Hydraulikkanlegg

Driftsprofiler

Fartøyene i denne gruppen driver hovedsakelig snurrevadfiske.



Figur 4-5 Driftsprofil, snurrevad.

Driftsprofilen for snurrevadfartøyet viser et energiforbruket er høyest under gange til og fra felt og under leting. Fartøyet benytter kun en liten del av tiden til aktivt fiske og da er energiforbruket relativt lite. Det meste av energiforbruket under fiske går med til produksjon av elektrisk strøm til sidepropellene.

4.6 Garn- og juksafiske. Nord-Norge. (13-20,9 m st.l.)

Fartøysgruppen inneholdt i 2002 206 fartøy. Av de 23 som var med i lønnsomhetsundersøkelsen var gjennomsnittlig lengde (største lengde eller L.O.A.) 15 m og gjennomsnittlig alder 25 år. Eksempelfartøyet har følgende karakteristika:

Hoveddimensjoner

Lengde o.a.	15 m
Bredde mld.	6 m
Dybde to hoved dekk	3 m
Hastighet	10 kn

Kapasiteter

Fuel oil tank capacity	9 m ³
Ferskvann tank capacity	2 m ³

Fryserom fangst	500 m ³
Fryserom agn	70 m ³
Lugarkapasitet	5 personer

Fremdriftsanlegg

Hovedmotor	450 kW
Hjelpemotor	60 kW
Baugtruster	40 kW
Aktertruster	90 kW

Fabrikk/fryseri

Kuldemedium	NH ₃
Fryseri	Platefrysere, 18 tonn / 24 t Frysetunell 13 tonn /24 t

Dekksutstyr

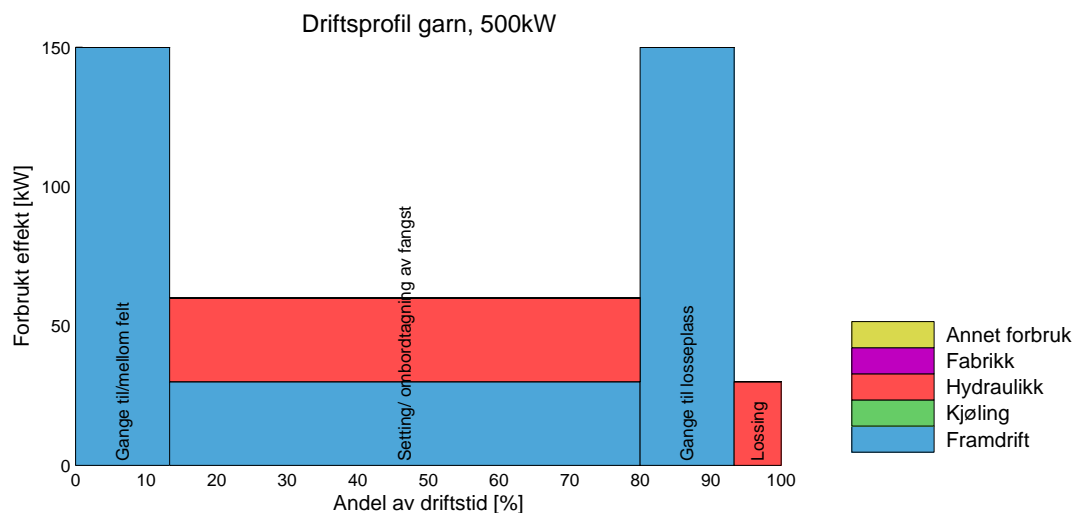
Fartøyet er utstyrt for garn- og notdrift. Foruten dette er fartøyet utstyrt med hydrauliske fiskepumper og dekkskraner.

Flere av hjelpesystemene om bord drives med et hydraulisk system påkoblet hovedmotor. Store elektriske forbrukere på denne type fartøy er:

- Sirkulasjonspumper for lasterom
- Oppvarming

Driftsprofiler

Fartøyene i denne gruppen driver hovedsakelig garnfiske.



Figur 4-6 Driftsprofil, garnbåt.

Driftsprofilen viser at fartøyet har det klart største energiforbruket under gange til og fra felt. Det meste av tiden, i rundt 65%, ligger dette fartøyet og trekker eller setter garn med et langt lavere forbruk. Forbruket under aktivt fiske er omtrent like stort til fremdrift som til kjøring av hydraulikkanlegg.

5 Beskrivelse av tiltak med innsparingspotensial

Energiforbruket ombord i fiskefartøyer kan reduseres på en rekke forskjellige måter. Vi har i det følgende forsøkt å kategorisere tiltakene i hovedgrupper, beskrive disse nærmere og deretter vurdere dem i forhold til de aktuelle flåtegruppene. Følgende tiltak beskrives:

Direkte reduksjon av forbruk gjennom:

1. Optimal hastighet.
2. Optimal skrogform.
3. Forholdet mellom propellstørrelse og turtall.
4. Riktig bruk av vripropell.
5. Motortekniske tiltak.
6. Energieffektiv dekkstrutning.
7. Energieffektiv trål.
8. Driftsmessig samarbeid (partråling, ny logistikk).
9. Beslutningsstøttesystem.

Energigjenvinning gjennom bruk av spillvarme til:

10. Oppvarming.
11. Produktbehandling.
12. Elektrisitetsproduksjon.
13. Kjøling.

Reduksjon av utslipp gjennom endret energibærer.

14. Bruk av naturgass.
15. Hydrogen og bruk av brenselceller.
16. Bruk av biobrensel.

Tiltakene er nærmere beskrevet nedenunder.

5.1 Tiltak for direkte reduksjon av forbruk.

Tiltak 1: Optimal hastighet

Beskrivelse:

Høy fart medfører høyt forbruk av drivstoff. Figur 5-1 er basert på resultater fra modellprøver foretatt av Marintek (Frostad og Jullumstrø, 1988) og viser hvordan nødvendig motorytelse øker med hastigheten gjennom stille vann for et 23 m. langt (LPP) fartøy. Vi ser at motstandskurven er markert brattere fra 11 knop og oppover.

Gjennomsnittlig installert motorkapasitet ombord i norske fiskefartøyene har økt fra 1980 frem til i dag og det kan stilles spørsmål ved om deler av flåten har installert unødig stor motorkapasitet. Optimal hastighet for et fiskefartøy vil likevel være avhengig av hensynet til tidsforbruk og drivstofforbruk.

Alternativ bruk av tid som spares hvis gangtiden reduseres, må prises i forhold til økningen i drivstoffkostnader. Dersom en kan sette en verdi på den alternative bruken av tiden, kan denne holdes opp mot den ekstra drivstoffkostnaden for å finne optimal hastighet.

Potensial m.h.t. energireduksjon

Når en kommer opp i relativt høye hastigheter, øker motstanden ca. 6-8 ganger så mye som farten og en kan ofte spare drivstoff med 30-40% med en fartsreduksjon på 10%.

Et regneeksempel kan bidra til å illustrere dette:

Regneeksempel for tråling:

Basert på data over forbruk og driftsprofiler for 18 ferskfisktrålere har Hassel et. al., (2000) beregnet at ca. 30% av totalt drivstofforbruk brukt til framdrift, går med til steaming til eller fra feltet, eller flytting ute på feltet. Et redusert drivstofforbruk på ca. 30% kan oppnås i steaming med en gjennomsnittlig reduksjon i hastighet på 10%. Dette vil kunne innebære et potensiale for innsparing av energiforbruket på ca. 10% over året. Et antatt gjennomsnittlig forbruk pr. år for ferskfisktrålere på 1.700.000 liter diesel og en dieselpriis på NOK 3,40 vil gi en årlig potensiell besparelse på nærmere NOK 600.000,-. Selvsagt må dette avveies mot et eventuelt tap i fangstinntekt på grunn av redusert hastighet.

Regneeksempel for kystfiske


Omtrent 33% av energiforbruket over året til drift av eksempel fartøyet som driver fiske med snurrevad, går med til gange til/fra feltet. Fartøyet bruker rundt 31% av driftstiden i transitt hvilket tilsvarer omtrent 105 døgn pr. år. Over året bruker fartøyet rundt 700.000 liter diesel. Vanlig gangfart er 11 knop. Ved å redusere hastigheten til 10 knop, øker tidsforbruket i transitt med 9,5 døgn mens reduksjonen i diesel forbruket anslås til ca. 69.000 liter. Med dagens priser på NOK 3,40 pr. liter diesel, tilsvarer dette en årlig besparelse på NOK 235.000. Fartøyet sparer med disse forutsetninger omtrent 1000 NOK pr. time økt gangtid når hastigheten reduseres 1 knop. Det hele blir et spørsmål om å sette verdi på tiden eksempelvis ved å vurdere om fartøyet alternativt kan fiske for mer enn 1000 NOK pr. time innspart gangtid.

Kostnader

Reduksjon av hastighet, eksempelvis under forflytning til eller fra felt, kan i de fleste tilfeller gjennomføres uten noen form for investeringer slik at det hele blir et regnestykke hvor hastighet og verdi av gangtid ses i sammenheng.

I mange sammenhenger vil det være vanskelig å fastlegge verdien av alternativt tidsbruk. For et fiskefartøy kan en tenke seg flere ulike alternativer for å bruke den ekstra tiden en har til rådighet dersom en ikke går med redusert hastighet.

1. Alternativ tidsbruk er økt fisketid. I drift med tilnærmet fritt fiske vil det ofte være slik at tiden er den begrensende faktor for fangstinntekt. I slike tilfeller kan en anslå verdien av tiden til netto fangstinntekt. Det vil si verdien av fangsten en kan få i løpet av den sparte tiden minus driftsutgiftene i det samme tidsrommet.
2. Alternativ tidsbruk er utnyttbar fritid for mannskap og redusert driftstid for fartøyet. I et fiske med store kvotebegrensninger vil dette være situasjonen. En må her fastsette tidsverdien ut fra en verdi av mannskapets fritid, samt eventuelle tidsvariable kostnader for rederiet.
3. Økt hastighet fører til tidligere leveranse og bedre pris.
4. Alternativ tidsbruk er dødtid. Det vil si ikke mer utnyttbar som fritid enn om fartøyet var underveis, og ikke inntektsbringende for fartøyet. Dette er en hendelse som for eksempel kan oppstå når en av en eller annen grunn avbryter fisket og går til havn.

	FARTSPROGNOSE	
	VEDL. Encl.	14
	RAPPORT Report	510337
	DATO Date	5 JAN. 88
	REF. Ref.	

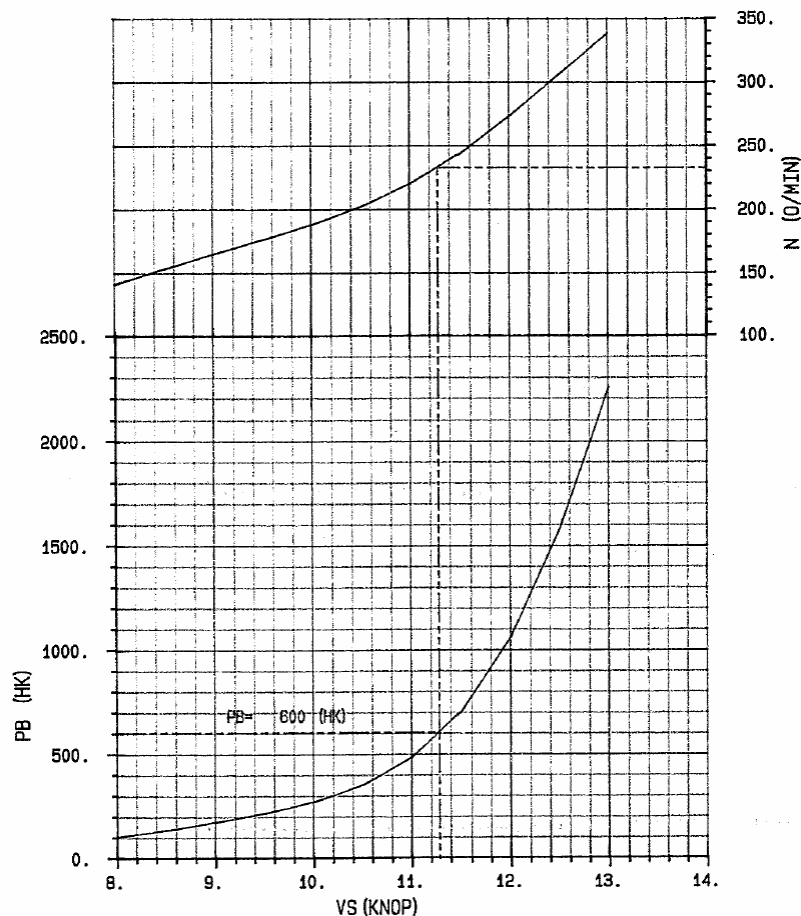
M-1800

DYPGANG AP/FP (M) = 3.500 / 3.500

TILSTAND : PRØVETUR

PROPELL : P-781

P/D (0.7R) : .875



Figur 5-1 Nødvendig motorytelse som funksjon av hastighet gjennom stille vann, 23 m. fartøy (Frostad og Jullumstrø, 1988).

Økt pris på drivstoff vil generelt bidra til å redusere optimal hastighet mens økte fiskepriser og økt tilgang på fisk vil dra i motsatt retning.

Tidshorisont

Tiltaket kan iverksettes umiddelbart.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Større bevissthet rundt hva som er optimal hastighet har relevans i forhold til samtlige flåtegrupper.

For våre eksempelfartøy vil redusert drivstofforbruk under gange ha vesentlig effekt først og fremst for fartøyene for linefiske, snurrevad og garn og juksa. De driftsprofilene vi har

tilgjengelig, tyder på at effektuttaket under gange ligger enten relativt lavt eller er relativt ubetydelig i forhold til effektforbruket under tauing for både ringnot med kolmule, reketrål og fabrikktrål.

Tidligere studier har imidlertid konkludert med at det for fartøyer med små til moderate motorstørrelser og som fisker uten kvotebegrensninger, i mange tilfelle vil være lite å hente ved å redusere hastigheten.

Tiltak 2: Optimal skrogform

Beskrivelse:

Utformingen av skroget er av stor betydning for fartøyets motstand i vannet og dermed også drivstofforbruket. Når et fartøy går gjennom sjøen, er det utsatt for en rekke forskjellige motstandskrefter som bølgemotstand og friksjonsmotstand. For vanlige ett skrogs fiskefartøy, som har et relativt høyt bredde/lengde forhold, er bølgemotstanden den dominerende motstandskraften. I tillegg kommer motstandstillegg i sjøgang på grunn av bølger og vind som kan være meget betydelig for et fiskefartøy.

Konsesjonsregler og reguleringsbestemmelser er i en del fiskerier knyttet opp mot lengdebegrensninger. De fartøyene som er berørt av lengdebegrensninger, er stort sett utnyttet maksimalt med hensyn til plass og lasteevne. Dette medfører at fartøyene har fått en tilnærmet kasseform med butte linjer i for- og akterskipet. Slike fartøyer har høy motstand og ofte ugunstige bevegelser i sjøgang.

Potensial mht energireduksjon:

Modellforsøk har vist at en ved å forlengge et 90 fots skrog med 20%, kan redusere motstanden med opp til 36% i visse hastighetsområder. Motstandsreduksjonen er størst ved høye hastigheter og i høy sjø. Det vil si at et stort antall av de såkalte paragraf-fartøyene kunne ha redusert drivstofforbruket sitt betraktelig hvis de hadde hatt en annen skrogform.

Kostnader

Kostnadene knyttet til å utforme nybygg med bedre motstandsforhold vil være små under forutsetning av at konsesjonsreglene løses opp.

For den eksisterende flåten må det imidlertid utredes hvilke muligheter en har for å redusere energibruken. En stor del av dagens flåte vil i praksis være vanskelig å bygge om til en mindre energikrevende skrogform. For et ”paragraffartøy” med opptil 35% høyere drivstofforbruk enn nødvendig, kan det likevel være grunn til å vurdere ombygging. Myndighetene kan også påskynde slike endringer gjennom virkemiddel som direkte eller indirekte subsidieordninger.

Regneksempel kystfiske.

Vi kan igjen bruke snurrevadfartøyet over og denne gang gjøre en overslagsberegning på om en ombygging vil kunne lønne seg. En forlengelse av en 90 fots kystfiskefartøy med 20 fot, er budsjettet til rundt 5,0 mill. NOK, og vi bruker det som kalkylegrunnlag. Årlig dieselforbruk antas å ligge på 700.000 liter. Vi antar at motstandsreduksjonen er mest fremtredende under gange til og fra felt og under leting. Disse fasene omfatter til sammen ca. 75% av energiforbruket. Det antas at energiforbruket her kan reduseres med 25%. Dette tilsvarer et redusert dieselforbruk på rundt 130.000 liter eller en besparelse på NOK 440.000 pr. år med dagens priser. Med 10% rente og 15 års nedbetaling tilsvarer denne besparelsen en nåverdi på 3,4 mill. NOK. Isolert sett vil nok inntjeningen her være for

svak til å rettferdiggjøre denne investeringen hvis ikke andre positive forhold kommer inn i vurderingen.

Tidshorison

Endring av skrogform vil kreve ombygging eller utskifting av tonnasje og er et relativt langsiktig tiltak.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Det er spesielt fartøy som er tilpasset konsesjonsregler med lengdebegrensninger som er aktuell for dette tiltaket. Dette gjelder det meste av dagens 70 og 90-fotere.

Tiltak 3: Forholdet mellom propellstørrelse og turtall**Beskrivelse:**

Generelt gir en stor, saktegående propell bedre virkningsgrad enn en liten og hurtiggående propell. Økt propellstørrelse og reduksjon av propellens turtall kan derfor være en metode for å redusere fartøyets drivstofforbruk gjennom redusert effektbehov.

Potensial mht energireduksjon

Potensialet med hensyn til drivstoffreduksjon som følge av økning i propellstørrelse, vil måtte beregnes særskilt for hvert enkelt fartøy.

Beregningseksempel:

Et bergningseksempel fra det tidligere Oljefisk-programmet viser en potensiell besparelse for en tråler i området 16 – 18% hvis propelldiameteren økes med 40% og turtallet samtidig reduseres med 55% i fri fart med åpen propell. Dersom dette dreier seg om en dysepropell, vil sparingen ligge på 18 – 20 % under tauing og 8 – 10 % i fri fart.

For å illustrere potensialet her, kan vi anta at reketråleren som brukes som eksempelefartøy, oppnår en besparelse på 15% i 70% av tiden. Totalt bruker fartøyet rundt 3,3 mill. liter dieseloilje i året. Dette vil kunne medføre en årlig reduksjon i dieselforbruk på 350.000 liter som tilsvarer en innsparing på 1,18 mill. NOK med en antatt dieselpriis på NOK 3,40.

Ved bruk av vripropell vil tap ved lav propellstigning kunne bli større med økt propelldiameter noe som må også tas med i vurderingen, se neste punkt, tiltak 4.

Kostnader

Det foreligger ikke gode nok data som grunnlag for å kunne hevde at propelldiameter og turtall i alminnelighet ligger langt utenfor det optimale område for norske fiskefartøyer, men eksempelet over viser at konsekvensene av feil valg er såpass store at dette er område som burde få økt aktualitet med dagens høye drivstoffpriser.

Tidshorison

Skifte av propell er ofte et betydelig inngrep og krever planlegging og inngående kalkyle.

Relevans i forhold til flåtegrupper

For å finne lønnsomhet ved propellskifte, må det settes opp en kalkyle for det spesifikke fartøy. På generelt grunnlag kan imidlertid følgende sies:

- Propellskifte, der investeringen isolert skal betales ved innsparing av drivstoffkostnader, forutsetter en akterskipsutforming som tillater økt diameter og et betydelig innsparingspotensiale. Dette antas å være mest aktuelt for deler av den større trålerflåten.
- Hvis skifte av propell skal gjøres som en del av en samtidig fornying av fremdriftsanlegget, vil utskifting kunne være lønnsomt for større deler av flåten. Dette forutsetter at betydelige skroginngrep ikke er nødvendig.
- For kyst og sjarkflåten vil propellskifte normalt kreve skroginngrep som kun er aktuelt ved nybygg.

Tiltak 4 Riktig bruk av vripropell

Beskrivelse:

De fleste norske fiskefartøy er utstyrt med vribar propell for å dekke ulike driftskondisjoner som eksempelvis kan kreve både behov for *liten hastighet* og *stor thrust*, som under tråling, og *stor hastighet* og *moderat thrust* som under gange. Hvis farten endres ved å endre propellstigningen uten å endre turtallet på hovedmotoren, er dette ugunstig på grunn av at propellvirkningsgraden blir betraktelig dårligere dersom endring i skyvkraft kommer gjennom redusert stigning og ikke gjennom redusert turtall. En antar at det er et potensial for å redusere drivstofforbruket ved mer optimal operasjon av motor og vripropell.

For mange fartøy setter imidlertid bruk av akselgenerator begrensninger for hvor langt ned i turtall hovedmotoren kan gå før strømproduksjonen faller ut. Her kan det være aktuelt å vurdere økt bruk av hjelpemaskineri for strømproduksjon.

Potensial mht energireduksjon

Potensialet med hensyn til drivstoffreduksjon som følge av mer optimal bruk av vripropell kan illustreres ved eksempelet under som er hentet fra det tidligere Oljefisk-programmet.

Beregningseksempel:

I Oljefisk-prosjektet (Nordforsk, 1984) ble det foretatt en analyse av effekten av feil og riktig bruk av vripropell på en ferskfisktråler. I beregningseksempelet ble det vist hvordan drivstofforbruket påvirkes på ulikt vis hvis en fartsreduksjon fra 12,1 knop til 11 knop foretas enten ved å redusere propellstigningen eller ved å redusere turtallet på motoren. Ved å redusere propellstigningen til 70% og beholde motorturtallet på samme nivå, ble drivstofforbruket for eksempeltråleren redusert fra 250 til 172 liter pr. time. Ved å holde propellstigningen uendret og i stedet redusere turtallet, ble drivstofforbruket redusert til 151 liter pr. time. I det første tilfelle ligger altså forbruket på 21 liter drivstoff pr. time høyere eller ca. 14% over alternativet med redusert turtall og uendret propellstigning.

Kostnader

Mer optimal bruk av vripropell vil innen visse rammer kunne gjennomføres uten investeringer i det hele tatt.

Tidshorisont

Endring av operasjonelle prosedyrer i forhold til mer optimal bruk av vripropell kan mer eller mindre iverksettes umiddelbart så lenge dette ikke kommer i konflikt med motorkonfigurasjonen før øvrig.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Flere forhold som nødvendig turtall for drift av akselgenerator, begrenser mulighetene til å variere turtallet. Både uttalelser fra fiskere og fartøyspesifikke tall vi har tilgang på, tyder imidlertid på at det spesifikke energiforbruket varierer mye fra fartøy til fartøy og fra skipper til skipper innen samme gruppe. I alle fall deler av disse forskjellene må kunne tilskrives forskjeller i hvordan fartøy og fremdriftssystem håndteres under fiske. Vi vil anta at dette blant annet skyldes ulik bruk av vripropell og turtall på maskineri.

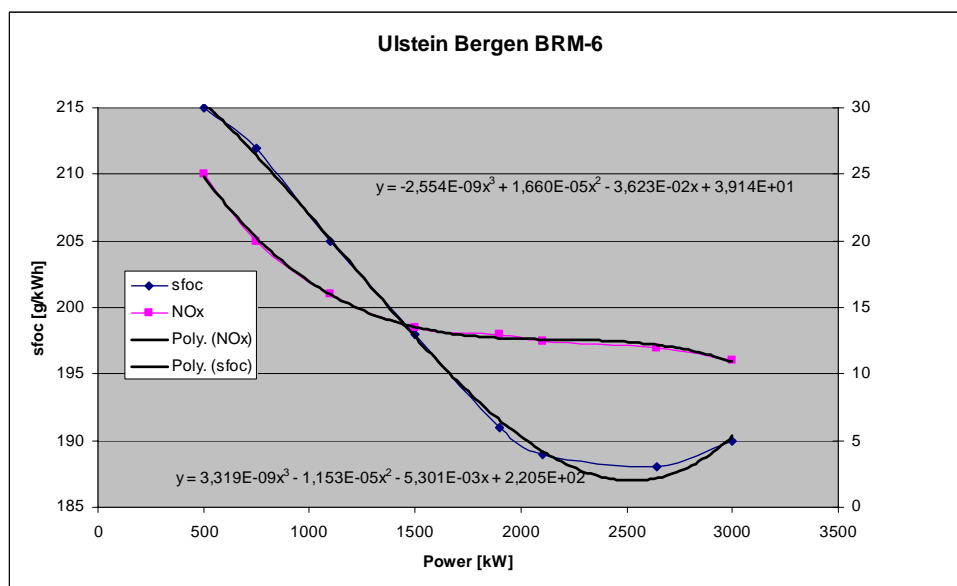
Det antas at optimalisering av forholdet mellom turtall og propellstigning har aktualitet for fleste flåtegruppene.

Tiltak 5 Motortekniske tiltak

Beskrivelse:

For de fleste marine dieselmotorer ligger ideell belastning rundt 80% av maksimal ytelse. I mange fiskerier er det imidlertid stor forskjell på nødvendig motorytelse avhengig av om et fartøy steamer eller om det er i fiske, for eksempel sleper trål, haler line, o.l. Når motoren kommer ned på lave belastninger, vil den få et høyere spesifikt forbruk i forhold til det ideelle. I Figur 5-2 under er det vist hvordan både det spesifikke forbruket av drivstoff og utslipp av NOx varierer med ulike belastningsgrader for en 3.000 kW Ulstein Bergen, BRM-6, motor. Figuren er utarbeidet av MARINTEK basert på laboratorieforsøk og målinger om bord i fartøy.

Hvilken motorkonfigurasjon som er optimal, vil avhenge av fartøyets driftsprofil og kostnaden på drivstoff. I utgangspunktet dyrere installasjoner kan aktualiseres som økonomisk gunstige over fartøyenes levetid om man forutsetter at oljeprisen fortsatt vil ligge på et høyt nivå i årene fremover.



Figur 5-2 Spesifikt forbruk og utslipp av NOx for ulike belastningsgrader for 3.000 kW motor, Ulstein Bergen BRM-6. Fra målinger foretatt av MARINTEK.

Aktuelle alternativer til dagens konvensjonelle anlegg er:

- To-motor løsning med reduksjonsgir.
- Dieselektrisk løsning.
- Kombinasjonsdrift med to-hastighets akselgenerator.

To-motor løsning med reduksjonsgir

En måte å løse dette på er å installere to mindre motorer i stedet for en stor. En slik installasjon vil kunne gi et gunstig spesifikt forbruk nesten ved enhver full- og delbelastning av maskineriet, fordi en kan velge om en vil kjøre med henholdsvis begge eller den ene av motorene.

Ulempen er økte kostnader og noe økt tap i en mer komplisert girkjøring.

Dieselektriske anlegg

Dieselektriske anlegg er foreløpig ikke vanlig innen fiskeriene. Så langt er et slikt anlegg installert i linebåten *Frøyanes*. En såkalt hybridløsning som er en kombinasjon av konvensjonell fremdrift og dieselektrisk løsning er under installasjon ombord i ringnotsnurperen *Teigenes* som etter planen skal være i drift høsten 2005. Et måleprogram skal settes i gang for å måle både utslipp av avgasser og drivstofforbruk fra *Teigenes* i forhold til et sammenlignbart fartøy med konvensjonelt fremdriftsanlegg.

Kombinatordrift med to-hastighets akselgenerator.

Enkelte flåtegrupper opererer også innen flere fiskerier som krever svært forskjellig ytelse på motor. Spesielt gjelder dette ringnotsnurperen med kolmulekonsesjon som har maskinerianlegg dimensjonert for behovet for høye ytelser under kolmuletrålingen utover våren. Resten av året er ofte maskinkraften overdimensjonert hvilket da gir ugunstig motorkarakteristikk og propelleffektivitet med unødig stort drivstofforbruk uten spesielle tiltak.

Som et tiltak for å forbedre denne situasjonen, har enkelte leverandører introdusert en løsning med kombinatordrift der motorturtallet kan reduseres ned til en lavmodus når fartøyet ikke er på kolmuletråling. Et tilsvarende to-hastighets akselgeneratorsystem med flytende frekvens ivaretar fartøyet behov for hjelpekraft også under lav last.

Potensial mht energireduksjon

Med hensyn til besparelsen når det gjelder dieselektriske anlegg, knytter det seg stor spenning til hvilke erfaringer og målinger som blir gjort i tilknytning til *Teigenes*. Erfaringer fra *Frøyanes* er i følge rederiet gode så langt og drivstofforbruket skal være redusert med rundt 5%.

Analyser foretatt på SINTEF Fiskeri og havbruk for ulike driftsprofiler for et linefartøy (Ellingsen og Pedersen 2004) indikerer en potensiell drivstoffbesparelse på rundt 7% hvis fartøyet opererer på Storegga med utgangspunkt Ålesund. Den potensielle besparelsen reduseres til rundt 4% hvis fartøyet opererer i Barentshavet.

Vi har ikke grunnlag for å beregne potensiell besparelse for to-motors anlegg med reduksjonsgir eller for en maskinerikonfigur med kombinatordrift med to-hastighets akselgenerator.

Kostnader

Som illustrasjon har vi foretatt et grovt underlag for å vurdere økonomien i å investere i et dieselektrisk anlegg for et linefartøy.

Beregningseksempel, dieselelektrisk anlegg ombord i et linefartøy

Basert på samtaler med leverandører har vi anslått en tilleggsinvestering på 2,0 mill. NOK for installasjon av et dieselelektrisk anlegg som alternativ til et konvensjonelt anlegg ombord i et linefartøy på størrelse med vårt eksempelfartøy. Vi antar at fartøyet bruker 700.000 liter drivstoff i året og at det oppnås en årlig reduksjon på 7% i forbruk av drivstoff. Dette tilsvarer årlig ca. 170.000 i reduserte drivstoffutgifter med NOK 3,40 i dieselpriis som utgangspunkt. Hvis vi antar 10% kalkylerente og 15 års nedbetalingstid, gir denne besparelsen en nåverdi på 1,3 mill. kroner. Isolert sett er dette for lite til å forsvare investeringen med de forutsetninger vi har satt opp her.

Tidshorison

Installasjon av alternative maskinerianlegg er stort sett bare aktuelt i forbindelse med nybygg eller omfattende ombygging og har derfor en relativt lang tidshorison.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Dieselelektriske anlegg er først og fremst gunstige for fartøy som går mye på lav last eller har stor variasjon i behov for kraft. Dette er tilfelle for både linefartøy og ringnotfartøy med kolmulekonsesjon samt for store deler av kystflåten. Ved lang gangtid reduseres den positive effekten av et dieselelektrisk anlegg.

Både to-motorsløsning med reduksjonsgir antas å være aktuelt for større fartøyer med markerte variasjoner i driftssyklus som autoline og ringnotfartøyer. Kombinatordrift med to-hastighets akselgenerator antas først og fremst aktuelt for ringnotfartøy med kolmulekonsesjon.

Tiltak 6: Energieffektiv dekkstrutrustning

Beskrivelse:

Det antas å være et betydelig potensial for energireduksjon ved bruk av mindre energikrevende dekkstrutrustning, særlig vinsjer. Eksempelvis er elektriske vinsjer i dag mer energieffektive enn hydrauliske, men også mer energieffektiv hydraulikk er under utvikling som såkalte behovsdrevne hydrauliske vinsjer. Elektriske vinsjer kan også brukes til å produsere strøm under skyting som kan kjøres inn på nettet og eksempelvis brukes til fremdrift. Foreløpige erfaringer har imidlertid vist at det har vært vanskelig å ta vare på denne ekstra energiproduksjonen på en effektiv måte.

Potensial mht energireduksjon

Fra leverandører har vi fått oppgitt at virkningsgraden i dag er 55% for hydrauliske anlegg mens et elektrisk system kan ha virkningsgrad opp mot 87%. Med disse forutsetninger har vi satt opp et regnestykke for å illustrere et mulig innsparingspotensiale:

Regneeksempel, reketrål:

Vi antar som tidligere at vår eksempelreketrål bruker 3,3 mill. liter dieselloje i året. Med den driftsprofilen vi har fremskaffet går ca. 20% av energiforbruket med til å drive det hydrauliske anlegget i 90% av driftstiden. Dette tilsvarer ca. 600.000 liter diesel i året. Hvis virkningsgraden for drift av dekkmaskineriet forbedres fra 55% til 87%, tilsvarer det en årlig reduksjon i forbruk av diesel på rundt 200.000 liter eller ca. 6% hvilket med dagens antatte dieselpriis på 3,40 NOK pr. liter tilsvarer et årlig potensial for innsparing på NOK 680.000,-.

Fra én leverandør har vi fått oppgitt at det basert på erfaringer med bruk av elektriske vinsjer ombord i en større, havgående reketrål skal være et innsparingspotensial i størrelsesorden

500.000 liter drivstoff i året. En annen leverandør refererer på sin side til at et anlegg for trippeltrål under uttesting har vist en årlig innsparing på NOK 300.000,-. Her er det med andre ord et potensial for innsparing, men at størrelsen på dette vil være avhengig av faktorer som driftssyklus etc.

Kostnader

Elektriske vinsjer er dyrere å installere enn hydrauliske systemer og har så langt en beskjedne markedsandel i norsk fiskeri.

Tidshorison

Utskifting av dekkmaskineri er en omfattende operasjon som er bare aktuelt i forbindelse med ombygginger eller oppgraderinger.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Dette er et tiltak hvor det er mest å hente for trålere.

Tiltak 7: Energieffektiv trål

Beskrivelse:

Å dra en trål gjennom sjøen er energikrevende. Tråler som er lettere å dra gjennom sjøen, vil derfor kunne bidra til å redusere energiforbruket betydelig.

Lettere trålbruk kan oppnås ved å benytte større masker, redusert trådtykkelse, alternativ design av bunngir, styrbare tråldører osv.

Potensial mht energireduksjon

Nedenunder er vist et regneeksempel over hvordan en reduksjon i slepemotstand kan bidra til besparelser i bunkersforbruk og drivstoffkostnader ved bruk av ny trålteknologi.

Regneeksempel; reduksjon i motstand ved bruk av ny trålteknologi.

Et pågående utviklingsprosjekt, "Ny generasjons reketrål", ser blant annet på alternative bunngir som både gir mindre slepemotstand og reduserte effekter på havbunnen.

Prosjektet, som er et samarbeid mellom Havforskningsinstituttet og SINTEF Fiskeri og havbruk har en ambisjon om å redusere slepemotstanden med 30%. Et tilsvarende potensial for motstandsreduksjon er beregnet av SINTEF Fiskeri og havbruk i forbindelse med prosjektering av styrbare tråldører. Vi antar derfor at 30% motstandsreduksjon i trål er mulig og ser hvordan det kan påvirke økonomien i reketrål.

Reketrålere foran bruker fortsatt 3,3 mill. liter diesel i året. Rundt 33% av motstanden under fiske skyldes trekking av trålen. 30% reduksjon av denne motstanden medfører at totalmotstanden reduseres med 10%. Rundt 57% av det totale energiforbruket går med til å drive fartøyet under tråling hvilket medfører at rundt 1,9 mill. liter diesel brukes til dette formålet årlig. Ved å ta i bruk en lettere trål, kan det dermed spares ca. 190.000 liter drivstoff i året hvilket tilsvarer en årlig innsparing på 650.000 NOK med dagens dieselpriser.

Kostnader

Kostnadene vil være forbundet med utskifting av redskap som stort sett likevel må gjøres. Lettere bunngir vil forøvrig kunne håndteres med eksisterende utstyr.

Tidshorison

Tidshorisonen vil være relativt kort når bedre redskap foreligger. Det gjenstår imidlertid fortsatt en del utviklingstid.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Dette er selvsagt relevant bare for trålere. I denne sammenheng må det understrekes at endringer av redskapsutformingen med tanke på bedret energieffektivitet bare vil ha en positiv effekt så lenge fangstevnen målt i energiforbruk pr. kg. fanget fisk bedres. Dette gjelder også i økonomisk sammenheng. Digernes angir i (Berg et. al. 1985) at selv om det oppnås en forbedring så stor som 25%, så vil gevinsten ved denne forbedring være tapt igjen hvis trålens fangstevne går ned med bare 3-5%. Dette var tilfelle med den økonomi som var typisk for norsk trålfiske rundt 1980, men de relative drivstoffprisene er i samme størrelsesorden i dag.

Tiltak 8: Driftsmessig samarbeid**Beskrivelse:**

Selve fiskebåten som driftsmiddel vil kunne utnyttes bedre ved å ta i bruk alternative modeller for samarbeid. Flere alternative samarbeidsmodeller kan tenkes som eksempelvis:

- Partråling har vist seg å være en energimessig gunstig løsning.
- Ny logistikk der fiskefartøyet i større del av tiden ligger og fisker og betjenes av servicefartøy og lastefartøy for fangst etter modell av oljevirkosomheten.

Potensial mht energireduksjon

Som følge av den dramatiske økningen i oljeprisen på slutten av 1970-tallet gikk flere rederier på Færøyene over til partråling. I perioden 1981 til 1983 konverterte blant annet fiskeriselskapet BETA sine 8 trålere til 4 sett partrålere (Thomsen et. al. 2004). Konklusjonen fra rederiet var at energiforbruket ble redusert med så mye som 40%, men at fangstmengden ble opprettholdt. Her må bemerkes at overgangen til partråling ble foretatt i kombinasjon med økt fokus på energireduksjon i alminnelighet slik at også andre effekter kan ha påvirket dette resultatet.

I prosjektet "Fiskerinæringens muligheter til å bidra til oppfyllelse av Kyotoavtalen" (Hassel et. al. 2001) er det vist at det ved å endre logistikk f. eks. ved å redusere gangtid med 30%, kan spares rundt 10% i energikostnader i forbindelse med normalt havfiske. Denne konklusjonen er basert på en analyse av data fra 18 ferskfisktrålere og 7 autolinefartøy. Inntjeningspotensialet ved å endre logistikk er selvsagt større jo større andel av tiden som går med til gange til og fra felt.

Kostnader

Omrigging til partråling krever to egnede fartøy og omrigging av vinsjer etc.

Ny logistikk kan innføres i flere trinn fra moderat omlegging av tursyklus, bruk av alternative havner for bunkring og lossing etc. til å innføre en helt ny struktur i fisket med fartøy tilpasset rendyrkede roller. Kostnaden vil selvsagt variere sterkt.

Tidshorison

Omrigging til partråling kan foretas relativt raskt hvis det er tilgjengelig egnede fartøy.

Tilsvarende kan moderat endring av tursyklus etc. realiseres raskt, mens grunnleggende endringer vil være av mer langsiktig karakter.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Partråling er naturlig nok bare aktuelt for trålere.

Ny logistikk kan utnyttes først og fremst for havgående flåte.

Tiltak 9: Beslutningsstøttesystem**Beskrivelse:**

Store variasjoner i det spesifikke energiforbruket fra fartøy til fartøy og til og med fra skipper til skipper er registrert. Dette indikerer at det er mye å hente innen optimalisering av rene operasjonelle prosedyrer.

Flere skipper fremholder i samtaler at mye kan spares ved bedre overordnet styring av elektrisitets- og kraftsystemet ombord. Blant annet etterlyses bedre oversikt over hva energien til enhver tid brukes til. Dette vil kunne bidra til å motivere mannskapet til å spare energi ved eksempelvis å unngå at pumper står unødvendig ”stand by”, at systemer for oppvarming brukes riktig osv. Slike forhold bør også kunne legges inn som en del av et overordnet beslutningsstøtte- eller styringssystem.

Et databasert verktøy som kan gi bedre informasjon rundt forhold som optimal hastighet, riktig stigning på propell osv. i forhold til fartøyets lastkondisjon og væreforhold, vil kunne bidra til å redusere forbruket for mange fartøy.

Gjennom et arbeid med studenter og et oppfølgende prosjekt, ble det i 1994-95 utviklet et beslutningsstøttesystem for effektiv energibruk om bord i fiskeflåten. I løpet av prosjektperioden ble det utviklet et dataprogram som kunne tilpasses ulike fartøyer slik at en kunne optimalisere bruken av propell og motorturtall alt etter hvilken motstand fartøyet hadde i de ulike driftsoperasjoner. Programmet er beskrevet i (Bjørshol 1996, Storøy 1994 og Svensen et. al. 1994).

Programmet genererte egne motstandskurver og regnet ut hva som var den optimale kombinasjon av stigning og turtall. En viktig faktor var bunkerspris og hvilke forventinger en hadde til verdien av den tiden en kunne spare ved bruk av mer fart. Systemet ble testet ut ombord i en tråler og en kunne måle opptil 20 % reduksjon av drivstofforbruket ved optimale innstillinger ved steaming. I etterkant av prosjektet ble det gjort forsøk på å få til en kommersialisering av produktet, men dette ble ikke realisert av flere årsaker. Kanskje først og fremst kom det av at energikostnadene uansett ble kraftig redusert ved at bunkersprisene falt og gjorde slike tiltak mindre interessante.

Potensial mht energireduksjon

Som beskrevet over, er det målt opptil 20% reduksjon i drivstofforbruket ombord i en tråler under uttesting av et verktøy for beslutningsstøtte. Samtaler med representanter for flere rederi tyder også på at det er mye å hente på å legge om til alternative strategier i fisket tilpasset en annen og høyere energipris.

Kostnader

Et beslutningsstøtteverktøy bør kunne legges inn som et enkelt PC-basert system og dermed installeres uten store kostnader.

Tidshorisont

Flere prototyper foreligger, men en gjennomgang må gjøres med hensyn til tilgjengelige verktøy og behov for videreutvikling.

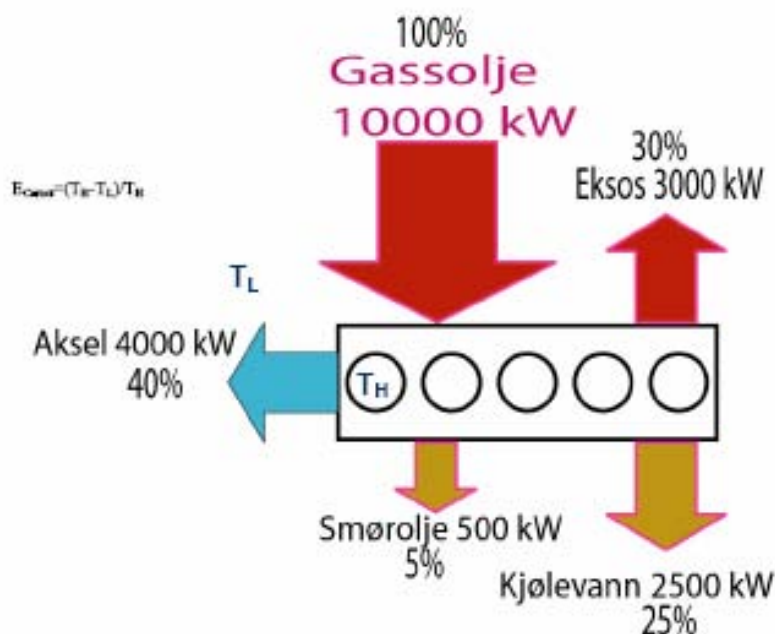
Et måleprogram på utvalgte fartøy vil kunne bidra til å avdekke situasjonen og ”best practice” innen de ulike flåteledd.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Dette er aktuelt for alle flåtegrupper.

5.2 Energigjenvinning gjennom bruk av spillvarme

En forbrenningsmotor utnytter bare deler av energien i brennstoffet til mekanisk arbeid, som for eksempel å drive propellen rundt. Av Figur 5-3 kan vi se at dette dreier seg om ca 40% prosent av energien. Resten er varmeenergi hovedsakelig i form av eksos, kjølevann og smørolje. Noe av denne spillvarmen benyttes i dag i eksoskjeler til produksjon av varmtvann og damp, men det er betydelige muligheter for ytterligere utnyttelse av denne energien.



Figur 5-3 Energiflyten i en moderne forbrenningsmotor.

Varmen i eksosen og kjølevann kan gjenvinnes og brukes til en rekke formål. Nå er det imidlertid ikke slik at en kan gjenvinne all denne energien. For gjenvinning av eksosvarme er eksempelvis innholdet av svovel i marin dieselolje en praktisk begrensning. Denne vil kunne felles ut i eksossystemet hvis temperaturen senkes for mye. Denne utfellingen skjer ved ca. 160 grader °C. Vi velger derfor 180 °C som nedre grense for å ha tilstrekkelig sikkerhetsmargin. Når det gjelder kjølevannet, opererer man i et temperatur område mellom 90-95 °C slik at en må ha andre anvendelsesområder/system for å utnytte denne varmeenergien.

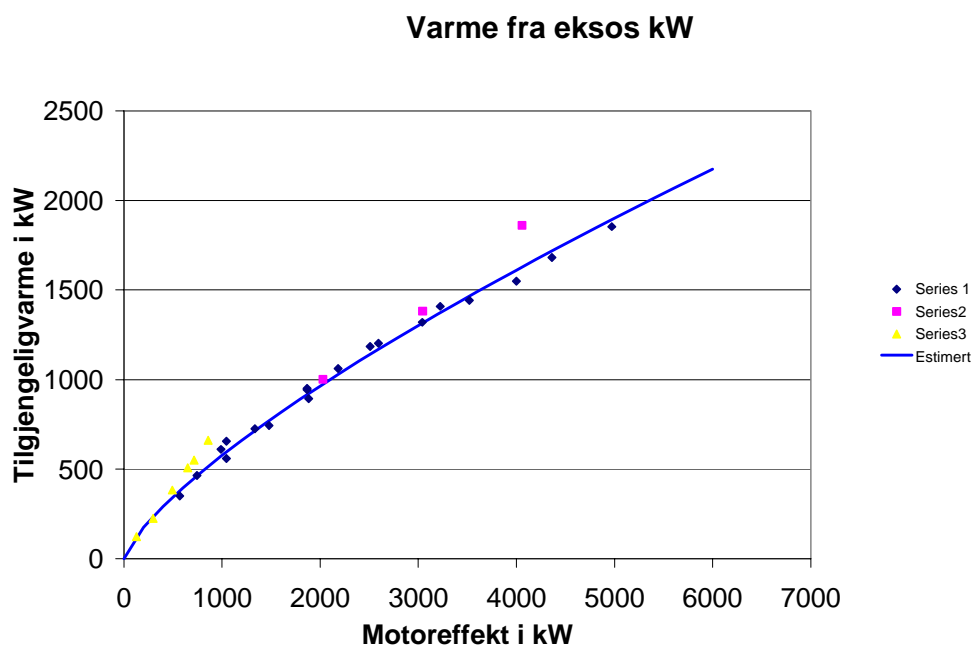
Systemer for gjenvinning av spillvarme kan være så enkelt som å kjøre kjølevannet fra hovedmotoren igjennom rørsløyfer under dørken i innredningen, som det gjøres på enkelte mindre kystfiskefartøy, til langt mer kompliserte systemer.

For å finne tilgjengelig spillvarme fra eksosen fra en motor, kan vi så sette opp følgende sammenheng:

$$\text{Tilgjengelig varme} = \text{eksostemperaturintervall} * \text{eksosmengde} * \text{spesifikk varmekapasitet}$$

Vi har benyttet en konstant spesifikk varmekapasitet for eksosgass på 1,12 J/g K

De ulike dieselmotorene har også ulik eksostemperatur. Basert en på studie av på noen motorer, har vi satt opp tilgjengelig spillvarme fra eksos hensyn tatt til den nedre grensen for utfelling av svovel. Vi får da figuren nedenfor.



Figur 5-4 Tilgjengelig varme fra eksos for ulike motoreffekter.

I Figur 5-4 har vi også tegnet inn en tilpasset kurve som vil kunne gi en god indikasjon på tilgjengelig varmeeffekt for ulike motoreffekter. Denne kurven vil bli benyttet i det videre arbeidet.

Tiltak 10 Bruk av spillvarme til oppvarming

Beskrivelse:

Den billigste og enkleste måten å bruke spillvarmen på er direkte til oppvarming. På denne måten er det mulig å benytte lavtemperatur varmeenergi helt ned mot omgivelsestemperaturen som vanskelig kan utnyttes til andre formål. Overslagsberegninger viser også god inntjeningssevne for anlegg som eksempelvis benytter energi fra kjølevann eller oljekjølere fra dieselmotorer ombord.

Potensiale mht energireduksjon:

Vi har regnet på oppvarmingsbehov i ventilasjonssystem og den direkte reduksjonen av dieselforbruk som følge av å erstatte strømbasert oppvarming med oppvarming ved hjelp av spillvarme. Beregningene er basert på et moderne ringnotfartøy på 68m. Med utgangspunkt i regelverk som gjelder for slike fartøy er det gjort et overslag over hvilke energimengder som skal

til for å varme opp de ulike systemene. Vi kan se av Tabell 5-1 at vi kan oppnå en reduksjon i nødvendig strømproduksjon fra 105 000 til 440 000 kWt per fartøy per år.

Kostnader:

Installasjonskostnadene vil selvsagt variere fra fartøy til fartøy og tiltakene vil være best egnet for nybygg. Vi har sett på besparelser i forbindelse med redusert dieselforbruk (se tabell under), men det er klart at en også vil kunne finne andre besparelser som for eksempel et redusert antall panelovner. Tabell 5-1 under gir en indikasjon på hva et slikt anlegg kan koste for å være selvfinansierende. Nåverdien er basert på 10% rente og 15 år.

Tabell 5-1 Eksempler på ulike ventilasjons løsninger med utnyttelse av spillvarme

Tiltak	Tilført varme [kWt]	Besparelse [NOK]	Nåverdi [NOK]
Enkelt ventilasjonssystem	105000	60000	465000
Separat system for rom med samme ønsket temperatur	180000	105000	815000
Separate systemer for varm og kald luft	440000	250000	1940000
Lokal, vannbåren varme	440000	250000	1940000
Oppvarming ved forvarming og radiatorer	255000	145000	1125000
Oppvarming ved distribuerte varmevekslere i ventilasjonskanaler	345000	200000	1550000

Tidshorison:

Anlegg for bruk av spillvarme til oppvarmingsformål er forholdsvis vanlig på små fartøyer, men ikke innen den større, havgående flåten. Teknologisk sett er det ingenting som hindrer en installasjon i nybygg av alle størrelser. Enklere systemer kan også ettermonteres i ventilasjonssystemer på eksisterende bygg.

Relevans i forhold til flåtegrupper:

Tiltaket har relevans i forhold til alle fartøysgruppene, men løsningene vil måtte variere mellom gruppene, avhengig av kompleksitet på innredning, driftsmønster, operasjonsområde, etc. Om bord på de mindre kystfiskefartøyene vil et enkelt system der dørkvarme og defrostersystem kobles direkte på kjølevannskretsen, være aktuelt. Dette finnes allerede i dag på en rekke sjarker. På de større fiskefartøyene er det nærliggende å tenke seg en kombinasjon av ventilasjonsluftoppvarming og radiatorer i store deler av innredningen og elektrisk oppvarming på enkelte steder som ellers ville medføre uforholdsmessig store installasjonskostnader.

Tiltak 11 Bruk av spillvarme til produktbehandling

Beskrivelse:

Varmebehandling av produkter ombord er en anvendelse som antas å ha stort potensial. Særlig antas det å gjelde for trålerflåten der belastningen på hovedmotor er høy og vedvarende under lange perioder av fisket. Tilgangen på varmeenergi er her stor og sammenfallende med tilgangen på produkter som kan tenkes varmebehandlet for å øke produktverdien. Spesielt antas at det er et potensial for å ta bedre vare på biprodukter som i dag dumpes over bord. Det pågår forskning for å finne metoder og produkter som egner seg for slik bearbeiding om bord.

Potensial m.h.t. energireduksjon

Bruk av spillvarme til produktbehandling gir ikke nødvendigvis noen reduksjon i energiforbruket ombord hvis alternativet er å ikke bearbeide produktene i det hele tatt. Slik bruk av spillvarme kan imidlertid bidra til å øke verdien av det som bringes i land. Det er prosjektert landanlegg for eksempel for tørking av fiskehoder. Ved å gjøre hele eller deler av denne tørkeprosessen om bord, vil en kunne redusere energibruk på land.

Kostnader

Installasjonskostnadene vil selvsagt variere fra fartøy til fartøy og tiltakene vil være best egnet for nybygg. Vi har sett på besparelser i forbindelse med redusert dieselforbruk (se tabell under). Dette gir en indikasjon på hva et slikt anlegg kan koste for å være selvfinansierende. Beregningen tar utgangspunkt i at en benytter all tilgjengelig varme til prosessen. Nåverdien er basert på 10% rente og 15 år.

Tabell 5-2 Inndamping, mulige besparelser for aktuelle eksempelartøy

Inndamping					
Fartøy	Tilgj. Varme	m ³ inndampnet vann/time	Tilsvarende diesel [l/år]	Innsparing [NOK/år]	Nåverdi [NOK]
Rekefrysetrålere.	814	16	699 000	1 747 500	13 293 500
Torsketrålere med ombordproduksjon	1224	24	1 051 500	2 628 500	19 993 500
Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet.	348	7	298 500	746 500	5 679 500

Som en kan se av Tabell 5-2 får vi svært høye nåverdier. Dette skyldes at når vi benytter spillvarmen som varme, får vi best utnyttelse. Det er lite trolig at det vil være behov for inndamping av så store mengder så tallene kan brukes som en illustrasjon av den potensielle varmeverdien hvis denne skulle vært produsert i en oljefyrt kjel.

Tidshorison

Teknologien er velprøvd i landbaserte applikasjoner, og systemer for bruk om bord er prosjektert. Hovedproblemene med denne typen tiltak er at det betinger et marked for produktene. Videre er knyttet utfordringer til størrelsen på komponentene, men nye og mer kompakte enheter er under utvikling.

Relevans i forhold til flåtegrupper

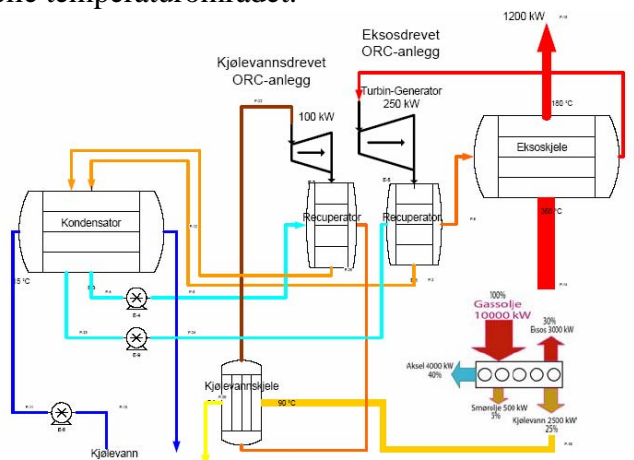
Denne teknologien er i første omgang relevant for de største fartøytypene der sløyning, hodekapping eller filetering foregår om bord.

Tiltak 12 Bruk av spillvarme til elektrisitetsproduksjon

Beskrivelse:

Elektrisk kraft ombord på fiskefartøy produseres i dag ved at forbrenningsmotorer driver en generator som forsyner de ulike forbrukerne ombord i fartøyet. Ved å produsere dette fra spillvarmen vil en kunne redusere størrelsen og bruken av hjelpemaskineriet ombord.

Organic Rankine Cycle eller ORC er en dampturbinkrets der arbeidsmediet er en organisk forbindelse for eksempel pentan. Dette har lavere kokepunkt enn vann og gir en bedre virkningsgrad i det aktuelle temperaturområdet.



Figur 5-5 Systemskisse ORC anlegg som utnytter varme fra eksos og kjølevann

Figur 5-5 viser en mulig løsning for elektrisitetsproduksjon basert på ORC der en utnytter varmen fra både eksos og kjølevann.

Det finnes flere produsenter av utstyr for gjenvinning av spillvarme og dette er en vekstnæring på verdensbasis, da med hovedfokus på landbaserte applikasjoner. Figur 5-6 viser et eksempel på et ORC anlegg fra en amerikansk produsent.

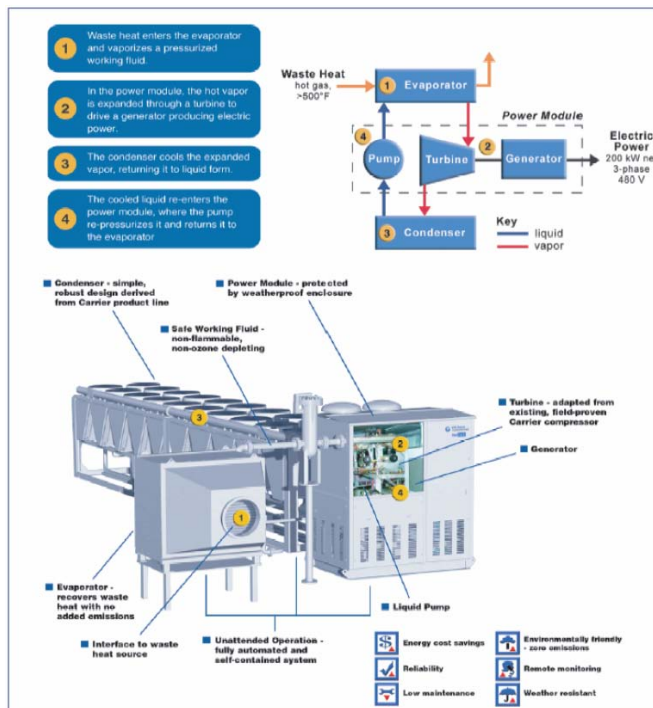
Effektiviteten i et ORC-system avhenger av arbeidsmedium, systemløsning og temperatur på arbeidsmedium, men ut fra erfaringer med tilsvarende utstyr installert på land, bør det kunne la seg gjøre å produsere elektrisitet basert på bruk av spillvarme med akseptabel virkningsgrad.

Potensial m.h.t. energireduksjon

Vi har regnet på mulig elektrisitetsproduksjon for eksempel fartøyene. Vi ser av Tabell 5-3 at vi kan oppnå en betydelig reduksjon i dieselforbruket ved å erstatte bruken av dieselgeneratorene med ORC. I beregningene er det kun tatt utgangspunkt i tilgjengelig energi fra eksosvarmen fra hovedmotoren. Her er det med andre ord et noe større potensial som kan utnyttes. Å utnytte spillvarmen far flere systemer og motorer, krever imidlertid et mer komplisert gjenvinningssystem.

Kostnader

Installasjonskostnadene vil selvsagt variere fra fartøy til fartøy og tiltakene vil være best egnet for nybygg. Et 250 kW ORC anlegg med ferskvannskjøling har en budsjettpris levert fabrikk i USA på 300.000 USD. I tillegg kommer heat-oil kjele, frakt, montering og igangkjøring. Hvis vi grovt anslår dette til å beløpe seg til omtrent det samme, vil total investering for et slikt anlegg beløpe seg til 600.000 USD. Med dagens kurs tilsvarer dette ca 4,0 mill. NOK. Andre og mindre systemer er under utvikling fra flere leverandører. Nåverdien er basert på 10% rente og 15 år.



Figur 5-6 ORC anlegg Pure Cycle fra en amerikansk produsent

Vi har sett på besparelser i forbindelse med redusert dieselforbruk (se tabell under). Dette gir en indikasjon på et slikt anlegg kan koste for å være selvfinansierende. Beregningen tar utgangspunkt i at en benytter all tilgjengelig varme til prosessen.

Tabell 5-3 ORC, mulige besparelser for aktuelle eksemplarfartøyer

Fartøy	Totalvirkningsgrad	Elektrisitetsproduksjon [kW]	Elektrisitetsproduksjon [kWh/år]	Innsparing [NOK/år]	Nåverdi [NOK]
Ringnotsnurpere med kolmulesesong.	0,18	129	1 019 000	644 500	4 902 500
Rekefrysetrålere.	0,18	147	1 160 500	734 000	5 583 000
Torsketrålere med ombordproduksjon	0,18	220	1 745 500	1 104 000	8 397 000
Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet.	0,18	63	496 000	313 500	2 385 500

Tidshorisont

Teknologien er velprøvd i landbaserte applikasjoner, men det gjenstår enda noe utvikling før vi ser de første marine applikasjoner. Hovedproblemene er knyttet til størrelsen på komponentene, men nye kompakte enheter er under utvikling.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Denne teknologien er i første omgang relevant for de største fartøystypene, men en kan se en utvikling av mindre enheter som kan være egnet også for mindre fartøystyper.

Tiltak 13 Bruk av spillvarme til kjøling

Beskrivelse:

Produksjon av kulde ved hjelp av varme er ingen ny teknologi, men har vært kjent i mange år og er brukt i stor utstrekning på land der varmeenergi fra dieselmotorer eller prosesser som avgir energi i form av varme, er tilgjengelig. De to mest anvendte metoder for produksjon av kulde ved hjelp av varmeenergi er ejektorkjøling, også kalt vakuumpkjøling, og absorpsjonskjøling. I denne sammenheng betrakter vi absorpsjonskjøling som mest aktuelt, og vi bruker det som utgangspunkt.

Absorpsjonskjøling ligner på en konvensjonell kompressorkjølekrets, men kompressorene i et konvensjonelt kjøleanlegg er erstattet med en absorpsjonsprosess. Ammoniakk brukes som kuldemedium og vann som absorbent. En pumpe hever trykket på ammoniakk som er absorbert i vann. Ammoniakken skilles ut fra vannet ved å varme vannløsningen med spillvarmen. Ammoniakk-gassen vil da skilles ut i en rektifikasjonsprosess og avgi varme i en kondensator før den blir trotlet inn i en evaporator hvor den fordamper ved lav temperatur og trykk. Bortsett fra pumpen som hever trykket på ammoniakk/vann løsningen, er det ingen bevegelige deler i anlegget og det kreves lite vedlikehold.

Absorpsjonskretsen drives av en varmekilde og i denne sammenheng varmen fra eksosgassen. En utfordring med absorpsjonskjøling er at det ikke nødvendigvis er samsvar mellom tilgjengelig spillvarme og kjølebehov. Et område som kan vise seg å være godt egnet, er RSW-anlegg der en kan oppmagasinere kulde når tilgangen på spillvarme er god som under steaming.

Potensial m.h.t. energireduksjon

Vi har regnet på kjølebehovet for aktuelle eksemplarfartøy. Hvis vi antar at dette også representerer gjennomsnittet for gruppene, får vi en samlet energireduksjon som tabellen under viser.

Kostnader

Installasjonskostnadene vil selvsagt variere fra fartøy til fartøy og tiltakene vil være best egnet for nybygg. Vi har sett på besparelser i forbindelse med redusert dieselforbruk (se tabell under). Dette gir en indikasjon på hva et slikt anlegg kan koste for å være selvfinansierende. Beregningen tar utgangspunkt i at en benytter all tilgjengelig varme til prosessen. Nåverdien er basert på 10% rente og 15 år.

Tabell 5-4 Absorpsjonskjøling, mulige besparelser for aktuelle eksemplarfartøy

Fartøy	Total-virknings-grad	Kjøleeffekt	Ekvivalent el-effekt [kW]	Innsparing [NOK/år]	Nåverdi [NOK]
Ringnotsnurpere med kolmulesesong.	0,65	465	133	300 500	2 284 500
Rekefrysetrålere.	0,65	529	151	342 000	2 602 000
Torsketrålere med ombordproduksjon	0,65	796	227	514 500	3 913 500
Fiske med konvensjonelle redskap. Hele landet.	0,65	226	65	146 000	1 111 500

Tidshorison

Teknologien er velprøvd i landbaserte applikasjoner, men det gjenstår enda en del utvikling før vi ser de første marine applikasjoner. Hovedproblemene er knyttet til komponentvekt og effekten av skipets bevegelser.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Denne teknologien er i første rekke relevant for de største fartøystypene og spesielt de med store kjølebehov.

5.3 Reduksjon av utslipp gjennom endret energibærer.

I flere sammenhenger arbeides det med bruk av alternative drivstoff både ut ifra økonomiske og miljømessige motiver. I første rekke gjelder dette bruk av naturgass, eller mest aktuelt LNG som alternativt drivstoff, etter hvert også bruk av hydrogen og brenselceller. Også bruk av biprodukter ombord i form av leverolje som tilsats til dieseloljen, antas å kunne bli aktuelt. Disse tiltakene har en annen karakter enn tiltakene beskrevet tidligere da de ikke først og fremst bidrar til å redusere energiforbruket, men til å redusere miljøutslippene. Tiltakene er beskrevet etter tur nedenunder.

Tiltak 14 Bruk av naturgass

Beskrivelse:

Naturgass som drivstoff benyttes i to typer motorer, ”dual fuel”-motorer, som både kan gå på ren diesel og en blanding av diesel og gass, og rene gassmotorer. Utfordringene forbundet med bruk av naturgass som fremdriftsmedium er i dag først og fremst knyttet til problemstillinger rundt lagring, tilgjengelig infrastruktur med effektiv tilgang til gass langs kysten og til et forutsigbart regelverk tilpasset fiskefartøy. LNG har lavere energitetthet enn diesel og vil følgelig trenge større lagringsplass for at et fartøy skal oppnå samme operasjonsradius. I tillegg har dagens tanker sirkulære tverrsnitt som medfører at de ikke utnytter tankområdet like effektivt som en vanlig dieseltank gjør.

Så langt er det bygd tre skip med gassdrift i Norge. Det er:

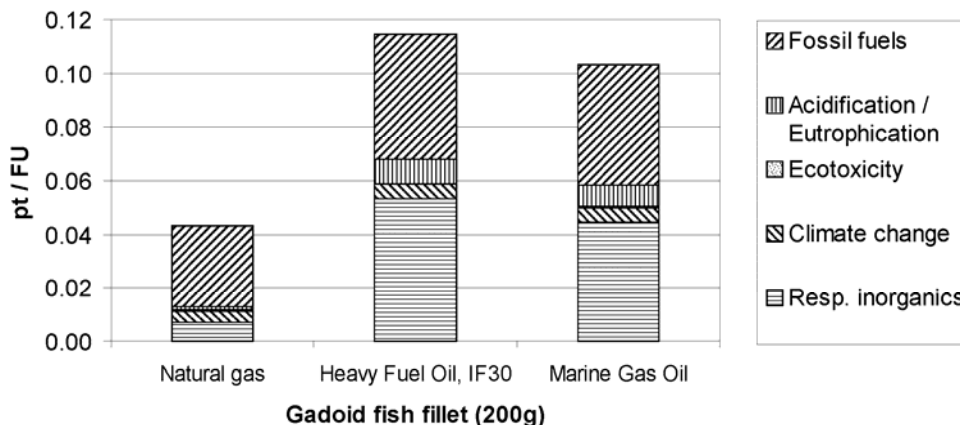
- M/S Glutra, en bilferge bygd av Langsten verft for MRF (Fjord1). Fartøyet har gass-elektrisk fremdriftssystem som drives av 4 x Mitsubishi GS12R-PTK hver på 675 kW
http://www.langsten.no/uplpics/Download_10.pdf
- Viking Energy, et VS 4403 Plattform Supply Vessel, designet av Vik-Sandvik for Eidesvik. Fartøyet har et gass-elektrisk fremdriftssystem som drives av fire Wärtsilä 6L32DF hver på 2010 kW.
http://www.vik-sandvik.com/files/VikSandvik_pdf/Viking_Energy_web.pdf
- Stril Pioner som er søsterskipet til Viking Energy som er bygd for Møgster.
http://www.omega-tech.no/files/Stril_Pioner_web.pdf

Videre er 5 ferger drevet med naturgass under bygging. De har et gass-elektrisk fremdriftssystem og RollsRoyce Bergen KVGS-G4 ”lean burn” motorer.

Potensial mht reduksjon av utslipp

Bruk av LNG gir generelt 85 til 90% redusert NO_x-utslipp og 20 til 25% redusert utslipp av CO₂. En analyse av miljøeffektene ved bruk av tungolje (IF39) og naturgass (LNG) som alternativ til

normal diesel (MGO) regnet pr. kg. fisk brakt i land, viser også at de totale miljøeffektene som følge av energibruken blir redusert ved bruk av naturgass som drivstoff, se Figur 5-7 (Ellingsen og Aanonsen, 2005).



Figur 5-7 Miljøeffekter som følge av energiforbruket i produksjonskjeden. Fiske med bunntål og bruk av ulike energibærere. (Eco-indicator 99, H H/A)

Bruk av tungolje (IF30) gir noe høyere miljøeffekter enn dieselolje, vesentlig på grunn av økt svovelinnhold, men forskjellen er i dette tilfelle ikke stor.

Kostnader

Innføring av LNG forutsetter tilleggsinvesteringer i form av motortekniske tiltak, lager ombord og infrastruktur (som er under sterk utvikling). Innføring av LNG vil kreve en gunstig prisstruktur i forhold til diesel (evt. tungolje) for å være aktuell.

Tidshorisont

Et forprosjekt er allerede i gang med sikte på å innføre LNG i norsk fiskeri. Innføring er kun aktuelt for nybygg, men innen enkelte flåtegrupper er det realistisk å forvente at dette er realisert i løpet av 2 – 3 år.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Bruk av LNG vurderes i første rekke som aktuelt for fartøy som opererer nær kysten og kan fylle drivstoff ofte, eller fartøy som har et overskudd med hensyn til volum.

Tiltak 15 Hydrogen og bruk av brenselceller

Beskrivelse

En brenselcelle omdanner i første rekke hydrogen og oksygen til vann og produserer elektrisitet og varme uten forbrenning. Også andre drivstoff enn hydrogen, som eksempelvis naturgass, metanol, diesel og andre hydrokarboner med høyt innhold av hydrogen, kan anvendes, men det er kun bruk av hydrogen som medfører ”nullutslipp”. Den elektriske energien kan så brukes til drift av en elektromotor. Selve prinsippet, som har vært kjent i over 150 år, har fått ny aktualitet i det siste som et miljøvennlig alternativ for produksjon av elektrisitet for ulike formål.

Hydrogen kan også brukes direkte som drivstoff i forbrenningsmotorer, men vil da være underlagt de samme begrensninger til effektivitet som gjelder for forbrenningsmotorer. NO_x utslippet vil imidlertid reduseres.

Det er så langt ikke realisert kommersielle demonstrasjonsprosjekter for sivile formål innen maritim sektor. Noen mindre prototyper er bygget, og den første militære prototyp i form av ubåt med brenselcelle ble sjøsatt sommeren 2003 i Tyskland. EU finansierer prosjektet FCSHIP (www.fcship.com) under det 5. rammeprogrammet. Her vurderes også mulige markeder for maritim anvendelse av brenselceller, og det skal gis anbefalinger med hensyn til satsning i Europa på dette området i 6. rammeprogram. Norge er representert i dette prosjektet ved Norges Rederiforbund, MARINTEK, DNV, Norsk Hydro, Knutsen OAS og Color Line.

Av interesse for fiskerisektoren kan være at Island har en erklært målsetting om å bli et hydrogensamfunn. Hydro og Shell har bygget en fyllestasjon for hydrogen i Reykjavik. Her blir hydrogen produsert ved hjelp av elektrolyse levert av Hydro. Energien til elektrolysen blir produsert ved hjelp av geovarmekraftverk og hydrogenet blir lagret i tanker under 440 bars trykk. Herfra blir hydrogenet levert til kjøretøy. Foreløpig er det to hydrogenbusser i drift, og det er planlagt en gradvis innføring av busser og personbiler basert på hydrogendrift de nærmeste årene. En gradvis innføring av fiskefartøy med denne teknologien er forventet å begynne om et par år.

Potensial mht energireduksjon

Produksjon av hydrogen krever tilførsel av energi. SINTEF Energiforskning konkluderer imidlertid i rapporten "Hydrogen som energibærer. Energi- og utslippsregnskap for utvalgte energikjeder" utarbeidet for SFT og Enova SF (Jordanger et. al. 2002), med at bruk av hydrogen som energikilde i transportsektoren vil kunne gi en høyere energieffektivitet enn for sammenlignbare løsninger som bruk av diesel eller bensin.

Kostnader

Innføring av brenselcelleteknologi vil forutsette nybygg eller betydelige ombygginger. I tillegg kreves en god del utviklingsarbeid.

Tidshorison

Bruk av brenselceller har et lengre perspektiv. Det hersker en bred oppfatning om at hydrogen og brenselceller vil bli et meget aktuelt alternativ, men at det kan ta noen år før de første prototypene er klare innen kommersiell maritim bruk.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Brenselceller antas å kunne anvendes ombord i de fleste flåtegruppene så snart teknologien er moden nok.

Tiltak 16 Bruk av biobrensel.

Beskrivelse

Biobrensel kan produseres av både planteoljer og dyrefett og er i økende bruk verden over. Motivet er å redusere miljøeffektene som følge av bruk av energi ved å vri forbruket over mot fornybare kilder som kan produseres og forbruket innenfor en lukket karbonsløyfe uten langvarige klimaeffekter. I desember 2004 vedtok Brasil eksempelvis et eget nasjonalt program med sikte på at andelen biobrensel skal være minst 2% i løpet av programmets første 3 år og deretter økes til 5% i løpet av de to påfølgende år (Silvia et. al. 2005). EU har også en uttalt målsetning om økt bruk av biobrensel.

En mulighet som ikke er utredet nærmere, er bruk av olje fra biprodukter innen fisket. I dag kastes dette i stor grad overbord. Ved å anvende en forenklet prosess der en bare tar ut fettfraksjonen og anvender denne som tilsats til dieselolje, vil en unngå behovet for øket lagring og en har en gitt verdi på oljen.

Dagens dieselpris vil gi en slik olje en verdi på ca 3,40 NOK pr. liter. For en torsketråler som fangster 20 tonn pr døgn kan en anta at det er mulig å få produsert ca. $20.000 * 0,07 * 0,8 = 1.120$ liter pr døgn. Ved 300 driftsdager i året vil dette gi overslagsmessig 300 tonn med leverolje pr år. Noe som kan gi et tilskudd på bunnlinja på ca. 1 million NOK pr år.

Potensial mht reduksjon av utslipp

Produksjon av biobrensel ombord krever i seg selv tilførsel av energi, men det ligger til rette for at spillvarme eksempelvis fra eksos benyttes.

Kostnader

Produksjon av biobrensel ombord i fiskefartøy forutsetter et system for separering og enkel prosessering av leverolje. Øvrige tiltak i form av motortekniske endringer skal være unødvendig.

Tidshorison

Prosessering og bruk av leverolje som tilsats til dieseloljen antas å kunne realiseres på relativt kort tid.

Relevans i forhold til flåtegrupper

Prosessering og bruk av biodiesel forutsetter at fartøyet har tilstrekkelig plass til en separeringsenhet og at det er jevn tilgang på biprodukter med tilstrekkelig fettinnhold.

6 Effekter på flåtenivå

De tekniske tiltakene med størst effekt i forhold til energisparing er knyttet til endringer innen fremdriftssystem og propell og til energisystemet. Disse tiltakene vil kunne gi gevinster i størrelsesorden 10 til 20% i forhold til i dag for det enkelte fartøy.

Størst effekt med hensyn til reduksjon i utslipp vil kunne oppnås ved å endre energibærer. På kort sikt er bruk av naturgass i form av LNG mest aktuelt mens hydrogen i kombinasjon med bruk av brenselceller forventes å bli aktuelt for fiskerisektoren på relativt lang sikt. Overgang til naturgass som energibærer vil kunne gi en reduksjon i utslipp av NOx på 85% og CO2 på rundt 20%.

Med hensyn til reduksjon i energiforbruket uavhengig av energibærer, er det også mye å hente ved ”myke” tiltak som å endre atferd og strategi i fisket. Tiltak som redusert hastighet og mer energivennlig operasjonsmønster kan gi effekter opp mot 20% for enkelte flåtegrupper. Dette er tiltak som kan iverksettes gjennom holdningsskapende arbeid og bevisstgjøring med hensyn til hva energien brukes til, og som kan støttes oppunder av relativt enkle PC-baserte beslutningsstøtteverktøy som kan gjøre det enklere å holde oversikt over forbruket og samtidig se konsekvensen av hva som gjøres.

Å beregne effekter på flåtenivå er naturlig nok komplisert og relativt spekulativt. Vi antar at de mest effektive tiltak på kort sikt vil dreie som om å redusere hastighet, fiske mer målrettet med større vekt på ikke å risikere bomturer og i det hele tatt være langt mer bevisst på å spare energi i

den daglige driften. Mye kan her oppnås ved enkle håndgrep og holdningsskapende arbeid uten å endre teknologien i særlig grad som kommentert over. Vi antar derfor at det vil være mulig å registrere effekter på flåtenivå allerede nå. Samtaler vi har hatt med representanter for salgsleddet på oljesiden tyder også på det.

Innføring av mer energieffektiv og miljøvennlig teknologi vil komme mer gradvis og først etter at oljeprisen har holdt et vedvarende høyt nivå. Tiltakene som er beskrevet her, vil heller ikke innføres enkeltvis, men i kombinasjon og i ulik grad innen de ulike flåteleddene. Det er også få tiltak som vil ha særlig stor effekt isolert sett.

Et eksempel kan bidra til å illustrere dette. Vi har forsøkt å gjøre et overslag over effekten av bruk av naturgass til fremdrift i forhold til å nå målsettingen i Gøteborgprotokollen med hensyn til reduksjon av NO_x-utslipp. Tidligere er beregnet et totalt forbruk av diesellolje på rundt 430.000 tonn i 2002. Basert på dette ble det videre anslått et utslipp på rundt 27.500 tonn NO_x samme år. Å redusere dette utslippet med 30%, det vil si med 8.250 tonn pr. år, antas å tilfredsstille kravene i Gøteborg-protokollen hvis fiskeflåten betraktes isolert.

Overgang til bruk av LNG som energibærer er kanskje den mest effektive enkelttiltaket med hensyn til å redusere NO_x-utslippene og da med hele 85%. Hvis 40% av de større havgående ringnotfartøyene, 50% av de større kystfiskefartøyene og 50% av alle ferskfisktrålerne konverteres til drift med LNG, vil det bidra til å redusere NO_x-utslippene med vel 4.000 tonn pr. år. Dette er et meget ambisiøst tiltak, men gir kun halv effekt i forhold til målet i Gøteborg-protokollen som skal være innfridd innen 2012.

Referanser

Arason S. (2002): Presentation at Nordisk LCA-nettverk, Island, Reykjavik, Icelandic Fisheries Laboratories, 21. mars 2002.

Bak F. (1994): Sector energy analysis and standard solutions for fishery, DTI Energi Motorteknikk.

Berg Aa. (1986): Energieffektivisering i fiskeflåten, Sluttrapport, NFFR-prosjekt II 662.050, Trondheim 1986

Berg Aa., Bjørkum I., Digernes T. (1985): Drivstoffsparing i drift og konstruksjon av fiskefartøyer – en foredragssamling om drivstoffsparing i fiskeflåten, Fiskeriteknologisk Forskningsinstitutt, rapp. nr.: 662.5.3

Bjørshol N. H. (1996): Effektiv energibruk og redusert avgassutslipp i fiskeflåten II, MARINTEK rapport: MT40 A96-0322

Bjørshol N. H. (1996): Effektiv energibruk og redusert avgassutslipp i fiskeflåten – II. Sluttrapport, MARINTEK rapport MT40 A96-0322

Budsjettnemda for fiskerieringen (1980 - 2002): Lønnsomhetsundersøkelser for helårsdrevne fiskefartøy 8 meter største lengde og over, Budsjettnemda for fiskerieringen, Bergen

CICERO (1998): Kyoto-protokollen. Offisiell tekst med norske kommentarer, Universitetet i Oslo, www.cicero.uio.no

- Digernes T. (1979): *Fart og drivstofføkonomi for fiskefartøyer*, Fiskeriteknologisk forskningsinstitutt, rapp. nr. 664.1-9-1
- Ellingsen H. og Pedersen T. A. (2004): "Designing for environmental efficiency in fishing vessels", Part B: *Journal of Marine Design and Operation*, no. B6, 2004, ISSN 1476-1556
- Ellingsen H. og Aanonden S. Aa. (2005): *Energy use in the Norwegian fishing industry. Environmental consequences of alternative energy carriers. LCM 2005*, Barcelona, ISBN 84-609-6564-3
- Finborud E. (2002): *Tiltaksanalyse. Konkrete NO_x-tiltak innenfor kysttrafikk med offshorevirksomhet og fiske 2002*", Sjøfartsdirektoratet, Oslo 2002
- Fiskeridirektoratet (2003): *Fiskefartøy og fiskarar, konsesjoner og årlege deltakaradgangar 2002*, Bergen 2003
- Frostad R. og Jullumstrø E. (1988): *Moderne skrogformer for fiskefartøyer, Forsøk i stille vann*, MT 51 A 88-043, OR 510337 DEL 13, MARINTEK 1988
- FTFI (1984): *Fakta om drivstoffsparing, Informasjonsbrosjyre*, Trondheim 1984
- Jordanger E., Møller-Holst S., Brevik D. A. og Maurstad O.: *Hydrogen som energibærer. Energi- og utslippsregnskap for utvalgte energikjeder*, SINTEF Energiforskning, ISBN 82-594-2373-1
- Meltzer, F., and I. Bjørkum (1991): *Kartlegging av avgassutslipp fra fiskeflåten*. MARINTEK, Trondheim. [In Norwegian].
- Miljøverndepartementet (1995): *St. meld. nr. 41 (1994 - 1995), Om norsk politikk mot klimaendringer og utslipp av nitrogenoksider (NO_x)*, Oslo 1995
- Miljøverndepartementet (2005): *St. meld. nr. 21 (2004 - 2005), Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*, Oslo 2005
- Nordforsk (1984): *Nyt om oliefisk-prosjektet, diverse informasjonsblad*, København 1984
- Norske Trålrederiers Forening (1985 - 1994): *Oversikt over driftsresultater*, Svolvær
- Silvia G., Vianna F. and Zanchetta M.(2005): *Time and scale in LCA: Case study on biofuels*, LCM 2005, Barcelona, ISBN 84-609-6564-3
- Standal D. (2001): *Moderniseringsprosesser i kystflåten. Om teknologisk endring og institusjonsutforming*, Økonomisk Fiskeriforskning, Årgang 11, Volum 2001, Tromsø
- Statens Forurensningstilsyn (1999): *Reduksjon av NO_x-utslipp i Norge, Tiltaksanalyse for målåret 2010*, ISBN 82-7655-175-0
- Statens Forurensningstilsyn (2000): *Et gløtt av sol bak sure skyer*, SFT-brosjyre TA-1735/2000, ISBN 82-7655-384-2, Oslo 2000
- Storøy J. (1994): *Effektiv energibruk og redusert avgassutslipp i fiskeflåten*, MARINTEK rapport: MT40 A94-0269

Svensen N., Aaslund G. S., Østvoll T., Shahimi B., Sætre J. og Wesenberg H.. (1994): BEEF - Beslutningsstøttesystem for effektivt energibruk i fiskeflåten, prosjektoppgave NTH

Hassel K., Farstad A. og Standal D. (2001): Fiskerinæringens muligheter til å bidra til oppfyllelse av Kyoto-avtalen, SINTEF Fiskeri og havbruk, ISBN 82-14-02161-8

Thomsen B., Revill A., Rihan D. og Eigaard O. (2004): Report on efficiency and productivity in fish capture operations, ICES 2004

Tornsjø B. (2001): Utslipp til luft fra innenriks sjøfart, fiske og annen sjøtrafikk mellom norske havner, SFT 2001, ISBN 82-537-4903-1, ISSN 0806-2056

Ziegler, F. (2001): Environmental Assessment of seafood with a life-cycle perspective, Licentiate Thesis, Department of Marine Ecology, Göteborg University and SIK, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg, Sverige, December 2001, ISBN 91-7290-216-7, SIK Report 689