

## **RESULTATRAPPORT SIP 2002-2006**

### **146557 - Bærekraftig fartøyteknologi og flåtestruktur**

#### **Bakgrunn**

Myndighetene har et overordnet mål om en bærekraftig forvaltning av fiskeressursene. Samtidig har Norge inngått flere internasjonale avtaler som angår fiskeriene, for eksempel Kyoto avtalen og Gøteborg protokollen. Disse avtalene legger for eksempel begrensninger på Norges utslipp av CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>, også fra fiskeflåten. I tillegg deler og forvalter Norge fiskeressursene i lag med flere andre nasjoner, som for eksempel EU, Island og Russland. Innenfor denne rammen er det et viktig mål å ha en fiskeflåte som er lønnsom og miljøvennlig under et regime som bidrar til en forsvarlig utnyttelse av fiskeressursene.

Bakgrunnen for denne målsettingen er blant annet funn fra FN's matvareorganisasjon FAO som viser at noen av de viktigste utfordringene for et moderne fiskeri kan knyttes til ulønnsom overkapasitet. Slike problemområder er grunnleggende fordi fiskeflåten fort blir økonomisk marginalisert. Ulønnsom overkapasitet fører til økt press på fiskebestandene og fordrer en kostnadskreven administrasjon til å forvalte og regulere fiskeflåten. At annet forhold er at bruken av økonomiske insentiv i miljøpolitikken, slik som miljømerking, er økende. For eksempel har Marine Stewardship Council (MSC) laget et eget miljømerkingssystem for fiskeprodukter. Strategien er at markedet og forbrukeren vil fungere som domstol og dermed beslutningstager for hvilke arter og produkter som antas å være mest bærekraftige etter egne definisjoner. En slik tilnærming utfordrer den etablerte fiskeriforvaltningen og øker kravene til økt miljøfokus i fiskeriene.

Samtidig står fiskeflåten overfor store utfordringer som kan virke motstridende. Dette refererer på den ene side eksempelvis til det generelle behov for å redusere overkapasiteten. På den annen side blir flåten stadig eldre, og det skaper igjen et behov for flåtefornyelse. Ny tonnasje er gjennomgående mer effektiv enn gammel tonnasje når denne skiftes ut. I denne sammenheng kan ikke teknologibegrepet betraktes som et ensidig og statisk begrep, men det må tas høyde for at ny teknologi bidrar til en stadig mer effektiv fiskeflåte med økende fangstkapasitet. Dermed oppstår et behov for forbedrede metoder og ny kunnskap som kan visualisere konsekvensene av ulike rammebetingelser og teknologivalg. Slike metoder kan bidra til å gi beslutningstagerne et bedre grunnlag for å utvikle fiskerinæringen i en mer bærekraftig retning. I denne diskusjonen står følgelig begrepet bærekraftig fiskeriforvaltning og fiskeflåte sentralt.

Videre er bruk LCA (levetids miljøanalyser) i dag allment akseptert som egnede verktøy for å analysere hvordan ulike løsninger påvirker det ytre miljø i løpet av sin levetid. Ved hjelp av denne metoden kan den totale miljøbelastningen av et produkt, en prosess eller en aktivitet, beregnes gjennom alle fasene i livsløpet fra råstoffutvinning gjennom fremstilling, distribusjon og bruk, til resirkulering og avfallshåndtering. Slike verktøy utvikles med andre ord med et "vugge til grav"-perspektiv og kan benyttes i en tidlig planleggings- eller designfase for eksempelvis å evaluere miljøeffekter av ulike konseptuelle valg. LCA-metodikk kan således bidra til å avdekke i hvilke deler av livsløpet til et produkt eller en prosess miljøbelastningene er størst. Det har vært et mål i programmet å videreutvikle og anvende LCA som verktøy innen fiskerisektoren.

#### **Mål**

Målsettingene for programmet kan kort oppsummeres som følger:

- Utvikling av egnet database og informasjonsunderlag.

- Utvikling av LCA- metodikk tilpasset fiskerinæringen.
- Kartlegging av referansenivå for bærekraftig fartøykonsept.
- Utvikling av modellverktøy for analyse på flåtenivå inkludert studie av aggregat-effekter som følge av teknologivalg.
- Utvikling av miljøeffektive konsepter og verifikasjon av disse i forhold til overordnede krav.

### **Oppnådde resultater og viktigste FOU miljøer**

Følgende resultater kan rapporteres relatert til programmets hovedmål:

#### *Utvikling av egnet database og informasjonsunderlag.*

Miljødata for fiskefartøy er registrert og systematisert med utgangspunkt i tilgjengelig statistikk og egne data ved SINTEF Fiskeri og havbruk. Forsøk på å samle inn data direkte fra fiskefartøy og rederier har imidlertid i liten grad lyktes grunnet lav svarprosent. Dataene er i første rekke konsentrert om energiforbruket i driftsfasen for ulike flåtegrupper og omfatter tidsserier for årene fra 1980 frem til 2005. Resultatene er sammenlignet med tilgjengelige internasjonalt publiserte data. Data utviklet i programmet er videre knyttet opp imot generelle miljødatabaser som er anskaffet som underlag for å gjennomføre miljøanalyser.

#### *Utvikling av LCA- metodikk tilpasset fiskerinæringen.*

Et eget verktøy for å gjennomføre tidlig design og levetidsanalyser er videreutviklet med nytt grensesnitt og utvidet funksjonalitet. Verktøyet er blant annet benyttet til å analysere miljømessige konsekvenser av bruk av ulike fremdriftsarrangement som dieselelektriske anlegg i forhold til konvensjonelle motorkonfigurasjoner. Videre er programvare for optimalt valg av komponenter for fremdrift og energiforsyning utviklet og tilknyttet prosjekteringsverktøyet. Denne programvaren velger mellom konvensjonell, hybrid og diesel elektrisk fremdrift, samt komponenter som gear, generatorer, dieselmotorer, elektriske motorer, frekvensomformere og propeller, og hvordan disse koples sammen. Det benyttes økonomiske og miljømessige kriterier. Resultatene er publisert både i forbindelse med en internasjonal konferanse og i et vitenskapelig tidsskrift.

Et doktorgradsprosjekt er tilknyttet området, og denne har til hensikt å utvikle metodikk for å kunne dokumentere og presentere den kvantitative og kvalitative miljøprestasjonen til et fiskeprodukt. Dette gjøres ved å tilpasse livsløpsanalyser (LCA) samt utvikle standardiserte miljøvaredeklarasjoner for fiskeprodukter. Et viktig mål her er å bidra til at næringen skal kunne imøtekomme fremtidige forventede krav fra markedet og myndigheter om miljøinformasjon. PhD-prosjektet ligger noe etter den opprinnelige tidsplanen, men planlegges ferdigstilt innen første halvår 2007. Arbeidet utføres på SINTEF Fiskeri og havbruk i samarbeid med Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU.

#### *Kartlegging av referansenivå for bærekraftig fartøykonsept.*

Programmet bygger på begrepet bærekraftighet som kan være vanskelig å kvantifisere eller gjøre operasjonelt. Med sikte på å finne et nivå for hvilken miljømessig belastning fremskaffelse av aktuelle matvarer medfører, ble det gjennomført en studie hvor miljøeffektene av produksjon av torskefilet levert til forbruker sammenlignes med tilsvarende for oppdrettslaks og for kylling. Hensikten med dette var å finne hva som er situasjonen i dag og om det er store forskjeller mellom disse produktene. En slik analyse kan også brukes til å avdekke hvor i kjeden forurensningen er størst og hvor tiltak vil kunne ha størst effekt.

Resultatene viser klart at miljøeffektene er størst under fangstfasen for villfisken og i forbindelse med oppforingen av laks og kylling. Kyllingen er noe mer energieffektiv å produsere enn laksen som ligger omtrent på samme nivå som torsk tatt med bunntål. Det er da regnet med den energimengde som skal til for å få brakt en 200 gram fillet av alle tre produktene frem til forbrukere i Sør-Norge. Andre miljøeffekter som overfiske, påvirkning av landareal og havbunn, bruk av kjemikalier for eksempel i forbindelse med bekjempelse av lakselus og begroing, bruk av medikamenter, effekter av rømning etc. er langt vanskeligere å kvantifisere i sammenlignbare størrelser. Disse effektene er derfor sammenlignet på delvis kvantitativ og delvis kvalitativ basis. Resultatene viser også at miljøeffektene kan reduseres ved valg av mer miljøvennlige energibærere og endring av førinnholdet. Resultatene er publisert både i forbindelse med en internasjonal konferanse og i et vitenskapelig tidsskrift.

*Utvikling av modellverktøy for analyse på flåtenivå inkludert studie av aggregat-effekter som følge av teknologivalg.*

Når det gjelder kapasitet og strukturutvikling i fiskeflåten i lys av ulike forvaltningsmodeller, har vi lagt ned et betydelig arbeid i å utvikle modeller og metoder for å analysere kapasitetsutviklingen i den norske fiskeflåten. Mer presist refererer dette til et teknologisk perspektiv på kapasitetsbegrepet, og vi har foretatt analyser fordelt på ulike fartøy- og redskapsgrupper. Et viktig funn fra disse analysene, er at den tekniske fangstkapasiteten øker, selv om antall fartøy reduseres. Dette funnet illustrerer den sterke dynamikken innen teknologiutviklingen i fiskeflåten og viser at fiskeflåten er i stadig endring. Med referanse til temaet som er nevnt foran, har vi foretatt ulike case- studier av ulike fartøy- og redskapsgrupper. I disse studiene har vi også drøftet kapasitetsbegrepet og vi har tatt for oss drivkreftene for teknologiske valg i forhold til gjeldende rammebetingelser for ulike typer fiskeri. Dette arbeidet er i hovedsak utført i Sintef Fiskeri og havbruk.

Et doktorgradsarbeidet er tiknyttet området og dette går ut på å analysere bærekraftighet i deler av den norske fiskeflåten. Til nå har arbeidet blitt konsentrert omkring utarbeidelse av ulike kriterier for bærekraftighet, og evaluering av disse kriteriene for ulike fartøysgrupper, med hovedfokus på torskefiskeflåten. Analysene og metodene er forankret i fagfeltet systemteknikk og omfatter problemstillinger relatert til teknologiutviklingen i fiskeflåten. I tilknytning til analysene, er det gjennomført beregninger som viser kostnader av energiutslipp og ulykker for de ulike fartøystypene. Ulike interessenter har blitt intervjuet omkring synspunkter på bærekraftighet, som et bidrag til å visualisere ulike oppfatninger av bærekraftighetsbegrepet i en mer overordnet sammenheng. Avhandlingen søker å bidra til økt forståelse omkring teknologiske problemstillinger i fiskeflåten, samt bruk av verktøy som kan gi bedre beslutningsunderlag for fiskeriforvaltningen. Resultatene fra avhandlingen er allerede publisert i eller innsendt til vitenskapelige tidsskrift og på vitenskapelige konferanser. Arbeidet gjennomføres på Sintef Fiskeri og havbruk og på Institutt for Produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU.

*Utvikling av miljøeffektive konsepter og verifikasjon av disse i forhold til overordnede krav.* I programmet er det arbeidet med å utvikle mer miljøvennlige fartøykonsepter blant annet ved å studere miljømessige konsekvenser av bruk av naturgass eller LNG (Liquefied Natural Gas) til fremdrift som alternativ til dieselloleje eller tungolje. Resultatene, er publisert i forbindelse med en større miljøkonferanse og viser en klar miljømessig gevinst i å anvende naturgass til fremdrift. En artikkel er videre under utarbeidelse for publisering i et internasjonalt tidsskrift basert på dette arbeidet. SINTEF Fiskeri og havbruk er også involvert i et brukerstyrt prosjekt med støtte fra Innovasjon Norge med sikte på å prosjektere og bygge et ringnotfartøy tilpasset

bruk av LNG for fremdrift. Resultatene fra arbeidet i det strategiske programmet har dannet et viktig underlag i denne sammenheng.

### **Vurdering av prosjektgjennomføring og ressursbruk**

Programmet ble delt opp i delprogram eller prosjekter med hver sin prosjektleder hvilket har fungert tilfredsstillende. I og med at programmet i hovedsak har vært gjennomført ved SINTEF Fiskeri og havbruk, har koordinering og prosjektstyring vært langt enklere enn om flere institusjoner hadde vært involvert. Samarbeidet med NTNU i forbindelse med veiledning av PhD-arbeidene har fungert godt.

Ressursfordelingen mellom de ulike deler av programmet har vært noenlunde balansert selv om relativt mye ressurser er brukt på programmeringsaktivitetene. Programmering av dataverktøy blir ofte ressurskrevende og gir ikke alltid de ønskede resultater, i alle fall ikke i form av publiserbare resultat. Utvikling av metoder og verktøy vurderes likevel som viktig først og fremst som grunnlag for senere næringsrettet virksomhet.

Her kan også trekkes frem at det i programperioden er etablert et meget godt nordisk samarbeid innen fiskerirelaterte miljøstudier. Vi har derimot ikke lyktes med å etablere et EU-prosjekt da temaet miljøanalyser og energieffektivitet innen fiskeriene ikke har vært spesielt aktuelt innen EU's 6. rammeprogram. Dette ser ut til å være langt mer aktuelt innen det 7. rammeprogrammet og her arbeides det nå aktivt med sikte på aktivitet innen EU.

Å finne egnede kandidater for PhD-stipendiene viste seg å være en utfordring og førte til at den ene stipendiaten kom i gang et halvt år for sent i forhold til programperioden. Dette er imidlertid løst på en tilfredsstillende måte både finansielt og med hensyn til faglig oppfølging og rettleiding. Kandidaten er i rute i forhold til justert plan.

### **Nytteverdi av resultatene**

Programmet var tematisk nyskapende i oppstarten og delvis har det vært lite etablert teori og metodikk tilpasset fiskerinæringen å støtte utviklingen på. Temaet bærekraftighet innen fiskeriene har imidlertid vist seg å bli stadig mer sentralt i forhold til de utfordringer næringen står overfor både i dag og i fremtiden. Det viser blant annet den sterke fokus som energiforbruket innen fiskerinæringen og miljøutslipp forbundet med dette, har fått i den senere tid. Vi føler oss sikre på at både dokumentasjon av miljøeffekter og design for et mer miljøeffektivt og bærekraftig fiskeri på både fartøy og flåtenivå, vil være et meget sentralt område i tiden fremover.

### **Formidling av resultatene**

Resultatene fra programmet er publisert i en rekke internasjonale tidsskrift og på seminarer. I tillegg har det vært holdt flere foredrag i mer populærvitenskapelige fora som de næringsrettede arrangementene på Hurtigruta i regi av Norges Forskningsråd. Forøvrig henvises til den vedlagte publikasjonslista for mer eksakt informasjon i tilknytning til resultatformidling.

### **Resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektslutt**

Det er fortsatt under utarbeidelse en publikasjon for et internasjonalt tidsskrift innenfor temaet energiforbruk innen fiskeriene.

Begge PhD-kandidatene forventes å ferdigstille sine studier i løpet av 2007.

Vedlegg: Oversikt over publikasjoner.

**Vedlegg til:**  
**Resultatrapport strategisk instituttprogram 2002-2006**  
**146557 - Bærekraftig fartøyteknologi og flåtestruktur**

**Publikasjonsoversikt**

**Internasjonale journaler med referee:**

Utne, I. B. (2007). Life cycle cost (LCC) as a tool for improving sustainability in the Norwegian fishing fleet. Submitted for publication in Journal of Cleaner Production.

Schau, E. A. M. (2007) Functional unit, system boundaries and co-product allocation procedure in Life Cycle Assessment - Protein content and other nutritional components as functional unit for food?" Submitted to International Journal of Life Cycle Assessment

Utne, I. B. (2007): System evaluation of sustainability in the Norwegian cod-fisheries. Marine Policy. In press.

Standal Dag (2007): Institutional changes and fleet structure: Towards the final solution? Marine Policy- The international journal of ocean affairs. Marine Policy- The international journal of ocean affairs Volume 31, Issue 2, Pages 94-100

Standal Dag, Utne B. Ingrid (2007): Can cod farming effect cod fishing? A system evaluation of sustainability. Marine Policy- The international journal of ocean affairs. In press.

Utne, I. B. (2006) Trade-off analysis of sustainability in the Norwegian cod-fishing fleet. Submitted for publication in ICES Journal of Marine Science.

Ellingsen H., Aanonsen Aa. (2006): Environmental Impacts of Wild Caught Cod and Farmed Salmon – A Comparison with Chicken, International Journal of Life Cycle Assessment. Volume 11, No. 1, Pages 60-65

Utne, I. B. (2006): Systems engineering principles in fisheries management. Marine Policy. 30. 624-634.

Standal, D. (2006): The rise and decline of blue whiting fisheries- capacity expansion and future regulations. Marine Policy- The international journal of ocean affairs. Volume 30, Issue 4, Pages 315-327.

Standal, D. (2005): Nuts and bolts in fisheries management- a technological approach to sustainable fisheries? Marine Policy- The international journal of ocean affairs. Volume 29, Issue 3, pages 255-263.

Ellingsen H., 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, Pages 39-47

**Vitenskapelige konferanser:**

Ellingsen H. and Aanonsen S. Aa. (2006): Use of LCA to analyse environmental impact from commercial fisheries. ICES 2006 Symposium, Boston U.S.A.

Utne, I. B. (2006). Trade-off analysis of sustainability in the Norwegian cod-fishing fleet. ICES Symposium, Boston, U.S.A. Best Ph.D. student presentation.

Utne, I. B. (2006). Risk in fisheries management: From rule-based to function-based management in Norway? IIFET 2006, Portsmouth, UK. Conference proceedings.

Utne, I.B. (2006). System performance evaluation of sustainability in the Norwegian cod-fishing fleet. Nor-Fishing Technology Conference, Trondheim.

Schau, Erwin A. Meissner (2006): Environmental Analysis of Norwegian Fish Food Products. Nor-Fishing Technology Conference, Trondheim

Standal Dag (2006): Making markets: Development of Norwegian quota regime. Paper presented at the IIFET Conference, University of Portsmouth

Schau, Erwin A. Meissner (2005): Life cycle evaluation of fishing and transport [Poster]. International society for industrial ecology (ISIE) 2005, Conference proceedings.

Ellingsen H. and Aanonden S. Aa. (2005): Energy use in the Norwegian fishing industry. Environmental consequences of alternative energy carriers. LCM 2005, Innovation by Life Cycle Management, Barcelona, Spain, Conference proceedings.

Utne, I. B. (2005). Development of a holistic framework for the assessment of sustainable fisheries. Conference poster. LCM2005, Innovation by Life Cycle Management, Barcelona, Spain.

Utne, I. B. (2005). Development of a holistic framework for the assessment of sustainable fisheries. LCM2005, Innovation by Life Cycle Management, Barcelona, Spain. Conference proceedings.

Standal, D. (2005): Institution versus technology: the history of capacity expansion in Norwegian fisheries. Paper presented at the conference "People and the Sea", University of Amsterdam, Nederland.

Ellingsen H., Schau E. A., Aanondsen Svein Aa, Pedersen T. A., (2004): "Environmental effects of wild caught cod, farmed salmon and chicken – possible to compare?", Fourth SETAC World Congress and 25<sup>th</sup> Annual Meeting in North America, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Portland 2004, Conference proceedings.

Schau, Erwin Andreas Meissner; Fet, Annik Magerholm (2004): Methodological framework for environmental analysis of fish. Fourth SETAC World Congress and 25th Annual Meeting in North America, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Portland 2004, Conference proceedings.

Standal, D. (2004): Fleet capacity and institutional changes in Norwegian fisheries. Paper presented at the International institute of economics and trade (IIFET) conference, Tokyo/Japan.

Ellingsen H., Fet A. M., Aanonsen S. Aa. (2002): "Tool for Environmental Efficient Ship Design", International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability (ENSUS 2002), School of Marine Science & Technology University of Newcastle upon Tyne UK, des. 2002, ISBN 0 7017 0148 X. Conference proceedings.

### **Populærvitenskapelige presentasjoner**

Ellingsen, H. (2006): Bærekraftighet innen norsk industri – kan analyser fortelle oss hvor vi står? Foredrag ved Universitetssenteret i Isafjordur, Island, mandag 6. november 2006

Utne, I. B. (2006). Bærekraftighet- en forutsetning for verdiskapning i flåteleddet. Hva betyr det egentlig? 10-11. oktober 2006. Workshop om fiskernæringens verdiskapende betydning i de nordiske land. Sintef Fiskeri og havbruk AS/Sintef Teknologi og Samfunn, Trondheim.

Utne I. B. (2005) . Bærekraftig fiskeflåte. Hvilke faktorer påvirker mest. Hurtigruta M/S Finnmarken Nov. 2005, Norges Forskningsråd

Standal D. (2005): "Metoder for analyser av kapasitetsutvikling i fiskeflåten". Hurtigruta M/S Finnmarken Nov. 2005, Norges Forskningsråd

Ellingsen H. (2003): "Bærekraftig fartøyteknologi og flåtestruktur - Undersøkelser om livsløpsanalyser (LCA) i fiskeflåten", (in Norwegian), Research seminar: "Fremtidens fiskerifartøy - Hva vet vi - hvor går vi?", Hurtigruta M/S Finnmarken 8. - 10. april 2003, Norges Forskningsråd

Standal D. (2003): "Analyser av kapasitetsutvikling i fiskeflåten". Presentert for Norges Fiskarlag.

Ellingsen H. og Aanonsen S. Aa. (2002): "Energy efficiency and fleet simulation", International Fishing Gear Workshop, Trondheim, August 2002

### **Andre**

Ellingsen H. (2004): "Energiforbruket og fiskeri og havbruk - Innspill til NTNU's forseight-analyse for havbruk", SINTEF Fiskeri og havbruk, august 2004

Schau, E. A. M. (2006). "Product category rules (PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for Product Group Wild caught fish - Draft." ISO/DIS 14025 Environmental Declarations Type III Retrieved 23 Jan 2006, 2006, from <http://www.nho.no/files/NPCR06FishEN.pdf>.