

## Resultatrapport

### Safe Operations of Subsea Systems (SOSS)

MAROFF Prosjekt 188944.

Prosjektansvarlig: SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Prosjektleder: Vegar Johansen

#### 1. Bakgrunn og målsettinger

Fiskerioperasjoner og offshore operasjoner har mange sammenfallende utfordringer som påvirker sikkerhet og effektivitet. Flere hendelser og ulykker har vist at både utstyret i seg selv og operasjon av dette har stort forbedringspotensial. Samtidig har man også sett at kompetansenivået hos både mannskap, utstyrsleverandører og forskningsinstitusjoner har vært for lavt. For å komme videre med disse problemstillingene har Norges forskningsråd, Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og Offshore Simulator Centre AS finansiert et forskningsprosjekt for å fremskaffe relevant basiskunnskap. Forskningspartnere har vært SINTEF Fiskeri og havbruk AS, Høgskolen i Ålesund, NTNU og NGU.

**Prosjektets hovedmålsetting har vært å utvikle kunnskap og metoder for å identifisere, analysere og simulere potensielt farlige operasjoner for å minimere sikkerhetsrisiko og øke effektivitet.**

#### Prosjektets delmål har vært å utvikle:

- Matematiske modeller for sanntids simuleringer av krefter, respons og oppførsel av fiskeredskap og subsea strukturer
- Prototyper av simulatorer for fiskerioperasjoner og offshore subsea systemer, koblet til skipssimulatorer egnet for å analysere operasjoner og opplæring av mannskap
- Prototyp av beslutningsstøttesystemer basert på modellbaserte tilstandsestimatorer
- Verktøy og metoder for å validere nødprosedyrer for fartøy som opererer subsea systemer

#### 2. FoU-oppgaver og oppnådde resultater

En rekke ulike FoU-oppgaver har vært gjennomført i prosjektet, og de viktigste oppsummeres her.

##### 2.1 Identifisering av sentrale utfordringer knyttet til operasjon av systemer

En studie av de mest sentrale utfordringer ble gjort innledningsvis. Her ble det avdekket at følgende områder blir ansett som de mest relevante å studere i prosjektet: Håndtering av tunge laster på dekk, fastkjøring av utstyr i sjøbunnen (f.eks. fastkjøring av trål og setting av offshore anker), tunge lasters påvirkning på fartøy (jfr stabilitet og manøvreringsevne), overvåking av trål i fiskefase og transport av objekter gjennom bølgesonen.

##### 2.2 Modellering av interaksjon mellom strukturer og sjøbunn

Fagområdet ble betraktet som viktig for å forstå hvordan ulike bunnsedimenter påvirker utstyr som er i kontakt med dette (f.eks. fiskeredskaper/trål og anker). Ganske lite relevant arbeid har tidligere vært gjennomført, og forskningsaktiviteter relatert til sedimentkontakt ble en vesentlig del av prosjektet. Dette omfattet 1) karakterisering av sedimenter, 2) modellforsøk med ulike komponenter (anker og bunngir for trål) og tilhørende studier av skaleringsproblematikk, 3) fullskala forsøk med relevant utstyr og 4) modellering av krefter på komponentene basert på

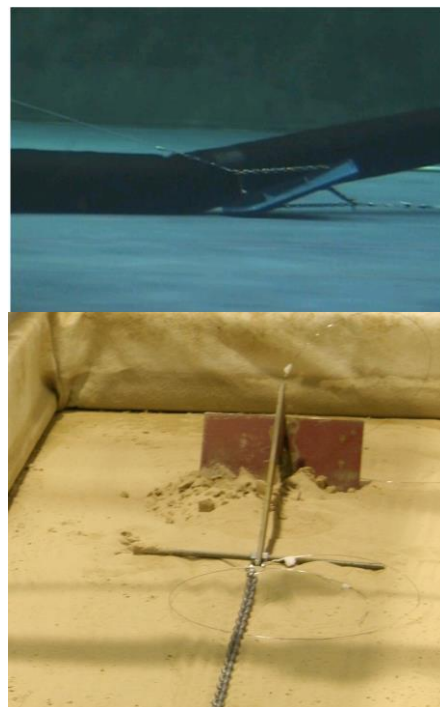
modellskala og fullskala resultater. I tillegg ble det gjennomført en del forsøk med interaksjonen mellom fiskeredskaper og offshore strukturer for å utvikle metodikk og samle empiriske resultater til bruk i modellutvikling. SINTEF Fiskeri og havbruk var hovedansvarlig for dette arbeidet, mens Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) har vært helt sentral i karakterisering av bunnsedimenter. Dette har faglig sett vært krevende, og nye metoder har blitt utviklet. Disse har bl.a. blitt tatt i bruk i områder som f.eks. analyser av holdekrefter for havbruksankre.

### 2.3 Hydrodynamiske krefter

For spesielt fiskeredskaper er hydrodynamiske krefter et mindre utforsket område. Særlig gjelder dette nettkonstruksjoner som er aktuelle i f.eks. tråling, snurrevad og flere andre redskaper. Disse kreftene er svært viktige å karakterisere for å kunne sette opp gode simuleringsmodeller til bruk i trenings- og operasjonssammenheng. Det ble derfor gjennomført en del empiriske studier av hydrodynamiske laster på nettstrukturer, og resultatene er publiserte i vitenskapelige artikler. Flere ukjente sammenhenger har blitt avdekket, men det er fortsatt et behov for øket forståelse av nettstrukturer for å kunne representere disse realistisk i enkelte viktige operasjonstilstander. SINTEF Fiskeri og havbruk var hovedansvarlig for dette arbeidet. Resultatene er bl.a. utnyttet i designprogrammer for trål og snurrevad.

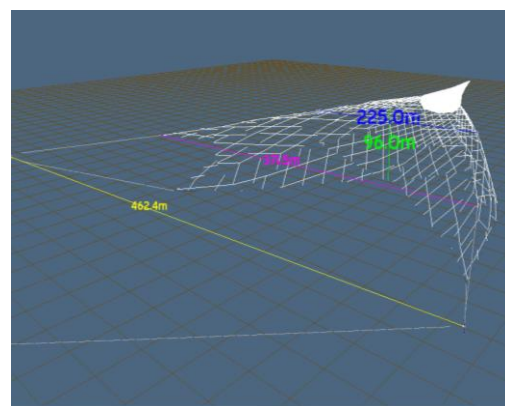
### 2.4 Strukturmodeller for sanntids simulering

De fleste analyser av strukturer gjøres i dag vha "Finite Element Method" (endelig element metode) eller tilsvarende. Denne er verdensdominerende innenfor de fleste marine sektorer, og er anerkjent for å gi nøyaktige resultater. Samtidig er den tilnærmet uaktuell for anvendelser hvor tidsbruk er avgjørende, f.eks. i treningssimulatorene. Modeller med sanntids egenskaper eller bedre har trolig ikke vært utviklet i en vitenskapelig kontekst, og i prosjektet ble arbeid med dette avgjørende for å kunne utvikle treningssimulatorene for opplæring og beslutningsstøttesystemer. Helt nye teknikker er utviklet og implementert, og moderne numeriske teknikker for kollisjonsdeteksjon og –håndtering har blitt integrert. Dette har muliggjort sanntids simuleringer av strukturer som man tidligere ikke har kunnet representere med høy grad av nøyaktighet og realisme i treningssimulatorene eller beslutningsstøttesystemer. De vitenskapelige resultatene har skapt oppmerksomhet, og flere industrielle aktører har vist interesse og startet produktutviklingsprosjekter basert på disse. Modellene er også implementert i Offshore Simulator Centres (OSC) treningssimulatorene for offshore operasjoner. Her har man også foretatt en integrasjon med skipsmodeller som benyttes i treningssimulatorene. Fordi prosjektresultatene går direkte inn i kommersielle produkter har man valgt å avvente publisering av disse. Sentrale prosjektaktører på dette området har vært SINTEF Fiskeri og havbruk og OSC.



tråldør og rørledning.

**Nederst:** Modellforsøk med anker som settes i bunnsedimenter.



Sanntids modell av en trål vist i simulatoren som er utviklet.

Hoveddimensjoner er inntegnet dynamisk. **Øverst:** Modellforsøk med

## **2.5 Fartøystabilitet og fare ved sammenstøt mellom subsea strukturer**

Store krefter fra subsea systemer påvirker i vesentlig grad sikkerhetsmarginene til fartøy som opererer disse, og dramatiske ulykker har tidligere vist at dette er et sentralt tema. Kjernen i problemstillingen er å karakterisere netto stabilitetsmarginer for et fartøy hvor eksterne krefter av en gitt størrelse påvirker skroget på gitt angrepspunkt. I prosjektet har man gjennomført studier som viser hvordan dette kan analyseres og vurderes. Kreftene som påvirker fartøyet i f.eks. en slepefase kan også ha større transienter som følge av fastkjøring i sjøbunnen eller kollisjon med andre subsea strukturer, og dette vil naturlig også påvirke fartøysikkerheten. Forskning på slike transiente krefter og hvordan de oppstår har blitt gjennomført og publisert gjennom et ph.d.-studium som er gjennomført ved NTNU i Trondheim. Et hovedfunn her har vært utvikling av forenklede metoder for å analysere fartøyet stabilitet under håndtering av tunge krefter i liner, og det har blitt validert opp mot bl.a. stabilitetsanalyser for fartøy som gjennomfører av ankerhåndteringsoperasjoner.

## **2.6 Beslutningsstøttesystemer og nødprosedyrer for fartøyer som opererer subsea systemer**

Operasjonelle beslutningsstøttesystemer betraktes som industrielt sentralt forskningsområde, men begrepet favner svært bredt. Man har i prosjektet arbeidet med å kartlegge nåværende og fremtidige behov for slike systemer. Dagens operasjoner er i stor grad begrenset av konservative værinduer for tillatt aktivitet. I prosjektet har man avdekket at disse trolig kan tøyes vesentlig dersom en kobling mellom aktuelle værforhold (bølger, strøm, vind) og reell operasjon gjøres i sann tid med en prediksjon fremover. Sentralt i slike systemer vil være modellbaserte analyser av kritiske parametere. Analysene må ha prediktiv karakter, og sanntids modeller er avgjørende. Enkelte utkast til slike systemer har blitt testet i simulator, og resultatene viser at dette er en type systemer som kan forventes å bli svært interessante kommersielt. Færre begrensinger i værindu som følge av dette vil gi mer operativ tid for fartøy. Videre er det sannsynlig at slike systemer kan anvendes som beslutningsgrunnlag under kritiske operasjoner og være et supplement til tradisjonelle stoppkriterier og nødprosedyrer. I prosjektet har man også funnet at nødprosedyrer kan utvikles ved hjelp av treningssimulatorene som settes opp for aktuelle kritiske operasjoner. Dette kan bl.a. være fastkjøring av trålsystemer i sjøbunnen og utvikling av stoppkriterier for dypvannsoperasjoner. Høgskolen i Ålesund, OSC og SINTEF Fiskeri og havbruk har vært sentrale prosjektaktører i dette arbeidet. Det er etablert produktutviklingsprosjekter hvor denne teknologien er sentral, og herunder nevnes utvikling av en treningssimulator for havbruksoperasjoner i samarbeid med Sikkerhetssenteret i Rørvik.

## **3. Vurdering av prosjektgjennomføring og ressursbruk**

Prosjektet har vært gjennomført med fokus på kompetansebygging basert på industrielle behov identifisert underveis. Mye av kompetanseoppbyggingen har båret preg av å være basisforskning, men alltid begrunnet i anvendelser relevant for prosjektets målgruppe.

Totalt sett er vurderingen at prosjektet har nådd målsettingene, og FoU-utfordringene har på alle områder blitt besvart med resultater som har potensiale for industrielle anvendelser. Spesielt innen modellutvikling for sanntids simuleringer av strukturer har prosjektet bidratt med teknologi som er kommersialisert eller nær kommersialisering.

I prosjektgjennomføringen har man avholdt en rekke styringsgruppemøter hvor koordinering av forskningsinnsatsen har vært sentralt. Hovedutfordringen i prosjektet har også vært knyttet til koordinering, og dette gjelder spesielt involvering av ph.d.-studentene. Disse skal gjennom et omfattende fagstudium før de er operative innen forskning, og arbeidet vil naturlig begrenses av

at en doktorgrad skal avlegges med de krav som følger med. Videre har det vært tidkrevende å rekruttere gode kandidater, og konsekvensen ble at disse er forsinket i sin fremdrift ift prosjektets opprinnelige plan. Likevel har begge studentene levert gode vitenskapelige arbeider som i høyeste grad har relevans for prosjektet. Det ansees som en styrke for prosjektet at det har involvert ph.d.-utdanning.

Ressursbruken i prosjektet vurderes som rimelig, selv om man i ettertid ser at enkelte ting kunne vært gjort på en enda mer effektiv måte. Samtidig har man valgt å holde en nøktern linje på ressursbruk, og valgte for en av periodene ikke å forsere arbeidet slik som planlagt. Følgen av dette var at Forskningsrådet trakk tilbake en mindre del av bevillingen, og det vurderes å være en grei avgjørelse. En hovedutfordring i denne typen prosjekt er å involvere industri. Basisforskning har lange tidsperspektiver, og det er krevende for bedrifter i rask endring å engasjere seg dypt i dette. Totalt sett mener man at prosjektet har levert svært gode resultater i forhold til ressursbruken.

#### **4. Prosjektets betydning og nytteverdi**

Prosjektet har bygget kompetanse på flere områder. Som en følge av prosjektet har man nå bedre innsikt i hva som er kritiske operasjoner med subsea strukturer og hvilke faktorer som krever ekstra oppmerksomhet. Man har jobbet med grunnleggende forskning innen områder som tidligere har vært uavklarte, og ser tydelig at det fortsatt er et betydelig underskudd på kompetanse på f.eks. forståelse av sedimentkrefter og hydrodynamiske krefter på notstrukturer. Videre har prosjektet bidratt til å utvikle helt nye metoder for simulering av stive strukturer, og dette forventes å bli et forskningsfelt med vesentlige ringvirkninger til strukturtyper og muligens også fluider som ikke har vært analysert i dette prosjektet.

Industrielt har prosjektet allerede fått betydning gjennom forbedrete treningssimulatorer og utvikling av beslutningsstøttesystemer. Det er også andre bedrifter som benytter prosjektresultater i pågående produktutviklingsprosesser. Til og med petroleumsindustrien har benyttet de verktøyene som er utviklet i større designprosjekter.

En spesiell, men viktig oppdagelse i prosjektet er at to ulike sektorer som fiskeri og offshore har en rekke sammenfallende problemstillinger. Det at man valgte å fokusere på utfordringer innen begge sektorer har bidratt til kompetanseutveksling på tvers av disse, og det vurderes som spesielt nyttig. Det er også klart at det fortsatt ligger betydelige synergiepotensialer her.

På litt lengre sikt forventes det at flere prosjektresultater kommersialiseres og formidles ytterligere, og at konsekvensen av dette er tilgjengeliggjøring av teknologi og opplæringsarenaer som totalt sett forbedrer og effektiviserer operasjon av subsea systemer.

#### **5. Oppfølging av prosjektet**

Oppfølgingen av prosjektet vil i første rekke knytte seg til videre kommersialisering av hovedresultatene. Flere bedrifter er altså allerede i gang med dette, mens andre har meldt interesse for å basere flere industrielle utviklingsprosjekter på prosjektresultatene.

Videre vil man søke å fortsette kompetansebygging på enkelte vitenskapelige områder gjennom å etablere ulike prosjekter i tett samarbeid med spesielt NTNU, OSC og Høgskolen i Ålesund.

I etterkant av prosjektperioden forventes det at begge ph.d-studentene vil ferdigstille sine avhandlinger, høsten 2013. Det forventes også flere publikasjoner på den nyutviklede metodikken for sanntids simuleringer av ulike strukturer.