



**Fakultetet for ingeniørvitenskap  
og teknologi**

Adresse: Høgskoleringen 6, NTNU  
NO-7491 Trondheim  
NORWAY

Telephone: +47 73 59 45 01  
Fax: +47 73 59 37 90

Enterprise No.: NO 974 767880 MVA

# NTNU/IVT RAPPORT

TITEL:

## ***Fagplan 2011 - 2020: Marin Teknologi***

FORFATTERE:

Asgeir J. Sørensen

PROSJEKTEIER:

Styringsgruppen v/dekanus Ingvald Strømmen

**ABSTRAKT:**

Rapporten inneholder første utkast, prototype 1, til forskningsstrategi for fokusområde Marin teknologi. De 3 største anvendelser/industrier for marin teknologi er: *Shipping, Olje og gass, Fiskeri og havbruk*. Nye markeder og anvendelser som bør fokuseres på er: *Offshore fornybar energi, Marin mineralkartlegging og utvinning, Arktiske operasjoner og Marin vitenskap*. De marine industriene utgjør en dominerende andel av norske eksport inntekter og verdiskapning. NTNU har et tett samspill med industri og forvaltning. Samspillet i det maritime clusteret er unikt og er en viktig forutsetning for videre suksess.


Forskningsstrategien tar utgangspunkt i 5 globale utfordringer: *Mat, Energi, Klima, Miljø og Råvaremangel*. Det er definert 8 sentrale kunnskapsområder: *Marin hydrodynamikk, Marine konstruksjoner, Marin kybernetikk, Marint maskineri og forbrenningsteknikk, Marin pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet, Marin design og logistikk, Arktisk teknologi og Oseanografi, marin biologi, geologi og arkeologi*. Det legges vekt på at NTNU fokuserer på grunnleggende forskning med solid vitenskapelig kvalitet på de overnevnte kunnskaps- og anvendelsesområdene, og problemstillinger forankret til de globale utfordringene. Videre legges det fortsatt vekt på forskningsmetodikk bestående av teoretiske studier, numeriske simuleringer, laboratorieforsøk og modelltesting og felt- og fullskalatesting. Eksperimentelt arbeid er sentralt for forskning innen marin teknologi. Det er viktig at Norge fortsatt satser på marin teknologi for å opprettholde Norges sterke internasjonale posisjon til glede for undervisning, forskning og innovasjon og nyskapning.

Gruppen har bestått av følgende medlemmer fra NTNU:

- Kjernegruppe IMT: Asgeir J. Sørensen (leder), Harald Ellingsen (nestleder), Torgeir Moan, Stein Ove Erikstad, Jørgen Amdahl, Sverre Steen, Eilif Pedersen, Astrid E. Hansen
- IVT: Knut Høyland, Terese Løvås, Lars Sætran, Trygve M. Eikevik, Steinar Ellefmo, Sigbjørn Sangesland
- NT, TSO MCD: Yngvar Olsen, Geir Johnsen

I tillegg har eksterne deltagere fra industri og forskning vært involvert i prosessen. I det videre arbeidet med prototype 2 vil eksternt forankring bli vektlagt.


REV.	DATO	STATUS	Antall sider/vedlegg	Sign
Rev 1	18.11.2011	Første utkast: Prototype 1	1 av 16	

	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	2 av 16

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Side

<b>1</b>	<b>Delrapport B: Arbeidsgruppens rapport (prototyp 1)</b> .....	<b>3</b>
1.1	Sammendrag .....	3
1.2	Bakgrunnsinformasjon .....	3
1.3	Globale megatrender i planperioden .....	3
1.4	Teknologiske trender, utvikling og gjennombrudd på faggruppens områder i planperioden 4	
1.5	Status pr. juli 2012 .....	5
1.6	Måldefinering 2020 for arbeidsgruppens områder .....	6
1.7	Strategiske forskningsområder .....	6
1.7.1	Anvendelser .....	7
1.7.2	Kompetanseområder .....	11
1.8	Konsekvenser av de strategiske valg av forskningsområder .....	15
1.9	Strategiske samarbeidspartnere .....	16

	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	3 av 16

# 1 Delrapport B: Arbeidsgruppens rapport (prototype 1)

## 1.1 Sammendrag

Rapporten inneholder første utkast, prototype 1, til forskningsstrategi for fokusområde Marin teknologi. De 3 største anvendelser/industrier for marin teknologi er: *Shipping, Olje og gass, Fiskeri og havbruk*. Nye markeder og anvendelser som bør fokuseres på er: *Offshore fornybar energi, Marin mineralkartlegging og utvinning, Arktiske operasjoner og Marin vitenskap*. De marine industriene utgjør en dominerende andel av norske eksport inntekter og verdiskapning. NTNU har et tett samspill med industri og forvaltning. Samspillet i det maritime clusteret er unikt og er en viktig forutsetning for videre suksess.

Forskningsstrategien tar utgangspunkt i 5 globale utfordringer: *Mat, Energi, Klima, Miljø og Råvaremangel*. Det er definert 8 sentrale kunnskapsområder: *Marin hydrodynamikk, Marine konstruksjoner, Marin kybernetikk, Marint maskineri og forbrenningsteknikk, Marin pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet, Marin design og logistikk, Arktisk teknologi og Oseanografi, marin biologi, geologi og arkeologi*. Det legges vekt på at NTNU fokuserer på grunnleggende forskning med solid vitenskapelig kvalitet på de overnevnte kunnskaps- og anvendelsesområdene, og problemstillinger forankret til de globale utfordringene.

Videre legges det fortsatt vekt på forskningsmetodikk bestående av teoretiske studier, numeriske simuleringer, laboratorieforsøk og modelltesting og felt- og fullskalatesting. Eksperimentelt arbeid er sentralt for forskning innen marin teknologi. Det er viktig at Norge fortsatt satser på marin teknologi for å opprettholde Norges sterke internasjonale posisjon til glede for undervisning, forskning og innovasjon og nyskaping.

Gruppen har bestått av følgende medlemmer fra NTNU:

- Kjernegruppe IMT: Asgeir J. Sørensen (leder), Harald Ellingsen (nestleder), Torgeir Moan, Stein Ove Erikstad, Jørgen Amdahl, Sverre Steen, Eilif Pedersen, Astrid E. Hansen
- IVT: Knut Høyland, Terese Løvås, Lars Sætran, Trygve M. Eikevik, Steinar Ellefmo, Sigbjørn Sangesland
- NT, TSO MCD: Yngvar Olsen, Geir Johnsen

I tillegg har eksterne deltagere fra industri og forskning vært involvert i prosessen. I det videre arbeidet med prototype 2 vil ekstern forankring bli vektlagt.


## 1.2 Bakgrunnsinformasjon

Det har vært flere nylige studier av fremtidige trender og forskningsutfordringer for næringene knyttet til Marin teknologi som er benyttet: Maritime 21, Energi 21, Olje & Gass (OG) 21, MAROFF programplan, JPI Oceans - EU plan, NTNU strategier, og Technology Outlook 2020, DNV.

## 1.3 Globale megatrender i planperioden

Vi har lagt til grunn at megatrender vil defineres av et sett av betingelser og prosesser knyttet til globale utfordringer som angår hele menneskeheten og en sterkt økende befolkningsvekst. Vi har trukket frem fem globale utfordringer vi mener er førende for IVTs forskning i planperioden:

- **Mat** er en mangelvare og internasjonalt skjevfordelt. Sjømat blir et essensielt bidrag til føde for en økende verdensbefolkning.
- **Energi** vil i enda større grad bli etterspurt som følge av sterkt vekst i Asia og da særlig Kina og India, Sør Amerika og etter hvert Afrika. Både økt etterspørsel samt krav til lavere utslipp vil gi et ytterligere fokus på energieffektivisering.

 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	4 av 16

- **Klimautfordringer** med mer ekstremvær og havstigning stiller nye og strengere krav til skip, hav- og kystkonstruksjoner og forvaltning av kystsonen.
- **Miljø**utfordringer knyttet til utslipp i luft og vann, og da sett i relasjon til økt energiforbruk vil forsterke krav til teknologiske nyvinninger.
- **Råvaremangel** tvinger oss til å utforske og utvinne ressurser som mineraler, metaller, vann, etc. direkte fra havrommet og sjøbunnen.

I tillegg forventes det at man i større grad også tar opp ikke-teknologiske aspekter som...

- Styrker omdømme der etikk og verdier blir viktigere.
- Åpenhet og integritet der allmenn oppfatning - «public opinion and license to operate» og politiske strømninger som gir sterke føringer for prioriteringer og målsetninger.
- Teknologioverføring og bidrag til u-land som svar på globale utfordringer.
- Befolkningsvekst og global kamp om ressurser med økte konfliktlinjer og interessemotsetninger. Dette gir også økt press på logistikk inkludert transport.
- Kulturforskjeller og forståelse.

De industrialiserte landene vil (muligens) i planperioden erkjenne og ta affære mht. at de globale utfordringene er både de største truslene og mulighetene for videre vekst, velvære og sikkerhet. Dette vil bringe frem teknologi og løsninger som er tilpasset lav-kost og høyt volum egnet for u-land. Økt erkjennelse av globale utfordringer vil også øke fokus på bærekraftig utvikling.

*Bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine behov.*

Denne definisjonen innebærer at materialer, energi og teknologi som kreves for å oppnå god livskvalitet for dagens befolkning fordeles så rettferdig som mulig samtidig som anskaffelse, produksjon, drift og avhending respekterer økosystemenes bæreevne. Utnyttelse av ikke-fornybare ressurser kan gjøres mer bærekraftig ved å utvikle sikker og effektiv lete- og produksjonsteknologi som bidrar til å øke ressursgrunnet, redusere behovet for ressursuttak gjennom gjenbruk og resirkulering, samt utvikle fornybare alternativer.


#### **1.4 Teknologiske trender, utvikling og gjennombrudd på faggruppens områder i planperioden**

Teknologisk utvikling vil bli drevet av:

- eksisterende markeder der Norge er verdensledende shipping, olje og gass, fiskeri og havbruk og,
- nye markeder som offshore fornybar energi, marin mineralkartlegging og –utvinning, arktiske operasjoner inkludert kartlegging og overvåkning, og oseanografi og annen marin vitenskap slik som marin biologi, geologi og arkeologi.

I tillegg vil videreutvikling av muliggjørende teknologier kunne gi helt nye muligheter. For IVT er følgende muliggjørende teknologier drivende for nye gjennombrudd:

- materialteknologi, informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), nano og MEMS teknologi, elektrifisering,
- integrasjon av disipliner og teknologier.

	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	5 av 16

### 1.5 Status pr. juli 2012

Evaluering av faggruppene (2011) ga følgende uttelling:

5 --- excellent, 4 --- very good, 3 --- good, 2 --- fair, 1 --- weak

Forskningsgruppe	Vitenskapelig kvalitet og produktivitet	Relevans og betydning	Strategi, organisering og forskningssamarbeid
Termisk energi	5	5	4
Industriell prosessteknikk	3	4	3
Petroleum	4	5	5
Mineral produksjon og HSE	2	3	3
Marine Systemer	3	3	3
Marin byggeteknikk	4	5	4
Marine konstruksjoner	5	5	5

Når det gjelder fordeling av Marin teknologi PhD produksjon de siste årene, fordeler disse seg grovt sett inn mot:

- Marin transport/Shipping: 25%
- Olje og gass: 40%
- Fiskeri og havbruk: 10%
- Nye anvendelser: 25%

Utdanning av PhD fra CeSOS 2002 -2011 viser hvordan man spesielt evner å ta opp nye anvendelser slik som offshore fornybar energi.


### CeSOS activities 2011

(percentage research efforts split on different disciplines and application areas)

Industry relevance	Main discipline(s)				Sum
	Hydro.	Struct.	Control	Multi-disciplinary	
Transport & underwater op.	8	5	12	2	27
Oil & gas	12	10	8	4	34
Renewable energy offshore	0	6	4	17	27
Aquaculture	9	2	0	0	11
Large infrastructure	1				1
Sum	30	23	24	23	100

Viktig deltagelse i større programmer:

- Marine konstruksjoner i samarbeid med teknisk kybernetikk er vert for en SFF – CeSOS (2002-2012).
- Marine konstruksjoner og systemer deltar i SFI Create

 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	6 av 16

- Marin byggeteknikk er vert for en SFI på Arktisk teknologi.
- Petroleum er vert for en SFI på Integreerte operasjoner.
- University Technology Centre – strategisk forskningssamarbeid med Rolls-Royce Marine med tema «Performance of ships and propellers in a seaway» (varighet 2005-2015)
- ...

I tillegg deltar forskningsgruppene i FME Nowitech, EU programmer (Wavetrain 2, Marina,..) og en rekke forskningsprosjekter i regi av Norges forskningsråd og industripartnere.

### 1.6 Måldefinering 2020 for arbeidsgruppens områder

Drivere i vår prioritering av forskning og undervisning er:

- Bidra til lønnsom og bærekraftig forvaltning og utvikling av norsk industri, virksomhet og ressurser:
  - ✓ Olje og gass, shipping, fiskeri og havbruk, fornybar energi, marin vitenskap,...
- Innovasjon og nyskaping:
  - ✓ Være en partner for etablert næringsliv
  - ✓ Bidra til å skape ny virksomhet
- Adressere globale utfordringer

Forskergruppene som jobber inn mot marin teknologi må ha topp internasjonale meritter evaluert etter:

- Hirsch H-index (citation index, impact factor)
- Artikler i internasjonale tidsskrifter og på internasjonale konferanser, bokkapitler og bøker
- ”Key note lectures” og ”plenary talks” på internasjonale konferanser
- Editor/associate editor
- Uteksaminerte PhD kandidater
- Patenter
- Vitenskapelige priser og belønninger

Andre kriterier:

- Forskningsledelse: Lederkapasitet og ledererfaring
- Innovasjonsevne: nyskaping
- Relevans

Det er målsetting at 3 av forskningsgruppene skal være i verdensklasse (karakter 5). I snitt bør faggruppene som jobber inn mot marin teknologi ligge mellom 4 og 5.

### 1.7 Strategiske forskningsområder

Vi definerer forskningsområder ut fra 3 dimensjoner:

- Anvendelser/industrier (relevans).
- Kompetanseområder.
- Forskningsutfordringer.

En viktig strategi i forskning ved NTNU er å utvikle langsiktig og grunnleggende kompetanse og benytte denne på de ulike anvendelsene. Dette vil sette oss i stand til lettere å ta opp nye anvendelser.

## Overføring av grunnleggende kompetanse og teknologi mellom ulike anvendelser og industrier



### 1.7.1 Anvendelser

De 3 største anvendelser/industrier for marin teknologi er:

- *Shipping eller maritime transport*
- *Olje og gass*
- *Fiskeri og havbruk*

Nye markeder og anvendelser som bør fokuseres på er:

- *Offshore fornybar energi*
- *Marin mineralkartlegging og utvinning*
- *Arktiske operasjoner*
- *Marin vitenskap*

### Grunnleggende forskning: Shipping


#### Forskningsutfordringer:

- Energieffektivisering og utslippsreduksjoner, miljøvennlig skipsfart
- Skipsfart i Nordområdene – transport og tjenester
- Risiko, sikkerhet og sårbarhet
- Nye, innovative, robuste, fleksible og tilpasningsdyktige transportløsninger

#### Grunnleggende forskningsområder:

- Energieffektive skrog, propulsjonsløsninger og maskinerisystemer
- LNG og alternative drivstoff – design, operasjon og distribusjon
- Effekt- og energistyring av hybride maskinerianlegg, systemintegrasjon (power/energy management)
- Energieffektive, innovative fartøysdesign og transportløsninger, design og verifikasjon, optimering og simulering
- Risikobaserte design, kvantitative risikomodeller, risikoanalyser og sårbarhetsanalyser
- Vedlikeholdsstyring og modellering
- Ulykkesmodellering og –analyse



 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	8 av 16

- Sikkerhetsledelse og sikkerhetsindikatorer
- Stokastisk analyse og optimering av store, komplekse systemer
- Produksjonskjeder og modularisering i skipsbygging
- Energieffektive skrogformer and propulsjonsløsninger for fartøy i is, materialmodeller for design av strukturer med hensyn på is
- Bevegelser og belastninger på skip og propulsorer i ekstreme sjøtilstander
- Transport- og logistikk-løsninger for operasjon i is
- Design for sikker operasjon i Arktis, inkludert menneskelige faktorer
- Navigasjon & fartøystyring i ekstreme farvann og is
- Autonome/intelligente systemer for lav- og bemanningsfrie skip
- Flåte- og formasjonsstyring av skip
- Nye radikale konsepter for fremdrift basert på sol, vind, bølger og strøm
- Interaksjonsdesign (menneske-maskin ) i forbindelse med kompliserte operasjoner og systemer

### **Grunnleggende forskning: Olje og gass**


#### **Forskningsutfordringer:**

- Dypt vann
- Arktiske strøk
- Operasjoner i ekstremt vær (bølger, strøm, vind og is)
- Komplekse marine operasjoner (installasjon, fjerning, ankerhåndtering)
- Undervannsteknikk
- Brønnintegritet og regulering
- Integreerte operasjoner
- Aldring og levetidsforlengelse
- Feltlogistikk for fjerne lokaliteter

#### **Grunnleggende forskningsområder:**

- Havmiljøbeskrivelse (bølger, vind, strøm, is)
- Grensesjiktstrømninger ved havbunn og erosjon
- Virkning av samvirke vind, bølger og strøm på hydrodynamiske laster
- Kraftig strøm og konstruksjonsinteraksjon
- Hydroelastisitet (interaksjon væskekinematikk -konstruksjonsrespons)
- Utvikling og evaluering av numeriske metoder for hydrodynamiske lastberegninger
- Modellering av viskøs strømning og turbulens relatert til slanke marine konstruksjoner
- Modellering av bølger på grunt vann og bølgekrefter på kystkonstruksjoner
- Stokastisk, dynamisk analyse av kombinerte lastvirkninger
- Statisk og dynamisk kapasitet av komponenter og konstruksjonssystem, inklusive rørledninger
- Integreert analyse av abnormale laster og ulykkeshendelser (robusthet, reststyrke)
- Høysyklus og lavsyklus utmatting, slitasje og kryp for aktuelle materialer (fleksible stigerør og kontroll liner, stål, aluminium, kompositter,)
- Duktilitet og robusthet av aktuelle materialer ved lave temperaturer
- Konstitutiv materialmodellering av is
- Dynamisk beregning og overvåking av islaster og konstruksjonsrespons, inkludert mulig samvirke
- Konstruksjonspålitelighet, risiko og usikkerhetsanalyse
- Inspeksjonsplanlegging
- Dynamisk posisjonering i is, ekstrem sjø og i kombinasjon med sikkerhetskritiske operasjoner som boring, lasting og kranoperasjoner
- Undervannsrobotikk/autonome systemer



 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	9 av 16

- Regulering av hybride elektriske systemer
- Sikker og effektiv design og drift av komplekse systemer
- Metodikk for testing og verifikasjon av kontrollsystemer
- Interaksjonsdesign (menneske-maskin ) i forbindelse med kompliserte operasjoner og systemer
- Ulykkesmodellering og –analyse
- Sikkerhetsledelse og sikkerhetsindikatorer
- Risikobaserte design, kvantitative risikomodeller, risikoanalyser og sårbarhetsanalyser
- Vedlikeholdsstyring og modellering
- Avansert måleteknikk, hybrid testing og analyseverktøy for modell og fullskalatesting

### **Grunnleggende forskningsområder: Fiskeri og havbruk**

#### **Forskningsutfordringer:**

- Havbruk på utsatte og fjerntliggende lokaliteter
- Merdkonstruksjoner for nye arter
- Fiskefartøy for lavt energiforbruk og alternative energibærere
- Energieffektive og selektive fiskeredskap
- Analyser og verifikasjon av miljøeffekter og bærekraftighet
- Fangst på lavere trofisk nivå, “kortslutning “ av den marine næringskjeden
- HMS-utfordringer innen sjømatproduksjon


#### **Grunnleggende forskningsområder:**

- Operasjonsanalytiske metoder
- Miljøanalyser
- Ulykkesmodellering og -analyse
- Risikobaserte design, kvantitative risikomodeller
- Risikoanalyser og sårbarhetsanalyser
- Sikkerhetsledelse og sikkerhetsindikatorer
- Interaksjonsdesign (menneske-maskin ) i forbindelse med kompliserte operasjoner og systemer
- Vedlikeholdsstyring og modellering
- Undervannsrobotikk/autonome systemer
- Strømning gjennom småmaskede membraner
- Modellering og simulering av integrerte systemer og operasjoner
- Avansert måleteknikk, hybrid testing og analyseverktøy for modell og fullskalatesting
- Intelligente strukturer med passive og aktive regulering
- Effekt av vind, bølger og på marine konstruksjoner
- Kraftig strøm- og konstruksjonsinteraksjon, hydroelastiske strukturer
- Hydroelastisitet/Væske-konstruksjons interaksjon (FSI)
- Modellering av samvirke fisk og mæredynamikk og belastninger

### **Grunnleggende forskningsområder: Offshore fornybar energi**

#### **Forskningsutfordringer:**

- Flytende og bunnfaste vindmøller
- Økt størrelse på vindmøller
- Bølge – og strømkraftverk
- Intelligente, anlegg for fornybar energi til havs
- Masseproduksjon av vindkraft anlegg

 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	10 av 16

- Installasjonsfartøyer
- Kombinerte vind- og bølgekraftverk
- Teknologi som bidrar til kostreduksjon (bygg, installasjon og drift)
- Operasjoner i ekstremt vær
- Komplekse marine operasjoner (installasjon, drift)
- Fundamentering av bunnfaste vindmøller
- Pålitelig og effektiv el-kraftgenerering
- Feltlogistikk for fjerne lokaliteter
- Analyser av miljøeffekter

#### **Grunnleggende forskningsområder:**

- Havmiljømodellering (bølger, vind..)
- Grensesjiktstrømninger ved havbunn og erosjon
- Hydrodynamikk for grunt vann
- Aero-hydro-servo-elastisk analyse
- Stokastisk, dynamisk analyse av kombinerte lastvirkninger
- Integrrert analyse av utmatting, abnormale laster og ulykkeshendelser (robusthet, reststyrke)
- Analyse og modellering av ulineære bølgelaster på bølgekraftverk
- Avansert måleteknikk, hybrid testing og analyseverktøy for modell og fullskalatesting
- Konstruksjonsinteraksjon og hydro- og aeroelastisitet
- Stokastisk, dynamisk analyse av kombinerte lastvirkninger
- Integrrert analyse av utmatting, abnormale laster og ulykkeshendelser (robusthet, reststyrke)
- Modellering og simulering av integrerte systemer og operasjoner
- Regulering og optimalisering av enkeltstående vindmøller og parker
- Pålitelighets- og risikoanalyse
- Pålitelighetsbasert inspeksjons- og vedlikeholdsplanlegging
- Masseproduksjon av konstruksjoner og mekanisk og elektrisk utstyr
- Fjern overvåking; robot basert overvåking


#### **Grunnleggende forskningsområder: Marin mineralkartlegging og -utvinning**

##### **Forskningsutfordringer:**

- Dypt vann
- Operasjoner i ekstremt vær (bølger, strøm, vind og is)
- Komplekse marine operasjoner (installasjon, fjerning, ankerhåndtering)
- Undervannsinstallasjoner
- Feltlogistikk for fjerne lokaliteter
- Analyser av miljøeffekter

##### **Grunnleggende forskningsområder:**

- Leting etter undersjøiske forekomster
- Prøvetaking og karakterisering av undersjøiske forekomster
- Brytningsmetoder
- Flerfase transport i rør av brutt materiale
- Oppredning av undersjøiske forekomster
- Miljø
- Undervannsrobotikk/autonome systemer
- Modellering og simulering av integrerte systemer og operasjoner

 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	11 av 16

- Effekt av vind, bølger og strøm interaksjon på marine konstruksjoner
- Dypvanns fleksible stigerør
- Kraftig strøm- og konstruksjonsinteraksjon

### 1.7.2 Kompetanseområder

Vi har definert 8 sentrale kompetanseområder:


- *Marin hydrodynamikk*
- *Marine konstruksjoner*
- *Marin kybernetikk*
- *Marint maskineri og forbrenningsteknikk*
- *Marin pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet*
- *Marin design og logistikk*
- *Arktisk teknologi*
- *Oseanografi, marin biologi, geologi og arkeologi.*

#### Marin hydrodynamikk

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Havmiljø relevant for dagens og nye marine anvendelser
  - Bølger på grunt og dypt vann
  - Sjøbelastning og respons av stasjonære og fremadgående, enkelt og multi-skogs marine enheter
  - Grensesjikt strømnings ved havbunn og erosjon«
  - Effekt av vind, bølger og strøm interaksjon på marine og kystkonstruksjoner
  - Kraftig strøm- og konstruksjonsinteraksjon
  - Hydroelastisitet/Væske-konstruksjons interaksjon (FSI)
  - Oljesøl og gjenvinning
  - Utvikling og evaluering av numeriske metoder i marin hydrodynamikk
  - Motstand, manøvrering og propulsjon av skip i bølger og off-design tilstander
  - Viskøs strøm og turbulens modellering relatert til marin hydrodynamikk
- Integrasjon med andre fagdisipliner:
  - Marine konstruksjoner, Marin kybernetikk, Geoteknikk
  - Anvendt matematikk, numeriske metoder, beregningsmetodikk (datavitenskap, numerisk matematikk, parallelle algoritme prosessering,...)
  - Numeriske strømningsberegninger inkludert turbulensfysikk
- Infrastruktur/laboratorier:
  - Hydrodynamiske laboratorier ( Slep tank, havbasseng, kavitasjonstunell, flume tank, PIV lab, Laser tank, bølgerenne, etc.), Gunnerus, og fullskala tester
- Forskningsstrategi:
  - Analytiske, eksperimentelle og (numeriske) beregningstekniske metoder, som alternativer og kombinerte forskningsverktøy
  - Utvikling av grunnleggende kunnskap I hydrodynamikk anvendt til skipstransport, olje og gass utvinning, fornybar hav energi, marin havbruk, etc.

#### Marine konstruksjoner:

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Stokastisk, dynamisk analyse av ulineære og multiple last effekter
  - Høy og lav syklisk utmatting, slitasje og signing i materialer for marine anvendelser
  - Statisk og dynamisk maksimal styrke av strukturkomponenter og systemer
  - Motstand til unormale og ulykkes hendelser
  - Residual styrke av skadede konstruksjoner
  - Konstruksjonspålitelighet, risiko- og usikkerhetsvurderinger

 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	12 av 16


- Is laster og modellering av is
- Modellering og regulering av energi omform systemer, multi-legeme systemer og havbrukskonstruksjoner
- Integrasjon med andre fagdisipliner
  - Marin hydrodynamikk
  - Marin kybernetikk
  - Anvendt matematikk og numeriske metoder
  - Konstruksjonsmekanikk
  - Materialteknologi
  - Geoteknikk
- Infrastruktur/laboratorier:
  - Styrkelaboratoriet– og hydrodynamiske laboratorier, is laboratoriet
  - Supercomputer ressurser
- Forskningsstrategi:
  - Utvikling av grunnleggende kunnskap i konstruksjonsmekanikk, stokastisk teori, konstruksjonspålitelighet
  - Bruk av analytiske, eksperimentelle og numeriske metoder

### **Marin kybernetikk**

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Autonome og intelligente systemer
  - Modell-basert regulering og optimalisering, ulineær regulering
  - Guidance, navigasjon og regulering (fartøystyring)
  - Hybrid regulering / Supervisory regulering / Feil-tolerant regulering
  - Modellering og system simulering
- Integrasjon med andre disipliner:
  - Marin hydrodynamikk and marine konstruksjoner
  - Marint maskineri inkludert elektriske kraft systemer
  - Marin biologi, kjemi og arkeologi
  - Pålitelighet og sikkerhet
- Infrastruktur/laboratorier:
  - MC-Lab, AUR-Lab, Gunnerus, TBS Subsea senter, hydrodynamiske lab.....
  - Komplekse maskineri og system lab (ny?)
- Forskningsstrategi:
  - Utvikling av grunnleggende kunnskap i marin kybernetikk for marine anvendelser i Arktis, tempererte og tropiske områder
  - Ny SFF: Autonomous marine operations and systems (AMOS)

### **Marint maskineri og forbrenningsteknikk**

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Design, verifikasjon og optimalisering av motor og maskinerisystemer for høy ytelse og lavt utslipp
  - Design og verifikasjon av hybride maskinerisystemer, effekt- og energistyring, systemintegrasjon
  - Nye konsepter for kraftproduksjon for fremdrift av skip – integrasjon og systemoptimalisering
  - LNG i skip, optimalisering av motor og system, systemintegrasjon og sikkerhet
  - Alternative drivstoff inklusive LNG/Bio-fuels, karakterisering og verifikasjon
  - Forbrenning, flammestruktur og stabilitet i motoranvendelser
  - Strømning, turbulens og miksing for forbrenningsanalyser i motoranvendelser
  - Avgassanalyse og avgassrensing inklusive komponent og system integrasjon

 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	13 av 16


- Intelligent tilstandsovervåking og motorstyringer
- Integrasjon med andre fagdisipliner
  - Driftsteknikk
  - Marin prosjektering, Sikkerhet og pålitelighet
  - Termisk energi, Kjemiteknikk
  - Marin kybernetikk
- Infrastruktur/laboratorier:
  - Maskinerilaboratorium,
  - Forbrenningslab, dynamisk forbrenningsrigg, simuleringsverktøy, laserdiagnostisk måleutstyr
  - Supercomputer ressurser
- Forskningsstrategi:
  - Utvikling av grunnleggende metoder, modeller og verktøy for optimering av marine energisystemer
  - Bruk av teoretiske, eksperimentelle og numeriske metoder for studier av forbrenning
  - Modellbasert design og optimalisering av maskinerisystemer og komponenter

### **Marin pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet**

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Store ulykker til sjøs; ulykkesanalyser og modellering av sammenhenger i komplekse systemer,
  - Sikkerhetsledelse og sikkerhetsindikatorer
  - Vedlikeholdsstyring og modellering
  - Sårbarhetsanalyser i sjøtransport
  - Risikobasert design og operasjon, inkludert FSA, kvantitative risikomodeller, risikoanalyse, kost/nytte-analyse, risikoreducerende tiltak
- Integrasjon med andre fagområder:
  - Marin prosjektering, marin driftsteknikk
  - Bærekraftig marin transport
  - Fiskeri og havbruk
- Sentral forskningsstrategi
  - Utvikle forskningsområdet i tett samarbeid med partnere (RAMS)

### **Marin prosjektering og logistikk**

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Prosjekteringsmetoder og –teori for marin systemer
  - Optimering, simulering og beslutningsstøtte for marin prosjektering
  - Integreert design av kjede, flåte, fartøy og hovedsystemer
  - Robuste, fleksible og tilpasningsdyktige design, modularisering
  - Risikoanalyse, risiko-basert design
- Integrering med andre disipliner:
  - Bærekraftig arktisk transport
  - Risikoanalyse og sikkerhetsledelse
  - Marin hydrodynamikk
- Infrastruktur og laboratorier:
  - Datalab prosjektering og DAK (Malloftet)
- Sentral forskningsstrategi
  - Utvikle et sterkt teoretisk og metodeorientert rammeverk for marin systemdesign på tvers av ulike anvendelsesområder (skip, offshore, fiskeri- og havbruk, samt nye teknologiområder)

	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	14 av 16


## Arktisk teknologi

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Fysisk-mekanisk og statistisk karakterisering av is og is-forhold (målinger, analyse og beregninger)
  - Modellering og målinger av is laster for faste og flytende konstruksjoner samt skip
  - Modellering av interaksjon mellom væske-is-vann-konstruksjon for designoptimering
  - Design og operasjon av flytende og faste konstruksjoner i is
  - Is overvåking og håndtering (management) i forbindelse med olje og gass operasjoner
  - Prosjekteringsmiljø for arktisk sjøtransport som hensyntar is, lave temperaturer, mørke, lange avstander, konstruksjonssikkerhet, økonomiske og operasjonelle forhold
  - Materialeegenskaper og utvikling av nye materialer og konstruksjoner
  - Aktive og passive sikkerhetstiltak for reduksjon av ulykkesrisiko
  - Integrasjon av nordlig sjørute i globale sjøbaserte transportnettverk
- Integrasjon med andre fagområder:
  - Gjennom å være et anvendt fagområde, så er de fleste andre disipliner relevante
- Infrastruktur og laboratorier:
  - Is-laboratorium (NTNU), Felt og laboratoriums aktiviteter på Svalbard (UNIS), Is bassengene i Helsinki og Hamburg (modell skala)
- Sentral forskningsstrategi
  - Lede og gjennomføre SFI på arktisk teknologi
  - Utvikle dette til et nytt sentralt strategisk FOU-område for instituttet, sentrert rundt nytt professorat i bærekraftig arktisk transport, gjennom å bygge på et tett samarbeid med eksisterende fagmiljø primært innenfor det maritime teknologiområdet

## Oseanografi, marin biologi, geologi og arkeologi

- Grunnleggende forskningsområder:
  - Undervannskartlegging og -overvåking av nøkkelmiljøvariable (f.eks. temp, sal, lysklima), and bio-geo-kjemiske objekter ved bruk av undervannsroboter og sensorer
  - Økosystem modellering
  - Prøvetaking og karakterisering av marine sedimenter
  - Leting etter, prøvetaking og undersøkelse av marint trevirke og trevirke i innsjøer
- Integrasjon med andre fagdisipliner:
  - Marin kybernetikk
  - Numerisk bildeanalyse
  - Programvareutvikling for analyse, lagring, informasjonsprosessering og grafisk fremstilling av komplekse prosesser
  - Anvendt matematikk og numeriske metoder
  - Marin instrumentering & logistikk for ekspedisjoner og tokt i ekstreme miljøer (f. eks. is, store dyp, mørke, kulde, varme, hypersaline)
- Infrastruktur/laboratorier :
  - AUR-Lab, Gunnerus, NTNU Sletvik feltstasjon & Hopavågen, MTS, TBS Subsea-centre, Arktis (UNIS/Svalbard), Laboratorier for C14-datering, Datakraft
- Forskningsstrategi:
  - Utvikling og bruk av AUR-Lab for fremtidige marine miljø forskning og anvendelser i Arktis, tempererte og tropiske områder



 <b>NTNU</b>	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	15 av 16

- Internasjonalt samarbeid med Europa, USA, og Australia

## 1.8 Konsekvenser av de strategiske valg av forskningsområder

### Finansiering

Forskningsgruppene skal strategisk posisjonere seg mot større sentre for fremragende forskning og innovasjon ved interne SO midler, forskerprosjekter, kompetanseprosjekter (tidl KMB):

- Sentre for fremragende forskning (SFF)
- Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI)
- Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME)

EU prosjekter blir stadig viktigere. Det forventes at Forskningsrådet vil kanalisere mer av FoU midlene via EU systemet gjennom nye programmer som for eksempel JPI Oceans. I tillegg vil forskningsgruppene jobbe aktivt for styrking av transatlantiske prosjekter med US og Canada. Gitt Norge sin sterke internasjonale posisjon innen marin teknologi ser vi også muligheter for å etablere nye virkemidler for strategiske internasjonalt samarbeid viktig for norsk industri og utenrikspolitikk for land som Brasil, Singapore, Russland, Kina, India, Japan, Korea, og Australia. I tillegg bør man ta opp muligheter for teknologi- og kompetanseoverføring med utvalgte u-land

### I nasjonens interesse

Det offentlige sitt ansvar er å legge til rette for:

- Grunnforskning og forskningsinfrastruktur i verdensklasse
- Grunnleggende strategisk forskning i samarbeid med industripartnere og offentlig virksomhet som er rettet mot utvalgte næringsområder og forvaltning med stor nasjonal betydning

Forskning som også understøtter....:

- Norges internasjonale ansvar, interesser og politikk mht. klima- og miljøkartlegging, overvåking og forvaltning av marine, energi, og mineral ressurser i nordområdene
- Sikker og fremtidsrettet utvikling og forvaltning av kystzone, havområder og infrastruktur (nasjonalt og internasjonalt)

### Ocean Space Center

MARINTEK, SINTEF og NTNU har utviklet et forslag til framtidens marintekniske forskningssenter, kalt Ocean Space Center, som innebærer en storstilt satsning på fornyelse og utbygging av marintekniske laboratorier, og en samorganisering av fullskala laboratorieinfrastruktur, innbefattet bruk av sjøen som laboratorium. Ocean Space Center har et utvidet arbeidsområde relativt til dagens Marinteknisk Senter, da det innbefatter fiskeri og havbruk og marin vitenskap for øvrig. Slik sett er virkeområdet til det planlagte Ocean Space Center i stor grad sammenfallende med fagområdene som dekkes i fokusområde marin teknologi, som definert her.


### Strategiske prioritering av forskningsområder:

- Dette må gjøres til pilot 2 basert på kriterier som vitenskapelig meritter, finansiering, kapasitet, og relevans.
- Det anbefales at man tar utgangspunkt i anvendelser for deretter å fokusere på grunnleggende marine kompetanseområder. Det blir viktig å bygge på muliggjørende teknologier i tillegg til basisfagområder som matematikk, fysikk, mekanikk, og IKT.

### Organisering

- En vesentlig del av forskning og undervisning innen marin teknologi skjer ved Institutt for marin teknikk inkludert CeSOS.



	Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT)		Dato:	18.11.2011
	Kunde:		Rev.:	01
	Tittel:	Fagplan 2011 – 2020: Marin teknologi	Side:	16 av 16

- Vi kan konstatere at det er betydelig overlapp mellom aktivitet ved forskningsgruppene marine konstruksjoner og marin byggeteknikk.
- Tilsvarende er det overlapp mellom marint maskineri og forbrenningsteknikk.

I lys av kapasitetsutnyttelse i undervisning og laboratorier samt behovet for å ha robuste og fremragende forskningsgrupper av kritisk størrelse, er det gode grunner å se nærmere på organiseringen.

### 1.9 Strategiske samarbeidspartnere

Norge bør søke forskningssamarbeid med ledende internasjonale universitet og forskningsmiljøer. Eksempler på slike er:

- Denmark Technical University, Danmark
- University of Newcastle, UK
- TU Hamburg-Harburg, University of Rostock, Tyskland
- TU Delft og Eindhoven University of Technology, Nederland
- Instituto Superior Técnico, Portugal
- Università Politecnica delle Marche, CNR-INSEAN, Italy
- University of California Berkeley, Woods Hole Oceanographic Institution, MIT, USA
- Memorial University of Newfoundland, Canada
- The University of Newcastle, Curtin, Australia
- The China Ship Scientific Research Centre, Kina
- National University of Singapore, Nanyang Technology Institute, Singapore
- University of Sao Paulo, Coppe UFRJ, Brasil
- ....

I Norge prioriteres forskningssamarbeid med:

- MARINTEK, SINTEF Fiskeri og Havbruk, SINTEF Petroleumsforskning, SINTEF, NGU, Rogalandforskning, Havforskningsinstituttet, Universitetssenteret på Svalbard (UNIS), Høyskolen i Ålesund, og Polarinstituttet.
- DNV, Statoil, Kongsberg Maritime, Rolls-Royce Marine, STX, Siemens, ABB, Aker, Wärtsila, Ulstein Gruppen, Willhelmsen, Høegh, KGJS, Eidesvik, Teekay, Farstad, etc.

I tillegg vil vi utvikle forskningssamarbeid på utvalgte tema med Universitetene i Oslo, Stavanger, Bergen og Tromsø og høyskoler som HiST, HiVe og andre.