

Fagplan for ingeniørvitenskapelige fag

Forord

Fagplanen for ingeniørvitenskap er utarbeidet av et utvalg nedsatt av Norges forskningsråd som en oppfølging av fagevalueringen av ingeniørvitenskap som ble avsluttet i 2004. Hensikten med fagplanen er å etablere et grunnlag for å kunne styrke den *grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningen* i Norge. Fagplanen er formet som en *forskningsplan* – og er avgrenset til de ingeniørvitenskapelige fagene som ble evaluert i 2004. En viktig del av arbeidet med fagplanen har vært å beskrive status og forskningsmessige utfordringer innenfor åtte tematiske innsatsområder. I tillegg har vi beskrevet et innsatsområde kalt *Systemkunnskap* som både inngår i de øvrige tematiske innsatsområdene og som selv danner grunnlag for betydelig næringsvirksomhet. Beskrivelsene finnes i kapittel 4. Basert på utfordringene og de konkrete forskningsoppgavene innenfor de ulike tematiske innsatsområdene har vi avledet en rekke *grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstema* som krever forskningsinnsats. Disse er beskrevet og diskutert i kapittel 7 i rapporten. I kapittel 9 gis en rekke konkrete råd til Norges forskningsråd, til Departementene, samt til hva institusjonene selv kan gjøre for å styrke den grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningen.

Fagplanutvalget har lagt stor vekt på å beskrive de faglige utfordringene og de faglige nettverkene som er nødvendige for å møte disse utfordringene. Fire konkrete nasjonale satsningsområder er foreslått, og det er gitt kriterier og beskrevet en prosess for å styrke den grunnleggende ingeniørfaglige forskningen som er nødvendig for at Norge skal kunne bli internasjonalt ledende innenfor disse satsningsområdene. Fagplanutvalget har ikke gått like grundig inn i alle punktene i Forskningsrådets mandat. Vi mener imidlertid at mange av problemstillingene som inngår i disse punktene vil finne en naturlig løsning når de nasjonale nettverkene innenfor de fire satsningsområdene blir realisert.

Trondheim, 2006-05-20
Torbjørn Digernes
(Rektor, NTNU)

Denne Fagplanen for ingeniørvitenskapelige fag er formet som en *forskningsplan* – og er avgrenset til de ingeniørvitenskapelige fagene som ble evaluert av Norges forskningsråd i 2004.^a

^aSe Evalueringsrapportene [1, 2, 3, 4]

Sammendrag

Status og utfordringer

Kravene til ingeniørfaglig kompetanse er økende innenfor de fleste sektorene i samfunnet. Ny teknologi blir utviklet, og det stilles stadig strengere krav til funksjonalitet, effektivitet, kostnadsreduksjon, sikkerhet og miljø. Løsninger som ble oppfattet som gode for noen år siden, er ikke akseptable i dag. Ingeniørkunnskapen må derfor styrkes og stadig bedre løsninger må utvikles.

Samtidig er ingeniørfagene under press både i Norge og i store deler av Europa. Tilstrømmingen av gode studenter til ingeniørfagene har de senere årene vist en nedadgående trend. Dette vil på sikt kunne få skjebnesvanger innvirkning på vår økonomi og vår levestandard. I en omfattende undersøkelse blant 15-åringer var en av konklusjonene (se Forskningsrådets hjemmeside):

“Jo mer utviklet et land blir, jo mindre blir interessen for teknologi”

Dette er urovekkende, fordi verden har et presserende behov for ny teknologi og nye løsninger for å bygge et bærekraftig samfunn som kan gi alle mennesker på jorda en fullverdig og trygg tilværelse. Dette forutsetter ingeniørvitenskap på et helt annet nivå enn det vi har i dag, noe som krever økt og bevisst satsning.

Dersom vi ser på det vi har fått til i Norge i de siste 20-30 årene, er det mye å være stolte av. Olje- og gassutvinningen med realiseringen av Ormen Lange-feltet og Snøhvitutbyggingen er på en måte “vårt Nokia”.

Dette har vært mulig, fordi det i større industrielle forskningsprogram har vært satt av midler til krevende, grunnleggende prosjekter som har bragt fram ny unik kunnskap innenfor:

- Materialer, videreforedling og konstruksjoner
- Prosessteknikk

- Systemteknikk

Denne grunnleggende satsningen har imidlertid vært for tilfeldig i forhold til et bevisst nasjonalt behov. Vi må organisere den videre utviklingen av vårt nasjonale ingeniørvitenskapelige fundament etter en plan som sikrer at vi har den grunnleggende kunnskapen som trengs i et lengre perspektiv.

Dette er bakgrunnen for at Norges forskningsråd i 2004 gjennomførte en grundig fagevaluering av de viktigste institusjonene som tilbyr ingeniørutdanning på masternivå i Norge: Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU), Universitetet for miljø- og biovitenskap, Universitetet i Stavanger og Høgskolen i Narvik. Fagevalueringen ble gjennomført av 23 professorer fra ledende universiteter i Europa og Nord-Amerika. Evalueringsgruppen vurderte alle relevante faggrupper ved de fire institusjonene og fremmet en rekke forslag til forbedringer. En av hovedkonklusjonene var at Norge må satse langt sterkere på *grunnleggende ingeniørvitenskapelig forskning*.

For å følge opp denne evalueringen, nedsatte Norges forskningsråd et bredt sammensatt Fagplanutvalg under ledelse av rektor Torbjørn Digernes, NTNU. Fagplanutvalget har gått gjennom anbefalingene fra evalueringsutvalget og fremmet en rekke konkrete forslag til hvordan disse kan følges opp. Forslagene finnes i denne rapporten.

Tematiske områder

Ut fra de globale utfordringene Norge står overfor og en vurdering av de områdene der vi kan gi verdifulle internasjonale bidrag, har Fagplanutvalget gitt prioritet til tematiske områder, som kan gi verdiskapning og sikre norsk økonomi:

1. Petroleumsteknologi
2. Energi og miljø
3. Bærekraftig infrastruktur
4. Marin og maritim virksomhet
5. Materialer
6. Produksjon
7. Verdikjede sjømat
8. Prosessindustri
9. Systemkunnskap

Bakgrunn og perspektiver for hvert av disse ni områdene er kort beskrevet i denne rapporten, sammen med anbefalte forskningsområder. De tematiske områdene er sammensatte problemområder som krever flerfaglig innsats for å bringe fram løsninger som samfunnet har behov for. Systemkunnskap er viktig for å sikre den helhetlige forståelsen som er nødvendig for å bringe fram gode løsninger innenfor de utvalgte områdene. Fagplanutvalget har videre sett at området *Medisinsk teknologi* har et stort potensial, men funnet at dette området er så tverrfaglig at det vil kreve et grundigere arbeid og samspill mellom ingeniørvitenskap, IKT og medisin for å gi en fullgod beskrivelse av anbefalte forskningsområder.

Fokuset for fagplanen er rettet mot grunnleggende ingeniørvitenskapelig forskning samt grenseflatene mellom denne forskningen og de mer anvendte tematiske områdene.

Prioritering av forskningsområder

Fagplanutvalget har definert kriterier for hvilke forskningsområder som bør prioriteres, eventuelt nedprioriteres. Et forskningsområde gis prioritet avhengig av i hvilken grad det:

- Tilfredsstillende strategiske nasjonale kunnskapsbehov.
Dette er kunnskapsområder som kan bidra til å utnytte fortrinn vi har gjennom:
 - kunnskap som bidrar til økt verdiskaping gjennom utnyttelse av våre naturgitte fortrinn
 - kunnskapsmessige fortrinn i FoU-miljøer, nærings- og samfunnsliv
 - industriell basis; evne til å industrialisere kunnskap i vårt eksisterende næringsliv
- Bidrar til å skape mottakerkompetanse for ny kunnskap
- Bidrar til kunnskap som kan gi teknologiskift
- Bidrar til å utvikle eller forsterke (tverr)faglige samarbeidsakser med stort potensial

Følgende kriterier kan legges til grunn ved nedprioritering eller utfasing av faggrupper:

- Faggrupper som kom spesielt dårlig ut i Forskningsrådets evaluering (eller tilsvarende evalueringer)
- Faggrupper som tiltrekker seg svært få studenter - og har gjort dette over lang tid

-
- Faggrupper som ikke oppfattes som “relevante” for norsk næringsliv og forvaltning

Ved prioritering eller nedprioritering av en faggruppe ved en institusjon bør en også vurdere i hvilken grad dette fagområdet er dekket ved andre utdanningsinstitusjoner i Norge og i utlandet.

Satsningsområder

Som grunnlag for prioritering mellom ulike grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstema har Fagplanutvalget vurdert hvilke satsningsområder som trolig vil ha størst viktighet i et 20-års perspektiv. Disse områdene ble brakt fram og diskutert på et bredt sammensatt høringsseminar ved NTNU i april 2006. Følgende fire satsningsområder ble prioritert:

1. **Energiproduksjon fra nordområdene:** Regjeringen har utpekt nordområdene som Norges viktigste strategiske satsningsområde i årene som kommer. Dette satsningsområdet vil følge opp den nasjonale satsningen og spesielt fokusere på forhold knyttet til petroleumbasert energiproduksjon fra nordområdene. Grunnleggende forskning vil spesielt bli fokusert på tema med relevans for disse anvendelsene:
 - Boring og produksjon i arktisk miljø
 - Økt oljeutvinning
 - Undervanns produksjon og prosessering
 - Flerfasetransport
 - LNG-produksjon fra flerfase produkt
 - Skipsoperasjoner
 - Offshorekonstruksjoner med isbelastning
 - Ismekanikk
 - Materialer for kaldt klima
 - Energiproduksjon med CO₂ handtering
 - Pålitelighet, sikkerhet og vedlikehold
2. **Fornybar energi:** Videreutvikling av næringslivet og samfunnet krever energi. Denne energien bør, så langt mulig, produseres og transporteres på en miljøvennlig måte. Satsningsområdet retter fokus mot ulike former for fornybar energi med hovedvekt på bioenergi og solenergi. I første fase vil følgende forskningstema bli prioritert:

-
- Nye produksjonsmetoder for ultrarent silisium for solceller
 - Avansert karakterisering av Si-materialer for solceller
 - Gassifisering av biomasse for brenselceller
 - Katalytisk pyrolyse
 - Membranteknologi for nye biodrivstoffer
3. **Bærekraftig infrastruktur:** En godt utviklet og vedlikeholdt infrastruktur er en nødvendig forutsetning for et moderne samfunn. I langsiktige planer for forskning og utvikling for infrastruktur internasjonalt er det pekt på nødvendigheten av forandring av hele bygg-, anleggs- og eiendomssektoren (BAE) og av at denne skal bli bærekraftig. Dette vil kreve grunnleggende forskning for utvikling av en ny generasjon av “grønn” infrastruktur, og det vil være nødvendig å anvende teknologi og kunnskaper fra en rekke andre fagområder, som bio-, nano-, material-, miljø- og informasjonsteknologi, risikoanalyse og systemteknikk. I første fase vil følgende forskningstema bli prioritert:
- Industriell økologi for det bygde miljø
 - Klimaendringer og konsekvenser for infrastruktur
 - Ny teknologi og nye materialer i BAE-sektoren
 - Risiko- og sårbarhetsanalyse av kritisk infrastruktur
4. **Mat fra nord - «Den opprinnelige smaken»:** Dette satsningsområdet har et spesielt fokus på “verdikjede sjømat”, men er ikke avgrenset bare til dette. Viktige forskningstema vil være:
- Metoder og teknologi for utnyttelse nye råstoff til produksjon av fôr
 - Vannkvalitet som vekstfaktor i aquakultur
 - Næringsmidlers fysiske og termiske egenskaper
 - Effektiv produksjon og energibruk i foredlingsindustrien

Råd

Som et ledd i å nå de målene som er satt i fagplanen, har Fagplanutvalget gitt en rekke råd til:

- Norges forskningsråd
- De ulike utdanningsinstitusjonene (NTNU, UMB, UiS og HiN)
- Departementene

Disse rådene finnes i kapittel 9 i rapporten.

Innhold

1 Innledning	13
1.1 Bakgrunn	13
1.2 Fagplanutvalgets mandat	13
1.3 Avgrensing	14
1.4 Fagplanutvalgets sammensetning	15
1.5 Fagplanutvalgets arbeidsform	15
1.6 Rapportens struktur	16
1.7 Førende dokumenter	16
2 Strategisk grunnlag og ingeniørfagenes situasjon	19
2.1 Globale utfordringer	19
2.2 Norges utfordringer	20
2.3 Internasjonalt fremragende	20
2.4 Forhold til EU – Teknologiplattformer	20
2.5 Overordnede anbefalinger fra fagevalueringen	21
2.6 Utgangspunkt for arbeidet med fagplanen	23
3 Ingeniørfagenes situasjon	25
3.1 Ingeniørfagenes egenart	25
3.2 Status og sammenlikning med andre land	27
3.3 Behovet for laboratorier	27
3.4 Rekruttering til ingeniørfagene	27
4 Fagplan	29
4.1 Petroleumsvirksomheten	30
4.2 Energi og miljø	33
4.3 Bærekraftig infrastruktur	34
4.4 Marin og maritim virksomhet	38
4.5 Materialer	40
4.6 Produksjon	42

4.7	Verdikjede sjømat	43
4.8	Prosessindustri	45
4.9	Systemkunnskap	47
5	Kriterier for prioritering	51
5.1	Forskningsområder som bør prioriteres	51
5.2	Forskningsområder som kan nedprioriteres	53
6	Nye områder for forskning	55
7	Prioriterte grunnleggende forskningstema	57
7.1	Grunnleggende forskningstema	58
7.2	Organisering	60
7.3	Satsningsområder	62
8	Faglig samarbeid	67
8.1	Internt samarbeid	67
8.2	Nasjonalt samarbeid	68
8.3	Internasjonalt samarbeid	69
9	Råd	71
9.1	Råd til Norges forskningsråd	71
9.2	Råd til universitets- og høyskolesektoren	72
9.3	Råd til departementene	73
	Bibliografi	75
A	Mandat	77
B	Norske forskningsmiljø	81

Innledning

1.1 Bakgrunn

Norges forskningsråd tok i 2004 initiativ til en grundig fagevaluering av de viktigste institusjonene som tilbyr ingeniørutdanning på masternivå i Norge:

- Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU)
- Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB)
- Universitetet i Stavanger (UiS)
- Høgskolen i Narvik (HiN)

Fagevalueringen ble gjennomført av tre paneler med til sammen 23 professorer fra kollegauniversiteter i Europa og Nord-Amerika. Evalueringsgruppen vurderte alle relevante faggrupper ved de fire institusjonene og fremmet en rekke forslag til forbedringer. Lederen og en person til fra hvert panel utgjorde en hovedkomité som oppsummerte panelenes arbeid i en sammendragsrapport [1] som inneholder hovedfunn og hovedanbefalinger.

For å følge opp evalueringen, nedsatte Norges forskningsråd et bredt sammensatt *Fagplanutvalg* for å gå gjennom anbefalingene fra evalueringsgruppen og fremme forslag til tiltak.

1.2 Fagplanutvalgets mandat

Mandatet for fagplanutvalgets arbeid er gitt i et notat fra Norges forskningsråd datert 19. november 2004. Notatet finnes i Tillegg A. Hovedpunktene i mandatet er:

1. Fagplanutvalget skal utarbeide en fagplan for tiltak som vil bidra til å utvikle og styrke den ingeniørvitenskapelige forskningen i Norge.
2. Fagplanen skal gi råd om:
 - Faglig samarbeid (nasjonalt og internasjonalt)
 - Nasjonal, faglig arbeidsdeling mellom miljøene
3. Fagplanen skal gi råd om hvilke fag-, forsknings- og delområder som bør prioriteres eller nedprioriteres, samt om satsning på eventuelle nye forskningsområder.
4. Fagplanen skal gi råd om organiseringen av forskningen, på forsker- og instituttnivå, såvel som på universitets- og høgsolenivå.

Mer detaljer finnes i Tillegg A.

1.3 Avgrensing

Fagplanen skal avgrenses til de disiplinene og miljøene ved universitetene og høgsolenene som ble vurdert i evalueringen. Disse omfatter:

- Energi- og prosesssteknikk
- Produksjonsteknikk
- Driftsteknikk
- Konstruksjonsteknikk
- Vann- og avløpsteknikk
- Geoteknikk
- Byggteknikk
- Materialteknikk
- Elkraftteknikk
- Petroleumsteknikk
- Marin teknikk
- Systemtekniske emner

En del fagområder som i andre sammenhenger naturlig hører inn under ingeniørvitenskap, som for eksempel kjemisk prosesseteknikk, elektronikk, reguleringssteknikk, geologi og bergteknikk, og datateknikk blir ikke inngående diskutert i denne fagplanen, men der det er viktige samarbeidsområder, er dette påpekt. Årsaken til denne avgrensningen er at disse fagområdene har vært vurdert i tidligere fagevalueringer.

1.4 Fagplanutvalgets sammensetning

Fagplanutvalgets medlemmer har vært:

- Torbjørn Digernes, NTNU - [leder]
- Arild Bøe, UiS
- Erling Ildstad, NTNU
- Susanne Lacasse, Norges Geotekniske Institutt (NGI) [eksternt medlem]
- Oddvar Georg Lindholm, UMB
- Per Johan Nicklassen, HiN
- Kristiina Oksman, NTNU
- Kjell Oppedal, Robot Norge AS [eksternt medlem]
- Hans Jørgen Roven, NTNU
- Arild Rødland, NTNU

Arne M. Bredesen, NTNU har fungert som sekretær for fagplanutvalget. Tom F. Nestli og Bjørn E. Braathen har vært Norges forskningsråds observatører i fagplanutvalget. Marvin Rausand har bidratt med skrivearbeid i slutfasen. Betegnelsen “eksterne medlemmer” er brukt om personer som representerer fagmiljø som ikke deltok i Norges forskningsråds evaluering.

1.5 Fagplanutvalgets arbeidsform

Fagplanutvalget har brukt en åpen arbeidsform der de aktuelle fagmiljøene i stor grad har vært involvert i utviklingen av fagplanen. Som et ledd i dette, ble det 13.-14. april 2005 arrangert et større planseminar i Selbu der representanter for alle flerfaglige arbeidsområder og institusjoner deltok. Rapportens innhold bygger derfor på bidrag fra mange flere enn fagplanutvalgets medlemmer. Det vil føre

for langt å ta med alle bidragsyterne her, men fagplanutvalget vil rette en varm takk til alle som har bidratt i prosessen.

Fagplanutvalget har utført sitt arbeid etter følgende logikk:

1. Med utgangspunkt i de utfordringer samfunnet står overfor og de bidrag ingeniørvitenskapen kan gi til å handtere disse, har fagplanutvalget identifisert ni nasjonalt viktige innsatsområder for ingeniørvitenskap. Det er nedsatt flerfaglige arbeidsgrupper for å arbeide fram planer på disse.
2. For hvert område er status og utviklingsmuligheter analysert.
3. Deretter har man avledet hva slags anvendt forskning som kan utvikle og realisere disse mulighetene.
4. Dernest er det avledet hvilke grunnleggende kunnskapsbehov som er nødvendig for å gjennomføre denne anvendte forskningen.
5. Til slutt er det foretatt en prioritering av de forskningstemaene som synes mest lovende ut fra de fokuseringskriteriene som er fastlagt.

1.6 Rapportens struktur

Fagplanen består av to rapporter:

1. En kortfattet motivasjonsrapport som henvender seg til politikere og andre interesserte lekfolk, og gjennom eksempler fra fortid og potensialer i framtid fokuserer på hvilke bidrag ingeniørvitenskapelig forskning har gitt og kan gi til samfunnsutviklingen.
2. En hovedrapport (denne rapporten) som svarer på mandatet fra Norges forskningsråd om råd til departement, forskningsråd og institusjoner, og anbefalte forskningstema.

I tillegg er det utarbeidet en vedleggsrapport¹ som dokumenterer analyse og konklusjoner fra de tematiske arbeidsgruppene som er grunnlaget for anbefalingene.

1.7 Førre dokumenter

Fagplanutvalget har brukt følgende dokumenter som utgangspunkt for sitt arbeid:

¹Vedleggsrapporten er ikke utgitt som en offisiell rapport fra Fagplanutvalget. En elektronisk kopi kan imidlertid fås ved henvendelse til Fagplanutvalgets sekretær

- Mandatet for arbeidet fra Norges forskningsråd (Tillegg A). Mandatet ber om råd til Norges forskningsråd, til departementene og til institusjonene om hvordan ingeniørvitenskapelig forskning bør utvikles i Norge.
- Rapportene fra fagevalueringen i ingeniørvitenskap [1, 2, 3, 4]. Disse rapportene gir et sett av anbefalinger basert på de funn og vurderinger som fagpanelene og hovedkomitéen har gjort.
- Rapporten “Baklengs inn i fremtiden” fra Fakultetsmøtet for realfag [5]. Rapporten beskriver utvikling og status for matematisk-naturvitenskapelig og teknologisk forskning i Norge sammenliknet med våre naboland. Den viser at Norge ligger betydelig etter våre naboland i utviklingen av disse forskningsfeltene.
- Forskningsmeldingen “Vilje til forskning” [6].
Fra sammendraget sakser vi: “Meldingen legger opp til en generell styrking av matematisk, naturvitenskapelig og teknologisk forskning. Tross oppgang de siste årene, har Norge over tid investert relativt sett for lite ressurser i forskning på disse områdene. Dette er områder som er i sterk utvikling internasjonalt, og som ofte krever tunge investeringer i utstyr, laboratorier og drift av disse. Forskningsbasert kunnskap i matematikk, naturvitenskap og teknologi er viktig for fremtidig verdiskaping, men er ikke bare nytteorienterte fag. De er også kulturbærere og er avgjørende for vår evne til bruk eller misbruk av denne typen kunnskap.”

I tillegg legger Regjeringen opp til en særskilt styrking av:

- De fire tematiske satsningsområdene: Energi og miljø (inkludert petroleum), Mat, Hav og Helse som er identifisert på bakgrunn av nasjonale fortrinn og behov.
- De tre teknologiområdene IKT, Bioteknologi og Material- og nanoteknologi.

Den tredje bærebjelken i Forskningsmeldingen er forskningsbasert innovasjon og nyskaping, der ingeniørvitenskap innenfor produktutvikling og produksjon danner et svært viktig grunnlag.

Dette har Fagplanutvalget lagt til grunn for sitt arbeid.

Strategisk grunnlag og ingeniørfagenes situasjon

2.1 Globale utfordringer

Verden står overfor betydelige utfordringer der ingeniørvitenskapelig kunnskap er en viktig kunnskapsbase og muliggjør for å finne løsningene. Blant disse utfordringene er:

- Tilstrekkelig energi – produsert og distribuert på en bærekraftig måte
- Tilstrekkelig rent vann
- Tilstrekkelig mat – produsert og distribuert på en bærekraftig måte
- Utvikling, fornyelse og utnyttelse av infrastruktur for menneskelig virksomhet
- Bærekraftig ressursutnyttelse – ombruk i stedet for forbruk
- Bærekraftig utnyttelse av arealer og rom på land og hav
- Bærekraftige transportløsninger
- Sikkerhet og trygghet

Skal hele verdens befolkning få del i en velstandsutvikling som gjør at de fleste tilfredsstiller sine materielle behov på en forsvarlig måte, er det behov for teknologiskift på mange områder som medfører fra faktor 4 til faktor 10 i forbedringer i utnyttelse av ressurser og energi i forhold til dagens nivå.

2.2 Norges utfordringer

Norge er et lite land og kan derfor ikke alene utvikle all den kunnskapen som kreves for å løse de globale utfordringene.¹ For å bidra konstruktivt, må norske forskningsmiljø samarbeide med utenlandske forskningsmiljø og lære av disse. Norge har også en rekke nasjonale behov som krever at vi henter inn kunnskap som utvikles andre steder. Vi må derfor ha tilstrekkelig kompetanse slik at vi kan forstå, og ta i bruk kunnskap som er skapt andre steder. Vi må legge opp nærings-, forsknings- og utdanningspolitiske strategier som gjør at vi kan

- gi vårt bidrag til å løse verdens utfordringer ut fra våre nasjonale forutsetninger
- finne roller i den globale arbeidsdelingen som gir oss konkurranseevne i en markedsbasert verdensøkonomi ved å utvikle og levere produkter og tjenester
- utvikle tilpasningskompetanse for ny kunnskap utviklet av andre
- sette ingeniørvitenskap på agendaen slik at vi får ungdommen til å interessere seg mer for disse utfordringene, og dermed søke seg til disse fagområdene

2.3 Internasjonalt fremragende

I flere strategidokumenter brukes betegnelsene “internasjonal ledende” og “internasjonalt fremragende.” For å oppfylle de målene som er skissert i Forskningsmeldingen [6] og i de strategiske planene til de ulike aktørene, er det nødvendig at vi har som målsetting å bli internasjonalt fremragende – i alle fall innenfor noen prioriterte områder. Begrepet “internasjonalt fremragende” er grundig forklart og diskutert i Hestnesutvalget II’s rapport [10].

Ved å være internasjonalt ledende og synlig, kan vi også spille en rolle i den globale innovasjonsprosessen sammen med norsk næringsliv i de landene der Norge ønsker å satse (EU, USA, Japan, Kina, India). Her vil langsiktig strategisk universitetssamarbeid kunne være en døråpner for næringslivet.

2.4 Forhold til EU – Teknologiplattformer

EU blir en stadig viktigere samarbeidspartner for Norge. Norges forskningsråd og EUs rammeprogram blir viktige finansieringskilder for den ingeniørvitenskapelige forskningen. Her blir vi samtidig involvert i strategiske europeiske samarbeidsnettverk som inkluderer universiteter, forskningsinstitutter og næringsliv.

¹Norge utfører mindre enn 1% av all forskning.

Teknologiplattformer er et virkemiddel som vil få stadig større oppmerksomhet i EUs rammeprogrammer. Dette er et virkemiddel som skal utvikle effektive samarbeidsnettverk mellom forskning, næringsliv og myndigheter (“policymakers”), der man mobiliserer sine forsknings- og innvasjonsaktiviteter for å nå et felles mål.

I den videre utvikling av ingeniørvitenskapsområdet, kan det være nyttig å ha som bakteppe at det vi holder på med er å utvikle norske “teknologiplattformer.”

2.5 Overordnede anbefalinger fra fagevalueringen

Fagplanutvalget har tatt utgangspunkt i evalueringsgruppens anbefalinger. Evalueringsgruppen gir en rekke konkrete anbefalinger knyttet til de ulike forskningsgruppene som ble evaluert [2, 3, 4]. I tillegg gir hovedkomitéen i sin rapport [1] en rekke mer overordnede anbefalinger. I sammendraget i hovedrapporten [1] anbefaler hovedkomitéen at:

1. “strategic research plans be established at all levels, reflecting the needs of the target groups, according to a top-down/bottom-up/meet-in-the-middle iterative process. Appropriate follow-up mechanisms should be put in place to guarantee the effectiveness of those plans.”
2. “effective leadership be stimulated in the research groups, in order to ensure a more effective implementation of the formulated strategies, by considering appointment rather than election of department heads, by providing training in management to the research staff, and incentives for management functions.”
3. “investment be made in the development of those research groups that are considered to be strategic for the future development of Norway. These might include: energy systems, oil and gas extraction technology, manufacturing, product design, product development, engineering design, operations management, materials engineering.”
4. “prompt action be taken to increase the publication by research groups of papers in recognised archival journals.”
5. “to prevent deterioration of the competitive position of Norway, particularly in the manufacturing sector, new research areas, now almost missing in the research agenda of the Faculties of Engineering, such as mechatronics, precision engineering, microsystems technology, nanotechnology, should be urgently considered. Activities in collaborative, interdisciplinary research should be started.”

6. “stimuli be applied to increase the level of basic research in engineering science:
- RCN² can contribute by substantially increasing the funding level of engineering research, by creating special programmes that foster cross-disciplinary and cross-institutional research,
 - The universities can contribute by allocating part of their own funds for basic research governed by a University Research Council; by levying overhead on involvement of university researchers in applied research projects, e.g. via SINTEF, to support basic research; by providing different categories of funding, e.g. grants to promising young researchers, interdisciplinary research, . . .
 - A better organised PhD education system should be established at the universities.
 - A multi-criterion rating system for engineering research should be developed and applied within which peer-reviewed international journal publications are an important category.
 - The position of education and research in engineering in Norway should be strengthened by:
 - enhancing international presence and connectivity by recruiting international faculty for both long and short term employment,
 - taking actions to counter the waning interest in engineering among the youth,
 - taking measures to enhance the recruitment process of academic staff and PhD students,
 - taking actions to address the gender imbalance in engineering academia.
 - Entrepreneurship among the research community be stimulated. The existing initiatives to stimulate innovation (e.g. Leiv Eriksson Nyfo-tek, Gløshaugen at NTNU) should be advertised more actively to the researchers.
 - The ambiguities with respect to the research policy of the regional colleges be resolved by clear signals from the government and from RCN.”

De ulike forslagene er nærmere utdypet og diskutert i rapportene fra evalueringgruppen. Som det framgår, gir hovedkomitéen flere anbefalinger med hensyn til hvilke fagområder som bør styrkes, mens andre anbefalinger er knyttet til hvordan forskningen gjennomføres og organiseres.

²RCN = Research Council of Norway.

2.6 Utgangspunkt for arbeidet med fagplanen

Arbeidet med fagplanen er basert på følgende tenkning:

- Det er viktig å styrke den langsiktige, grunnleggende forskningen innenfor ingeniørvitenskap i Norge. Dette er forskning som skal se 10-20 år fram i tid, og som skal bidra til at vi som nasjon utvikler en kunnskapsberedskap som gjør oss i stand til å omstille oss og møte de utfordringene som framtida vil bringe. “Kompetanse for omstilling” er hovedparolen.
- Norge er et lite land og vår forskning vil derfor nødvendigvis ha et begrenset omfang. For at forskningen som utføres i Norge skal gi signifikante bidrag internasjonalt og bringe fram nye løsninger, må det være et visst omfang over de aktiviteter vi initierer; vi må ikke spre oss for mye. På de områder vi satser er vi avhengig av nasjonalt lagspill i kjeden fra kunnskap til industrielle løsninger. Samtidig må vi ha som mål at vi skal bli “internasjonalt fremragende” innenfor prioriterte forskningsområder. Norges geografiske plassering langt mot nord og med et kaldt klima, bør således prege våre forskningsprogram.
- Samarbeid er viktig, men den samlede norske forskningen må ikke bli altfor programbasert. Det må alltid være rom for gode forskerinitierte prosjekt. Fagplanutvalget har stor respekt for at god forskning skapes der forskning utføres; i kreative grupper av dedikerte forskere, og ikke gjennom utvalgsarbeid og fagplaner.

Fagplanutvalget vil understreke at utvalget ikke tror at det er mulig å detaljplanlegge den langsiktige grunnleggende forskningen ut fra en plan om hvordan norsk næringsliv skal se ut om 15-20 år, og så initierer en sekvensiell utviklingsprosess fra grunnleggende forskning som skal lede oss dit.

Fagplanens rolle er heller å peke på kunnskapsområder som gjør det mulig å være forberedt på utviklingsløp som vi tror vil gi strategiske muligheter for nasjonen.

Ingeniørfagenes situasjon og rammebetingelser

3.1 Ingeniørfagenes egenart

Typer av ingeniørarbeid

På tvers av anvendelsesområdene kan vi, med fare for overforenkling, identifisere tre hovedtyper av ingeniørarbeid [7]:

1. **Disiplin:** Denne typen ingeniørarbeid har vekten på å anvende kunnskap fra et begrenset disiplinområde til å detaljutføre, analysere og verifisere spesifikke egenskaper ved en innretning, alt fra et material, en komponent, en struktur, en fysisk prosess, til et programvareelement. Denne typen arbeid leverer byggesteiner til utvikling av alle tekniske systemer. Den spenner fra nye og kreative, muliggjørende teknologielementer til systematisk og detaljert analyse av løsninger.
2. **Design/system:** Denne typen ingeniørarbeid har vekten på å forstå og analysere sammensatte behov, å spesifisere krav til ytelse og funksjoner, og å omsette spesifikasjoner til produktdesign eller systemer som løser oppgavene på en effektiv måte. Det krever evne til syntese, til å kunne kombinere ulike teknologier, og til å analysere og vurdere bruks- og systemegenskaper til komplekse løsninger. Arbeidet har derfor et tverrfaglig preg, og er skapende i sin søken etter nye måter å kombinere teknologi og kunnskap på.
3. **Ledelse/drift:** Denne typen ingeniørarbeid har fokus på ledelse i systemers livssyklus: design, prosjektering og konstruksjon, produksjon og sikker drift.

Det dreier seg om prosjektledelse samt planlegging og organisering av arbeidsprosesser innrettet for å nå et mål, der mennesker og andre ressurser inngår. Typisk for disse prosessene er at teknologisk domenekunnskap er nødvendig for å kunne utøve god ledelse, i tillegg til generell kunnskap om å lede mennesker i samhandling. Ledelsesfunksjonen er skapende i sin søken etter nye måter å organisere virksomhet på.

Distinksjonen mellom type 1 og type 2 tilsvarer distinksjonen som rapporten "Measuring Excellence in Engineering Research" fra Royal Academy of Engineering [11] refererer til som 'mode 1' og 'mode 2' teknologisk forskning. Disse begrepene ble introdusert av Gibbons et al. [8] i 1994.

Ofte kan det være uklare skiller mellom type 2 - design/system og type 3 - ledelse/drift, men det er hensiktsmessig å skille dem ved å si at design/system har fokus på produktet som utvikles og dets egenskaper, mens ledelse/drift har fokus på prosessene og ressursene som frambringer resultatet. Forskjellen kan tydeliggjøres ved å konstatere at mens en uregjerlig, men kreativ oppfinnertype kan være en verdifull ressurs i en designoppgave, er den samme typen ikke så velegnet i en ledelsesoppgave.

I hovedrapporten fra fagevalueringen beskrives forskjellen på ingeniørvitenskap og naturvitenskap på følgende måte:

Because of its distinct nature, engineering science is called "the sciences of the artificial" by Herbert Simon [9]. Simon states that "the central task of natural science is to show that complexity, correctly viewed, is only a mask for simplicity, to find patterns hidden in apparent chaos." The world we live in today is increasingly a man-made or artificial (synthesized) world. This synthesized world of artefacts is the world of engineering (science). An important distinctive feature of several engineering disciplines is the aspect of design. Design aims at finding the optimal solution to an engineering problem out of an infinite multitude of possible solutions. Comprehensive design theories do not exist, particularly in the conceptual or creative phase of the design process.

It is the strong opinion of the Principal Evaluation Committee (PEC) that there is a need for more basic research in engineering science but not to the detriment of engineering research. Or stated in terms of the excellent document: 'Measuring excellence in Engineering Research,' Mode-2 research should live alongside Mode-1 research. These considerations should be borne in mind when establishing a publication policy for engineering research. The publication customs of the natural science community should not be slavishly adopted but rather adapted to the unique character of engineering (research).

Fagplanutvalget synes dette på en fin måte fanger opp egenarten til ingeniørvirksomhet, som gjør at den må evalueres på egne premisser. Vi vil utdype distinksjonen slik at vi snakker om type-2 og type-3-arbeid som definert over. For å opprettholde konkurranseevne, er norsk nærings- og samfunnsliv avhengig av å mestre type 2 og type 3 arbeid på linje med, eller bedre enn våre konkurrenter. Forskning for å utvikle kunnskap og kompetanse på disse områdene må derfor bli en del av den grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningen.

3.2 Status og sammenlikning med andre land

Status for høyere utdanning i Norge er grundig beskrevet i OECD-rapporten [12]. Rapporten “Baklengs inn i framtiden?” [5] dokumenterer at sammenliknet med våre naboland, har utviklingen av naturvitenskapelig og teknologisk forskning i Norge ikke holdt tritt. Målt med indikatoren doktorgradsproduksjon framgår det at teknologiområdet har hatt mindre enn halvparten så stor vekst som nabolandene i tidsrommet 1990 til 2003.

Status mht. høyere utdanning og forskning innenfor de ingeniørvitenskapelige fagene er godt beskrevet i flere rapporter, som [12, 5]. Leseren kan konsultere disse rapportene for nærmere informasjon.

3.3 Behovet for laboratorier

Et annet og svært viktig aspekt ved ingeniørvitenskapen er at man er helt avhengig av eksperimentell forskning for å være i stand til å bringe fram kunnskaper som kan underbygge nye teknologiske løsninger. Dette krever tilgang på “state-of-the-art” laboratorier, med vitenskapelig utstyr og kompetente mennesker som kan utvikle og utnytte utstyret. Det er fremdeles slik at ny viten betinger forsøksvirksomhet, selv om numeriske beregningsmetoder utvikler seg i nøyaktighet og effektivitet. Tett samspill mellom eksperimentell og teoretisk forskning er det som kjennetegner de miljøene som er fremragende internasjonalt.

3.4 Rekruttering til ingeniørfagene

I årene framover vil vi stå overfor et voksende underskudd av master/sivilingeniører og PhD-kandidater innenfor næringslivet, dersom utviklingen fortsetter som nå. Det er flere faktorer som bidrar til dette, og den mest alvorlige er den synkende interessen for realfag og teknologi blant den oppvoksende slekt. Dette vil på en dramatisk måte kunne sette en stopper for å realisere de ambisjonene og mulighetene som er pekt på i denne fagplanen. Derfor må trenden snus, og

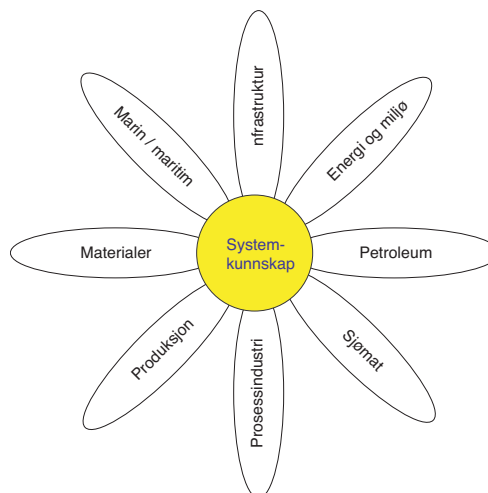
dette har vi satt på den nasjonale agendaen. Gode historier om ingeniørvitenskapens sentrale rolle vil spille en viktig rolle i de tiltakene som settes i gang. Derfor bør bidrag til rekruttering inkluderes i de planene som legges for utvikling av ingeniørfagene.

Ingeniørfagene har en urovekkende lav kvinneandel både blant studenter og vitenskapelig ansatte. Det bør treffes tiltak for å øke denne andelen. Dette må gjøres på bred front siden antall kvinnelige studenter er sterkt korrelert med antall kvinner i vitenskapelige stillinger. Ingeniørfagene vil virke mer tiltrekkende for kvinnelige studenter dersom vi har markerte kvinnelige rollemodeller i vitenskapelige stillinger. Det bør derfor legges stor innsats i å rekruttere kvinner til vitenskapelige stillinger innenfor ingeniørfagene.

Fagplan for å utvikle og styrke ingeniørvitenskapelig forskning i Norge

Ut fra de globale utfordringene vi står overfor og en vurdering av de områdene der Norge kan gi verdifulle internasjonale bidrag som kan gi verdiskapning og sikre norsk økonomi, har Fagplanutvalget gitt prioritet til følgende åtte tematiske anvendelses-/innsatsområder (rekkefølgen indikerer ingen prioritering mellom områdene):

1. Petroleumsvirksomheten
2. Energi og miljø
3. Bærekraftig infrastruktur
4. Marin og maritim virksomhet
5. Materialer
6. Produksjon
7. Verdikjede sjømat
8. Prosessindustri



De åtte tematiske innsatsområdene utgjør sammensatte problemområder, som krever flerfaglig innsats for å bringe fram nye løsninger som samfunnet trenger. Videre er de viktige områder som nasjonen har signalisert at vi vil være gode på (jfr. Forskningsmeldingen [6]).

I tillegg foreslås *Systemkunnskap*, fordi den er viktig for å sikre den helhetlige forståelsen som er nødvendig for å bringe fram gode løsninger innenfor de utvalgte problemområdene.

Fagplanutvalget har videre sett at området *Medisinsk teknologi* har et stort potensial, men funnet at dette området er så tverrfaglig at det vil kreve et grundigere arbeid og samspill mellom ingeniørvitenskap, IKT og medisin for å gi en fullgod beskrivelse av områdets perspektiver og anbefalte forskningsområder.

Kaldt klima og arktiske forhold er en gjennomgående føring for analysearbeidet. Fagplanutvalgets forslag innebærer at den videre utvikling av ingeniørvitenskapelig forskning skjer innenfor de utvalgte innsatsområdene.

Ved å bygge opp fagplanen og anbefalingene på denne måten, danner vi et grunnlag for at oppfølgingen kan skje gjennom det nasjonale lagspillet som Evalueringsgruppen har etterlyst, samtidig som vi utvikler det ingeniørvitenskapelige fundamentet som kan bidra til å realisere Forskningsmeldingens visjoner og mål. På det viset kan ingeniørvitenskapen også skape et etterlengtet samspill mellom vitenskap og innovasjon.

I den mer omfattende Vedleggsrapporten er det gjort rede for hvordan ingeniørvitenskapelig virksomhet innenfor disse områdene har vært med på å bringe fram ny internasjonalt ledende teknologi som har vært avgjørende for utviklingen av det norske samfunnet i de siste 30 årene og gjort Norge til et av de rikeste landene i verden.

Fagplanutvalget har stor tillit til at vi gjennom videre satsning kan styrke denne posisjonen. I det følgende er det gitt korte oversikter over bakgrunn, perspektiver og anbefalte forskningsområder innenfor hvert av innsatsområdene.

4.1 Petroleumsvirksomheten

Bakgrunn og perspektiver

Petroleumsnæringen eksisterte ikke i Norge for 40 år siden. I dag har vi norske oljeselskaper som er ledende i utviklingen av norske petroleumsressurser, og som i økende grad utvikler seg internasjonalt. Leverandørindustrien i Norge er ledende internasjonalt på mange områder.

Universitetene og instituttene tok utfordringen fra myndighetene på begynnelsen av 70-tallet, og bidro sterkt til å videreutvikle den teknologiske utdanningen og forskningen for å møte de nye utfordringene, særlig innenfor den marine teknologien, petroleumsteknologien og prosesssteknologien. Etter vel 30 år med utvikling, er Norge i verdensklasse på mange områder knyttet til oljeleting og -utvinning til havs. Gjennom et tett samspill mellom norske myndigheter, forskningsmiljøer, oljeselskaper og leverandører har man oppnådd stadig mer effektive letemetoder, bedre utbyggingsløsninger og bedre produksjonsmetoder. For en-

keltfelt på norsk sokkel kan vi i dag utvinne mer enn 50% av oljen, et tall som er mye høyere enn estimatene tidlig på 70-tallet, og høyere enn i de fleste andre land. Ny teknologi er nøkkelen til dette. Det er nok å nevne pioneren Ekofisk, horisontale brønner for Troll, gassinjeksjon fra Troll i Oseberg, og den norskutviklede undervannsteknologien på Tordisfeltet, og dagens “mann-til-månen”-prosjekt Ormen Lange og Snøhvit. Norge flytter teknologien under vann, og menneskene som styrer teknologien tilbake til land. Universitetene og instituttene kan være stolte over å ha vært sentrale aktører i denne utviklingen.

Oljeinntektene utgjør i dag over 30% av statens samlede inntekter, og i de 35 årene med oljeproduksjon har vi produsert bare en knapp tredjedel av den oljen og gassen som kan produseres, og industrien har fortsatt et tidsperspektiv på 100 år, etter myndighetenes anslag. Det ligger imidlertid store teknologiske utfordringer foran oss, hvis vi skal kunne oppnå høyest mulig utvinningsgrad av ressursene, og best mulig kartlegging av nye ressurser.

For universitetene og instituttene ligger nøkkelen i samarbeid. Kompetansen som finnes i Bergen, Oslo, Stavanger, Tromsø og Trondheim, og andre steder i Norge bør inngå i et landslag, slik at vi kan bidra mest mulig til utviklingen av ressursene på norsk sokkel, og til å bli konkurransedyktige internasjonalt. Vår ambisjon må være at når produksjonen av norske petroleumssressurser avtar, vil internasjonale aktiviteter kompensere. Norsk teknologi er vårt største konkurransefortrinn i utlandet, og her må utdanning, forskning og industri stå sammen.

Anbefalte forskningsområder

I samarbeidsinitiativet OG21¹ – den nasjonale teknologistrategi for petroleumsnæringen, har en siden 2001 blitt enige om prioriterte områder for forskning og teknologiutvikling. Hele bransjen stiller seg nå bak denne strategien. Universitetssektoren har vært representert i arbeidet og stiller seg også bak de gitte anbefalingene om 8 teknologiske fokusområder. NTNUs forskningsplan for *Bedre Ressurs-utnyttelse* (se [13]) er således tilpasset OG21. Innenfor hvert av områdene anbefales FoU med integrerte doktorgrader og undervisning på masternivå. For hvert av områdene kan det iverksettes langsiktige prosjekt med minimum 5 års varighet.

Arktisk teknologi: Det estimeres at 25% av gjenværende olje- og gassressurser finnes i arktiske strøk. Det er behov for utvikling av leteteknologi knyttet til arktiske strøk, ny teknologi for arktiske operasjoner og systemer, miljøteknologi og teknologi for transport over lange avstander i kalde klima.

Miljøteknologi for framtida: Utvikle og innarbeide en miljøteknologi som både er kostnadseffektiv og risikoreducerende. En helhetlig miljøvurdering som in-

¹Se <http://www.OG21.org>

kluderer både utslipp til luft og vann og har som mål nullutslipp av skadelige stoffer

Leteteknologi og reservoarkarakterisering: På bakgrunn av manglende evne til å erstatte produksjonen på sokkelen gjennom leting, vil det bli fokusert på teknologier som øker funnsannsynligheten ved utforskningsboringer og bedrer feltutviklingen av eksisterende funn. Det er et mål i seg selv å redusere tida fra lisensiering til produksjon.

Økt utvinning: Store mengder ressurser forblir uprodusert ved dagens teknologi. Økt utvinning vil fokusere på tiltak som vil endre dette, både gjennom alternative injeksjonsstrategier og økt reservoarforståelse.

Kostnadseffektiv boring og intervensjon: Økte bore- og intervensjonskostnader vil spesielt hindre utvikling og opprettholdelse av haleproduksjonen samt boring av utforskningsbrønner på norsk sokkel. Målet er å redusere disse kostnadene gjennom utvikling av nye bore- og intervensjonsteknologier samt en bedret forståelse av “nede i hull” problemstillinger.

Integrerte operasjoner og sanntids reservoarstyring: Etablere integrerte modeller for å muliggjøre sanntids oppdatering av reservoar, brønner og fasiliteter hvor tilgjengelige data vil bli brukt til å optimalisere og styre reservoarutvinningen. Disse operasjonene vil kunne effektivisere driften av felt samt øke utvinningen gjennom mer optimale løsninger.

Havbunnsprosessering og transport: Kombinasjonen av marginale funn nær eksisterende infrastruktur sammen med økt vannproduksjon på feltene medfører et behov for en prosessering av brønnstrømmen før den transporteres til en plattform. Formålet er derfor å utvikle og kvalifisere teknologier som muliggjør en kost effektiv feltutvikling gjennom bruk av eksisterende infrastruktur, akselerert produksjon, økt utvinning og transport over lange avstander fra undervannsutbygginger.

Dypvanns- og havbunns-produksjonssystemer: Kvalifisere ny teknologi for vandyp på 2500–3500m, gjennom en offensiv satsing på forbedring av eksisterende konsepter og utvikling av nye flyterkonsepter blant annet ved å ta i bruk avansert design og materialteknologi. Området inkluderer også fokus på undervanns produksjonsutstyr som muliggjør en kostnadseffektiv utbygging på slike vandyp.

Gassteknologier: Redusere transportkostnadene for gass gjennom utvikling av teknologier som medfører reduserte kostnader for å bringe gass til markedet. Dette inkluderer rørteknologi, LNG og tilsvarende muligheter samt omdannelse av gass til GTL, GTO, m.m. Det vil også bli fokusert på utskillelse og transport av CO₂ til bruk for økt utvinning.

4.2 Energi og miljø

Bakgrunn og perspektiver

Vi er helt avhengige av sikker tilgang på energi for å skaffe oss mat, klær, hus, transport, helse og mye av det vi trenger for å leve et godt liv. Samtidig må vi utvikle et samfunn som ikke overskrider naturens bærekraft.

Vi vet at dagens måte å bringe til veie og forbruke energi på, skaper store belastninger på miljøet både lokalt og globalt, blant annet ved utslipp av store mengder avgasser ved forbrenning av fossilt brensel. For å redusere menneskets bidrag til global oppvarming og de alvorlige følger dette kan få for livet på jorda, må vi i løpet av dette århundret redusere utslippene av klimagasser vesentlig. Dette skal skje samtidig som vi skal gjøre plass til 4 til 6 milliarder nye verdensborgere rundt middagsbordet. Det å sikre nok ren energi til alle er derfor den største utfordringen menneskeheten står overfor i dette århundre. Det er et enormt behov for å utvikle og ta i bruk ny teknologi (teknologiske skift), og her vil ingeniørvitenskapen spille en nøkkelrolle.

Norge forvalter ca. 30% av vannkraftpotensialet, 45% av gassreservene og 75% av oljereservene i EU-området. Som energinasjon har vi et stort ansvar for at disse ressursene utnyttes på en best mulig måte for samfunnet, både i et nasjonalt og internasjonalt perspektiv. Videre har vi en moralsk forpliktelse til å sette inn ressurser for å utvikle neste generasjons bærekraftig energiteknologi som kan bidra til å løse de globale problemene.

Anbefalte forskningsområder

Det foreslås at vår satsning tar utgangspunkt i nasjonale fortrinn og rammebetingelser, som kjennetegner Norge som energinasjon, dvs. at effektiv sluttbruk, naturgass og fornybar energi, og teknologi for kaldt klima og arktiske forhold får fokus. Videre at de strategiske linjene legges opp, slik at vi kan bidra til realisering av de langsiktige globale løsningene, der fossile energikilder med CO₂-handtering, fornybare energikilder og kjerneenergi benyttes til å produsere energibærerne hydrogen og elektrisitet, som utnyttes effektivt innenfor bygningssektor, industri og marin transport.

Det anbefales at forskningen settes inn på følgende flerfaglige samspillsområder.

Energi i bygninger: Fremdeles bruker bygningssektoren alt for mye høgverdig energi, og det er behov for nye løsninger. Mer energismarte bygningskropper for kaldt miljø. Avanserte effektive energisystem tilpasset lokal produksjon av elektrisk energi, varme og kjøling fra fornybare energikilder (sol, biomasse, vind, geotermisk energi og omgivelsesvarme utnyttet med varmepumpe). Avanserte energilagringssystemer.

Fornybar og vedvarende energi: Teknologi for utnyttelse og foredling av fornybar energi; sol (nye solcellematerialer), vind (teknologi for offshore og arktiske strøk), biomasse (energi, drivstoff og høgverdi produkter), småskala vannkraft, bølgekraft (offshore konstruksjoner), tidevannsenergi, saltkraft, høgtemperatur “magma”-energi, geotermisk og omgivelsesvarme utnyttet med effektive varmepumper basert på CO₂ som arbeidsmedium.

Gassteknologi med spesiell vekt på arktiske forhold: Flerfaseteknologi. LNG-teknologi (offshore og flytende produksjon, småskala produksjon). Energi-produksjon med handtering av CO₂. Produksjon av kraft/varme/kjøling. Gass-basert hybridsystem for kyst og fiskefartøy. Foredling av gass til høgverdi produkter (syntesegass, carbon black, nanokarboner, proteiner).

Energiproduksjon fra fossile energikilder med handtering av CO₂: Teknologi for oppfangning av CO₂ fra energianlegg basert på kull, naturgass og olje. Teknologi for transport og lagring av CO₂. Bruk av CO₂ til økt utvinning.

Hydrogenteknologi: Teknologi for å produsere hydrogen fra vann (elektrolyse), gass (reforming) og biomasse (gassifisering). Lagring (flytende form og faste stoffer). Energiproduksjon (motor og brenselcelle)

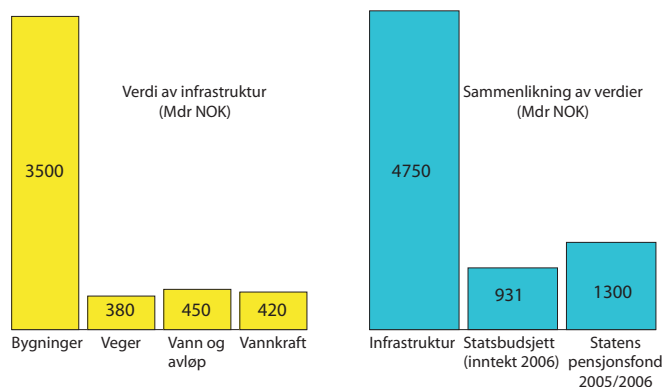
Elektrisk energiteknologi: Kraftelektronikk for å kople variabel, lokal fornybar energi til nettet. Teknologi for energiomvandling, elektriske framdriftssystem og strømforsyning til undervanns- og nedihullsutstyr for olje-/gassproduksjon. Anvendelse av nye materialer for effektive smarte generatorer, kabler og motorer.

Energisystem – infrastruktur og forsyningssikkerhet: Planleggingsmodeller for totale energisystemer med distribuert produksjon av energi fra ulike energikilder, infrastruktur for distribusjon av gass m.m., som er tilpasset samfunnets allmenne behov for sikker energiforsyning (risiko og sårbarhet).

Materialteknologi for fornybar energi: Nye nanostrukturelle materialer og funksjonelle materialer som kan muliggjøre utvikling av vindkraft, bedre solceller, separasjonsmembraner og brenselceller.

4.3 Bærekraftig infrastruktur

En bærekraftig infrastruktur gir minst mulig belastning på ressurser og miljø, og bidrar til å skape et helhetlig bærekraftig samfunn.



Figur 4.1: Gjenanskaffelsesverdier for fysisk infrastruktur for fastlands-Norge, sammenliknet med statsbudsjettet for 2006 og verdien av Statens pensjonsfond - Utland (tidligere Petroleumsfondet) ved årsskiftet 2005/2006.

Bakgrunn og perspektiver

I fagplanen er infrastruktur definert som fysisk infrastruktur i form av bygninger, konstruksjoner og anlegg for transport og samferdsel, vannforsyning og avløp, behandling av restprodukter og produksjon og forsyning av energi. I tillegg er den fysiske infrastrukturen avhengig av en geomatikkrelatert infrastruktur for stedfesting, tilgang og forvaltning.

En godt utbygd og vedlikeholdt infrastruktur er helt nødvendig for et moderne samfunn, og verdien og betydningen av denne kan angis på flere måter. Infrastrukturen i Norge representerer ca. 70% av landets realkapital, og gjenanskaffelsesverdien for viktige deler av infrastrukturen er beregnet til minst 4750 milliarder kroner. En sammenlikning mellom verdier for infrastruktur, Statsbudsjettet (inntekt) for 2006 og Statens pensjonsfond - Utland (tidligere Petroleumsfondet) ved årsskiftet 2005/2006 er vist i Figur 4.1.

Virksomhet innenfor bygg-, anleggs- og eiendomssektoren (BAE) benytter en vesentlig del (ca. 40%) av materialressursene og energien i samfunnet, og den produserer store mengder CO₂ og avfall til deponi. I løpet av det siste tiåret har vi globalt fått en sterkt økende oppmerksomhet om behovet for en bærekraftig utvikling, som omfatter både økologiske, økonomiske og sosiale forhold i et samfunn. I en internasjonal rapport "Agenda 21 for bærekraftig bygging" fra 1999 [14] heter det at "bygg- og anleggsnæringen er en av de viktigste bidragsyterne til den sosiale og økonomiske utviklingen i hvert land. Bygg- og anleggsnæringen og det bygde miljøet må sees på som to av nøkkelområdene dersom vi skal oppnå en bærekraftig utvikling i våre samfunn."

Det er i dag et stort etterslep når det gjelder vedlikehold og forvaltning av infrastrukturen, og det er angitt investeringsbehov for flere hundre milliarder kroner for en tilfredsstillende oppgradering av denne. Det vil kreve betydelig innsats også fra forskning når det gjelder å kunne ta igjen dette etterslepet, blant annet for å finne teknisk og økonomisk optimale metoder og produkter. Samtidig vil det være behov for kontinuerlig utvikling og bygging av ny infrastruktur, og delvis nye typer og former for denne (mer energieffektive bygninger, infrastruktur for produksjon og distribusjon av energi, øket virksomhet i nordområdene). Andre utfordringer vil være å ta hensyn til konsekvenser av klimaendringer, risiko, sårbarhet og sikkerhet for kritisk infrastruktur og bedre utnyttelse av ressurser ved gjenvinning. Alt dette vil kreve ny kunnskap fra langsiktig, grunnleggende forskning.

Ved planlegging av forskning om bærekraftig infrastruktur, må en knytte det til det omfattende samarbeidet som pågår innenfor teknologiplattformer i Europa. Det er fem slike plattformer som er viktige for dette området, nemlig for BAE-sektoren, vannfag, vegtransport, jernbanetransport og den skogbaserte sektoren. Teknologiplattformen for BAE-sektoren (ECTP) har presentert sin visjon og forskningsagenda for å oppnå en bærekraftig og konkurransedyktig sektor i 2030. Dette vil innebære en nødvendig omforming av BAE-sektoren, og kreve omfattende forskningsinnsats, både av grunnleggende og anvendt karakter. Det er et behov for å utvikle en ny generasjon av "grønn" infrastruktur, og det vil være nødvendig og utfordrende å anvende forskningsresultater og kunnskap fra andre fagområder, som bio-, nano-, material-, miljø- og informasjonsteknologi, risikoanalyse og systemteknikk. Dette vil gi muligheter for betydelig nyskaping og verdiskaping. I en rapport som er utarbeidet etter initiativ fra BAE-rådet i 2002 [15], er det pekt på at en ved satsing på forskning og utvikling innenfor sektoren kan oppnå en mulig verdiskapingsgevinst på 20-30 milliarder kroner per år. Dette omfatter mange av de forskningsområdene som er omtalt nedenfor. Norge kan bli et foregangsland med hensyn til å utvikle, bygge og forvalte en bærekraftig infrastruktur, og dermed få kunnskap og kompetanse som også vil være av stor internasjonal interesse.

Geodata utgjør en betydelig del av informasjonsgrunnlaget til stat og kommune. Dette gjelder bl.a. Forsvaret, beredskap, redningstjeneste, ressursforvaltning, samferdsel, arealplanlegging og byggesaksbehandling. Geodata er viktig i mange deler av næringslivet. Store og viktige brukere finner vi innenfor telekommunikasjon, energiforsyning, eiendomsomsetning og eiendomsforvaltning, jordbruk, skogbruk og fiske. Geodata brukes for å analysere kundegrunnlag og konkurranseforhold, og har en sentral plass i nyhets- og kunnskapsformidlingen. Kommersiell utnyttelse av offentlige data er en viktig kilde til økt verdiskaping i informasjons-samfunnet [16].

Anbefalte forskningsområder

I en planlegging av langsiktig, grunnleggende forskning for en bærekraftig infrastruktur kan en beskrive fem hovedområder som alle omfatter de ulike deler av infrastrukturen. For hvert av disse hovedområdene er det angitt eksempler på områder og tema som vil være viktige for den videre utviklingen.

Rammebetingelser og regelverk: Framskaffe grunnlag for utarbeidelse av framtidige rammebetingelser og regelverk når det gjelder funksjonskrav, miljøkrav, krav til livsløpsplanlegging, krav angående risiko, sikkerhet og sårbarhet for kritisk infrastruktur, osv. Prosesser for planlegging og gjennomføring av byggeprosjekt med bruk av IKT. Datum, måling, analyse, kvalitetssikring og tjenester for tilgjengeliggjøring og bruk av geografisk informasjon. Kostnadseffektive og pålitelige metoder for stedfesting av eiendomsgrenser [17] og miljørelaterte data.

Klimaendringer og konsekvenser: Innsamling og bearbeiding av geografisk informasjon (klima-, ressurs- og miljøovervåking) som grunnlag for utforming, plassering og forvaltning av infrastrukturen. Bestandighet og levetid for materialer og komponenter i infrastrukturen. Materialbruk og dimensjonering av infrastruktur som kan motstå framtidige klimapåkjenninger.

Risiko, sårbarhet og sikkerhet: Metoder for vurdering av risiko, sårbarhet og sikkerhet for infrastruktur som følge av klimaendringer, naturkatastrofer og terror, og metoder for å avdekke sårbarhet i drift og vedlikehold av distribusjonssystemene i infrastrukturen. Et sentralt stikkord her er redundans. Bruk av risikoanalyse i forvaltning av kritisk infrastruktur.

Materialer og teknologi for bygging og forvaltning: Materialer og produkter blant annet basert på kunnskap fra nano- og bioteknologi, som gir bedre ressursutnyttelse og funksjonsegenskaper og reduserte miljøbelastninger. Industriell produksjon av komponenter, elementer og moduler for bygninger og konstruksjoner. Bruk av sensorer og IKT for styring av funksjoner og tilstandsovervåking. Oppgradering og levetidsforlengelse av infrastruktur.

Livsløpsplanlegging og gjenvinning (miljø og ressursbruk): Oppnå faktor 4/10 med hensyn til økoeffektivitet (materialer, energi) i løpet av henholdsvis 10 år og 30-50 år. Metoder for integrert livsløpsplanlegging av infrastruktur (bestandighet og levetid, LCA,² LCC,³ IKT-baserte beslutningstøtteverktøy, osv.). Metoder for kartlegging av ressurser i eksisterende infrastruktur og optimal utnyttelse av disse ved gjenvinning.

²LCA = Life cycle assessment

³LCC = Life cycle costing

4.4 Marin og maritim virksomhet

Bakgrunn og perspektiver

Marin teknikk omfatter petroleumsvirksomhet til havs, skipsfart, fiskeriteknologi og havbruk. Petroleumsvirksomheten er den største næringen i Norge og står for mer enn 20 prosent av verdiskapningen i landet. Det er dobbelt så mye som verdiskapningen i landindustrien. Målt i kroner var petroleumssekporten på 346 milliarder kroner i 2004. Oljen eksporteres på tankskip og går i hovedsak til Europa og USA/Canada. Rundt 20 prosent av Europas gassforsyning kommer fra Norge, gjennom et nettverk av rørledninger over Nordsjøen. Fra 2007 vil Snøhvit-feltet produsere flytende naturgass for eksport i tankskip til USA.

Målt i antall registrerte skip er Norge verdens femte største skipsfartsnasjon. Utenriks sjøfart er vår nest største eksportnæring og gir inntekter på 70 milliarder kroner i året. Fiskeri og havbruk er landets tredje største eksportindustri, med en verdi på 30 milliarder kroner. Rundt 95 prosent av all fisk går til eksport.

Fiskeri og havbruk, skipsfart og petroleumsvirksomhet til havs står for en systemsetting og verdiskaping som gjør dem til lokomotiver i norsk økonomi. Disse næringene er i mange henseende forskjellige, men har det til felles at de er avhengig av grunnleggende kunnskaper om havmiljøet og havmiljøets virkning på skip, konstruksjoner og ulike innretninger i havet. Framtidig forskning må forvalte og videreutvikle denne kunnskapen. Like viktig er det at næringene har evnen til å nyttiggjøre seg kunnskaper fra grunnleggende forskning innenfor områder som f.eks. materialteknikk, informasjons- og kommunikasjonsteknologi, kybernetikk, produksjonsteknologi, arktisk teknologi, oseanografi og marin biologi. Slik kunnskap kombinert med systemforståelse vil være utgangspunkt for en anvendt forskning der nye produkter og tjenester utvikles.

Marin virksomhet i Norge er stor også i et internasjonalt perspektiv, og næringene er utsatt for sterk internasjonal konkurranse. Dette betyr at behovet for nasjonal forskning på dette området er spesielt stort; både for å mestre internasjonal konkurranse, men også fordi den teknologien vi har behov for ikke alltid er tilgjengelig internasjonalt. En nasjonal forskningsstrategi for marin virksomhet må ta hensyn til alle disse forholdene.

Anbefalte forskningsområder

Ingeniørvitenskapelig forskning for marin virksomhet spenner vidt. Den har både grunnleggende og anvendt karakter, det arbeides både disiplin- og systemorientert, og metodene som brukes er ofte en kombinasjon av teori, simulering og eksperiment. Bredden kan også illustreres ved å se på anvendelsene: Systemanalyse for energiproduksjon i et cruiseskip og hydrodynamiske krefter på nøter i et havbruksanlegg hører begge inn under marin virksomhet, men krever helt ulike

kunnskaper og metoder. Den store bredden gjør det vanskelig å lage en detaljert forskningsplan. I det følgende gis eksempler på områder der det er behov for langsiktig, grunnleggende forskning som skal gi nødvendige kunnskaper for en industrifinansiert anvendt forskning.

Havmiljø: Kunnskap om havmiljø; herunder bølger, strøm og is. Nødvendig for planlegging av operasjoner og design av anlegg i nye farvann, ruting av skip i uvær og etablering av kombinerte havmodeller. Kopling til oseanografi, meteorologi og marin biologi og til overvåkningsmetoder som fjernmåling via satellitter.

Fiskefôr: Fangstmetoder for arter som kan sikre egnet fôr til oppdrettsfisk. Nødvendig for en bærekraftig ekspansjon av havbruksnæringen. Kopling mot marin biologi.

Miljøkrefter: Beregning av alle typer miljøkrefter på marine konstruksjoner, herunder laster fra bølger, strøm og is, samt fenomen som "grønn sjø" på dekk og væskeslag i delvis fylte tanker. Eksperimentelt arbeid kombinert med teori og numeriske simuleringer. Krever oppdatering av hydrodynamiske laboratorier. Nødvendig for utvikling av arktisk teknologi og overgang fra regelbasert dimensjonering av skip til bruk av grunnleggende teori.

Komplekse systemer: Modellering og simulering av komplekse systemer, herunder anlegg med mekanisk dynamikk kombinert med termisk energi, men også ulike operasjoner og innretninger i havet, så som undervannsoperasjoner og bøyelasting, anlegg for utvinning av bølgeenergi, flytende produksjon av olje og gass, og havbruksanlegg. kopling til kybernetikk, prosesssteknikk og petroleumsteknologi.

Konstruksjonsanalyse: Beregning av lastvirkning og styrke, inkludert skademekanismer og levetid, for ikke-tradisjonelle konstruksjoner, spesielt i forbindelse med nye materialer. Teoretiske og eksperimentelle metoder. Kopling mot materialteknikk er viktig. Krever oppdatering av konstruksjonslaboratorier.

Transport: Opplegg for transport land-sjø-land, nærsjøfart (Nordsjøen). Effektiv transport av sjømat til Europeiske markeder. Sikkerhet og miljøvennlighet for farlige transporter langs norskekysten, transport til og fra nordområdene, flytende naturgass. Maritime operasjoner i nordlige og arktiske farvann.

Framdriftsmaskineri: Nye typer av framdrifts- og hjelpemaskineri; gassdrift og brenselcelleteknologi. Aktualisert ved strengere krav til utslipp av klimagasser. Samarbeid med prosesssteknikk.

E-drift: Driftsplanlegging, driftsteknikk, fjerndrift og overvåkning (e-drift) av skip og marine anlegg som f.eks. undervannsbrønner og oppdrettsanlegg. Kopling mot IKT og systemkunnskapsmiljøer.

Systemfag: Ulike anvendelser av systemkunnskap for marin virksomhet, så som design- og prosjekteringsmetodikk, risikokontroll, prosjektledelse og logistikk.

Industriell økologi: Livssyklusanalyser, resirkulering og gjenbruk; industriell økologi for skip og marine systemer.

4.5 Materialer

Bakgrunn og perspektiver

I dag foregår det meste av utdanning og forskning innenfor materialer ved NTNU, i instituttsektoren (SINTEF, IFE og FFI) og i industrien. Betydelige aktører er også Universitetet i Stavanger (UiS), Universitetet i Oslo (UiO), Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) samt Høgskolen i Narvik (HiN). Norge framstår i dag som en internasjonalt anerkjent produsent og kunnskapsbesitter innenfor lettmess, ferrolegeringer og silisium, men også innenfor stålanvendelser, betong og plastprodukter. Rollen som materialprodusent vil komme til å få stadig økende betydning for norsk økonomi siden jordens råmaterialressurser er begrensede samtidig som etterspørselen etter materialer er sterkt voksende og vår industri globaliseres. Utvikling av avansert resirkulerings - teknologi får derfor stadig større betydning og vår teknologi kan her bli verdensledende og bidra vesentlig til norske bedrifters konkurransevne i de nærmeste 15-20 årene. Materialer for ren energi (for eksempel hydrogenlagring og andre alternative energikilder) og silisium solceller er områder som kan gi teknologiskift og betydelig økt verdiskapning. Det samme kan sies om nye materialer for anvendelser i medisinsk teknologi og ny betongteknologi. Plastmaterialer, naturlige biomaterialer og kompositter, nye nanostrukturelle materialer, funksjonelle materialer, materialer anvendt i transportindustri, forsvar, aeronautics, nanoteknologi og telekommunikasjon samt nye utfordringer for norsk olje- og gass sektor, herunder avansert bruk av materialer under ekstreme klimatiske forhold, vil kunne få stor økonomisk betydning for Norge. Økt innovasjonskraft og eksport av norskproduserte materialer og videreforedlede produkter utgjør det kanskje største verdiskapningspotensialet for Norge dersom man ser bort fra olje, gass og fisk.

Anbefalte forskningsområder

Materialer er uten tvil et av de aller viktigste, naturgitte forskningsområdene som tjener Norge. Området har muligheter til å møte nasjonal og global sam-

funnsutvikling på en slik måte at det gir nasjonal avkastning å satse på forskning, utvikling og innovasjon innenfor materialer. Innenfor materialer er følgende hovedtema spesielt kritiske for vår framtidige velstandsutvikling (gjelder hele verdikjeden: ressurstilgang, produksjon, miljøaspekter, resirkulering, egenskaper, videreforedling, konstruksjon og anvendelser).

Lettmetall: For aluminium og magnesium; nye produksjonsprosesser, legeringsutvikling, nanostrukturering, overflater, sammenføyning, støping, forming og videreforedling, resirkulering, egenskaper og konstruksjonsoppførsel, integrert matematisk modellering og simulering, design og innovasjonsprodukter.

Silisiumområdet og solceller: Utfordringer knyttet til økt renhetsgrad i solcelle silisium gjeldende hele produksjonskjeden, støping, “wafering”, effekter av mikrostruktur og sammensetning på effektivitet til solceller, resirkulering og forming av silisium “wafers”, photo-voltage (PV) teknologi. Videreutvikling av silisium ferrolegeringer og MgSi for-legeringer og av siliconer.

Syntetiske og naturlige polymere og kompositter: Utvikling av nye materialer og kompositter basert på fornybare kilder (biomasse, osv.), materialenes struktur, egenskaper, nanoteknologiske anvendelser, design og konstruksjonsmessige anvendelser, benytte “lære av naturen” filosofien.

Nye nanostrukturelle- og funksjonelle materialer: Ultra-finkornige metall, multifunksjon multimaterialer, nanoteknologiske anvendelser av materialer, nye funksjonelle materialer (MEMS⁴, magnetiske, sensorer, halvledere, membraner, optiske), innovasjoner innenfor medisinsk teknologi, sport, elektronikk og telekommunikasjon.

Materialer og teknologi for fornybar energi: Hydrogenbærere, avanserte materialer for vindmøller, batterier, elektrolyse av vann og gassteknologi.

Materialer for ekstreme klimatiske forhold: Utvikling av nye stål og materialer for arktiske-, dypt vann- og høge trykk anvendelser, materialvalgssystemer.

Moderne stål og høgtemperaturmaterialer: TRIP-stål og deres anvendelser i transportsektoren, spesialstål, superlegeringer, keramer og intermetalliske forbindelser.

Overflateteknologi: Miljøvennlige overflatebehandlingsmetoder (f.eks. uten 6-verdig krom), stål, aluminium, degradering av overflater, korrosjon, slitasje.

⁴MEMS = Micro-electro-mechanical systems

Materialanvendelser i bygg og anlegg: Ny betongteknologi, intelligente byggematerialer (isolatorer, høgfaste og lette, fabrikkasjonsvennlige) samt konstruksjoners langtidsegenskaper (geometrisk modellering, numeriske beregninger, materialer robuste mot degradering).

Materialvalg: Intelligente databaser og valgprosesser, prosessdatabaser.

Videreforedling: Forming, virtuell simulering av prosessforløp fra nano- til makro-nivå, mekanismebeskrivelser på alle størrelsesnivåer.

Matematisk modellering: Matematisk modellering av avanserte materialstrukturer (herunder multiskala modellering, nanomaterialer og komposittmaterialer).

4.6 Produksjon

Bakgrunn og perspektiver

Den landbaserte industrien har en helt sentral og grunnleggende betydning for det norske samfunn. I år 2001 var bruttoproduksjonsverdi for all landbasert industri eksklusiv oljevirkosomhet 501 milliarder kroner (kilde: SSB). Da hadde produksjonsverdien steget jevnt i en ti-års periode, den samlede veksten i den perioden var på ca 12%. Den landbaserte industrien er ikke bare en av de vesentligste verdiskapende sektorene i norsk økonomi. Den har også stor betydning for sysselsetting og spredt bosetting. Mye av industriens virksomhet finnes i områder i betydelig avstand fra de største bysentrene i landet. I tillegg viser europeiske undersøkelser at hver industriarbeidsplass gir grunnlag for 2-3 arbeidsplasser i tjenesteyting og andre samfunnsfunksjoner som er avhengige av industribedriftenes eksistens. En levedyktig industri er derfor selve ryggraden i det moderne norske velferdssamfunnet.

Industriell virksomhet har sentrale generiske trekk som går på tvers av alle hovedbransjene av næringsvirksomhet. Avanserte teknologiske løsninger etter samme grunnprinsipper brukes i dag innenfor vareproduksjon, prosessindustri, bygg- og anlegg, maritim sektor, matvareproduksjon både for fisk og landbruksprodukter og i økende grad innenfor medisin.

Grunnlaget for høgteknologisk industrivirkosomhet ligger i anvendelsen av elektronisk styring, IKT og automatiseringsløsninger på alle tradisjonelle prosesser for å gjøre dem effektive slik at de kan tilfredsstillе dagens behov for høy kvalitet, maksimal tilpasning til individuelle brukerbehov, minimal miljøbelastning og lav kostnad.

Anbefalte forskningsområder

Framtidig industriproduksjon i Norge vil avhenge av at en rekke utfordrende forskningsoppgaver blir løst. Disse vil også være sentrale i internasjonal forskning. Skal Norge kunne henge med i den industrielle utviklingen, er det nødvendig at det forskes med tyngde på disse områdene også i Norge. Denne forskningen vil være i tråd med teknologiplattformen MANUFUTURE i EUs 7. rammeprogram. Områdene er:

Høgeffektiv, fleksibel og automatisert produksjon: Dette omfatter nye formgivings- og bearbeidingsprosesser for nye materialer, meget hurtig omstillbare automatiserte prosesser for alle seriestørrelser, intelligent prosessovervåking, samt adaptive styresystemer, for høgest mulig driftssikkerhet. Videre omfatter det en kunnskapsheving som gir ansatte i bedriftene maksimal mulighet til å utnytte sine evner kreativt og innovativt. Bruk av moderne IKT for modeller innenfor virtuelle produksjonsløsninger er også viktig å utvikle i bedriftene.

Utvikling av sterke verdikjeder både lokalt og globalt: Verdikjedene skal være dynamiske og utnytte de nye teknologiske mulighetene både med hensyn på IKT og nye produksjonsenheter for å kunne gi maksimal individuell tilfredsstillelse av kundebehov. Spesiell vekt legges på utnyttelse av moderne teknologi til å gjøre norske bedrifter effektive og konkurransedyktige i globale verdiskapningsprosesser, samtidig som regionale bedrifts- og industriklynger i Norge blir ivaretatt.

Avanserte produktutviklingsmetoder: Globalisert produktutvikling omfatter både produkt og tjenester. Produktutvikling må derfor baseres på samhandling og utnytte moderne IKT-løsninger både innad i bedriftene og i globale verdiskapningsnettverk. Dette skaper behov for å utvikle nye metoder som dekker både produkt- og tjenesteaspektet i en leveranse. I tillegg må dette integreres med produktdesign, produksjonssystemene og forretningsmodellene i bedriftene.

4.7 Verdikjede sjømat

Bakgrunn og perspektiver

Konsumet av sjømat på verdensbasis ligger i dag på ca. 16 kg per person. Det er forventet at denne andelen vil øke til 19-21 kg per person i de neste 20 årene. Dette utgjør en økning fra ca. 100 mill. tonn per år til ca. 160 mill. tonn. En slik økning i konsum må dekkes opp gjennom utstrakt grad av oppdrett/oppfôring av ulike arter. Dagens eksportverdi i Norge ligger på ca. 30 milliarder NOK.

Potensialet for økt verdiskaping ligger i å øke kvaliteten på råstoffet, samt å håndtere dette på en effektiv og skånsom måte fram til forbruker. For å møte

kravet til høyere kvalitet på råstoffet, kreves det en utvikling mot mer effektive og skånsomme produksjonssystemer for slakting og sløyning, samt for foredlingsledet. Automatisering og robotisering kan bedre arbeidsmiljøet innenfor fiskeforedling ved å fjerne monotone arbeidsoperasjoner, som samtidig bedrer bedriftens konkurransevne på grunn av lavere bearbeidingskostnader. En annen virkning av automatisering er at ny prosess teknologi kan gi økt utbytte, bedre kvalitet og danne grunnlaget for nye produkter. Kravet til økt kvalitet og holdbarhet krever kontroll med temperatur i hele næringskjeden.

Anbefalte forskningsområder

Fangsting og prosessering om bord i båter: Utvikle effektive og skånsomme produksjonssystemer for slakting og sløyning; utvikling av teknologi for levende ilandføring av fisk og til lønnsom lagring og oppfôring av villfisk og oppdrett; utvikling av teknologi og metoder for høsting og konservering av zooplankton.

Fôrteknologi: Metoder og teknologi som muliggjør utnyttelse av nye råstoffer, eksempelvis ny prosessering og fraksjonering og utskillelse av inhiberende stoffer; kunnskap om metoder og teknologi som gjør det mulig å bruke landbruksbaserte råvarer til produksjon av fiskefôr.

Vannbehandling og resirkulering av vann innenfor oppdrett: Økt kunnskap om betydningen av de fysiske og kjemiske endringene i vannet som følge av redusert vanntilførsel og resirkulering av vann og hvordan dette påvirker fisken.

Handtering og slakting av oppdrettsfisk og høsting av skalldyr:

Utvikling og tilpassing av skånsomme og effektive metoder for transport av levende fisk fra merd til slakterier, samt slakteprosesser; effektiv og skånsom teknologi for høsting av skalldyr.

Foredlingsbedrifter: Automatisering og robotisering for effektivisering og rasjonalisering av enhetsoperasjoner; utvikling av prosesser for skånsom bearbeiding og distribusjon, som ivaretar høg kvalitet og økt utbytte på ferskt råstoff; kompetanseutvikling for bevaring av næringsinnhold, ferskhet, kvalitet og holdbarhet; utvikling av prosesser for kulde- og varmebehandling av marint råstoff; hygienisk kvalitet – trygg mat.

Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien: Energieffektive prosesser og systemer for bevaring av kvalitet for næringsmidler. Prediktiv regulering og kontroll av komplekse kuldetekniske installasjoner i foredlingsindustrien. Utnyttelse av lavtemperatur spillvarme fra prosessanlegg til oppdrett.

Omsetningsledd: Systemer og prosesser for økt holdbarhet gjennom kontrollert temperatur for produktene fra fangst til forbruker. Merkesystemer som beskriver opprinnelse og temperaturpåkjenning gjennom kjeden fra fangst til forbruker. Utvikling av systemer for handtering og transport av levende produkter.

4.8 Prosessindustri

Bakgrunn og perspektiver

Prosessindustrien foredler vann, skog, mineraler, olje og gass til et mangfold av produkter med utallige bruksområder — fra helsetjenester og kosmetikk til bildeler og matvareproduksjon, og bidrar til verdiskaping og sysselsetting over hele landet.

Prosessindustrien står for om lag halvparten av all eksport fra fastlands-Norge, noe som betyr at industrien må forholde seg til sterkt konkurranseutsatte internasjonale markeder. Likevel er norske prosessbedrifter på flere områder ledende både i Europa og globalt. Økonomisk globalisering har vært en realitet for prosessindustrien i mange år. For norske bedrifter betyr globaliseringen både økt konkurranse og nye markedsmuligheter.

Prosessindustrien i Norge kan karakteriseres med høgt kompetansenivå, god energitilgang og høgt innovasjonsnivå som viktige fortrinn. I internasjonal sammenheng har prosessindustrien en meget høy miljøstandard, og dette har delvis en sammenheng med tilgangen på vannkraft og naturgass som innsatsfaktorer. Framtidige miljøkrav og energitilgang er store usikkerhetsfaktorer for deler av norsk prosessindustri, men dette er også noe som kan gi norsk prosessindustri store muligheter.

Et utviklingstrekk i prosessindustrien ser ut til å være mindre omfang av storvolumprodukter og mer av spesialiserte og kompetansekrevede produkter. Bedriftene har for tida stor etterspørsel etter høgt utdannet personell.

Anbefalte forskningsområder

Forskningsvirksomheten knyttet til prosessindustri er svært bred, og av både anvendt og grunnleggende karakter. Den er knyttet til mange av de fagområder som denne fagplanen ellers omhandler. Det foreslås at vår satsning tar utgangspunkt i nasjonale fortrinn og rammebetingelser, som innebærer råstoff- og energitilgang, og industrielle og akademiske kompetansemiljøer.

Gassteknologi med spesiell vekt på arktiske forhold: Flerfaseteknologi for transport over svært lange avstander. LNG-teknologi offshore og flytende produksjon med evt. småskala produksjon. Energiproduksjon med håndtering av CO₂.

Motor og gassturbinteknologi med redusert NO_x -utslipp gjennom bruk av damputtynnet naturgass. Gassdrevne båter for gass/olje-industri og fiske. For- edling av gass til høgverdige produkter (syntesegass med ulike derivater som for eksempel metanol, nanokarboner, proteiner).

Matematisk modellering: Matematiske og/eller stokastiske modeller for å beskri- ve og analysere relasjonene mellom de ulike enhetene i et system. Graf- og nett- verksmodeller. Stokastiske flytnettverk. Bayesianske nettverk. Virksomhets- modeller. Forming, virtuell simulering av prosessforløp fra nano- til makro- nivå, mekanismebeskrivelser på alle størrelsesnivåer, modellering av komplekse materialer og konstruksjoner.

Systemanalyse: Det er en økende tendens til å se produksjonssystemer i en stør- re sammenheng, som dynamiske prosesser der det ligger store muligheter i å kople kybernetikkmiljøer til spisskompetanse i andre faggrupper (kjemisk pro- sessteknologi, termisk energi, flerfaseteknikk, petroleumsteknologi og marine systemer).

Industriell økologi: Modellering av globale produksjons- og forbruksnettverk (verdi- kjeder) både mht. miljøaspekter, ressursbruk og framtidig utvikling. Anven- delse og tilpassing av beslutningsverktøy, og evaluering av både beslutnings- verktøy og tiltak basert på industriell økologi-prinsipper. Hvordan redusere miljøkonsekvensene av bygd infrastruktur. Utvikling av metoder for LCA (li- fe cycle assessment) og bruk av slike metoder i komplekse systemer (eks. transportsystemer med spesiell vekt på skip).

Vedlikeholdsplanlegging og -optimering: Utvikling av teori og metoder for opti- malisering av tilstandsbasert vedlikehold (eksempler på anvendelsesområder er rørledninger for olje/gass og for vann, tungt roterende utstyr, togskinner, m.fl.)

Lettmetall: For aluminium og magnesium; legeringsutvikling, nanostrukture- ring, overflater, sammenføyningsteknikker med egenskaper for arktiske strøk. egenskaper og konstruksjonsoppførsel, integrert matematisk modellering og simulering, design og innovasjonsprodukter.

Nye nanostrukturelle- og funksjonelle materialer: Ultra-finkornige metall, multi- funksjon multimaterialer, nanoteknologiske anvendelser av materialer, nye funksjonelle materialer (MEMS4, magnetiske, sensorer, halvledere, membra- ner, optiske), innovasjoner innenfor medisinsk teknologi, sport, elektronikk og telekommunikasjon.

4.9 Systemkunnskap

Bakgrunn og perspektiver

Systemkunnskap⁵ er kunnskap som brukes til å forstå, analysere og forklare relasjonene mellom de ulike enhetene i et system, og også relasjonene til brukerne og omgivelsene. Systemkunnskap er spesielt viktig for ingeniørarbeid av typene 2 og 3 slik disse er forklart i avsnitt 3.1 på side 25. Beskrivelsen av de åtte tematiske innsatsområdene (avsnittene 4.1 til 4.9) viser et klart behov for tilpasset systemkunnskap innenfor en lang rekke anvendelser. I tillegg har systemkunnskap egenverdi som et selvstendig fagområde som danner grunnlag for omfattende næringsvirksomhet. Norge har en betydelig konsulentvirksomhet som er basert på systemkunnskap. Denne virksomheten sysselsetter et stort antall arbeidstakere med høy utdanning og konkurrerer i et internasjonalt marked. For å kunne forbli konkurransedyktige i dette markedet, må de få tilført kompetent arbeidskraft fra universitetene og høyskolene, samt ny teori og nye metoder som er tilpasset endringene i samfunnsmessige behov og den teknologiske utviklingen.

Moderne systemer består i stadig større grad av komplekse koplinger mellom mekanikk, elektronikk, programvare, enkeltmennesker og samfunn. Norske ingeniører har internasjonalt et godt rykte for å være kreative og for å finne gode systemløsninger. Som følge av olje- og gassvirksomheten har vi bygd opp sterke fagmiljø innenfor flere systemfag, som sikkerhet og pålitelighet, prosjektering, prosjektledelse, m.fl. Norge har også et internasjonalt godt rykte innenfor miljøsektoren og industriell økologi. Disse systemkunnskapsområdene bør ivaretas og styrkes.

Mange ledende internasjonale universiteter (f.eks. i USA) har egne institutt som dekker systemfagene. Disse instituttene kalles gjerne "Department of Industrial (and Systems) Engineering" og er ofte store enheter med egne studieprogram og omfattende forskningsprogram.

Anbefalte forskningsområder

Det er behov for økt forskningsinnsats innenfor de fleste delområdene av systemkunnskap. Som nevnt, har Norge en sterk internasjonal posisjon innenfor noen av disse delområdene, mens vi står svakere innenfor andre. En bør strebe etter at de beste blir enda sterkere slik at de kan fungere som "lokomotiv" for utviklingen, samtidig som en sørger for at nødvendige områder når opp til et nivå som ivaretar de behovene norsk næringsliv har.

⁵Betegnelsen *systemkunnskap* er ikke dekkende, men brukes i mangel av et bedre begrep. På engelsk vil området betegnes *industrial engineering* eller *industrial and systems engineering*.

Matematisk modellering: Matematiske og/eller stokastiske modeller for å beskrive og analysere relasjonene mellom de ulike enhetene i et system. Graf- og nettverksmodeller. Stokastiske flytnettverk. Bayesianske nettverk. Virksomhetsmodeller.

Systems engineering og design-metodikk: Teorien for systems engineering bør integreres i design av produkter og systemer for å sette fokus på alle mulige bruksforhold gjennom hele levetiden. Mye av teorien er velkjent, men vi har behov for omfattende tilpassing.

Hvordan kan produkter og systemer utformes for best å kommunisere og samhandle med mennesker? Grunnleggende forskning innenfor designteori.

Menneske-maskin relasjoner Menneske-maskinrelasjoner i komplekse tekniske systemer (eks. design av kontrollfunksjoner, intervensjon i kontrollrom, komplekse vedlikeholdsoperasjoner).

Prosjektering: Forholdet mellom produktmodeller og produktplattformer i prosjektutvikling/anbudsfase for rask etablering og konfigurering av spesifisering, kalkyle, arrangement og 3D visualisering. Bærekraftige transportsystemer. Product lifecycle management teknologi.

Prosjektledelse: Metoder og modeller for planlegging og styring av forsknings- og utviklingsprosjekt. Utvikling av integrerte modeller og simuleringsverktøy som dekker hele prosjektets livsløp. Nye metoder for risikovurdering av prosjekt. Konsepter og metoder for prosjektets utviklingsprosess; fra første idé, via tidligfase til effektuttak av prosjektets resultat. Prosjektstyring og logistikk/forsyningskjedeledelse.

Logistikk: Styringsmodeller som angir hvordan produksjon og logistikkprosesser er organisert og styrt. Simulerings- og optimaliseringsmodeller av produksjonssystemer eller verdikjeder. Prosessmodeller som er integrert i virksomhetens ERP-system.⁶ Kopling mellom kostnader og leveringspålitelighet/lager-tilgjengelighet. Utvikling av metoder for sårbarhetsvurdering av logistikkfunksjoner – spesielt knyttet til global logistikk der en må forholde seg til fremmede kulturer og språk, og der en har ufullstendig og tidvis fraværende regelverk. Kommunikasjonsteknologi og sårbarheten av denne er viktige faktorer.

Industriell økologi: Modellering av globale produksjons- og forbruksnettverk både mht. miljøaspekter, ressursbruk og framtidig utvikling. Anvendelse og tilpassing av beslutningsverktøy, og evaluering av både beslutningsverktøy og tiltak basert på industriell økologi. Hvordan redusere miljøkonsekvensene av bygd

⁶ERP = Enterprise resource planning

infrastruktur. Utvikling av metoder for LCA (life cycle assessment) og bruk av slike metoder i komplekse systemer (eks. transportsystemer med spesiell vekt på skip).

Sikkerhet og pålitelighet: Sikkerhets- og pålitelighetsmessige aspekter knyttet til design, verifikasjon og drift av sikkerhetskritiske systemer som inneholder både sensorer, datamaskiner (med programvare) og aktuatorer (eks. automatiske togstoppsystemer, brann og gass nedstengningssystemer, sikkerhetskritisk utstyr i operasjonsstuer på sjukehus, m.fl.). Utvikling av teori og metoder for vurdering av feiltoleranse og resiliens i komplekse tekniske systemer.

Risiko- og sårbarhet: Utvikling av metoder for risiko- og sårbarhetsanalyse som omfatter både tilfeldige hendelser og tilsiktede handlinger som sabotasje og terrorisme (industri og kritisk infrastruktur). Utvikling av metoder for “levende” risikoanalyser, som kan danne grunnlag for monitorering av risikonivået i en aktivitet (se også side 37).

Vedlikeholdsplanlegging og -optimalisering: Utvikling av teori og metoder for optimalisering av tilstandsbasert vedlikehold (eksempler på anvendelsesområder er rørledninger for olje/gass og for vann, tungt roterende utstyr, togskinner, m.fl.)

Kriterier for prioritering av forskningsområder

Fagplanutvalget foreslår at arbeidet med styrking av ingeniørvitenskaplig forskning skjer gjennom utvikling av de utvalgte innsatsområdene som er beskrevet i Kapittel 4. I dette ligger en tematisk prioritering for å utvikle forskningsområder som er viktige for Norge de neste 20 årene. Videre foreslås det at det settes inn en spesiell satsning på noen strategiske initiativer. I kapittel 10 har vi gitt råd til hvordan dette kan skje. Utviklingen fram til detaljerte planer og prioritering av forskningsområder og faggrupper er imidlertid avhengig av klare kriterier. Fagplanutvalget har kommet fram til følgende forslag til slike kriterier.

5.1 Forskningsområder som bør prioriteres

For å kunne bli internasjonalt fremragende, må vi i Norge prioritere noen utvalgte forskningsområder. Til dette trenger vi å etablere noen klare utvalgskriterier. Følgende kriterier foreslås ved prioritering av faggrupper og forskningsområder:

1. Forskningsområdet tilfredsstiller strategiske nasjonale kunnskapsbehov.
Dette er kunnskapsområder som kan bidra til å utnytte de fortrinn vi har gjennom:
 - a) kunnskap som bidrar til økt verdiskaping gjennom utnyttelse av våre naturgitte forutsetninger
 - b) kunnskapsmessige fortrinn i FoU-miljøer, nærings- og samfunnsliv
 - c) industriell basis; evne til å industrialisere kunnskap i vårt eksisterende næringsliv

Vi må her se både på områder der vi allerede har en sterk posisjon, og på områder der vi ser betydelig utviklingsmuligheter dersom vi utvikler ny kunnskap.

2. Forskningsområdet bidrar til å skape mottakerkompetanse/absorpsjonsevne for ny kunnskap.

Den kunnskapen som produseres utenfor Norge er viktig for oss. Vi må forberede nasjonen på å være mottaker av slik ny kunnskap, og sette oss i stand til å tilpasse den til nasjonale behov og forutsetninger. Erfaring har vist at slik kunnskapsoverføring gir grunnlag for at vi på utvalgte områder kan utvikle deltakerkompetanse på internasjonalt nivå.

Vi må prioritere de kunnskapsfelter som er i tidlig og hurtig utvikling internasjonalt, "emerging technologies," og som har stor mulighet for å få omfattende nasjonal betydning. Særlig viktig er det som karakteriseres som "converging technologies," dvs. gjensidig muliggjørende teknologier. Her nevnes informasjonsteknologi, bioteknologi og nanoteknologi som et sett slike teknologier, og som vil vekselvirke med andre teknologiske fag og med samfunnsfag, atferdsfag og humaniora.

3. Forskningsområdet bidrar til kunnskap som kan gi teknologiskift.

Verden har behov for å bedre ressursutnyttelsen. Vi snakker ofte om "faktor 4" og "faktor 10" forbedringsbehov i ressursutnyttelse. Skal ulikhetene i velstand mellom verdens folkeslag utjevnes, må det slike skift til. Når vi skal prioritere langsiktig forskning som skal komme til anvendelse om 10-15 år, bør vi sikte på kunnskapsområder som har forutsetninger til å skape slike skift.

4. Forskningsområdet bidrar til å utvikle eller forsterke (tverr)faglige samarbeidsakser med stort potensial (såkalte "grensevandrere").

Korte og lange samarbeidsakser innenfor teknologiske fag og mellom teknologi og andre fag må fokuseres, i tråd med fagevalueringens etterlysning av slike samarbeidsrelasjoner. Det er viktig å skape målrettet samarbeid mellom flere faggrupper med felles mål.

Kommentarer til kriteriene

Kriterium 1 er i samsvar med anbefaling nr. 3 (side 6) i evalueringsgruppens hovedrapport [1]. Evalueringsgruppen nevner spesielt (side 15 i [1]) energi og petroleum, marin virksomhet og fiskeindustri som viktige strategiske områder for Norge. Å fastlegge hvilke områder som skal prioriteres gjennom kriterium 1a) vil kreve et mer omfattende arbeid. Det oppfattes imidlertid som viktig at vi synliggjør hvilke områder som faller inn under dette kriteriet.

Kriterium 1b) sier at vi skal prioritere områder der vi allerede står forskningsmessig sterkt. For universitetene og høyskolene er det her naturlig at følgende inngår i prioriteringen:

- De forskningsgruppene som kom spesielt godt ut av Norges forskningsråds evaluering (jmfør sidene 12-13 i [1])
- Faggrupper som har/får status som SFF eller SFI
- Sterke tverrfaglige forskningsgrupper – som for eksempel er bygd opp gjennom NTNU's tematiske satsningsområder.

Dersom vi skal bli internasjonalt fremragende, bør vi også ved prioritering av forskningsgrupper foreta en gap-analyse for å avdekke hvor vår gruppe står i forhold til de gruppene som oppfattes som internasjonalt ledende.

Kapittel 4 indikerer en prioritering av flerfaglige anvendelses – eller problemråder og anbefalte forskningsområder innenfor disse. Det er disse områdene fagplanutvalget anbefaler å utvikle, og dette skal skje gjennom problemløsende lagspill mellom flere fagområder – få til prosesser som leder fram til nasjonalt lagspill med en felles strategi.

5.2 Forskningsområder som kan nedprioriteres

For å kunne prioritere utvalgte forskningsområder, må vi nødvendigvis også prioritere ned – eller fase ut – noen områder. Dette vil være nødvendig selv om ressursene til området økes, slik det er bebudet i Forskningsmeldingen [6].

Å prioritere ned er generelt mer problematisk og konfliktfylt enn å prioritere opp. En passiv måte å prioritere ned en faggruppe på, er å ta fokus bort fra, "sultefore" faggruppen og la være å videreføre stillinger som blir ledige – og på denne måten la gruppen få en "stille død". En slik passiv framgangsmåte er den minst konfliktfylte måten å fase ut en aktivitet på, og har også vært den mest brukte. Dette er imidlertid ikke en ønsket måte å fase ut en faggruppe på. Dersom vi får forankret de prioriteringene som gjøres i organisasjonen, og vi har en god ledelse, burde det være mulig å få forskere på lavt prioriterte områder til å endre profil og fokus og bidra innenfor prioriterte områder.

Følgende kriterier kan legges til grunn ved nedprioritering eller utfasing:

1. Faggrupper som kom spesielt dårlig ut i Norges forskningsråds evaluering (eller andre evalueringer) bør vurderes nøye.
2. Faggrupper som tiltrekker seg svært få studenter – og har gjort dette over lengre tid – bør vurderes.

3. Faggrupper som ikke oppfattes som “relevante” for norsk næringsliv/forvaltning bør vurderes. Dette gjelder f.eks. for faggrupper som har arbeidet med problemstillinger knyttet opp mot en industrigren som er faset ut på grunn av teknologiske eller næringspolitiske grunner.
4. For fagområder med liten forskningsaktivitet bør det vurderes om:
 - Fagområdet kan legges ned
 - Undervisningen kan ivaretas av en høyskole
 - Studenter kan overføres til et utenlandsk universitet som vi etablerer avtale med. (Slik det ble gjort da fagområdet flyteknikk ble overørt fra NTH til KTH)

Utfasing av et fagområde vil generelt være et kompliserte problemområde som også har klare industripolitiske overtoner. Dersom vi faser ut et lite fagområde, vil det kunne medføre at viktige industribedrifter ikke får tilgang til kvalifisert nøkkelpersonell.

Nye områder for forskning

Samfunnet er i stadig utvikling. Ny teknologi og nye løsninger blir lansert i stadig økende tempo. For å kunne følge med i denne utviklingen, må de teknologiske utdanningsinstitusjonene være årvåkne og dynamiske, og kontinuerlig vurdere hvilke nye forskningsområder de bør satse på – og hvilke forskningsområder som kan fases ut for å frigjøre ressurser til nye satsninger.

Et eksempel på en relativt ny teknologi er *nanoteknologien* som idag er gjenstand for stor forskningsinnsats i mange ulike land. Nanoteknologien forventes å bidra til omfattende næringsutvikling samt til å løse problemer innenfor en rekke ulike anvendelsesområder (f.eks. medisin). Utviklingen innenfor nanoteknologien er ennå ikke kommet langt nok til at en kan se for seg alle mulige anvendelser og problemer knyttet til denne teknologien. Dersom vi i Norge ikke skal komme i bakleksa innenfor nanoteknologi, må vi imidlertid satse mens teknologien er under utvikling. NTNU har tatt denne utfordringen og har etablert en omfattende aktivitet innenfor nanoteknologi. Et nano-laboratorium er under bygging og et eget studieprogram innenfor nanoteknologi startes opp fra høsten 2006.

Nanoteknologien representerer en stor utfordring for norske forsknings- og utdanningsinstitusjoner, men er langt fra et enkeltstående og isolert eksempel. Institusjonene må stadig ta stilling til om ny teknologi og nye løsninger skal prioriteres mht. forskningsinnsats og studietilbud. Med begrensede ressurser betyr dette vanligvis at et eksisterende område må nedprioriteres eller fases ut. Dette vil ofte være vanskelige beslutninger.

Samtidig må institusjonen hele tiden vurdere om de innehar nødvendig kunnskap som kan støtte opp under prioriterte og nye satsninger. Uten en god grunnmur vil ethvert byggverk vakle!

Evalueringsgruppen påpekte i sin rapport ([1] side 15) at forskning på følgende

områder ikke er ivaretatt på en tilstrekkelig måte i Norge:

1. Resilience (risk assessment, environmental impact assessment, disasters, management and communication aspects of inter-service co-operation)
2. Mechatronics (sensors, control, automation, robotics) as an integrating new paradigm for concurrent engineering)
3. Micro-electro-mechanical systems (MEMS)
4. (Engineering aspects of) nanotechnology, nanomachines, nanorobotics
5. Biomechanics/Medical instrumentation technology
6. Design theory, systems engineering
og i tillegg (fra konklusjonsavsnittet):
7. Precision Engineering
8. “Digital factory”

Innenfor flere av disse områdene gjennomføres det allerede en begrenset forskningsaktivitet. Evalueringsgruppen fant imidlertid at denne aktiviteten var så begrenset at den var tilnærmet ikke-eksisterende.

Kriterier for å ta opp disse områdene

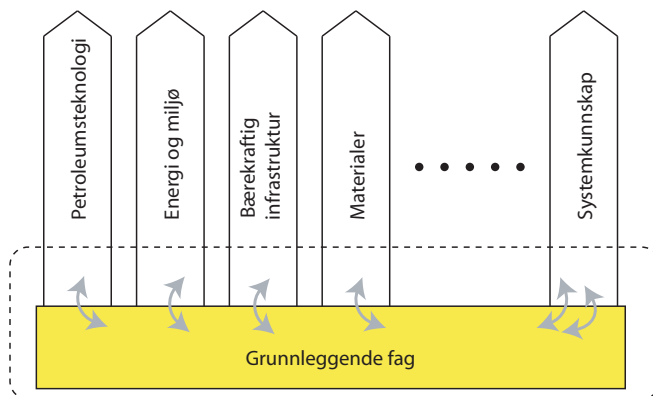
Ved vurdering av om vi bør initiere mer forskning innenfor de foreslåtte områdene, bør vi vurdere:

1. Hvor viktige er disse forskningsområdene i forhold til de kriteriene som ble gitt i kapittel 5?
2. Hva kreves av innsats for å nå et akseptabelt nivå på forskningen?
3. Hvilke nytte vil Norge ha av å initiere forskning innenfor disse områdene?
– og hvilke konsekvenser vil det ha om vi ikke gjør det?

Prioriterte grunnleggende forskningstema

I kapittel 4 viste vi hvilke utfordringer og muligheter som ligger innenfor de definerte tematiske innsatsområdene, og pekte på forskningsoppgaver som blir viktige for å realisere dette potensialet – dvs. å skape et globalt bærekraftig samfunn og styrke norsk økonomi.

For at de tematiske innsatsområdene skal kunne utvikles, må de bygges på en solid “grunnmur” av grunnleggende fag. Dersom vi ikke behersker de grunnleggende fagene, vil hele byggverket kunne falle sammen. Dette er illustrert i Figur 7.1 som også forsøker å vise samspillet mellom de grunnleggende fagene



Figur 7.1: De tematiske innsatsområdene og koplingen til de grunnleggende fagene. Det stiplede området indikerer rammen for fagplanen

og de tematiske innsatsområdene. Det stiplede området i Figur 7.1 indikerer at hovednedslagsfeltet for fagplanen ligger i overgangen mellom de grunnleggende fagene og de tematiske innsatsområdene.

I Figur 7.1 er de tematiske innsatsområdene framstilt som egne, separate områder som bare er koplet sammen gjennom de grunnleggende fagene. Dette gir ikke et sannferdig bilde. I praksis vil det være et betydelig samspill mellom de ulike områdene, der en forskningsoppgave, f.eks. innenfor materialteknikk kan ha stor interesse for, og samspille med forskningsoppgaver innenfor Energi og miljø, Petroleumsteknologi, osv.

Som forsøkt illustrert i Figur 7.1 har *Systemkunnskap* en dobbel rolle, og kan både oppfattes som et grunnleggende fagområde som inngår i alle de tematiske innsatsområdene, samtidig som Systemkunnskap gir opphav til en egen næringsvirksomhet som forventes å få økt betydning i årene som kommer.

De forskningsoppgavene vi må satse på for å lykkes innenfor de tematiske innsatsområdene vil innebære samspill mellom de grunnleggende fagene. Det er derfor viktig å styrke og videreutvikle dette kunnskapsgrunnlaget, slik at det kan anvendes i nye retninger, og være et fundament for forskning innenfor nye områder. Her finnes de nye, spesielle delene av kunnskapsgrunnlaget som må utvikles for å ta fram et teknologiområde (eksempelvis lavtemperatur termodynamikk for å handtere flytende hydrogen). Med dette som grunnlag kan man lage detaljerte forskningsplaner for videre satsning, inklusiv utvikling av laboratoriefasiliteter.

Innenfor de grunnleggende forskningsområdene må det bygges opp kunnskapsområder som innebærer et strategisk samarbeid mellom spissområdene og som skal danne grunnlag for nasjonale satsninger i et tidsperspektiv på 10 til 20 år. Som eksempel kan nevnes at flerfaseteknologi, som gjør det mulig å føre olje/gassblandinger direkte til land (jfr. Ormen Lange og Snøhvit), er en kombinasjon av unik kunnskap om strømningsteknikk, termodynamiske egenskaper for komplekse blandinger, faseoverganger, mm.

7.1 Grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstema

Eksempler på grunnleggende fag som inngår i “grunnmuren” for de tematiske innsatsområdene i Figur 7.1 er:

- Mekanikk – faststoff og strømningsteknikk
- Termodynamikk
- Materialteknologi
- Elektroteknikk
- Systemteknikk

- Nanoteknologi
- osv.

Noen av disse grunnleggende fagene er veletablerte med en stor kunnskapsbase, mens andre fortsatt har et betydelig behov for utvikling for å kunne møte de behovene som forskningsoppgavene innenfor de tematiske innsatsområdene stiller – og vil stille i tida framover.

Nanoteknolog er et nytt område, som det knyttes store forventninger til. Således satser NTNU 240 millioner NOK på sin NanoLab og har også etablert et eget studieprogram i nanoteknologi. På energiområdet må vi eksempelvis bli gode på å anvende nanoteknologi til å utvikle nye materialer som vil revolusjonere dagens energiprosesser.

Nedslagsfeltet for denne fagplanen er de *grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstemaene* som utgjør grunnlaget for de definerte tematiske innsatsområdene. Disse forskningstemaene tar utgangspunkt i generisk kunnskap innenfor grunnleggende fag, men har fokus på grunnleggende problemstillinger som må løses innenfor de enkelte innsatsområdene. Den vertikale akse i Figur 7.1 går fra grunnleggende forskning og mot anvendt forskning. Det stiplede området indikerer at det er de mer grunnleggende problemstillingene innenfor de ulike innsatsområdene som omfattes av fagplanen, mens de anvendte problemstillingene må finne sin løsning utenfor fagplanen. Grenselinjen mellom hva som defineres som grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstema og hva som faller utenfor, er noe uklart. Grunnleggende forskning innenfor matematikk og fysikk ligger klart utenfor denne fagplanens område, mens nye anvendelser av matematiske metoder eller fysiske teorier på en problemstilling innenfor et tematisk innsatsområde, vil oppfattes som relevant for fagplanen.

Fagplanutvalget foreslår at de grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstemaene grupperes i en fagstruktur som benyttes i den videre satsningen. Følgende struktur foreslås:

Materialer, videreforedling og konstruksjoner

- Mekanikk
- Materialteknologi
- Nanoteknologi
- Data-simulering
- Design
- Resirkulering og livsløpsanalyser

Prosessteknikk

- Termo- og fluiddynamikk
- Kjemiteknikk

- Metallurgisk prosessering
- Elektro
- Miljøteknologi

Systemteknikk

- Styring/regulering
- “Systems engineering”
- Planlegging/prosjektstyring
- Pålitelighet, sikkerhet og sårbarhet
- Drift og vedlikehold
- Logistikk

Innenfor disse forskningstemaene opererer en med følgende verktøy:

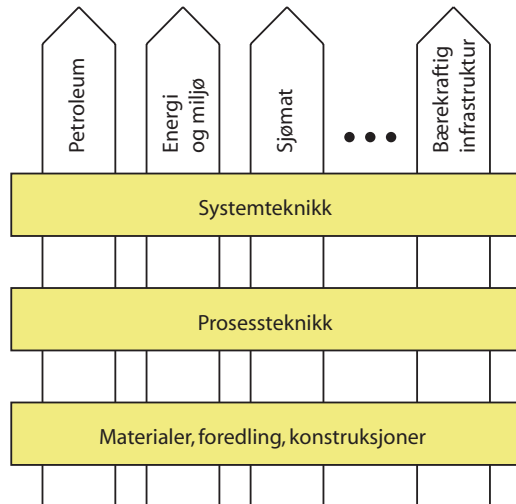
- Teoretisk modellering
- Mekanisme-forståelse
- Eksperimentell virksomhet (laboratorier)
- Visualisering

Disse grunnleggende forskningsområdene inngår, som vi ser, også som hovedelementer i de tematiske innsatsområdene. De tematiske innsatsområdene kan derfor også framstilles i en matrisestruktur, som illustrert i Figur 7.2 der viktige anvendelsesområder går i vertikal retning og de mer grunnleggende forskningsområdene går i horisontal retning. Den matrisestrukturen som er vist i Figur 7.2 er ikke helt stringent da de horisontale retningene også representerer anvendelsesområder og en betydelig, selvstendig industri.

7.2 Hvordan kan satsningen organiseres?

Fagplanutvalget finner det hensiktsmessig å organisere satsningen på grunnleggende ingeniørvitenskapelig forskning omkring et mindre antall strategiske innsatsområder, eller *satsningsområder*. Disse satsningsområdene skal være overordnede og nasjonale og:

- Representere en stor teknologisk utfordring
- Kunne ha en stor betydning for Norge (økonomi, politikk, velferd, sikkerhet, miljø)
- Representere en utfordring over en lengre periode, 10–20 år
- Innebære samspill på tvers av tematiske områder



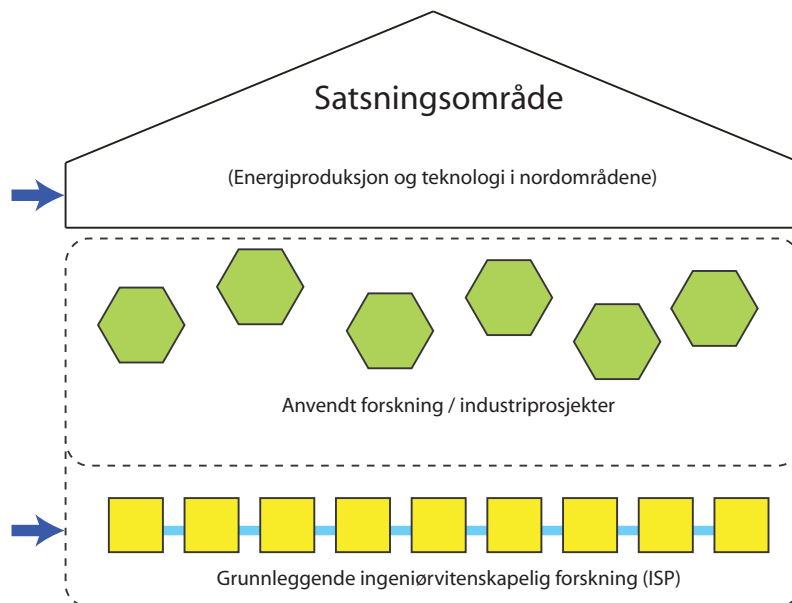
Figur 7.2: De tematiske innsatsområdene og de grunnleggende forskningsområdene illustrert i en matrisestruktur.

Organiseringen er forsøkt illustrert i Figur 7.3.

I Figur 7.3 har vi brukt “Energiproduksjon fra nordområdene” som et mulig satsningsområde. Dette satsningsområdet vil være en “paraply” over en rekke anvendte forskningsprosjekt. Disse prosjektene er illustrert som seks-kantede bokser i Figur 7.3 og vil være industriprosjekt, EU-prosjekt, eller anvendte forskningsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd. For å kunne gjennomføre disse, og liknende prosjekt kreves sterk grunnleggende kompetanse innenfor en rekke ingeniørvitenskapelig områder. Disse er illustrert som firkantede bokser nederst i Figur 7.3.

For at denne organiseringen skal kunne bli vellykket, må vi:

1. Definere et mindre antall satsningsområder som oppfyller de kriteriene vi satte ovenfor
2. Identifisere grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningsoppgaver som vi må løse for at satsningsområdene i punkt 1 skal kunne utvikles på en ønsket måte.
3. Allokere disse forskningsoppgavene til egnede forskergrupper ut fra en prioritering som følger de kriteriene som er beskrevet i kapittel 5.



Figur 7.3: Organiseringen av den grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningen.

7.3 Satsningsområder

Som grunnlag for prioritering mellom ulike grunnleggende ingeniørvitenskapelige forskningstema har vi vurdert hvilke satsningsområder som trolig vil ha størst viktighet i et 20-års perspektiv. Disse områdene ble brakt fram og diskutert på et bredt sammensatt høringsseminar ved NTNU den 4. april 2006. Følgende satsningsområder ble prioritert:

1. **Energiproduksjon fra nordområdene:** Regjeringen har utpekt nordområdene som Norges viktigste strategiske satsningsområde i årene som kommer. Muligheter og utfordringer knyttet til nordområdene er beskrevet i Stortingsmelding nr. 30 [18]. Dette satsningsområdet vil følge opp den nasjonale satsningen og spesielt fokusere på aspekter knyttet til petrolembasert energiproduksjon fra nordområdene. Blant disse aspektene er:
 - Materialer i artisk miljø
 - Offshore konstruksjoner i et arktisk miljø
 - Ismekanikk

- Boring og produksjon
- Økt utvinning
- Undervanns produksjon og prosessering
- Integreerte operasjoner
- LNG
- Energiproduksjon med CO₂ handtering
- Hydrogen fra naturgass
- Transport/logistikk
- Miljø – med fokus på null-utslipp
- Sikkerhet, arbeidsmiljø
- Pålitelighet, vedlikehold
- Prosjektledelse
- Menneskelig aspekter, samhandling

2. **Fornybar energi:** Innenfor dette satsningsområdet vil vi rette fokus mot ulike former for fornybar energi. Forskningsinnsatsen vil knyttes opp mot *Senter for fornybar energi* (<http://www.ntnu.no/sffe/>), men ikke avgrenses til dette. I dette satsningsområdet vil vi spesielt studere:

- Bølger og vind – separat og sammenkoplet offshore. Spesielle problemstillinger er her knyttet til:
 - Marin teknologi
 - Produkt- og systemutvikling
 - Materialteknologi
 - Strømningsteknikk
 - Regulering
- Solenergi
 - Produksjonskjeder
 - Framstilling av silisium
- Bioenergi
 - Fra høsting til sluttbruk
 - Bioraffineri (bl.a. drivstoff)
- Geotermisk energi
 - Magma-energi
 - Boreteknologi

- Systemteknologi
 - Omgivelsesvarme
 - Varmepumpeteknologi
 - Hydrogen fra fornybar energi
 - Lagring
 - Transport
 - Fornybar energi anvendt i bygninger
3. **Bærekraftig infrastruktur:** Dette satsingsområdet vil ta utgangspunkt i de perspektivene og utfordringene som er beskrevet i avsnitt 4.3. Den europeiske teknologiplattformen European Construction Technology Platform (ECTP) har i sin visjon og forskningsagenda for bygg-, anleggs- og eiendomssektoren (BAE-sektoren) for perioden fram til 2030 blant annet angitt behov for en omforming av sektoren. Det er et meget stort potensial i at denne skal bli bærekraftig, og det er behov for langsiktig, grunnleggende forskning på en rekke områder for utvikling av en ny generasjon “grønn” infrastruktur. Den internasjonale organisasjonen for forskning og innovasjon i BAE-sektoren (CIB) har definert Bærekraftig bygging (Sustainable Construction) og Nye byggeformer (Rethinking Construction) som to av sine prioriterte arbeidsområder. For å oppnå betydelige resultater for en bærekraftig infrastruktur vil det være nødvendig å anvende teknologi og kunnskaper fra en rekke andre fagområder, som bio-, nano-, material-, miljø- og informasjonsteknologi, risikoanalyse og systemteknikk. For å starte en langsiktig og grunnleggende forskning som inkluderer det som er omtalt ovenfor vil vi etablere prosjekter på følgende områder:
- Bærekraftig utvikling for infrastruktur (miljø, livsløp, ressursbruk, gjenvinning)
 - Klimaendringer og konsekvenser for infrastruktur
 - Framtidas materialer og teknologi for bygging og forvaltning
 - Risiko, sårbarhet og sikkerhet for infrastruktur (bl.a. med utgangspunkt NOU 2006:6 [19])
4. **Mat fra Nord – “Den opprinnelige smaken” :** Dette satsingsområdet vil spesielt knyttes opp mot de perspektivene og utfordringene som er beskrevet i avsnitt 4.7 “Verdikjede sjømat”, men vil ikke avgrenses bare til sjømat. Vi vil spesielt studere følgende aspekter:
- Næringsmiddelteknologi
 - Temperaturkontroll
 - Produksjonsteknologi

- Emballasje
- Logistikk
- Sporbarhet
- Matsikkerhet

Innenfor *akvakultur* vil vi fokusere på:

- Reduserte kostnader
- Tetthet
- Storskala (produksjonsteknologi)
- Førkostnad (kilder, framstilling, føringskontroll)

Oppfølging og evaluering

I avsnitt 8.2 har vi foreslått at det blir etablert et nasjonalt fagråd for ingeniørvitenskap. En viktig oppgave for dette fagrådet er å følge opp og gi råd til de prioriterte satsningsområdene slik at disse kan utvikles å nå de målene som blir satt. Fagrådet bør videre ha en aktiv rolle i en periodisk evaluering av satsningsområdene, f.eks. hvert tredje år. Etter en evaluering kan det være aktuelt å foreta endringer og/eller igangsette nye satsningsområder.

Faglig samarbeid – nasjonalt og internasjonalt

Evalueringsgruppen etterlyser en større grad av faglig samarbeid både (i) internt på de ulike universitetene og høyskolene, (ii) mellom de ulike aktørene i Norge, og (iii) mellom norske og internasjonale aktører.

8.1 Internt samarbeid

Drivkraften for utvikling av samarbeid mellom flere fagområder er at dette er helt nødvendig for å kunne løse sammensatte problemer som samfunnet er opptatt av. To forhold er av avgjørende betydning: For det første må man ha faggrupper som er gode målt etter internasjonale kriterier. For det andre må man ha felles mål og strategier for hvor man skal.

Utvikling av tematiske satsningsområder ved NTNU har vist at dette kan gi svært gode resultater, og Fagutvalget foreslår derfor at det utvikles slike felles mål og strategier for hele *Team Norway* innenfor de utpekte satsningsområdene.

Evalueringsgruppen har fokus på grunnleggende og – i stor grad – disiplinrettet forskning og peker på at organiseringen av denne forskningen er fragmentert. Dette skyldes at forskningen har vært, og (delvis) er, organisert ut fra en anvendelsesorientering. Fakultetene, instituttene og forskningsgruppene er organisert i anvendelser innenfor marin teknikk, petroleumsteknikk, bygg og anlegg, maskin, osv. Dette medfører at det ofte er en spesialist i f.eks. elementmetodeberegning, vedlikehold og logistikk, i mange ulike forskningsgrupper. En slik organisering er trolig gunstig for anvendelsene, men svært lite gunstig for de mer grunnleggende fagene. Denne organiseringen er spesielt lite gunstig for systemkunnskapsfagene (se avsnitt 4.10) som er svært fragmenterte. Dersom vi skal følge evaluerings-

gruppens råd, bør vi derfor vurdere den faglige organiseringen innenfor de ulike universitetene og høyskolene på nytt. Den nye fagstrukturen som er foreslått i kapittel 7 kan danne grunnlag for en ny organisering og samspill mellom de grunnleggende disiplinene.

8.2 Nasjonalt samarbeid

NTNU er tillagt et nasjonalt ansvar for teknologiutdanningen og uteksaminerer 75-80% av de sivilingeniørene (og master i teknologi) som utdannes i Norge. Innenfor universitets- og høyskolesektoren har også NTNU langt den største aktiviteten innenfor ingeniørvitenskapelig forskning. Det er viktig at NTNU har et godt samarbeid med de andre aktørene innenfor denne sektoren slik at de totale ressursene kan utnyttes på en best mulig måte.

Fagråd for ingeniørvitenskap

Fagplanutvalget foreslår at det blir etablert et nasjonalt *Fagråd for ingeniørvitenskap*. Dette Fagrådet bør ta initiativ til en nasjonal "dugnad" som involverer de fagmiljøene som deltar på det ingeniørvitenskapelige landslaget, og som kan munne ut i en plan for hvordan vi kan samarbeide og utnytte ressursene våre på en bedre måte. Samvirket med randsoneinstituttene er spesielt viktig, da dette kan bringe mer ressurser til de grunnleggende forskningsoppgavene.

Fagrådets arbeidsområde avgrenses til de fagområdene som omfattes av denne fagplanen.

Spesielle områder for samarbeid

Evalueringsgruppen pekte spesielt på ([1] side 14) noen eksempler der det burde være grunnlag for samarbeid mellom ulike institusjoner:

- Geomatikk - samarbeid mellom UMB og NTNU
- Produktutvikling, produktdesign og produksjonssystemer ved NTNU og maskin- og biosystemteknikk ved UMB
- Petroleumsteknikk - samarbeid mellom NTNU og Universitetet i Stavanger (mot et International Petroleum University?)
- Energi – samarbeid mellom NTNU og HiN
- Fornybare energikilder – samarbeid mellom NTNU og UMB
- Produksjon – samarbeid mellom NTNU og HiN

- Marine systemer (akvakultur) NTNU og Akvakulturteknikk ved UMB
- Marine konstruksjoner og Marin byggtknikk ved NTNU

Det er også en rekke andre faggrupper ved de fire institusjonene som kunne ha nytte av et nærmere samarbeid. I noen tilfeller kan det være aktuelt å opprette “virtuelle institutter” eller “virtuelle faggrupper” som samarbeidsmekanisme.

I Tillegg B er det gitt en (ufullstendig) oversikt over hvilke institusjoner i Norge som utfører forskning og gir undervisning innenfor de ni områdene som er beskrevet i kapittel 4. Oversikten kan danne utgangspunkt for arbeidet med å se forskning og utdanning i en nasjonal sammenheng.

Fagplanens satsningsområder

Fagplanutvalget foreslår at den grunnleggende ingeniørfaglige forskningen ved UiS, UMB og NTNU knyttes opp mot de fire satsningsområdene som er kortfattet beskrevet i avsnitt 7.3:

1. Energiproduksjon fra nordområdene
2. Fornøybar energi
3. Bærekraftig infrastruktur
4. Mat fra Nord

Minst to av de tre institusjonene bør ha en aktiv rolle i hvert av de fire satsningsområdene. Hvert satsningsområde bør ha en leder. Hvilke grunnleggende forskningstema som bør prioriteres innenfor de ulike satsningsområde avgjøres ut fra de kriteriene som er beskrevet i kapittel 5 og kapittel 7. Det foreslåtte nasjonale fagrådet (se ovenfor) bør følge opp de fire satsningsområdene og gi råd om prioriteringer slik at de overordnede målene blir nådd. Fagrådet bør også ha en aktiv rolle i evaluering av satsningsområdene.

Hver av de tre institusjonene bør prioritere sin grunnleggende ingeniørfaglige forskning slik at den i størst mulig grad støtter opp under de fire satsningsområdene, men samtidig slik at andre nasjonale behov blir ivaretatt. Det er også viktig at faggrupper med høy score i Evalueringen blir tilgodesett i denne prosessen.

8.3 Internasjonalt samarbeid

De ulike institusjonene har i dag et omfattende samarbeid med universiteter og forskningsinstitutter i andre land. Vi deltar også aktivt i forskningsprosjekt og andre aktiviteter knyttet til EU's rammeprogram. Institusjonene bør koordinere og styrke dette arbeidet.

Mer spesifikke aksjoner kan være:

- Etablere bedre rutiner, hjelpemidler og støtteapparat for søknader, rapportering og gjennomføring av internasjonale prosjekt (inkl. EU-prosjekt)
- Etablere, koordinere og pleie faglige nettverk med *utvalgte* samarbeidspartnere.
- Etablere regler for, og være mer bevisst i valget av vertsinstitusjon for forskningsterminer.
- Etablere bedre opplegg for og incentiver for gjesteforskere som ønsker å ha forskningstermin hos oss.
- Legge bedre til rette for at utenlandske studenter på master og PhD nivå kan ta deler av studiet hos oss.
- Etablere rutiner for å sende våre studenter på master og PhD nivå til utvalgte utenlandske samarbeidspartnere.
- Etablere felles studieprogram med ledende utenlandske universiteter (“dual degree programs” både på master og PhD nivå). – Marin teknikk ved NTNU har, for eksempel, etablert et samarbeid med TU Delft som kan være et mønster for andre.

Norske universiteter har tradisjonelt hatt et godt samarbeid med utdanningsinstitusjoner i den tredje verden. Dette samarbeidet bør videreføres og styrkes - til en viss grad ut fra andre kriterier enn de som er gitt i kapittel 5.

I løpet av 2005 er det etablert et omfattende samarbeid i Europa for planlegging av forskning innenfor EUs sjuende Rammeprogram for forskning, som starter i 2007. Dette samarbeidet skjer i såkalte teknologiplattformer, og det finnes i januar 2006 i alt 28 plattformer. Norge er aktivt engasjert i flere av disse, og de fleste plattformene har klare relasjoner til de hovedtema for ingeniørvitenskapelig forskning som er omtalt i denne fagplanen. Engasjement i disse plattformene blir derfor meget viktig for å kunne knytte sammen norsk og europeisk forskning i årene som kommer, og resultatet av arbeidet i plattformene vil gi viktige føringer for prioritering av norsk forskning.

Råd

9.1 Råd til Norges forskningsråd

1. For å realisere den økte satsningen på matematisk, naturvitenskapelige og teknologisk forskning som er bebudet i Forskningsmeldingen [6], bør Norges forskningsråd iverksette en nasjonal plan for styrking av grunnleggede ingeniørvitenskapelig forskning.
2. I samarbeid med Universitets og Høgskolerådet bør det opprettes et *Fagråd for ingeniørvitenskap* som kan lede arbeidet med å realisere den nasjonale planen.
3. Den nasjonale planen bør ta utgangspunkt i de innsatsområdene som er framhevet i Fagplanutvalgets rapport og iverksettes gjennom et lagspill mellom Norges forskningsråd og universiteter og høyskoler.
4. Den nasjonale planen bør bidra til å styrke og videreutvikle nasjonale innsatsområder som er viktige for Norge, slik at ingeniørvitenskapen blir en “bro fra vitenskap til innovasjon.” Planen bør også omfatte rekruttering til ingeniørvitenskapelige fagområder (teknologi).
5. Den nasjonale planen bør finansieres av Norges forskningsråd og deltakende universiteter og høyskoler.
6. Det må settes av egne budsjetter for den grunnleggende satsningen på en slik måte at det ikke går ut over den anvendte forskningen. Dette kan skje gjennom ordningen Institusjonsforankrede strategiske prosjekt (ISP).
7. Forskningsrådets Vitenskapsdivisjon bør øke sin støtte til grunnleggende ingeniørvitenskapelig forskning.

8. Norges forskningsråd bør skape konkurransearenaer der den ingeniørvitenskapelige forskningens kvalitet blir vurdert etter sin egenart.
9. Gjennomføringen bør skje som foreslått i kapittel 7, som en blanding av faglig betingede og strategisk betingende prosjekt og ledes av Fagrådet som legger opp planer hvor Norges forskningsråds og institusjonenes ressurser utnyttes best mulig.
10. Ordningen med SFF og SFI oppfattes som en svært god ordning for å styrke grunnleggende ingeniørvitenskapelig forskning. Denne ordningen bør videreføres og styrkes – men ikke ut over et omfang som gjør at kvaliteten reduseres.
11. Norges forskningsråd bør arbeide for at institusjonene kan opprettholde laboratorier og vitenskapelig utstyr av høy kvalitet, samt at institusjonene får tilført midler til å drifte og vedlikeholde utstyret.

9.2 Råd til universitets- og høyskolesektoren

1. De deltakende institusjonene må gå sammen om å få etablert et *Fagråd for ingeniørvitenskap* som skal lede gjennomføringen av den nasjonale planen med implementering av fagplanen.
2. Fagrådet må følge opp Evalueringsgruppens anbefalinger – fra ledelse til internasjonalt samarbeid.
3. Det bør utvikles samarbeidsrelasjoner internt og mellom institusjonene, slik at vi utad framstår som et landslag på de utvalgte nasjonale innsatsområdene (se kapittel 7).
4. Institusjonene må støtte opp under forslaget om å etablere de fire felles satsningsområder som er beskrevet i avsnitt 7.3. Minst to av institusjonene bør samarbeide om hvert av de fire områdene under en felles områdeledelse. Grunnleggende ingeniørfaglig forskning innenfor hvert satsningsområde bør prioriteres ut fra de kriteriene som er gitt i kapitlene 5–7. Institusjonene bør allokere tilstrekkelige ressurser til å gjennomføre denne forskningen.
5. Som ledd i denne prosessen må alle institusjonene foreta en prioritering ut fra Evalueringsgruppens anbefalinger og de kriteriene som er gitt i kapittel 5 og 6.
6. Institusjonene må ha en klar målsetting om å bli “internasjonalt ledende” innenfor de områdene det satses på.

7. Institusjonene må ha studietilbud innenfor de valgte satsningsområdene.
8. Ordningen med finansiering basert på publiseringspoeng har styrket oppmerksomheten på publisering i internasjonale tidsskrifter, og vil trolig øke publiseringsgraden ved institusjonene. Institusjonene er i ferd med å etablere ulike incentiv-ordninger rettet mot de vitenskapelige ansatte for å bidra til økt publisering. Institusjonene må rette et enda sterke fokus mot dette, og forsøke å etablere en “best practice”.
9. Alle institusjonene må vurdere organiseringen av sine forskergrupper og finne en hensiktsmessig balanse mellom disiplinorientering og anvendelsesorientering. Målsetningen må være å utvikle overkritiske faggrupper (gjørne i samarbeid med randsonelinstituttene) med høy vitenskapelig kvalitet. Fragmentert og/eller overlappende fagkompetanse bør i størst mulig grad samordnes.
10. Institusjonene må gå kritisk gjennom relasjonene til sine randsonelinstitutter og vurdere hvordan samarbeidet fungerer i forhold til målene i fagplanen.
11. Institusjonene må etablere regelverk for innovasjonsvirksomhet, markedsføre og samordne tiltak for økt stimulering til nyskaping.
12. Institusjonene må allokere egne strategiske ressurser til å følge opp målsetningene i denne fagplanen.
13. Institusjonene må synliggjøre ingeniørfagene – og den nytten disse fagene har for samfunnet, som et ledd i å tiltrekke seg flere gode studenter og fagfolk.
14. Institusjonene må øke innsatsen for å rekruttere flere kvinnelige forskere på alle plan. Fagplanutvalget mener at dette på sikt vil øke kvaliteten av den ingeniørvitenskapelige forskningen. Samtidig vil det gi rollemodeller som vil bidra til økt rekruttering av studenter og yngre forskere.
15. Lønnssystemet må gjøres mer fleksibelt slik at vi kan tiltrekke oss internasjonale eksperter. Lønnsnivået må ellers være slik at institusjonene er konkurransedyktige mht. å rekruttere gode medarbeidere.

9.3 Råd til departementene

1. Sektordepartementene bør i sine forskningsbevilgninger også sørge for at den langsiktige og grunnleggende forskningen i ingeniørvitenskap blir tilgodesett.

2. Det bør avsettes øremerkede midler til små fagmiljø som har en “nasjonal oppgave” (eks. bergfagene og enkelte forskningsmiljø ved høgskolene)
3. Departementene bør utvikle en plan for oppgradering og utskifting av vitenskapelig utstyr som ansees nødvendig for å nå målene i Fagplanen.
4. Tildeling av midler basert på produksjon har en klart positiv effekt på antall publikasjoner i internasjonale tidsskrifter og ved internasjonale konferanser. Ordningen bør videreføres.
5. For å styrke internasjonalt samarbeid bør det gis ekstra publiseringspøeng til publikasjoner som er et samarbeid mellom norske og utenlandske forskere.
6. Det er i dag en betydelig skjevhet i belønningssystemet for PhD og Postdoc. Dette bør rettes opp slik at institusjonene kan få belønning også for Postdoc.
7. Fagrådet for ingeniørvitenskap bør få tilført midler slik at det kan ta strategiske initiativ overfor EUs rammeprogram og andre internasjonale satsninger.
8. Departementene bør vurdere muligheten for å styrke den økonomiske uttellingen for uteksaminerte doktorgradskandidater ved institusjoner uten selvstendig rett til å tildele doktorgrad. Dette vil styrke muligheten for å bygge opp sterke forskningsmiljøer innenfor nisjeområder også ved høgskolene.

Bibliografi

- [1] “Evaluation of research in engineering science in Norway. Report of the Principal Evaluation Committee.” Norges forskningsråd, 2004 (ISBN 82-12-01985-3)
- [2] “Evaluation of research in engineering science in Norway. Panel 1: Construction Engineering, Production and Operation.” Norges forskningsråd, 2004 (ISBN 82-12-01978-0)
- [3] “Evaluation of research in engineering science in Norway. Panel 2: Structures, Materials, Product Development and Design.” Norges forskningsråd, 2004 (ISBN 82-12-01980-2)
- [4] “Evaluation of research in engineering science in Norway. Panel 3: Energy and Process Technology.” Norges forskningsråd, 2004 (ISBN 82-12-01982-9)
- [5] “Baklengs inn i fremtiden?” Det nasjonale fakultetsmøte for realfag, 2005.
- [6] St.meld. nr. 20 (2004-2005) “Vilje til forskning”, www.odin.dep.no/ufd
- [7] Digernes, T., Eivind Hiis Hauge: “Framtidsrettet ingeniørutdanning”, i *Teknologi og samfunn: Norges Tekniske Vitenskapsakademi 1955-2005*, NTNA, Trondheim, 2005.
- [8] Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzmann, S., Scott, P. and Trow, M.: *The new production of knowledge*. Sage, London, 1994
- [9] Simon, H. *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press, Cambridge, MA. 1981.

- [10] “NTNU 2020 Internasjonalt fremragende”. Rapport fra Hestnesutvalget II, NTNU, august 2005.
- [11] “Measuring Excellence in Engineering Research”, Royal Academy of Engineering, London, 2000.
- [12] *OECD thematic review of tertiary education; Country background report for Norway*. The Norwegian Ministry of Education and Research, January 2005.
- [13] *BRU Project: A strategic plan for focused petroleum research at NTNU – Better Resource Utilization*. NTNU-report, 2005.
- [14] *Agenda 21 on sustainable construction*. CIB Report Publication 237. CIB, Rotterdam, The Netherlands, 1999.
- [15] *Forskning og utvikling i bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen. Utfordringer og samfunnsgevinster. Del 1: sammendrag. Del 2: Viktige FoU-utfordringer*. BAE-rådet, Oslo, 2002.
- [16] St.meld. nr. 30 (2004-2005) “Norge digitalt – et felles fundament for verdiskaping”, <http://odin.dep.no/repub/02-03/stmld/30>
- [17] NOU 1999:1 “Lov om eiendomsregistrering”, Miljøverndepartementet, 1999.
- [18] St.meld. nr. 30 (2002-2003) “Muligheter og utfordringer i nord”, <http://www.dep.no/ud/norsk/dok/regpubl/stmeld/032001-040033/dok-bn.html>
- [19] NOU 2006:6 “Når sikkerheten er viktigst: Beskyttelse av landets kritiske infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner”, Justis- og politidepartementet, 2006.

Mandat

Notat

Emne:	Mandat
Til:	Fagplanutvalget for ingeniørvitenskap
Kopi:	
Fra:	Divisjon for vitenskap
Saksbehandler:	Tom F. Nestli
vår referanse:	
Dato:	19.11.2004

Fagplanutvalget skal, med utgangspunkt i evalueringen av den ingeniørvitenskapelige forskningen i universitets- og høyskolesektoren i Norge samt nåværende og fremtidige utfordringer for norsk ingeniørvitenskap, utarbeide en rådgivende plan for tiltak som vil bidra til å utvikle og styrke den ingeniørvitenskapelige forskningen i Norge. Planen skal omfatte de disipliner og miljøer ved universitetene og høyskolene som ble vurdert i evalueringen. Planen utarbeides på oppdrag fra vitenskapsdivisjonen i Norges forskningsråd.

Planen skal være kortfattet og foreslå konkrete tiltak som primært kan gjennomføres av miljøene selv og av Forskningsrådet. Planen skal gi råd om faglig samarbeid (nasjonalt og internasjonalt) samt om nasjonal, faglig arbeidsdeling mellom miljøene. Anbefalingene skal fremmes i prioritert rekkefølge og skal omfatte kortsiktige tiltak så vel som tiltak med tidshorisont på 5-10 år. De anbefalte tiltakene bør være realistiske i forhold til den eksisterende finansieringssituasjon for norsk forskning. Planen bes ferdigstilt innen 15. mai 2005.

Planen skal gi råd til:

1. Forskningsrådet om:

- Fag-, forsknings- og delområder som bør prioriteres eller nedprioriteres, herunder eventuell satsing på nye forskningsområder
- Bruk av finansielle virkemidler og støtteformer innenfor ulike budsjett-scenarier inkludert et nullvekstscenario
- Faglig arbeidsdeling og samarbeid nasjonalt samt tiltak for økt fleksibilitet og mobilitet mellom forskningsmiljøer
- Organisering av forskningen, på forsker- og instituttnivå så vel som på universitets- og høgsolenivå
- Andre tiltak som vil bidra til å utvikle miljøene

2. Universitets- og høgsolenektoren om:

- Tiltak som anbefales gjennomført innenfor sektorens/miljøenes egne budsjetter
- Faglig arbeidsdeling og samarbeid nasjonalt samt behov for omstilling
- Tiltak for økt fleksibilitet og mobilitet mellom forskningsmiljøer
- Organisering av forskningen, på forsker- og instituttnivå så vel som på universitets- og høgsolenivå

3. Departementene om:

- Tiltak som departementene bør bidra til å realisere

Utgangspunktet for fagplanarbeidet skal være:

- Evalueringen av den ingeniørvitenskapelige forskningen i universitets- og høgsolenektoren i Norge
- Aktuelle forskningsmeldinger fra departementene

Dersom fagplanutvalget finner å ville gå imot eller ikke følge opp anbefalinger i evalueringen, så skal dette begrunnes spesielt.

Fagplanutvalget skal i denne sammenheng og med utgangspunkt i evalueringsrapportene spesielt vurdere:

- Med bakgrunn i nasjonale behov og forutsetninger, innenfor hvilke fagområder bør norske miljøer være internasjonalt ledende?
- Eventuelle nye satsingsområder

-
- Tiltak for å bedre balansen mellom grunnleggende og anvendt ingeniørvitenskapelig forskning
 - Tiltak for å øke antallet publikasjoner i anerkjente tidsskrifter med referereordning
 - Rekrutteringssituasjonen innenfor ulike fag-, forsknings- og delområder, inkludert behovet for doktorgradsstipend og postdoktorstipend, samt andre tiltak som vil kunne bedre rekrutteringssituasjonen, herunder økt rekruttering av kvinner, og ivareta behovet for fagkompetanse i Norge
 - Tiltak for nasjonal koordinering og arbeidsdeling mellom fagområder og forskningsmiljøer for å oppnå bedre ressursutnyttelse nasjonalt
 - Forskningsledelse og aktuelle tiltak for videreutvikling og forbedring av dagens situasjon; herunder også organisering og strategi, og dessuten tiltak som kan øke rekrutteringen av kvinner til ledende stillinger i forskningsmiljøene
 - Tiltak for stimulering av nyskaping og interesse for oppstart av ny virksomhet blant forskere i universitets- og høyskolemiljøene

Som ledd i arbeidet med ferdigstilling av fagplanen, skal anbefalinger og konklusjoner presenteres for Forskningsrådet, sentrale aktører innenfor universitets- og høyskolesektoren samt andre sentrale aktører (for eksempel brukerne av forskningen (næringslivet), forskningsinstitutter eller andre nevnt i rapporten) for drøfting og kommentarer. En foreløpig plan skal deretter fremlegges for vitenskapsdivisjonens styre og nasjonale fakultetsmøter.

Etter samråd, og i forståelse, med Forskningsrådet og universitets- og høyskolesektoren, ferdigstiller fagplanutvalget fagplanen som så oversendes Forskningsrådet.

Norske forskningsmiljø

I tabellen nedenfor har vi listet opp hvilke institusjoner som utfører forskning og gir undervisning innenfor de ni områdene som er beskrevet i kapittel 4. Tabellen kan danne utgangspunkt for arbeidet med å se forskning og undervisning i en mer nasjonal sammenheng.

B. NORSKE FORSKNINGSMILJØ

Hovedområde	Delområde	Hvem er aktive?
Petroleumsvirksomhet	Alle	NTNU, UiS
Energi og miljø	Energi i bygninger	NTNU, HiN
	Fornybar og vedvarende energi	NTNU, UMB
	Gassteknologi	NTNU, UiS
	Hydrogenteknologi	NTNU
	Energisystemer - infrastruktur	NTNU, UiS
	Materialteknologi for fornybar energi	NTNU
	Kraftelektronikk	NTNU, HiN
Bærekraftig infrastruktur	Bygninger og konstruksjoner	NTNU, UMB, HiN, UiS
	Transport	NTNU
	Vann og avløp	NTNU, UMB
	Energiproduksjon og forsyning	NTNU, HiN, UiS
	Geomatikk	NTNU, UMB
Marin og maritim		NTNU
Materialer		NTNU, UiS
Produksjon	Fleksibel - automatisert	NTNU, HiN, HiBu
	Verdikjeder	NTNU, HiMolde, BI
	Produktutvikling	NTNU, HiÅlesund, HiN
Systemkunnskap	Sikkerhet/pålitelighet	NTNU, UiS
	Drift/vedlikehold	NTNU, UiS
	Prosjektledelse	NTNU, BI, UiTø
	Logistikk	NTNU, HiMolde
	Virksomhetsmodellering	NTNU
	Industriell økologi	NTNU
Verdikjede sjømat	Fangsting	NTNU, HI
	Forteknologi	NTNU, UMB
	Vannbehandling	NTNU, UMB
	Slakting	NTNU
	Foredling	NTNU, UiTø
	Omsetning	NTNU, UiTø, UMB
	Energieffektivisering	NTNU
Medisinsk teknologi		NTNU
