

## Vedlegg 1. Oppdatert kompetansekartlegging

nov.2017

Matrisene under gir en oversikt over forskningsfelt knyttet til ulike energikilder og tverrgående områder der de ulike instituttene besitter direkte anvendbar ekspertise.

Det anvendes følgende indekser for rangering av aktiviteten:

- 1 Instituttet har pågående forskningsaktivitet rettet mot eller motivert av det aktuelle området som har gått over 5 år eller mer.
- 2 Instituttet har pågående forskningsaktivitet rettet mot eller motivert av det aktuelle området.
- 3 Instituttet har pågående forskningsaktivitet som er relevant for området i grunnforskningsprosjekter eller prosjekter motivert av andre anvendelser.
- 4 Instituttet besitter grunnleggende ekspertise for å kunne gå inn i forskningsoppgaver knyttet til området.

Dersom det er fagområder som ikke er dekket i rekkene i figuren, kan det legges til flere områder.

**Tabell 1: Energikilder - forskningsområder og kompetanse.**

Forskningsfelt	Fornybare energikilder							Kjernekraft		Fossile energikilder	
	Bioenergi	Geotermisk energi (termisk/elektrisk)	Havenergi (bølger, tidevann, osmose, OTEC)	Solenergi (termisk/elektrisk)	Vannkraft	Vindkraft	Kernesjonell (grafitt reaktore)	Ukonvensjonell (ADS/fusjon)	Konvensjonelle	Ukonvensjonelle	
Akseleatorfysikk							IFT1	IFT4			
Bergmekanikk		IFT4, M11, GEO2							M12, IFT2, GEO2	M12, IFT2, GEO2	
Biologisk materiale som energikilde	MB14, K11								MB14		
Biomolekylære "devices" - syntetisk biologi	MB14, K14										
CCUS									IFT1, K14	IFT1, K14	
Ferfasystemer	IFT4	M12, GEO2		IFT4					IFT4, K11, M11	IFT4, K14	
Fluidynamikk	IFT4	IFT2, M12, GEO3	IFT4 M12	IFT1, M12	IFT4	IFT4, M14	IFT4	IFT4	IFT1, M11, GEO2	IFT1, GEO2	
Fuel cycle							IFT4	IFT4			
Geokjemi	GEO4	M11, IFT4, JC	GEO4, GF14		GEO4				GEO3, K11, M13, IFT4	GEO3, K11, IFT4, M13	
Hydrologi		GEO4	GEO4		GEO4						
Instrumentering og målevidenskap	IFT4	JC, IFT4	GF1 1, IFT4	GF1 1, IFT4	GF1 1	GF1 1, IFT4	IFT4	IFT4	IFT1		
Kartlegging energiressurser		GEO2	GF12	GF11	GF12	GF11					
Kjemisk konvertering og katalyse	K11, IFT4			K14					K11, MB14	K11	
Løting		M13, GEO2							M12, GEO1	GEO1	
Marin begroing (biofilm)			BIO4								
Marin produksjon	BIO3										
Materialteknologi			K14	K14							
Miljøpåvirkninger		M13	GF12	GF13	GF12	GF11					
Molekylmodellering	K11, MB14	K14, IFT4	K14	K13, M12	K14	K14			K14, IFT1	K14, IFT1	
Nuclear instrumentation							IFT3	IFT3			
Industriell optimering	K12			K13		I12			K14	K14	
Prosessteknologi	K11, IFT4	IFT4							IFT1	IFT1	
Prosessikkerhet	IFT4	IFT4, M11				IFT4	IFT4	IFT4	IFT1	IFT1	
Reaktorteknologi		M12					IFT4	IFT4			
Reservoarkarakterisering		M12, GEO2							M11, GEO1	GEO1	
Seismikk		M13, GEO2							M12, GEO1	GEO1	
Strømming i porøse media	GEO4	M11, GEO3	GEO4		GEO4				K12, M11, GEO1	IFT4, K13	
Syntese og karakterisering av energimaterialer	K11			K13					K11	K11	
Termodynamikk	IFT4	M12					IFT4	IFT4	K14, IFT1, M11	IFT1	
Variabilitet og prediksjon		M12	GF12	GF12	GF12	GF11					
Elektromagnetisme		M13	IFT1	IFT4	IFT4	IFT4		IFT4	M11		
Geofysisk monitorering		M13		IFT1					M11		
Stråling innvirkning på liv							MB14	MB14			
Prosessmodellering			GF1 4	GF1 4	GF1 1	GF1 1					

Forkortelser:

MI-Matematisk institutt

IFT- Institutt for fysikk og teknologi

GEO - Institutt for geovitenskap

GFI - Geofysisk institutt

MBI - Molekylærbiologisk institutt

KI - Kjemisk institutt

I1 - Institutt for informatikk

BIO - Institutt for biologi

JC - K-G. Jebsen Senter for dyppmarin forskning

Tabell 2: Tverrgående tema- forskningsområder og kompetanse. (Forkortelser: MI-Matematisk Institutt, ...)

Forskningsfelt	Transport/distribusjon			Effektivisering		Lagring			CCU og CCS	
	Elektrifiseringssystemer	Energi til transportsektoren	System for distribusjon/lagring og bruk	Bygninger	Industri	Kjemisk lagring	Mekanisk lagring	Termisk lagring	Fangst	Lagring
Bergmekanikk						MI2	MI2	MI1		MI1, IFT3
Faststoff adsorbenter						KI1			KI1	KI1
Flerfasesystemer						KI4				MI1, KI2
Fluiddynamikk						MI2	MI2	MI2	IFT4	IFT1, MI1
Geofysisk monitorering										MI1
Geokjemi	GEO4	KI1			KI1	KI4, MI3, GEO4	MI3, GEO4	MI3, GEO4	KI4	KI4, IFT4, MI2, JC
Hydrologi	GEO4					GEO4	GEO4	GEO4		
Instrumentering og målevitenskap									KI1	KI1, JC
Kjemisk konvertering og katalyse		KI1			KI1	KI4			KI1	KI1
Materialteknologi	MI2	KI4								
Molekylmodellering	KI4	KI4			KI4	KI4, IFT4	IFT4	IFT4	IFT2, KI2	IFT1, KI2
Optimering	KI4	MI2			KI4	KI4	KI4	KI4	KI4	KI4
Reservoarkarakterisering						GEO4, MI2	IFT4, GEO4, MI2	GEO4, IFT4, MI2		MI1, GEO4, IFT1
Seismikk						GEO4	GEO4	GEO4		GEO4
Strømning i porøse media	GEO4					KI4, MI4, GEO4	MI3, GEO4	MI2, GEO4		MI1, IFT1, GEO4, KI4
Syntese og karakterisering av energimaterialer		KI2	KI4		KI2	KI1			KI1	KI1
Termodynamikk						KI1, IFT4	IFT4	IFT4	KI1, IFT1	IFT1, MI2

Forslag til

# **Strategi for bærekraftig energi**

for

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Innstilling fra et utvalg

20.oktober 2014

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Oppsummering og anbefalinger</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Oppnevning og mandat</b> .....	<b>5</b>
2.1	Oppnevning og sammensetning av arbeidsgruppen .....	5
2.2	Overordnede rammer .....	5
2.3	Mandat .....	5
2.4	Tolkning av mandatet .....	6
2.5	Utvalgets arbeidsform .....	6
2.6	Anbefalinger knyttet til universitetets videre strategiprosess .....	6
<b>3</b>	<b>Framtidens behov og nasjonale rammer</b> .....	<b>6</b>
3.1	Status og trender .....	6
3.2	Nasjonale rammer .....	8
3.3	Forskningsfinansiering .....	9
<b>4</b>	<b>Eksisterende aktivitet innen utdanning og forskning</b> .....	<b>10</b>
4.1	Organisering.....	10
4.2	Kompetanse og forskningsaktivitet.....	10
4.3	Utdanning .....	13
4.4	Vurdering av aktivitet opp mot fremtidens behov .....	14
<b>5</b>	<b>Muligheter for energirelatert forskning og utdanning</b> .....	<b>14</b>
5.1	Forskning.....	14
5.2	Utdanning .....	16
<b>6</b>	<b>Målsetninger og tiltak for styrking, vekst og synliggjøring</b> .....	<b>17</b>
6.1	Målsetninger.....	17
6.2	Tiltak for styrking, vekst og synliggjøring.....	18
6.2.1	Gjennomgang av organiseringen ved UiB.....	18
6.2.2	Oppbygging og vekst i forskningsaktivitet.....	19
6.2.3	Styrking av samarbeid på tvers av institutter, fakulteter og institusjoner ...	19
6.2.4	Synliggjøring av energiutdanning og tverrfaglige utdanningsmuligheter ....	20
6.2.5	Styrking av undervisningstilbud på fakultetet .....	20
	<b>Referanser</b> .....	<b>21</b>

## 1 Oppsummering og anbefalinger

*Forskning og utdanning med betydning for framtidige energiløsninger.*

Teknologiutvikling, klimaendringer, miljøutfordringer, befolkningsvekst og fattigdom har stor betydning for valg av framtidige energiløsninger. Det globale energiforbruket øker, og den største økningen vil komme i utviklingsland, der over 1.2 milliarder mennesker i dag mangler tilgang til elektrisitet. Ny teknologi for mer effektive energitjenester, bl.a. ved elektrifisering, gjør imidlertid at forbruket av primærenergi i velstående områder kan komme til å reduseres.

Utdannings og -forskningsaktivitet ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet må baseres på en erkjennelse av nåværende tilstand, raske endringer og framtidig usikkerhet i den globale energimiksen. For å sikre en bærekraftig utvikling er en omstilling mot økt fornybar og renere energiproduksjon og energieffektivisering nødvendig, og denne må også innebære sterke bidrag fra forsknings- og utdanningsinstitusjonene. Nye, komplekse problemer må møtes med grunnleggende disiplinbasert forskning så vel som kombinasjon av ekspertise fra flere fagfelt, og kandidater må utdannes slik at de får den best mulige bakgrunn for senere å kunne gi sine bidrag til å møte framtidens energiutfordringer, også med løsninger som nå ikke er kjent.

For at UiB skal kunne gi sine bidrag behøves en styrket satsing både innen utdanning og forskning. Universitetets ansatte bør engasjeres i en felles bestrebelse for å løse komplekse forskningsoppgaver og etablere et godt utdanningstilbud for å bidra til å løse globale energiutfordringer.

Organiseringen av forskning og utdanning knyttet til bærekraftig energi på ulike fakulteter ved UiB bør gjennomgås. Utvalget anbefaler opprettelse av et sentralt organ som har ansvar for forskning og utdanning, nettverksarbeid og ekstern kommunikasjon. En koordinator for energisatsingen bør tilsettes.

Oppbygging og vekst i utdannings- og forskningsaktivitet knyttet til bærekraftig energi ved Universitetet i Bergen er nødvendig for å møte samfunnets behov. Spesifikt for fakultetet bør det opprettes tre nye vitenskapelige stillinger (energiprofessorat) inn mot forskning og utdanning. For universitetet som helhet anbefaler utvalget at det avsettes såkornmidler for å stimulere til økt forskningsaktivitet innen området.

Mye av forskningen på bærekraftig energi og energiomstilling i Bergensområdet er fragmentert, og foregår i relativt små og isolerte grupper. Styrket forskningsaktivitet vil derfor også kreve samarbeid mellom forskere fra flere institutter, fakulteter og institusjoner. For å synliggjøre og legge til rette for slikt samarbeid, bør det vurderes å opprette tidsbegrensede "Bergensforskergrupper" som skal samarbeide med målsetning om å levere fremragende bidrag til forskningen innen bærekraftig energi og energiomstilling. Videre gir det planlagte EnTek-bygget mulighet til å oppnå samlokalisering av energiforskningsgrupper som i dag er spredt, og det anbefales at dette momentet vektlegges i vurderingen av hvilke aktiviteter som skal inn i det nye bygget.

For å møte samfunnets behov må fakultetet utdanne flere studenter med kompetanse innen bærekraftig energi og energiomstilling. Mye av styrken i energiutdanningen som tilbys ved fakultetet i dag ligger i en disiplinbasert tyngde. Samtidig mener arbeidsgruppen det er viktig at studenter som ønsker en utdanning rettet mot energi tidlig får kjennskap til området i et bredere faglig perspektiv og blir engasjert i dagsaktuelle problemstillinger og prosjekter gjennom studiet.

”Energistudier ved UiB” bør opprettes som en felles samlebetegnelse for universitetets utdanningstilbud innen energi og synliggjøres som en del av studietilbudet. Profileringen bør inkludere både disiplinbaserte og tverrfaglige studieprogram med muligheter for fordypning inn mot bærekraftig energi. Alle fakulteter bør inviteres til en slik felles satsing, og bidra med kurs som kan tilbys til studenter ved andre fakulteter. Fakultetene må arbeide for å videreutvikle studietilbudet og gjøre tilpasninger slik at enkeltkurs kan tas av studenter fra andre fakultet. Spesifikt for Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet anbefaler utvalget opprettelse av to nye kurs på Bachelornivå.

## 2 Oppnevning og mandat

### 2.1 Oppnevning og sammensetning av arbeidsgruppen

I forbindelse med utarbeiding av ny strategiplan for Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet for perioden 2016-2020, har dekanen 30.april 2014 oppnevnt en arbeidsgruppe som skal utforme forslag til strategi for fakultetets videre satsing på forsinking og utdanning innen bærekraftig energi. Gruppen er en videreføring av en "tenketank" som ble oppnevnt høsten 2013 og har hatt følgende sammensetning:

- Professor Jostein Bakke
- Professor Inga Berre (leder)
- Professor Vidar R. Jensen
- Professor Peter Haugan
- Professor Jan Petter Hansen

### 2.2 Overordnede rammer

I oppnevningensbrevet heter det: "Dagens energilandskap er i hurtig endring både lokalt og globalt. Dette er perspektiver fakultetet, i dialog med andre aktører, ønsker et bevisst forhold til, for tilpassing til morgendagens behov for omfang og innretning på energirelatert forskning og utdanning ved fakultetet og ved UiB som helhet."

Arbeidsgruppen ble bedt om å levere sin innstilling innen 20.oktober 2014.

### 2.3 Mandat

Arbeidsgruppens mandat er gitt i oppnevningensbrevet, der det heter:

"Gruppen skal utforme forslag til strategi for fakultetets videre satsing på forskning og utdanning innen bærekraftig energi. Denne skal senere innarbeides i en helhetlig energistrategi for fakultetet. Forslaget skal ha som mål å styrke fakultetets energirelaterte aktivitet, og omfatte fornybare energikilder, kjernekraft, CCS og relevante tverrgående områder som energilagring, - distribusjon og -effektivisering.

- Gruppen skal gjøre rede for eksisterende aktivitet ved fakultetet
- Gruppen skal definere områder der fakultetet har naturlige forutsetninger og/eller muligheter for å bidra med viktig forskning
- Gruppen skal vurdere om fakultetets utdanningstilbud svarer på de samfunnsmessige og faglige behovene tilbudet bør dekke.
- Gruppen skal foreslå tiltak for styrking og vekst i forskning og utdanning, og særlig foreslå tiltak som styrker samarbeid og koordinering internt på fakultetet og UiB og i samarbeid med andre aktører.
- Gruppen skal foreslå tiltak for sterkere synliggjøring av fakultetets aktivitet.

Gruppen skal vurdere muligheter for fremtidig satsing i lys av det kommende ENTEK-bygget, etableringen av Bergen Science City og etablering av sivilingeniørstudier i Bergen."

I etterkant av oppnevningen har gruppen blitt bedt om å se arbeidet i lys av etablering av klima og energi som et nytt satsingsområde ved Universitetet i Bergen, og også uttale seg om sentrale og tverrfakultære aktiviteter.

## **2.4 Tolkning av mandatet**

I sin gjennomgang av status og kompetanse har arbeidsgruppen valgt å gjennomføre en kartlegging av kompetanse og aktivitet innen hele energifeltet på fakultetet. Denne kartleggingen er samordnet med leder for arbeidsgruppen som skal legge fram forslag til ny strategi for petroleumsforskning ved fakultetet.

## **2.5 Utvalgets arbeidsform**

På vegne av utvalget ble det sendt ut en kartleggingsundersøkelse til instituttene der instituttene ble bedt om å gi tilbakemeldinger på eksisterende aktivitet og kompetanse ved å fylle ut et skjema for kompetansekartlegging (jf. tabell 1 og 2 i vedlegg 1). I tillegg ble instituttene bedt om å oppgi navn på vitenskapelig ansatte med kompetanse og forskningsinteresser knyttet til tema innen energi. Utvalget har hatt direkte kontakt mot de mest sentrale fagmiljøene, og disse har bidratt i utfyllende beskrivelser av de ulike områdene (jf. vedlegg 1). Teksten reflekterer innspillene som er kommet inn, og utvalget har i liten grad redigert disse. Utvalgets leder har også hatt møte med CMR og Uni.

Forslag til tiltak ble lagt fram på Horisontdebatten 2014, som ble arrangert på VilVite 8.september 2014 med svært god deltakelse.

## **2.6 Anbefalinger knyttet til universitetets videre strategiprosess**

I lys av det utvidete mandatet har utvalget vurdert muligheter og tiltak som angår hele universitetet, men utvalget har i liten grad hatt kontakt mot andre fakulteter. Utvalget anbefaler at universitetsledelsen vurderer å oppnevne en arbeidsgruppe som kan vurdere forslagene fra utvalget og legge fram et helhetlig forslag til strategi for forskning og utdanning innen energiomstilling og bærekraftig energi for Universitetet i Bergen.

# **3 Framtidens behov og nasjonale rammer**

## **3.1 Status og trender**

Teknologiutvikling, klimaendringer, miljøutfordringer, befolkningsvekst og fattigdom har stor betydning for valg av framtidige energiløsninger. Det globale energiforbruket øker og den største økningen vil komme i utviklingsland, der over 1.2 milliarder mennesker i dag mangler tilgang til elektrisitet. Ny teknologi for mer effektive energitjenester, bl.a. ved elektrifisering, gjør imidlertid at forbruket av primærenergi i velstående områder kan komme til å reduseres.

Verdens forbruk av primærenergi ligger nå på ca. 17 TW og forventes å stige grunnet befolkningsøkning og global velstandsutvikling. Energieffektivisering vil ventelig redusere energibehovet, men ikke kunne kompensere for økningen. Effektiviserer man dagens energiforbruk per Europeer med 25% og tillegger alle mennesker på jorden et slikt energiforbruk så er verdens energiforbruk i siste halvdel av 2100-tallet omkring 40 TW. Med kjent teknologi i dag er det kun solenergi som kan dekke et slikt energibehov. Samtlige andre fornybare



energikilder til sammen er vurdert til å ha et realistisk utnyttbart potensiale på om lag 10 TW hvor vind- og bioenergi er hovedbidragsytere (Narbel, Hansen og Lien 2014). Til sammenlikning er det i dag installert en kapasitet på om lag 0,5 TW sol og vindkraft globalt. Det er viktig å påpeke at forskning og ny teknologi kan endre dette bildet til fordel for andre energikilder, som for eksempel kunstig fotosyntese, geotermisk energi, havvind eller kjernekraft (GenIV, fusjon) utover i århundret. Det er også studier som konkluderer med at man kan oppnå redusert globalt energiforbruk innen 2030 og dekke alle behov med fornybar energi i 2050 (Jacobson og Delucchi 2011), men utviklingsbanene i den store og omfattende analysen Global Energy Assessment indikerer 50-100% økning frem mot 2050 (GEA 2012).

Sol- og vindkraft har hatt en dramatisk vekst de siste 10 årene. Utbyggingen i perioden 2010-2013 ligger på om lag 80 GW installert kapasitet per år, men det faktiske bidraget i kraftproduksjonen er langt mindre grunnet stor variabilitet i tilgangen på energi. Det er grunn til å tro at prisreduksjonene vil fortsette nå som sol og vind er kommet opp i industriell skala. Vannkraft er i dag den største globale kilden til moderne fornybar energiproduksjon (1 TW), men det er et begrenset potensiale for ytterligere økning (3-4 TW). Potensialet vannkraft har som balansekraft er mye diskutert i takt med utbygging og forbedring av internasjonale overføringskabler.

På litt lengre sikt kan moderne bioenergi følge etter utviklingen av vind og solenergi ettersom avfallshåndtering og energiutvinning fra dyrkbar mark og skog har et betydelig potensiale og kjent konverteringsteknologi. Utnytting av havområder til bioenergi er en fremtidig mulighet til både å øke potensialet for bioenergi globalt.

Energiutvinning fra havbølger, tidevannsstrømmer og saltgradienter har også et betydelig potensiale på opp mot et par TW, men disse teknologien er svært umodne og vil kreve mye FOU innsats før de evt. kan bidra til kommersiell energiproduksjon. Den økonomisk utvinnbare geotermiske energiresursen er foreløpig geografisk begrenset, men kan bli mer tilgjengelig avhengig av forskningsmessig framgang. Hvis den geotermiske energiresursen kan utnyttes, er energibehovet dekket på en tidsskala på mange millioner år med dagens forbruk.

Innen energisystemer og energibruk/energieffektivisering forventes store endringer. Elektrifisering står sentralt i de fleste fremtidsscenarioer, men hvilke energikilder som bidrar vesentlig til produksjonen mer enn 20 år inn i fremtiden er avhengig av så mange ukjente faktorer at det ikke er hensiktsmessig å omtale det her. Mulighetene for distribuert energiproduksjon, lokalt eierskap, særlig av solenergianlegg, og forbrukermakt gjør at strukturen i energibransjen vil utfordres. Utviklingen av infrastruktur for energiforsyning er i stor grad bestemt av offentlige reguleringer, skatteregler m.m. Politiske veivalg, inkludert hensyn til nasjonal energisikkerhet og helse, og kanskje også klima, kan derfor spille en viktig rolle.

Norge har en spesiell energisituasjon ved at kraftforsyningen nesten utelukkende er basert på fornybar energi, i tillegg til at potensialet for ytterligere fornybare energiresurser er stort, men i liten grad utnyttet. Norsk energibruk er relativt høy, blant annet på grunn av kraftkrevende olje- og gassproduksjon og industri, omfattende transport og kaldt klima, og potensialet for energieffektivisering og utslippsreduksjoner er betydelig. I 2013 var Norges samlede klimagassutslipp 52,8 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Statistisk Sentralbyrå 2014). Utslipp fra olje- og gassproduksjon utgjorde 27%, mens utslipp fra Industri og bergverk utgjorde 22% og utslipp fra veitrafikk 19%.

### 3.2 Nasjonale rammer

De viktigste førende dokumentene for nasjonale forskning rettet mot energiomstilling er listet i det følgende.

Energi21 er Olje- og energidepartementets strategiorgan for forskning, utvikling og demonstrasjon innen energiområdet. Energi21 anbefaler i sin tredje strategi (Energi21 2014) "en sterk vekst i de offentlige bevilgningene til forskning, utvikling og demonstrasjon innen 6 strategiske satsingsområder: vannkraft, fleksible energisystemer, solkraft, offshore vindkraft, energieffektivisering og CO<sub>2</sub>-håndtering". I tillegg blir "betydningen av å sikre og kontinuerlig videreutvikle kompetanseplattformen som er en forutsetning for hele den tematiske bredden i energiområdet" understreket. Når det gjelder offentlige bevilgninger, anbefaler Energi21 "en finansiell opptrappingsplan over fire år, med en samlet vekst i offentlige bevilgninger på 1 milliard kroner".

Klimaforliket (Miljøverndepartementet 2012) vektlegger en målsetning om "en langsiktig omstilling av Norge til et lavutslippssamfunn" der "regjeringen vil forsterke den nasjonale virkemiddelbruken for å nå dette målet." Til forskning og utvikling innen fornybare energikilder og karbonfangst- og lagring" bevilges det, i tillegg til Mongstad-satsingen, nær 800 mill. kroner i året ..., opp fra et nivå på i overkant av 200 mill. kroner i 2008." Av konkrete tiltak som er vedtatt er følgende av særlig interessante for forskningsmiljøene ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet:

- "Doble støtten til Forskningscenter for miljøvennlig energiteknologi."
- "Opprette to nye FME-senter, for geotermisk energi og for Thorium, hvorav sistnevnte skjer i samarbeid med IFEs Haldenreaktor."

Forskningsmeldingen (Kunnskapsdepartementet 2013) framhever at norsk forskningspolitikk fortsatt skal "rettes inn mot fem strategiske mål", hvorav ett er "løsninger på globale utfordringer, særlig innenfor miljø, klima, hav, matsikkerhet og energi". I tillegg vektlegges næringsutvikling innen energiområdet. Videre i meldingen står det at forskning på "klimatiltak og omstilling til lavutslippssamfunnet, bl.a. fornybar energi og energieffektivisering, CO<sub>2</sub>-håndtering herunder også ordningen med forskningscentre for miljøvennlig energi,..." skal prioriteres.

Langtidsplan for forskning og høyere utdanning (Kunnskapsdepartementet 2014) utpeker "Klima, miljø og miljøvennlig energi" som en av seks langsiktige prioriteringer der bevilgningene til forskning og høyere utdanning skal trappes

opp. Meldingen vektlegger at forskningsinnsatsen må "være integrert på tvers av fagdisipliner som natur- og samfunnsvitenskap, teknologi og humaniora" "for å kunne forstå og håndtere effekter av endringene og møte samfunnets og næringslivets omstillingsbehov på en kostnadseffektiv måte". Videre heter det at "Regjeringen vil trappe opp innsatsen til forskning og høyere utdanning om klima, miljø og miljøvennlig energi for å oppnå:

- utvikling av norsk teknologi for verdens klima-, miljø- og energiutfordringer omstilling til lavutslippssamfunnet
- bedre forståelse av klimaendringene og god tilpasning til dem
- en miljøtilpasset samfunnsutvikling.

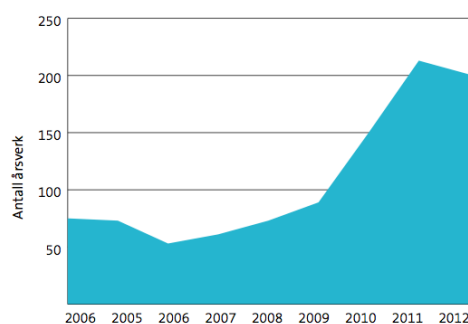
Utvikling av norsk teknologi og omstilling til lavutslippssamfunnet vil bli særskilt prioritert. "

### 3.3 Forskningsfinansiering

Det første klimaforliket ble vedtatt i 2008, med forpliktelse om å øke finansieringen av forskningen på miljøvennlig energi med minst 600 millioner kroner i året. I det andre klimaforliket fra 2012 ble det av Stortinget blant annet vedtatt at FME-ordningen skal styrkes.

De to klimaforlikene har gitt gode muligheter for eksternfinansiering fra Norges forskningsråd gjennom RENERGI-programmet (2004-2013), ENERGIX-programmet (2013-2022), CLIMIT-programmet (2005-2020) og FME ordningen (2008-2014). Satsingen har gitt en kraftig økning i antall doktorgradsårverk innen energi (Forskningsrådet 2014); se Figur 1.

Forskning på fornybar energi og energiomstilling finansieres i hovedsak av ENERGIX-programmet, som definerer tyngdepunkt for forskningen innen fornybar energi, energibruk- og konvertering, energipolitikk, økonomi og samfunn og nye energikonsepter. Programmet legger opp til å styrke næringslivets og forvaltningens satsing på forskning, og det har i stor grad vært lagt føringer på utlysningene som begrenser muligheter for å søke om midler til forskningsprosjekter uten kontantbidrag fra næringslivet. Tilsvarende legger FME-ordningen opp til sterke bidrag fra næringslivet til forskningssentrene som etableres.



Figur 2: Utviklingen av doktorgradsårverk innen energi basert på prosjekter i RENERGI, CLIMIT og FME-ene. Kilde: Forskningsrådet.

EUs forskningsprogram Horisont 2020 - The EU Framework Programme for Research and Innovation (2014-2020) har "Societal Challenges" som en av tre hovedpilarer. Innen denne er "Secure, Clean and Efficient Energy" og "Smart, Green and Integrated Transport" igjen to av sju hovedsatsingsområder. I tillegg har pilaren "Excellent Science" gode muligheter for å finansiere grunnleggende forskning knyttet til bærekraftig energi.

## 4 Eksisterende aktivitet innen utdanning og forskning

### 4.1 Organisering

Strategiutvalg for energiforskning (SEF) ble opprettet på fakultetsnivå i 2011 og "er et rådgivende organ for å initiere, koordinere, og ivareta forskning og utdanning innenfor energiområdet på tvers av instituttene" (Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet 2011)<sup>1</sup>. Utvalget ledes av visedekan og fakultetets institutter er representert i utvalget etter ønske. Instituttleder eller stedfortreder representerer instituttet i utvalget. Sentrale oppgaver for utvalget (Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet 2011) er som følger

- "Være fakultetets organ for å gi innspill til og følge opp strategier innen energiforskning og bidra til at disse blir implementert.
- Bidra til at fakultetet profilerer Energi som eget satsingsområde
- Bidra til effektiv ressursbruk
- Medvirke til at MN-fakultetet sender søknader til Forskningsrådet og EUs programmer innen energiforskning og prioritere søknader når det er aktuelt
- Bidra til utvikling av samarbeid med eksterne aktører".

Utvalget er blant annet sentralt i oppfølging og prioritering av fakultetets aktiviteter innen rammeavtaler med Statoil (Akademiaavtalen) og BKK.

Det matematisk naturvitenskapelige fakultet har tatt initiativ til og deltar i "Science City Bergen", som er et samarbeid mellom forsknings- og utviklingsmiljøer, utdanningsinstitusjoner og næringsliv i regionen innenfor naturvitenskap med vekt på energi og teknologi som ble etablert i 2013. Science City Bergen har følgende målsetninger:

- "Bidra til at regionen kan tilby høykvalitets utdanningsveier innenfor området energi, fra grunnskole til doktorgradsutdanning. Tilbudet skal dekke alle relevante deler av energiområdet.
- Etablere godt samarbeid mellom videregående skoler og de høyere utdanningsinstitusjonene og bedriftene.
- Sette Bergen/Hordaland på det globale kartet når det gjelder tverrfaglig samarbeid innen forskning og næringsutvikling innenfor energisystemer.
- Etablere avansert felles infrastruktur for forskning, utvikling og master/PhD utdanning i form av gode forskningslaboratorier, avansert instrumentering og møteplasser.
- Etablere samarbeidsprosjekter mellom forskning og utdanningsinstitusjonene, og mellom disse og næringslivet.
- Etablere og styrke felles møteplasser/arenaer."

### 4.2 Kompetanse og forskningsaktivitet

Kompetansen og interessene til forskerne ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet vil langt på vei bestemme hvilken energiforskning som kan og bør utvikles ved fakultetet. Grunnleggende kompetanse i de enkelte disiplinene er avgjørende, og ligger til grunn for ny utvikling på anvendte områder, så også når det gjelder bærekraftig energi.

---

<sup>1</sup> Før dette hadde fakultetet et Strategiutvalg for energi- og petroleumsforskning (2006-2011).

En viktig del av utvalgets arbeid har derfor vært å kartlegge hvilken kompetanse som finnes i de enkelte miljøene ved fakultetet, og i hvilken grad den allerede benyttes mot energirelatert forskning; se vedlegg 1. Denne kartleggingen er oppsummert i tabell 1, vedlegg 1, som gir en oversikt over relevant kompetanse ved fakultetet innen forskningsområder knyttet til utnyttelse av ulike energikilder, og tabell 2, vedlegg 1, som gir en oversikt over tverrgående tema knyttet til energi. Hovedinntrykket er at fakultetet totalt sett besitter betydelig kompetanse innen en rekke disiplinorienterte og tverrfaglige energirelaterte forskningsområder som spenner en stor faglig bredde.

Fakultetet har, og har gjennom flere tiår hatt, stor aktivitet rettet mot petroleumsforskning, og dette ser en tydelig i kolonnene for fossile energikilder i tabell 1 i vedlegg 1, der flere institutter kan vise til aktiviteter som har pågått i mer enn fem år. Videre ser en også at forskning innen CO<sub>2</sub>-håndtering står sterkt ved fakultetet. For de fornybare energikildene er det lengre mellom de godt etablerte aktivitetene, og forskningen er også mer begrenset i omfang. Lyspunktene er at bioenergiforskning ved fakultetet er bygget opp over snart 20 år, og at det i løpet av bare de siste fem årene også er etablert betydelig forskningsaktivitet rettet mot vindenergi og geotermisk energi. Fakultetets forskning innen bærekraftig energi er forankret i en rekke disiplinorienterte og tverrfaglige områder, og spenner svært bredt faglig sett. I tillegg besitter flere forskningsmiljøer grunnleggende ekspertise for å kunne gå løs på forskningsoppgaver knyttet til bærekraftig energi.

For en del områder ser man at det er samme type grunnleggende ekspertise som anvendes. Dette gjelder for eksempel for geotermisk energi, fossil energi og CO<sub>2</sub> lagring, der det er en stor grad av overlapp med hensyn til hvilke fagområder som danner grunnlaget for forskningen. Med utgangspunkt i basiskompetanse bygget opp gjennom grunnleggende forskning på problemstillinger som i stor grad har vært motivert av petroleumsutvinning, har fakultetet de siste 20 årene kunnet markere seg sterkt i forskning på CO<sub>2</sub>-lagring. Innen dette området har fakultetet en stor aktivitet, som inkluderer deltakelse i FME SUCCESS og en stor ekstern prosjektportefølje ved flere institutter.

Utgangspunktet for forskningen på geotermisk energi ved fakultetet har igjen i stor grad blitt lagt gjennom fakultetets grunnforskning motivert av anvendelser innen petroleum og CO<sub>2</sub>-lagring. Forskningsaktiviteten foregår i hovedsak på Matematisk institutt og Institutt for geovitenskap. Disse instituttene har etablert samarbeid innen geologisk og geofysisk kartlegging og matematisk modellering og simulering, med mål om forbedret forståelse av flyt, varmetransport, oppsprekking og deformasjon i geotermiske reservoarer. Instituttene har sammen gjennomført et større forskningsprosjekt i perioden 2009-2013 med støtte fra Forskningsrådets RENERGI-program og Akademiaavtalen, og en felles prosjektsøknad ble sendt ENERGIX-programmet i september 2014. Ved Matematisk institutt pågår det for tiden et prosjekt finansiert av ENERGIX. Samarbeid mot CMR og Uni er også godt etablert, og UiB, Uni og CMR deltar i et felles initiativ for etablering av et FME innen geotermisk energi.

Aktiviteten innen vindkraft ved fakultetet er markant, og i stor grad knyttet til fakultetets deltakelse i FME NORCOWE. Innen vindenergi er Geofysisk institutt den største aktøren, men også Institutt for informatikk har betydelig aktivitet og eksterne prosjekter, særlig knyttet til kompetansen i optimering. Meteorologer og oseanografer ved Geofysisk institutt har i mange år vært svært etterspurt i klimaforskning, og vindenergi var ikke noe aktivt forskningstema selv om noen utdannede kandidater gikk til denne bransjen. Med FME-utlysningen i 2009 kom imidlertid en mulighet til å utnytte og dreie noe av kompetansen inn mot havvind. Særlig har målinger av vindvariabilitet og havtilstand nær havoverflaten vært et fokusert område og blitt den mest internasjonalt profilerte og anerkjente delen av NORCOWE. Miljøet har også vært sentral i å få finansiert og etablert nasjonal forskningsinfrastruktur (Offshore Boundary Layer Observatory - OBLO), som brukes i internasjonale målekampanjer rettet mot bedre forståelse og kontroll av store vindturbiner i store havvindparker og også har trukket nye internasjonale industripartnere inn i NORCOWE. Det samarbeides tett med både forsknings- og brukerpartnere, særlig CMR, Statoil, Statkraft, Met.no og StormGEO, og det er etablert helt nye samarbeidsrelasjoner til komplementær kompetanse ved UiS, UiA og i Danmark.

Innen bioenergi finner vi de mest markante aktivitetene ved Kjemisk institutt, der energimaterialer og (katalytisk og ikke-katalytisk) kjemisk konvertering til biodrivstoff står sterkt. Denne aktiviteten er spredd over tre forskningsgrupper, og har lenge ikke vært samordnet. Det jobbes med å få til samarbeid, og bl.a. ble det nylig sendt inn en felles søknad (som altså involverer de tre gruppene) til ENERGIX-programmet. Ved Molekylærbiologisk institutt og Biologisk institutt finnes det kompetanse og aktiviteter relevant for produksjon av (marin og ikke-marin) biomasse til energiformål. I randsonen har Uni Research, ved Uni miljø og Senter for anvendt bioteknologi, betydelige aktiviteter knyttet til produksjon og anvendelse av alger. Et godt eksempel på hva en kan få til gjennom tverrfaglig samarbeid, også på tvers av institusjonene, er Tunikat-prosjektet. Dette prosjektet tar for seg dyrking og bruk av kappedyr (tunikater) til blant annet biodrivstoff, og er et samarbeid mellom UiB (Biologisk institutt) og Uni Research (Uni Miljø). Fakultetet har kompetanse og aktiviteter som involverer hele verdikjeden fra produksjon av biomasse til produksjon av bioenergi og biodrivstoff, men den er i begrenset grad integrert. Økt samarbeid mellom de ulike miljøene gir mulighet til å få mer ut av de eksisterende aktivitetene.

For solenergiforskning, et felt som ikke kan sies å stå sterkt ved fakultetet, er kompetanse og aktiviteter spredd på tre institutter (Kjemisk institutt, Institutt for fysikk og teknologi og Geofysisk institutt). Ved både Kjemisk institutt og Institutt for fysikk og teknologi handler ekspertisen/aktiviteten om materialer for nye og mer effektive solceller. Geofysisk institutt var bl.a. svært tidlig med i europeiske prosjekter om solenergi og har fortsatt en viss aktivitet. Kompetansen her retter seg særlig mot ressursgrunnlaget.

Et bærekraftig energisystem innebærer også løsninger for elproduksjon, -transport og -distribusjon, energieffektivisering, og energilagring. Også innenfor disse tverrgående områdene har fakultetet en viss aktivitet (jf. tabell 2, vedlegg 1) selv om denne er mindre enn innen fornybar energi. Ved Institutt for fysikk og

teknologi er det etablert en god kompetansebase for forskning på brenselcelleteknologi gjennom flere forskningsprosjekter knyttet til fundamentale problemstillinger. Instituttet har gode samarbeidsrelasjoner mot andre forskningspartnere og det sendt inn flere forsknings søknader for å opprettholde forskningsaktiviteten. Det samme miljøet arbeider med å etablere forskningsaktivitet knyttet til energieffektivisering i skipstransport i samarbeid med Kjemisk institutt, CMR, Uni Research og NHH.

### 4.3 Utdanning

Utdanning spesifikt knyttet til områdene strategien behandler har i hovedsak vært gitt på masternivå ved fakultetet, både gjennom de disiplinorienterte programmene og i Masterprogrammet i energi. Studentene har da anvendt grunnleggende kompetanse fra disiplinene inn mot energirelaterte problemstillinger. En forutsetning for flere av disse masterprosjektene er en utdanningsbakgrunn med tilstrekkelig faglig dybde. For eksempel har en bakgrunn i matematisk modellering og numeriske metoder vært en forutsetning for mastergradsprosjekter rettet mot CO<sub>2</sub>-lagring eller geotermisk energi tilknyttet Matematisk institutt, og på samme måte har en disiplinorientert utdanning i kjemi vært en forutsetning for å kunne arbeide med problemstillinger knyttet til biodrivstoff i masterprosjekter ved Kjemisk institutt. En gjennomgang av aktiviteter (se vedlegg 1) viser at det er gjennomført mange mastergradsprosjekter rettet mot problemstillinger knyttet både til fornybar energi og kjernekraft innen disiplinorienterte masterprogrammer ved instituttene på fakultetet. Når det gjelder tverrgående tema, utpeker CO<sub>2</sub>-lagring seg som et område som er behandlet av mange masteroppgaver. Innen andre områder, som elektrisitetssystemer, elektrisitetsproduksjon og energieffektivisering, er det også skrevet masteroppgaver ved flere institutter.

Masterprogrammet i energi ble opprettet i 2011 med oppstart i 2012 som et tverrfaglig studieprogram koordinert av Geofysisk institutt. Målsetningen med studiet er å utnytte forskning og ekspertise, både fra universitetets fagmiljø og eksterne forskningsmiljø innen energi, til å utdanne kandidater med kompetanse som er velegnet for arbeid i næringsliv så vel som i forvaltning og universitets- og høyskolesektoren. Energimasteren legger opp til at studentene som kommer fra UiB har en god forankring i de disiplinbaserte fagmiljøene gjennom sin bachelorutdanning. Dette skaper muligheter for både tverrfaglige og disiplinorienterte masteroppgaver, samtidig som studentene vil ha gode jobbmuligheter etter fullført utdanning.

Studiet har fra starten hatt fire studieretninger: Fornybar energi, CO<sub>2</sub>-håndtering, Kjernekraft og Energiteknologi. Innen hver av studieretningene kan det velges en rekke forskjellige master-tema med forskjellige opptakskrav, veiledere og opplegg, men slik at alle studentene skal ha to obligatoriske fellesemner Energi200 og Energi210 på 10 studiepoeng hver. Høyskolen i Bergen er samarbeidspartner og særlig involvert i temaet Termiske maskiner som tilhører studieretning for energiteknologi. De tre første uteksaminerte kandidatene fordelte seg over temaene geotermisk energi, tidevannsenergi og vindenergi. Andre kull er dominert av mer enn 10 studenter innen termiske maskiner. Før opptaket av tredje kull høsten 2014 ble det lagt til flere tema innen

fornybar energi og tatt opp flere enn måltallet på 20, med god spredning på tema innen både fornybar energi og energiteknologi. Det har ikke vært noen studenter innen kjernekraft eller CO<sub>2</sub>-håndtering i noen av de tre årene. En av flere mulige årsaker kan være at studenter med interesser for disse retningene ser seg bedre tjent med en tradisjonell disiplinær mastergrad. Programstyret har anbefalt at disse to studieretningene legges ned. Programstyret anbefaler også etablering av nytt tema elkraftteknikk under studieretning Energiteknologi og økning av antall studieplasser fra 20 til 30 fra 2015, særlig for å imøtekomme ønsker og behov for kandidater til næringslivet.

Undervisningen i Energi200 og Energi210, har vært utført av ansatte i II-stillinger og fast vitenskapelig ansatte, i tillegg til at det har vært gitt gjesteforelesninger fra internasjonale forskere. Personer i II-stillinger har vært ansvarlig for mer en halvparten av undervisningen i de to kursene.

#### **4.4 Vurdering av aktivitet opp mot fremtidens behov**

Utdannings og -forskningsaktivitet ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet må baseres på en erkjennelse av nåværende tilstand, raske endringer og framtidig usikkerhet i den globale energimiksen. For å sikre en bærekraftig utvikling er en omstilling mot økt fornybar og renere energiproduksjon og energieffektivisering nødvendig, og denne må også innebære sterke bidrag fra forsknings- og utdanningsinstitusjonene. Nye, komplekse problemer må møtes med grunnleggende disiplinbasert forskning så vel som kombinasjon av ekspertise fra flere fagfelt, og kandidater må utdannes slik at de får den best mulige bakgrunn for senere å kunne gi sine bidrag til å møte framtidens energiutfordringer, også med løsninger som nå ikke er kjent.

Utvalget mener at UiB i dag ikke i tilstrekkelig grad gir sine bidrag i denne utviklingen. Den energirelaterte forskningen ved fakultetet holder høy vitenskapelig kvalitet, men er for begrenset sett i lys av globale og nasjonale utfordringer. Tilsvarende er det også et behov for styrking og vekst i utdanningstilbudet.

## **5 Muligheter for energirelatert forskning og utdanning**

I det følgende gis en gjennomgang av muligheter for energirelatert forskning og utdanning ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultetet og for Universitetet i Bergen som helhet i lys av eksisterende kompetanse og aktivitet og fremtidens behov.

### **5.1 Forskning**

Fornybar energiforskning får stor ekstern oppmerksomhet og det er gode muligheter for UiB å ta nasjonalt og internasjonalt ledende roller.

En vekst i forskningen rettet mot bærekraftig energi ved fakultetet vil i hovedsak måtte kunne komme gjennom

- økning i eksternfinansiert forskningsprosjekter
- endring av forskningsprofil for vitenskapelige ansatte i retning bærekraftig energi



- strategiske nyansettelser i vitenskapelige stillinger rettet mot bærekraftig energi
- vekst i basisfinansieringen av aktiviteten innen bærekraftig energi som følge av økt studenttilstrømning til energistudier ved fakultetet.

Av disse mulighetene er den siste muligheten for vekst kun mulig i et lengre tidsperspektiv.

Fakultetet har sterk ekspertise og gode muligheter til å bidra med forskning finansiert av eksterne midler. En omstilling i denne retningen vil innebære at fakultetets forskningsressurser blir benyttet inn mot dagsaktuelle og viktige utfordringer innen bærekraftig energi. Det vil også gi mulighet for i større grad å dra nytte av eksterne forskningsmidler dersom trenden der en økende andel av nasjonale og europeiske forskningsmidler går til forskning mot fornybar energi fortsetter. En satsing på forskning rettet mot spesifikke fornybare energikilder og tverrgående områder vil være viktig både for å utløse muligheter i tverrfaglig samarbeid innad på fakultetet, men også for å posisjonere fakultetets miljøer sterkere mot Forskningsrådets programmer ENERGIX og CLIMIT og EUs Horisont 2020.

En forutsetning for å etablere sterke og dynamisk forskningsmiljøer som kan vokse over tid er vitenskapelig ansatte som initierer og leder forskningsaktiviteten. Bortsett fra innen CO<sub>2</sub>-lagring, er det i dag få ansatte ved fakultetet som bruker mye av sin tid på forskning rettet mot tema som er dekket av arbeidsgruppens mandat. Muligheter for vekst i forskningsaktivitet innen bærekraftig energi forutsetter at flere vitenskapelig ansatte velger å innrette sin forskning inn mot områder knyttet til bærekraftig energi og/eller at forskere med en forskningsprofil rettet mot bærekraftig energi rekrutteres ved nyttilsetninger.

For å vurdere fakultetets muligheter for videre satsing innen ulike områder knyttet til energi og energiomstilling er følgende faktorer av betydning:

- nåværende kompetanse og forskningsaktivitet ved fakultetet
- langsiktig globalt forskningsbehov
- mulighet for å ta sterke posisjoner nasjonalt og internasjonalt
- involvering fra flere forskergrupper og institutter
- potensial for tverrfaglig samarbeid
- potensial for vekst gjennom ekstern finansiering
- forskningsaktivitet i UiBs randsone.

Basert på kompetansekartleggingen som er gjennomført og oppsummert i Seksjon 3, er det tydelig at de områdene der fakultetet i dag står sterkest er CO<sub>2</sub>-lagring, bioenergi, geotermisk energi og vindenergi. Innen disse områdene har det pågått forskningsaktivitet over tid, og flere forskergrupper ved fakultetet er involvert. Dette er områder der fakultetet har naturlige fortrinn grunnet i eksisterende kompetanse og også har mulighet til å ta ledende roller nasjonalt og internasjonalt. Potensialet for vekst gjennom ekstern finansiering fra Forskningsrådet og Horisont 2020 er også god.

Gjennomgangen i kapittel 4.2 (se også vedlegg 1) viser at mye av kompetansen og mange av aktivitetene innen fornybar energi både ved fakultetet og i randsonen er fragmentert, typisk med internasjonalt sett ganske små forskningsgrupper som jobber hver for seg med ulike aspekter av samme hovedtema. Det samme gjelder for den ekspertisen som i prinsippet kunne vært benyttet til slik forskning. Potensialet for økt tverrfaglig samarbeid innad på fakultetet og mot randsonen er dermed betydelig. Knyttet til bioenergi er det muligheter for noe av dette potensialet kan hentes ut i form av samlokalisering av per i dag fragmenterte miljøer i det planlagte Energi- og teknologi-bygget.

Fakultetet har også noe aktivitet innen havenergi og dette er også et område der Universitetet i Bergen har mulighet til å ta en sterk rolle, men det skiller seg fra områdene nevnt over ved at det i mindre grad er prioritert i nasjonale satsinger.

Fakultetet har noe forskningsaktivitet og forskningsinitiativer knyttet til brenselcelleteknologi, energieffektivisering for transportsektoren og energilagring. Fakultetet har mulighet til å gi sterke bidrag til forskning innen disse områdene.

I forskning rettet mot bærekraftig energi og energiomstilling er det gode muligheter for å bygge opp ledende forskning gjennom økt samarbeid på tvers av institutter og fakulteter og mot randsonen. En mekanisme for å bedre utnytte tverrfaglige muligheter og komplementære og sammenfallende interesser er etablering av tidsbegrensete forskningsgrupper der forskere får mulighet til å sammen bygge fremragende forskningsmiljøer, gjennom etablering av felles prosjekter og posisjonering mot større utlysninger. Det er også aktuelt bl.a. å delta i tverrfaglige FME sammen med andre institusjoner. Dette gjelder særlig for forskning knyttet til kraftsystemer og energieffektivisering.

## **5.2 Utdanning**

Mye av styrken i utdanningen som tilbys ved universitetet i dag ligger i en disiplinbasert tyngde. Samtidig mener arbeidsgruppen mener det er viktig at studenter som ønsker en utdanning rettet mot energi tidlig får kjennskap til området og blir engasjert i problemstillinger, oppgaver og prosjekter gjennom studiet. Dette vil bedre legge til rette for planlegging av både disiplinbaserte og tverrfaglige studieløp innen energi. En disiplinbasert bachelorgrad kan både gi grunnlag for opptak på masterprogrammet i energi eller et disiplinbasert masterstudium med en energirelatert masteroppgave.

Universitetet har flere muligheter for å styrke sitt utdanningstilbud i energi

- opprettelse av nye studieprogrammer på bachelor- og masternivå
- nye kurstilbud
- økt oppmerksomhet omkring energi- og energispørsmål i eksisterende kurs
- tilbud om master- og bacheloroppgaver rettet mot energi og energiomstilling innenfor eksisterende disiplinorienterte studieprogram
- opprettelse av sivilingeniørutdanning
- bedre utnyttelse av tverrfakultære og tverrinstitusjonelle muligheter
- styrket samarbeid med næringsliv i regionen

Ved Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet tilbys det i liten grad undervisning i energi- og energiomstilling på bachelornivå innenfor eksisterende studietilbud. Et undervisningstilbud i energi på bachelornivå vil føre til at fakultetet i større grad utdanner kandidater med kompetanse på energi- og energiomstilling, og vil også være viktig for at flere studenter skal se muligheter for å ta energirelaterte masteroppgaver. Å opprette egne bachelorprogram i energi ved fakultetet ser ikke utvalget som en god løsning, siden energifeltet spenner svært bredt, og dette kan skape utfordringer med å gi studentene tilstrekkelig faglig dybde til å kunne gjennomføre et masterstudium, også innen de tema som tilbys i energimasteren.

Et utdanningstilbud innen energi- og energiomstilling som inkluderer kontakt mot industri og næringsliv vil bidra til at utdanningen i sterkere grad møter samfunnsmessige behov, og også legge til rette for sterkere bidrag fra industri og næringsliv inn mot energiutdanningen. Det er allerede god kontakt med regionale og nasjonale energiselskap samt leverandørindustri innen visse tema slik som vind, vann og elkraft, men potensiale for mer kontakt, bl.a. til medveiledning, gjesteforelesninger og ekskursionsjoner.

Basert på ekspertisen som finnes ved flere fakulteter på universitetet er det også gode muligheter for å styrke utdanningstilbudet i tverrfaglig retning. Dette kan gjøres ved at ulike fakulteter tilbyr undervisning også til studenter fra andre fakulteter gjennom bidrag til et felles kurstilbud. Tilbud om prosjektarbeidskurs, der studenter fra ulike institutter og/eller fakulteter samarbeider om å løse energirelaterte problemstillinger, er også en mulighet. Universitetet har erfaring med tilsvarende type kurs gjennom "Dannelsesemnene". Energikompetansen ved fakultetet har vært trukket inn i dannelsesemnet VIT212 "Klima, hva vet vi, hva skal vi gjøre?" og i MNF490 "Vitenskapsteori med etikk". Erfaringene bl.a. herfra og fra sommerskoler i regi av NorRen viser at energifeltet er svært egnet til tverrfaglig refleksjon og vekselvirkning mellom flere disipliner.

Fakultetet planlegger å etablere flere sivilingeniørprogram i tråd med en utvikling mot et mer teknologiorientert fakultet, og det er oppnevnt en egen arbeidsgruppe for vurdering av et sivilingeniørprogram rettet mot energiomstilling. Utvalget anbefaler at denne rapporten tas med i det videre arbeidet med vurdering av nye sivilingeniørprogram.

## **6 Målsetninger og tiltak for styrking, vekst og synliggjøring**

### **6.1 Målsetninger**

Utvalget anbefaler følgende mål for universitetets og fakultetets energistrategi: Forskning og utdanning innen energi og energiomstilling ved UiB og Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet skal være av betydelig omfang og stå sterkt internasjonalt innen utgangen av neste strategiperiode (2016-2022).

Dette skal oppnås gjennom følgende delmål:

- Grunnleggende forskning mot fornybar energi og energiomstilling der UiB har forskningsaktivitet skal prioriteres tydeligere i nasjonale satsinger.
- UiB skal ha sterk vekst i eksternfinansiert forskning knyttet til energi og energiomstilling.
- UiB skal ha nasjonalt ledende roller i flere forskningsområder knyttet til energi og energiomstilling.
- UiB skal delta aktivt i nye Forskningscenter for miljøvennlig energi (FME).
- UiB skal delta aktivt i energirelaterte forskernettverk og satsinger nasjonalt og internasjonalt.
- UiB skal ha en aktiv og koordinert deltakelse internasjonale nettverk som European Energy Research Alliance (EERA) og EPUE (European Platform of Universities Engaged in Energy Research, Education and Training).
- UiB skal opprette et tverrfakultært undervisningstilbud i energi og energiomstilling for alle studenter ved UiB knyttet til ulike fakulteter og fagområder.
- UiB generelt, og Det matematiske naturvitenskapelige fakultet spesielt, skal ha en sterk vekst i antall kandidater som tar utdanning knyttet til energiomstilling.

## **6.2 Tiltak for styrking, vekst og synliggjøring**

Arbeidsgruppen vil foreslå sju tiltak for styrking og vekst i forskningen innen bærekraftig energi ved UiB, knyttet til fem områder.

### **6.2.1 Gjennomgang av organiseringen ved UiB**

Forskning og utdanning innen bærekraftig energi er i dag fragmentert og for lite synlig. For å kunne realisere muligheter på tvers av institutter, fakulteter og randsoneinstitusjoner, vil en sentral organisering være av betydning. Bedre oversikt over fagmiljøene og forskningen som gjøres vil kunne legge til rette for tverrfaglige initiativer, felles strategisk arbeid og deltakelse i internasjonale fora. En felles organisering vil også bidra til koordinering av felles innspill inn mot nasjonale og internasjonale aktører og deltakelse i internasjonale fora som EERA, Horisont 2020, ETP-RHC, EPUE (European Platform of Universities Engaged in Energy Research, Education and Training). I tillegg vil det bedre kontakten mot forskningsråd og myndigheter i spørsmål som angår bærekraftig energi, og bidra til posisjonering av fakultetets forskningsaktivitet i forskningsrådets programmer og H2020. En sentral koordinering gir også muligheter for bedre tilrettelegging for tverrfaglige utdanninger innen bærekraftig energi.

**Tiltak 1:** Organiseringen av forskning og utdanning knyttet til bærekraftig energi på ulike fakulteter ved UiB bør gjennomgås. Utvalget anbefaler opprettelse av et sentralt utvalg som har ansvar for forskning og utdanning innen energiomstilling, særlig knyttet til opprettelse og drift av tverrfakultære aktiviteter innen forskning og utdanning (jf. tiltak 4, 5, og 6), fordeling av såkornmidler (jf. tiltak 2), deltakelse i nettverk og ekstern kommunikasjon mot forskningsråd, myndigheter og andre. En koordinator for energisatsingen bør tilsettes.

### **6.2.2 Oppbygging og vekst i forskningsaktivitet**

Oppbygging og vekst av forskningsaktivitet knyttet til bærekraftig energi er nødvendig for å møte samfunnets behov, men kan bare oppnås ved at vitenskapelige ansatte som har forskningsaktivitet rettet mot områdene styrker denne aktiviteten, ved at forskere endrer sin forskningsaktivitet slik at den i større grad er rettet mot forskningsutfordringer relatert til bærekraftig energi eller energiomstilling, eller ved at fakultetet ansetter flere forskere med en vitenskapelig profil rettet inn mot disse områdene.

**Tiltak 2:** Avsetting av såkornmidler for å stimulere til økt forskningsaktivitet innen bærekraftig energi og energiomstilling ved UiB. Disse midlene kan gå til

- a) frikjøp til skriving av større søknader (f.eks. senter- og Horisont 2020-søknader)
- b) professor II-stillinger for å styrke eksisterende miljøer
- c) driftsmidler til reiser og organisering av arbeidsmøter for faglig utvikling
- d) prosjektmidler i form av stipendiatstillinger for å styrke miljøer som er i ferd med å bygge opp aktivitet.

**Tiltak 3:** Opprettelse av tre stillinger (energiprofessorat) med oppstartspakker innen energi- og energiomstilling. En forutsetning for tilsetting bør være at forskningsaktivitet kan knyttes opp mot forskningsaktivitet i eksisterende miljøer ved fakultetet og/eller i randsonen (jf. kapittel 4.2 og 5.1), og at de som ansettes kan bidra inn mot fakultetets energirelaterte undervisningstilbud.

### **6.2.3 Styrking av samarbeid på tvers av institutter, fakulteter og institusjoner**

En styrking av forskningen vil kreve samarbeid mellom forskere fra flere institutter, fakulteter og institusjoner. Realiseringen av EnTek-bygget gir muligheter til å oppnå samlokalisering og etablering av møteplasser for energiforskningsgrupper som i dag er spredt over flere institutter, fakulteter og institusjoner.

**Tiltak 4:** Opprettelse av tidsbegrensete "Bergensforskergrupper" i samarbeid med CMR, Uni, NHH og Høgskolen i Bergen for å stimulere til samarbeid mellom institusjonene og legge grunnlag for ny felles forskningsaktivitet og synliggjøring av denne. Bergensforskergruppene skal ha som målsetning å levere fremragende bidrag til forskningen innen bærekraftig energi og energiomstilling. Som ledd i dette skal forskergruppene samarbeide om større søknader og etablere en felles prosjektportefølje. Ordningen bør gjelde for hele universitetet. Science City Bergen bør bidra i synliggjøring av satsingen.

**Tiltak 5:** Samlokalisering av energiforskningsgrupper bør vurderes i EnTek-bygget. Forskningsgrupper med fokus mot fornybar energi og energiomstilling som har behov for moderne laboratoriearealer og den tunge infrastrukturen som en ser for seg i EnTek-bygget, for eksempel innen bioenergi, er særlig aktuelle. Det anbefales videre at det i EnTek-bygget vurderes å tilrettelegge for møteplasser for energiforskningsgrupper (jf. tiltak 5) som ikke har sitt daglige virke i bygget, i tråd med tankegangen bak Science City Bergen.

#### **6.2.4 Synliggjøring av energiutdanning og tverrfaglige utdanningsmuligheter**

Mye av styrken i energiutdanningen som tilbys ved fakultetet i dag ligger i en disiplinbasert tyngde. Samtidig mener arbeidsgruppen det er viktig at studenter som ønsker en utdanning rettet mot energi tidlig får kjennskap til området i et bredere faglig perspektiv og blir engasjert i dagsaktuelle problemstillinger og prosjekter gjennom studiet. Dette vil bedre legge til rette for studentenes planlegging av både disiplinbaserte og tverrfaglige studieløp innen energi. Utdanning knyttet til bærekraftig energi bør være et satsingsområde ved fakultetet og universitetet, og UiBs eksisterende utdanningstilbud knyttet til energi må synliggjøres og videreutvikles.

**Tiltak 6:** "Energistudier ved UiB" bør opprettes som en felles samlebetegnelse for universitetets utdanningstilbud innen energi og synliggjøres som en del av studietilbudet. Profileringen bør inkludere både disiplinbaserte og tverrfaglige studieprogram med muligheter for fordypning inn mot bærekraftig energi. Alle fakulteter bør inviteres til en slik felles satsing, og bidra med kurs som kan tilbys til studenter ved andre fakulteter. Fakultetene må arbeide for å videreutvikle studietilbudet og gjøre tilpasninger slik at enkeltkurs kan tas av studenter fra andre fakultet.

#### **6.2.5 Styrking av undervisningstilbud på fakultetet**

For å møte samfunnets behov må fakultetet utdanne flere studenter med kompetanse innen bærekraftig energi og energiomstilling. Studenter som tar kurs knyttet til energi tidlig i studiet, tilegner seg kompetanse som er viktig for samfunnet samtidig som de har bedre muligheter planlegge disiplinorienterte og tverrfaglige studieløp innen bærekraftig energi og energiomstilling.

**Tiltak 7:** Styrking av undervisningstilbud innen energimasteren og på bachelornivå ved ansettelse av tre nye vitenskapelige stillinger (jf. tiltak 3) og opprettelse av to nye kurs:

- a) Et innledende, overordnet kurs som kan tas tidlig i studiet (2. eller 3. semester) som tar for seg energikilder og energibruk fra et matematisk-naturvitenskapelig perspektiv.
- b) Et prosjektarbeidskurs som innledes med en dagskonferanse ("Energistudentkonferansen") der inviterte foredragsholdere fra industri, næringsliv og academia presenterer aktuelle problemstillinger. Med utgangspunkt i tema som blir løftet fram på konferansen, skriver studentene prosjektoppgaver knyttet til dagsaktuelle problemstillinger, som så presenteres på et seminar ved kursslutt.

Kurset beskrevet i punkt a) kan eventuelt erstatte PTEK100-kurset. Begge kursene bør kunne tilbys til alle studenter ved UiB gjennom "Energistudier ved UiB" og også gjøres tilgjengelig for studenter ved samarbeidende institusjoner. Kurset beskrevet i punkt a) bør opprettes av fakultetet, men kan etableres og/eller videreutvikles i samarbeid med andre fakulteter (jf. opprettelse av "Energistudier ved UiB"), slik at studenter med ulik fagbakgrunn kan jobbe sammen om tverrfaglige prosjektoppgaver. Kurset bør utformes slik at det dekker skrivekrav i bachelorgraden.

## Referanser

- Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet. «Mandat for Strategiutvalg for energiforskning.» *Fakultetsstyresak 51, saksnr 2011/1801*. Bergen: Universitetet i Bergen, 8 September 2011.
- Energi21. *Energi21 - Strategi 2014 Nasjonal Strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny energiteknolog, Del 1/2*. Rapport, Lysaker: Energi21, 2014.
- Forskningsrådet. *Mobilisering av energiforskningen*. Rapport, Oslo: Norges forskningsråd, 2014.
- GEA. *Global Energy Assessment*. Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria: Cambridge University Press, 2012.
- IPCC. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. IPCC Report, New York: Cambridge University Press, 2012.
- Jacobson, M.Z., og M.A. Delucchi. «Providing all global energy with wind, water and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure and materials.» *Energy Policy* 39 (2011): 1154-1169.
- Kunnskapsdepartementet. *Lange linjer - kunnskap gir muligheter, Meld. St. 19 (2012-2013)*. Melding til Stortinget, Oslo: Det kongelige norske kunnskapsdepartement, 2013.
- Kunnskapsdepartementet. *Langtidsplan for forskning og høyere utdanning*. Melding til Stortinget, Oslo: Det kongelige norske kunnskapsdepartement, 2014.
- Miljøverndepartementet. *Norsk klimapolitikk, Meld. St. 21 (2011-2012)*. Melding til Stortinget, Oslo: Det kongelige norske miljøverndepartement, 2012.
- Narbel, P. A., J. P. Hansen, og J. R. Lien. *Energy Technologies and Economics*. Springer, 2014.
- Statistisk Sentralbyrå. *Utslipp av klimagasser - årlig, foreløpige tall - SSB*. 14 Oktober 2014. <http://www.ssb.no/klimagassn>.

# Gjennomgang av utdanning og forskning innen bærekraftig energi

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	2
2	Oppsummerende oversikt.....	2
3	Utdanning og forskning innen fornybare energikilder og kjernekraft....	5
3.1	Bioenergi .....	5
3.2	Geotermisk energi.....	7
3.3	Havenergi .....	9
3.4	Vannkraft.....	11
3.5	Solenergi .....	13
3.6	Vindkraft.....	15
3.7	Kjernekraft.....	17
4	Utdanning og forskningsaktiviteter i tverrgående tema.....	18
4.1	CO <sub>2</sub> -fangst og -lagring .....	18
4.2	Elproduksjon, -transport og - distribusjon .....	20
4.3	Energieffektivisering.....	22
4.4	Energilagring.....	23
5	Grunnleggende/tverrfaglig energiforskning.....	24



## 1 Innledning

I dette dokumentet blir utdanning, forskningsaktivitet, kompetanse og muligheter for Det matematisk naturvitenskapelige fakultet ved UiB innen ulike fornybare energikilder og relevante tverrgående forskningstema behandlet. I kapittel 2 gis en oppsummerende oversikt på matriseform over kompetanse og forskningsaktivitet innen ulike områder, mens kapittel 3 gir en mer utfyllende beskrivelse. I dette kapitlet gis det for hvert område en kort innledende omtale før utdanning, forskning, kompetanse og muligheter, samarbeid med randsonen og evt. andre forhold blir beskrevet. Det oppgis også navn på vitenskapelig ansatte med forskningsaktivitet eller forskningsinteresser knyttet til temaet.

Gjennomgangen baseres i stor grad på de innspill som er kommet inn fra fagmiljøene, og utvalget har i liten grad redigert disse. Utvalgets beskrivelse av eksisterende aktivitet innen utdanning og forskning er gitt i Kapittel 4 i hovedrapporten.

## 2 Oppsummerende oversikt

Matrisene på de neste sidene (tabell 1 og 2) gir en oversikt over forskningsfelt knyttet til ulike energikilder og tverrgående områder der de ulike instituttene besitter direkte anvendbar ekspertise.

Det anvendes følgende indekser (med tilhørende fargekoding) for rangering av aktiviteter:

1. Instituttet har pågående forskningsaktivitet rettet mot eller motivert av det aktuelle området som har gått over 5 år eller mer
2. Instituttet har pågående forskningsaktivitet rettet mot eller motivert av det aktuelle området.
3. Instituttet har pågående forskningsaktivitet som er relevant for området i grunnforskningsprosjekter eller prosjekter motivert av andre anvendelser.
4. Instituttet besitter grunnleggende ekspertise for å kunne gå inn i forskningsoppgaver knyttet til området.

Det er benyttet følgende forkortelser:

GFI	Geofysisk institutt
BIO	Institutt for biologi
IFT	Institutt for fysikk og teknologi
GEO	Institutt for geovitenskap
II	Institutt for informatikk
KJ	Kjemisk institutt
MI	Matematisk institutt
MBI	Molekylærbiologisk institutt

For Geovitenskap er aktivitet og kompetanse delvis oppgitt på forskergruppenivå: Kvantære jordsystemer (KJS), Senter for geobiologi (GCB), Geodynamikk (GV), Petroleumsgeofag gruppen (PG).

**Tabell 1: Energikilder, forskningsområder og kompetanse**

Forskningsfelt	Fornybare energikilder						Kjernekraft		Fossile energikilder	
	Bioenergi	Geotermisk energi (termisk/elektrisk)	Havenergi (bølger, tidevann, osmose, OTEC)	Solenergi (termisk/elektrisk)	Vannkraft	Vindkraft	Konvensjonell (critical reactors)	Ukonvensjonell (ADS/fusjon)	Konvensjonelle	Ukonvensjonelle
Akseleatorfysikk								IFT4		
Bergmekanikk		MI2 GV2 PG3 IFT4							MI2 IFT2 PG2	MI2 IFT2 PG2
Biologisk materiale som energikilde	MI4								MI4	
Biomolekylære "devices" - syntetisk biologi	MI4									
CCUS									IFT1	IFT1
Flerfasesystemer	IFT4	MI2 GV2		IFT4					MI1 KI1 IFT4	IFT4
Fluiddynamikk	IFT4	MI2 PG3 IFT4	MI2 IFT4	IFT4	IFT4	IFT4 MI4	IFT4	IFT4	IFT1 MI1 PG2	IFT1 PG2
Fuel cycle							IFT4	IFT4		
Geokjemi	KJS4	GE0/CGB MI2 IFT4	KJS4		KJS4				KI1 PG3 MI3 IFT4	KI1 PG3 MI3 IFT4
Hydrologi		GV4	KJS4		KJS4					
Instrumentering og målevitenskap		GE0/CGB					IFT4	IFT4		
Kjemisk konvertering og katalyse	MI2 IFT4								KI1 MI4	KI1
Leting		GE0/CGB/ GV2/PG2 MI3							GV1 PG1 MI2	PG1
Marin begroing (biofilm)			MI4							
Marin produksjon	MI3									
Materialteknologi										
Molekylmodellering	MI2 MI4	KI4 IFT4	KI4	KI3	KI4	KI4			IFT1 KI4	IFT1 KI4
Nuclear instrumentation							IFT3	IFT3		
Optimering						MI2				
Plasmadynamikk										
Prosessteknologi	MI2 IFT4	IFT4							IFT4	IFT4
Prosessikkerhet	IFT4	IFT4					IFT4	IFT4	IFT4	IFT4
Reaktorteknologi							IFT4	IFT4		
Reservoarkarakterisering		MI2 PG2 GV3							MI1 GV1 PG1	PG1
Seismikk		PG2 MI3 GV3							GV1 PG1 MI2	PG1
Strømning i porøse media	KJS4	MI1 GV3	KJS4		KJS4				MI1 PG1 KI4	
Syntese og karakterisering av energimaterialer	KI1			KI3					KI1	KI1
Termodynamikk	IFT4	MI3					IFT4	IFT4	IFT1 MI1 KI4	IFT1
Elektromagnetisme		MI3							MI1	
Geofysisk monitorering		MI3							MI1	
Stråling innvirkning på liv							MI4	MI4		
Kartlegging fornybare energiresurser		PG2	GF2	GF1	GF2	GF1				
Variabilitet og prediksjon		MI2	GF2	GF2	GF2	GF1				
Miljøpåvirkning		MI3	GF2	GF3	GF2	GF1				

**Tabell 2: Tverrgående tema, forskningsområder og kompetanse**

Forskningsfelt	Elproduksjon, -transport og -distribusjon		Energieffektivisering			Energilagring			CCU og CCS	
	Kraftsystemer	System for elproduksjon	Bygninger	Transportsektoren	Industri	Kjemisk lagring	Mekanisk lagring	Termisk lagring	Fangst	Bruk og lagring
Bergmekanikk						MI4	MI3	MI2		MI2 IFT3
Faststoff adsorbenter						KI1			KI1	KI1
Flerfasesystemer		IFT4				MI4				MI1
Fluiddynamikk		IFT4							IFT4	IFT1 MI1
Geofysisk monitorering										MI1
Geokjemi	KJS4			KI1	KI1	MI3 K14 KJS4	MI3 KJS4	MI3 KJS4	K14	GE0/GE0b MI2 K14/IFT4
Hydrologi	KJS4					KJS4	KJS4	KJS4		
Instrumentering og målevitenskap									KI1	GE0/GE0 KI1
Kjemisk konvertering og katalyse				KI1	KI1	MI4			KI1	KI1
Materialteknologi		IFT4								
Molekylmodellering				K14	K14	MI4 IFT4	IFT4	IFT4	IFT2 KI2	IFT1 KI2
Optimering				II2						
Reservoarkarakterisering						GV4	IFT4 GV4	GV4		MI1 GV4
Seismikk						GV4	GV4	GV4		GV4
Strømning i porøse media	KJS4					K14 MI4 GV4 KJS4	MI3 GV4 KJS4	MI3 KJS4		MI1 IFT1 GV4
Syntese og karakterisering av energimaterialer	K14	IFT4		KI2	KI2	KI1			KI1	KI1
Termodynamikk		IFT4				KI1 IFT4	IFT4	IFT4	KI1 IFT1	IFT1 MI2

## 3 Utdanning og forskning innen fornybare energikilder og kjernekraft

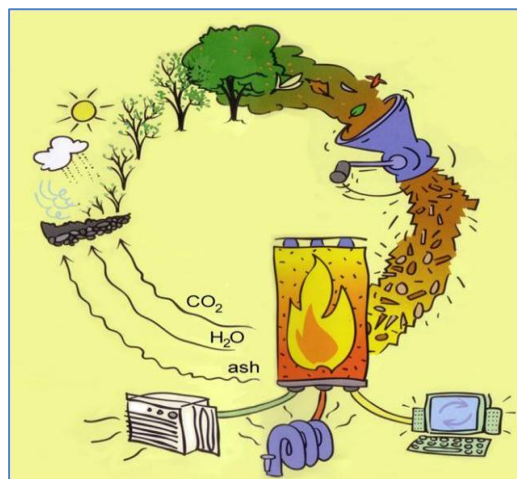
### 3.1 Bioenergi

Bioenergi er betegnelsen på energi som dannes ved forbrenning av biomasse, og som dermed utnytter energien som er lagret i kjemiske forbindelser i planter og dyr. Den primære energikilden er lys som driver fotosyntesen i planter, og i denne prosessen bygger opp energirike organiske forbindelser fra karbondioksid og vann.

Solenergien "lagres" altså som biomasse som fungerer som en energibærer for å generere varme, elektrisitet og drivstoff for ulike sektorer. Estimert total biomasseforsyning for moderne bioenergi var i 2008 0.4 TW og sekundær levert energi er ca 0.2 TW (IPCC 2012). Siden biomasse er

karbonbasert, utgjør den en kilde til fornybare karbonforbindelser som er et alternativ til petroleumsbaserte drivstoffer og råstoffer til kjemisk industri. Forskning innen konvertering av biomasse til biodrivstoff og kjemiske produkter er derfor et raskt voksende område. Kjemisk konvertering baserer seg ofte på temperatur-drevne reaksjoner – termokjemisk omdanning. Utvikling av egnede katalysatorer kan fremme effektiv konvertering til produkter med høy verdi. En viktig målsetningen er å produsere drivstoff som kan brukes i transportsektoren med eksisterende motorteknologi, og det er derfor klare koplinger til oljeraffinering. Siden karbonet som til slutt forbrennes i utgangspunktet er en del av det atmosfæriske kretsløpet, kan produksjonsprosessene være bærekraftige fordi den ikke frigjøres fossilt karbon.

Effektiv og bærekraftig utnyttelse av bioenergi krever tverrfaglig innsats. Eksempelvis er mye av den biologiske forskningen på området rettet mot identifikasjon, studier og videreutvikling av egnede kilder til biomasse, først og fremst planter. Den tilsvarende kjemisk forskningen er i stor grad rettet mot utvikling av effektive prosesser for å konvertere biopolymerer med høyt oksygeninnhold og lav energitetthet til produkter med lite oksygen og høy energitetthet. Det handler altså om organisk-kjemiske reaksjoner for omdanning av polymerer til monomerer og videre transformasjoner til sluttprodukter med egnet struktur, og her inngår en kombinasjon av syntetisk organisk kjemi, utvikling og bruk av nye katalysatorer som kan kutte opp polymerene og fremme hydrogenering og deoksygenering av oksygenrike forbindelser, analytisk kjemi



#### Bioenergi og karbonkretsløpet

Fra Oakland University 2011 April -  
BioEnergy Conference

([http://www.oakland.edu/upload/images/Energy%20Management/BioEnergy\\_Pic.jpg](http://www.oakland.edu/upload/images/Energy%20Management/BioEnergy_Pic.jpg))

for karakterisering av produkter, og petroleumskjemi for samkjøring med eksisterende prosesser og produkter.

#### Utdanning:

Bachelor i biologi, molekylærbiologi, kjemi eller fysikk gir den nødvendige bredden for videre spesialisering i de aktuelle temaene innen biomasse, bioproduksjon og konvertering på masternivå. Ved Kjemisk institutt tilbys for eksempel masterprosjekter innen konvertering av biomasse til biodrivstoff og kjemiske produkter av forskningsgruppene Petroleum- og kolloidkjemi, Uorganisk nanokjemi og katalyse samt Nanomodellering og teoretisk kjemi.

#### Forskningsaktivitet

For Kjemisk institutt er petroleum, naturgass og biodrivstoff tematiske satsingsområder, og det er betydelig aktivitet, både med finansiering fra Norges Forskningsråd og relevant industri. Europeiske prosjekt er også under utvikling. Prosjektene spenner fra grunnleggende utvikling av prosesser for kjemisk konvertering av bio-råstoff til optimering i nær kontakt med industripartnere. Forskningsprosjekter foregår spesifikt på følgende områder:

- konvertering av lignin fra trevirke til petroleumskompatibel bio-olje
- utvikling og testing av katalysatorer for forbedret termokjemisk konvertering av lignin
- oppskalering av termokjemiske prosesser for produksjon av bio-olje
- katalytisk konvertering av lipider/fettsyrer fra mikroalger

Ved Molekylærbiologisk institutt og Biologisk institutt finnes det kompetanse og aktiviteter relevant for produksjon av (marin og ikke-marin) biomasse til energiformål. Tunikat-prosjektet tar for seg dyrking og bruk av kappedyr (tunikater) til blant annet biodrivstoff.

#### Kompetanse og muligheter

I tillegg til den pågående forskningen innen biomasse, konvertering og biodrivstoff, har Fakultetet bred kompetanse innen petroleumsforskning som er overførbart til biodrivstoff. Ved Kjemisk institutt gjelder dette for eksempel produksjon og raffinering av bio-olje, analyse av produkter, kjemometri i forsøksdesign, evaluering av analysedata og modellering sammenhenger mellom kjemisk sammensetning og fysikalske egenskaper samt utvikling av katalysatorer. Instituttets sterke kompetanse innen naturstoffkjemi kan også bidra til målrettet utnyttelse av biomasse i produksjon av finkjemikalier.

Fakultetet har kompetanse og aktiviteter som involverer hele verdikjeden fra produksjon av biomasse til produksjon av bioenergi og biodrivstoff, men den er i begrenset grad integrert. Et sterkere samarbeid på tvers av instituttene vil kunne gi gode resultater.

#### Samarbeid med randsonen

Det samarbeides med Senter for anvendt bioteknologi ved Uni Research på prosjekter innen bioprospektering, og noen av disse har relevans for bioenergi og produksjon av biodrivstoff. Samtidig er det klart at hele potensialet for denne

typen samarbeid ikke er tatt ut, kanskje spesielt når det gjelder utnyttelse av marin biomasse til bioenergi.

I Tunikat-prosjektet er det etablert tverrfaglig samarbeid, også på tvers av institusjonene, mellom UiB (Biologisk institutt) og Uni Research (Uni Miljø) i dette tilfellet.

#### Andre forhold

Biomasse som råstoff vil være sentralt på global basis for omlegging til fornybar og bærekraftig industri. En slik omlegging er helt avhengig av et meget aktivt forskningsarbeid innenfor flere kjemiske spesialiseringer. Bioraffinerier må raskt etablere prosesser som konkurrerer økonomisk i markedet for drivstoff og kjemikalier i forhold til oljeraffinerier som har fått utvikle seg over lang tid (>75 år), og dette krever kjemisk forskning og innovasjon. Norge har betydelige ledige ressurser av skogsråstoff og stort potensiale for utnyttelse av marine råstoff, og kjemisk forskning og utvikling har dermed betydelige og interessante utfordringer å jobbe med i overgangen fra petroleums-basert til fornybar produksjon av drivstoff og kjemikalier.

#### Vitenskapelig personell:

- Tanja Barth (KJ)
- Pascal Dietzel (KJ)
- Gunnar Bratbak (BIO)
- Thorolf Magnesen (BIO)
- Erwan Le Roux (KJ)
- Vidar R. Jensen

### **3.2 Geotermisk energi**

Dyp geotermisk energi kan utvinnes fra konvensjonelle hydrotermiske systemer (varme grunnvannskilder) eller ved konstruerte geotermiske systemer, der et dypt reservoar etableres ved åpning av sprekkenettverk i undergrunnen. Den dype ressursen benyttes til kraftproduksjon eller fjernvarme. En fordel med kraftproduksjon fra geotermiske anlegg er den høye kapasitetsfaktoren: 75% i gjennomsnitt, og som regel over 90% for nyere anlegg. Bortsett fra på Svalbard har Norge ikke hydrotermiske ressurser, men utvinning av geotermisk energi har sterke synergieffekter mot petroleumsutvinning og gir dermed muligheter internasjonalt.

Grunn geotermisk energi utnyttes til oppvarming og kjøling ved bruk av varmepumper. I Norge er størstedelen av anvendelsen knyttet til borehull i fjell, og spenner fra enkle borehull knyttet til husstander til større brønnparker med over 200 borehull knyttet til oppvarming og kjøling av større bygningskomplekser. For de større anleggene kombineres varme og kjøling slik at grunnen fungerer som et energilager.

Kommersiell kraftproduksjon basert på geotermisk energi har foregått i mer enn hundre år, og i 2010 var den årlige kraftproduksjonen 76 GW, hovedsakelig fra konvensjonelle hydrotermiske ressurser. I tillegg ble det benyttet 140 GW

geotermisk varme fra dype og grunne systemer (IPCC 2012), der ca. halvparten av bruken er muliggjort ved geotermiske varmepumper.

De største forskningsutfordringene for økt utnyttelse av geotermisk energi er knyttet til bedre forståelse av koblede fysiske prosesser i reservoaret og utvikling av kostnadseffektive kartleggingsmetoder og boreteknologi.

### Utdanning

Geotermisk energi er en egen spesialiseringsretning i masterprogrammet i energi, og blir også behandlet i kurset Energi 200. I tillegg gis det mange relevante kurs innen fysikk, geologi, matematikk og kjemi ved fakultetet.

Det er skrevet masteroppgaver innen geotermisk energi ved Matematisk institutt, Institutt for geovitenskap og Institutt for fysikk og teknologi. Oppgavene har vært gjennomført i instituttens egne masterprogrammer og gjennom energimasteren. Oppgavene har tatt for seg problemstillinger knyttet til både dyp og grunn geotermisk energi.

### Forskningsaktivitet

Fakultetet har i dag forskningsaktivitet rettet mot geotermisk energi ved Matematisk institutt og institutt for geovitenskap.

Ved Matematisk institutt er forskningstema matematisk modellering og numerisk simulering knyttet til

- oppsprukne geotermiske reservoarer
- produksjon av høytemperatur ressurser
- geokjemiske prosesser og fluid-stein interaksjon
- stimulering av geotermiske reservoarer åpning av sprekenettverk

I tillegg til interne ressurser, er aktiviteten finansiert gjennom flere eksterntfinansierte prosjekter ledet fra instituttet, med bidrag fra Forskningsrådet, Akademia-avtalen og BKK-avtalen. Forskningen involverer 4 fast vitenskapelig ansatte i tillegg til PhD studenter, postdoktorer og masterstudenter.

Ved institutt for geovitenskap har forskningsaktivitet vært knyttet til

- kartlegging av sprekker og effekt på fluidstrøm
- kartlegging av varmestrøm
- analyse av seismiske data fra geotermiske felt.

Aktiviteten har så langt involvert 3 fast vitenskapelig ansatte i tillegg til PhD og masterstudenter.

### Kompetanse og muligheter

Det finnes sterk ekspertise på aktuelle forskningstema som ikke inngår i dagens aktivitet ved både Institutt for fysikk og teknologi, Kjemisk institutt og Institutt for geovitenskap (se Tabell 1), og UiB har gode muligheter til å hevde seg med forskningsbidrag viktige for utnyttelse av geotermisk energi med utgangspunkt i eksisterende ekspertise. Kompetanse rettet mot petroleum er i mange tilfeller overførbar inn mot forskningsområder knyttet til geotermisk energi. Økt

samarbeid på tvers av instituttene vil kunne bidra til at forskningsmiljøet ved fakultetet får en kritisk masse forankret i flere disipliner.

#### Samarbeid med randsonen

UiB har forskningssamarbeid med både CMR og Uni på fagområdet, som begge har sterk kompetanse innen flere relevante forskningstema. Foreløpig har samarbeidet vært knyttet til mindre forskningsprosjekter og masterprosjekter, men det er sendt og planlegges felles forskningssøknader til ENERGIX og Horizon2020. UiB, CMR og Uni deltar sammen som konsortium i EERA-JPGE (European Energy Research Alliance – Joint Program Geothermal Energy), som har som mål å levere forskning av høy kvalitet for å øke kostnadseffektive teknologier for økt produksjon av geotermisk energi i EU og verden forøvrig. UiB, CMR og Uni var alle sentrale i etableringen av CGER (Norwegian Center for Geothermal Energy Research i 2009), og UiB ledet også nettverket fram til vertskapet for senteret ble overført til CMR. Et ytterligere forsterket samarbeid med randsonen, særlig knyttet til mer anvendte forskningstema, vil gi et bredere orientert og mer robust forskningsmiljø rettet mot geotermisk energi i Bergen.

#### Andre forhold

Gjennom klimaforliket er det vedtatt at det skal opprettes et forskningscenter for miljøvennlig energi innen geotermisk energi, og dette er også nevnt i regjeringsplattformen. Det er avsatt midler fra akademia-avtalen fra 2014 mellom Statoil og UiB til søknadsarbeid.

#### Vitenskapelig personell:

- Inga Berre (MI)
- Ritske Huisman (GEO)
- Henk Keers (GEO)
- Eirik Keilegavlen (MI)
- Jan Nordbotten (MI)
- Florin Radu (MI)
- Atle Rotevatn (GEO)

### **3.3 Havenergi**

Energi fra havet kan produseres fra seks kilder: bølger, tidevann-svingninger i vannstand, tidevannstrømmer, havstrømmer, termisk energi og saltgradienter. Det teoretiske potensialet for havenergi overskrider de globale behov. Teoretiske estimat er imidlertid usikre og det globale tekniske potensialet varierer fra omlag 0.2 – 10 GW (IPCC 2012). Teknologisk er havenergisystemer i et tidlig utviklingsstadium men teknologisk framskritt kan med tiden gi strøm fra havenergi til konkurransedyktig pris.

Bølgeenergi er energi fra vinddrevne bølger. Norge har en lang kyst med mye vind og det teoretiske potensialet er estimert til omlag 34 GW. Runde miljøcenter i Møre og Romsdal er foreslått som sted for testing av bølgekraftteknologier. For dette fylket alene er potensialet for bølgekraft estimert til mere enn 10 GW. Mange teknologiske løsninger for utnyttning av kraft fra bølger er foreslått og i mange tilfeller er de også prøvd ut. Det er imidlertid betydelige teknologiske utfordringer som



gjenstår. Bølgekraftverk må tåle alle bølgetilstander og samtidig kunne levere kraft til konkurransedyktig pris.

Det er to ulike måter å utnytte energi fra tidevannet på. Det kan bygges basseng som samler opp vann når det flør. Ved fjære slippes vannet ut og ledes gjennom turbiner. Slike kraftverk er bygd flere steder rundt i verden og egner seg der det er stor vannstandsfor forskjell mellom flo og fjære som for eksempel i Frankrike og Korea. Langs Norskekysten er vannstandsfor forskjellene forholdsvis små og metoden er derfor mindre aktuell her.

Alternativt kan det produseres strøm fra tidevannsstrømmer gjennom sund. Både innløp til fjorder og sund mellom øyer eller mellom øy og fastland er aktuelle. Det er også foreslått å bygge kunstige barrierer med åpninger der vannet ledes gjennom med tanke på optimal energiproduksjon. Langs Norskekysten er det mange sund med sterke strømmer slik at denne metoden framstår som attraktiv her.

Det er estimert at det teoretiske potensialet er 2 GW. Estimater er usikkert, det tar for eksempel ikke hensyn til det store reservoaret av potensiell energi som er tilgjengelig for omdanning til kinetisk energi og videre til strøm. På den andre siden er det som for bølgekraft mange teknologiske utfordringer. Mange metoder for å utnytte energi i tidevannsstrømmer er og blir foreslått og de blir prøvd ut både i Norge og flere steder i verden.

Havstrømmer har generelt lavere hastighet enn tidevannsstrømmer og det vil kreve betydelig teknologiutvikling før energi fra disse kan utnyttes. Potensialet for termisk energi fra havet er enorm. Utnyttelse til oppvarming gjøres i dag, men det vil kreves store teknologiske framskritt før det kan produseres strøm til konkurransedyktig pris fra varmen i havet. Metoden egner seg også best i varmere farvann enn Norge. Saltkraftproduksjon har vært prøvd i Norge, men videre satsing vil kreve videreutvikling av membranteknologi.

### Utdanning

Havenergi er en egen spesialiseringsretning i masterprogrammet i energi, og blir også behandlet i kurset Energi 200. I tillegg gis det mange relevante kurs innen fysikk, oseanografi, matematikk og kjemi ved fakultetet.

Det er skrevet masteroppgaver innen havenergi ved Matematisk institutt og Institutt for fysikk og teknologi. Oppgavene har vært gjennomført i instituttens egne masterprogrammer og gjennom energimasteren. Oppgavene har tatt for seg problemstillinger knyttet til potensialet for utnyttelse av energi fra havet.

### Forskningsaktivitet

Det er en betydelig marin forskning ved fakultetet som danner et faglig grunnlag for satsing på havenergi. Det er relevante forskningsaktiviteter rettet mot forståelse av fysiske fenomen ved Geofysisk institutt, Institutt for fysikk og teknologi og Matematisk institutt. Optimering er sentralt i forskning på energi og det gir kobling mot Institutt for informatikk. Fysiske installasjoner med tanke på energiproduksjon fra havet vil påvirke det marine miljø, sedimenter og

bunnforhold og det gir koblinger mot Institutt for biologi og Institutt for geovitenskap.

Aktuelle forskningstema er

- optimal plassering av havenergiinstallasjoner
- potensialstudier av havenergi
- bevegelser og krefter på flytende energiinstallasjoner
- konsekvensstudier av havenergiproduksjon både på fysikk og miljø
- studier av energi knyttet til spesifikke lokaliteter og/eller spesifikke teknologiske løsninger
- fysisk forståelse av strøm og bølger inn mot havkraftverk

Aktiviteten involverer så langt fast vitenskapelig ansatte, PhD studenter, postdoktorer og masterstudenter.

#### Kompetanse og muligheter

Ved fakultetet er det ekspertise og forskningsaktiviteter som i dag ikke er rettet mot havenergi, men som kan danne en faglig sterk basis for forskning på energi fra havet i vid forstand. Økt samarbeid på tvers av instituttene vil kunne bidra til at forskningsmiljøet ved fakultetet får en kritisk masse forankret i flere disipliner.

#### Samarbeid med randsonen

UiB har forskningssamarbeid med Uni Research innenfor havenergi. Det planlegges å knytte kontakter mot CMR, Nansensenteret, Havforskningsinstituttet og NIVA. Det er tatt kontakt med Bergen Marine Klynge med tanke på å styrke samarbeidet og å danne et robust forskningsmiljø på havenergi i Bergen.

#### Andre forhold

Havenergi er trukket fram som et satsingsområde i den marine strategien for fakultetet som nylig er vedtatt.

#### Vitenskapelig personell:

- Jarle Berntsen (MI)
- Finn Gunnar Nielsen (GFI)
- Knut Barthel (GFI)

### **3.4 Vannkraft**

Vannkraft er en miljøvennlig og fornybar energikilde som bruker strømmende vann til mekanisk arbeid eller til omforming til elektrisitet. Man utnytter energipotensialet som vann innehar i en høyde over havet på grunn av jordklodens gravitasjonskraft. 97 prosent av all kraftproduksjon i Norge kommer fra vannkraft. Norge har spesielt gode forutsetninger for å drive med vannkraftproduksjon da neste 40 % av landarealet ligger over 600moh., der Norddryggen utgjør et høyfjellsområde som strekker seg gjennom hele landet fra sør til nord. I forhold til det globale vindsystemet ligger Norge midt i vestavindsbeltet som fører med seg mye fuktig luft inn mot kysten. Luften blir presset opp i møtet med fjellene og gjør at kyststrøkene i Norge har en års

nedbør på mellom 1000 og 3000 mm. Den relativt lave lufttemperaturen gjør at fordampingen er moderat hele året noe som gjør det mulig å utnytte mer av nedbøren til vannkraft.

Prinsippet bak vannkraft er enkelt; å utnytte energien i rennende vann. Mange vannkraftverk har vannmagasiner, og i noen vassdrag ligger flere kraftstasjoner etter hverandre i vassdraget slik at energien i vannet utnyttes flere ganger før vannet renner ut i havet. I kraftstasjonen sørger vannet for å drive turbinen, og i generatoren omdannes den mekaniske energien til elektrisk energi. Elektrisk energi kan transporteres via kraftlinjer over store avstander og gjør at områder langt vekk fra kraftverkene kan forsynes med strøm. Vannkraft er en regulerbar energikilde siden vann kan lagres i magasinene. Særlig vannkraftverkene med magasiner er interessante i fremtidens energi perspektiv da disse kan lagre energi og på den måten spille en viktig rolle sammen med andre fornybare energikilder som vind- og solkraft da lagring av disse energitypene er dyrt og vanskelig.

På verdensbasis utgjør vannkraft rundt en sjettedel av den totale kraftproduksjonen, og var i 2008 rundt 1 TW (IPCC 2012). Norsk vannkraft utgjør nesten 50 prosent av Europas magasinkapasitet. Nye prosjekter i Norge har potensiale for å produsere nærmere 4 GW gjennom forbedring av eksisterende anlegg samt utbygging av nye områder. Disse prosjektene er i hovedsak knyttet til mindre elvekraftverk samt modernisering av eksisterende anlegg gjerne med omlegging til pumpekraftverk der en utnytter elektrisiteten i perioder med lave kraftpriser til å pumpe vannet opp igjen i høyereliggende magasiner.

### Utdanning

UiB har innføringskurs i geologi som er relevant for de som vil jobbe med vannkraft der hele krysofæren bli gjennomgått. Pr i dag er det ikke tilbud innen for hydrologi/hydrogeologi innen geofagene i Bergen noe som ville ha styrket denne utdanningen. Men fra 2014 er det tatt opp 4 studenter i energimasteren innen temaet Nedbør, snømelting og vannkraft med veiledning fra GFI. Også meteorologi ved GFI er relevant utdanning for arbeid innen for vannkraftindustrien. De senere år har flere uteksaminerte kandidater ved GFI fått arbeid i BKK og andre energiselskaper. Ved Institutt for biologi er det også relevante utdanningsløp i særlig i forhold til å se på konsekvenser av vannkraftutbygginger og dets effekter på biosfæren.

### Forskningsaktivitet

Det er begrenset forskningsaktivitet ved UiB i dag som er rettet direkte inn mot vannkraft. Men dersom en ser på forskning som er knyttet til den hydrologiske syklus og forskning knyttet til krysofæren er det relativt stor aktivitet ved UiB. Dette inkluderer forskere både ved Institutt for biologi, Institutt for geofysikk og Institutt for geovitenskap. Mye av forskningen har dreiet seg om konsekvenser av vannkraftutbygging som endringer i vassdrags hydrologi, endringer i fjordsirkulasjon, redusert fossesprøyt, konsekvenser for biologisk mangfold, konsekvenser for fiskebestander, samt i mer samfunnsvitenskapelig retning forskning som går på svekket opplevelsesverdi av landskapet som en konsekvens av utbygging.

Aktuelle forskningstema er:

- All forskningsaktivitet som går inn mot den hydrologiske syklus der en ser på endringer i fortid, nåtid og i fremtid.
- Kryosfære forskning der en ser på endringer i for eksempel brehydrologi i et fremtidig varmere klima, endringer i permafrost, skråningsstabilitet osv.
- Flom – vassdragshydrologi
- Fjordsystemer – sirkulasjonssimulering, endringer i fisk og biologisk mangfold

#### Andre forhold

Gjennom BKK er sine årlige stipend er det relativt god kommunikasjon mellom industrien og prosjekter med relevans for kraftprodusentene. Også andre aktører som Statkraft og Sunnhordaland Kraftlag er inne og finansierer forskning knyttet særlig til isbreer og vassdrag knyttet til disse.

#### Vitenskapelig personell:

- Jostein Bakke (GEO)
- Asgeir Sorteberg (GFI)
- Joachim Reuder (GFI)

### **3.5 Solenergi**

Uten skyer og midt på dagen ved ekvator tilsvarer den elektromagnetiske strålingen fra solen ca. 1000 W per m<sup>2</sup> overflate. Selv om denne energifluksen er klart mindre ved våre breddegrader og med vestlandske værforhold, er den i gjennomsnitt (ca. 175 W/m<sup>2</sup>, dvs. ca. 89000 TW for hele jordoverflaten og 27000 TW for det totale landarealet) likevel mer enn høy nok til å dekke verdens løpende energibehov på ca. 17 TW. Strålingen fra solen utnyttes indirekte i fornybare energikilder som biomasse, vind, bølger og vannkraft. Solenergi kan også utnyttes direkte, til oppvarming, til produksjon av elektrisitet samt til produksjon av kjemisk energi.

Mens varme kan genereres relativt enkelt og også effektivt fra sollys, er denne energiformen ikke like anvendelig som elektrisitet eller kjemiske energibærere. Mye av fokuset de senere årene, både når det gjelder forskning og implementering, vært på fotovoltaiske celler. I de ledende forskningslaboratoriene utvikles det stadig nye celler som omdanner sollys til elektrisk kraft mer effektivt enn før, og de masseproduserte solpanelene blir stadig billigere. Selv om fotovoltaiske celler totalt bidrar med under 1% av verdens totale elektrisitetsproduksjon, økes den installerte kapasiteten med 30-40% per år. Internasjonalt forskes det også intenst på ulike former for fotokatalytisk konvertering av solenergi til kjemisk energi (for eksempel hydrogen), men det vil ta tid før slik kunstig fotosyntese vil kunne spille en rolle i den globale energiproduksjonen.

Innen kunstig fotosyntese er de viktigste forskningsutfordringene fremdeles av ganske fundamental karakter. Blant annet må det utvikles langt mer robuste fotokatalysatorer for at disse skal kunne brukes i industriell produksjon og ikke bare under kontrollerte laboratorieforhold. Den fotovoltaiske

energiproduksjonen er kommet mye lenger, og her ligger de viktigste utfordringene i å utvikle celler som kombinerer høy effektivitet med lang levetid og lave produksjonskostnader.

### Utdanning

Solenergi inngår som en del av spesialiseringsretningen Fornybar energi i masterprogrammet i energi, og blir også behandlet i kurset Energi 200. I tillegg gis det mange relevante kurs innen fysikk og kjemi ved fakultetet. Ved Institutt for fysikk og teknologi er en mastergradsoppgave innen fotovoltaiske celler under utarbeidelse.

### Forskningsaktivitet

Fakultetet har i dag forskningsaktivitet rettet mot solenergi ved Institutt for fysikk og teknologi. Forskningen foregår i forskningsgruppen for Nanofysikk, og er rettet mot fremstilling av metalliske nanopartikler samt studier av slike partiklers optiske egenskaper. Disse aktivitetene er direkte relevante for utvikling av nye fotovoltaiske celler basert på nanotynne metall-lag som avsettes på bærerflater. Aktiviteten relatert til fotovoltaiske celler involverer én fast vitenskapelig stilling, og har mottatt eksterne ressurser blant annet fra Forskningsrådet.

### Kompetanse og muligheter

Det finnes ekspertise og miljøer ved både IFT og KI (se Tabell 1) som i høy grad vil kunne spille en rolle i fremtidige prosjekter rettet mot utnyttelse av solenergi. Blant annet har grupperinger som per i dag ikke har aktivitet innen solenergi deltatt i prosjektsøknader rettet mot fotovoltaiske celler de siste årene. Ved IFT vil for eksempel ekspertisen innen kvantefysikk og optikk kunne være nyttig for forståelse og beskrivelse av fundamentale fotoelektriske prosesser. Ved KI synes det klart at flere aktiviteter, blant innen molekylmodellering, energimaterialer og kjemisk reaktivitet og katalyse, eventuelt vil kunne vinkles mot problemstillinger knyttet til fotovoltaiske celler og kunstig fotosyntese. Ved GFI gjøres høykvalitets målinger og beregninger av solstråling og det har vært deltakelse i europeiske prosjekter om ressursgrunnlaget siden 1990-tallet. Også innen solenergi ser en altså at økt samarbeid på tvers av instituttene vil kunne bidra til at forskningsmiljøet ved fakultetet får en kritisk masse forankret i flere disipliner.

### Samarbeid med randsonen

Nanofysikk-miljøet ved IFT samarbeider med EnSol AS som står for den kommersielle utviklingen av solceller blant annet basert på teknologi fra forskningsgruppen. Ved Høyskolen i Bergen finnes det et lite miljø som, i samarbeid med utenlandske forskningsgrupper, utvikler fargestoff-sensibiliserte solceller.

### Andre forhold

Den norske solenergiforskningen er i stor grad vinklet mot silisiumbasert teknologi, noe som ikke minst reflekteres i aktivitetene til det IFE-ledede FME-senteret innen solcelleteknologi. Dersom Bergens-ledede nisjer i solenergiforskningen skal styrkes/utvikles, bør disse i hovedsak konsentreres om alternativer til tradisjonell silisiumbasert teknologi.

#### Vitenskapelig personell:

- Pascal Dietzel (KJ)
- Bodil Holst (IFT)
- Vidar R. Jensen (KJ)
- Jan Asle Olseth (GFI)

### **3.6 Vindkraft**

Vind er sammen med solenergi den av de nye fornybare energikildene som er kommet lengst i implementering både i verden, Europa, Norden og Norge. Masseproduksjon av turbiner foregår i industriell skala med stadig større turbiner og bedre energiutnyttelse. Dette er en moden teknologi, men med potensiale for stadig reduserte kostnader. Havvind har generelt større teknisk potensiale enn vind på land simpelthen fordi det blåser mer til sjøs. Store turbiner på opp mot 10 MW som nå produseres kan hente mer energi pr areal. Det er også lettere å transportere slike store konstruksjoner til vanns enn til lands. Utfordringene offshore er i første rekke knyttet til det tilhørende investeringsbehovet og vedlikeholdskostnader. Det kreves bedre kunnskap om ressursgrunnlaget og vindvariabiliteten inkludert turbulens for å utvikle bedre styringssystemer og rimeligere vedlikeholdsprosedyrer. Storbritannia er idag verdensledende utbyggingsområde for havvind med langsiktige ambisjoner. Statoil og Statkraft har bl.a. tatt ansvar for utbygging og drift av de to feltene Sheringham Shoal og Dudgeon og er også tungt inne i utvikling av det planlagte gigantfeltet på Doggerbank i britisk sektor. Det finnes også en betydelig norsk leverandørindustri med milliardomsetning selv om det ikke er noe norsk hjemmemarked for havvind. De fleste felt bygges ut med bunnfaste installasjoner, men bl.a. Japan og USA har store ambisjoner for flytere. Statoils flytende vindturbin Hywind som er utstyrt med en 2.3 MW turbin har nå i 5 år produsert energi utenfor Karmøy og er fortsatt verdensledende på flytende havvind.

#### *Utdanning*

Ved Geofysisk institutt har master og PhD-kandidater i meteorologi i mer enn 10 år, gått til energibransjen og leverandører til energiselskapene der de jobber med ressurskartlegging og planlegging av særlig vind og vann. En betydelig økning i antall kandidater både på master og PhD er kommet ifbm satsing på havvind inkludert FME NORCOWE fra 2009. Dette gjelder særlig GFI, men også Informatikk. Vindenergi inngår som et tema innen studieretningen Fornybar energi i masterprogrammet i energi, og blir også behandlet i kurset Energi200. I tillegg vil energimasterstudenter i temaene Miljøkonsekvenser av fornybar energi og Energianalyse og Optimering jobbe med forskjellige aspekter av vindkraft.

#### Forskningsaktivitet

Innen vindenergi er Geofysisk institutt den største aktøren, men også Institutt for informatikk har betydelig aktivitet og eksterne prosjekter særlig knyttet til kompetansen i optimering. Meteorologer og oseanografer ved Geofysisk institutt har i mange år vært svært etterspurt i klimaforskning, og vindenergi var ikke noe aktivt forskningstema før 2008 selv om noen utdannete kandidater gikk til

denne bransjen. Med FME-utlysningen i 2009 kom imidlertid en mulighet til å utnytte og dreie noe av kompetansen inn mot havvind. Særlig har målinger av vindvariabilitet og havtilstand nær havoverflaten vært et fokusert område og blitt den mest internasjonalt profilerte og anerkjente delen av NORCOWE.

Miljøet har også vært sentral i å få finansiert og etablert nasjonal forskningsinfrastruktur for havvind. Som del av den felles norske forskningsinfrastrukturen NOWERI (Norwegian Offshore Wind Energy Research Infrastructure) har UiB v/Geofysisk Institutt eierskap til og ansvar for måleutstyr i Offshore Boundary Layer Observatory (OBLO), mens NTNU har ansvar for en flytende turbin (FLEXWT). OBLO brukes i internasjonale målekampanjer rettet mot bedre forståelse og kontroll av store vindturbiner i store havvindparker. Aktiv forskning foregår på havvind med tema innen grenselagsmeteorologi og oseanografi, strømming, laster og energihøsting fra enkeltturbiner, parkstyring og vedlikehold i tillegg til den klassiske ressurskartleggingen. Generelt er utvikling av målesystemer, test og verifikasjon av modeller og fremskrivninger av vindforholdene inkludert turbulensstruktur over tidsskala fra sekunder til år aktive forskningstema.

#### Kompetanse og muligheter

Norge har særlige kompetansefortrinn for havvind med marin og maritim tradisjon i næringsliv og forskning. I tillegg til det operasjonelle med parkstyring og vedlikehold er det voksende interesse for tjenester som kan gi fremskrivninger for energimarkedene, lignende til tjenester for vannkraft.

#### Samarbeid med randsonen

NORCOWE koordineres av CMR. Met.no og Uni Research er blant deltakerne. I regi av NORCOWE og i samarbeid med Arena NOW, Bergen Næringsråd og Greater Stavanger er det bygget opp en svært vellykket tradisjon for arrangement "Science meets industry". Virksomheten ved Geofysisk institutt tilknyttet NORCOWE har vært sentral i å trekke nye internasjonale industripartnere inn i NORCOWE fra 2014. Det samarbeides tett med både forsknings og brukerpartnere særlig CMR, Statoil, Statkraft, Met.no, StormGEO.

#### Andre forhold

Gjennom NORCOWE er det etablert nye samarbeidsflater med komplementær kompetanse ved UiS (offshore engineering og miljølaste på konstruksjoner), UiA (mekatronikk) og UiÅlborg (vindturbiner, vedlikeholdsprosedyrer).

#### Vitenskapelig personell:

- Joachim Reuder (GFI)
- Ilker Fer (GFI)
- Corinna Schrum (GFI)
- Helge Drange (GFI)
- Peter Haugan (GFI)
- Finn Gunnar Nielsen (II-stilling, GFI)
- Dag Haugland (II)
- Lene Sælen (II-stilling, IFT)

### 3.7 Kjernekraft

Energi fra atomkjernen kan skapes fra to prosesser, fusjon og fisjon. Fisjon er basert på spalting av et fissilt utgangsmateriale som uran. Dagens drøye 400 kommersielle reaktorer bruker  $^{235}\text{U}$  isotopen som drivstoff som er mindre enn en prosent av det uranet som finns naturlig på jorden. Denne ressursen er derfor begrenset, muligens mer begrenset enn omfanget av fossil energi. Derfor er nye generasjoner kjernekraft reaktorer basert på isotopene  $^{238}\text{U}$  og/eller thorium. Ressursgrunnlaget for disse isotopene tilsvarer dagens globale energiforbruk i anslagsvis 10000 år som betyr at energikilden kan betegnes som fornybar. Dagens kjernekraft står for om lag 6% av verdens samlede energiproduksjon (15% av verdens elektrisitetsproduksjon) og anses som kontroversielt i en rekke land. Samtidig er det kanskje den eneste energikilden som er intens nok til å erstatte fossil energi. Nye reaktorer er under bygging/planlegging blant annet i Finland, England, Kina og India.

Fusjon er basert på sammensmelting av lette atomkjerner, en prosess som krever svært høy partikkel energi («temperatur»). Dette er utelukkende et internasjonalt forskningsfelt hvor stabil energiproduksjon basert på fusjon er en overordnet målsetting. Det globale fusjonsforskningsprosjektet ITER har som målsetting å demonstrere teknologi som tillater stabil fusjonsenergi basert på elektromagnetisk fanget plasma i en tokamak (oppstart i 2021). Alternativt prøver en å påvise fusjon basert på ultra-intense lasere hvor det har vært gjort store fremskritt i løpet av siste 10 år.

De største forskningsutfordringene for økt utnyttelse av kjernekraft er både av grunnleggende (fusjon) og anvendt karakter (thorium). I bunn trengs grunnleggende forståelse for kjernereaksjoner, deretter materialteknologi og plasmafysikk. Av anvendt karakter er det utfordringer i reaktor / brensel syklus teknologi, prosessteknologi generelt så vel som strålingsfysikk og lagringsproblematikk. Nevnes må også sikkerhet i tilknytning til spredning av plutonium (som er et sluttprodukt i dagens kommersielle reaktorer).

#### Utdanning

Kjernefysikk, inklusive kjernekraft inngår i både generelle og spesielle kurs ved IFT. Disse danner grunnlag for spesialstudier i grunnleggende kjernefysikk (CERN relatert, mastergrad subatomær fysikk) så vel som for mastergradsretningen medisinsk fysikk. Avhandlinger av teoretisk natur (modellering) i kjernekraft (og dens rolle i samfunnet) tilbys i forskningsgruppen Teori og Energi (TE) ved IFT.

#### Forskningsaktivitet

Forskningsaktiviteten foregår i tre(+) forskningsgrupper ved IFT; TE, Subatomær fysikk (SA) og Optikk og Atomfysikk (OA) . Følgende aktiviteter er relevant for kjernekraft

- Studier av detonasjon og propagasjon av fronter relevant for eksperimenter på NIF og FAIR og reaksjonsteori generelt i TE gruppen
- Detektorutvikling (strålingsdetektorer), nukleær instrumentering, og reaktorteknologi i SA gruppen.



- Studier av vekselvirkning mellom materie og ekstremt sterke elektromagnetiske felt i OA gruppen.

Aktiviteten i kjernefysikk som helhet ved IFT begrenser seg i dag til 4 faste stillinger.

#### Kompetanse og muligheter

UiB er med i et nasjonalt koordinert initiativ sammen med bl.a. IFE, UiO, NTNU (ENETHOR) med overordnet målsetting å utvikle thorium som reaktordrivstoff. Dette planlegges som et bredt nukleært kompetanseprogram innen bærekraftig kjernekraft og kjernefysikk. Flere UiB forskere sitter i internasjonale styringsgrupper tilknyttet thorium så vel som andre policy grupper.

#### Samarbeid med randsonen

Det finnes spredte forskere med relevant kompetanse i randsonen, for eksempel på CMR og på UNI.

#### Andre forhold

Kjernefysikk er primært et nysgjerrighetsdrevet forskningsområde som er en del av grunnleggende internasjonal fysikkforskning. Men kompetansen i kjernefysikk er under nasjonalt press. Dette er en trussel mot Norge som kunnskapsnasjon siden kompetanse om kjernekraft er avgjørende for nasjonens sikkerhet og evne til å respondere godt i forhold til internasjonale hendelser. Kompetanse om kjernekraft er viktig uavhengig av om reaktorer noensinne bygges i Norge. Videre er kjernefysikk av stor viktighet for medisinsk teknologi og utvikling. For eksempel så bør planene om et hadron terapiserter på Haukeland Universitetssykehus også ses i sammenheng med kjernefysikk kompetansen lokalt.

#### Vitenskapelig personell:

- Jan S. Vaagen (IFT)
- Laszlo Csernai (IFT)
- Joachim Nystrand (IFT)
- Dieter Röhrich

## **4 Utdanning og forskningsaktiviteter i tverrgående tema**

### **4.1 CO<sub>2</sub>-fangst og –lagring**

CO<sub>2</sub>-fangst og lagring (CCS) kan redusere livsløpsutslipp av klimagasser fra fossile energikilder, men er foreløpig ikke anvendt for fossile kraftverk. Den største utfordringen for realisering av CCS er knyttet til sikker injeksjon og lagring, i tillegg til reguleringer og økonomiske insentiver som gjør at teknologien tas i bruk. En kombinasjon av bioenergi og CCS gjør negative utslipp mulig. CO<sub>2</sub>-håndtering er av flere ansett som den viktigste enkeltstående teknologien for å redusere klimagassutslipp.

## Utdanning

CO<sub>2</sub>-lagring er en egen spesialiseringsretning i masterprogrammet i energi, og blir også behandlet i kurset Energi 200. I tillegg gis det mange relevante kurs innen fysikk, geologi, matematikk og kjemi ved fakultetet.

Det er skrevet masteroppgaver innen CO<sub>2</sub>-lagring ved Matematisk institutt, Institutt for geovitenskap og Institutt for fysikk og teknologi. Oppgavene har vært gjennomført i instituttens egne masterprogrammer og gjennom masterprogrammet i PTEK.

## Forskningsaktivitet

Fakultetet har i dag forskningsaktivitet rettet mot CO<sub>2</sub>-lagring ved Institutt for fysikk og teknologi, Kjemisk institutt og Matematisk institutt, og det er gjennomført en rekke forskningsprosjekter med ekstern finansiering.

Ved Matematisk institutt er forskningstema matematisk modellering og numerisk simulering knyttet til

- lagringskapasitet
- langtidssikkerhet.

Aktiviteten involverer 3 fast vitenskapelig ansatte i tillegg til PhD studenter, postdoktorer og masterstudenter. Ved instituttet har det vært gjennomført en rekke eksternfinansierte prosjekter i samarbeid med randsonen og andre partnere.

Ved Institutt for fysikk og teknologi (IFT) driver Forskningsgruppen for Petroleums- og prosessteknologi (PPT) en betydelig eksperimentell og teoretisk forskningsaktivitet knyttet til fundamentale prosesser innen transport og lagring av CO<sub>2</sub>. Denne forskningen utføres i tillegg til CO<sub>2</sub> lagring i oljereservoarer for økt oljeutvinning. I det eksperimentelle arbeidet vektlegges avbildning av CO<sub>2</sub> strømning og innfangning i bergarter for fundamental forståelse av lagringsmekanismer og lagringskapasitet. Det er blant annet demonstrert en ny metode for CO<sub>2</sub>-avbildning i samarbeid med Haukeland Univ. sykehus, hvor for første gang medisinsk Positron Emisjon Tomografi (PET) eksplisitt avbilder CO<sub>2</sub> strømning i porøse bergarter. Dessuten har det i 15 år pågått forskning for lagring av CO<sub>2</sub> i hydrat, initiert av Bjørn Kvamme's teoretiske beregninger på midten av 1990-tallet. Siden er denne lagringsmetoden blitt eksperimentelt verifisert i et samarbeid med ConocoPhillips og en US\$ 30mill feltpilot ble gjennomført i Alaska i samarbeid med ConocoPhillips og USDOE i 2012. Ved instituttet har det siden 2004 vært gjennomført en rekke eksternfinansierte prosjekter i samarbeid med internasjonalt ledene miljø. Aktiviteten involverer 5 fast vitenskapelig ansatte i tillegg til PhD studenter, postdoktorer og masterstudenter.

Ved Kjemisk institutt er forskningen knyttet til fangst (via gasseparasjon) og katalytisk omdannelse av CO<sub>2</sub>, blant annet til polymere. Forskningen involverer 3 fast vitenskapelig ansatte i tillegg til postdoktorer, PhD-studenter og masterstudenter, og drives hovedsakelig i gruppen for Uorganisk nanokjemi og katalyse, med noe aktivitet også i gruppen for Nanomodellering og teoretisk kjemi.

Geofysisk institutt har siden 1990-tallet vært involvert i havlagring av CO<sub>2</sub> og lekkasjeproblematikk ifbm lagring under havbunnen. Det meste av denne aktiviteten er imidlertid nå avviklet og det foreligger ikke nye planer for videreføring.

GEO er bl.a. involvert i EU-prosjektet ECO2 og har i den sammenheng bl.a. kartlagt sprekkesystem i havbunnen over Sleipner.

#### Kompetanse og muligheter

Fakultetet har en sterk kompetanse bygget opp over tid knyttet til CO<sub>2</sub>-lagring, forskningsaktiviteten er sterk, og det er god mulighet for å videreføre denne gjennom ekstern finansiering.

#### Samarbeid med randsonen

Fakultetet deltar i FME SUCCESS, der CMR er vertsinstitusjon og Uni en av partnerne. Matematisk institutt har et sterkt og samarbeid som har gått over lengre tid med Uni Research, basert på flere eksterntfinansierte prosjekter.

#### Andre forhold

CO<sub>2</sub>-lagring er sammen med CO<sub>2</sub>-fangst og CO<sub>2</sub>-transport et prioritert området i Forskningsrådets program CLIMIT.

#### Vitenskapelig personell:

- Guttorm Alendal (MI)
- Inga Berre (MI)
- Helge Dahle (MI)
- Pascal Dietzel (KJ)
- Martin Fernø (IFT)
- Arne Graue (IFT)
- Geir Ersland (IFT)
- Peter Haugan (GFI)
- Vidar R. Jensen (KJ)
- Truls Johannessen (GFI)
- Bjørn Kvamme (IFT)
- Jan Nordbotten (MI)
- Erwan Le Roux (KJ)

## **4.2 Elproduksjon, -transport og - distribusjon**

Elkraft produseres i dag både fra bærekraftige og ikke bærekraftige energikilder. Elektrisitet er høyverdig energi som kan transporteres raskt. Økningen av de variable elkraftkildene vind og sol i flere land og regioner stimulerer nå utvikling kraftsystemer og lagringsteknologi. Distribuert produksjon av elkraft kombinert med lagring og smart nettstyring kan redusere behovet for nettutbygging.

Brenselceller er en teknologi for produksjon av elkraft med svært lave utslipp. Cellene består til vanlig av elektroder (en katode og en anode), og en elektrolytt som er plassert mellom elektrodene. Formålet er å lage strøm fra et drivstoff, ved å la det reagere med oksygen, ved hjelp av et oksidasjonsmiddel i en

elektrokjemisk prosess. Drivstoffet er vanligvis hydrogen eller naturgass, men det er også mulig å bruke en rekke andre hydrokarboner. Prosessen er anvendbar for flere applikasjoner (e.g. romfart, skiping, offshore) og er miljøvennlig.

### Utdanning

HiB har bachelor i elkraft, ny elkraft-lab på Kronstad og utlyst professorat i elkraft. Det er stor etterspørsel i regionen etter elkraftingeniører på masternivå. Programstyret for energimasteren har behandlet forslag om å inkludere elkraft som tema i masteren og anbefaler at dette settes igang fra høsten 2015.

På Institutt for fysikk og teknologi er det levert flere masteroppgaver knyttet til brenselceller de siste årene, men det er per i dag ikke etablert en studieretning særlig innrettet mot brenselceller på instituttet.

### Forskningsaktivitet

IFT har en del aktiviteter knyttet til brenselceller. Forskning rundt emnet har vært fokusert mest på fundamentale problemstillinger, som e.g. valg av materialer for komponenter, studier av de elektrokjemiske prosessene, optimal design av celler og så videre. Disse aktivitetene har resultert i flere doktorgradsavhandlinger.

Det er et ønske for å fortsette forskingen på emnet, men per i dag mangler det midler. Det er sendt ut noen søknader mot NFR i 2014 som det ventes på tilbakemelding på. Det er også etablert samarbeider med flere partnere, både nasjonal (e.g. CMR, IFE) og internasjonalt (Linde AG, Plansee, Fiaxell).

Det er begrenset annen forskningsaktivitet som rubriseres som elkraft ved UiB i dag. Forskning innen nedbør, snødekke og hydrologi er sterk og kan være relevant for elkraftstudenter som skal jobbe med elproduksjon fra vannkraft.

### Kompetanse og muligheter

Kompetanse innen energimeteorologi (variabilitet i sol, vind og vann) kan gi grunnlag for tverrfaglig forskning innen utbygging av nettløsninger. Det er stort potensiale for forskning på storskala spørsmål om energi-infrastruktur inkludert transport, og samfunnsmessige aspekter.

Når det gjelder brenselceller, er det etablert en god kompetansebasis på IFT samt med gode samarbeidrelasjoner mot andre forskningspartnere. Teknologien har et stort potensial for videre utvikling og bruk i både industri og generell i samfunnet.

### Samarbeid med randsonen

Innen brenselceller er det etablert samarbeid mellom IFT og CMR. Per i dag foreligger flere søknader for midler til brenselceller forskning hvor begge parter er involvert. CMR bidrar med tilgang til eksperimentelt utstyr og en del av kostnadene, samt med kunnskap og erfaring fra egen forskningsaktiviteter på samme emnet. Master og PhD kandidater som er veiledet av IFT får derfor mulighet til å eksperimentere i tillegg til teoretisk forskning.

### Andre forhold

Det er nært samarbeid med BKK og interesse fra mindre bedrifter som er tjenesteytere til energibransjen.

### Vitenskapelig personell:

- Pawel Kosinski
- Alex Hoffmann
- Crina Silvia Ilea (II-stilling, IFT)
- Asgeir Sorteberg (GFI)

### **4.3 Energieffektivisering**

Energiforbruket i Europa er omlag 5kW per person og fordeles omtrent jevnt på tre sektorer: (i) transport, (ii) industri og (iii) privat og offentlig sektor.

Forbedret andel nyttig energi (for eksempel frem mot Carnot grensen) og mindre andel unyttig energi er en viktig og pågående forskningsutfordring i alle sektorer av samfunnet. Transportsektorens andel av utslipp er høyt i alle deler av verden, og maritim så vel som landbasert og luftbasert transport utgjør vesentlig andeler av samlede utslipp. Likefullt brukes i dag stor mengder energi til transport av råvarer utelukkende på grunn av samfunnsmessige forhold (reguleringer, tollsatser) mellom landene. Å utnytte tilgjengelig energi mer effektivt er derfor like mye et samfunnsforsknings problem som en naturvitenskapelig utfordring.

### Utdanning

I energimasteren i samarbeid med HiB tilbys masteroppgaver i termiske maskiner som et tema innen studieretning energiteknologi. Forøvrig er det ingen dedikert utdanning utover energi-konverteringsprinsipper i eksisterende kurs i termodynamikk, prosesseteknologi etc. (IFT, KI).

### Forskningsaktivitet

Grunnleggende relevant forskning i varmetransport, dissipative prosesser, brenselceller og turbinteknologi (IFT). Andre viktige forskningsområder som UiB i dag ikke har aktivitet innenfor er ledningsbasert transport av strøm (samarbeid med HIB), nye (superledende-) materialer for strømtransport, samfunnsfaglig forskning rettet mot forståelse og effektivisering innen transportsektoren.

Ved Institutt for fysikk og teknologi og Kjemisk institutt planlegges forskningsaktivitet rettet mot skipsfart. UiB har ledet arbeidet med SFI søknaden "Maritime SHIFT". Senteret har energieffektivitet, kostnadseffektivitet og redusere miljøfarlig utslipp som mål for skipsfarten.

### Kompetanse og muligheter

Øket effektivitet i kjemiske konverteringsprosesser, utnyttning av spillvarme (IFT).

### Samarbeid med randsonen

I forbindelse med SFI-søknaden Maritime SHIFT er det etablert kontakt mot CMR, Uni Research og NHH innen området. Prosjektet oppsto på forespørsel fra skipsklyngen Maritime CleanTech West (MCTW), som i juni 2014 ble utnevnt som et Norwegian Centre of Expertise (NCE).

### Vitenskapelig personell:

- Crina Silvia Ilea, II-stilling, IFT

## **4.4 Energilagring**

Elektrisk forsyningssikkerhet med en potensiell fremtidig kraftproduksjon basert på ustabile energikilder vil kreve systemer og teknologier for energilagring siden det vil bære uoverensstemmelse mellom energibehov og – produksjon. I perioder hvor for de fornybare energikildene ikke leverer nok energi kan energilagrene stå for restbehovet. I perioder hvor de ustabile produksjonsenheter produserer mer enn behovet så kan overskuddsenergien gå til lagringsenhetene.

Energi kan lagres som potensiell mekanisk energi (pumpet vannkraft lager), som kinetisk energi (rotasjonshjul), potensiell energi i materialer (batterier, gass, biomateriale), i termiske og/eller trykklagre, eller i form av elektromagnetiske felt (f. eks. superledende magneter). I dag anses lagringskapasiteten størst (~GWdager) i lavteknologi systemer som vannkraftlager og undergrunns gass- og trykklager, men den forventede utvikling i batteriteknologier kan godt endre dette bildet. Temaet spenner svært mange fagområder, og mange miljø på UiB har muligheter for å gå inn på området (jf. Vedlegg 2).

### Utdanning

Det er skrevet masteroppgave om termisk lagring i undergrunnen ved Matematisk institutt. En masteroppgave på energilagring i ved er under utarbeidelse som endel av et MNFA/NHH samarbeid.

### Forskningsaktivitet

Det er i dag liten forskningsaktivitet ved fakultetet knyttet til energilagring.

### Kompetanse og muligheter

IFT har kompetanse på de fleste lagringsteknologier, og ny batteriteknologi inngår i flere pågående forskningsaktiviteter.

### Samarbeid med randsoner

Det er samarbeid med CMR relatert til undergrunns termisk energilagring.

### Andre forhold

Norsk vannkraft har allerede betydning som passivt energilager i nord. I europeisk sammenheng er eksisterende norsk lagringskapasitet nesten uvesentlig. Mer lagringsplass er avgjørende viktig hvis betydelig fornybar energi skal fases inn i energisystemet.

Ved Matematisk institutt planlegges forskningsaktivitet rettet mot energilagring i undergrunnen, og det er tatt initiativ til et ITN-prosjekt ledet av UiB innen området med internasjonale partnere. Søknaden fikk ikke støtte i 2014, men nådde høyt opp i konkurransen, og en revidert søknad vil sendes inn tidlig i 2015.

Vitenskapelig personell:

- Inga Berre (MI)
- Lars Egil Helseth (IFT)
- Eirik Keilegavlen (MI)
- Jan Nordbotten (MI)
- Florin Radu (MI)

## **5 Grunnleggende/tverrfaglig energiforskning**

Det foregår også grunnleggende og/eller tverrfaglig energiforskning av mer eller mindre spredt natur. Denne kan være tilknyttet en annen disiplinmerkelapp eller den kan være en tilleggsaktivitet. Ved IFT arbeider f. eks. Professor Lars Egil Helseth med triboelektriske nanogeneratorer, som er en del av forskningen i nanofysikk. Professor Jan Petter Hansen arbeider i samarbeid med NHH med forskjellige aspekter knyttet til globale problemstillinger slik som energiøkonomi, læringskurver og resursmodellering. Endel masteroppgaver har vært knyttet til disse aktivitetene.

I energimasteren er det innenfor studieretning fornybar energi tatt opp masterstudenter i temaet Global energi- og klimautvikling. Disse blir veiledet ved Geofysisk institutt. Innenfor dette temaet er det forskningssamarbeid med forskningsgruppen for klimadynamikk ved GFI og SKD/Bjerknessenteret der man bl.a. gjør nytte av globale klimasimuleringer i analyser og vurderinger av koplinger mot energiscenarier.

Vitenskapelig personell:

- Lars Egil Helseth (IFT)
- Jan Petter Hansen (IFT)
- Helge Drange (GFI)
- Peter M Haugan (GFI)