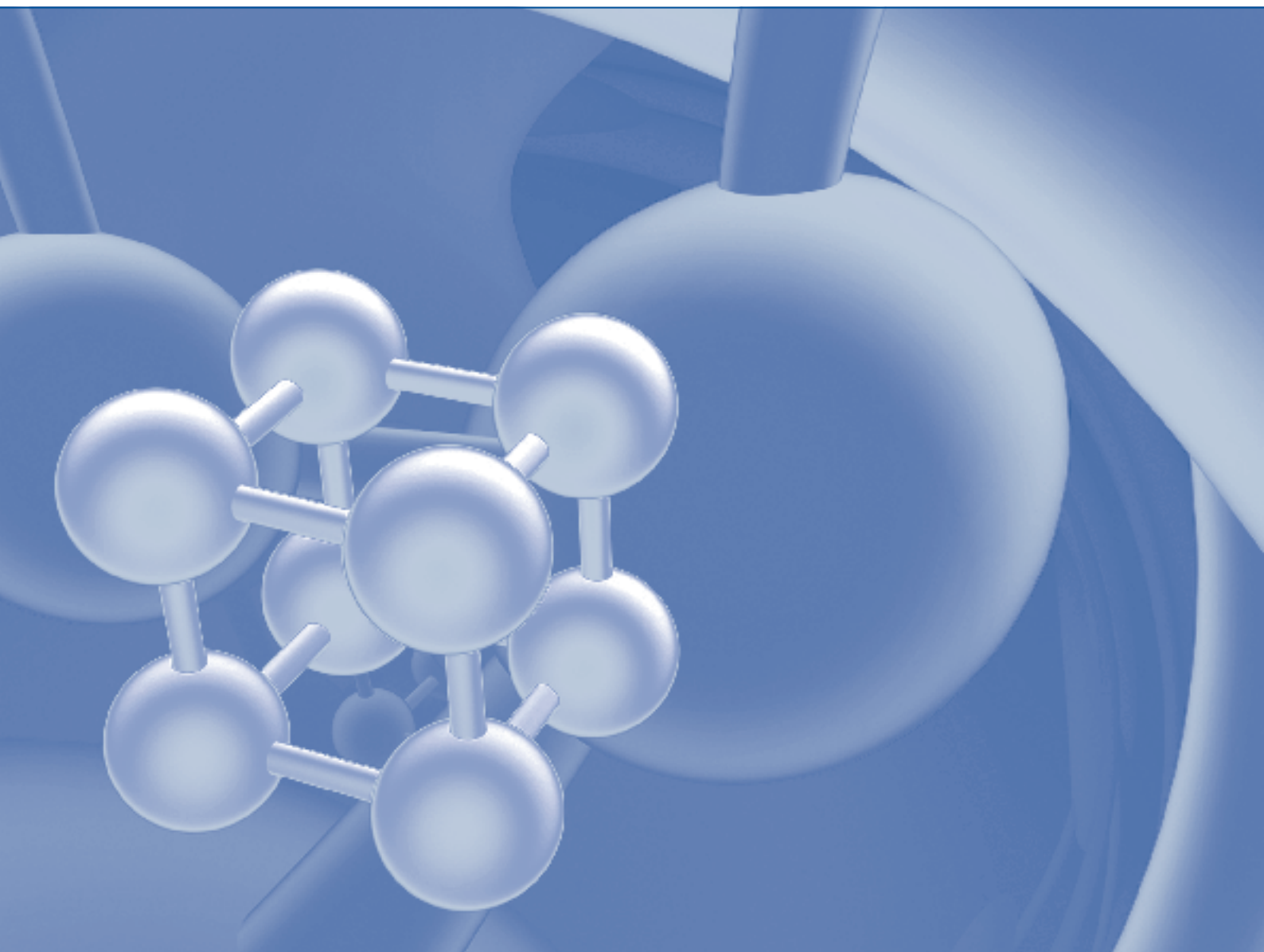


# Oppfølging av kjemievalueringen 2009

## Rapport fra oppnevnt fagplanutvalg

Rapport  
Divisjon for vitenskap





**Oppfølging av  
kjemievalueringen 2009**

**Rapport fra oppnevnt fagplanutvalg  
Divisjon for vitenskap**

© **Norges forskningsråd 2010**

Norges forskningsråd  
Postboks 2700 St. Hanshaugen  
0131 OSLO  
Telefon: 22 03 70 00  
Telefaks: 22 03 70 01  
bibliotek@forskningsradet.no  
www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:

[www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Grafisk design omslag: Design et cetera

Foto/ill. omslagsside:

Trykk: Allkopi AS

Opplag: 250

Oslo, mai 2010

ISBN 978-82-12-02784-8 (trykksak)

ISBN 978-82-12-02785-5 (pdf)

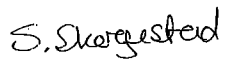
Oslo 19.03.2010

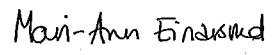
## Forord

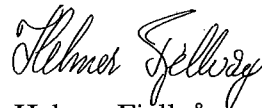
*Til Norges forskningsråd*


*Fagplanutvalget overleverer herved sine anbefalinger overfor universitetene, Forskningsrådet, Kunnskapsdepartementet og øvrige aktuelle departementer om tiltak som bør gjennomføres for å styrke norsk kjemisk forskning. Anbefalingene er utarbeidet i lys av Hey-Hawkinskomiteens evalueringsrapport og etter innspill fra de institusjonene som er evaluert.*

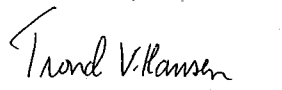
*Fagplanutvalget er samstemt i anbefalingene. Vi håper dokumentet vil være et nyttig verktøy for Forskningsrådet i dets videre arbeid med å bidra til revitalisering av kjemifaget i Norge.*

  
Sigurd Skogestad  
leder

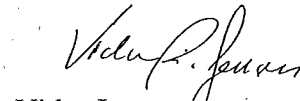
  
Mari-Ann Einarsrud

  
Helmer Fjellvåg

  
Lise-Lotte Gundersen

  
Trond Vidar Hansen

  
Tor Hemmingsen

  
Vidar Jensen

  
Roland Kallenborn

  
Brit Salbu

  
Arne Smalås

  
Geir Walsø  
Sekretær

# Innhold

Sammendrag.....	7
Fagplanutvalgets mandat og sammensetning.....	7
Utvalg for oppfølging av fagevaluering av kjemifagene.....	9
Fagmiljøer som er vurdert.....	10
Kommentar til fagmiljøene som er vurdert.....	10
Forkortelser brukt i rapporten .....	11
1. Innledning .....	13
1.1. Bakgrunn: Hovedpunkter i Hey-Hawkinsevalueringen.....	13
2. Status, perspektiver, utfordringer, tiltak og virkemidler.....	16
2.1 Status for kjemiforskningen i Norge.....	16
2.2 Perspektiver - Kjemiområdets betydning for Norge.....	17
2.2.1. Industrien.....	17
2.2.2. Andre områder av naturvitenskap og teknologi.....	17
2.2.3. Andre samfunnsområder – forvaltning .....	18
2.2.4. Akademia – nasjonal kompetanse.....	18
2.2.5 Internasjonalt .....	19
2.3 Utfordringer.....	19
2.4 Tiltak og virkemidler .....	21
2.4.1. Faglig dimensjonering.....	21
2.4.2. Behov for nasjonal arbeidsdeling og gjennomføring.....	22
2.4.3. Rolledeling – instituttsektor versus universitet.....	22
2.4.4. Infrastruktur.....	23
2.4.5. Organisering og faglig ledelse .....	23
2.4.6. Faglig omstilling .....	24
2.4.7. Faglig samarbeid.....	24
2.4.8. Vekselvirkning med forvaltning og næringsliv .....	24
2.4.9. Formidling.....	24
2.4.10. Utdanningsnettverk og forskerskoler .....	25
2.4.11. Finansiering .....	25
2.5 Konkusjoner og anbefalinger .....	26
2.5.1. Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet, Nærings- og Handelsdepartementet, Olje- og Energidepartementet, Landsbruks- og matdepartementet, Miljøvern- departementet, Utenriksdepartementet .....	26
2.5.2. Øvrige anbefalinger til KD.....	27
2.5.3. Anbefalinger til Forskningsrådet .....	28
2.5.4. Anbefalinger til universitetene.....	31
3. Status og anbefalinger for de enkelte fagområder.....	36
3.1 Uorganisk kjemi og materialkjemi .....	36
3.1.1 Bakgrunn .....	37
3.1.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	37
3.1.3 Anbefalinger fra fagplanutvalget til institusjonene.....	38
3.1.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	41
3.1.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer.....	42
3.2 Teoretisk kjemi og beregningskjemi.....	44
3.2.1 Bakgrunn .....	44
3.2.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	44
3.2.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	46
3.2.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	48

3.2.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	49
3.3 Katalyse .....	50
3.3.1 Bakgrunn .....	50
3.3.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	50
3.3.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	51
3.3.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	54
3.3.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	55
3.4 Biologisk kjemi og medisinalkjemi .....	57
3.4.1 Bakgrunn .....	57
3.4.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	57
3.4.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	58
3.4.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	61
3.4.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	61
3.5 Organisk kjemi .....	63
3.5.1 Bakgrunn .....	63
3.5.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	63
3.5.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	66
3.5.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	68
3.5.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	69
3.6 Anvendt og fysikalsk kjemi.....	70
3.6.1 Bakgrunn .....	70
3.6.2. Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	70
3.6.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	72
3.6.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	75
3.6.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	75
3.7 Analytisk kjemi og miljøkjemi .....	76
3.7.1 Bakgrunn .....	76
3.7.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteen .....	76
3.7.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	78
3.7.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	80
3.7.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	81
3.8 Kjernekjemi/Radiokjemi .....	82
3.8.1 Bakgrunn .....	82
3.8.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	82
3.8.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	83
3.8.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	85
3.8.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	85
3.9 Kjemisk prosesseteknologi .....	86
3.9.1 Bakgrunn .....	86
3.9.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen .....	86
3.9.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene.....	87
3.9.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet .....	88
3.9.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer .....	89
3.10 Kjemididaktikk .....	90
3.10.1 Bakgrunn .....	90
3.10.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteen .....	90
3.10.3 Anbefalinger fra fagplanutvalget til institusjonene.....	90
Appendiks .....	92
A1. Uorganisk kjemi og materialkjemi .....	93
A2. Teoretisk kjemi og beregningskjemi.....	94

A3. Katalyse .....	95
A4. Biologisk kjemi og medisinalkjemi – Life science chemistry.....	96
A5. Organisk kjemi.....	97
A6. Anvendt og fysikalsk kjemi.....	98
A7. Analytisk kjemi og miljøkjemi .....	99
A8. Kjernekjemi/Radiokjemi .....	100
A9. Kjemisk prosess teknologi .....	101
A10. Statistikk over antall fast vitenskapelige stillinger i kjemi for årene 1977, 1987, 1997 og 2007 ved alle universitetene.....	102



## Sammendrag

*Kjemiforskningen i Norge ble evaluert av en internasjonal ekspertgruppe i 2008/2009 (Hey-Hawkinsrapporten, 2009). Kjemimiljøene ved alle universitetene i Norge er inkludert (UiO, NTNU, UiB, UiT, UiS, UMB) samt ved ett forskningsinstitutt (NILU). Den foreliggende rapport er utarbeidet av et nasjonalt Fagplanutvalg som har hatt som oppgave å følge opp den internasjonale evalueringen med konkrete forslag (kfr mandat og sammensetning). Fagplanutvalget mener at Hey-Hawkinskomiteen har gjort et solid arbeid og at deres rapport gir et godt bilde av kjemiforskningen i Norge. Det er ikke noe rosenrødt bilde som tegnes. I forhold til det man skulle forvente seg av et rikt land som Norge og med en betydelig industri relatert til kjemiske råstoffer og materialer, så er kjemimiljøene i Norge små, finansieringen svak og den internasjonale synligheten liten.*

*Den tidligere sterke posisjonen til kjemifaget i Norge har blitt svekket de siste 25 år. Likevel er det er mange lyspunkter i form av sterke enkeltmiljøer, selv om det er for få store og virkelig gode miljøer. Utfordringen for kjemi er derfor tydelig; det må dannes større grupper med godt faglig lederskap, det må utvikles klarere strategier, hvor kvalitet, proaktivt forskningsarbeid, avansert teknologi, internasjonale nettverk og sterk kontakt med industri og relevante myndigheter står i fokus.*

*Kjemi i Norge må bevege seg mot arbeidsdeling, konsentrasjon og samarbeid på tvers av institusjonene. Kjemi har utvilsomt en særdeles viktig rolle for både samfunn og norsk verdiskaping, både knyttet til eksisterende næringsliv onshore og offshore. I dag har kjemi stadig større betydning som basis for andre fagfelt og teknologier innen energi, miljø, klima, mat, materialer og ikke minst biologi og medisin. For å få til et felles løft for norsk kjemi av betydning for fremtidig verdiskaping har Fagplanutvalget, på basis av den internasjonale evalueringsrapporten samt vår oppfølgende statusvurdering av de ulike delområdene i kjemi (Kap 3), utarbeidet en rekke anbefalinger med forslag til tiltak for:*

- Relevante overordnede myndigheter, og spesielt Kunnskapsdepartementet
- Norges forskningsråd
- De evaluerte institusjoner, dvs universitetene og NILU

*Den internasjonale evalueringskomiteen mener at balansen i Norge mellom den frie ("blue sky") forskningen og programforskningen er forskjøvet alt for sterkt i retning av programforskningen. Dette er et problem spesielt på lengre sikt. En for sterk fokusering av forskningen vil redusere vår evne til nytenkning og i tillegg svekke kompetansegrunnlaget våre universiteter må ha for å sikre kvaliteten på kandidater som skal levere samfunnet i framtiden. Fagplanutvalget anbefaler i forhold til de overordnede myndigheter at det innføres en grunnforskningskomponent i alle anvendte forskningsprogrammet og store satsinger på minst 10% som bør benyttes til å styrke kompetansegrunnlaget ved universitetene.*

*Videre anbefaler Fagplanutvalget at Forskningsrådet oppretter*

- *Strakstiltak:*
- *Strategisk oppfølgingsprogram (med ISP'er) av kjemievalueringen hvor institusjonene må møte de utfordringer som både Hey-Hawkinskomiteen og Fagplanutvalget har påpekt, og*

## Sammendrag

- *Langsiktig tiltak:*

*For ytterligere å styrke kjemifagene i Norge foreslås, utover ISP,*

- *Oppfølgingsprogram "Go kjemi" med fokus på organisk kjemi og nanokjemi, med forgreninger til andre deler av kjemifaget.*

*Det er en forutsetning at tiltakene som er beskrevet i denne rapporten bidrar til omstilling, nasjonal arbeidsdeling og til samarbeid på tvers av institusjonene, og således styrker kjemi på den nasjonale og internasjonale arenaen. Fagplanutvalget mener at de to utvalgte hovedtemaene står sentralt for å utvikle kompetansebasis for viktige faglige grenseflater, et spektrum av prioriterte satsinger/teknologier, nyskaping og innovasjon, industriutvikling og en rekke politikk- og forvaltningsområder.*

*Hovedkonklusjonen er at kjemi må styrkes nasjonalt. Dette vil kreve strategisk planlegging av virksomhetene på hver institusjon, der man identifiserer sin rolle innenfor en nasjonal arbeidsdeling med fokus på robuste forskningsgrupper. Fagmiljøene må vise evne og vilje til omstilling og bidra til tverrinstitusjonelt samarbeid.*

*For å få til koordinert styrking av kjemifaget oppfordrer Fagplanutvalget til balansert lojalitet mot det foreliggende forslag, både fra Forskningsrådet, myndigheter/departementer og institusjonene.*

## Fagplanutvalgets mandat og sammensetning

### *Utvalg for oppfølging av fagevaluering av kjemifagene*

Utvalget er oppnevnt av Divisjonsstyret for vitenskap (DSV) i Norges forskningsråd. Utvalget skal utarbeide en rådgivende oppfølgingsplan for kjemifagene i lys av fagevalueringen som ble utført i 2008 av en internasjonal komité. Evalueringsrapporten skal legges til grunn for arbeidet, og planen skal gi råd om tiltak for å utvikle og styrke kjemiforskningen i Norge. Planen skal ferdigstilles innen 31. desember 2009.

Oppfølgingsplanen skal gi:

- konkrete anbefalinger for institusjonenes og fagmiljøenes oppfølging av fagevalueringen
- anbefalinger til Kunnskapsdepartementet, andre relevante departementer og Forskningsrådet. Disse bør omfatte kortsiktige, nødvendige strakstiltak, samt tiltak med en tidshorisont på 5 – 10 år, og fremmes i prioritert rekkefølge.
- Tiltak som kan gjennomføres innenfor en realistisk budsjettssituasjon skal være en sentral del av anbefalingene

Konkret skal planen gi råd spesielt til:

Forskningsinstitusjonene om:

- Tiltak som anbefales gjennomført innenfor institusjonenes egne budsjetter
- Forskningsledelse, behov for omstilling, andre tiltak for videreutvikling og forbedring av dagens situasjon
- Tiltak for å fremme nasjonalt samarbeid og arbeidsdeling, herunder samarbeid om nasjonal forskningsinfrastruktur av nasjonal karakter

Forskningsrådet om:

- Bruk av finansielle virkemidler og støtteformer innenfor ulike budsjettscenarier, inkludert nullvekst scenario
- Andre strategiske tiltak som vil bidra til å utvikle den kjemiske forskningen i Norge

Kunnskapsdepartementet og andre relevante departementer om:

- Spesifikke tiltak og finansielle behov

### *Fagplanutvalgets medlemmer*

Professor Sigurd Skogestad, Institutt for kjemisk prosessteknologi, NTNU (leder)

Professor Mari-Ann Einarsrud, Institutt for materialteknologi, NTNU

Professor Helmer Fjellvåg, Kjemisk institutt, UiO

Professor Lise-Lotte Gundersen, Kjemisk institutt, UiO

Professor Vidar Jensen, Kjemisk institutt, UiB

Professor Brit Salbu, Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB

Professor Tor Hemmingsen, Institutt for matematikk og naturvitenskap, UiS

Professor Arne Smalås, Institutt for kjemi, UiT

Førsteamanuensis Trond Vidar Hansen, Farmasøytisk institutt, UiO

Seniorforsker Roland Kallenborn, Norsk institutt for luftforskning

Sekretær for utvalget: Fakultetsdirektør/instituttleder Geir Walsø, NTNU

Fra Forskningsrådet: seniorrådgiver Trude Dypvik

### ***Fagmiljøer som er vurdert***

Den foreliggende rapport omfatter de fagmiljøene som ble vurdert av Hey Hawkins (2009):

- Universitetet i Oslo (UiO): Kjemisk institutt
- Norges Teknisk Naturvitenskapelige universitet (NTNU):
  - Institutt for kjemi
  - Institutt for kjemisk prosess teknologi
  - Institutt for materialteknologi (grupper innen "kjemi")
- Universitetet i Bergen: Kjemisk institutt
- Universitetet i Stavanger: Institutt for matematikk og naturvitenskap (Faggruppe for Biologisk kjemi og Faggruppe for Anvendt fysikalsk kjemi)
- Universitetet i Tromsø: Institutt for kjemi
- Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB):
  - Institutt for plante og miljøvitenskap (IPM)
  - Institutt for kjemi, bioteknologi og mat (IKBM)
- Norsk Institutt for luftforskning (NILU): Avdeling for miljøkjemi (MILK)

### ***Kommentar til fagmiljøene som er vurdert***

Fra **universitetssektoren** er inkludert alle relevante kjemimiljøer som ikke blir evaluert under andre fagområder. Det innebærer at noen kjemimiljøer som ligger i grensesonen mot andre fag ikke er vurdert her. Dette gjelder særlig fagområder som grenser mot biologi og medisin. Dette er nærmere kommentert under de enkelte områder i rapporten.

Fra **høgskolesektoren** er ingen fagmiljøer blitt evaluert. I 1998 var kjemimiljøene ved høgskolene i Agder og Telemark med, men disse er ikke inkludert nå pga

1. Kjemimiljøet i Universitetet i Agder er under avvikling
2. Kjemimiljøet i Høgskolen i Telemark er vesentlig redusert siden 1998.

Fra **instituttsektoren** er kun Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) blitt evaluert. Det er uheldig at store kjemimiljøene ved for eksempel SINTEF i Oslo og Trondheim og øvrige miljøinstitutter ikke er inkludert. Forskningsrådet opplyser at invitasjon om å la seg evaluere ble sendt til SINTEF, NILU, NIVA, IFE og Teltek, men kun NILU meldte interesse for å delta innen fristen.

## Forkortelser brukt i rapporten

BIP	Brukerstyrt innovasjonsprosjekt, virkemiddel i Forskningsrådet for å utløse FoU-aktivitet i næringslivet som spesielt bidrar til innovasjon og bærekraftig verdiskaping
CIPR	<i>Centre for Integrated Petroleum Research</i> , senter for fremragende forskning (SFF) ved Universitetet i Bergen
CTCC	<i>Centre for Theoretical and Computational Chemistry</i> , senter for fremragende forskning (SFF) ved Universitetet i Tromsø og Universitetet i Oslo
ESA	<i>European Space Agency</i>
ESRF	<i>European Synchrotron Radiation Facility</i> , Grenoble
ESS	<i>European Spallation Source</i> , forskningsinfrastruktur foreslått etablert i Lund
eVITA	Forsknings- og infrastrukturprogram i regi av Forskningsrådet innrettet mot beregnings- og dataintensive utfordringer i naturvitenskap, teknologi og medisin
FME	Forskningsssentre for miljøvennlig energi opprettet av Norges Forskningsråd i 2009. 6 av de 8 FME'ene ledes av Forskningsinstitutter (SINTEF og CMI).
FRINAT	Fri prosjektstøtte er en nasjonal konkurransearena for midler til grunnleggende forskningsprosjekter, her innenfor matematikk og naturvitenskap.
FUGE	Forsknings- og infrastrukturprogram i regi av Forskningsrådet innrettet mot funksjonell genomforskning.
Geminisenter	Betegnelse på samarbeidsmodell der parallelle fagmiljøer ved NTNU og SINTEF har inngått en forpliktende strategisk allianse med mål å bedre utdanning, forskning og kontakt med næringslivet
inGAP	<i>Innovative Natural Gas Processes and Products</i> – SFI etablert i 2007, ledet fra UiO med deltakelse fra SINTEF, NTNU og en rekke industribedrifter
IFE	Institutt for energiteknikk (Kjeller og Halden)
ISP	Institusjonsforankret strategisk prosjekt i regi av Forskningsrådet
JEEP II	Forskningsreaktoren ved IFE, Kjeller
KD	Kunnskapsdepartementet
KMB	Kompetanseprosjekt med brukermedvirkning, virkemiddel i Forskningsrådet for å bidra til langsiktig næringsrettet forskerutdanning og kompetanseoppbygging i norske forskningsmiljøer, innenfor faglige temaer med stor betydning for utviklingen av næringslivet i Norge.
KOSK	Forskningsprogram innen katalyse og organisk syntetisk kjemi opprettet følge av kjemievalueringen i 1998
MabCent	<i>Centre on marine bioactives and drug discovery</i> , SFI etablert i 2007, ledet fra UiT med deltakelse fra tre industribedrifter
MiNalab	Mikro- og nanoteknologilaboratorium ved SINTEF og UiO
MS	Massespektroskopi
NANOMAT	Forskningsprogram i regi av Forskningsrådet innenfor nanoteknologi og nye materialer
NFR	Norges forskningsråd (Forskningsrådet)

## Forkortelser

NILU	Norsk institutt for luftforskning, uavhengig stiftelse og forskningsinstitutt for spørsmål knyttet til luftforurensninger
NIVA	Norsk institutt for vannforskning, uavhengig stiftelse og forskningsinstitutt for spørsmål knyttet til vannfaglige spørsmål
NMR	<i>Nuclear magnetic resonance</i>
NorStruct	<i>The Norwegian Structural Biology Centre</i> , nasjonalt forsknings- og servicesenter innenfor funksjonell genomforskning
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim
NTNU NanoLab	Tverrfakultær, strategisk infrastrukturesatsing med formål å koordinere og fremme nanoteknologisk forskning ved NTNU
PFI	Papir og fiberinstituttet, Trondheim (tidligere Papirindustriens forskningsinstitutt)
RENERGI	Forskningsprogram for fremtidens rene energisystem med mål å utvikle kunnskap og løsninger som grunnlag for miljøvennlig, økonomisk og rasjonell forvaltning av landets energiressurser, høy forsyningsikkerhet og internasjonalt konkurransedyktig næringsutvikling tilknyttet energisektoren
SAFE	Senter for Akseleratorbasert Forskning og Energifysikk, i samarbeid mellom Kjemisk institutt og Fysisk institutt, UiO
SFF	Sentre for fremragende forskning – etablert av Forskningsrådet med mål å stimulere norske forskningsmiljøer til langsiktig, grunnleggende forskning på høyt internasjonalt nivå, og heve kvaliteten på norsk forskning
SFI	Sentre for forskningsdrevet innovasjon – etablert av Forskningsrådet med mål å styrke innovasjon gjennom satsing på langsiktig forskning i et nært samarbeid mellom forskningsintensive bedrifter og fremstående forskningsmiljøer
SINTEF	Stiftelse opprettet av Norges tekniske høgskole (NTH) i 1950 under navnet Selskapet for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske høgskole. Lokalisert i Trondheim (hovedsete) og Oslo
SNBL	<i>Swiss-Norwegian Beam Line</i> ved ESRF, Grenoble
UiB	Universitetet i Bergen
UiO	Universitetet i Oslo
UiS	Universitetet i Stavanger
UiT	Universitetet i Tromsø
UMB	Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås

# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn: Hovedpunkter i Hey-Hawkinsevalueringen

Kjemiforskningen i Norge ble evaluert av en internasjonal ekspertgruppe i 2008/2009 (Hey Hawkins-rapporten, 2009). Kjemimiljøene ved alle universitetene i Norge er inkludert (UiO, NTNU, UiB, UiT, UiS, UMB) samt ved ett forskningsinstitutt (NILU). Den foreliggende rapport er utarbeidet av et nasjonalt Fagplanutvalg som har som oppgave å følge opp den internasjonale evalueringen med konkrete forslag til hva som bør gjøres videre (kfr mandat og sammensetning). Fagplanutvalget har hatt 8 møter i perioden juni 2009 til februar 2010.

Kjemiforskningen i Norge ble som helhet første gang internasjonalt evaluert i 1997 (Weitkamprapporten, 1997) og Hey-Hawkinskomiteen sier at hovedinntrykket av norsk kjemiforskning er i hovedsak det samme nå som i 1997. Kort sagt betyr dette at kjemiforskningen står svakere i Norge enn det en kunne forvente og skulle ønske.

*This review takes place 11 years after the Weitkamp review, which concluded that the vitality and productivity of chemistry research in Norway did not reflect the economic and academic potential of Norway, and that comparison with near neighbours of a comparable size showed the Norwegian position to be weaker than those countries.... The Committee notes that in most of these cases the evidence provided to this Committee shows a similar picture.*

Hey-Hawkinskomiteen mener at det har skjedd viktige endringer siden 1997 når det gjelder holdninger og ledelsesstrukturer, noe som muliggjør strategisk planlegging av forskningen og at viktige endringer har blitt implementert.

*There have been important changes since the last review, and new initiatives have been put in place, but the overall impression of the chemistry research reviewed in 1997 shares many similarities with the current assessment*

Komiteen påpeker også at produktiviteten innen kjemiforskningen i Norge har økt de siste 10 årene. Aktiviteten er imidlertid redusert relativt til andre disipliner.

*The overriding view of chemistry research in Norway from this, the second international review, is that the productivity has increased in recent years while the overall size of the academic effort has declined, so that there has been a clear increase in efficiency. There are some very good research groups working at the leading edge of international research and publishing well.*

Totalt sett er størrelsen på det akademiske kjemimiljøet beskjeden, selv for et lite land som Norge. Miljøets totale størrelse er stort sett uendret i siste tiårs periode, skjønt det vært en dramatisk reduksjon av den vitenskapelige staben ved landets største kjemimiljø i Oslo, og til dels også ved NTNU. Det har altså skjedd en betydelig desentralisering i norsk kjemi.

*However, the overall community is small even for a country of this size, as may be seen in international comparisons with countries of a similar size, and some of the research groups are not operating at a very high level in an international context.*

*The number of academic positions in all chemistry departments has fallen, in some cases quite substantially. At some universities the departmental strength has become so low as to threaten the teaching of a viable chemistry degree and, everywhere, the burden of maintaining the range of courses offered has a very substantial effect on the research time of the academic staff.*

## Innledning

Komiteen anbefaler at det gjøres en innsats for å styrke forskningsgruppene og øke antallet vitenskapelig ansatte ved de viktigste instituttene i Norge. Dette har også komiteen spesifikt gjentatt for de forskningsgrupper hvor dette tiltaket synes påkrevet.

*Thus, the Committee recommends new efforts to strengthen the research teams, and increase staff numbers in the key departments to allow the best researchers to spend more of their time in research.*

Når det gjelder forskningsfinansieringen er komiteen skeptisk til at store midler er bundet opp i styrte forskningsprogrammer som NANOMAT, RENERGI og FUGE. Det anbefales at en vesentlig økning av midlene går til forskerinitiert og grunnleggende ("fri") forskning. Komiteen mener at innovasjon og utvikling av nye forskningsområder forutsetter et betydelig større innslag av slik "fri" forskning.

*Most funding provided by the Research Council is through managed programmes (NANOMAT, RENERGI, and FUGE) - there is only a low budget for untargeted responsive-mode applications ("blue skies" research). For the development of new, innovative lines of research, however, a substantial volume of blue skies work is required to sustain the vitality of the field and to develop new talent. The fraction of this type of research is currently much too small in Norwegian chemistry.*

Komiteen mener at dagens situasjon der det innvilges midler til under 10 % av søknadene til Forskningsrådet grunnleggende programmer (FRINAT, FRITEK) er uakseptabel.

*Furthermore, the Committee feels that a new competitive grant awarding system to encourage the appointment of new truly excellent postdoctoral research staff into the community should be a very high priority. There is also a need for a larger number of purely 'blue sky' research grants, to encourage diversity of research topics at the Ph.D. level.*

*The funding available for research in Norway is a smaller fraction (0.7%) of GDP than in most European countries, well below US levels, and below the EU recommended target. A very high proportion of these funds is now distributed through managed programmes, and the funding reserved for untargeted responsive-mode applications is low. The success rate of applications through the latter channel is ~10%, despite the fact that many of the most active groups do not bother with this potential source of funding. At this low success rate, peer review and similar mechanisms break down. The consequence for some branches of chemistry is quite severe, and meaningful research in some mainstream directions of enquiry is not possible. A recommendation would be to increase substantially funds for untargeted mode applications.*

Hey-Hawkinskomiteen mener at infrastrukturen, inkludert utstyr og laboratorier, i hovedsak er bra, mens det er et potensial for forbedring på spesielt omtalte områder. Spesielt pekes det på mangelfull drift og vedlikehold av grunnutstyr.

I forhold til andre land er det gode muligheter i Norge for at universitetsmiljøene kan samarbeide med forskningsinstitutter og industri. På grunn av føringer i virkemidler, dvs spesifikke satsinger med anvendt siktemål, har dette på noen områder bidratt til å svekke den grunnleggende forskningen.

Til tross for Hey-Hawkinsrapporten mener at kjemiforskningen i Norge som helhet står relativt svakt, er evaluering av forskningen innenfor de ulike underdisipliner av kjemi mer positiv. Fra et overordnet synspunkt gjøres følgende observasjoner for de underområdene av kjemi som Fagplanutvalget beskriver i foreliggende rapport (se kapittel 3 for detaljer):

1. **Uorganisk- og materialkjemi** står meget sterkt i Norge.



## Innledning

2. **Teoretisk kjemi og beregningskjemi** er godt utviklet i Norge, med sterke enkeltmiljøer. Det er potensial for økt samarbeid innen feltet og med andre disipliner innen kjemi. Miljøet nyter godt av en meget god infrastruktur mht tungregnemaskiner.
3. **Katalyse** står sterkt i Norge. Det anbefales økt samarbeid mot beregningskjemi og uorganisk materialkjemi.
4. **Biologisk kjemi og medisinalkjemi** har forskningsmessig et relativt lite omfang ved de kjemiske instituttene, men er samtidig blant de områdene som får best evaluering.
5. **Organisk kjemi**, som er en hoveddisiplin i kjemi, står totalt sett relativt svakt i Norge. Det anbefales at forskningen konsentreres og/eller omstilles til nye områder med større potensial for finansiering.
6. **Anvendt og fysikalsk kjemi** er for en stor del rettet mot industriens behov og har en annen innretning enn det som er vanlig internasjonalt. Forskningen innen kjemisk fysikk er lite synlig i dagens organisering.
7. **Miljøkjemi** står meget sterkt i Norge. **Analytisk kjemi** er ikke evaluert som separat fagområde i Hey-Hawkinsrapporten. Dette skyldes at universitetene har integrert analytisk kjemi og miljøkjemi i samme faggruppe.
8. **Kjernekjemi og radiokjemi** (UiO, UMB) er områder av stor nasjonal betydning, og den miljømessige satsingen vurderes som meget sterk (UMB).
9. **Kjemisk prosessteknologi** (NTNU) står totalt sett meget sterkt og forskningen er meget relevant for Norge.
10. **Kjemididaktikk** står svakt som forskningsområde, men er viktig utdanningsmessig (inklusive etter- og videreutdanning).

Når det gjelder finansieringen av forskningen er hovedbudskapet at Norge vil være tjent med en betydelig økning av den forskerinitierte "frie" forskningen. Det foreslås generelt en økning av innsatsen innen alle disipliner, men det er to områder som nevnes spesielt.

1. Det uttrykkes bekymring for finansieringen av forskning innen organisk kjemi og da spesielt syntetisk organisk kjemi. Det sies imidlertid klart at moderne organisk kjemi er essensielt for kjemifagets ve og vel totalt sett i Norge, men videre finansiering utover frie prosjekter forutsetter omstillinger og/eller konsentrering, samarbeid og arbeidsdeling. Det må derfor utarbeides overbevisende lokale og nasjonale strategier hvor søknader viser at samarbeid, omstilling og nasjonal arbeidsdeling er i fokus.
2. Nanovitenskap er en ny disiplin som har økt betydelig internasjonalt de siste årene og de mest aktive fagmiljøene internasjonalt er ofte innen kjemiinstitutter, selv om det også er stor aktivitet innen fysikk, materialvitenskap og ingeniørfag. Norge har investert betydelig i infrastruktur (NTNU NanoLab, UiO MiNa-lab), men forskningsinnsatsen på feltet innen kjemifagene er lite synlig. Komiteen anbefaler at man prøver å tiltrekke seg en internasjonal toppkandidat innen nanovitenskap.

## 2. Status, perspektiver, utfordringer, tiltak og virkemidler

### 2.1 Status for kjemiforskningen i Norge

Fagplanutvalget mener at Hey-Hawkinskomiteen har gjort et solid arbeid og at den foreliggende rapporten gir et godt bilde av kjemiforskningen i Norge.

Det er ikke noe rosenrødt bilde som tegnes. I forhold til det man skulle forvente seg av et rikt land som Norge og med en betydelig industri relatert til kjemiske råstoffer og materialer, er kjemimiljøene i Norge små og den internasjonale synligheten er liten. Det er mange lyspunkter i form av sterke enkeltmiljøer, men det er for få store og virkelig gode miljøer.

I et historisk perspektiv har kjemi stått sterkt i Norge. Et utmerket eksempel er Norsk Hydro som ble grunnlagt i 1905 basert på forskning av Kristian Birkeland utført i Christiana, og som med sine avleggere (Yara) fremdeles er en av Norges viktigste industribedrifter. Et annet eksempel er den matematiske beskrivelsen av kjemiske reaksjoner knyttet til to nordmenn; Guldberg-Waages massevirkningslov. Etter 2. verdenskrig ekspanderte de akademiske kjemimiljøene kraftig og kjemi var et meget populært studium ved alle norske læresteder. Forskningsmessig hadde norsk kjemi stor internasjonal synlighet. Odd Hassels Nobelpris i kjemi og Lars Onsagers bidrag til termodynamikk (og hans Nobelpris) utgjør nok de to ubestridte høydepunktene i så måte. Det finnes imidlertid også eksempler der norske forskere har hatt nært samarbeid med miljøer i det absolutte toppskiktet, slik som Ellen Gleditsch (UiO) og hennes langvarige kontakt med, og gjentatte forskningsopphold hos Madame Curie

Den sterke posisjonen til kjemifaget i Norge har blitt reversert de siste 25 år. Søkningen til kjemistudier har gått tilbake, størrelsen på noen sentrale akademiske miljøer har gått ned og de relative bevilgningene til kjemiforskning er redusert. Denne svekkelsen har skjedd på tross av store vitenskapelige nyvinninger internasjonalt innen kjemi, på tross av viktigheten av kjemi innen prioriterte samfunnsteknologier som energi/miljø-, material- og bioteknologi, og på tross av at en stor del av norsk industri fremdeles er kjemibasert.

Nedgangen skyldes ikke en bevisst politikk, men er sum av flere omstendigheter. De spesifikke fagmiljøene ved universitetene fremstår som mer fragmenterte nå enn tidligere. I visse tilfeller kan dette spores til lavt studenttall som gir mindre behov for undervisningsstillinger, forsterket gjennom budsjettmodellen. En annen faktor er at Departementenes og universitetenes modeller premierer høy studentproduksjon og gir lav uttelling for tung, laboratoriebasert undervisning og forskerutdanning. Dette forsterker den negative trenden for kjemi. I tillegg er de relative forskningsbevilgningene til "ren" kjemi redusert som følge av større vekt på program og løsningsorientert forskning. Dette har slått negativt ut for kjemi som tradisjonelt har hatt størst innslag av grunnleggende (fri) forskning. Universitetene har ikke vært proaktive for å motvirke denne trenden.

Trenden og dagens situasjon slik Hey-Hawkinskomiteen beskriver den, er uheldig for Norge. Problematikken er sammensatt, og spenner fra studenter, rekruttering, forskningsprofil til politisk forståelse for hvorledes innovasjon og verdiskaping i bunn og grunn er avhengig av kompetanse og kreativitet i grunnforskning. Kjemifaget er i dynamisk utvikling internasjonalt.

Ikke minst får kjemi en stadig økende betydning som grunndisiplin for områder som biologi, medisin, energi, miljø og mat. Et sterkt kjemimiljø blir således en forutsetning for at Norge skal følge utviklingen på slike tverrfaglige områder, og for å styrke innovasjonsevnen i norsk kjemibasert industri. Kjemikompetanse er videre viktig for forvaltnings- og politikkområder: Fra klimapolitikk til EUs vanddirektiv og regelverk knyttet til miljø, industri og utslipp.

Innen kjemifagene i Norge finner vi enkelte meget gode enkeltforskere, gjerne forankret i de beste forskningsgruppene. Dette bør anspore til en generell kvalitetsheving på institusjonene. Kjemikere har for eksempel en SFF (CTCC: teoretisk kjemi og beregningskjemi; UiO, UiT), en SFI (inGAP: naturgasskonvertering – katalyse; UiO, NTNU, SINTEF), deltar i en SFF (CIPR, petroleumsforskning, UiB), leder en FUGE-plattform (NorStruct; UiT), deltar i to andre SFI'er (UiO, UiT), videre har flere SFF søknader blitt meget godt evaluert; dog ikke finansiert. Andre kjemimiljøer deltar mer sporadisk i SFF og andre FUGE-plattformer, men har i stedet hatt en omfattende deltagelse i EU prosjekter fra 3.-7. rammeprogram (UMB mfl.). Kjemikere har også fått ansvar for den eneste nasjonale forskerskolen som ble bevilget innen naturvitenskap gjennom NFR sin satsing i 2008 (BioStruct; UiT). Alt dette demonstrerer kvalitet og relevans av norsk kjemi og borger for et godt utgangspunkt for nå å styrke og omstille kjemifaget. Utfordringen for kjemi er tydelig; det må dannes større grupper med tydelig faglig lederskap, det må utvikles klare strategier, hvor proaktivt forskningsarbeid, avansert teknologi, internasjonalt nettverk og sterkere kontakt med industri og relevante myndigheter står i fokus.

## ***2.2 Perspektiver - Kjemiområdets betydning for Norge***

### ***2.2.1. Industrien***

Norsk industri har tradisjonelt vært sterkt kjemibasert og er det også i dag. Det er nok å peke på bedrifter som Norsk Hydro, Yara, Dynea, Norske Skog, Elkem, Borregaard, Jotun, GE Healthcare (tidligere Amersham Health; Nycomed), Axelia (tidligere Alpharma), Ineos, og Statoil. Også med hensyn på nytt næringsliv som vokser frem, står kjemi sentralt. Det gjelder større bedrifter som REC, Elkem Solar, Nordsun, Aker Clean Carbon, Scatec, Dynal, Pronova Biopharma og Algeta, med fokus på bl.a. silisium og *wafer*-fremstilling, solcelleproduksjon, prosesser for CO<sub>2</sub>-fjerning, energiteknologi mer generelt, medisinsk teknolog knyttet til legemiddelutvikling og bioteknologi; samt en rekke oppstartsbedrifter knyttet til blant annet nanoteknologi, fornybar energi (sol, batteri, brenselceller etc), legemiddelutvikling og bioteknologi. EUs vanddirektiv er en utfordring for alle industrier med utslipp til vann. Kjemi har utvilsomt en særdeles viktig rolle for norsk verdiskaping. Dette burde tilsi at industrien vil bidra tungt til grunnleggende forskning i kjemi, spesielt på områder som er basis for nye produkter, teknologier og fremtidig verdiskaping. Dette skjer i liten grad i dag, hvor bare enkeltområder av kjemien har god industrikontakt. Samarbeidet mellom Statoil og Vitenskapsakademiet ved Vista-programmet er et godt eksempel til etterfølgelse.

### ***2.2.2. Andre områder av naturvitenskap og teknologi***

Utover den åpenbare betydning kjemi har for eksisterende næringsliv og verdiskaping, onshore og offshore, får kjemifaget i dag stadig økt betydning som basis for andre fagfelt og teknologier. Innen energi, offshore, miljø, klima, mat, materialer og ikke minst biologi og medisin spiller kjemi en meget viktig rolle. Dette reflekteres dels utdanningsmessig der innføringen av kvalitetsreformen har medført opprettelse av en rekke studieprogrammer med innretning mot slike anvendelsesområder og hvor kandidatene sikres basiskunnskaper innen

kjemi. Imidlertid gir ikke dette rom for tung faglig fordypning i kjemi, noe som innebærer at den nasjonale tunge kompetansen i kjemi forblir forankret ved universitetene. For de tverrfaglige, viktige teknologi- og fagområdene er det derfor viktig at det finnes en solid og bred kompetanse- og kunnskapsbase i kjemi ved universitetene og at denne kan nyttiggjøres gjennom tverrfaglig samarbeid. På det vis kan universiteter, forskningsinstitutter og næringsliv i fellesskap søke løsninger på krevende faglige utfordringer som etterspørres av samfunn og teknologier.

### **2.2.3. Andre samfunnsområder – forvaltning**

For en rekke forvaltningsområder knyttet til energi og samferdsel, miljø og klima, mat fra landbruk og fiskerier/oppdrett, industri og materialer, og ikke minst helse, medisin og legemidler/farmasi, er basiskunnskap i kjemi en forutsetning for gode vedtak og vurderinger. Forvaltningsorganer som departementer og direktorater har ulik tradisjon med hensyn på å utnytte universitetenes kjemikompetanse til rådgivning. Innenfor f.eks. atomberedskap har Miljøverndepartementet, Helse- og Omsorgsdepartementet v/Statens Strålevern og Utenriksdepartementet aktivt benyttet relevant universitetskompetanse. Innenfor andre områder har forvaltningen i liten grad benyttet slik kompetanse ved universitetene. På lavere forvaltningsnivå, innen fylker og kommuner, er også kompetansen lite utnyttet. Universitetenes grunnleggende og nasjonale kompetanse bør komme samfunnet til gode på alle aktuelle felt, også innenfor forvaltnings- og politikkområder. Universitetenes kompetanse og relevans må tydeliggjøres, slik at forvaltningens aktører vil nyttiggjøre seg den nasjonale kompetansen i kjemi.

### **2.2.4. Akademia – nasjonal kompetanse**

Universitetene har ansvar for så vel utdanning og forskning innen kjemi, samt formidling og innovasjon. Kjemifaget arbeider på en internasjonal og sterkt konkurranseutsatt arena, der ny kunnskap genereres kontinuerlig, dels med anvendelser som formål. Universitetene utgjør i et slikt perspektiv kompetansesentrene for norsk kjemi og skal utdanne kandidater med ”cutting-edge” kunnskap. I et lite land som Norge, kan ikke alle universitetene holde et høyt internasjonalt faglig nivå på alle områder. Konkurransedyktighet vil i et slikt perspektiv kunne innebære arbeidsdeling, robuste konstellasjoner ved satsing på utvalgte tunge miljøer og ved tverrinstitusjonelt samarbeid, og prioritering av visse områder fremfor andre.

Universitetene har ansvar for å dyrke gode, dynamiske og robuste forskningsmiljøer. Kvalitet i forskning, godt læringsmiljø og relevans i forhold til globale utfordringer og norsk verdiskaping vil tiltrekke studenter og medarbeidere. Slike miljøer får dermed en viktig rolle for utdanning av master- og ph.d.-kandidater samt forskertrening. Det ligger et betydelig ansvar på myndighetene og Forskningsrådet for å følge opp universitetenes gode miljøer. Dette inkluderer så vel finansiering av de kjemiske instituttene gjennom KD bevilgninger og av prosjekter gjennom Forskningsrådets virkemidler. Uten gode laboratoriefasiliteter, avansert instrumentering, profesjonell drift av tung infrastruktur, og faglig dimensjonering som tillater både faglig fordypning og samarbeid på grenseflater, vil kjemi ikke kunne holde et ønskelig internasjonalt høyt nivå, ei heller være tilstrekkelig motor for ny verdiskaping. Det innebærer at ulike virkemidler må bidra til at prosjekter forankres i universitetenes faglige prioriteringer. Institusjonene, Forskningsråd og departementer må investere i kvalitetsforskning og bruke fagevalueringene aktivt. Ph.d. og post docs må benyttes aktivt som sentrale aktører for å styrke og utvikle universitetenes faglige profil. Kandidatene skal sikres *state-of-the-art*-utdanning og forskeropplæring i kjemi, og dermed senere inngå i roller for å bringe norsk kjemi fremover. Kandidatene som utdannes til samfunn og næringsliv, herunder

løsningsorientert forskning i de teknologiske forskningsinstituttene, må gis kompetanse på høyt internasjonalt nivå.

### **2.2.5 Internasjonalt**

Internasjonalt, og spesielt i vest-Europa de siste 25 år, er utviklingstrekkene for kjemi som basalfag mye sammenfallende med situasjonen i Norge; nedgang i studentmassen, nedgang i finansiering, reduksjon av stillinger, aldring av akademiske stab, og krav om omstilling og kutt i undervisningstilbud. Mange universiteter har gjennomgått omstilling, har fokusert på spisse områder innen kjemi, dannet spesialiserte sentre eller inngått i sentre hvor kjemi danner basis for andre fag som for eksempel biologi. Omstilling har generelt bidratt til at universitetene har blitt spesialisert innen enkeltområder, med høy profil og synlighet, dog ofte med et minimum av kompetanse på visse områder for kun å dekke undervisningsbehov. Trenden innebærer at vi sjelden lenger finner ”vegg-til-vegg”-kompetanse innen kjemi på universitetene. Faget er i stedet flekkvis fordelt, med utvikling av topp kompetanse innenfor enkeltområder (for eksempel energi/materialforskning), mens andre områder av kjemi ligger brakk. Siden omstrukturering og spissing som regel ikke er koordinert mellom universitetene, verken internt i enkeltland eller innenfor EU, kan det oppstå akutt behov på et bredt kompetanseområde som ikke lenger er vedlikeholdt (for eksempel nukleære fag).

Alle fagmiljøene i kjemi ved universitetene i Norge deltar, om enn i varierende grad, på den internasjonale forskningsarena. Dette skjer innen samarbeid i Skandinavia/Norden, innenfor EU, og/eller USA/Asia. Evalueringskomiteen har berømmet deltakelse i sterke internasjonale nettverk. Dette synes best utviklet innenfor miljøkjemi, teoretisk kjemi, radiokjemi, katalyse og uorganisk materialkjemi, mens andre områder har et særlig forbedringspotensial knyttet til deltagelse i EU forskningen. Internasjonalt forskersamarbeid og nettverk bidrar både til vitalisering av norsk kjemisk forskning og gir norske forskere tilgang på fasiliteter og utstyr som ikke finnes i Norge. Norsk medlemskap i ESRF er et eksempel på tilrettelegging av en forskningsplattform av stor betydning for ulike deler av kjemi.

## **2.3 Utfordringer**

Den internasjonale evalueringskomiteen slår fast at kjemiforskningen i Norge er betydelig mindre enn man skulle forvente ut fra landets økonomiske og akademiske potensial. Det samme ble sagt av den internasjonale evalueringskomiteen for 11 år siden (Weitkamp et al., 1997). Hey-Hawkins (s. 26) påpeker at situasjonen faktisk har forverret seg:

*“This review takes place 11 years after the Weitkamp review, which concluded that the vitality and productivity of chemistry research in Norway did not reflect the economic and academic potential of Norway, and that comparison with near neighbours of a comparable size showed the Norwegian position to be weaker than those countries..... The Committee notes that since the time of the Weitkamp report there has been a significant reduction in the size of many of the departments, and thus the opportunities to generate new lines of research have suffered, as the other responsibilities of the staff, including teaching and administration, have not declined proportionately.”*

Dette er del av en langsiktig trend. I perioden 1981-1995 var 16 % av publikasjoner fra Norge innen kjemi (Weitkamp) og relativ andel (i forhold til andre fag) var den gang nesten på topp i verden. I 2007 hadde andelen sunket til 7 % (Hey-Hawkins, bibliometrisk vedlegg, side 25) som nesten er lavest i verden. Årsaken er dels en større vekst i antall norske publikasjoner innen andre fagområder enn kjemi. Dette viser at kjemifaget ikke har nytt godt av den økte forskningsinnsatsen i Norge de siste ti år.

En hovedutfordring er å snu denne negative trenden, og generelt sett vinne økt faglighet og synlighet. Dette vil utvilsomt måtte fases inn gjennom omstilling og styrking av kjemifaget på områder hvor kjemi utgjør kunnskaps- og kompetansebasen for prioriterte teknologiområder og norsk verdiskaping. Norge må prioritere ut fra egne forutsetninger; basert på fortrinn og ut fra bevisste valg basert på kompetanse. Økt prioritet fra beslutningstakere forutsetter nødvendigvis økt innsikt og forståelse. Økt rekruttering forutsetter god formidling av kjemifagets viktighet til skole og samfunn, hvor kjemi tilskrives en klar og attraktiv rolle relativt til nærliggende felt som fysikk og biologi. Således er det en sentral utfordring å spre informasjon om kjemifagets betydning. Det er høyst trolig et faktum at kjemibasert næringsliv har blitt mindre synlig i Norge de siste 10 år. Media har videre ikke forbundet kjemi med faget som sitter med nøkkelen til teknologiske utfordringer innen energi, miljø og helse, men snarere som et fagfelt som har plassert verden i en knipe mht lokal og global forurensning. Her er det mye å gripe fatt i for fagmiljøene og organisasjoner som Norsk Kjemisk Selskap.

Aldersprofilen på vitenskaplig stab kunne være en medvirkende årsak til trenden. Imidlertid var aldersprofilen også ved forrige evaluering (Weitkamp) preget av lav andel yngre. Trenden kan neppe forklares ut fra aldersfordeling alene, noe som uansett vil kreve en detaljert analyse. En trang økonomisk situasjon har uomtvistelig gjort nyrekruttering vanskelig ved universitetene de siste år. En moderat nedgang (10 %) nasjonalt sett skjuler relativt dramatiske lokale endringer. Ved landets største kjemiske institutt (UiO) har antallet faste vitenskaplige stillinger blitt redusert fra 53 i 1987 via 50 i 1997 til 37 i 2007. Også ved landets andre hovedmiljø, NTNU, registreres nedgang for perioden 1987 - 2007. Lokalt gir dette redusert aktivitet, aldring av stab, og manglende muligheter til å opprettholde/bygge robuste miljøer og til omstilling mot områder som får økt aktualitet gjennom nasjonale satsinger. Rekruttering er i dag et utpreget problem som også er påpekt av den internasjonale evalueringskomiteen for mange av delområdene. Fagplanutvalget deler Forskningsrådets bekymring over manglende rekrutteringsstrategi ved universitetene (kfr. Forskningsrådets adm. direktør A. Hallen). Innen kjemifag er det mange glitrende kandidater som ikke kan tas vare på av budsjettmessige hensyn og pga strikse rammebetingelser for midlertidige stillinger (bl.a. maksimal kontraktsvarighet 4 år).

Kjemifaget er, som argumentert over, svært viktig for prioriterte områder i forskningsmeldinger og for næringslivet, både etablert og nytt, samt for en rekke myndighetsområder. Utfordringen er tydelig: Kjemi må gis tyngde, kvalitet og innretning slik at faget leverer den kunnskap og de kandidater samfunnet vil etterspørre. I en internasjonal sammenheng, med sterk konkurranse, krevende problemstillinger, krav til spesialiserte laboratorier, og med kort tidshorisont fra idé til produkt, blir det en stor utfordring for det norske forskningssystemet å finne langsiktige virkemidler for å etablere faglig sterke og robuste miljøer. Det er en svak tradisjon i Norge å kunne etablere og over tid stå fast ved ordninger som innebærer nasjonal arbeidsdeling, og hvor kvalitet i forskning og utdanning sikres gjennom tett vekselvirkning mellom sterke, komplementære miljøer og på tvers av institusjoner. Til dels hindrer budsjettmodellen slikt tverrinstitusjonelt samarbeid, dels gir åpne konkurransearenaer full frihet for å etablere den aktivitet man måtte ønske uten hensyntagen til overordnede strategier. Forslag til insentiver for å etablere påkrevde nye typer samarbeidskonstellasjoner er nærmere beskrevet nedenunder og angitt for de ulike delområdene i kjemi.

Forskningsrådet og myndighetene har gjennom sin storstilte satsing på energi og miljø etablert en rekke FME-sentre, og flere vil bli etablert i nær fremtid. Disse er bygd rundt en KMB/SFI lignende lest med samfinansiering mellom Forskningsråd, forskningsinstitusjoner

og næringsliv. Det er en stor utfordring for kjemi, og for universitetene mer generelt, at knapt noen FME'er ledes av et universitet eller massivt styrker kjemiforskningen ved et universitet, men snarere har medført bred styrking av instituttsektoren. Videre er det relativt få miljøer som per i dag er engasjert i EUs 7. rammeprogram. Kanskje er det for svake insentiver på enkeltforskernivå, selv om de kan være betydelige for institusjonen. Et mål må være at norsk kjemi skal kunne påvirke fagets internasjonale utvikling. Da blir faglig kvalitet og attraktivitet som partner til de internasjonalt beste miljøene en forutsetning for både deltagelse og suksess. Utfordringen for kjemi er tydelig; det må dannes større grupper med tydelig faglig lederskap, det må utvikles klare strategier, det må arbeides proaktivt, og utvikling av avansert teknologi, deltagelse i nettverk og satsinger samt sterkere kontakt med industri og relevante myndigheter må få langt mer fokus. Nasjonal arbeidsdeling og tverrinstitusjonelle samarbeid må være en del av en nasjonal strategi for å løfte kjemifaget.

Når det gjelder bevilgninger til kjemiforskning er en klar konklusjon i den internasjonale evalueringen at andelen grunnleggende forskning i kjemi er for lav. I *Executive summary* (s 8) skriver Hey-Hawkinskomiteen:

*“Most funding provided by the Research Council is through managed programmes (NANOMAT, RENERGI, and FUGE) - there is only a low budget for untargeted responsive-mode applications (“blue skies” research). For the development of new, innovative lines of research, however, a substantial volume of blue skies work is required to sustain the vitality of the field and to develop new talent. The fraction of this type of research is currently much too small in Norwegian chemistry”.*

Fagplanutvalget mener bestemt at, i tillegg til strategiske nasjonale grep, er styrking og finansiering av den grunnleggende og innovative kjemiforskningen nødvendig som basis for en rekke grenseflatesatsinger både innen kjemi og mot andre fag, og mot samfunnsmessig viktige områder som energi, miljø, klima, mat, materialer og ikke minst biologi og medisin.

## **2.4 Tiltak og virkemidler**

### **2.4.1. Faglig dimensjonering**

Aktiviteten i norsk kjemisk forskning er redusert til tross for at kjemi på mange vis bidrar til høy levestandard, faglig fremgang innen prioriterte nasjonale satsingsfelt, underbygger store deler av norsk næringsliv og er nøkkel til mange av dagens globale utfordringer. Dette synes å ha skjedd tilfeldig. Når man betrakter utfordringer som norsk kjemi vil kunne bidra til å løse i fremtiden, bør man vurdere relativ dimensjonering av de enkelte underdisipliner i kjemi med hensyn på behov for kunnskapsutvikling, kompetanse og forskningsvolum.

Dagens størrelse av underområdene i kjemi reflekterer historiske omstendigheter, i stor grad knyttet til undervisning og faglig bredde ved institusjonene. Endringer knyttet til innretning av næringslivet, nasjonale satsinger og samfunnsmessige behov stiller institusjonene overfor utfordringen mhp dimensjonering. Fordelingen mellom underområdene er mindre dynamisk enn ønskelig og neppe optimal. Kjemimiljøet er totalt sett lite slik at rullering av stillinger blir begrenset. En rekke ledigheter gjennom naturlig avgang har blitt holdt ubesatt pga økonomi.

En dimensjonering av kjemi i Norge må avveies mot en rekke forhold og ønsker, herunder:

- Universitetenes samfunnsoppdrag; kompetanse og utdanning av kandidater
- Potensial for økt/ny verdiskaping (*offshore* og landbasert)
- Prioriteringer i nasjonale forskningsmeldinger

- Nasjonale og samfunnsmessige behov for kompetanse
- Tilgang til nye skarpe forskningsverktøy som basis for gjennombrudd; fundamental forståelse og ny teknologi. Herunder utnytting av ny metodikk for studier av fenomen på stadig mindre tids- og størrelsesskala, og utnyttelse av det økende potensialet som beregningskjemi gir for forståelse av reaksjoner og egenskaper
- Internasjonal utvikling av kjemi og områder med viktige grenseflater mot kjemi
- Effektivisering av utdanning gjennom institusjonelt samarbeid (forskerskoler)
- Infrastruktur og tiltak for kompetent og effektiv drift av instrumentering
- Utvikling av viktige, fremtidsrettede faglige grenseflater, spesielt rettet mot
  - o *Life science*
  - o Syntetisk biologi
  - o Miljø
  - o Fornybar energi
  - o Nanoteknologi
  - o Nukleære anvendelser

#### **2.4.2. Behov for nasjonal arbeidsdeling og gjennomføring**

I en internasjonal sammenheng er det totale kjemimiljø i Norge lite. Det innebærer at man ikke kan forvente å være på høyt internasjonalt forskningsnivå innen alle deler av kjemien. Samtidig er det opplagt at økt faglig styrke kan oppnås gjennom samarbeid mellom komplementære miljøer og på tvers av institusjoner. For at universitetene skal kunne utdanne kandidater med ”*cutting-edge*” kunnskap, må forskningen være på nivå med *state-of-the-art* internasjonalt. Samtidig som midlene til grunnleggende forskning innen kjemi i Norge er sterkt begrenset i omfang, har kjemi en særskilt viktig rolle for en rekke samfunnsteknologier hvor det foreligger gode muligheter for finansiering. Samarbeid på tvers av institusjoner og nasjonal arbeidsdeling bør benyttes som virkemiddel til å fremme konkurransedyktighet. Dette inviterer til økt grad av arbeidsdeling og spesifikke tiltak for å fremme samarbeid, for å gi tilgang til ulike institusjoners avanserte laboratorier og for å sikre at enkeltfagområder ikke nedlegges over alt. *Det vises til konkrete anbefalinger for hver underdisiplin.* På dette vis kan den norske kunnskapsbasen styrkes og Norges muligheter for innovasjon stimuleres. En slik omlegging krever sterke og godt koordinerte tiltak i tråd med Fagplanutvalgets anbefalinger og med tydelig oppfølging fra Forskningsrådet og departementer.

For å få til koordinert styrking oppfordrer Fagplanutvalget til balansert lojalitet mot det foreliggende forslag. Dette stiller spesielle krav til Forskningsrådet; det oppfordres til at utlysning av midler og evaluering av søknader tilrettelegger for at sterke komplementære miljøer bygges opp i hht plan om arbeidsdeling og samarbeid. Det er ønskelig at Forskningsrådet trekker inn sentrale miljøer i store satsinger i de tilfeller Forskningsrådet registrerer at disse ikke deltar til tross for å ha en nasjonal rolle innen feltet. Dette gjelder spesielt store prosjekter (SFI, FME, plattformer, infrastruktursatsinger, men i visse tilfeller også KMB, BIP, osv). Det anbefales at neste kjemievaluering vurderer spesielt hvorvidt man har lyktes på dette punktet. Det poengteres at slik ”styring” selvsagt ikke skal hindre institusjonenes naturlige ekspansjoner innenfor nedfellede strategiske planer, og skal ikke legges til hinder for fri ”*blue sky*” forskning.

#### **2.4.3. Rolledeling – instituttsektor versus universitet**

Universitetene har tradisjonelt ansvaret for grunnleggende forskning og kandidatutdanning. Dette bildet blir imidlertid stadig mer utvannet ved at forskningsinstituttene gis oppgaver og



virkemidler med lignende innretning, dels med argument om ikke å diskriminere ulike typer institusjoner i søknadsprosesser. Dette representerer en utfordring for universitetene. Det er viktig at myndighetene, og herunder Forskningsrådet, foretar en ny grenseoppgang mellom universitets- og instituttsektoren. Ressursene tillater ikke dubleringer på tvers av sektorer. Grenseoppgangen må peke ut virkemidler for å styrke samspillet mellom disse sektorene, med industrien og myndighetene. Utdanning, herunder mastergrad og ph.d., samt post doc (ref <http://www.lovddata.no/for/sf/kd/td-20060131-0102-001.html#1-2>), må være universitetenes domene, samtidig som det må legges til rette for samarbeid både mht kandidat- og forskerutdanning med både instituttsektor og næringsliv. Den tunge vitenskapelige kompetansen må forankres på universitetene og overføres instituttsektor og næringsliv via kandidater og felles prosjekter. Avansert instrumentering for forskning bør i hovedsak etableres ved universitetene, supplert med midler som sikrer fullgod metodisk kompetanse, effektiv og kompetent drift, samt tilgang for eksterne brukere fra andre universitet, instituttsektor og industri. Oppbygging av, drift og tilgang til nasjonal infrastruktur og tilgang til internasjonal infrastruktur er del av bildet.

I et helhetlig bilde bør universitetssektoren, som nå, ha ansvar for grunnleggende forskning i kjemi og derved være motor for nyskaping og innovasjon knyttet til ny kjemisk kunnskap i internasjonal forskningsfront. Instituttsektoren må gjennom sitt hovedansvar og hovedfokus på løsningsorientert forskning fremstå som en kompetent, attraktiv partner for norsk og internasjonalt næringsliv. Instituttsektoren må derfor sikres god kompetanseutvikling, og deres forskere med høy kompetanse bør på aktuelle områder benyttes som ressurspersoner utdannings- og forskningsmessig ved universitetene. II'er-stillinger er derfor et godt virkemiddel for å bygge opp robust samarbeid og grupperinger på tvers av universiteter og institutter, og for å fremme bredde innen *state-of-the-art*-utdanning av både master- og ph.d.-kandidater mht både grunnforskning, teknologi og anvendte problemstillinger.

#### **2.4.4. Infrastruktur**

Kjemi er et eksperimentelt fag og krever både infrastruktur og drift. Et viktig utviklingstrekk er økende bruk av beregningsverktøy og dermed tettere interaksjon mellom eksperiment, teori og modellering. Funksjonelle, fleksible laboratorier er en forutsetning for eksperimentell kjemi. Inn i dette inngår laboratorier for syntese, og fremfor alt for avanserte analytiske metoder for karakterisering. I tillegg krever avansert miljøkjemi både feltarbeid og at "laboratoriet flyttes til felt". Det som i dag mer enn noe vanskeliggjør utviklingen av slagkraftige og robuste forskningsgrupper er den vanskelige finansieringssituasjonen for basal, dyr, ikke-nasjonal infrastruktur. Det er betydelig fokus i dag på infrastruktur av nasjonal karakter, og også dette er en mangelvare. Men en forutsetning for god bruk av avansert infrastruktur i Norge (eller av tilsvarende utstyr gjennom internasjonalt samarbeid), er at miljøene har tilstrekkelig gode rammebetingelser for grunnleggende forskning på høyt nivå, har moderne hjemmelaboratorier og oppdatert instrumentering. Etablering av avansert infrastruktur av nasjonal karakter må forankres i tunge universitetsmiljøer, med effektiv tilgang for forskere fra andre institusjoner. For å nyttiggjøre oss avansert utstyr i andre land kreves at hjemmebasen har et minimum av "arbeidshester" slik at både problemstillinger, ideer og nyskaping er godt forankret i Norge. Tilgang på avanserte instrumenter og fasiliteter som ikke finnes i Norge er en utfordring for en innovative og kreativ forskning i kjemi.

#### **2.4.5. Organisering og faglig ledelse**

Det er store kulturforskjeller mellom ulike underdisipliner av kjemi, og dels mellom ulike institusjoner med ulike profiler. Det landskapet som tegner seg for kjemi i fremtiden vil kreve

sterkere faglig lederskap som må iverksette faglige strategiske tiltak for styrke kvalitet og robusthet, nasjonal arbeidsdeling og samarbeid, og vekselvirkning med samfunn og næringsliv. Dette er både en kulturell og organisatorisk utfordring. Ved gjennomgang av den internasjonale evalueringen og rådene som er gitt her, oppfordres alle institusjoner til å lage en strategisk plan hvor samarbeid internt og eksternt vurderes. Det Nasjonale fagrådet for kjemi oppfordres til å følge opp prosessen med å styrke samarbeid mellom universitetene og bidra til at UHR-styret tilrettelegger for dette.

#### ***2.4.6. Faglig omstilling***

Som følge av den internasjonale evalueringen, fagplankomiteens anbefalinger og en strategisk plan som utarbeides lokalt, bør klare mål for ulike kjemiområder settes og omstillingsbehov identifiseres. Samtidig må stillings og rekrutteringsbehov adresseres slik at behovet for samarbeid enten internt eller eksternt både kan fokuseres og dimensjoneres. Omstilling er imidlertid en vanskelig og tidkrevende prosess, hvor det er vesentlig for det angjeldende miljøet å fokusere på nye mulighet for satsing og være aktivt medvirkende til omstillingen. Utvalget anbefaler at Forskningsrådet på kort sikt stiller midler til rådighet for å stimulere til omstilling i hht anbefalingene i dette dokumentet. For å rede grunn for faglig omstilling er det viktig med god rekrutteringspolitikk. KD oppfordres i den sammenheng til å vektlegge post doc og forskerstillinger i høyere grad enn tidligere i sine budsjettmessige tildelinger.

#### ***2.4.7. Faglig samarbeid***

Faglig samarbeid innenfor kjemiområder må fremstå som vinn-vinnsituasjon hvor gruppene samlet fremstår mer robust, mer faglig troverdig og med en bredere forankring enn hver for seg. Faglig samarbeid kan omfatte konsolidering av ett kjemiområde eller samarbeid på grenseflater mellom kjemifag. Faglig samarbeid internt er mest avhengig av vilje og evne til samarbeid, mens faglig samarbeid på tvers av institusjoner kan fremstå mer krevende da budsjettmodellen motvirker slikt samarbeid. Dette problemet adresseres derfor til KD med ønske om å sette inn insentiver som stimulerer til samarbeid på tvers av institusjoner, slik som Fagplanutvalget oppfordrer til på mange kjemiområder.

#### ***2.4.8. Vekselvirkning med forvaltning og næringsliv***

Universitetene bør utvikle tettere samarbeid med forvaltning og kjemibasert næringsliv: Som kunnskapskilde, rådgiver og kompetansepartner, som forskningspartner i krevende prosjekter, og som en lyttende partner som søker å utdanne kompetente kandidater som er relevante for sine fremtidige arbeidsplasser. Tettere samarbeid mellom universitetene og samfunn vil gi bedre forståelse for kjemiens plass i kunnskapssamfunnet, gi bedre forståelse av grunnforskningens betydning, bidra til universitetenes relevans, og være grunnlag for industrifinansierte prosjekter (KMB, BIP, SFI, FME) med faglig lederskap forankret ved universitetene.

#### ***2.4.9. Formidling***

Utfordringen knyttet til svak rekruttering av studenter til kjemifaget (NTNU unntatt) må tas alvorlig siden samfunnet etterspør dyktige kjemikere på mange områder, uten nødvendigvis å være dette eksplisitt bevisst. Således må informasjon og kunnskap om kjemi som basis for utvikling og levestandard formidles til ungdom, skole, samfunn og beslutningstakere. En dedikert formidlingsplan bør gis prioritet, og bør gjennomføres i samarbeid mellom institusjoner, Forskningsråd, organisasjoner (Norsk Kjemisk Selskap mfl) og næringsliv. Det må avklares hvem som sitter i førersetet for prosessen og hvorledes formidlingssatsingen

finansieres. "Kjemiåret 2011" vil være en ypperlig anledning til en storstilt profilering av kjemifaget.

#### **2.4.10. Utdanningsnettverk og forskerskoler**

Forskningsbasert undervisning er en hjørnestein i all kandidatutdanning. Dette stiller krav til kvalitet, aktivitet og dimensjonering innen underområdene av kjemi, noe som er en utfordring for enkeltinstitusjonene. For å styrke den høyere utdanningen er forskerskole et effektivt tiltak. Disse skal bidra til faglig styrking og fordypning, fungere som møteplass for studenter og lærere, faglig og sosialt. Forskerskolen skal stimulere til nytenkning og innovasjon.

For å opprette forskerskole må miljøet være stort nok slik at antall ph.d.-kandidater som inngår er over et visst minimum. Innenfor noen områder av kjemi er lokale forskerskoler etablert og minimum antall ph.d.-studenter som kreves er lokalt bestemt. Forskningsrådet har bidratt til opprettelse av nasjonale forskerskoler med særskilte retningslinjer for etablering. Ut fra erfaringer er forskerskoler et godt tiltak, men med forbedringspotensial. Forskerskoler som opprettes på tvers av institusjoner skal bidra til institusjonssamarbeid, forskningssamarbeid og kosteffektivt undervisningssamarbeid hvor institusjonenes spisskompetanse utnyttes effektivt.

Det tilrådes at universitetene og Forskningsrådet gir insentiver til opprettelse av formalisert ph.d.-utdanning (undervisningsnettverk/forskerskoler) på områder av kjemi som er identifisert i denne rapporten. Dette vil stimulere til samarbeid mellom institusjoner og sikre at selv små områder kan få et fullverdig undervisningstilbud både på master- og ph.d.-nivå. En mindre ressurskrevende løsning en dagens modell for forskerskoler bør vurderes. Én løsning kan være utstrakt bruk av video-/nettundervisning som utnytter eksisterende undervisningstilbud. Dette vil kreve tilgang til egnede audiovisuelle fasiliteter ved alle institusjonene.

For de delområder av kjemi hvor et nasjonalt utdanningsnettverk (forskerskole) etableres må en institusjon fungere som koordinator og ha det administrative ansvaret, mens det samlede fagmiljø har det faglige ansvaret. Følgende delområder synes mest aktuelle er (i uprioritert rekkefølge):

- uorganisk kjemi/materialkjemi inkludert katalyse
- teoretisk kjemi og beregningskjemi
- organisk kjemi og legemiddelkjemi
- analytisk kjemi og miljøkjemi
- kjernekjemi og radiokjemi

Det eksisterer i tillegg allerede en relevant nasjonal forskerskole innen strukturbiologi. En mulig finansieringskilde kan være via ISP'er (se anbefaling 8 nedenfor).

#### **2.4.11. Finansiering**

De kjemiske instituttene på universitetene sliter til dels økonomisk. Dette har flere årsaker som vanskelig kan løses av instituttene alene, utover ren nedbemanning ved naturlig avgang. Det pekes spesielt på tre forhold; (i) KDs budsjettmodell som belønner kvantitet innen studieproduksjon og hvor midler følger studentenes prioriteringer til enhver tid; og videre der kostnader til naturvitenskapelige eksperimentelle fag ikke honoreres på linje med medisin/veterinærmedisin. Tunge eksperimentelle fag som kjemi kan vanskelig følge popularitetsbølger i samfunnet, noe som får håndterlige budsjettmessige konsekvenser når studenttallet går sterkt ned; (ii) Forskningsrådets programsatsing innen områder som bygger

på kjemi, men som ikke vektlegger grunnforskningens betydning for innovasjon og nyskaping, og (iii) Intern budsjettfordeling på universitetene der tunge eksperimentelle fag ikke blir tilstrekkelig ivaretatt til tross for kostbar drift og infrastruktur. Fagplanutvalget anmoder KD og UHR om å sette problematikken på dagsorden.

## **2.5 Konkusjoner og anbefalinger**

Norsk kjemi må gis rammevilkår som gjør fagområdet konkurransedyktig i et internasjonalt perspektiv. Fagplanutvalget mener at dette krever faglig fokusering, nasjonal arbeidsdeling mellom sterke komplementære miljøer, tilgang til veldrevne avanserte laboratorier, fasiliteter og utstyr nasjonalt og med tilgang på avansert utstyr internasjonalt, samt sterk interaksjon mellom akademia, samfunn og næringsliv. En bærebjelke er fagmiljøenes vitenskaplige kvalitet, evne til nytenkning og innovasjonskraft. Dette forutsetter at de dyktigste miljøer gis rammevilkår for kontinuerlig å videreutvikle sin faglige plattform som ligger til grunn for nytenkning og overføring av spisskompetanse til løsningsorienterte prosjekter i lys av prioriterte nasjonale områder i Forskningsmeldingen og/eller tematikk for fremtidsrettet norsk næringsliv. Et kritisk forhold er ”grunnleggende kompetanseutvikling”, grunnforskning/frie prosjekter som underbygger fagmiljøenes strategiske plan og som forvaltes av disse. For at kjemi i Norge skal utvikles å tråd med vårt syn, er det behov for en rekke tiltak, både på overordnet nivå (departement), på den nasjonale forskningsarena (Forskningsrådet) og lokalt ved de enkelte universitetene.

### **2.5.1. Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet, Nærings- og Handelsdepartementet, Olje- og Energidepartementet, Landsbruks- og matdepartementet, Miljøvern-departementet, Utenriksdepartementet**

#### *Anbefaling 1: Økt innsats innen grunnleggende naturvitenskapelig forskning*

Grunnleggende forskning er nødvendig basis for nytenkning og innovasjon, for tverrfaglig forskning og som grunnlag å utvikle nye anvendte fagområder med forgreninger inn i ulike departementers ansvarsområde. Kjemi er sterkt konkurranseutsatt internasjonalt og norske miljøer må gis rammer slik at de utfører ”cutting-edge” forskning som basis for innovasjon og nyskaping. Siden norsk næringsliv er tungt forankret innen kjemi, har dette implikasjoner innovasjonsmessig. Globale utfordringer (energi, miljø, helse) er sterkt knyttet til faglig utvikling slik at kjemi holder et internasjonalt nivå.

Anbefalinger om økt grunnforskning er kjent for Departementer og Forskningsrådet. Internasjonale studier viser at grunnleggende forskning gir den beste avkastningen på lengre sikt (kfr ”Baklengsrapporten”), spesielt dersom den kombineres med god anvendt forskning. Da grunnforskningen i kjemi danner en viktig kunnskapsbase for anvendt forskning samt for utvikling og innovasjon innenfor en rekke andre områder fremmes følgende konkrete forslag:

- *Det innføres en grunnforskningskomponent i alle anvendte forskningsprogrammer og store satsinger. Andelen bør være minst 10 % og trekkes ut i egne grunnforskningsprogrammer for de underliggende disipliner. Dette vil styrke kompetansegrunnlaget ved universitetene, både for å sikre en kvalitetsmessig*

*kandidatutdanning og som investering i videreutvikling av feltet i nye, aktuelle retninger.*

Med grunnforskning menes at det stilles ingen spesifikke krav om anvendelse eller umiddelbar nytteverdi. Hensikten er å finansiere de vitenskapelig sett beste forskningsprosjektene og kompetansegrunnlaget for miljøenes deltakelse i store satsinger. Dette er et konkret forslag for å følge opp Regjeringens egen strategi: ”Grunnforskning er en hovedprioritering i forskningspolitikken. Slik forskning gir ny innsikt, utfordrer etablerte oppfatninger og bidrar til en kritisk og opplyst samfunnsdebatt. Videre har grunnforskningen stor betydning for samfunnets velferd og verdiskaping, både indirekte og direkte. En bred satsing på grunnforskning er for eksempel nødvendig som grunnlag for å realisere tematiske satsinger i forskningspolitikken. Sterke grunnforskningsmiljøer er i tillegg en forutsetning for god og forskningsbasert høyere utdanning”<sup>1</sup>.

Den anvendte forskningen baserer seg på kunnskap og kompetanse fra grunnleggende forskning og denne kompetansebasen må kontinuerlig oppdateres for at ny grunnforskning skal kunne være såkorn for neste generasjon anvendte forskning. Tildeling av midler må skje på vitenskapelige kriterier ved bruk av internasjonal ”peer review”.

*Anbefaling 2: Opprettelse av grunnleggende kompetanseprogrammer i kjemi (se anbefaling 8 og 9 til Forskningsrådet)*

Som oppfølging av den internasjonale evalueringen anbefaler Fagplanutvalget at Forskningsrådet oppretter

- et strakstiltak, dvs en kortsiktig satsing på omstilling gjennom ISP (2.5.2),
- et oppfølgende mer langsiktig grunnforskningsprogram i kjemi, ”Go Kjemi” (2.5.3).

Programmet ”Go kjemi” bygges rundt to nøkkelområder som Hey-Hawkinskomiteen spesielt mener må utvikles i Norge: Syntetisk organisk kjemi og nanokjemi, med grenseflater mot andre deler av kjemi og teknologi. Fagplanutvalget mener at en slik satsing er påkrevet nasjonalt og at utvikling av de mange mulige faglige grenseflater representerer et stort potensial for nyskaping og innovasjon med relevans for mange politikk- og forvaltningsområder. Det er foreslått en modell for finansiering. KD, i samarbeid med sektordepartementer med ansvar for naturvitenskapelig baserte og teknologiske satsinger, oppfordres til å ta aktivt grep for å få plass programmet.

*Anbefaling 3: Styrke ordningen med næringslivs-ph.d.*

Fagplanutvalget ser ordningen med næringslivs-ph.d. som et interessant tiltak for å bringe forskning i næringslivet og ved universitetene tettere sammen. Vi vil her peke på viktigheten av god forankring i fagmiljøer slik at kunnskapsoverføringen blir best mulig. Videre vil vi påpeke at ordningen må følges med midler til universitetene slik at alle kostnader forbundet med denne kategori av ph.d.-studenter dekkes. Ytterligere tiltak for å koble næringsliv tettere til universitetene bør vurderes.

## **2.5.2. Øvrige anbefalinger til KD**

*Anbefaling 4: Modifisering av budsjettmodellen – på flere nivå*

---

<sup>1</sup> <http://www.regjeringen.no/nb/dep/kd/tema/forskning/forskningspolitikk-/grunnforskning.html?id=440504>

KDs budsjettmodell av universitetene gir altfor svak uttelling for tunge eksperimentelle fag innenfor naturvitenskap og teknologi, sammenliknet med profesjonsorienterte eksperimentelle fagområder som farmasi/veterinærmedisin/medisin/arkitektur. Dersom utstyrsparken skal kunne benyttes i undervisning må det være driftkostnadsdekning.

Kostnadsdekning er ikke minst viktig for at de utførende miljøene (og ikke bare institusjonen som sådan) skal ha reelle insitamenter for å engasjere seg tyngre i EUs rammeprogrammer. Ved mange institusjoner forsterkes effekten ved den interne fordeling, hvor finansieringen ikke føres fullt ut ned til grunnenhet/forsker. Problematikken ligger dels på universitetenes bord. Nullsum-aspektet for resultatbasert forskning synes å bidra til hindrene. Det anbefales å kritisk vurdere insentiver som skal bidra til økt EU-deltakelse fra universitetene.

KDs bevilgning til den resultatbaserte forskningsproduksjonen honorerer eneforfatterskap i stor grad. Kjemisk forskning er intet enpersonsforetak. Totalt sett mangler insentiver for samarbeid på tvers av institusjonene. Skal kjemifaget styrkes vha samarbeid på tvers av institusjonene bør KD følge dette opp med nye insentiver og virkemidler.

*Anbefaling 5: Insentiver til tydeligere rolle/arbeidsdeling mellom institusjonene*

KD og øvrige departementer må gjennom økonomiske insentiver stimulere til nasjonal arbeidsdeling og samarbeid på tvers av institusjonene. Det er videre behov for bedre rolleavklaring mellom instituttsektoren og universitetene, med hensyn på kompetansebase, grunnleggende og anvendt forskning, slik at man unngår dublering og kan fokusere på å etablere robuste miljøer som er konkurransedyktige på den internasjonale arena. Det må for eksempel klargjøres at det kun er universitetene som forvalter stillingskategoriene ph.d. og post doc, gjerne i samarbeid med instituttsektoren, og det bør legges til rette for at instituttsektoren lettere kan bidra inn i kandidat- og forskerutdanningen.

*Anbefaling 6: En bedre tilpasset satsing på infrastruktur*

KDs strategi for finansiering av infrastruktur for forskning må tilrettelegges slik at avansert instrumentering forankres i gode universitetsmiljøer, og at investeringene blir omsatt til kvalitet i forskning og kandidatutdanning. For at utstyr av nasjonal karakter skal kunne benyttes på fullgodt sett, er det en forutsetning at forskere fra andre institusjoner får tilgang, og at sentrale brukermiljøene har moderne hjemmelaboratorier som basis. Generelt er det stor bekymring innen kjemi at den lokale infrastrukturen i dagens regime ikke vedlikeholdes og moderniseres. Utstyrssatsinger bør derfor både omfatte stort, tungt og nytt utstyr nasjonalt, samt midler for utskifting av arbeidshester lokalt som ofte er en forutsetning for full utnyttelse av nytt avansert utstyr. En kompetansemessig styrket tekniske stab med spisskompetanse er en forutsetning for å drifte *state-of-the-art*-instrumentering. Universitetene mangler til dels rammebetingelser som gjør dette mulig på kort sikt. Det etterlyses raskt implementerbare modeller for metodisk kompetanse, optimal drift, og tilgang for eksterne brukere. Løsninger er påkrevd for å sikre avanserte hjemmelaboratorier og faglig kvalitet ved universitetene.

Det er en rekke avanserte forskningsplattformer i Skandinavia, EU (Tyskland, Frankrike etc) og internasjonalt (USA, Australia etc) som ikke finnes i Norge. Det bør utvikles insentiver som bidrar til at norske kjemikere får tilgang til disse.

### **2.5.3. Anbefalinger til Forskningsrådet**

Som oppfølging av den internasjonale evalueringskomiteen foreslår Fagplanutvalget:

Status, perspektiver, utfordringer, tiltak og virkemidler

*Anbefaling 7: Strakstiltak for eksisterende program*

Fagplanutvalget anbefaler at gjenstående eksisterende midler til kjemiforskning (KOSK-programmet) understøtter anbefalinger i Hey-Hawkinsrapporten og i Fagplanutvalgets rapport. For katalysedelen av programmet anbefales spesielt å styrke grenseflater mellom katalyse og hhv beregningskjemisk og uorganisk/materialkjemisk.

*Anbefaling 8: Strakstiltak: Strategisk oppfølgingsprogram for kjemievalueringen (ISP):*

- Strategisk oppfølgingsprogram (med ISP'er) av kjemievalueringen hvor institusjonene må møte de utfordringer som både Evalueringskomiteen og Fagplanutvalget har påpekt.

*Anbefaling 9: Langsiktig tiltak: Etablering av et grunnforskningsprogram i kjemi ("Go kjemi")*

For ytterligere å styrke kjemifagene i Norge foreslås, utover ISP,

- et oppfølgingsprogram "Go kjemi" med fokus på syntetisk organisk kjemi og nanokjemisk, med forgreninger til andre deler av kjemifaget.

Det er en forutsetning at begge programmene bidrar til omstilling, nasjonal arbeidsdeling og til samarbeid på tvers av institusjonene og således styrker kjemi på nasjonal og internasjonal arena.

***Utdyping av anbefaling 8: Innhold og rammer for et strategisk program for oppfølging av kjemievalueringen (ISP)***

Hovedmålet med programmet er å styrke grunnleggende kjemiforskning med sikte på bygge levedyktige fagmiljøer som er konkurransedyktige på den internasjonale arenaen. Samtidig skal programmet stimulere til samarbeid på tvers av institusjonene for å sikre nasjonale robuste miljøer og bidra til nasjonal arbeidsdeling. Med levedyktig menes at fagmiljøene på lengre sikt forventes å kunne skaffe bred finansiering på egen hånd. Prosjektene skal være grunnforskningsrettet. Samtidig skal omstilling og/eller styrking av virksomheten være i tråd med anbefalinger fra Fagplanutvalget.

Søknader skal konkurransesettes, men må være forankret i de enkelte universiteters strategiske planer og således få status som ISP. Midlene skal benyttes til omstilling og styrking av aktivitet som kritisk trenger vitalisering, og til styrking av grenseplateforskning hvor norsk forskning bør stå sterkt internasjonalt. Således må Forskningsrådet legge føringer i utlysningstekst og evalueringskriterier. Innenfor rammen til disposisjon foreslår fagplanutvalget etablering av 6-12 ISP'er. En forutsetning for tildeling av ISP'ene må være en forpliktende egenandel fra institusjonene på minimum 50 % ( gjerne som in-kind) av Forskningsrådets bidrag. Dette sikrer reel forankring i strategier og en finansiering som er tilstrekkelig slik at løft i forskningen kan forventes. Konkret foreslås at følgende kriterier vektlegges: Strategisk forankring og betydning, omstilling, kompetansebygging og utvikling, vitenskapelig kvalitet, nasjonalt samarbeid og nasjonal arbeidsdeling.

***Utdyping av anbefaling 9: Etablering av et grunnforskningsprogram i kjemi: "Go kjemi"***

Et nytt oppfølgende grunnforskningsprogram i kjemi, "Go kjemi", skal både styrke kunnskapsbasen og ha forgreninger til andre deler av kjemi som bidrar til å styrke nye felt innenfor kjemi/teknologi.

I tråd med Hey-Hawkinskomiteens anbefalinger (Hey-Hawkinsrapporten, kap. 1) er det to underdisipliner som bør utgjøre tyngdepunkt i det nye "Go kjemi" programmet: Syntetisk organisk kjemi og nanokjemi. Det å "lage" nye molekyler/forbindelser - enten organiske eller uorganiske, utgjør "kjernen" av kjemien som med påfølgende studier av egenskaper leder frem til ny anvendelsesområder. Uten evne til å kunne lage noe nytt, kan man vanskelig studere noe nytt, eller gjøre større innovasjonsmessige gjennombrudd. Fagplanutvalget mener derfor at satsing på nettopp disse to områdene vil gi en stor avkastning med hensyn grunnleggende kunnskap som er til direkte nytte for andre deler av kjemien og for løsningsorienterte, prioriterte satsinger i Norge. I et godt forvaltet program vil visse satsinger innen tema 1 gi synergi med satsinger innen tema 2, og *vice versa*.

Konkret foreslås et "Go kjemi" program med årlig ramme på minimum 30 Mkr. Finansiering av programmet foreslås basert på midler til grunnleggende kjemi avsatt fra ulike store satsinger (minst 10 %, se over) og eventuell tilleggsfinansiering fra KD.

### *1. Organisk syntetisk kjemi.*

Organisk syntetisk kjemi har totalt sett ikke det fokus, omfang og kvalitet som kreves som basis for konkurranseutsatt forskning og innovasjon. Den faglige strategien er for svak og samarbeid lite utbredd. Området er imidlertid helt sentralt for kjemifaget som helhet og har stor betydning for kjemi knyttet til *life science*, medisinalkjemi, bioprospektering, materialer osv. Programmet skal sikre grunnleggende forskning som styrker det syntetiske metodegrunnlaget, skal bidra til fornyelse av organisk kjemi og skal gjøre forskningsgruppene innen organisk syntese konkurransedyktig og i stand til å hente finansiering fra anvendte satsinger. Midler fra programmet tildeles under forutsetning av at disse stimulerer til økt kvalitet, til å gi robuste miljøer, bidrar til arbeidsdeling og samarbeid på tvers av institusjoner, og underbygger grunnforskningen som er relevant for teknologi og tverrfaglige satsinger, for eksempel innenfor materialvitenskap, bionanoteknologi og *life science*.

### *2. Nanokjemi*

Nanokjemi fokuserer på kjemiske systemer i nanometerområdet som oppviser unike egenskaper som hverken de individuelle byggesteinene (atomene eller molekylene) eller bulk materialet kan gjenskape. Det foreslås en satsing innen "Go kjemi" med hovedfokus på fremstilling, karakterisering og effekter av slike nanostrukturer. Satsingen skal ha bred forankring i kjemi. Nye fenomen og egenskaper kan fremstå for materialer og komponenter på nm-nivå. Kjemiens kjerne er evnen til å "lage" nye molekyler/forbindelser, herunder også nanostrukturer, og manipulere disse kjemisk. Således er kjemi i vid forstand en nøkkel til nanoteknologi. Både ved NTNU og UiO er det nylig investert i tung renrom-infrastruktur, med betydelig forskningspotensial for nanokjemi, også for forskere fra andre institusjoner. "Go kjemi"-programmet skal stimulere til sterke koblinger mellom syntetisk kjemi (hovedfokus uorganisk), studier og modellering av størrelsesavhengige fysikalske og kjemiske egenskaper, med koblinger mot løsningsorienterte prosjekter knyttet til for eksempel energi og katalyse, miljøkjemi, sensorteknologi, bionanoteknologi og grenseflaten mellom nanomaterialer og life-science.

Det bemerkes at Hey-Hawkinskomiteen mener at det er behov for en bevisst satsing som går utenpå de frie konkurransearenaene og anbefaler en "bottom-up" tilnærming (se HH s.53). Fagplanutvalgets enstemmige anbefalinger om "Go kjemi" kan sees som en bottom-up prosess hvor alle relevante institusjoner og alle underdisipliner av kjemi er representert.

*Anbefaling 10: Sikre instrumentering og avansert infrastruktur*



Som påpekt i forbindelse med anbefalinger til KD er det stort behov for tung infrastruktur av nasjonal karakter hvor også eksterne forskere får tilgang, og behov for oppdaterte hjemmelaboratorier mhp standard instrumentering. Selv om Hey-Hawkinskomiteen mener at tilgangen på vitenskapelig utstyr gjennomgående er god, har komiteen også identifisert utstyrsbehov som er påkrevet. De påpeker også at det ofte mangler midler til drift og vedlikehold av foreliggende utstyret, og mener at det må etableres mekanismer for vedlikehold av dette. Fagplanutvalget vil påpeke at det eksisterer et stort behov for nytt ”mellomtungt utstyr” til erstatning for ”arbeidshester” som det innen dagens system er vanskelig å finansiere. Strakstiltak anbefales. Det bør også etableres insentiver som bidrar til at norske forskere får tilgang til avansert forskningsplattformer i utlandet (reisemidler etc).

#### 2.5.4. Anbefalinger til universitetene

Den internasjonale evalueringskomiteen har påpekt stort forbedringspotensial for kjemifaget ved universitetene. Fagplanutvalget har gitt anbefalinger for å styrke kjemifagene nasjonalt og på hver enkelt institusjon. Samlet sett viser evalueringen at det er behov for strategisk planlegging av virksomhetene innen kjemi på hver institusjon, hvor fagområdene identifiserer sin rolle innenfor nasjonal arbeidsdeling, hvor det initieres samarbeid enten internt eller på tvers av institusjonene for å danne robuste forskningsgrupper innen ett eller mot tilgrensende områder, og omstilling der dublering ikke er formålstjenlig. For å styrke kjemi nasjonalt er det viktig at institusjonene følger Fagplanutvalgets anbefalinger i sine strategier, og legger til rette for tverrinstitusjonelle samarbeid. Videre er viktig at universitetene møter ISP satsingen foreslått fra Forskningsrådet, slik at denne blir et felles nasjonalt løft for styrking av kjemi.

Tabell 2. Oversikt over evaluerte fagmiljøer for de underområdene av kjemi som Fagplanutvalget beskriver i foreliggende rapport (se kapittel 3 for detaljer)

<i>Fagområde/ institusjon</i>	<b>UiO</b>	<b>NTNU</b>	<b>UiB</b>	<b>UiT</b>	<b>UiS</b>	<b>UMB</b>	<b>NILU</b>
<b>Uorganisk kjemi</b>	X	X		X			
<b>Katalyse</b>	X	X	X				
<b>Teoretisk kjemi og beregningskjemi</b>	X	X	X	X			
<b>Organisk kjemi</b>	X	X	X	X	X	X	
<b>Biologisk kjemi og medisinalkjemi</b>	X	X	X	X	X	X	
<b>Analytisk kjemi og miljøkjemi</b>	X	X				X	X
<b>Kjernekjemi og radiokjemi</b>	X					X	
<b>Anvendt og fysikalsk kjemi</b>	X	X	X		X		
<b>Kjemisk prosess teknologi</b>		X					
<b>Kjemididaktikk</b>	X	X	X				

#### *Anbefalinger til UiO*

Ni fagområder i kjemi ved Universitetet i Oslo er evaluert, se tabell 2 ovenfor. UiO har en rekke meget gode miljøer, mens andre må omstilles og forbedres, og noen videreføres som del av samarbeidskonstellasjoner internt eller eksternt. Generelt bør instituttet prioritere områder der miljøene holder høy kvalitet, men mangler kapasitet; og områder der UiO har komplementær rolle i et nasjonalt samspill, men mangler tyngde og/eller kapasitet. Aktiv bruk av de foreslåtte effektive utdanningsarenaene anbefales. De klassiske underdisiplinene av kjemi har blitt uakseptabelt mye svekket ved instituttet. UiO oppfordres til å avklare hvorvidt instituttets rammebetingelser har blitt urimelig svekket gjennom reformer.

Uorganisk kjemi står sterkt, men er underbemannet i forhold til den rolle gruppen kan spille

med hensyn på å styrke grenseflater mot katalyse, beregningskjemi og nanokjemi, samt bruk av storskala infrastruktur (MiNa-renrom, synkrotron og nøytronstråling). Teoretisk kjemi står sterkt med hovedfokus på metodeutvikling, men bør ta opp beregningskjemi for faste stoffer. Sterk aktivitet inn homogen og heterogen katalyse konsolideres gjennom internt samarbeid mot uorganisk og teoretisk kjemi, herunder *in situ*-studier av katalysatorer. inGAP bør berede grunnen for internasjonale bånd som setter varige spor.

Aktiviteter med relevans for *life science* bør organiseres tettere og synliggjøres bedre, herunder samarbeid lokalt og regionalt. Sårbar aktivitet i makromolekylær krystallografi bør knyttes sterkere opp biomolekylære miljøer ved UiO. I samarbeid med farmasi og medisin bør fokus settes på syntese av legemiddelkandidater og bioaktive naturstoffer. Syntetisk organisk kjemi bør videreutvikle sin nasjonale rolle innen totalsyntese, og bidra med nye molekyler til satsingen innen positron-emisjons-tomografi, PET. Sterk aktivitet innen polymerer og geler for anvendelser i legemiddelkjemi opprettholdes. Solid aktivitet innen analytisk organisk kjemi bør inngå som et viktig bidrag til UiOs *life science*-forskning.

Aktivitet innen polymerkjemi bør omstilles i en retning som vil trekke veksler på sterke miljøer ved UiO med godt nettverk med hensyn på samarbeid og finansiering. Solid aktivitet innen kjemisk fysikk bør videreføres, men det anbefales en innretning som underbygger øvrige faglige prioriteringer ved instituttet slik at miljøene samlet sett blir faglig styrket og mer robuste; miljøkjemi, material/nanovitenskap, legemiddelkjemi. Fokus bør også settes på metoder av stor generell viktighet for kjemifagets utvikling (for eksempel synkrotronstråling). Personalsituasjonen innen miljøkjemi anbefales styrket gjennom tett faglig samarbeid, internt og eksternt. Analytisk uorganisk kjemi bør ta i bruk innovative nye metoder i samarbeid med sterke miljøer ved UiO med krevende problemstillinger. Brede aktiviteter innen kjernekjemi bør fokuseres på supertunge elementer og for medisinske anvendelser. Syklotronen må sikres fortsatt drift. UiOs satsing innen kjemididaktikk bør videreføres i samme omfang.

### ***Anbefalinger til NTNU***

Ni fagområder i kjemi ved NTNU er evaluert, se tabell 2. De evaluerte faggruppene tilhører tre forskjellige institutt slik at både det aktuelle institutt og Fakultet for naturvitenskap og teknologi må følge opp og implementere denne fagplanen. NTNU har en rekke meget gode fagmiljø, men har også betydelige utfordringer i å skape robuste og gode grupper innen alle delområdene. Enkelte grupper må omstilles for å skape framtidsrettede og robuste miljøer mens andre må videreutvikles i samarbeid med andre grupper internt eller eksternt.

Ved Institutt for materialteknologi får faggruppen i uorganisk kjemi meget god evaluering og bør orientere seg mer i retning av grunnforskning. Som nærmeste nabo til NTNU NanoLab har gruppen et spesielt potensial for å utnytte denne infrastrukturen og for å være pådriver innen nanoteknologisk forskning. Faggruppen i elektrokjemi får relativt god evaluering og bør styrke sin virksomhet innen nye energiteknologier og øke samarbeidet mot materialkjemi/nanokjemi. Det må avklares hvordan tradisjonelt sett sterk aktivitet innen metallekstraksjon videreføres.

Ved Institutt for kjemi er fysikalsk kjemi/beregningskjemigruppens eksperimentelle aktivitet i ferd med å bli underkritisk og det anbefales økt samarbeid med sterke eksperimentelle miljøer innenfor kjemisk prosess teknologi (spesielt katalyse) og materialteknologi, herunder å utnytte muligheter som NTNU NanoLab gir. Aktiviteten innen teoretisk kjemi/beregningskjemi får tildels meget god evaluering og anbefales å knytte seg sterkere mot eksperimentelle miljøer ved NTNU (kjemisk prosess teknologi og materialteknologi). Styrken innen statistisk

mekanikk innen gruppen bør videreutvikles. Faggruppen i organisk kjemi må omstilles. Ved å utnytte muligheter som ligger i synergi og samarbeid med andre grupper ved NTNU (kjemisk prosess teknologi, materialteknologi og/eller NTNU NanoLab) har denne gruppen en mulighet til å få en unik profil i norsk sammenheng. Gruppen må styrke sin faglige og strategiske ledelse og samlokaliseres med basis i plan for en effektiv og moderne infrastruktur. Antall faste stillinger må vurderes i lys av evne til nyorientering og samarbeid. Faggruppen innen Naturmiljø og analytisk kjemi får en god evaluering og spesielt aktiviteten innen kvikksølv og forskningen rettet mot Arktis har et stort potensial. Gruppen bør styrkes med hensyn på organisasjon, personell og rekruttering ved samarbeid med eksterne institusjoner for eksempel NILU og UMB. Aktivitet innenfor biologisk kjemi ved NTNU bør ligge ved Institutt for bioteknologi.

Institutt for kjemisk prosess teknologi får generelt meget god evaluering. Faggruppen i kolloidkjemi og polymere anbefales å videreføre sin forskning innenfor råoljeteknologi, polymer- og materialteknologi. Den eksperimentelle virksomheten kan ytterligere styrkes gjennom NTNU NanoLab. Katalysegruppen anbefales å opprettholde tett samarbeid med SINTEF som grobunn for felles prosjekter, men må ha et klart fokus på grunnleggende forskning. Gruppen bør i tillegg til fokus på naturgass posisjonere seg mot nye områder som bioenergi, miljøteknologi, fotokatalyse og brenselceller. Gruppen for papir- og fiberteknologi bør videreføre satsning mot bioenergi og bruk av cellulose som materiale i samarbeid med andre grupper, internt og eksternt. Gruppe for reaktor- og separasjonsteknologi anbefales å styrke og videreutvikle forskningen relatert til CO<sub>2</sub>-fangst og membran teknologi, samt å styrke grunnleggende teknologisk forskning. Krystallasjonsgruppa bør styrke samarbeid internt eller eksternt. Gruppe for prosess-systemteknikk bør ytterligere styrke sin aktivitet via et utvidet internt samarbeid og med en revitalisering av samarbeidet med de øvrige miljøene i prosess-systemteknikk ved NTNU og SINTEF.

Det må utarbeides en strategi for hvordan fagdidaktikk miljøene skal organiseres og finansieres slik at en bedre organisatorisk kobling mellom ulike fagdidaktikk miljøer sikres.

### ***Anbefalinger til UiB***

Seks fagområder ved Universitetet i Bergen er evaluert, se tabell 2. Både katalyseaktiviteten og beregningskjemien får meget gode evalueringer. Det anbefales at hovedstillingen i katalyse besettes snarest og at området styrkes gjennom samarbeid mot uorganisk syntese, strukturkjemi og beregningskjemi. Dette vil også gi beregningskjemien muligheter for fortsatt utvikling. Innen rammen av nasjonal arbeidsdeling anbefales miljøet å fokusere på organisk syntetisk metodologi og teknologi og naturstoffkjemi, der miljøet allerede står sterkt. Det anbefales å utvikle tett samarbeid med kjemikerne ved Senter for farmasi. Forskningen innen legemiddelkjemi vil kunne øke slagkraften gjennom lokalt og eksternt samarbeid. En tettere integrering av spektroskopi, naturstoffkjemi og organisk syntese i større felles prosjekter kan gi grunnlag for økt eksternt finansiering. Den anvendte og fysikalske kjemien ved instituttet bør fortsatt ha fokus på petroleumsrelaterte problemstillinger og samarbeid med CIPR. Det sterke miljøet innen kjemometri må opprettholdes og videreutvikles, med spesiell fokus på integrasjon og samarbeid mellom kjemometri og analytisk kjemi, også i samarbeid med andre institusjoner.

### ***Anbefalinger til UiT***

Fire fagområder ved Universitetet i Tromsø er evaluert: Strukturkjemi, Teoretisk kjemi, Uorganisk- og materialkjemi, og Organisk kjemi, se tabell 2. De tre førstnevnte får meget gode evalueringer, men evalueringen av gruppen i Organisk kjemi er også god. Instituttet bør

fortsatt dyrke den kjemisk-biologiske profilen i sin forskning og har et potensial for å bli et enda tydeligere *life science*-orientert kjemisk institutt. Den sterke metodiske forskningen innen teoretisk kjemi må videreføres, men kan i enda større grad rette sin anvendelse mot biomodellering og biologisk-kjemiske problemstillinger. Forskningsaktiviteten i biouorganisk kjemi er sterk og unik i Norge, og bør ytterligere styrkes. Organisk kjemi bør fortsatt ha et fokus mot syntese, men bør konsolidere omkring noen overordnede tema. Størrelsen på gruppen bør være på dagens nivå. Strukturkjemigruppen må søke å opprettholde den nasjonalt ledende rollen innen strukturbiologi, og videreutvikle denne gjennom et nært samarbeid med andre disipliner innenfor og utenfor instituttet.

Instituttet kan i enda større grad lage slagkraftige prosjekter på tvers av fagdisiplinene, og bør søke å dra nytte av integreringen av den nye forskningsgruppen i molekylære biosystemer. Instituttet har kompetanse innen store deler av verdikjeden rundt "*drug discovery and design*" og har derigjennom et potensial til å dra god nytte av den nasjonale satsingen innen marine bioprospektering, og dette må søkes utnyttet.

### ***Anbefalinger til UiS***

Tre fagområder i kjemi ved Universitetet i Stavanger er internasjonalt evaluert, se tabell. Fagområdet Biologisk kjemi og medisinsk kjemi, inkludert gruppen for biologisk kjemi, får meget godevaluering. Det anbefales at gruppen bygger videre på forskningsaktiviteten innen planterelatert molekylærbiologi. Instituttet bør initiere samarbeid mellom biologisk kjemisk forskning og organisk kjemi, internt og eksternt. I en nasjonal arbeidsdeling innen biologisk kjemi bør instituttet spisse forskningen rundt aktiviteten ved "organelle-sentret".

Det anbefales at Faggruppen for anvendt kjemi og miljø fokuserer forskningen mot produksjonskjemi ved oljeutvinning samt vannkvalitet/rensing som er en nisje som bør videreføres. Dette området passer godt inn i en nasjonal arbeidsdeling. Gruppen bør få en bedre organisering og ledelse, utvikle en klar forskningsstrategi for å fokusere på felles forskningsområder og ha økt fokus på internasjonal publisering. Organisk kjemi synes derimot primært å være et støttefag, og bør fortsatt integreres under forskningsaktivitetene til anvendt kjemi og miljø.

### ***Anbefalinger til UMB***

Fire fagområder ved Universitetet for miljø- og biovitenskap er internasjonalt evaluert, se tabell 2. Det er en klar anbefaling fra Hey-Hawkinskomiteen og Fagplanutvalget at kjemi på UMB bør organiseres bedre.

Organisk kjemi bør fokusere på lipidkjemi og søke samarbeid mot andre relevante fag på UMB. IKBM bør også utvikle undervisningssamarbeid med både Kjemisk institutt og Farmasøytisk institutt ved UiO, og vurdere hvorvidt det også er grunnlag for faglig samarbeid med disse. UMBs lipidkjemi vil utgjøre en unik rolle i en nasjonal arbeidsdelingsstruktur.

Analytisk kjemi, miljøkjemi og radiokjemi ved IPM har fått meget god evaluering, og det anbefales at "*environmental radioactivity*" videreutvikles på den internasjonale arena. I tråd med den internasjonale evalueringskomiteens uttalelser anbefales det at personal situasjonen, infrastruktur og instrumentering styrkes. Innenfor analytisk kjemi og miljøkjemi anbefaler Fagplanutvalget at det etableres samarbeid med UiO (uorganisk) og eventuelt mot NILU for å dekke alle miljøgifter samlet. UMB bør også ta ansvar for radiokjemi, med fokus på radioøkologi, innenfor nasjonal arbeidsdeling.

Status, perspektiver, utfordringer, tiltak og virkemidler

### ***Anbefalinger til NILU***

Ett fagområde ved NILU er evaluert av Hey-Hawkinskomiteen: Fagområdet miljøkjemi/analytisk kjemi. Gruppen får meget god evaluering. Det anbefales at kompetansen innen miljøkjemi ved NILU nyttiggjøres ved universitetene, både innen forskning og undervisning. Det anbefales også at det utvikles tette samarbeid, for eksempel med NTNU rettet mot Arktis, med UiB mot kjemometri, med UMB rettet mot metaller og radioaktivitet og med UiO rettet mot organisk analytisk kjemi.

### **3. Status og anbefalinger for de enkelte fagområder**

**3.1 *Uorganisk kjemi og materialkjemi***

**3.2 *Teoretisk kjemi og beregningskjemi***

**3.3 *Katalyse***

**3.4 *Biologisk kjemi og medisinalkjemi***

**3.5 *Organisk kjemi***

**3.6 *Anvendt og fysikalsk kjemi***

**3.7 *Analytisk kjemi og miljøkjemi***

**3.8. *Kjernekjemi/Radiokjemi***

**3.9 *Kjemisk prosess teknologi***

**3.10 *Kjemididaktikk***

### **3.1 Uorganisk kjemi og materialkjemi**

#### **3.1.1 Bakgrunn**

Forskningen innen uorganisk kjemi og materialkjemi holder høy kvalitet og vurderes av Hey-Hawkinskomiteen som en av de sterkeste underdisiplinene av kjemi i Norge. Det er spesielt faste stoffers kjemi og materialkjemi som er velutviklet i Norge med en svært liten aktivitet inn mot biouorganisk. Forskningen innen materialkjemi er svært sentral for flere viktige teknologier i Norge (fornybar energi, prosess teknologi og katalyse, men også mikroteknologi og miljøteknologi).

Uorganisk kjemi og materialkjemi foregår primært ved to store dynamiske forskningsmiljøer i Norge, et ved Kjemisk institutt (forskningsgruppe for Funksjonelle Uorganiske Materialer) ved UiO og et ved Institutt for materialteknologi (faggruppene for Uorganisk kjemi og Elektrokjemi) ved NTNU. En liten dynamisk gruppe ved UiT arbeider også innen dette feltet. Det er også en liten aktivitet innen uorganisk kjemi rettet mot katalyse i Seksjon for uorganisk kjemi, nanostrukturer ved UiB. Denne aktiviteten er beskrevet under Katalyse.

#### **3.1.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteén**

Hovedkonklusjonen fra Hey-Hawkinsrapporten er at denne delen av kjemimiljøet er veldig sterk og en av de sterkeste underdisiplinene av kjemi i Norge i dag. Evalueringskomiteen påpeker at aktiviteter relatert til nanovitenskap er svakere utviklet, og at dette er en gren av kjemien som internasjonalt er i sterk vekst. Nanovitenskap er internasjonalt sterkt tuftet på kjemi. Rapporten peker på at som nærmeste nabo til NTNU NanoLab har gruppen et godt utgangspunkt for å være pådriver innen nanoteknologisk forskning.

Hey-Hawkins rapporten peker på behovet for å styrke modellering og beregningskjemi rettet inn mot materialer og nanoteknologi. Pr i dag er det en betydelig aktivitet innen feltet ved UiO uten at dette er forankret i en fast vitenskaplig stilling.

Hey-Hawkins rapporten peker også spesifikt på at de sterke miljøene innen materialkjemi bør vekselvirke sterkere med katalyse miljøene. Det er i dag allerede betydelige vekselvirkninger både i Oslo (innenfor SFI'en inGAP) og i Trondheim mellom slike miljøer.

#### **Universitetet i Oslo**

Forskningsgruppen får svært god evaluering i Hey-Hawkinsrapporten. *"This is arguably one of the most internationally well-known and successful research groups in chemistry in Norway"*. Evalueringskomiteen anbefaler derfor at denne forskningsgruppen fortsetter langs nåværende kurs og følger de oppsatte planer med fortsatt god finansiering fra Forskningsrådet. Forskningsgruppen må vurdere hvor mange forskjellige områder de er involvert i og eventuelt nedskalere områder som ikke vil bli så viktige i framtida. Det anbefales å videreutvikle samarbeidet med kjemikere som arbeider med teori og beregninger. En mulighet er at en beregningskjemiker flytter over til denne gruppen. Evalueringskomiteen foreslår at forskningsgruppen bedre skal integrere polymerkjemi i sine aktiviteter som en *"soft-matter"* komponent. Dette kan gjøres ved å knytte til seg en organisk kjemiker fra en annen gruppe.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

#### Institutt for materialteknologi, Faggruppe for Uorganisk kjemi:

Forskningsgruppen i uorganisk kjemi ved Institutt for materialteknologi får rimelig gode evalueringer. Evalueringskomiteen påpeker at aktiviteten rettet mot kjemien til metallurgiske prosesser bør fortsette etter nåværende kurs. Det anbefales generelt å dreie aktiviteten mot mer fundamental forskning enten ved ekspansjon av gruppa eller ved å redusere omfanget av noen av dagens områder. Gruppen har i stor grad bidratt til etableringen av NTNU NanoLab og er nærmeste nabo til NanoLab og kan være den riktige gruppen til å ta et ansvar innen dette feltet for eksempel ved at det ansettes en internasjonalt anerkjent ekspert. En økt aktivitet innen nanovitenskap anbefales og vil naturlig føre til en dreining mot mer fundamental forskning. Ferroske materialer er et område der en økt finansiering av fundamental forskning vil gi et betydelig løft. Evalueringskomiteen påpeker at faggruppens tilbud om sommerskole til norske og internasjonale studenter må opprettholdes og helst styrkes. Tilførsel av resurser er nødvendig for å ekspandere eller å endre fokus på forskningen. *"The department would have to acquire the financial support necessary to expand and redirect their research in new directions"*.

#### Institutt for materialteknologi, Faggruppe for elektrokjemi:

Faggruppen har tradisjonelt hatt sterke koblinger til norsk industri. Hey-Hawkinskomiteen mener at dette kan tidligere ha gitt for snevert fokus mot industrielle problemstillinger på bekostning av vitenskapelige publisering. Gruppen som får en relativt god evaluering berømmes spesielt for å ha endret fokus de siste år og utnytte muligheter som ligger i utvikling av nye framtidsrettede teknologier. For at gruppen ytterligere skal kunne utnytte nye muligheter spesielt mot energi og metallekstraksjon anbefales det at gruppen styrkes med flere medarbeidere og at det sørges for teknisk assistanse og følgemidler for instrumenter og mindre utstyrsenheter. Evalueringskomiteen anbefaler videre at det etableres incentiver for å øke andelen publikasjoner i ledende internasjonale journaler. Ph.d.-utdanningen bør evalueres med tanke på å gjøre den attraktiv for egne masterstudenter.

### ***Universitetet i Tromsø***

Forskningsgruppen i uorganisk og materialkjemi er liten, men får meget god evaluering. Evalueringskomiteen anbefaler at denne forskningsgruppen vokser ved både investeringer i vitenskapelige ansatte og infrastruktur og støtter således at det ansettes en ny person fra 2011. De anbefaler at denne personen forsøkes rekruttert internasjonalt. Evalueringskomiteen anbefaler at forskningsgruppen oppmuntres til å søke finansiering fra EU.

### ***3.1.3 Anbefalinger fra fagplanutvalget til institusjonene***

#### ***Universitetet i Oslo***

##### Kjemisk institutt, Forskningsgruppe Funksjonelle Uorganiske Materialer:

Gruppen er sentral for samarbeid mot katalyse (er en del av inGAP) og har betydelig aktivitet innen beregningskjemi. Slike aktiviteter/samarbeid anbefales styrket utover dagens nivå. Beregningsaktiviteten fokuserer på faste stoffer, dvs periodiske strukturer, og nanopartikler. Hey-Hawkins rapporten anbefaler at gruppen vurderer å integrere polymerkjemi som en *"soft-matter"*-komponent. En slik integrasjon synes mulig innen rammen av en større gruppering i materialkjemi ved UiO, men anbefales kun hvis dette ikke tar fokus og ressurser fra gruppens primær oppgaver.



## Uorganisk kjemi og materialkjemi

Forskningsgruppen er den sentrale nasjonale partner for samarbeid om nøytronspredning med Institutt for Energiteknikk, dvs Kjeller-reaktoren. Dette aktualiseres gjennom norsk deltakelse i det kommende ESS anlegget i Lund. Fagplanutvalget mener at gruppen må opprettholde aktiviteten og bidra til å posisjonere norsk kjemi/materialforskning inn mot ESS.

Forskningsgruppen disponerer renrom for kjemiaktiviteter knyttet til mikro- og nanoteknologi i MiNa-laboratoriet. Så langt har disse aktivitetene slitt under mangel på dedikert personell.

Økt kapasitet til samarbeid vil forutsette reell ressurstilførsel.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Forskningsgruppen anbefales å følge nåværende kurs og planer. Om mulig bør gruppen nedskalere mindre viktige områder for å frigjøre ressurser til nye satsingsområder.
- Gruppen bør tilføres ressurser for å styrke og utnytte samarbeidskonstellasjoner knyttet til satsinger og teknologiområder (energi-, nano-, mikroteknologi) samt bruk av storskala infrastruktur (MiNa-lab ved UiO; synkrotronanlegg ESRF/SNBL, JEEP II, ESS,...).
- Den faglige grenseflaten mot katalyse og beregningskjemi bør styrkes.
- Instituttet bes vurdere hvorvidt gruppen bør utvides med en ”soft-matter” komponent.
- Gruppen er i hovedsak godt rustet utstyrmessig men det er et umiddelbart behov for utskifting av kritisk rutineutstyr.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

#### Institutt for materialteknologi, Forskningsgruppe Uorganisk kjemi:

Gruppen har siden Hey-Hawkins rapporten ble skrevet mistet en sentral fast vitenskapelig ansatt innen aluminiumselektrolyse. Det bør vurderes om dette feltet skal opprettholdes eller om stillingen skal styrke andre aktiviteter ved instituttet. Dette må også ses i sammenheng med aktiviteten i Elektrokjemigruppen. Denne endringen kan også føre til en større andel av grunnleggende forskning i gruppen noe som Hey-Hawkins etterlyser. Hey-Hawkinskomiteen er opptatt av at miljøet må sikres vitenskapelig kompetanse for å utnytte potensialet i NTNU NanoLab. Dette er noe avhjulpet ved at en førsteamanuensis nylig har blitt ansatt.

Hey-Hawkins rapporten anbefaler generelt økt samarbeid mellom uorganisk materialkjemi og felt som modellering/beregningskjemi og katalyse. Det er også mulig at denne gruppen kan bistå fagmiljøet i organisk kjemi ved NTNU med å gå inn mot nye områder.

En dreining av retning, endring mot mere fundamental forskning eller samarbeid inn mot andre områder vil kreve tilførsel av ressurser.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Gruppen bør øke andelen fundamental forskning. Gruppen er sentral for mange samarbeidskonstellasjoner og satsinger innen viktige teknologiområder spesielt mot materialer, energi, nanoteknologi og informasjonsteknologi; alle områder der gruppen har en stor sannsynlighet for å ytterligere lykkes med mer fundamental forskning.
- Det må avklares hvordan aktiviteten innen metallekstraksjon skal videreføres ved instituttet.
- Gruppen må utnytte potensialet som ligger i NTNU NanoLab og det må vurderes hvordan gruppen kan være pådriver for nanoteknologisk forskning ved NTNU.
- NTNU bør vurdere om gruppen skal bistå gruppen for organisk kjemi til å etablere material- og/eller nanoteknologiorientert forskning.

## Uorganisk kjemi og materialkjemi

- Gruppen bør videreføre og styrke samarbeidet med katalysemiljø ved NTNU.
- Opprettholde og styrke faggruppens sommerskole til norske og internasjonale studenter.

### Institutt for materialteknologi, Forskningsgruppe Elektrokjemi:

Aktiviteten innen metallekstraksjon må vurderes ved hele instituttet for å sikre et tilstrekkelig og framtidsrettet miljø.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Utvikling av nye metoder for metallekstraksjon og elektrokjemiske energiteknologier (brenselceller, vannelektrolyse, etc) bør videreføres. Gruppen bør styrkes gjennom intern støtte til teknisk assistanse og midler for mindre utstyrsenheter. Økt fokus bør settes på nye energiteknologier.
- Aktiviteten innen elektro/fotokatalyse bør forsterkes gjennom samarbeid mot andre miljø ved NTNU, blant annet materialkjemi/nanokjemi.
- Andelen publikasjoner i ledende internasjonale tidsskrifter bør økes.

### **Universitetet i Tromsø**

#### Institutt for kjemi, Forskningsgruppen i uorganisk og materialkjemi:

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Det bør vurderes om nytt professorat bør lyses ledig innen biouorganisk kjemi, et felt som grenser opp til eksisterende aktivitet, og passer inn i UiTs forskningsprofil.
- Forskningsgruppen anbefales å søke finansiering fra EU.

### **Generelle anbefalinger til institusjonene**

Uorganisk kjemi og materialkjemi representerer grunnleggende kompetanse som underbygger en rekke samfunnsteknologier. Områdene har viktige grenseflater mot andre deler av kjemien, særlig katalyse, fysikalsk kjemi og beregningskjemi. De er helt sentrale for interdisiplinære fag som materialvitenskap og nanovitenskap. For at andre deler av kjemien og prioriterte teknologiområder skal kunne trekke ønskede vekslere på dette sterke norske fagmiljøet, må disse miljøene være dimensjonert med personell og laboratoriene tilpasset oppgaven. Denne etterspørselen etter kompetanse i uorganisk kjemi og materialkjemi har det ikke vært tatt høyde for ved institusjonene eller i Forskningsrådet. Paradoksalt har områdene snarere blitt nedbygd enn oppbygd siden siste kjemievaluering. Dette fremstår i sterk kontrast til andre felt som har vært opprettholdt uten at det foreligger en sterk internasjonal faglig ekspansjon eller forankring prioriterte satsinger, norsk næringsliv og verdiskaping. Institusjonene bør derfor ta ansvar, både forsknings- og utdanningsmessig, og være garantister for at ressursene til området samsvarer med samfunnsmessige og faglige forventninger og muligheter. Hvis vilkår og rammer gjør dette vanskelig bør problematikken løstes til høyere nivå. Det er nødvendig å sikre at miljøene er i stand til å videreutvikle sine spesialiteter i høyt egne prioriteringer (dvs styrke kompetansegrunnlaget) og samtidig ha kraft for å understøtte andre deler av kjemien og prioriterte teknologiområder. NTNU og UiO miljøene har i mange år hatt et godt og utstrakt samarbeid på flere områder. Innenfor samarbeidsprosjekter brukes det i stor grad komplementære metoder for både syntese og karakterisering. Det vil allikevel anbefales at miljøene ser på en arbeidsdeling for å optimalisere kompetanse, infrastruktur og samarbeid. UiT har komplementær virksomhet til NTNU og UiO.

Hey-Hawkins rapporten angir en rekke konkrete eksempler på områder der det bør foreligge økt samarbeid mot uorganisk kjemi. Vi mener at dette typisk kan omfatte fremstilling av

(nano)materialer og modellsystemer til studier innen heterogen katalyse, eller av fenomener og egenskaper innen fysikalsk kjemi, strukturkjemi, for karakterisering med nøytron eller synkrotronstråling, eller problemstillinger innen *state-of-the-art* beregningskjemi.

UiO og NTNU har med suksess samarbeidet mot fysikk innen material- og nanovitenskap. De samme miljøene kan trolig også virke som pådrivere for å etablere samarbeid og aktivitet innen organiske og bio-relaterte materialer, dersom slik oppbygging skulle bli prioritert. UiO og NTNU har investert store midler i renromsinfrastruktur. Det er viktig at ressurser tilføres slik at deres potensial utnyttes, at utnyttelsesgrad blir høy og tilgang åpnes for andre brukere.

Forskningsgruppene som arbeider innen uorganisk og materialkjemi har gitt opphav til flere spin-off selskaper (2 stk. UiO, 1 stk. NTNU, 1 stk. UiO/NTNU) og en rekke patenter/-søknader. Dette synliggjør et stort innovasjonspotensial, noe som bør ytterligere stimuleres.

### *Spesifikke anbefalinger:*

- Uorganisk kjemi og materialkjemi dimensjoneres i henhold til (i) behov for å opprettholde høy grunnleggende kompetanse i feltet; (ii) for å understøtte nasjonale prioriteringer, herunder fornybar energiteknologi; (iii) for å utvikle kjemiaspekter knyttet til mikro- og nanoteknologi, jfr. renromssatsinger ved NTNU og UiO; (iv) for å stryke grenseflater mot andre fagfelt (katalyse, soft materials, organiske materialer, beregningskjemi) slik foreslått i Hey-Hawkins rapporten.
- UiO og NTNU bes å utarbeide plan for arbeidsdeling med basis i eksisterende kompetanse, styrker, foreliggende strategiske planer og samarbeidskonstellasjoner.
- Planen for arbeidsdeling bør angi hvorledes fagmiljøene inngår i samarbeid mot de norske katalysemiljøene og overfor beregningskjemi knyttet til faste stoffer, overflater og funksjonelle materialer. Planen må være omforent mellom institusjoner og fagmiljøer.
- UiO og NTNU bør etablere tett samarbeid rundt nanomaterialer for optimal utnyttelse av tung infrastruktur (herunder renrom).

### **3.1.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet**

Hey-Hawkinsrapporten setter kritisk søkelys på grunnleggende materialvitenskapelig og nanoteknologisk forskning og etterlyser økt finansiering av denne type forskning i Norge. NANOMAT-programmet (avsluttes 2011) har over sin levetid dreid fokus fra grunnleggende mot anvendt forskning. Dette gjør at finansieringen av grunnleggende prosjekter dessverre er svak pr i dag. Dette er meget uheldig siden slik forskning er helt påkrevd som basis for teknologiske gjennombrudd innen prioriterte områder som fornybar energiteknologi, men også mikro/nanoteknologi. Forskningsrådet oppfordres til å ta utgangspunkt i eksisterende gode, relevante strategidokumenter og legge en ambisiøs plan for hvorledes grunnleggende forskning innen uorganisk kjemi, material- og nanokjemi kan bygges opp for å nå nasjonale målsettinger, kompetansemessig og innovasjonsmessig. Grunnleggende forskning må sikres uavhengig av brukermedvirkning. Kjemi er sentralt for nanoteknologi. For å styrke denne nødvendige kompetansebasen foreslås at nanokjemi utgjør en av de to pillarene i det foreslåtte grunnforskningsprogrammet "Go kjemi", med hovedfokus fremstilling, karakterisering og spesielle effekter knyttet til nanostrukturer.

Materialkjemi er utløsende for viktige samfunnsteknologier, men mister lett sin synlighet som egen vitenskap. Fokus og virkemidler settes i stedet ofte direkte på samfunnsteknologier. Dermed kan finansiering av påkrevd, underliggende materialvitenskap fort falle utenfor de sentrale satsingene. Dette er dels dagens situasjon. Forskningsrådet må bidra til å styrke kompetansegrunnlaget ved universitetene. Et utviklingstrekk internasjonalt er økt satsing på

## Uorganisk kjemi og materialkjemi

uorganisk kjemi og materialkjemi, nettopp fordi disse erkjennes å kunne være utløsende for radikale gjennombrudd innen teknologiområder. Ph.d.- og forskerutdanningen ved universitetene må være på høyt nivå for å utdanne kompetente personer for å lede an i innovasjon og verdiskaping med basis i material/nanoteknologi.

Miljøene innen uorganisk kjemi har i dag flere viktige roller. De er de sentrale kjemimiljøene innen norsk nanoteknologi. Miljøene har merkelig nok ikke blitt tilført nye ressurser for å bidra til fullgod utnyttelse av tung, kostbar infrastruktur i nanolaboratoriene (renrom), såvel ved NTNU NanoLab som UiO MiNaLab. Institusjonene og Forskningsrådet bør ta felles ansvar for mekanismer for faglig forsvarlig utnyttelse av denne unike infrastrukturen.

Uorganisk materialkjemi er viktig innenfor heterogen katalyse (katalysatorutvikling, bærere, funksjonalisering), et felt av betydning for gasskonvertering, avgassrensing og energieffektive kjemiske prosesser. Relevant materialforskning bør støttes av KOSK-programmet under forutsetning av samarbeid med katalysemiljøene.

### *Spesifikke anbefalinger til Forskningsrådet*

- Øke andelen grunnleggende forskning innen uorganisk kjemi, material- og nanokjemi for å være rustet til faglige utfordringer innen prioriterte teknologiområder i næringslivet. Det foreslåtte grunnforskningsprogrammet "Go kjemi", underområde nanokjemi, bør støtte grunnleggende forskning rettet mot fremstilling (hovedvekt på uorganisk syntese), karakterisering og effekter av nanostrukturer.
- Sikre kompetanseoppbygging ved universitetene innen materialkjemi gjennom midler fra virkemidler for prioriterte teknologiområder (spesielt miljøvennlig energiteknologi).
- Sammen med universitetene etablere tiltak for fullgod bruk av infrastruktur for nanoteknologi (renrom) innen materialkjemi. Som et tiltak foreslås ISP'er, gjerne som fellessatsinger for utnyttelse av NTNU NanoLab og UiO MiNaLab.
- Inkludere materialutvikling/-forståelse i dagens KOSK-program, og slik at forskningen forankres i etablerte miljøer for uorganisk kjemi i samarbeid med katalysemiljøer.
- Ta ansvar for kritisk infrastruktur som ikke nødvendigvis fyller kriterier til "nasjonal karakter". Dette er påkrevd for ikke å tape forskningssmessig terreng i de gode norske miljøene og for å sikre god utnyttelse av annen nasjonal og internasjonal infrastruktur.

### ***3.1.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer***

Materialkjemi er utløsende for en rekke prioriterte teknologier i nylige forskningsmeldinger. Departementene bør derfor legge som premiss for sine ambisiøse teknologiske satsinger at kompetansenivå og forskningsvolum innen materialkjemi blir tilpasset satsingens målsetting. Internasjonalt satses tungt på grunnleggende material- og nanokjemi nettopp av denne grunn, mens trenden i Norge heller har vært motsatt. Dette må endres. Ved å skue til EUs rammeprogram sees at innovative løsninger basert på uorganisk kjemi og materialkjemi antas å være nøkkel til gjennombrudd for å få frem konkurransedyktig miljøvennlig fornybar energi.

Grunnleggende forskning innen uorganisk materialkjemi, har som andre deler av kjemi, dårlige rammevilkår. Dette er uheldig i et langsiktig perspektiv. Tidsperspektivet fra fremstilling ("oppdagelse") av nye materialer med uovertrufne egenskaper til at disse integreres i produkter er stadige kortere. Verdiskapingspotensialet er typisk stort (jfr. solcelle og sensorteknologi). Koblingen mellom grunnforskning og innovasjon og næringsliv blir dermed et viktig element. Dessverre står norsk næringsliv svakt med hensyn på høyverdige produkter basert på funksjonelle uorganiske materialer og nanoteknologi. Således må

virkemidlene ikke legge urimelig stor vekt på brukerorientering. Gode arenaer for kompetanseutvikling og –utveksling og for etablering av *spin-off's* er viktig, trolig også midler til utvikling- og demonstrasjonsprosjekter uten stor grad av brukermedvirkning. Et mål må være å sikre et lite utvalg av særdeles dyktige, robuste miljøer innen materialkjemi som gjennom aktive grenseflater mot andre deler av kjemi og fysikk og høy spisskompetanse, gjerne med generiske aspekter, kan bidra til innovasjon både i eksisterende næringsliv og til ny verdiskaping. En forutsetning er høy kvalitet innen grunnforskning ved de ledende universitetene. Dette aktualiserer en tydelig grenseoppgang mht roller for universitetene og forskningsinstituttene. Det er kompetanse- og ressursmessig neppe plass for konkurrerende miljøer i de to sektorene. Det anbefales å legge forhold til rette for økt samarbeid og integrasjon mellom UiO og NTNU, dvs to materialkjemimiljøer som er blant det beste innen norsk kjemi pr i dag, og som sammen kan være kraften Norge trenger på feltet.

Det er gode muligheter for innovasjon og ny verdiskaping med basis i materialkjemi og materialteknologi. Således bør antall ph.d.-kandidater økes innen feltet. Det har lenge vært vanskelig å rekruttere norske kandidater. En attraktiv og styrket utdanning gjennom dedikerte studieprogrammer ved UiO og NTNU vil imidlertid gi en god rekrutteringsbase allerede i overskuelig fremtid.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Utvikling av kompetansebasis innen uorganisk kjemi og materialkjemi gis spesiell prioritet i forbindelse med relevante nasjonale satsinger.
- Ressurser avsettes til ph.d.-stipend der fokuset settes på grunnleggende forskning og basis kompetanse innen uorganisk kjemi og materialkjemi. Tiltak for å øke andel norske kandidater er ønskelig.

## 3.2 Teoretisk kjemi og beregningskjemi

### 3.2.1 Bakgrunn

En stadig økende del av kjemien er tilgjengelig for teoretisk beskrivelse, forståelse og simulering, og fagfeltets betydning er derfor klart økende. Som Hey-Hawkinskomiteen fremhever, er det viktig å være klar over at det her nærmest er snakk om to separate fagfelt, der én gren, den teoretiske kjemien, har fokus på det teoretiske fundamentet og metodeutvikling mens én annen gren, beregningskjemien, har fokus på anvendelser, dvs. det å utnytte eksisterende metoder i beregninger av kjemisk nytteverdi. Begge grenene er godt representert i Norge, og er typisk også å finne innenfor én og samme forskningsgruppe.

Fagmiljøer som omfattes av evalueringen er ved UiO (Kjemisk institutt, forskningsgruppe for kvantekjemi, struktur og dynamikk), NTNU (Institutt for kjemi, seksjon for fysikalsk kjemi), UiB (Kjemisk institutt, Avdeling for uorganisk kjemi, nanostrukturer og modellering) og UiT (Institutt for kjemi, gruppe for teoretisk kjemi). Tre av de fire gruppene er tverrfaglige, og består av både teoretikere/beregningskemikere og eksperimentelt orienterte kemikere. For de tverrfaglige gruppene er det kun den teoretiske og beregningsbaserte aktiviteten som er omtalt i det følgende.

Den internasjonale evalueringskomiteen beskriver et fagområde i generelt god stand, og deler av forskningsaktiviteten holder, i følge Hey-Hawkinskomiteen, svært høy standard.

Den viktigste infrastrukturkomponenten for fagfeltet, tungregnefasilitetene, karakteriseres som svært gode. Til tross for dette sliter fagfeltet med rekrutteringen, og flere av gruppene er også i stor grad avhengige av grunnforskningsmidler/frie midler til sine forskningsprosjekter, og er derfor sårbare i det norske forskningsfinansieringssystemet. Spesielt metodeutviklingsaktivitetene er avhengige av denne type finansiering.

### 3.2.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteen

#### *Generelle anbefalinger*

Hey-Hawkinskomiteen anbefaler at det rekrutteres målrettet innen klassiske simuleringsmetoder og *ab initio*-simulering. Dette vil styrke båndene og samarbeidet mellom beregningskjemien og den praktiske kjemien i Norge, og også bidra til å dra maksimal nytte av våre gode nasjonale tungregnefasiliteter.

*“Targeting appointments in these areas would allow full exploitation of the excellent computational resources, improve the links between theoretical groups and practical chemistry, and underpin an improved approach to teaching statistical mechanics and thermodynamics as key elements of chemistry courses.”*

Når det gjelder forskningsfinansiering, er komiteen klar på at en bedring av situasjonen for forskning som ikke er låst til spesielle teknologiske mål, dvs. fri forskning, vil virke positivt for fagområdet generelt. Komiteen anbefaler også sterkt å støtte arbeidet med å opprette en nasjonal forskerskole i beregningskjemi, og mener at dette, i tillegg til å kunne gi effektiv arbeidsdeling, også vil virke positivt på rekrutteringen av doktorgradsstipendiater til fagmiljøet:

*“In general, the Norwegian activity in Theoretical and Computational Chemistry is good, and in some cases considerably better than that. This strength could be increased by targeted appointments in areas like those highlighted, by facilitating the funding of research which is not closely tied to particular technological targets, and encouraging a coordinated national effort to provide training for Ph.D.s and postdocs.”*

## Teoretisk kjemi og beregningskjemi

Evalueringskomiteen påpeker også at det eksisterer store muligheter for felles prosjekter på høyt vitenskapelig nivå mellom beregningskjemiske grupperinger på den ene siden og eksperimentelle grupper på den andre siden. Slike muligheter er spesielt nevnt i forbindelse med katalyse og material- og nanokjemi.

### ***Universitetet i Oslo***

Aktiviteten i teoretisk kjemi og beregningskjemi ved Kjemisk institutt er organisert i en tverrfaglig forskningsgruppe, Kvantekjemi, struktur og dynamikk, der medlemmene inngår i SFF'en CTCC. Deler av aktiviteten i gruppen er eksperimentell og rettet mot gassfase strukturkjemi, atmosfærekjemi, spektroskopi og massespektrometri. Den kvantekjemiske metodeutviklingen som drives i gruppen får meget god kritikk av den internasjonale evalueringskomiteen, og er internasjonalt anerkjent og ledende. Det foregår videre betydelig aktivitet innen beregningskjemi(fysikk) i gruppen for funksjonelle uorganiske materialer.

Hey-Hawkinskomiteen påpeker at gruppen kan tjene på å utvide aktiviteten til også å omfatte statistisk mekanikk samt metoder for, og simulering av, faste og myke stoffer (*soft matter*), og mener at dette vil kunne bidra til økt samarbeid og synergi med andre forskningsgrupper ved instituttet.

Rekrutteringen av doktorgradsstudenter til faget er et problem til tross for den sterke forskningsaktiviteten. Deltakelse i en nasjonal forskerskole kan bidra til å øke studenttilgangen.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

Aktiviteten i teoretisk kjemi og beregningskjemi ved Institutt for kjemi er organisert under Seksjon for fysikalsk kjemi, som også omfatter eksperimentell fysikalsk kjemi og kjemometri. Hey-Hawkinskomiteen peker på at aktivitetene i teoretisk kjemi og beregningskjemi holder et godt vitenskapelig nivå og en god spredning hva forskningstema angår.

Deler av gruppen har utnyttet nærheten til Institutt for kjemisk prosesseteknologi, og har delvis tilpasset sine forskningsaktiviteter til utfordringer og problemstillinger derfra. Komiteen påpeker at det er rom for økt samarbeid med dette instituttet. Blant annet vil en rekruttering rettet mot simulering av væsker og porøse media være av stor nytte for fagmiljøene ved begge institutter.

Hey-Hawkinskomiteen påpeker også at det er vanskelig å få øye på en overordnet strategi bak virksomheten til en gruppe med en svært grunnleggende profil i et teknologiorientert universitet som NTNU.

Komiteen anser videre at denne forskningsgruppen kunne utvikle seg bedre med en høyere andel frie forskningsmidler i Norge, og påpeker samtidig at en del av aktiviteten står i fare for å forsvinne med en fremtidig avgang (ventet om få år). Komiteen påpeker videre at gruppen har gode forbindelser til andre grupper innen samme fagfelt i Norge, og kan nyttiggjøre seg en nasjonal forskerskole.

### ***Universitetet i Bergen***

Ved Kjemisk institutt er kvantekjemi og beregningskjemi organisert under Avdeling for uorganisk kjemi, nanostrukturer og modellering, en tverrfaglig gruppe der uorganisk syntese og katalyse, strukturkjemi og fotoelektronspetroskopi er viktige komponenter.

Beregningskjemien karakteriseres som sterk, og har et bredt spektrum av aktiviteter og utstrakt vekselvirkning med eksperimentelle aktiviteter. Hey-Hawkinskomiteen peker på at det finnes en klar strategi for avdelingen som helhet, og at de ulike aktivitetene er godt integrert. Komiteen er imidlertid bekymret for avdelingens fremtid og for videreføringen av den tverrfaglige strategien på grunn av en serie avganger de senere år. Det haster med nye ansettelser for å opprettholde kompetansebredden og aktivitetsnivået.

Som for de andre gruppene i teoretisk kjemi og beregningskjemi, påpeker komiteen at det holdes god kontakt innad i miljøet, og at det pågår arbeid for å koordinere en Bergensledet forskerskole.

Også for UiB finner komiteen at tilgangen til master- og doktorstudenter er for dårlig. Komiteen viser til ”planlagte tiltak for å øke rekrutteringen” og at disse bør støttes. Komiteen sikter her sannsynligvis til arbeidet med å få i stand en nasjonal forskerskole i kvantekjemi og beregningskjemi, omtalt flere andre steder.

### ***Universitetet i Tromsø***

Institutt for kjemis aktivitet innenfor teoretisk kjemi og beregningskjemi er samlet i én forskningsgruppe i teoretisk kjemi som leder SFF'en CTCC. Aktiviteten får meget god kritikk av den internasjonale evalueringskomiteen, både mht vitenskapelig kvalitet og produktivitet. Det samarbeides lokalt innen strukturkjemi og uorganisk kjemi, og det internasjonale kontaktnettet er godt utviklet på den kvantekjemiske metodesiden. Hey-Hawkinskomiteen konstaterer videre at opprettelsen av CTCC langt på vei er årsaken til den høye aktiviteten og gode statusen gruppen har oppnådd.

Også her peker Hey-Hawkinskomiteen på den svake rekrutteringssituasjonen, som er et generelt problem for teori og beregningskjemi i Norge, men som blir svært synlig i Tromsø der det er både god infrastruktur og kompetanse nok til å håndtere et høyere antall master- og doktorgradsstudenter. Komiteen mener at en nasjonal forskerskole kan avhjelpe dette problemet, og konkluderer med at arbeidet med å opprette en slik skole bør støttes.

### ***3.2.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene***

To av forskningsgruppene (UiO, UiT) har gjennom CTCC gode vilkår for å utvikle den grunnleggende forskningen og metodeutviklingen. Generelt er fagmiljøet henvist til de frie programmene, og er derfor sårbart når det gjelder finansiering av denne typen forskning. Fagmiljøet har også mottatt finansiering gjennom mer rettede programmer, for eksempel via NANOMAT-programmet. Det burde la seg gjøre å utnytte slike muligheter i større grad, gjerne i samarbeid med eksperimentelle grupper. Rekrutteringen er et gjennomgående problem for alle miljøene. Teorimiljøene har gjennomført flere felles prosjekter og holder god kontakt. Dette nasjonale samarbeidet bør utvikles videre gjennom et koordinert undervisningstilbud på master- og ph.d.-nivå – en forskerskole. Det eksisterer en god basis for arbeidsdeling mellom miljøene. Dette ut fra pågående aktiviteter innen teori og modellering ved de ulike institusjonene, og deres profil mht aktuelle anvendelsesområder (nano, material, katalyse og *life science*). Forskningsaktivitetene er med andre ord i stor grad komplementære.



Tilgangen til tungregneanleggene er delokalisert, og det er dermed heller ikke behov for en utvidet nasjonal arbeidsdeling basert på lokalisering av særskilt utstyr.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Teoretisk kjemi og beregningskjemi representerer kjernefag som må være godt representert på samtlige breddeuniversiteter. Dagens nivå bør derfor (minst) opprettholdes ved NTNU, UiO, UiB og UiT. Det anbefales at eventuell ekspansjon ved UiO og NTNU i henhold til anbefalingene i Hey-Hawkinsrapporten finner sted innen de eksisterende gruppene. .
- Beregningskjemien kan i langt sterkere grad spille en rolle i tverrfaglige satsninger med felles mål, for eksempel innen nanomaterialer, katalyse og *life science*. Institusjonene bør i sterkere grad være seg bevisst dette potensialet, og aktivt arbeide for å opprette sterke tverrfaglige grupperinger med sammenfallende mål.
- I en nasjonal arbeidsdeling er det naturlig at UiO, sammen med UiT, har et større ansvar for metodeutvikling enn de andre miljøene. Opprettholdelse av kompetente beregningskjemimiljøer krever at disse også har en aktivitet innen metodeutvikling, -tilpasning og -testing, og følgelig vil samtlige av forskningsgruppene opprettholde aktiviteter av denne typen. Beregningskjemien bør, i tråd med punktet ovenfor, i større grad enn nå søke samarbeid med eksperimentelle miljøer. Det foreligger mange slike muligheter for synergi ved de enkelte institusjonene.

#### ***Universitetet i Oslo***

Som påpekt fra evalueringskomiteen, vil en utvidelse av aktiviteten til også å omfatte metoder for, og simulering av, faste stoffer kunne bidra til økt samarbeid med andre forskningsgrupper ved instituttet. Dette vil med andre ord kunne utvikles til å bli en spesiell styrke ved UiO. Institusjonen bør gjøre tiltak for å bedre rekrutteringen av studenter til den sterke forskningsaktiviteten

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Instituttet bør vurdere opprettelsen av en stilling rettet mot metoder for, og simulering av, faste stoffer.
- I en nasjonal arbeidsdeling innen fagfeltet bør dette instituttet ha et betydelig ansvar for grunnleggende metodeutvikling. Videre bør beregningskjemiske anvendelser også rettes mot simulering av faste stoffer og overflater, for derigjennom å utvikle tett samarbeid mot UiOs sterke miljøer innen katalysatorer, material- og nanoteknologi.

#### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

Deler av gruppen ved Institutt for kjemi har utnyttet nærheten til sterke eksperimentelle miljøer, og i noen grad tilpasset sine forskningsaktiviteter til utfordringer og problemstillinger derfra. Det er et klart potensial for å utvide dette samarbeidet. Denne vekselvirkningen vil kunne utvikles til å bli en særskilt styrke ved teori- og beregningskjemiativiteten ved NTNU. Instituttet bør utarbeide en strategi for teori- og beregningskjemien.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Instituttet bør utarbeide en overordnet strategi for virksomheten til gruppen, spesielt med tanke på grad av anvendt/grunnleggende karakter og finansiering av aktiviteten.
- Instituttet bør videreutvikle sin styrke innen statistisk mekanikk.
- Instituttet bør i større grad søke samarbeid med sterke eksperimentelle miljøer ved Institutt for kjemisk prosesseteknologi og Institutt for materialteknologi.

### ***Universitetet i Bergen***

Beregningskjemien ved Kjemisk institutt omfatter et bredt spektrum av aktiviteter og utstrakt vekselvirkning med eksperimentelle aktiviteter, spesielt innen fotoelektronspetroskopi og katalyse. Avdelingen er imidlertid truet etter en serie avganger de senere årene, og er per i dag av subkritisk størrelse. I tillegg vil ytterligere avgang finne sted om få år. Gruppen bør videreutvikle den anvendte profilen og samarbeidet med lokale eksperimentelle grupper.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Institusjonen må følge opp de strategigrep som er tatt de senere årene, og særlig sørge for nyrekruttering som gir fortsatt mulighet for symbiose mellom teori/modellering og katalyse og studier av nanostrukturerte systemer.
- I en nasjonal arbeidsdeling innen fagfeltet bør dette instituttet fortsatt ha hovedfokus på beregningskjemiske studier av nanostrukturerte systemer og katalyse, primært i samarbeid med det lokale eksperimentelle miljøet.

### ***Universitetet i Tromsø***

Aktiviteten ved Institutt for kjemi spenner fra kvantekjemisk metodeutvikling til simulering av store biomolekyler. Det samarbeides lokalt innen strukturkjemi og uorganisk kjemi. Det eksisterer sannsynligvis et potensial for å styrke vekselvirkningen med det sterke *life science*-miljøet ved instituttet og således videreutvikle en egen UiT-profil på teori- og modelleringsaktiviteten. Institusjonen bør bidra til å finne en løsning på den svært svake studenttilgangen.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Instituttet kan tjene på at det sterke teorimiljøet i enda større grad tar del i den brede ”*life science*”-satsingen.
- I en nasjonal arbeidsdeling innen fagfeltet bør dette instituttet ha fokus mot metodeutvikling og anvendelser av biokjemisk betydning.

### ***3.2.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet***

Beregningsfagene er helt avhengige av god e-infrastruktur og gode tungregnefasiliteter. Evalueringskomiteen angir at Norge per i dag har et konkurransefortrinn i så måte. For å opprettholde dette konkurransefortrinn kreves imidlertid jevnlig investeringer også i fremtiden. Dette er en forutsetning for at universitetene følger opp anbefalingene om å bygge opp nye forskningsaktiviteter innen beregningskrevende simuleringer.

De mer grunnleggende og metodeorienterte delene av den teoretiske kjemien og beregningskjemien er i utgangspunktet henvist til å søke midler fra grunnforskningsprogrammene. For dette fagfeltet er det derfor spesielt viktig at andelen midler til fri ”*blue sky*”-type forskning økes.

På tross av beregningskjemiens fundamentale og økende betydning er det verken ønskelig eller realistisk at fagområdet bygges ut til en meget stor aktivitet ved hver enkelte institusjon. Dagens aktive institusjoner har gjennom fagmiljøer med komplementær ekspertise muligheten for å tilby et koordinert studietilbud innenfor rammen av en nasjonal nettverksbasert forskerskole. Dette vil sikre den bredden i fagprofilen som er ønskelig for å gi en fullgod utdanning i faget. På nasjonalt plan er dermed fagmiljøet av tilstrekkelig størrelse til å kunne etablere en felles forskerskole som et viktig virkemiddel for å bidra til å realisere fagfeltets store potensial. Gruppene står for forskning av høy kvalitet, noe som bl.a. illustreres ved at faggruppene i Oslo og Tromsø har fått innvilget et felles senter for framragende forskning; CTCC. Samtlige grupper har inntil nylig samarbeidet innenfor rammene av et strategisk

universitetsprogram i kvantekjemi samt NANOMAT-prosjektet *Molecular modeling in nanotechnology*. Det er dermed etablert et godt utgangspunkt for forpliktende samarbeid om en nasjonal forskerskole basert på et nettverk av fagmiljøer.

For den anvendelsesorienterte beregningskjemien peker den internasjonale evalueringsrapporten på at det eksisterer et betydelig potensial for forskning av høy kvalitet gjennom utstrakt samarbeid med eksperimentelle miljøer, blant annet innen materialkjemi og katalyse. Forskningsrådet bør påse at fremtidige utlysninger i programmer som RENERGI, NANOMAT og GASSMAKS blir generelle nok til at det også kan søkes om midler til prosjekter med slike grunnleggende komponenter. Blant annet er det viktig å sikre en høy andel forskerprosjekter også i disse programmene.

#### *Spesifikk anbefalinger*

- Kontinuerlig oppgradering av e-infrastruktur og tungregnerressurser, for eksempel via det eksisterende eVITA programmet, er påkrevd for å opprettholde dagens konkurransefortinn.
- Forskningsrådet bør arbeide for å øke andelen midler til fri "blue-sky"-type forskning.
- Forskningsrådet bør i størst mulig grad benytte generelle utlysninger av forskerprosjekter, blant annet for å stimulere til samarbeidsprosjekter mellom beregningskjemiske og eksperimentelle miljøer. Dette gjelder særlig tematiske programmer som RENERGI, NANOMAT og GASSMAKS.

### **3.2.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer**

Matematiske simuleringer inntar en stadig mer sentral rolle i de fleste naturvitenskaper og er anerkjent som en selvstendig kilde til ny innsikt i komplekse systemer, komplementær til eksperimentelle undersøkelser og teoriutvikling, og med akselererende betydning.

Matematiske simuleringer innen kjemien er å anse som en *enabling technology*, med stort potensial innen de fleste aspekter av kjemisk forskning, utvikling, design og fremstilling. Dette betyr blant annet at beregningskjemien i mange tilfeller kan utgjøre en svært viktig komponent i større tverrfaglige prosjekter innen for eksempel klima-, energi, og materialforskning. E-infrastruktur og tungregnerressurser ligger til grunn for alle beregningsfagene, og det er viktig at det fortrinnet Norge per i dag har på dette området følges opp med nye investeringer i årene som kommer.

#### *Spesifikk anbefaling*

- Midler bør øremerkes til investeringer i e-infrastruktur og tungregnerressurser.

### 3.3 Katalyse

#### 3.3.1 Bakgrunn

Katalyseforskningen i Norge holder høy kvalitet og får i all hovedsak meget god omtale av evalueringskomiteen. Dette er et fagområde som har betydelig samfunnsrelevans gjennom sin betydning for omdannelse av olje og naturgass, samt, mer generelt, for energieffektiv og miljøvennlig prosess teknologi. Hey-Hawkinsrapporten stadfester at det i dag er lite overlapp og lite konkurranse mellom aktivitetene ved de ulike akademiske institusjonene. Miljøene selv mener dog å registrere en viss konkurranse:

*"The catalysis groups seem to have organised to avoid duplication of the different research topics: there is virtually no or little overlap. The positive aspect of this situation is that there is practically no redundancy among the projects in Oslo, Trondheim and Bergen. The negative aspect is that there is neither national competition nor synergy among these groups on their own research topics."*

Forskningsaktivitetene er i dag konsentrert rundt olje og naturgasskonvertering. Det finnes dedikerte katalysegrupper ved UiO og NTNU, i tillegg til en mindre aktivitet ved UiB (bygd opp i etterkant av Weitkamp-rapporten). Katalyse har et enormt nedslagsfelt i en større sammenheng, men det er høyst trolig et korrekt valg at de norske miljøene har spesialisert seg på temaer som er svært viktige for norsk næringsliv og verdiskapning. I dagens situasjon, med endringer i næringsliv og forskningspolitikk, bør miljøene vurdere hvorledes de best kan dimensjonere sin aktivitet, spesielt i forbindelse med norske prioriteringer innen miljøvennlig energi og energieffektivisering. Katalysefeltet har som helhet hatt en jevn og god økning i vitenskapelig stab over de siste 10-30 år. Som felt er katalyse sterkt knyttet til mange underdisipliner av kjemi og er avhengig av disse; særlig uorganisk kjemi, nanokjemi, organisk kjemi, fysikalsk kjemi, beregningskjemi, prosesskjemi. Aktivitetene innen katalyse må betraktes og vurderes i et slikt perspektiv.

Følgende grupper er evaluert av den internasjonale komiteen i forbindelse med katalyse:

- UiO, Kjemisk institutt, Katalysegruppen
- NTNU, Institutt for kjemisk prosess teknologi, Katalysegruppen
- NTNU, Institutt for kjemi, Fysikalsk kjemi (som del av flerfaglig aktivitet)
- UiB, Kjemisk institutt, Avdeling for uorganisk kjemi, nanostrukturer og modellering (som del av flerfaglig aktivitet)

Aktivitetene ved SINTEF (Oslo og Trondheim) har ikke vært gjenstand for evalueringen.

#### 3.3.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen

##### **Generelle anbefalinger**

Som en av hovedkonklusjonene, anbefaler evalueringskomiteen at miljøene og institusjonene tilstreber å opprettholde den gode arbeidsdelingen som basis for samarbeid på høyt faglig nivå, og samtidig fokuserer på problemstillinger som vil kunne gi synergi mellom komplementære miljøer:

*"The catalysis groups in Norway should strengthen their mutual collaboration by sharing their own expertise in one or two common projects (other than inGAP)."*

## Katalyse

Evalueringskomiteen mener videre at norsk katalyseforskning har mye å vinne på å rette fokuset mot utvikling av nye katalysatorer, gjerne i samarbeid med miljøer innen uorganisk kjemi, organisk kjemi og materialkjemi.

*“Very interesting work is carried out on known catalysts. However, the tendency should be to go further in evaluating catalytic properties of new compounds that result from the research in inorganic, organic and materials chemistry laboratories. High-level interdisciplinary publications should originate from this type of fruitful cooperation”.*

### **Universitetet i Oslo**

Aktiviteten vurderes som i hovedsak meget god. Hey-Hawkinskomiteen mener at gruppen lider under svak bemanning og anbefaler nyansettelse. Det tillegges i den forbindelse her at gruppen ved vurderingstidspunktet fremsto som noe større enn den i realiteten er, ved at den inkluderte en midlertidig førsteamanuensisstilling som vil utgå ved avslutningen av inGAP-senteret. Evalueringskomiteen anbefaler videre at gruppen tar opp prosjekter rettet mot alternative energikilder. Gruppen bør også styrke kontakten og samarbeidet med andre katalysegrupper i Norge samt med miljøer innen nanokjemi, materialkjemi og beregningskjemi.

### **Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet**

#### Institutt for kjemisk prosesseteknologi, Katalysegruppen

Aktiviteten vurderes som i hovedsak meget god. Gruppen høster anerkjennelse for høy kvalitet innen kjemitekniske aspekter (*chemical engineering*) av katalyse. Samarbeidet med SINTEF er en styrke som gir betydelig potensial for å gjennomføre prosjekter av stor økonomisk betydning. Det er likevel nødvendig å overvåke at dette ikke hindrer fremveksten av nye, individuelle prosjekter av mer eksplorativ karakter. Gruppen bør styrke kontakt og samarbeid med andre katalysegrupper i Norge samt med miljøer innen nanokjemi og materialkjemi. Evalueringskomiteen peker på at samarbeid med katalysegruppen er et viktig element for gruppen innen papir- og fiberteknologi.

#### Institutt for kjemi, Gruppen for fysikalsk kjemi

Katalyse utgjør kun en mindre del av forskningen. Evalueringskomiteen er lite detaljert i sin vurdering og beskrivelse, noe som gjør det vanskelig å skille ut anbefalinger som gjelder denne aktiviteten spesifikt. Hey-Hawkinskomiteen er imidlertid kritisk til det generelle nivået på den eksperimentelle forskningen i gruppen.

### **Universitetet i Bergen**

Aktiviteten vurderes som i hovedsak meget god. Kjemisk institutts aktivitet innen katalyse utgjør et sentralt element i en tverrfaglig gruppering, men hovedstillingen er i øyeblikket ubesatt. Evalueringskomiteen påpeker at grupperingen er svært godt strukturert, der ulike kompetanser spiller tett sammen. Komiteen fremhever at samspillet nå er truet ved at avdelingen har mistet flere ansatte de siste årene, og det er derfor akutt behov for nyrekruttering, spesielt innen metallorganisk kjemi og katalyse.

### **3.3.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene**

Miljøene/institusjonene anbefales å bygge videre på dagens arbeidsdeling som basis for samarbeid på høyt faglig nivå. Fagmiljøene bør tilstrebes felles fokus på noen utvalgte problemstillinger som utløser synergi basert på komplementaritet. Temaene bør gå utover rammen av inGAP. En utvidelse av dagens aktiviteter i retning av miljøteknologi, miljøvennlig energi og energieffektivisering bør skje på basis av omforent arbeidsdeling.

## Katalyse

I sentrum av katalyseforskningen står studier av mekanismer og reaktivitet. Anvendte mål er å utvikle og optimalisere katalysatorer og reaktorsystemer for høyest mulig utbytte, best mulig selektivitet, færrest mulig uønskede biprodukter og lavest mulig energiforbruk. Hey-Hawkins-rapporten peker på et stort forskningspotensial på grenseflaten mellom de sterke miljøene i Norge innen katalyse og uorganisk kjemi/materialkjemi. Visse muligheter finnes på grenseflaten mot organisk kjemi. For å utløse nevnte potensial, kreves dedikerte ressurser slik at forskning på slike faglige grenseflater fremstår som attraktivt for alle sentrale aktører.

Overflatevitenskap knyttet til detaljerte studier av overflaters kjemi og fysikk står sentralt for forståelse av katalytiske mekanismer på atomnivå. Feltet er svakt utviklet i Norge. En oppbygging av laboratorier og miljøer innen overflatevitenskap er viktig for katalyse og andre områder (nano- og materialvitenskap). Dette forutsetter dyp forankring i institusjonenes langsiktige strategier, dedikert personell og fokus på velfunderte grunnleggende problemstillinger.

Ved hjelp av moderne beregningskjemiske verktøy og tungregnerressurser er det i dag mulig å gjennomføre realistiske kvantemekaniske studier av hele katalytiske reaksjonsforløp. Det er i stadig økende grad mulig for beregningskjemien, gjennom parallelle studier av mange potensielle katalysatorstrukturer, å bidra til deler av katalysatorutviklingen som tidligere kun var forbeholdt laboratoriet. Utviklingen vil fortsette, og utsiktene til stadig bedre beregningsverktøy og regneressurser gjør at beregningsbaserte studier bør få økt fokus fremover, og samarbeidet med grupper innen kvantekjemi og modellering, herunder CTCC, bør derfor utvides. Ressurser bør tilføres for styrke samarbeidet på denne viktige grenseflaten.

Innen eksperimentell katalyseforskning fremstår *in situ*-studier av katalytiske materialer under reelle arbeidsbetingelser som stadig viktigere. Dette forutsetter metodeutvikling og tilgang til svært avanserte strålekilder, herunder synkrotronstråling (både myk- og hardrøntgen). Fremtidig tilgang til oppgraderte og nye anlegg må sikres. Tilgang bør forankres gjennom internasjonale avtaler, og gjerne utøves i samarbeid med material-/nanovitenskapsmiljøer.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Miljøene/institusjonene anbefales å bygge videre på dagens arbeidsdeling (mht metodikk, prosess, materialer) og dokumentert kompetanse som basis for samarbeid på høyt faglig nivå, og nedfelle arbeidsdelingen i en omforent plan. Det er naturlig at prioriteringene ved NTNU og UiO reflekteres i deres samarbeidsprofil overfor SINTEF.
- Denne planen bør angi retning for samarbeid og arbeidsdeling med hensyn på ny aktivitet knyttet til miljøteknologi, miljøvennlig energi og energieffektivisering.
- Dagens vekselvirkninger mellom UiOs materialmiljø og katalyse (inklusive inGAP), mellom beregningskjemi og katalyse ved både UiO og UiB, og mellom katalyse og reaktorteknologi ved NTNU, bør danne utgangspunkt for arbeidsdeling knyttet til tverrfaglige aspekter av katalyse.
- Katalyseforskningen kan gis ytterligere løft gjennom styrking av viktige faglige grenseflater, spesielt kan ressurstilførsel stimulere uorganisk/material/nanokjemi og beregningskjemi til å bidra tungt til katalysegruppene faglige prioriteringer.
- Avansert metodikk må være tilgjengelig; spesielt for *in situ*-studier og overflatevitenskap, med kompetanse forankret i høyt kvalifiserte fagmiljøer. Katalysemiljøene må gis incentiver og ressurser for å benytte seg av aktuell infrastruktur og kompetanse.
- Katalysemiljøene ved UiO, NTNU og SINTEF, har som aktivitetsmessige likeverdige partnere i den UiO-ledete SFI'en inGAP, et unikt sprangbrett for å heve kvalitet på forskning av viktighet for næringslivet, noe som bør benyttes til også å etablere nytt internasjonalt partnerskap med fremragende forskningsmiljøer og næringsliv.

## Katalyse

### *Fagmiljøer som må omstilles:*

Det vises til spesifikke råd for hver institusjon. Pr i dag virker det sannsynlig at midler til ren katalyseforskning vil avta, herunder industrirelaterte prosjekter innen olje/naturgass konvertering. Det er potensial for økt katalyseforskning knyttet til landbaserte anvendelser, herunder miljø/energiteknologi. Dette bør det tas høyde for i strategier mht dimensjonering, arbeidsdeling og samarbeid i forskning og utdanning.

### **Universitetet i Oslo**

Forskningsgruppen innen katalyse har stort potensial, holder høyt faglig nivå og er godt balansert mht grunnleggende og anvendte prosjekter, og har godt nettverk mot norske og internasjonale katalysemiljøer. Aktiviteten omfatter både homogen og heterogen katalyse. Gruppen er godt posisjonert for samarbeid med sterke material-/nanokjemi og beregningskjemimiljøer ved UiO.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Instituttet bør stimulere det sterke faglige miljøet innen katalyse, uorganisk kjemi/materialkjemi og beregningskjemi til å løfte katalyseforskningen til et ytterligere høyere internasjonalt nivå. Det er påkrevd å vurdere omfang og form for ressurstilførsel slik at målsettingen skal kunne nås. For å ta et neste steg fremstår øremerkede ressurser som en nødvendighet.
- Instituttet bør vurdere hvorledes forskningsprofilen bør utvides som ledd i UiOs satsning innen miljø og fornybar energi/energieffektivisering.
- UiOs katalyseforskning er avhengig av avansert instrumentering innen overflatevitenskap, nano-/materialvitenskap og *in situ*-metodikk. Dette kan ikke løftes av miljøet alene, ei heller av KI/UiO alene. Det anbefales tett internt samarbeid ved UiO og mot NTNU. Et mål må være tilgang til optimalt drevne laboratorier, samt tilstrekkelig med ressurser (egne og hos metodepartnere) til å utnytte laboratoriene for avansert katalyseforskning.
- Den gode aktiviteten innen homogen katalyse videreføres på minst samme nivå som i dag. Instituttet bør legge til rette for at det beskjedne miljøet i omfang blir overkritisk gjennom samarbeid mot beregningskjemi CTCC) og mot homogen katalyseforskning på SINTEF.

### **Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet**

Katalyseforskning foregår i hovedsak i to grupper, se under, men også ved Institutt for materialteknologi. Sistvante er evaluert under uorganisk kjemi. Disse aktivitetene er rettet mot ny energiteknologi.

#### Institutt for kjemisk prosesseteknologi, Katalysegruppen

Samarbeidet mot andre norske grupper innen katalyse bør utvides. Videre bør samarbeidet mot miljøer innen materialkjemi og uorganisk kjemi styrkes. Gruppen er sterk innen mikrokinetikk og modellering av reaksjoner og reaktorer. Ambisjonene kan løftes enda høyere ved at miljøet mer enn tidligere inngår i felles prosjekter med andre toppmiljøer, både innenfor grunnleggende og industrielle problemstillinger. Fagplanutvalget mener videre at foreligger behov for kobling både til gruppen innen papir- og fiberteknologi (nevnt av Hey-Hawkinskomiteen, se ovenfor), samt til den katalyserelaterte forskningen ved Institutt for kjemi, NTNU.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Opprettholde nært og godt samarbeid med SINTEF som grobunn for felles prosjekter, men uten at dette går på bekostning av den grunnleggende forskningen. Kompetansen innen egne kjerneområder må vedlikeholdes og helst styrkes i et perspektiv med nasjonal arbeidsdeling.

## Katalyse

- Gruppens hovedaktivitet er rettet mot naturgass. Gruppen bør samtidig posisjonere seg mot nye områder der kompetansen kan utnyttes, for eksempel bioenergi, miljøteknologi, fotokatalyse og brenselceller (de to sistnevnte gjennom samarbeid med Institutt for materialteknologi ved NTNU).
- Markedsføre kompetanse og trekke inn fler partnere i prosjekter innen reaktormodellering og kinetikk slik at disse sterke aktivitetene kan løftes ytterligere på høyt internasjonalt nivå.
- Som også anført for UiO, vil NTNUs katalyseforskning ha behov for tilgang til avansert instrumentering innen overflatevitenskap, nanovitenskap og *in situ*-metodikk. Det anbefales tett internt samarbeid ved NTNU mot metodemiljøer, og eksternt mot UiO.
- Gruppen bør styrke tverrfaglige vekselvirkninger internt ved NTNU, og ytterligere trekke vekslers på miljøer ved UiO og UiB innen material/uorganisk kjemi og beregningskjemi.
- Som det ledende katalysemiljø ved NTNU, bør gruppen videreføre godt fungerende samarbeid mot papir og fiberteknologi. Parallelt oppfordres NTNU til å gi gruppen et koordinerende ansvar for katalyseforskningen ved NTNU, og bistå til at aktuell kompetanse og metodikk ved Institutt for kjemi integreres i en større helhet. Det bør vurderes om nye ressurser må stilles til rådighet for å dekke de beskrevne roller (inkludert kapasitet til økt tverrfaglig interaksjon).

### Institutt for kjemi, Gruppen for fysikalsk kjemi

Katalyse utgjør kun en mindre del av aktivitetene og det er ingen klar strategi for hvorledes utvikle området. Det anbefales at aktivitet og organisering av gruppens katalyseforskning sees i sammenheng med aktiviteten ved katalysegruppen ved NTNU, se over.

### *Spesifikk anbefaling*

- Fremtidig aktivitet og organisering av forskning innen katalyse sees i sammenheng med aktivitet og strategi for NTNUs katalysemiljø ved Institutt for kjemisk prosesseteknologi. Relevant kompetanse innen fysikalsk kjemi, beregningskjemi og karakterisering ved Institutt for kjemi bør bidra til å styrke katalyseforskningen som helhet ved NTNU. I første omgang bør dreining av faglig fokus skje gjennom omstilling.

### **Universitetet i Bergen**

Fagplanutvalget presiserer at katalyse per i dag utgjør en begrenset aktivitet siden hovedstillingen innen dette feltet er under utlysning. Det er viktig at forskningsprofilen i denne stillingen tilpasses resten av gruppens kompetanse og interesse. Det er også gunstig om aktiviteten i stor grad forblir komplementær til de tunge aktivitetene i Oslo og Trondheim, men samtidig har spesialiteter som gjør det naturlig å innlede samarbeid.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Aktiviteten i katalyse er liten og sårbar. Den sentrale stillingen i feltet er for tiden under besetting. Faglig profil bør vurderes i lys av forskningsgruppens øvrige kompetanse, muligheter for lokalt samarbeid innen beregningskjemi, og nasjonal arbeidsdeling.
- Ytterligere styrking kreves for å få et slagkraftig miljø, noe som anbefales gjennom samarbeid internt mot metallorganisk syntese, strukturkjemi og beregningskjemi.

### **3.3.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet**

Katalysegruppene ved UiO, NTNU har gjennom inGAP tett faglig og teknologisk samarbeid som involverer så vel næringslivet som anvendt forskning ved SINTEF. Evalueringskomiteen peker på



## Katalyse

at miljøene bør etablere 1–2 større felles prosjekter utover inGAP. I Forskningsrådets har særlig KOSK hatt ansvar for katalyseområdet, men også GASSMAKS, RENERGI og NANOMAT har portefølje mht prosjekter innen katalytiske materialer og prosess-/reaktorteknologi. Forskningsrådet bør lyse ut midler for å etablere 1–2 store, brede samarbeidsprosjekter. Det forventes å være vanskelig å etablere KMB-prosjekter for flere av temaene som bør stå sentralt i gruppenes fremtidige utvikling og profil. Fokus bør således settes på forskerinitierte prosjekter.

Hey-Hawkinsrapporten påpeker at samarbeid mot kvantekjemi og modellering bør utvides. Dette krever oppfølging fra Forskningsrådets side. Det anbefales utlysning av midler til prosjekter som har likeverdige eksperimentelle og teoretiske komponenter, forankret innen begge miljøer, dvs katalyse og beregningskjemi.

Hey-Hawkinsrapporten påpeker videre at material-/nanokjemi er svært sentralt innen katalysatorutvikling (katalysatorutvikling, bærere, funksjonalisering). Dette krever også oppfølging fra Forskningsrådet. Det anbefales utlysning av midler til prosjekter som har likeverdige aktiviteter innen katalyse og uorganisk materialkjemi, forankret innen begge miljøer.

Hey-Hawkinsrapporten peker også på at forskning knyttet til konvertering av alternative energikilder bør styrkes, utover dagens fokus på olje og naturgass. En slik dreining eller ekspansjon av aktivitet bør skje innen rammen av de offentlige midler som nå settes inn på grenseflaten energi – miljø, for eksempel innen Forskningsrådets program RENERGI.

Rutineutstyr (for eksempel til karakterisering) kan vanskelig finansieres i dagens regime hvor Forskningsrådet kun har fokus på nasjonal karakter av ny infrastruktur. Dette representerer en fare for den grunnleggende forskningen. God standard i hjemmelaboratoriet er en forutsetning for utnyttelse av avansert utstyr (lokalt, nasjonalt, internasjonalt) innen området..

### *Spesifikke anbefalinger*

- Lyse ut midler til 1–2 store prosjekter rettet mot å styrke samarbeidet mellom katalysmiljøene i Norge – under forventning av komplementære roller.
- Lyse ut midler til å utvikle og styrke grenseflaten katalyse – beregningskjemi
- Lyse ut midler til å utvikle og styrke grenseflaten katalyse – uorganisk/materialkjemi
- Støtte oppunder arbeidsdeling mellom institusjonene mht bruk av virkemidler.
- Plassere ansvar for katalysatorforskning på alternative energikilder i et av de målrettede programmer, for eksempel RENERGI, og bidra til at slik kompetanse utvikles i Norge
- Opprettholde gode vilkår for grunnleggende katalysatorforskning slik dette til nå har vært gjort gjennom KOSK-programmet.

### **3.3.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer**

Katalyse er sentralt for innovasjon og verdiskaping knyttet til konvertering av naturgass og olje. En rekke viktige industrielle prosesser muliggjøres gjennom katalyse (prosesser ved milde betingelser) og bidrar signifikant til energieffektivisering. I et internasjonalt perspektiv er verdiskapingen fra slike prosesser formidabel. Katalysatorer inngår i ny teknologi knyttet til miljø og energi (vannspalting og –rensing, brenselceller, bioenergi, avgassrensing mm). For Norge er det viktig å ha kompetansemiljøer helt i fronten, særlig innen olje/gass og petrokjemi, men også innen relevant miljø- og energiteknologi. Departementene bør tilse at midler tilfaller grunnleggende forskning innen katalyse og tilgrensende felt (materialkjemi, beregningskjemi) i forbindelse med relevante nasjonale satsninger og prioriteringer.

## Katalyse

### *Spesifikke anbefalinger*

- Bidra til at midler til grunnforskning innen katalyse og tilgrensende felt (material, beregningskjemi, reaktorteknologi) avsettes i forbindelse med relevante nasjonale satsninger.

### **3.4 Biologisk kjemi og medisinalkjemi**

#### **3.4.1 Bakgrunn**

Kjemimiljøer som faller inn under Hey-Hawkinskomitéens definisjon av *life science*-kjemi, omfatter sterke og relativt store miljøer ved UiT og UiS, samt mindre miljøer ved UMB og UiO. I den litt brede bruken av *life science*-kjemibegrepet (her definert som medisinal- og biologisk kjemi) hvor man også inkluderer forskning på- eller syntese av molekyler eller materialer med mulig biologisk aktivitet eller anvendelse, uten å nødvendigvis studere deres biologiske aktivitet i et biologisk system, er bildet mindre oversiktlig, og omfatter forskningsgrupper i organisk syntese, organisk analytisk kjemi, polymerkjemi, kjernekjemi, modellering/teoretisk kjemi og biouorganisk kjemi.

Både i hovedkonklusjonen for området og i flere av rapportene som omhandler de enkelte institusjonene anbefaler komiteen sterkere samarbeidsrelasjoner mellom de forskningsgruppene som av komiteen defineres som *life science*-kjemi og forskningsgrupper innen spesielt organisk syntese som retter seg mot medisinalkjemi. De spesifikke anbefalingene som komiteen kommer med under beskrivelsene av "Life science"-kjemi, synes å rette seg like mye mot forskningsgruppene i organisk syntese som mot miljøene i *life science*-kjemi.

Hey-Hawkinskomiteen inkluderer miljøer ved UMB, UiS og UiT i sin vurdering av *life science*-kjemi i Norge. Fagplanutvalget har favnet litt bredere og inkluderer i denne rapporten også relevante miljøer ved UiO, UiB og NTNU, hovedsakelig fra organisk kjemi. Det er også relativt store kjemimiljøer i Norge innenfor denne brede definisjonen som ikke ble omfattet av evalueringen. Dette er i første rekke de farmasøytiske instituttene ved UiO og UiT, og Institutt for bioteknologi ved NTNU.

#### **3.4.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen**

Forskningsgruppene i kjemisk biologi ved UiS og strukturkjemi ved UiT får meget god evaluering og blir beskrevet som eksellent. Også enkeltaktiviteter ved UMB, og forskningsgrupper ved UiO og UiB som faller inn i vår utvidede definisjon får relativt god evaluering. Hey-Hawkins konkluderer med at selv om det foregår relativt lite *life science*-kjemi ved de kjemiske instituttene, så er disse gruppene blant de beste i denne evalueringen.

#### ***Universitet for miljø og biovitenskap***

Komiteen anbefaler at faggruppen ved UMB definerer et felles tema som kan øke den internasjonale synligheten. Komiteen peker på lipider som meget aktuelt tema rettet mot andre sterke forskningsmiljøer på UMB (mat og helse), og ser det som svært viktig at det valgte temaet er unikt for Norge (*stand alone*), vurdert i lys av den totale aktiviteten ved UMB og universitetets spesielle stilling og profil i Norge.

Komiteen fremhever også at denne gruppen er under kritisk masse, og bør tilføres mer personell. Dette kan kompenseres ved en tettere kobling til forskningsgruppene i bioteknologi, proteomikk, "protein engineering" etc. Forskningsgruppen har et fokus mot MS-teknologi, som kan ytterligere styrkes. Økning i staben bør uansett være i henhold til en klar strategi og styrking av lederskapet i gruppen.

### ***Universitetet i Stavanger***

Komiteen oppfordrer UiS til å fortsatt utvikle forskningsgruppen rundt *Centre of Organelle Research* som en drivkraft i å bygge nasjonale og internasjonale nettverk og til å hente inn forskningsmidler til instituttet. Komiteen foreslår konkret en omorganisering slik at samhandlingen mellom ”kjemikere” og ”molekylærbiologer” ved instituttet styrkes. Spesielt bør gruppen i biologisk kjemi forsøke å inkludere organisk syntese i gruppen og i forskningen.

### ***Universitetet i Tromsø***

Institutt for kjemi fremstår, i henhold til Hey-Hawkinsrapporten, samlet sett, som det mest synlige kjemimiljøet innen *life science* i Norge. For å beholde den høye kvaliteten i fremtiden, er forskningsgruppen i strukturkjemi avhengig av adekvate investeringer, en tilstrekkelig stor teknisk stab og økonomi til å dekke de høye driftskostnadene og infrastrukturinvesteringer. Potensialet for denne gruppen til å spille nøkkelroller i strukturkjemi og strukturbiologi er stort. Gruppen bør støttes videre slik at den kan opprettholde sin ”excellence”, og fremtidige investeringer bør støtte opp om initiativ til samarbeid innad ved instituttet og nasjonalt. Med slik støtte har denne gruppen en mulighet til å ta en ledelse i et nasjonalt senter i strukturbiologi med den høyeste internasjonale synlighet. *NorStruct* og den nasjonale forskerskolen i strukturbiologi bør fortsatt støttes.

### ***3.4.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene***

De instituttene/forskningsgruppene som har hatt størst suksess med hensyn på å finansiere forskning innen *life science*-kjemi synes å ha oppnådd dette ved å utøve forskningen i skjæringspunktet mellom kjemi og biologi. Den biologisk/kjemiske kompetansen i kjemimiljøene synes å ha stor betydning for å oppnå finansiering og resultater. Isolerte aktiviteter innen f. eks. syntese av legemiddelkandidater, biouorganisk kjemi og modellering ser bare i liten grad bare i liten grad ut til å nå opp i konkurransen, både innen de frie programmene eller i de store programsatsingene.

Forskningsaktiviteten innen biologisk- og medisinalkjemi er ved de fleste instituttene for tematisk spredt, og mangler på grunn av dette tilstrekkelig slagkraft til å nå frem i konkurransen om forskningsmidler. De enkelte forskningsgruppene lider under mangel på ekstern finansiering, og mange av instituttene evner heller ikke å gi et minimum av driftsmidler til enkeltforskere. Enkelte forskere taper på denne måten muligheten til å være aktive i forskningsmiljøet, og kompetanse går gradvis tapt.

#### ***Spesifikke anbefalinger***

- Instituttene/forskningsmiljøene bør samordne all aktivitet og ekspertise innen biologisk kjemi og medisinalkjemi (naturstoffkjemi, relevant aktivitet i organisk syntese, etc.) og aktuell teknologisk kompetanse
- Instituttene/forskningsmiljøene bør nedfelle den konsolideringen som er beskrevet i punktet over i klare strategiske planer for hvordan man skal oppnå ønsket effekt.

### ***Universitetet i Oslo***

Kjemisk institutt ved UiO har forskningsgrupper i organisk syntese og i struktur-funksjonsstudier av makromolekyler innenfor forskningsfeltet biologisk kjemi og medisinalkjemi. Forskningsgruppen i makromolekylær struktur (krystallografi) er liten og sårbar, og bør styrkes gjennom ytterligere samarbeid med de øvrige proteinkrystallografi-grupperinger i Osloområdet. Aktivitetene i organisk kjemi er rettet mot syntese av legemiddelkandidater og naturprodukter er av Hey-Hawkinskomiteen beskrevet under

## Biologisk kjemi og medisinalkjemi

Organisk kjemi, og får en god evaluering. Ved instituttet foregår også forskning med *life science*-profil innen den tverrfaglige forskningssatsingen bioanalyse@uio, som blant annet ar aktiviteter innen analytisk proteomikk (deltaker i SFI: *Cancer Stem Cell Innovation Center*, CAST), i polymerkjemi arbeides det med materialer for optimalisert *drug delivery*. Forskningsgruppen i kjernekjemi har aktiviteter innenfor PET-virksomhet. Instituttet har således en interessant og bred *life science*-profil og alle fag områdene nevnt over, er prioriterte områder ved Kjemisk institutt og ved det Matematisk-Naturvitenskapelige Fakultet.

### *Spesifikke anbefalinger:*

- Forskningsgruppen i makromolekylær krystallografi er svært sårbar og har få relasjoner internt ved Kjemisk institutt. Gruppen bør knyttes organisatorisk sterkere opp mot Institutt for molekylær biovitenskap eller andre relevante grupper ved UiO.
- Aktiviteten innenfor syntese av legemiddelkandidater bør kobles sterkere til både PET-satsingen og biomedisinske miljøer slik at forskningen kan gjøres mer helhetlig og inkludere funksjonelle studier av synteseproduktene i felles prosjekter med andre miljøer.
- I en nasjonal arbeidsdeling innenfor biologisk kjemi og medisinalkjemi bør instituttet, i et nært samarbeid med tilsvarende aktivitet ved Farmasøytisk institutt, ha et fokus på syntese av legemiddelkandidater, bioaktive naturstoffer og organisk analytisk kjemi.
- Kompetanse i molekylmodellering av mulige legemiddelkandidater i de biologiske systemene eksisterer ikke ved UiO, hverken ved Kjemisk institutt eller Farmasøytisk institutt. Det bør innledes diskusjoner om slik kompetanse skal bygges opp ved ett av instituttene, eventuelt i samarbeid med eksisterende teoretiske kjemimiljøer ved Kjemisk institutt.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

Aktiviteten innen biologisk kjemi ved Institutt for kjemi er noe spredt og relativt begrenset. Det er aktivitet innen studier av enzymer og enzymmekanismer, og det foregår forskning på antioksidanter, og noe aktivitet rettet inn mot medisinal og naturstoffkjemi.

### *Spesifikk anbefaling:*

- Instituttet bør fokusere på ett eller noen få tema slik at "en-persons"-aktiviteter unngås. Øvrig aktivitet bør fases ut, enten ved at ansatte skifter tema eller ved naturlig avgang. Hoveddelen av NTNU sin aktivitet innen biologisk kjemi bør ligge ved Institutt for bioteknologi som allerede har en kjemisk profil.

### ***Universitetet i Bergen***

Biologisk kjemi og medisinalkjemi ved Kjemisk institutt fremstår som noe fragmentert og inkluderer naturstoffkjemi, biofysikalsk kjemi gjennom spektroskopiske studier av biologisk relevante molekyler, og legemiddelkjemi gjennom syntese av legemiddelkandidater. Instituttet har også assosierte medlemmer fra Senter for farmasi som fokuserer på syntese av legemiddelkandidater. Medlemmer i Seksjon for organisk, biofysikalsk og medisinalkjemi samarbeider også med det biomedisinske miljøet om strukturoppklaring av biologisk aktive molekyler ved hjelp av NMR. Deler av aktiviteten innen biologisk og legemiddelkjemi ved instituttet får god evaluering i Hey-Hawkinsrapporten.

### *Spesifikke anbefalinger:*

- Forskningsgruppene som arbeider innenfor den brede definisjonen av biologisk og medisinalkjemi ved instituttet, bør finne felles prosjekter/tema for å ha tilstrekkelig tyngde til å innhente ytterligere ekstern finansiering.

## Biologisk kjemi og medisinalkjemi

- Aktiviteter i legemiddelkjemi bør knyttes opp mot annen virksomhet ved UiB eller mot andre medisinalkjemiske miljøer i Norge for å sikre en gruppe med overkritisk størrelse.
- I en nasjonal arbeidsdeling innenfor biologisk kjemi bør dette instituttet ha fortsatt fokus på naturstoffkjemi rettet mot antioksidanter, herunder fortsatt samarbeid med ansatte ved Senter for farmasi.
- Integrering av naturstoffkjemi, organisk syntese og bruk av spektroskopiske teknikker på biologisk aktive forbindelser i et felles prosjekt burde kunne gi grunnlag for finansiering fra større satsinger.

### ***Universitetet i Tromsø***

Strukturkjemigruppen får meget god evaluering og blir av Hey-Hawkinskomiteen betegnet som ”*excellent*” med en god publisering fra alle medlemmene. Gjennom Nasjonalt senter for strukturbiologi (*NorStruct*) har instituttet et nasjonalt ansvar for sentrale områder innen biologisk kjemi. Tilsvarende har instituttet ansvar for både en lokal og en nasjonal forskerskole innen feltet. Strukturkjemigruppen driver den mest direkte *life science*-forskningen, men biologisk kjemi er også tydelig representert i alle de andre forskningsgruppene (syntese av bioaktive molekyler, biouorganisk kjemi og biomodellering). Gjennom en omorganisering av biologifaget ved UiT (gjennomført etter kjemievalueringen) har instituttet blitt tilført to nye faste vitenskapelige forskere med en bioteknologisk fagbakgrunn, og som ytterligere styrker den biologisk-kjemiske profilen av instituttet. Instituttet er tungt involvert i *MabCent* (Senter for forskningsdrevet innovasjon innen marin bioprospektering) hvor biologisk kjemisk teknologi og forskning, samt organisk syntese, er helt sentrale områder.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- I en nasjonal arbeidsdeling bør dette instituttet fortsatt ha hovedansvar for strukturbiologi i samspill med andre aktuelle fagmiljøer ved universitetene.
- Instituttet bør søke å ytterligere øke samarbeidet internt ved å fremme prosjekter innen biologisk kjemi på tvers av forskningsgruppene og styrke samarbeidet med Institutt for farmasi innen legemiddelkjemi.
- Instituttet har nylig blitt tilført en forskningsgruppe med fokus mot biologiske systemer, som bør utnyttes i de kjemiske problemstillingene.
- Forskningsgruppen i organisk syntese bør ytterligere spisses mot syntese av biologisk relevante molekyler.
- Gruppen bør fortsatt ha fokus på marine problemstillinger

### ***Universitet for miljø og biovitenskap***

Deler av forskningen innen biologisk kjemi ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKMB) ved UMB får god kritikk i rapporten fra Hey-Hawkinskomiteen. Miljøet er lite, og ekstra sårbart ved at aktiviteten er spredt med hensyn på teknologier og tema. Komiteen drar spesielt frem miljøets aktivitet innen MS som en styrke som det kan bygges videre på.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Gruppen som definerer seg innenfor *life science*-kjemi (biologisk kjemi) bør lage en klar strategisk plan for de neste 5-10 neste årene. Planen bør inkludere vurderinger av mulig samarbeid med forskningsgrupper internt ved UMB og eksternt (UiO)
- I den strategiske planen bør det pekes ut et overordnet forskningstema som er felles for gruppen. Gruppen bør se om det er mulig å samles om ett tema (som kjemi rettet mot

lipider) hvor gruppen allerede har aktivitet og hvor man kan få drahjelp fra andre miljøer ved UMB, og som er innenfor institusjonen sine satsingsområder (f. eks. problemstillinger rundt mat og helse, for til land- eller havbruk, biodrivstoff etc.) som da også vil representere fokuset i den nasjonale arbeidsdelingen. Det valgte tema bør være unikt i Norge og bør også inkludere forskningsaktiviteten i organisk syntese og organisk analytisk kjemi.

- Innen en nasjonal arbeidsdeling vil satsing på lipidkjemi fremstå som unikt.
- Gruppen bør sikre en sterkere faglig ledelse.

### ***Universitetet i Stavanger***

Forskningsgruppen innen biologisk kjemi ved UiS får svært god evaluering av Hey-Hawkins-komiteen, og det pekes på at denne gruppen er den mest "biologisk" rettede av alle som har vært omfattet av evalueringen. Fagplanutvalget er også av den oppfatning at forskningsgruppen er mer "biologisk" enn "kjemisk" ved at flere av gruppens faste medlemmer ikke er kjemikere og heller ikke utøver kjemisk forskning. Den interdisiplinære sammensetningen av gruppen er imidlertid kanskje også den styrken som gruppen bør bygge videre på, men fra denne evalueringens utgangspunkt må den kjemiske delen av den molekylærbiologiske aktiviteten dras sterkere inn og tydeliggjøres.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Gruppen bør bygge videre på den internasjonalt, høyt rangerte forskningsaktiviteten innen planterelatert molekylærbiologi.
- Forskningsgruppen bør bygge et sterkere kjemisk miljø rundt den svært suksessrike molekylærbiologiske forskningen.
- I en nasjonal arbeidsdeling innen biologisk kjemi bør instituttet spisse forskningen rundt aktiviteten ved "organelle-sentret".

### ***3.4.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet***

Det kan synes som om den kjemiske forskningen på biologiske systemer (makromolekyler) i Norge ikke er tilstrekkelig knyttet opp mot forskningen på lavmolekylære forbindelser med biologisk aktivitet. Ut fra Hey-Hawkinskomiteens funn er det for få samarbeidsprosjekter mellom forskningsgrupper innen biologisk kjemi og spesielt organisk syntese. Forskning som omfatter syntese av kandidater som legemidler, inhibitorer, metabolitter, etc. vil ha stor nytte av et nærmere samarbeid med kjemikere og andre som studerer de biologiske systemene, og *vice a versa*.

#### *Spesifikke anbefalinger:*

- Det foreslåtte grunnforskningsprogrammet "go kjemi" foreslås å finansiere fremtidsrettet syntetisk organisk kjemi og nanokjemi av høy vitenskapelig kvalitet blant annet rettet mot *life science*-kjemi. Det er ønskelig å koble deler av organisk syntetisk kjemi og nanokjemi sterkere mot biologi og biomedisin. Dette vil også åpne andre, og mer anvendte programmer, i Forskningsrådet for disse fagfeltene. Evalueringsrapporten som omhandlet farmasøytisk forskning i Norge peker også på behovet for forskningsprogrammer med den samme koblingen.

### ***3.4.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer***

På stadig flere områder innen biologi og biomedisin når forskningen en innsikt på molekylært nivå. Dette betyr at kjemisk kompetanse og analyseteknikker får en stadig økende betydning.

## Biologisk kjemi og medisinalkjemi

- Kjemifaget bør gis en større plass i fremtidige satsinger innen bioteknologi og biomedisin. Ett åpenbart eksempel på dette er satsingen innen bioprospektering.



## 3.5 Organisk kjemi

### 3.5.1 Bakgrunn

Mye av bakgrunnen for at organisk kjemi i Norge har en relativt svak stilling ligger i at det ikke eksisterer en industri som kan være drivkraft slik man finner det i andre land. Det er likevel svært viktig å styrke fagområdet generelt og organisk syntese spesielt på grunn av dets viktige roller innen andre fagfelt som er av stor betydning for Norge og som også er definerte nasjonale satsingsområder. Eksempler på dette er farmasi, biomedisin, materialkjemi, nanoteknologi, fornybar energi, og bioprospektering. Fremtidige satsinger innen disse områdene vil være helt avhengig av at Norge besitter en god og solid kompetanse innen syntese, isolering og strukturoppklaring av nye molekyler. Grunnforskningen innen organisk syntese er derfor en uunnværlig forutsetning for godt synlige forsknings-“fyrtårn” og de store strategiske satsingene som oftest og lettest får politisk og annen oppmerksomhet.

Organisk kjemi foregår ved alle universitetene i Norge. Et hvert universitet med et kjemiprogram, og også med utdanning innen farmasi, molekylærbiologi etc., er avhengig av gode lærekrefter i organisk kjemi..

Følgende miljøer med aktiviteter innen organisk kjemi er evaluert av Hey-Hawkinskomiteen:

- UiO, Kjemisk institutt, Forskningsgruppen for syntese og molekylstruktur
- NTNU, Institutt for kjemi, Seksjon for organisk kjemi
- UiB, Kjemisk institutt, Seksjon for organisk, biofysikalsk og medisinalkjemi
- UiT, Institutt for kjemi, Gruppen for organisk kjemi
- UMB, Institutt for kjemi bioteknologi og matvitenskap (IKMB), Gruppen for naturproduktkjemi og organisk analyse
- UiS, Institutt for matematikk og naturvitenskap, Gruppen for kjemi og miljø

Hey-Hawkinskomiteen gir ingen definisjon av begrepet organisk kjemi, men siden den gir en snever definisjon av *life science*, fører det til at bioorganisk og medisinalkjemisk forskning omtales som organisk kjemi. Forskere som kanskje kunne klassifiseres som ”strukturkemikere” er inkludert i organisk kjemi pga forskningsgruppestrukturen ved universitetene i Oslo og Bergen.

To miljøer med et sterkt innslag organisk kjemi som ikke er tatt med fordi de er omtalt i farmasievalueringen er:

- UiO, Farmasøytisk institutt, Forskningsgruppene innen medisinalkjemi og naturproduktkjemi (farmakognosi).
- UiT, Institutt for farmasi, Forskningsgruppen i medisinalkjemi

### 3.5.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen

Hey-Hawkinskomiteen uttrykker bekymring for fagområdet totalt sett i Norge. Komiteen uttaler innledningsvis at organisk kjemi i Norge står svakt i forhold til andre områder i kjemien, og at den mangler internasjonal synlighet og spesialområder med særlig styrke, men dette motsis til en viss grad av omtalen av fagmiljøene senere i rapporten der enkeltmiljøer får til dels meget god evaluering. Komiteen peker på at totalsyntese, som tradisjonelt er et hovedområde for organisk kjemi internasjonalt, er nesten usynlig i Norge, med noen få unntak. Det pekes også på at spesialområder innen organisk kjemi som katalyse og materialkjemi er separert fra organisk kjemi i Norge og at det er lite interaksjon med disse

## Organisk kjemi

områdene. Det påpekes også at interaksjon mellom organisk kjemiske miljøer og biokjemi/biologi jevnt over er mindre enn ønskelig.

Komiteen påpeker følgende problemer i norsk organisk kjemi generelt

- Små forskningsgrupper i forhold til hva som er vanlig i utlandet
- Antall hovedstillinger i organisk kjemi redusert de siste 10 år
- Vanskeligheter med rekruttering av ph.d.-studenter
- Liten finansiell støtte fra industrien noe som blant annet skyldes en relativt liten organisk kjemisk og farmasøytisk industri i Norge.
- Utstyr og laboratorier har ofte uakseptabel kvalitet

Hey-Hawkins-komiteen

- Anbefaler en nasjonal arbeidsdeling mellom de forskjellige lærestedene, eksempelvis at noen miljøer fokuserer på syntesemetodologi, en annen på katalyse og en tredje på biologisk kjemi o.s.v.
- Tar opp muligheten for å bygge ned organisk kjemi enkelte steder til et minimum i forhold til å opprettholde et vitenskapelig miljø og undervisning. Alternativt foreslås det å danne et nasjonalt nettverk eller senter innen syntetisk organisk kjemi.
- Diskuterer muligheten for å rekruttere internasjonalt høyt anerkjente forskere for å styrke organisk syntese utvalgte steder.
- Anbefaler å koble organisk kjemi tettere opp mot tilgrensende forskningsområder
- Er bekymret for finansieringen av forskningen innen organisk kjemi, og uttaler at videre finansiering forutsetter at det utarbeides overbevisende lokale og nasjonale strategier og at det fremmes søknader som baserer seg på samarbeid. Det er avgjørende at man får på plass en slik strategi fordi: *Funding of modern organic chemistry in Norway is, however, essential for the health of chemistry as a whole, as the success of KOSK has shown.*

### ***Universitetet i Oslo***

#### Kjemisk institutt, Forskningsgruppen for syntese og molekylstruktur

Gruppen får god evaluering av Hey-Hawkinskomiteen som påpeker at dette er den mest internasjonalt synlige gruppen i Norge med en fremtidsrettet profil. Komiteen ser positivt på gruppas sammensetning med en kombinasjon av syntetisk organiske kjemikere og spesialister innen strukturkjemi (NMR, røntgen). Komiteen er positiv til gruppens forsøk på å samle seg om problemstillinger med biologisk relevans. Gruppen anbefales å samarbeide tettere med relevante miljøer på Farmasøytisk Institutt i Oslo. Videre styrking av NMR-laboratoriet anbefales også. Det sies at laboratoriet har potensial til å bli et service- og forsknings-senter av nasjonal karakter. Samlokalisering av NMR, MS etc. til et “*analytical centre*” bør vurderes.. På den negative siden nevnes at enkelte i gruppen har lav produktivitet, at det er mindre industrisamarbeid enn ønskelig, at antallet Ph.d. studenter må økes og at infrastrukturen ikke er god nok. Gruppen må utarbeide en klar strategi og har potensial til å bli *det* ledende *life science* organisk kjemiske miljøet i Norge

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

#### Institutt for kjemi, Seksjon for organisk kjemi

Gruppen får en relativt svak evaluering av Hey-Hawkinskomiteen som mener at det er avgjørende at gruppen får et fremtidsrettet vitenskapelig fokus. Det anbefales at gruppen etablerer samarbeid med andre relevante grupper ved NTNU (katalysegruppa nevnes som en mulighet) og at mindre viktige aktiviteter avsluttes. Det påpekes at gruppa mangler klar ledelse og strategi, og at de generelt er lite synlig utad og publiserer i journaler med lav

*impact*-faktor. Det understrekes imidlertid at det forekommer enkeltstående bidrag med høy internasjonal synlighet. Miljøet anbefales å vurdere sin resursbruk nøye. Selv om miljøet trenger en eller to toppforskere som kan forbedre den internasjonale synligheten anbefales ikke ansettelse av nye fast vitenskapelige ansatte før gruppa har utviklet en klar strategi. Gruppen er i dag oppdelt i to undergrupper som sitter i forskjellige bygninger. Laboratoriene i det eldste bygget holder ikke akseptabel standard og er i tillegg tildels tomme. Det anbefales sterkt at gruppen flytter inn i nye laboratorier med basis i en plan for effektiv infrastruktur.

### ***Universitetet i Bergen***

#### Kjemisk institutt, Seksjon for organisk, biofysikalsk og medisinalkjemi

Aktivitetene i gruppa inkluderer organisk syntese (metodeutvikling og syntese av forbindelser med biologisk aktivitet/medisinalkjemi), naturprodukt kjemi og NMR. Gruppen har noe aktivitet innen fagdidaktikk. Deler av gruppa har høy publikasjonsfrekvens, mens andre vurderes som mindre overbevisende. Infrastrukturen er gjennomgående god. Fluens Synthesis AS er en integrert del av virksomheten, noe som vurderes positivt. Gruppens internasjonale kontaktnett og samarbeid er gjennomgående godt, men gruppen mangler en strategisk plan. Evalueringskomiteen anbefaler at det startes et laboratorium for parallellsyntese. Det anbefales et bedre samarbeid med organisk kjemi miljøet ved Institutt for farmasi.

### ***Universitetet i Tromsø***

#### Institutt for kjemi, Gruppen for organisk kjemi

Aktivitetene i gruppa inkluderer organisk syntese (syntesemethodologi og syntese av forbindelser med biologisk aktivitet). I forhold til sin størrelse har gruppen relativt høy aktivitet, men halvparten av gruppen publiserer lite. Lytix Biopharma er en integrert del av virksomheten, noe som vurderes positivt og gruppens strategi og organisering får god evaluering. Gruppen har dårlige lokaler og har til tider hatt liten studentrekruttering. Gruppen er kritisk liten og medlemmenes administrative arbeidsmengde bør reduseres, for at dagens aktiviteter skal kunne styrkes. Det anbefales å styrke de eksisterende aktiviteter heller enn å starte nye. Samarbeid internt på instituttet, spesielt med strukturkjemi, bør styrkes videre og gruppen bør videreutvikle sin strategiske plan.

### ***Universitetet for miljø- og biovitenskap***

#### Institutt for kjemi bioteknologi og matvitenskap (IKMB), Gruppen for naturproduktkjemi og organisk analyse

Aktiviteten innen organisk kjemi er konsentrert om naturprodukter, spesielt lipider, og deres biologiske aktivitet. Gruppen får totalt sett en middels god evaluering. Syntetisk organisk kjemi spiller ingen stor rolle i gruppa. Deler av gruppa (ikke spesifisert fagområde) har lav produktivitet. Det anbefales å videreutvikle gruppas egenart ved et nært samarbeid med andre miljøer ved UMB.

### ***Universitetet i Stavanger***

#### Institutt for matematikk og naturvitenskap, Gruppen for kjemi og miljø

Organisk kjemiske aktiviteter nevnes ikke i evalueringen. Lav produktivitet er et gjennomgående problem i hele gruppen. Evalueringskomiteen gir ingen anbefalinger angående organisk kjemi.

### 3.5.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene

#### Generelle anbefalinger

- Forskningsgruppene innen organisk kjemi bør arbeide for å i større grad inkludere sin forskning i større og mer helhetlige prosjekter innenfor eksempel *life science*-kjemi, materialkjemi, og/eller katalyse for å øke tilgangen på eksterne forskningsmidler utover mulighetene i rene grunnforskningsprogrammer. Det understrekes dog at fagplanutvalget anerkjenner at uten en kontinuerlig satsning på grunnforskning i et basisfag som organisk kjemi, vil grunnlaget for de store satsninger smuldre opp på sikt.
- Der det ikke bryter med de spesifikke anbefalingene gitt til de enkelte institusjonene, anbefales miljøene å styrke samarbeid med tiltak innen marin bioprospektering.
- Anbefalingene fra evaluerings- og fagplanutvalget bør legges til grunn for lokale strategier.
- Ved naturlig avgang vurderes gruppenes størrelse i lys av reelle undervisningsbehov og tilbud gjennom nasjonale forskerskoler/nettverk, samt behov innen høykvalitetsforskning og muligheter for ekstern inntjening.
- Universiteter som har både et kjemisk og et farmasøytisk institutt bør gjøre tiltak for sikre relevant samarbeid mellom beslektede fagområder.
- Hey-Hawkinskomiteen diskuterer muligheten for å rekruttere internasjonalt høyt anerkjente forskere for å styrke organisk syntese utvalgte steder. Det siste har vært forsøkt tidligere (bl. a. i Oslo i etterkant av Weitkampkomiteens innstilling), men har vært lite vellykket hovedsakelig pga de knappe oppstartsressursene institusjonene har mulighet for å stille til rådighet. Fagplanutvalget tror derfor denne anbefalingen er lite realistisk

#### Universitetet i Oslo

Hey-Hawkinskomiteen har fokusert på gruppen for syntese og molekylstruktur (SMS), men det er også enkeltpersoner som arbeider med organisk kjemi innen gruppene for katalyse og kjernekjemi. SMS-gruppen har potensial til å bli landets ledende *life science*-orienterte organisk-kjemiske miljø i følge evalueringen. Gruppen er også utpekt som satsingsområde ved fakultetet. Det planlagte kjemi/*life science*-bygget i Oslo vil bidra til å utvikle denne profilen til høyt internasjonalt nivå.

- I nasjonal arbeidsdeling bør gruppen satse tungt på syntetisk organisk kjemi rettet mot naturproduksyntese, fremstilling av legemiddelkandidater og biologisk aktive molekyler. Samlet sett har miljøene ved Kjemisk institutt og Farmasøytisk institutt har klart størst aktivitet på disse områdene i dag.
- Gruppen må utvikle en klarere strategisk plan der den *life sciences*/organisk kjemiske profilen videreutvikles og hvor samarbeid internt og eller eksternt vurderes. Planen bør sikte helt frem mot et kjemi-*life science* nybygg.
- Det bør ligge til rette for et generelt godt samarbeid om undervisning og instrumentering mellom Kjemisk institutt og Farmasøytisk institutt (begge UiO) og UMB.
- Det vil være naturlig at SMS-gruppen innleder samarbeid knyttet til satsingen innenfor positron-emisjons-tomografi (PET) i Oslo.

#### Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Av de organisk kjemiske miljøene i Norge, kom denne gruppen samlet svakt ut av evalueringen. Det påpekes at gruppen mangler tilstrekkelig klar ledelse og strategi, og at de generelt er lite synlig utad. NTNU er som de andre breddeuniversitetene i Norge avhengig av å ha et tilstrekkelig fagmiljø innen denne grenen av kjemi og en omstilling er nødvendig for å ha et levedyktig og fremtidsrettet organisk kjemi fagmiljø.

## Organisk kjemi

- Gruppen anbefales å utarbeide en faglig strategiplan, med fokus virksomhet som er komplementært til øvrige norske miljøer.
- I en nasjonal arbeidsdeling bør gruppen fokusere på forskningsprosjekter som vil kunne gi synergi med andre miljøer ved NTNU. Samarbeid med kjemisk prosess teknologi og/eller materialkjemi anbefales. Gruppen bør vurdere muligheter for forskning knyttet til NTNU NanoLab. Dette vil kunne gi organisk kjemi ved NTNU en unik profil i norsk sammenheng.
- Antall faste stillinger bør også vurderes nøye i lys av reelle undervisningsbehov og evne til nyorientering og samarbeid. En viss reduksjon i antall fast vitenskapelig ansatte kan være en aktuell løsning.
- Eventuell tilførsel av ressurser må forutsette vilje til omstilling i henhold til strategisk plan.
- Fagmiljøet i organisk kjemi bør samlokaliseres med basis i en plan for en moderne og effektiv infrastruktur.

### ***Universitetet i Bergen***

Seksjonen har forskningsaktiviteter i organisk syntese (hovedsakelig metodologi), naturproduktkjemi, NMR og fagdidaktikk. Det bygges opp noe aktivitet innen legemiddelkjemi ved Senter for Farmasi. Gruppen kommer jevnt over godt ut av evalueringen. Fagplanutvalget gir anbefalinger angående de aktivitetene som naturlig faller inn under begrepet organisk kjemi.

- Gruppen bør utarbeide en strategisk plan hvor samarbeid internt og eksternt vurderes
- Innen rammen av nasjonal arbeidsdeling anbefales det miljøet å fokusere på syntetisk metodologi og teknologi (inklusive *continuous flow*-reaktorsystemer) og naturstoffkjemi der miljøet er sterkt pr i dag, herunder å utvikle et tett samarbeid med kjemikerne ved senter for farmasi.
- Oppbygging av et parallellsynteselaboratorium anbefales under forutsetning av at det er nok interessenter i Norge eller blant utenlandske samarbeidspartnere
- Aktiviteter i legemiddelkjemi bør knyttes opp mot annen virksomhet ved UiB eller mot andre medisinalkjemiske miljøer i Norge for å sikre en gruppe med overkritisk størrelse.

### ***Universitetet i Tromsø***

Gruppen for organisk kjemi ved Institutt for kjemi er liten med hensyn til fast vitenskapelig stillinger, men kommer jevnt over godt ut av evalueringen. Aktivitetene med medisinalkjemisk innretning har god internasjonal synlighet. Den vitenskapelige produktiviteten i gruppen er noe varierende.

- Innen rammen av nasjonal arbeidsdeling og i tråd med rådene fra evalueringskomiteen, anbefales gruppen å prioritere områder der den allerede har veldokumentert suksess, særlig innen forskning på bioaktive peptider og peptidomimetika
- Gruppens størrelse og aktiviteter må sees i sammenheng med tilsvarende aktiviteter ved Institutt for farmasi og samarbeidet mellom de to instituttene innen organisk kjemi bør styrkes.
- Gruppen bør dra fordel av de sterke miljøene i strukturkjemi og teoretisk kjemi ved instituttet.

### ***Universitet for miljø- og biovitenskap***

Gruppe for naturproduktkjemi og organisk analyse ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap arbeider innenfor organisk analyse, organisk syntese and biologiske interaksjoner. Gruppen får totalt sett en middels god evaluering.

## Organisk kjemi

- Gruppen har utpekt lipidkjemi som et satsingsområde, og i lys av nasjonal arbeidsdeling bør gruppen fokusere ytterligere på dette området. Forskningsaktivitetene i organisk kjemi bør knyttes tett opp til annen aktivitet ved UMB.
- Antall faste stillinger i organisk kjemi dimensjoneres i forhold til undervisningsbehov. Det bør ligge til rette for et godt samarbeid om undervisning i organisk kjemi mellom UMB og Kjemisk institutt og Farmasøytisk Institutt ved UiO.

### **Universitetet i Stavanger**

Institutt for matematikk og naturvitenskap, gruppe for kjemi og miljø har begrenset aktivitet i organisk kjemi.

- Forskningsaktivitetene i organisk kjemi bør knyttes tett opp til annen aktivitet ved UiS. Nåværende fokusering på syntese av olje og miljørelaterte standarder synes fornuftig i lys av nasjonal arbeidsdeling.
- Antall faste stillinger i organisk kjemi holdes på et minimum (én stilling) i forhold til undervisningsbehov.

### **3.5.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet**

Høykvalitetsforskning innen syntetisk organisk kjemi er sentralt som grunnlag for innovasjon innen et spekter av viktige fagområder (eksempelvis katalyse, material-/polymervitenskap, medisinalkjemi og bioteknologi). Selv om miljøene sterkt anbefales å orientere seg mot samarbeidsprosjekter f. eks. innen materialkjemi eller *life science* for å bedre sin eksterne inntjening, vil kompetansebyggende organisk-kjemisk forskning være helt avhengig av spesifikk støtte fra Forskningsrådet (grunnforskningsprogram/fri prosjekt) i mange år fremover. Som følge av begrensede forskningsmidler, blir det avgjørende å gjøre tydelige prioriteringer både mht arbeidsfordeling og gruppestørrelse i organisk kjemi (se også anbefalinger til universitetene). Prioriteringene må følges både av universitetene og Forskningsrådet.

- På grunn av den sentrale rollen som organisk syntetisk kjemi har for kjemifaget som helhet, men også mot andre fagfelt, bør det foreslåtte grunnforskningsprogrammet ”Go kjemi” finansierer fremtidsrettet syntetisk organisk kjemi av høy vitenskapelig kvalitet. Fagplanutvalget foreslår spesifikt at finansieringen i programmet rettes mot materialvitenskap og *life science*. Dette vil være et insitament til fornyelse av organisk kjemi i Norge og gjøre forskningsgrupper innen organisk syntese, på sikt, i stand til å hente finansiering også fra de mer anvendte programsatsingene. Det forutsettes at søknadene er basert på strategiske planer for utvikling av fagmiljøene i tråd med nasjonale satsninger.
- For at satsingen innen bioprospektering skal bli mest mulig vellykket, må det trekkes vekslers på den nasjonale kompetansen innen organisk kjemi.
- Investeringer i tung instrumentering/infrastruktur må ta full høyde for at eksisterende instrumentpark blir samtidig fornyet, slik at det eksisterer en bred kompetansebasis for bruk av den mest avanserte metodikken. Det er behov for generell oppgradering av NMR-instrumenteringen i Norge. Den eksisterende basisinstrumenteringen for rutinestudier stammer i hovedsak fra den forskningsrådsfinansierte ”Norgespakken” i 1996.
- Organisk kjemisk forskning er ressurskrevende. Innen rammen av nasjonal arbeidsdeling er det viktig at fagmiljøene gis gode forskningsvilkår når det gjelder midler til mellomtungt utstyr og drift.

### ***3.5.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer***

- Det er ønskelig med økt fokus på langsiktig støtte til grunnforskning innen sentrale fagområder som blant annet organisk kjemi.
- Midler til tungt vitenskapelig utstyr må økes (via Forskningsrådet eller ved direkte bevilgninger til universitetene). De organisk-kjemiske miljøene er avhengige av en snarlig fornyelse av sine NMR, MS og røntgeninstrumenter. Denne instrumentparken er 10 – 20 år gammel de fleste steder.

## **3.6 Anvendt og fysikalsk kjemi**

### **3.6.1 Bakgrunn**

Tradisjonelt er fysikalsk kjemi en av hovedretningene i kjemi. Fysikalsk kjemi innbefatter kvantitative målinger og tolkningen av disse målingene og er av Hey-Hawkinskomiteen delt opp i “*chemical physics*” og “*physical chemistry, per se*”. I det sistnevnte er det inkludert målinger av bulk egenskaper slik som termodynamiske og elektrokjemiske størrelser, absorpsjonsisotemer og reaksjonskinetikk. Disse målingene kan være direkte relatert til industrielle eller miljøprosesser. Kjemisk fysikk på den andre siden defineres som strukturell karakterisering av molekyler og molekylklustere ved bruk av spektroskopiske teknikker og diffraksjon. Ifølge Hey-Hawkinskomiteen ligger hovedvekten i Norge på ren fysikalsk kjemi som i stor grad er fokusert mot industriens behov og ikke på kjemisk fysikk.

Hey-Hawkinskomiteen mener at fagområdet ”kjemisk fysikk” står spesielt svakt i Norge. Fagplanutvalget er enig i at det drives lite metodeforskning innen området i Norge. Derimot foreligger en rekke aktiviteter innen spektroskopi og diffraksjon med godt volum og høy kvalitet, til dels innen mer anvendte områder av kjemien, men det finnes gode anvendte aktiviteter innen andre fagområder, for eksempel katalyse, slik at Fagplanutvalget totalt sett mener at aktiviteten innen ”kjemisk fysikk” (spektroskopiske teknikker, diffraksjon) i Norge er rimelig i forhold til andre fagområder.

De fleste institusjonene i Norge som driver med kjemirelatert forskning har en eller flere aktiviteter rettet inn mot fysikalsk kjemi, men siden få institusjoner har en egen gruppe innen dette feltet er det vanskelig å plassere fysikalsk kjemi i det norske kjemilandskapet. I denne evalueringen har en inkludert følgende fagmiljøer under den noe vide betegnelsen ”anvendt og fysikalsk kjemi”:

- Universitetet i Oslo, Institutt for kjemi: Gruppen for polymerer og organisk materiale og eksperimentaldelen av Gruppen for kvantekjemi, struktur og dynamikk
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for kjemi: Gruppen for fysikalsk kjemi (teoridelen av gruppen er omtalt under (kap 3.2) Teoretisk og beregningskjemi)
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for kjemisk prosess teknologi: Gruppen for kolloid- og polymerkjemi.
- Universitetet i Bergen, Institutt for kjemi: Gruppen for fysikalsk, petroleum og prosesskjemi og deler av gruppen for uorganisk kjemi
- Universitetet i Stavanger, Institutt for matematikk og naturvitenskap: Gruppen for anvendt kjemi og miljø

### **3.6.2. Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteen**

Komiteen konkluderer med at forskningen i fysikalsk kjemi i Norge er drevet av industriens problemstillinger, og er derfor lite fokusert på klassiske områder og laboratoriebaserte temaer av interesse for andre områder innen kjemi. Fysikalsk kjemi i Norge gjenspeiles ikke slik fagområdet sees globalt, og den framtidige retningen på fysikalsk kjemiforskning bør derfor evalueres separat.

#### **Universitetet i Oslo**

Aktiviteten i fysikalsk kjemi/kjemisk fysikk ved Kjemisk institutt utøves i to grupper: Forskningsgruppe for polymerer og organiske materialer og forskningsgruppe for kvantekjemi, struktur og dynamikk. I tillegg kommer brede aktiviteter innen andre forskningsgrupper som



Hey-Hawkinskomiteen har evaluert under andre deler av kjemi. Disse omfatter blant annet faste stoffers termodynamikk og termokjemi, strukturkjemi, innen katalyse og modellering av materialer, overflater og reaksjoner. Inn i dette komplekse landskapet kommer også betydelige aktiviteten innen synkrotron- og nøytronbasert forskning ved UiO.

Omorganiseringen av forskningsgruppe for polymerer og organisk materialer har foreløpig ikke gitt de ønskede resultater og Hey-Hawkinskomiteen ser flere betydelige svakheter ved denne gruppen. Dette går spesielt på dårlig strategisk planlegging, organisering og samarbeid internt på instituttet. Gruppen anbefales å styrke aktiviteten rundt polymerer, ”teksturerte” overflater og geler, og å utvikle samarbeidsrelasjoner med andre grupper på instituttet, for eksempel *self-assembly* mht nanomaterialer og bruk av fastfase NMR.

Den eksperimentelle delen av gruppen for kvantekjemi, struktur og dynamikk får god evaluering og det fremheves at det er god interaksjon mellom teoretisk og eksperimentell aktivitet. Hey-Hawkinskomiteen er imidlertid bekymret for fremtidsutsiktene. Aktivitetene innen mikrobølgespektroskopi og elektrondiffraksjon vil trolig bli nedlagt som følge av naturlig avgang. Hey-Hawkinskomiteen peker på et umiddelbart behov for en strategi for kjemisk fysikk og spektroskopi.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

Aktiviteten i fysikalsk kjemi/kjemisk fysikk ved NTNU utøves i to grupper:

Forskningsgruppe for fysikalsk kjemi ved Institutt for kjemi og gruppen for kolloid- og polymerkjemi ved Institutt for kjemisk prosess teknologi. I tillegg kommer brede aktiviteter innen andre forskningsgrupper som Hey-Hawkinskomiteen har evaluert under andre deler av kjemi.

Aktiviteten i gruppen for fysikalsk kjemi som arbeider med kjemometri og anvendelser av spektroskopi og synkrotron teknikker mot uorganisk kjemi og katalyse er ikke spesielt høy og framstår som lite koordinert. Hey-Hawkinskomiteen mener at dersom denne forskningsgruppen skal øke sin synlighet, må den fokusere sin forskning rundt noen få nye tema, samt å utvide staben til over kritisk størrelse gjerne i samarbeid med NTNU NanoLab. Det er behov for tiltak for å trekke til seg yngre forskere til gruppen. På grunn av stor undervisningsbelastning anbefales instituttet å vurdere om små kurs fortsatt bør gå. Anbefalinger for teorigruppen er gitt under gruppeomtalen i Teoretisk og beregningskjemi (kap 3.2).

Forskningsgruppe for kolloid- og polymerkjemi ved Institutt for kjemisk prosess teknologi har tredelt kjernekompetanse: Råolje teknologi, materialvitenskap/nanoteknologi og polymervitenskap/nanoteknologi. Forskningsgruppen, som ble dannet etter en restrukturering/reorganisering som følge av kjemievalueringen i 1997/98, får meget god evaluering og anbefales å fortsette etter eksisterende kurs. Hey-Hawkinsrapporten anbefaler at det knyttes tettere bånd med papir- og fiberteknologigruppen.

### ***Universitetet i Bergen***

Forskningsgruppe for fysikalsk, petroleum og prosesskjemi ved Kjemisk institutt har to sterke områder, som ikke er kjerneområder i kjemi, og er knyttet til et senter for fremragende forskning, CIPR (*Centre for Integrated Petroleum Research*). Dette har gitt gruppen en utmerket anledning til å styrke petroleumsrelatert fysikalsk-kjemisk forskning. I hovedsak har man konsentrert seg om økt oljeutvinning basert på gruppens ekspertise i termodynamikk av løsninger og overflatekjemi. Evalueringskomiteen anbefaler at en ser på balansen mellom

## Anvendt og fysikalsk kjemi

industriell og fundamental forskning i denne gruppen. En for smal industriell nisje anses også som en mulig ulempe for ph.d.-utdanningen. En strategi for å unngå fragmentering og kontakt med instituttet etterlyses.

Forskningsgruppe for Uorganisk kjemi, nanostrukturer og modellering ved Kjemisk institutt utøver aktiviteter i synkrotronbasert fotoelektron-spektroskopi som inngår i en tverrfaglig strategi. Virksomheten får god evaluering av den internasjonale komiteen. Komiteen uttrykker imidlertid bekymring for bemanningssituasjonen i gruppen, spesielt med tanke på tap av spesifikk kompetanse.

### *Universitetet i Stavanger*

Forskningsgruppen for anvendt kjemi og miljø, ved Institutt for matematikk og naturvitenskap arbeider innen vannbehandling, vannforurensing og korrosjonskjemi. Gruppen får gjennomgående svake evalueringer, selv om de enkeltes CV viser et større potensial. Gruppen har et bredt fokus som dekker mange forskningsområder. Forskningen er veldig anvendt med fokus på industri og publiseringen skjer i større grad i form av eksterne rapporter enn vitenskapelige artikler. Hey-Hawkinskomiteen anbefaler at gruppen utarbeider en klar forskningsstrategi. Det er behov for en klarere ledelse og en prosess for å utarbeide en felles strategi for de 5-10 neste årene.

### **3.6.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene**

Siden fysikalsk kjemi i Norge i større grad enn internasjonalt er knyttet opp til industrielle anvendelser er den generelle standarden på grunnleggende fysikalsk kjemi relativt svak og flere aktiviteter er av underkritisk størrelse. Utvikling av en strategi ved hver institusjon er derfor viktig der strategi må inkludere samarbeid inn mot andre grupper (både innen fysikalsk kjemi og andre tilgrensende felt) for å styrke fysikalsk kjemi i Norge.

Anvendt og fysikalsk kjemi dekkes av fire universiteter: UiO, UiB, NTNU og UiS. Disse dekker i stor grad ulike nisjer, og således bør en (fortsatt) arbeidsdeling med ulike hovedfokus være mulig og tilstrebtes. På de forskningsområder hvor det er overlapp bør det stimuleres til samarbeid på tvers av institusjonsgrensene.

### *Universitetet i Oslo*

Forskningsgruppe for polymerer og organiske materialer anbefales fortsatt å fokusere på landbaserte problemstillinger og med en fundamental angrepsvinkel. Et bedre samarbeid mot materialkjemi og nanoteknologi, legemiddelkjemi og farmasi innen UiO vil gi nye muligheter for faglig dynamikk og ekstern finansiering. Gruppen oppfordres til å koordinere sin satsning mot noen utvalgte enkeltområder. En strategisk plan for forskning må lages.

I forskningsgruppen for kvantekjemi, struktur og dynamikk vil en vesentlig del av staben slutte som følge av naturlig avgang i planperioden. Dette innebærer at UiO snarlig bør utarbeide en strategi for eksperimentell kjemisk fysikk og spektroskopi, herunder vekselvirkning med teoriaktivitetene (CTCC). Planen bør omfatte all kjemisk fysikk og fysikalsk kjemi ved Kjemisk institutt.

Videre anbefales det at fysikalsk kjemi opprettholdes på et høyt nivå som en integrert del av organisk og uorganisk kjemi, og katalyse.

*Spesifikke anbefalinger*

- Det utarbeides en forskningsstrategi innen polymerforskningen med utgangspunkt i gruppens komplementære nasjonale rolle. Denne bør således sikte mot andre anvendelsesområder enn offshore og olje/gass utvinning. Aktiviteten bør underbygge og vekselvirke med andre områder ved UiO, herunder materialkjemi og nanoteknologi, legemiddelkjemi og farmasi.
- Kompetanse og aktivitet innen spektroskopiske metoder for atmosfære og astrokjemi, bør knyttes sterkere opp mot miljøforskning og således styrke denne.
- Forskning knyttet til fast stoff-NMR og Ramanspektroskopi bør konsolideres i samarbeid med SINTEF.
- Synkrotronbasert forskning (hard og myk røntgen) bør gis sterkere fokus. Dette bør tuftes på en ambisiøs strategi som bl.a. omfatter strukturkjemi (inkl. makromolekyler og nærorden), *in situ*-studier av reaksjoner og materialer ved arbeidsbetingelser, overflatestudier.
- Instrumentering og kompetanse innen massespektrometri må opprettholdes og utvidet samarbeid bør etableres mot farmasi og *life science*.

**Universitetet i Bergen**

Gruppen i fysikalsk kjemi - petroleum og prosess arbeider i større grad enn andre grupper med industrielt rettede problemstillinger som økt oljeutvinning, gasshydrater, biodrivstoff og prosessoptimalisering, og dette bør fortsette. Spesielt er samarbeidet med CIPR viktig. Fagområdet kjemometri er nettopp styrket gjennom ansettelse av en førsteamanuensis som skal bidra til å kombinere kjemometri/analytisk kjemi, og er et ledd i å holde denne gruppens kompetanse på et høyt internasjonalt nivå. En bør også søke å utnytte ekspertisen i kjemometri på andre områder ved instituttet, for eksempel i samarbeid med gruppen i uorganisk kjemi.

I gruppen for uorganisk kjemi, nanostrukturer og modellering er det viktig at bredden i forskningsekspertisen opprettholdes for å sikre den tverrfaglige forskningsstrategien.

*Spesifikke anbefalinger*

- Det sterke miljøet innen kjemometri må opprettholdes og videreutvikles.
- Fokuset på petroleumsrelaterte problemstillinger og samarbeidet med CIPR fortsettes og videreutvikles. Dette må likevel ikke forrykke balansen mellom akademisk og anvendt/industriell forskning.
- Fortsette det faglige fokuset på grenseflaten mellom kjemometri og analytisk kjemi.

**Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet**

Faggruppen i fysikalsk kjemi ved Institutt for kjemi består av teoretisk kjemi (omtalt under Teoretisk og beregningskjemi, kap 3.2) og eksperimentell fysikalsk kjemi inkludert kjemometri. Gruppen for eksperimentell fysikalsk kjemi må etablere et tydeligere fokus for sin forskning og må unngå å komme under en subkritisk størrelse. Forskningsaktivitetene er rettet mot katalyse, kjemometri og anvendelse av spektroskopi og synkrotronstråleteknikker. De nevnte to teknikker er i stor grad rettet mot katalyse. Aktiviteten innen katalyse, inklusive anvendelse av spektroskopi og synkrotronstråleteknikker som delvis ligger i miljøgruppen ved instituttet, anbefales knyttet opp mot forskningsaktiviteter ved Institutt for kjemisk prosess teknologi for dermed å skape et mer robust fagmiljø ved NTNU. Kjemometriaktiviteten har allerede gode koblinger mot andre fagområder ved institutt for kjemi, men det anbefales også her et tettere samarbeid med institutt for kjemisk prosess teknologi.

## Anvendt og fysikalsk kjemi

### *Spesifikke anbefalinger*

- Gruppen anbefales å utarbeide en strategisk plan for videre forskning og vurdere hvordan den kan komme over en subkritisk størrelse.
- Gruppen i fysikalsk kjemi ved Institutt for kjemi anbefales å knytte sine aktiviteter innen katalyse, inklusive anvendelse av spektroskopi og synkrotronstråleteknikker opp mot forskningsaktiviteter ved Institutt for kjemisk prosesssteknologi.
- NTNU NanoLab representerer et stort fremtidspotensial for fysikalsk kjemi ved NTNU, noe som gruppen kan utnytte til omstilling mot nye problemstillinger.

Kolloid- og polymergruppen ved Institutt for kjemisk prosesssteknologi har omorganisert seg med suksess etter forrige evalueringsrunde med støtte fra ”Strategisk omstillingsprogram” i regi av Forskningsrådets. Gruppen har kun tre fast vitenskaplige ansatte, og hver av de tre leder sine fagområder innen hhv råoljeteknologi, material- og nanoteknologi rettet mot kolloidkjemi samt polymerkjemi rettet mot biopolymere og medisin. Gruppen har godt samarbeid med industrien og bør arbeide videre innen disse områdene.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Gruppen i kolloidkjemi og polymere ved Institutt for kjemisk prosesssteknologi anbefales å opprettholde og videreføre sin forskning rundt råoljeteknologi, polymer- og materialteknologi.
- Forskningsgruppen vil med fordel kunne samarbeide med en simuleringsgruppe for å styrke kontakten med utviklingen innen teori for komplekse fluider og grensesjikt.
- Det anbefales et nærmere samarbeid med Papir- og fibergruppen, for eksempel innen bioprosessering av lignin og bruk av cellulose som materiale.
- Gruppen har en styrke sin styrke i den eksperimentelle virksomheten og dette kan ytterligere styrkes ved et bedre inngrep med NTNU NanoLab.

## ***Universitetet i Stavanger***

Aktiviteten ved UiS har sine hovedområder mot vannkjemi knyttet mot petroleumsproduksjon og mot landbaserte renselanlegg. Gruppen har et nært samarbeid med industrien. Innen oljerelatert forskning bør fokus rettes ytterligere mot produksjonskjemikalier og relaterte prosesser med fokus på korrosjon, *scale*-dannelse (saltavleiringer), hydratdannelse samt bruk av grønne kjemikalier. Innen renseteknologi bør nedbrytning av kjemiske komponenter i formasjonsvann fra tempererte og arktiske strøk, og rensing av avløpsvann fortsatt være to sentrale områder. Gruppen trenger å styrke sin ledelse og koordinere sin satsning mot større felles enkeltområder.

### *Spesifikke anbefalinger*

- Forskning fokusert mot produksjonskjemi (korrosjon, avleiringer, hydrater) ved oljeutvinning samt vannkvalitet/rensing bør videreføres.
- Styrke ledelse av forskningsområdet.
- Øke publisering i internasjonale tidsskrifter
- Utvikle klar forskningsstrategi for å fokusere på felles forskningsområder.
- Videreutvikle industrisamarbeid.
- Oppgradere instrumenteringen for forskning og forskningsbasert undervisning.

### **3.6.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet**

Anvendt fysikalsk kjemi dekker et bredt område hvor Hey-Hawkinsevalueringen inkluderer 41 vitenskaplige ved de norske institusjonene som er evaluert. I tillegg kategoriseres en rekke vitenskaplige kjemikere under andre fagområder enn kjemi.

Anvendt og fysikalsk kjemi er i stor grad knyttet mot industrielle aktiviteter, og således svært viktig for norsk økonomi. Industrien må ofte tenke kortsiktig økonomi og derved ”matnyttig” forskning noe som medfører at den fundamentale forskningen i stor grad uteblir.

Grunnleggende forskning er imidlertid svært viktig for å frembringe innovative løsninger for norsk industri. Det er derfor viktig at det opprettes programmer som tar for seg denne delen. Et slikt program bør både omfatte rene grunnforskningsprosjekter, men også gi åpninger og insentiver for å involvere industrien til å ta inn grunnforskningselement i sine prosjekter.

I Hey-Hawkinsrapporten ble det også påpekt et behov for at ulike miljø går sammen for å identifisere nye forskningsprioriteringer og målrettede framtidlige aktiviteter. Forskningsrådet bør initiere et slikt tiltak.

Likeledes bør Forskningsrådet ta et initiativ for at forskningsinstitusjonene utarbeider en felles strategi for kjemisk fysikk.

#### *Spesifikk anbefalinger*

- Videreføre insentivprogrammer for samarbeid mellom industri og forskningsinstitusjoner.
- Ta initiativ til at miljøene innen kjemometri går sammen for å identifisere nye forskningsprioriteringer og målrettede framtidlige aktiviteter.
- Ta initiativ til at forskningsinstitusjonene utarbeider en felles strategi for kjemisk fysikk.

### **3.6.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer**

Anvendt og fysikalsk kjemi er i stor grad knyttet mot industrielle aktiviteter, og således svært viktig for norsk økonomi. Svært nye av denne støtten kommer nettopp gjennom industrien – ofte i et kortsiktig perspektiv, noe som medfører at den fundamentale forskningen i stor grad uteblir. Imidlertid er det viktig at grunnleggende forskning går hånd i hånd med den anvendte forskningen. Det anbefales derfor å opprette programmer som tar for seg koblingen mellom grunnleggende forskning og industribasert forskning, med insentiver for industrien å inkludere mer fundamental forskning i sine prosjekter. Dette kan også være med å bidra til at en større andel norske søkere til ph.d.-stillinger.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Stimulere (insentivordninger) for forskningssamarbeid mellom industri og forskningsinstitusjoner.
- Stimulere industrien slik at den lettere kan ansette ph.d.-kandidater

## **3.7 Analytisk kjemi og miljøkjemi**

### **3.7.1 Bakgrunn**

Analytisk kjemi og Miljøkjemi er forskningsfelt ved UiO, NTNU og UMB, samt NILU som er det eneste miljøinstituttet som er med i evalueringen. Aktiviteten innen miljøkjemi (miljøteknologi og vannrensing) ved Universitetet i Stavanger, og fagområdet kjemometri som er knyttet til analytisk kjemi ved Universitetet i Bergen er i denne rapporten plassert under området (6) Anvendt og fysikalsk kjemi.

Forskning i miljøkjemi som del av miljøforskningen utføres også ved mange forskningsinstitutter, for eksempel NILU, Norsk institutt for Vannforskning (NIVA) og SINTEF. Forskningsrådet inviterte en rekke miljøforskingsinstitutter til å delta i evalueringen. Det var kun NILU som ønsket å delta i den internasjonale evalueringen.

Alle universitetene har organisert analytisk kjemi og miljøkjemi i samme faggruppe selv om disse fagområdene prinsipielt er forskjellige i sin natur. Analytisk kjemi er tradisjonelt inndelt i uorganisk analytisk kjemi og organisk analytisk kjemi, med fokus på utvikling av nye kjemiske analysemetoder og kombinasjoner av disse. Dette utgjør en basisvirksomhet for utvikling av en rekke andre fagområder, innenfor og utenfor kjemi, som anvender analyse/måleresultater. Miljøkjemi er historisk sett inndelt i forskjellige områder definert ut fra hvilke miljøgifter som er i fokus dvs uorganiske og organiske miljøgifter samt radioaktivitet. Miljøkjemi utnytter analytisk metoder for å produsere resultater av betydning for konsekvens og risikovurderinger, særlig knyttet til forurensning av miljøet. Ved UiO er organisk analytisk kjemi rettet mot bioanalyse. Ved de øvrige institusjonene er analytisk kjemi i stor grad integrert med miljøkjemi og satt inn i en miljøforskningsmessig sammenheng.

Store deler av miljøforskningen nasjonalt og internasjonalt er grunnleggende avhengig av utvikling innen analytisk kjemi og miljøkjemi hvor innovative metoder kreves for å måle stadig nye stoffer, stadig mer komplekse strukturer og stadig lavere konsentrasjoner i miljøet.

### **3.7.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteen**

Evalueringskomiteen mener at fagområdet miljøkjemi står meget sterkt i Norge med god internasjonal forankring: *”Environmental chemistry is a Norwegian strength...”*. Komiteen påpeker at forskningen er særlig sterk innenfor atmosfæreforskning og studier av kilder/effekter av miljøforurensninger, særlig knyttet til persistent organiske forbindelser og radioaktivitet, mens overvåkingsoppgaver i stor grad overlatt til instituttssektoren.

Analytisk kjemi har fått en relativt god vurdering. Evalueringskomiteen presiserer at faget bør styrkes gjennom utvikling/anvendelse av mer innovative metoder, med unntak av forskningen knyttet til radioaktivitet (UMB) og organiske miljøgifter (NILU) som anses å være innovativ.

Evalueringskomiteen påpeker at alle faggruppene på universitetene er små og bør styrkes personellmessig, også med hensyn på rekruttering, og at det er behov for oppgradering/ utskifting av utstyr innen spesialområder.

Evalueringskomiteen har gitt samlet vurdering av analytisk kjemi og miljøkjemi ved hver institusjon.

### ***Universitetet i Oslo***

#### Kjemisk institutt:

Forskningsgruppen Analytisk kjemi og miljøkjemi inkluderer to grupperinger innen analytisk kjemi, hhv uorganisk analytisk kjemi og organisk analytisk kjemi samt en gruppe innen miljøkjemi. Uorganisk analytisk kjemi er sterk koplet til miljøkjemi, mens forskningsgruppen innen organisk analytisk kjemi har innretning mot farmasi og *life science*. Miljøkjemi-gruppens kompetanse er knyttet til forurensingsproblematikk og tungmetaller, og har en internasjonal virksomhet særlig knyttet til Kina.

Hey-Hawkinskomiteen gir en relativ god vurdering av analytisk og miljøkjemi ved Kjemisk institutt, og vektlegger publiseringsomfanget: ” *It is acknowledged that the group as a whole has been publishing well*”. Komiteen mener imidlertid at publiseringen innen miljøkjemi bør styrkes. Utstysituasjonen er adekvat og tilgang på studenter god. Komiteen er meget bekymret over personalsituasjonen, inkludert aldersfordelingen på det vitenskapelige personalet, og vurderer spesielt miljøkjemigruppen som liten og sårbar. Komiteen anbefaler styrking av faglig strategi og ledelse, samt styrking av personellsituasjonen.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

#### Institutt for kjemi

Faggruppen for Naturmiljø og analytisk kjemi har integrert uorganisk og organisk analytisk kjemi med miljøkjemi, med særlig fokus på forurensning i Arktis. Gruppen har et bredt internasjonalt nettverk og har etablert et internasjonalt masterprogram innen miljøkjemi som skal sikre rekrutteringen av unge forskere i framtiden.

Hey-Hawkinskomiteen gir fagmiljøet en relativ god evaluering, og mener at miljøkjemigruppen er vel integrert, innovativ og internasjonalt synlig selv om publiseringen er svak. Komiteen mener at forskningen relatert til kvikksølv og persistente organiske miljøgifter i Arktis er særlig viktig samfunnsmessig:

*”The focus on specific emerging areas including mercury chemistry in the arctic and the long range transport and pathways of persistent organic pollutants again with a focus on the arctic are important examples of the innovation and search for exciting new avenues”.*

Komiteen mener at gruppen er liten, svakt organisert og gir en klar anbefaling om å styrke gruppen med post doc-stillinger og juniorforskere.

### ***Universitetet for miljø- og biovitenskap***

#### Institutt for plante- og miljøvitenskap

Faggruppen for miljøkjemi omfatter uorganisk analytisk kjemi med klar kopling til radiokjemi gjennom utvikling av nukleære metoder innen analytisk kjemi. Analytisk kjemi og radiokjemi danner basis for miljøkjemi og radioøkologi. Miljøkjemigruppen har et bredt internasjonalt nettverk og har etablert et internasjonalt masterprogram i radioøkologi med basis i analytisk kjemi, radiokjemi og miljøkjemi og en forskerskole hvor analytisk kjemi og miljøkjemi er integrert med økotoksikologi. Tilgang på master- og ph.d.-studenter er meget god.

Komiteen vurderer at forskningsgruppen i miljøkjemi, spesielt i *environmental radioactivity*, er meget sterk, med stor samfunnsmessig relevans: ” *This is the leading Norwegian group and is an important national asset.*” Gruppen omtales også som ” *a small centre of excellence in environmental radioactivity*”. Komiteen mener at gruppen bør styrkes mht personell, utstyr og infrastruktur.

### ***Norsk institutt for luftforskning (NILU)***

#### **Miljøkjemiavdelingen**

Analytisk kjemi ved NILU er godt integrert med miljøkjemi på Miljøkjemiavdelingen. Innenfor organisk analytisk kjemi er fokus særlig rettet mot persistente organiske miljøgifter, mens uorganisk analytisk er særlig knyttet mot metaller som for eksempel kvikksølv. Gruppen har et bredt internasjonalt nettverk.

Hey-Hawkinskomiteen mener at forskningsgruppen i miljøkjemi er faglig meget sterk, særlig innenfor persistent organiske miljøgifter: ”... *occupies a prominent position internationally in persistent and semi-persistent pollutants in the environment*”. Komiteen mener videre at personell og utstyrssituasjonen ved NILU er meget god, i motsetning til situasjonen på universitetene. Det anbefales at NILUs fagkompetanse innen miljøkjemi knyttes nærmere til universitetssystemet, og at NILU bør bidra til utdanning av ph.d.- og masterstudenter.

### ***3.7.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene***

Miljøforskning med basis i analytisk kjemi står generelt sterkt ved universitetene i Norge. Forskningsgruppene er imidlertid små og sårbare. I tråd med Hey-Hawkinskomiteen anbefaler Fagplanutvalget at personellsituasjonen og rekruttering styrkes ved alle universiteter, enten gjennom nytilsetninger eller ved samarbeid på tvers av institusjoner. Det bør utvikles samarbeid innenfor forskning og undervisning som stimulerer til nasjonal arbeidsdeling og til dannelse av nasjonale forskergrupper på tvers av institusjonene innenfor spisse områder av miljøkjemi/analytisk kjemi. Det vil være kostnadseffektivt å utvikle samarbeid knyttet til felt- og/eller laboratorieundervisning. Samtidig må oppgradering, vedlikehold og drift av utstyr sikres over tid på de enkelte institusjoners budsjetter.

Nasjonal arbeidsdeling tilsier at det etableres tette samarbeid innen miljøkjemi/organisk analytisk kjemi (mellom NTNU og NILU) og miljøkjemi/uorganisk analytisk kjemi (mellom UiO og UMB, og eventuelt NILU).

#### ***Universitetet i Oslo***

Analytisk kjemi har fått en rimelig god evaluering, men har likevel et stort forbedringspotensial. I tråd med Evalueringskomiteen, mener Fagplanutvalget at særlig forskningsgruppen i miljøkjemi er liten og sårbare, og bør styrkes om UiO har ambisjoner på dette feltet. Det anbefales at det utvikles en strategisk plan for alle grupperingene med fokus på ledelse, organisering og strategi hvor det også avklares hvordan personellsituasjonen kan styrkes og rekruttering kan forbedres gjennom samarbeid intern og eksternt. Fagplanutvalget vil gi kreditt for utvikling av innovative metoder innen organisk analyse, men i tråd med Evalueringskomiteens generelle uttalelser, har Kjemisk institutt et klart forbedringspotensial med hensyn på innovasjon innen analytisk kjemi og miljøkjemi som helhet.

#### ***Spesifikk anbefalinger***

- Utarbeid en strategisk plan for analytisk kjemi og miljøkjemi, med vekt på faglig ledelse og strategi, klare mål for virksomheten og fokus på samarbeid internt og eksternt både innenfor forskning og undervisning.
- Styrk fagligheten og personellsituasjonen i miljøkjemi enten ved nytilsetninger, ved post docs og/eller ved tett faglig samarbeid med andre institutter enten innenfor UiO (Geologisk institutt) eller med eksterne institusjoner.
- Analytisk organisk kjemi bør videreføre samarbeidet med Farmasøytisk institutt, og bidra til utvikling av organisk analytisk *life science*-forskning.



## Analytisk kjemi og miljøkjemi

- Innenfor analytisk uorganisk kjemi og miljøkjemi bør innovative metoder utvikles. Utvikling av metoder som forskningsmessig er relevant for andre sterke forskningsgrupper ved Kjemisk institutt, for eksempel forskning knyttet til nanopartikler i samarbeid med grupper innen materialkjemi og katalyse.
- Innenfor analytisk uorganisk kjemi og miljøkjemi bør det utvikles et forsknings- og undervisningssamarbeid med UMB.
- Rekrutteringen bør styrkes gjennom post doc-stillinger.

### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

I tråd med Hey-Hawkinskomiteens uttalelser mener fagplanutvalget at miljøkjemigruppen ved Institutt for kjemi er har et stort potensial, spesielt aktiviteten innen kvikksølv og forskning rettet mot Arktis. Gruppen er liten og sårbar, og bør styrkes med hensyn på organisasjon, personell og rekruttering. Det bør etableres samarbeid om forskning og utdanning med andre institusjoner. Miljøforskningen ved NTNU har tradisjonelt vært sterkt knyttet til spormetaller, og denne tradisjonen bør videreutvikles.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Utarbeid en strategisk plan for analytisk kjemi og miljøkjemi, med fokus på organisering, klare mål for virksomheten og satsing på faglig samarbeid med eksterne institusjoner.
- Miljøforskningen ved NTNU har tradisjonelt vært sterkt knyttet til spormetaller. Gruppen bør styrke denne virksomheten i fremtiden.
- Personellsituasjonen bør styrkes ved utvikling av samarbeid med eksterne institusjoner, for eksempel samarbeid med NILU innen persistente organiske miljøgifter og med UMB innen sporelementer.
- Det internasjonale masterprogrammet bør opprettholdes
- Rekrutteringen bør styrkes gjennom post doc-ordninger.

### ***Universitetet for miljø- og biovitenskap***

I tråd med evalueringskomiteen uttalelser mener fagplanutvalget at miljøkjemigruppen ved Institutt for plante og miljøvitenskap er faglig sterk og at innovative metoder benyttes, spesielt innenfor ”*environmental radioactivity*”. Forskningsgruppen er imidlertid liten og sårbar, og gruppen bør styrkes med hensyn på personell og rekruttering, infrastruktur og utstyrinvesteringer, i tråd med evalueringskomiteens anbefalinger. Kjemi ved UMB er også delt mellom to institutter, og organiseringen av kjemi internt på UMB bør styrkes.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- ”*Environmental radioactivity*” bør videreutvikles på den internasjonale arenaen, med særlig vekt på videreutvikling av innovative metoder.
- Det må sikres at laboratorier holder en akseptabel standard og at instrumenter oppgraderes.
- Personellsituasjonen bør styrkes ved nyttilsetning (1 vitenskapelig stilling) og utvikling av samarbeid med eksterne institusjoner, for eksempel samarbeid med UiO eller NTNU vedrørende uorganisk analytisk kjemi og sporelementforskning, og eventuelt med NILU innen forskning hvor alle miljøgifter samles (*multiple stressors*: metaller, organiske forbindelser, radioaktivitet).
- Det internasjonale masterprogrammet og forskerskolen bør opprettholdes med et sterkere innslag av miljøkjemi og analytisk kjemi.
- Rekrutteringen bør styrkes gjennom post doc-ordninger.
- Organiseringen av kjemi ved UMB bør styrkes

### ***Norsk institutt for luftforskning***

I tråd med evalueringskomiteens vurderinger mener fagplanutvalget at virksomhetene i miljøkjemi/analytisk kjemi, særlig innen organiske miljøgifter ved NILU er meget sterk og innovativ. Kompetansen ved NILU bør nyttiggjøres ved universitetene både med hensyn på forskning og undervisning. Fagplanutvalget mener at det bør opprettes II'er-stillinger på relevante universiteter slik at NILUs kompetanse kan benyttes både til ph.d.- og masterutdanningen.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Miljøkjemi ved NILU bør etablere strategisk samarbeid med relevante universiteter, noe som både kan supplere eller komplimentere NILUs kompetanse innenfor spesifikke områder, og hvor NILUs kompetanse kan nyttiggjøres innen forskning og undervisning.
- NILU bør sikre at grunnforskningskomponenten inkluderes i anvendte prosjekter.
- NILU bør utvikle samarbeid med NTNU relatert til persistente organiske miljøgifter og kvikksølv rettet mot Arktis, og eventuelt med UMB rettet mot spormetaller og radioaktivitet slik at alle miljøgifter dekkes innenfor et *multiple stressor*-konsept.

### ***Universitetet i Bergen***

#### Kjemisk institutt

Ved UiB har kjemometri tradisjonelt vært knyttet til analytisk kjemi. På grunn av naturlig avgang ble ikke dette feltet tatt med i evalueringen. Imidlertid er stillingen besatt i henhold til en klar strategi om å opprettholde faget på skjæringsflaten kjemometri-analytisk kjemi, noe som er i tråd med Evalueringskomiteen anbefalinger (kfr. området Anvendt og fysikalsk kjemi, kap. 3.6). Forskergruppen deltar for øvrig i EU- programmer som er direkte relevant for analytisk kjemi.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Institusjonen bør utarbeide en strategisk plan for faget på skjæringsflaten kjemometri-analytisk kjemi, med fokus på samarbeid internt ved UiB og eksternt med andre universiteter.
- Kjemometri knyttet til analytisk kjemi bør bli et verktøy som også kan nyttiggjøres av andre analytiske miljøer ved etablering av en "virtuell" nasjonal forskergruppe.

### ***3.7.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet***

Det faglige nivået innen miljøkjemi i Norge er meget godt og institusjonene har gode internasjonale nettverk. Forskningsrådet må sikre videreutvikling av miljøkjemifeltet, hvor Norge nå har et godt renommé. Samtidig er høy kompetanse i analytisk kjemi og utvikling av innovative metoder grunnleggende for videreutvikling av miljøkjemi og store deler av miljøforskningen nasjonalt og internasjonalt. Miljø 2015 bør derfor ha en betydelig større grunnforskningsprofil som sikrer utvikling og implementering av *state-of-the-art* avansert teknologi. Fagmiljøene er små og sårbare, og må styrkes gjennom rekruttering av blant annet post doc-stillinger ved alle universitetene. Insentiver som bidrar til etablering av "virtuelle" nasjonale forskergrupper innenfor spisse områder av miljøkjemi og til nasjonal arbeidsdeling bør iverksettes. Forskningsrådet bør også stimulere samarbeid innen forskning og undervisning mellom "miljøinstituttene" og Universitetene. Faglig utvikling vil også være avhengig en oppgradering av utstyrsparken, samt tilgang på avansert utstyr internasjonalt for eksempel synkrotroner og akselerator massespektrometre som ikke finnes i Norge.

### ***3.7.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer***

For at Norge skal opprettholde sin posisjon nasjonalt og internasjonalt innen viktige satsingsområder av samfunnsmessig betydning som miljø og forurensning (for eksempel EUs vanndirektiv) må det sikres at det vi har nasjonal kompetanse i miljøkjemi og analytisk kjemi som basisaktivitet for virksomheten. All vesentlig miljøforskning er basert på utvikling av innovative metoder innen analytisk kjemi og miljøkjemi, eksperimentelt arbeid og feltarbeid. Eksperimentell virksomhet og feltarbeid er imidlertid kostbart, og innovative metoder krever oppdatert instrumentpark. Dette tilsier at finansieringssystemet også må ta høyde for dette, direkte til universitetene gjennom finansiering av studieplasser innen eksperimentelle naturvitenskapelig fag, og indirekte via forskningsrådet til oppgradering av instrumentpark. I tråd med Evalueringskomiteens uttalelse mener fagplanutvalget generelt at årsaken til at forskningen er lite innovativ kan delvis tilskrives manglende avansert utstyr i Norge, sammenlignet med andre land i Skandinavia og EU. For å sikre rekruttering, bør stipendordninger i økende grad vris fra ph.d.- til 3-årig post doc-stipendier.

## 3.8 Kjernekjemi/Radiokjemi

### 3.8.1 Bakgrunn

Det er i dag kun to universiteter som har forskning og undervisning i kjernekjemi/radiokjemi i Norge: UiO og UMB. Tidligere ble forskning i radiokjemi/kjernekjemi også utført ved UiB og NTNU, men denne virksomheten er i stor grad opphørt.

Forskning innen kjernekjemi og radiokjemi utføres også ved Institutt for Energiteknikk (IFE) på Kjeller og i Halden, spesielt knyttet til reaktorvirksomhet og områdeovervåking. Virksomheten ved IFE supplerer til en viss grad virksomhetene ved UiO og UMB og er en viktig arbeidsplass for uteksaminerte kandidater. IFE avsto imidlertid invitasjonen fra Forskningsrådet om å delta i den internasjonale evalueringen.

Historisk sett ble faget opprettet ved UiO som et gaveprofessorat til professor AC Pappas i 1959. Fokuset for forskningsgruppen har vært kjernekjemi med grenseflate mot kjernefysikk, med bred internasjonal kontakt spesielt mot CERN og forskningsmiljøer i Tyskland og USA (supertunge elementer), og med omfattende anvendelser mot miljø og medisin/farmasi. Forskningsgruppen har de siste 10 år blitt redusert i omfang, omorganisert og utgjør i dag sammen med kjernefysikk senteret SAFE for drift og bruk av syklotronen til forskning, spesielt til produksjon av isotoper, spesielt rettet mot farmasøytiske/medisinske anvendelser (PET). UiO har en suksessrik historie med utvikling av alfa-emittere til kreftbehandling (Algeta). I tillegg er forskning knyttet til supertunge elementer opprettholdt.

Isotoplaboratoriet ved UMB ble opprettet i 1952 for å anvende radionuklider i landbruksforskning, som følge av installeringen av den første reaktoren Jeep I på Kjeller. Radiokjemi ved UMB har blitt bygget opp de siste 20 år og har forsterket grenseflaten mellom analytisk kjemi, miljøkjemi, økotoksikologi og radioøkologi med relevans for nasjonal beredskap. UMB har opprettet et EU finansiert internasjonalt Master program i radioøkologi og har opprettet en Forskerskole hvor radiokjemi/radioøkologi er rettet mot økotoksikologi. Nukleære teknikker er en integrert del av analytiske verktøy og hvor ikke-nukleær teknologi slik som elektronmikroskopi, massespektrometri og synkrotronbaserte teknikker benyttet innenfor radiokjemi/radioøkologi gjennom tilgang til avanserte fasiliteter i andre land.

### 3.8.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen

Hey-Hawkins omtaler kun UiO under kjernekjemi (*nuclear chemistry*). Evalueringskomiteen begrunner gruppens nasjonale rolle ut fra potensialet knyttet til utvikling av radioaktive farmasøytiske produkter (bl.a. PET) og potensialet som thoriumforekomstene i Fenområdet i Telemark kan representere for en ny ære knyttet til atomenergi

Hey-Hawkinskomiteen sier at UMB representerer "*the only centre for environmental radioactivity in Norway*" og komiteen vektlegger behovet for nasjonal kompetanse og rekruttering på feltet særlig knyttet til trusler fra gamle og nye nukleære kilder. Det er litt uklart hva som legges i dette begrepet, men det er rimelig å anta at begrepet dekker radiokjemi/radioøkologi. Hey-Hawkinskomiteen ser derved ikke kjernekjemi ved UiO og radiokjemi ved UMB i sammenheng, noe som imidlertid gjøres i oppfølgingsarbeidet.

Hey-Hawkinsrapporten er i hovedsak positiv når det gjelder kjernekjemi og spesielt positiv når det gjelder "*environmental radioactivity*". Begge gruppene beskrives som små og sårbare,

men som har viktige nasjonale oppgaver. En rekke tiltak særlig knyttet til personell og infrastruktur er foreslått.

### ***Universitetet i Oslo***

#### **SAFE**

Forskningsgruppen får rimelig god evaluering. Forskningen knyttet til supertunge elementer vurderes som sterk internasjonalt, og gruppen ansees å være verdensledende innen området “*recoil transfer chamber technology*” som brukes for å produsere supertunge elementer. Imidlertid er Hey-Hawkinskomiteen lite imponert over forskningsproduksjonen og påpeker at gruppen er liten. På den annen side er komiteen imponert over tilgjengelig utstyr, spesielt innen positron-emisjons-tomografi (PET), men påpeker at PET-aktiviteten i liten grad utføres ved UiO. Komiteen ser et stort potensial i fremtidig forskning knyttet til PET og nukleær medisin, som er et felt av stor samfunnsmessig betydning, men er i denne sammenheng bekymret over mangel på personell knyttet til PET-aktiviteten. Komiteen anbefaler spesielt samarbeid med organisk og uorganisk molekylær syntese internt ved UiO, styrking av teknisk og faglig personell og styrking av infrastruktur.

### ***Universitetet for miljø- og biovitenskap***

#### **Institutt for plante- og miljøvitenskap, Isotoplaboratoriet**

Hey-Hawkinskomiteen vurderer forskningen innenfor *environmental radioactivity* ved IPM som meget sterk, omtaler gruppen som “*a small centre of excellence in environmental radioactivity*” og sier at “*The group has excellent international collaborative links*”. Komiteen anser også at metoder anvendt i radiokjemi ved UMB som innovative. De vektlegger også at det er feltet har stort samfunnsmessig betydning. Komiteen er bekymret over gruppens størrelse, og anbefaler styrking av personell, infrastruktur inkludert instrumenter, samt personell: *The overall upgrading of facilities and appointment of new staff to this group is therefore a high priority given the unique status of this research group for national capability in environmental radioactivity.*”

### ***3.8.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene***

Kompetanse i grunnleggende kjernekjemi og radiokjemi er en forutsetning for alle nukleære og radiologiske virksomheter og anvendelser i Norge. Da det foreligger en rekke nukleære kilder i eget land og i andre land omkring oss, og pga økt satsing på kjerneenergi internasjonalt er det vesentlig å opprettholde nasjonal kompetanse og rekruttering på feltet også av beredskapsmessig hensyn. Samtidig er kjernekjemi/radiokjemi en vesentlig forutsetning for utvikling av andre viktige nukleære virksomheter som nukleær medisin/farmasi. Kjernekjemi ved UiO har, som det eneste nukleære grunnforskingsmiljøet i Norge, et stort potensial for fremtidig forskning knyttet til PET og nukleær medisin, som er et felt av stor samfunnsmessig betydning. Radiokjemi ved UMB har, som det eneste grunnforskingsmiljøet i Norge, et sterkt faglig miljø med fokus på radioøkologi og radioaktiv forurensning, med stor beredskapsmessig og samfunnsmessig betydning. Miljøene er imidlertid små og samarbeid på tvers av institusjonene både mht forskning og undervisning bør stimuleres for å utvikle robuste forskningsmiljøer og rekruttering. For at forskningen fortsatt skal være innovativ, er det viktig å sikre tilgang i utlandet på avansert utstyr som ikke finnes i Norge.

Nasjonal arbeidsdeling tilsier at UiO tar ansvar for kjernekjemi inklusivt medisinske anvendelser og UMB tar ansvar for radiokjemi inklusivt radioøkologi. Imidlertid vil

radiokjemi og radiokjemiske separasjoner være en viktig del av PET forskningen ved UiO og forskning knyttet til eksotiske nuklider vil utføres ved UMB.

Fagmiljøene ved både UiO og UMB er små, men har viktige samfunnsmessige oppgaver. Evalueringskomiteen anbefaler styrking av personellsituasjonen og infrastruktur ved begge institusjonene. Dette tilsier i alle fall at et samarbeid vil bidra til felles, og nasjonalt, mer robuste miljøer, av betydning for utvikling av nukleær medisin og utvikling av norsk beredskap, inkl radioaktiv forurensning og strålevern for mennesker og miljø. Samarbeidet bør omfatte både forskning og undervisning inkludert post doc-stillinger og ph.d.-studenter for å stimulere til supplerende virksomheter, rekruttering og til felles kosteffektiv utnyttelse av nukleært utstyr.

### ***Universitetet i Oslo***

Forskningen i kjernekjemi har de siste årene blitt dreid mot nukleære medisinske anvendelser og i tråd med Evalueringskomiteens uttalelser mener fagplanutvalget at dette feltet har et stort fremtidig potensial. Det er derfor nødvendig at UiO sikrer at syklotronen vil være i drift over tid. Videre er det viktig at forskning knyttet til mer grunnleggende kjernekjemiske problemstillinger kan opprettholdes over tid. Publiseringsevne bør stimuleres. Det bør utarbeides en strategisk plan som omfatter organisering, personellbehov, infrastrukturbehov samt internt og eksternt samarbeid

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Nasjonal arbeidsdeling tilsier at UiO tar ansvar for kjernekjemi inklusivt medisinske anvendelser.
- Lag en strategiplan for forskningen innen realistiske rammer og prioriter ulike aktiviteter i lys av sannsynlige finansieringsscenarier. Dette inkluderer en plan for personell, rekruttering og infrastruktur. Fokusering er påkrevd for å redusere sårbarheten ved SAFE.
- Styrk forskningen mot nukleære områder hvor gruppen har faglig tyngde (supertunge elementer).
- Styrk PET forskningen mot medisinske anvendelse. Dette kan innebære økt samarbeid internt på UiO innen organisk og uorganisk molekylær syntese eller eksternt. UiO bør se PET forskningen som en del av sin *life science*-satsing.
- Øk publiseringsevnen.
- Det bør utvikles et samarbeid med UMB innen undervisning og forskning.

### ***Universitetet for miljø- og biovitenskap***

I tråd med Evalueringskomiteens uttalelser mener fagplanutvalget at forskningen ved UMB er meget sterk. Denne virksomheten bør ytterligere styrkes internasjonalt. Gruppen må styrkes med hensyn på personell, rekruttering og infrastruktur inkludert utstyr. Det bør utvikles et samarbeid med UiO innenfor forskning og undervisning.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Nasjonal arbeidsdeling tilsier at UMB tar ansvar for radiokjemi, spesielt rettet mot radioøkologi
- Forskningsfeltet radiokjemi med fokus på radioøkologi og biologiske systemer bør videreutvikles på den internasjonale arena, med særlig fokus på innovative metoder.
- Det må sikres at laboratorier holder en akseptabel standard med adekvat instrumentering.
- Gruppen bør styrkes personellmessig (1 vitenskapelig stilling) for å sikre rekruttering på feltet fremover.
- Det internasjonale masterprogrammet og forskerskolen bør videreutvikles

- Organisering av kjemifaget på UMB bør strykes
- Det bør utvikles samarbeid med UiO innen undervisning og forskning.

### ***3.8.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet***

Forskningsrådet iverksatte et dedikert forskningsprogram knyttet til radioaktivitet tidlig på 1990-tallet, og Norge har gjennom mange år aktivt deltatt i EUs Strålevernprogram. Radioaktivitet inngår nå i MILJØ2015, og erfaringen tilsier at radioaktivitet ikke prioriteres. Den nasjonale forskningsaktiviteten på feltet har derfor hatt en dramatisk nedgang. For å sikre nasjonal kompetanse innen grunnleggende og anvendt radiokjemi rettet mot nasjonal beredskap og potensiell radioaktiv forurensning av norske territorier bør feltet prioriteres innenfor MILJØ2015. For å sikre utvikling og anvendelse av nukleær teknologi innen medisin og farmasi kjemi bør dette temaet inkluderes i Forskningsrådets medisinske/farmasøytiske programmer eller finansieres gjennom virkemidler for bioteknologi/medisinsk teknologi. Forskningsrådet bør ha fokus på post doc stillinger som skal bidra til rekruttering innenfor kjernekjemi og radiokjemi.

#### *Spesifikke anbefalinger*

- Prioriter radioaktivitet innenfor MILJØ2015
- Inkludere nukleær medisin/farmasi i eksisterende programmer
- Styrke post doc-stillinger innen programmene for å styrke rekruttering

### ***3.8.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer***

Norsk kompetanse innenfor kjernekjemi/radiokjemi og radioøkologi er grunnleggende viktig for norsk og internasjonal atomberedskap, konsekvens- og risiko vurderinger samt iverksettelse tiltak, noe som ikke minst ble demonstrert etter Tsjernobyl-ulykken. Vi er omgitt av mange store nukleære og radiologiske kilder (kfr Kriseutvalget trusselvurdering) og kjerneenergi aktualiseres internasjonalt som følge av global etterspørsel etter CO<sub>2</sub>-frie energikilder. Radioaktivitet vil fra sommeren 2010 inkluderes i Forurensningsloven og radioaktivt avfall fra ikke-nukleær industri representerer også en utfordring. Samtidig vil moderne metoder innen nukleær medisin og farmasi, spesielt bruk av syklotron- og PT-teknologi, og utvikling av andre nukleære teknologier forutsette grunnleggende god kompetanse i kjernekjemi/radiokjemi. Fagområdet kjernekjemi/radiokjemi er derfor relevant for mange politikkområder. For at Norge skal opprettholde kompetanse og sikre rekruttering innenfor mange viktige samfunnsmessige områder bør stimuleringstiltak iverksettes for å fremme samarbeid på tvers av institusjoner (UiO og UMB) både innenfor forskning og forskningsbasert undervisning (studiefinansieringssystemet hemmer institusjonssamarbeid) for å sikre at Norge har et nasjonalt levedyktig kjemibasert nukleært fagmiljø i fremtiden.

## **3.9 Kjemisk prosesssteknologi**

### **3.9.1 Bakgrunn**

Det er her tatt med tre grupper fra Institutt for kjemisk prosesssteknologi (IKP) ved NTNU:

- Gruppe for Miljø- og reaktorteknologi (sammenslått av gruppene for reaktorteknologi og separasjonsteknologi)
- Gruppe for Papir- og fiberteknologi
- Gruppe for Prosess-systemteknikk

Hey-Hawkins-komiteen evaluerer "*Applied Chemistry and Chemical Engineering*" under ett. Fagplanutvalget behandler "*Applied Chemistry*" under "Anvendt og fysikalsk kjemi". Denne flyttingen gjelder blant annet deler av aktiviteten i Avdeling for fysikalsk, petroleum og prosesskjemi ved Kjemisk institutt, UiB.

For NTNU behandles IKPs gruppe for kolloid- og polymerkjemi (Ugelstadlaboratoriet) som del av "Anvendt og fysikalsk kjemi" (kap 3.6) mens katalysegruppen behandles som del av "Katalyse" (kap 3.3).

Gruppen for miljø- og reaktorteknologi ved IKP er opprettet etter Hey-Hawkinsevalueringen som en sammenslåing av gruppene for reaktorteknologi og separasjonsteknologi. Fokuset i den sammenslåtte gruppen er rettet mot kjemisk absorpsjon og membraner, spesielt knyttet til CO<sub>2</sub>-fangst. Innen CO<sub>2</sub>-fangst finnes parallelle aktiviteter i Norge, spesielt innen SINTEF (ikke evaluert) som gruppen har tett kontakt med. Videre har Høgskolen i Telemark en del aktivitet innen området.

Gruppen for papir- og fiberteknologi ved NTNU er den eneste gruppe i Norge som har aktiviteter knyttet til både forskning og undervisning på feltet.

Aktiviteten i gruppen for prosess-systemteknikk er rettet mot modellering, simulering, optimalisering og regulering av prosesser. Her finnes det parallelle aktiviteter i prosessregulering ved Institutt for teknisk kybernetikk, NTNU og ved Høgskolen i Telemark, men disse har vært evaluert i forbindelse med ingeniørfagene (i 2004).

### **3.9.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomitéen**

Hey-Hawkinskomiteen uttrykker seg i hovedsak meget positivt når det gjelder de fleste fagmiljøene innen kjemisk prosesssteknologi, både med hensyn til god tilgang på forskningsmidler, vitenskapelig produksjon, internasjonalt samarbeid og relevante forskningstema. Gruppen for papir- og fiberteknologi får imidlertid en relativt svak evaluering når det gjelder vitenskapelig kvalitet og produktivitet. Hovedkonklusjonen fra komiteen er at Institutt for kjemisk prosesssteknologi bør fortsette etter den kursen som er staket ut. For flere av fagområdene påpekes det imidlertid at det er enkeltforskere som har få doktorgradsstipendiater og som er lite aktive med publisering.

Komiteen er meget positiv til satsningen innen CO<sub>2</sub>-fjerning (gruppe for miljø- og reaktorteknologi) og fremhever spesielt at det tette SINTEF-samarbeidet er nødvendig for den eksperimentelle virksomheten, men uttrykker samtidig bekymring for at en for sterk SINTEF-kobling kan virke hemmende på den vitenskapelige produksjonen.



## Kjemisk prosesssteknologi

Komiteen anbefaler videre etablering av et internt samarbeid mellom membrangruppa og katalysegruppa for utvikling av karbon-nanorør og mellom membrangruppa og krystallisasjonsgruppa innen membranassistert krystallisasjon.

Gruppen for prosess-systemteknikk anbefales å revitalisere forskningen innen prosess-syntese og det anbefales at neste ansettelse innenfor gruppen kommer innen dette området.

Gruppen for prosess-systemteknikk anbefales videre å revitalisere samarbeidet innenfor det tidligere styrkeområdet i prosess-systemteknikk (PROST) ved NTNU/SINTEF.

Komiteen foreslår et bedre samarbeid mellom institutt for kjemisk prosesssteknologi og institutt for bioteknologi ved NTNU innen prosessorienterte områder (i tillegg til samarbeidet som allerede er etablert innen systembiologi).

På grunn av den begrensede størrelsen, anbefales det at gruppen for papir- og fiberteknologi videreutvikler sin aktivitet ved samarbeid med andre grupper. Det anbefales spesielt at gruppen utvikler nye samarbeidsprosjekter innen bioenergi. Under omtalen av Kolloid- og polymergruppen ved IKP foreslås det også et nærmere internt samarbeid med denne gruppen. Gruppen anbefales å øke antallet publikasjoner spesielt i mer *high impact*-journaler da dette fagområdet tradisjonelt publiserer i spesifikke journaler med lav *impact*.

### **3.9.3 Fagplanutvalgets anbefalinger til institusjonene**

#### Nasjonal arbeidsdeling:

- Det er allerede en nasjonal arbeidsdeling innen dette fagområdet ved at det er få andre fagmiljøer i Norge utenom NTNU som har tilsvarende eller konkurrerende aktiviteter.
- Innen CO<sub>2</sub>-fangst-området finnes det aktiviteter flere andre steder, for eksempel ved andre fagmiljøer ved NTNU, Høgskolen i Telemark, Universitetet i Stavanger og Universitetet i Bergen (men dette er fagmiljøer som ikke er omfattet av kjemievalueringen). I dagens situasjon er det imidlertid ikke mangel på økonomiske midler til dette fagområdet så forutsatt at det er godt samarbeid med utveksling av fagfolk mellom fagmiljøene ser ikke fagutvalget dette som noe problem.
- Innen krystallisasjon, som er et viktig fagområde internasjonalt, finnes det ikke tilsvarende aktivitet andre steder i Norge.
- Innen prosess-systemteknikk finnes det tilsvarende aktiviteter innen prosessregulering (Institutt for teknisk kybernetikk, NTNU; Institutt for elektro, IT og kybernetikk ved Høgskolen i Telemark) og innen design og prosessoptimalisering (Institutt for energi- og prosesssteknikk, NTNU). Med Norges sterke prosessindustri ser det ut til å være plass og midler til alle disse miljøene. Miljøene har allerede et utstrakt samarbeid, men det bør forsterkes, for eksempel ved å revitalisere det tidligere PROST-styrkeområdet som omfattet alle disse fagområdene. Det bør også vurderes å inkludere Telemarksmiljøet i et slikt samarbeid.

#### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

Fagplanutvalget støtter hovedkonklusjonen fra Hey-Hawkinskomiteen om at Institutt for kjemisk prosesssteknologi skal fortsette på den kursen som er staket ut. De anvendte prosjektene er allerede betydelige gjennom samarbeidet med SINTEF, men det er generelt et behov for å styrke den grunnleggende teknologiske forskningen. Den nyopprettede stillingen i systembiologi gir instituttet en mulighet til å bedre koblingen mot biologi og bioteknologi og det bør også vurderes et nærmere samarbeid innen prosessorienterte områder. Hey-Hawkins-

komiteen anbefaler også at gruppen for prosess-systemteknikk revitaliserer forskningen innen prosess-syntese og at neste ansettelse innenfor gruppen kommer innen dette området. Her er den internasjonale komiteen sannsynligvis ikke klar over at aktivitet innen prosess-syntese allerede finnes både i gruppen for reaktor- og separasjonsteknologi og ved Institutt for prosess- og energiteknikk (NTNU). Et bedre internt samarbeid ved NTNU må derfor vurderes først.

### *Spesifikke anbefalinger*

#### Gruppe for papir og fiberteknologi

- Gruppen videreutvikler sine aktiviteter i samarbeid med andre grupper, internt og eksternt.
- Det anbefales å videreføre satsningene mot 1) bioenergi og 2) bruk av cellulose som materiale. I den sammenheng kan en mulighet være å knytte til seg internasjonale fagpersoner som professor II.
- En ny aktivitet innen biokjemiteknikk i gruppen bør vurderes som er svar på Hey-Hawkinskomiteens forslag om et bedre samarbeid med institutt for bioteknologi innen prosessorienterte fagområder.
- I tillegg til samarbeidet med Papir- og Fiberinstituttet (PFI) som de er samlokalisert med, bør det etableres et tettere samarbeid med andre universitetsmiljøer; både internt på instituttet (for eksempel med kolloidgruppa), internt på NTNU (for eksempel med Institutt for bioteknologi, Institutt for kjemi og Institutt for energi- og prosesssteknikk) og med andre universitetsmiljøer i Norge og utlandet.
- Antallet og andelen av publikasjoner i internasjonalt ledende tidsskrifter må økes.

#### Gruppe for reaktor- og separasjonsteknologi

- Styrke og videreutvikle forskningen relatert til CO<sub>2</sub>-fangst og membranteknologi spesielt rettet mot CO<sub>2</sub>-fangst. I denne sammenheng er det meget positivt at en ny stilling i absorpsjonsprosesser for CO<sub>2</sub> er under besettelse.
- Styrke den grunnleggende teknologiske forskningen ved blant annet å etablere tettere samarbeid med grunnleggende forskningsmiljøer ved NTNU, for eksempel innen beregningskjemi, organisk kjemi og/eller nanoteknologi.
- Krystallasjonsgruppen bør styrke samarbeidet med andre aktiviteter ved instituttet og fokusere videre mot applikasjoner med gode finansieringsutsikter. Aktivitetene innen bruk av krystallasjon for CO<sub>2</sub>-fangst mot "scaling" ved ilandføring av olje og gass bør videreføres. Her ligger det også til rette for samarbeid med andre fagmiljøer, inkludert miljøet i radiokjemi på UMB. Fagmiljøet er lite og bør styrkes enten ved nyansettelser eller ved samarbeid internt eller eksternt.

#### Gruppe for prosess-systemteknikk

- Øke internt samarbeid for å styrke gruppen faglig og for å øke hele gruppens synlighet.
- Det interne samarbeidet mellom fagmiljøene i prosess-systemteknikk ved ulike institutter ved NTNU og SINTEF bør revitaliseres (det tidligere styrkeområdet PROST).

### **3.9.4 Fagplanutvalgets anbefalinger til Forskningsrådet**

- Gjennom mange anvendte programmer yter Forskningsrådet i dag betydelig støtte fagfeltet kjemisk prosesssteknologi og den internasjonale evalueringskomiteen er positiv til de resultater som oppnås. I likhet med de fleste andre fagområder er imidlertid bevilgningene til grunnleggende forskning for små.

### ***3.9.5 Fagplanutvalgets anbefalinger til KD og andre relevante departementer***

- Fortsett støtten til de anvendte fagområdene men vær oppmerksom på at investeringer til grunnleggende forskning kan ha bedre avkastning på lengre sikt, spesielt dersom den kombineres med god anvendt forskning.

### **3.10 Kjemididaktikk**

#### **3.10.1 Bakgrunn**

Dette er et fagområde i grenselandet mellom kjemi og flere andre fagområder inkludert humaniora, samfunnsfag, realfag og teknologi. Det er få faste stillinger innen området. Tre fagmiljøer er nevnt i Hey-Hawkinsrapporten: Universitet i Oslo (Kjemisk institutt, Skolelaboratoriet), NTNU (Institutt for kjemi) og Universitetet i Bergen.

#### **3.10.2 Anbefalinger fra Hey-Hawkinskomiteen**

Fagmiljøene er små og det anbefales at man vurderer å opprette et nasjonalt senter for kjemididaktikk.

##### ***Universitetet i Oslo***

###### Kjemisk institutt (Skolelaboratoriet):

Gruppen er meget liten og består av en vitenskapelig ansatt og 1 lektor. Det foregår omtrent ingen forskning i gruppen. Det bør vurderes om gruppen skal konsentrere seg kun om undervisning. I nasjonal sammenheng anbefales det sterkt å koordinere aktiviteten med NTNU.

##### ***Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet***

###### Institutt for kjemi:

Gruppen for fagdidaktikk (2 faste stillinger) har mye undervisning og har derved begrensede muligheter til forskning innen et fagområde som Hey-Hawkinskomiteen mener har et enormt potensial. Størrelsen på gruppen synes å være underkritisk. Dersom gruppen skal ekspandere, anbefales det sterkt å knytte til seg en internasjonalt anerkjent forsker innen området. Det burde være lett å få til et samarbeid med samfunnsfaglige institutter. Det anbefales sterkt å koordinere virksomheten med Universitetet i Oslo.

##### ***Universitetet i Bergen***

###### Kjemisk institutt:

Aktiviteten i fagdidaktikk er nevnt, men ikke evaluert i Hey-Hawkinsrapporten. Det er 1 fast stilling under besettelse (2. gangs utlysning).

#### **3.10.3 Anbefalinger fra fagplanutvalget til institusjonene**

Fagmiljøene i fagdidaktikk innenfor de enkelte instituttene er små og det kan ikke forventes at miljøene kommer over kritisk størrelse på egen hånd. Det er derfor avgjørende å få til en koordinering med tilsvarende aktiviteter lokal og nasjonalt. Et slikt samarbeid skjer allerede og sannsynligvis i en betydelig større grad enn det Hey-Hawkinskomiteen var klar over. De fagdidaktiske miljøene, inkludert skolelaboratoriene, er samlet sett relativt store og robuste både ved Universitetet i Oslo og ved NTNU. Man skal imidlertid være klar over at kjemididaktikk er et eget fagområde og har lite til felles med for eksempel samfunnsfagdidaktikk, noe som viser seg både i undervisningstradisjoner og -behov og i forskningsprofil. Det er også forskjeller innen de naturvitenskapelige fagenes didaktikk. Det er derfor behov for egen aktivitet innen kjemididaktikk.

Ved NTNU har man etablert "Trondheimsmodellen", der man prøver å bygge opp fagdidaktiske miljøer ved instituttene. De ansatte i disse miljøene ser det som en stor fordel

for forskningen at de er organisert på et naturvitenskapelig fakultet. Problemet med en slik organisering er at den kan være lite robust fordi det tidvis vil være vanskelig for fagdidaktikken å nå opp i konkurransen med andre fagområder som oppfattes som mer sentrale i fagmiljøet. Argumentet vil være at ”fagdidaktikk kan være viktig men vi kan ikke bruke våre begrensede midler på det”. En løsning er å få en strategisk beslutning gjennom hele systemet (styre, fakultet og institutt) om hvordan fagdidaktikken skal organiseres og finansieres. Dette gjelder alle universitetene, men synes for øyeblikket å være mest påtrengende ved NTNU.

### *Spesiell anbefaling*

- Det utarbeides en strategi for organiseringen av fagdidaktikken ved universitetene som sikrer kvalitet og robusthet av fagmiljøene innen realfag og teknologi.

### ***Universitetet i Oslo, Kjemisk institutt (Skolelaboratoriet)***

Skolelaboratoriet har sin hovedaktivitet knyttet til etterutdanning av lærere. Dyktige lærere er svært viktige for rekrutteringen til realfagene. Derfor ansees lærerutdanning å være et prioritert område også i fremtiden. Denne virksomheten har dratt inn betydelige eksterne midler og forventes å gjøre det samme i fremtiden. Det gode samarbeidet med skolelaboratoriene ved de andre instituttene og Naturfagssenteret bør også fortsette.

### ***NTNU, Institutt for kjemi***

NTNU har det største vitenskapelige kjemididaktikkmiljøet i Norge (selv om det er lite) og miljøet kan spille en viktig rolle i utdanning av kjemididaktikere for hele landet. For å unngå å bli underkritisk i størrelse må gruppen videreutvikle det interne samarbeid med de to didaktikkgruppene i fysikk og biologi og med didaktikkmiljøet ved Program for lærerutdanning (PLU) inkludert Skolelaboratoriet ved NTNU. Skolelaboratoriet (for matematikk, naturfag og teknologi) er organisert som en del av PLU som ligger under Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse. For å oppnå samlokalisering med realfagsmiljøet, flyttet laboratoriet i 2000 inn i det nye Realfagsbygget på Gløshaugen. Det er imidlertid ikke noen organisatorisk kobling mellom Skolelaboratoriet og fagdidaktikkmiljøene ved instituttene (kjemi, biologi og fysikk), og dette gjør som nevnt situasjonen i fagdidaktikkmiljøene lite robust ved at de kan ha vanskelig for å nå frem i konkurransen med mer ”sentrale” fagområder.

### *Spesiell anbefaling*

- Det utarbeides en strategi for hele universitetet om hvordan fagdidaktikkmiljøene skal organiseres og finansieres.. Det sikres en bedre organisatorisk kobling mellom PLU, Skolelaboratoriet og de fagdidaktiske miljøene, eller en annen modell som kan sikre et mer robust samarbeid. En modell som bør vurderes er å organisere Skolelaboratoriet under de naturvitenskapelige fakulteter slik det er i Oslo.

# Appendiks

## *Innhold*

A1-A9 Bakgrunn og status for hvert fagområde

A10 Statistikk over antall fast vitenskapelige stillinger i kjemi for årene 1977, 1987, 1997 og 2007

## A1. Uorganisk kjemi og materialkjemi

### Bakgrunn - Status for fagområdet

Uorganisk kjemi er en klassisk og viktig del av disiplinen kjemi. Uorganisk kjemi inneholder to underområder; koordinasjons- og løsningskjemi; materialkjemi og faste stoffers kjemi der den siste delen er godt utviklet i Norge. Uorganisk materialkjemi har sterke grenseflater mot fysikk, og står sentralt innen materialvitenskap. Industrimessig er det verdt å merke seg at verdiskapingen fra norsk landbasert næringsliv domineres av materialbaserte produkter. Materialvitenskap er interdisiplinært. Dette feltet har økt i viktighet og omfang det siste tiåret i Norge, dels på grunn av nanoteknologi, dels økt satsing på funksjonelle materialer. Nasjonalt sett har de ulike miljøene trukket sammen, fremmet den nasjonale FUNMAT satsingen og underbygget etableringen av Nanomat programmet i Forskningsrådet. UiO har etablert MiNa-lab og Senter for materialvitenskap og nanoteknologi (SMN); NTNU har etablert NTNU NanoLab. Dette representerer store prioriteringer fra fagmiljøenes og institusjonenes sider selv om antall vitenskapelige ansatte innen feltet har avtatt betydelig siden sist evaluering.

Generelt utgjør funksjonelle materialer basis for brede områder av dagens høyteknologiske produkter, for eksempel forbrukerelektronikk. Internasjonalt er det store industrilokomotiver med enorm innovasjonskraft og verdiskaping innen feltet. Dette kan imidlertid i høy grad også kunne bli gjeldende for fremtidens Norge; for eksempel anvendelser mot solenergi og fornybar energi generelt, sensorer, katalysatorer, membraner, osv. Erkjennelse av at uorganisk kjemi er utløsende innen viktige anvendelsesområder gjør at feltet får økt prioritet internasjonalt. Fremskritt innen uorganisk materialkjemi er påkrevd for bl.a. å få frem radikalt forbedrede materialer som kan utløse gjennombrudd innen miljøvennlig energiteknologi. Uorganisk kjemi står således i en særstilling som en grunnleggende del av kjemien med sterke koblinger mot en rekke viktige teknologier (fornybar energi, prosesseteknologi og katalyse, men også mikroteknologi og miljøteknologi). Og det synes å være et stort uforløst potensial med hensyn på samarbeid med norsk næringsliv og innovasjon.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Tabell A1. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevans og samfunnmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
UiO.	6	5/4	4	4,4,5
NTNU. Uorg.kjemi	5	4/3	4	3,5,3
NTNU. Elektrokjemi	4	3/2	4	4,4,3
UiT. *	1	4	4	4,4,5

\* Tilhører en tverrfaglig gruppe. Vanskelig å trekke ut en bestemt karakter på uorganisk kjemi aktiviteten

Hey-Hawkins rapporten beskriver faggruppene som jobber innen feltet slik:

*"The Functional Inorganic Materials Group at UiO performs research in inorganic, solid state, and materials chemistry, and includes work in chemistry-based nanoscience. Their primary interests lie in the discovery and development of materials for advanced energy technologies, but they are active in other current areas as well, including for example thermoelectrics and microporous materials. The key areas for research in inorganic and materials chemistry carried out in the Department of Materials Science and Engineering at NTNU are light materials, materials for energy technology, materials for oil and gas, and materials for electronics and sensors. In energy technology, hydrogen production by membranes and water electrolysis, gas separation membranes, fuel cells and solar energy cells are of particular interest. The electrochemistry subgroup at NTNU has strong links to Norwegian industry and research institutes such as SINTEF and IFE, and is especially well connected with the aluminium industry. The Inorganic and Materials Chemistry Group in Tromsø, though very small, is similarly highly productive and dynamic. Major current thrust areas are in synthesis, chemistry and modelling of functional materials."*

## A2. Teoretisk kjemi og beregningskjemi

### **Bakgrunn – status for fagområdet**

Det finnes levedyktige miljøer basert på to eller tre førstestillinger innen teoretisk kjemi og beregningskjemi ved samtlige av universitetene UiT, NTNU, UiO og UiB, og alle de berørte forskningsgruppene får god kritikk i den internasjonale evalueringsrapporten. Aktiviteten spenner fra grunnleggende metodeutvikling til et bredt spektrum av anvendelser, blant annet innen materialkjemi, katalyse, biokjemi og elektronspektroskopi. De største og mest synlige gruppene i denne kategorien finner en ved UiO og UiT, og disse inngår i et senter for fremragende forskning (SFF) *Centre for Theoretical and Computational Chemistry* (CTCC).

Karakterene fra rapporten for gruppene som er tatt med under kategorien teoretisk kjemi og beregningskjemi er oppsummert i tabellen under. Merk at tre av de fire gruppene (UiO, NTNU og UiB) også omfatter forskere som er plassert i andre kategorier. Karakterene gjengitt under er altså de som evalueringskomiteen har gitt for gruppene sett under ett.

### **Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten**

Tabell A2. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevans og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
UiO, kvantekjemi	2 <sup>1</sup>	5/4	3	3,4,4
NTNU, fysikalsk	3	4/2	3	2,2,3
UiB, uorganisk	2	4/4	3	4,4,4
UiT, teoretisk	3	5/4	4/3 <sup>2</sup>	4,4,5

<sup>1</sup> To hovedstillinger i teoretisk kjemi innenfor forskningsgruppen for kvantekjemi, struktur og dynamikk med totalt seks hovedstillinger

<sup>2</sup> Her er det feilaktig gitt to karakterer; uklart hvilken som gjelder, men det kan virke underlig dersom én av fire teorigrupper har fått høyere karakter på samfunnsmessig relevans enn de tre andre.



### A3. Katalyse

#### **Bakgrunn – status for fagområdet**

Katalyse har stor betydning for prosess- og miljøteknologi, og dermed for verdiskaping i et globalt perspektiv. Katalyse er et tverrfaglig område med viktige grenseflater mot andre deler av kjemien og mot teknologi. I løpet av de siste tiår har bruken av avanserte metoder for å fremstille modellkatalysatorer, foreta romlig og tidsoppløst karakterisering under operative betingelser, studere reaksjonsmekanismer og modellere prosesser på molekylnivå gjort katalyse til et område i spennende utvikling på vei fra empiri til forståelse og mulighet for design. I dag siktes mot skreddersøm av katalysatorer på basis av grunnleggende innsikt. Området omfatter homogen og heterogen katalyse. I Norge ligger tyngdepunktet på heterogen katalyse, og prosesser relatert til olje og naturgass. Det er to tunge miljøer i Norge, ved NTNU og UiO, begge med sterke interaksjoner mot SINTEF og næringslivet. UiB har fulgt opp anbefalingene i Weitkamp-rapporten og etablert aktivitet innen katalyse i et tverrfaglig miljø der nanokjemi, strukturkemi og beregningskemi inngår. Innen naturgasskonvertering er det etablert et SFI-senter, inGAP, ledet av UiO, med NTNU, SINTEF og næringsliv (Statoil, Ineos, Borealis, Haldor Topsoe) som partnere. I Oslo og Trondheim foreligger formalisert samarbeid med SINTEF, hhv Geminisentrene CATMAT og KINCAT. Grupper også innen material- og nanokjemi samt fysikk er involvert i disse sentrene. Området fikk meget god evaluering ved forrige korsvei (1997), noe som den gang ble sporet tilbake til bevisst satsning (SPUNG) i 80-årene. Grunnforskningsprogrammet KOSK (I og II) ble opprettet som en følge av den forrige evalueringen (Weitkamp). Rundt halvparten av forskningsmidlene delt ut via dette programmet har gått til katalyseforskning. I senere tid har også målrettede store programmer som NANOMAT, RENERGI og GASSMAKS (sistnevnte med fokus på verdiskaping fra naturgass) tilført katalyseområdet forskningsmidler. Den industrielle situasjonen har siden siste evaluering blitt vesentlig endret; sammenslåing av Statoil og Norsk Hydro; utsalg av Hydro Polymers til Ineos; flytting av aktivitet i Borealis fra Norge til andre land, etablering av Yara som eget selskap, med mer.

#### **Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten**

Tabell A3. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Katalysmiljø ved institusjon	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevanse og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
UiO Kjemisk Inst.	4(3) <sup>1</sup>	5/3	4	4,4,5
NTNU Inst. Pros.	5	5/3	5	4,5,4
NTNU Inst. Kjemi	3 <sup>2</sup>	4/2	3	2,2,3
UiB	2 <sup>3</sup>	4/4	3	4,4,4

<sup>1</sup> En midlertidig tilsatt for inGAP senterets levetid

<sup>2</sup> Arbeider med relevant fysikalsk kjemi for katalyse; ikke heltidsstillinger innen katalyse

<sup>3</sup> Tilhører en tverrfaglig gruppe. Vanskelig å trekke ut en bestemt karakter på katalyseaktiviteten

"The topics of study in the Oslo group cover homogeneous catalysis and heterogeneous catalysis on zeolites and MOFs (metal-organic frameworks). Most of the reactions studied in this group are acid-base reactions or bifunctional reactions (metal-acid). The methanol-to-olefins process is one of the most studied reactions. The topics of study in the Trondheim group cover natural gas conversion to hydrogen and synthesis gas and Fischer-Tropsch reactions. Some environmental problems are also treated. This group primarily has a chemical engineering approach, with microkinetic modelling studies, catalyst deactivation and use of complex reactant mixture. The topics of study in the Bergen group are not totally devoted to catalysis. The research of the small sub-group working in catalysis covers alkene activation reactions by means of homogeneous catalysts or supported organometallic complexes. Finally, several groups working in physical chemistry and materials science collaborate with catalysis groups, either to prepare new materials for possible applications in catalysis or to characterise them by means of sophisticated techniques."

Hey-Hawkins rapporten tar utgangspunkt i hvorledes de ulike områdene av kjemien har blitt presentert av institusjonene. For tverrfaglige områder kan viktige samarbeidsrelasjoner lett tapes av sikte. Dette kan gjelde for skjæringspunkter mellom katalyse og beregningskemi, fysikalsk kjemi, og uorganisk kjemi og material-/nanokjemi.

## A4. Biologisk kjemi og medisinalkjemi – Life science chemistry

### Bakgrunn – status for fagområdet

En stadig større andel av biologisk og biomedisinsk forskning foregår på et molekylært nivå slik at kjemikere og kjemisk kompetanse får en økende betydning. Norge har en liten farmasøytisk og bioteknologisk industri preget av svært få ”motorer” men med relativt mange små bedrifter, mange av dem kan karakteriseres som ”start-ups” med lave eller ingen inntekter. Forskningsaktiviteten innen biologi, biomedisin og medisin er likevel relativt stor og inkluderer i tillegg til universiteter og forskningsinstitutter, de store sykehusene som har en betydelig forskningsaktivitet innenfor disse områdene. Norges Forskningsråd har også hatt flere store satsinger innenfor bioteknologi, bioproduksjon, havbruk, fiskehelse og funksjonelle genomstudier. Den siste store lanseringen er innen marin bioprospektering. ”Life science”-kjemi har i de senere årene hentet betydelige midler fra disse programmene og får økende betydning.

Medisinalkjemi har vært en tradisjonell gren ved mange kjemiske og farmasøytiske institusjoner over hele verden, mens det vi kjenner som biologisk kjemi eller kjemisk biologi har vokst frem som et stort forskningsfelt som en følge av at biologi og biomedisin har blitt mer molekylære og har behov for kjemiske analysemetoder.

Hey-Hawkinskomiteen har definert ”Life science”-kjemi som direkte studier av biologisk aktive molekyler og systemer. For å falle inn under komiteens noe snevre definisjon av ”Life science”-kjemi må forskningen omfatte studier av biologiske systemer på molekylært nivå, slik at det ikke er tilstrekkelig for eksempel med syntese av biologisk aktive molekyler uten å studere deres bioaktivitet i et biologisk system. Ut fra denne definisjonen har evalueringskomiteen konkludert med at slik aktivitet foregår kun ved et fåtall av de instituttene/miljøene (UMB, UiS og UiT) som er omfattet av denne evalueringen. Evalueringskomiteen konkluderer med at det foregår lite ”Life science”-kjemi ved de kjemiske forskningsmiljøene i Norge. Utvalget sier samtidig at de gruppene som driver slik forskning er blant de mest vellykkede av forskningsgruppene som ble omfattet av evalueringen.

Komiteen vurderer den biologisk kjemiske forskningen ved de kjemiske miljøene ved UiS og UiT svært høyt. Begge institusjoner har forskningsaktiviteter i den internasjonale forskningsfronten. Evalueringskomiteen peker på den høye synligheten og de sterke samarbeidsrelasjonene som disse forskningsgruppene (UiS og UiT) har med andre forskningsgrupper, spesielt mot biologisk, bioteknologisk, medisinsk og marin forskning. Ved UMB er kvaliteten mer ujevn, men også her foregår det forskning av høy kvalitet.

Fagplanutvalget har lagt til grunn en noe bredere definisjon av ”Life science-kjemi” og har brukt betegnelsen ”Medisinal- og biologisk kjemi”. I denne rapporten er derved også grupper som arbeider med biologisk relevante molekyler, uten at de nødvendigvis studeres i et biologisk system, inkludert. Det har imidlertid ikke vært mulig å plukke ut karakterer fra Hey-Hawkins-rapporten for disse forskningsgruppene siden de er vurdert innenfor større grupperinger.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Tabell A4. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet*	Relevanse og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
UMB	3	4/3	3	3,3,2
UiS	6	5/3	4	5,5,5
UiT	4	5/4	4	5,4,4

\* Det første tallet henspiller til den ledende forskeren i gruppen, mens det andre tallet er gjennomsnittet for gruppen

## A5. Organisk kjemi

### Bakgrunn – status for fagområdet

Høykvalitetsforskning innen syntetisk organisk kjemi er sentralt som grunnlag for forskning og innovasjon innen et spekter av viktige områder; eksempelvis katalyse, material/polymervitenskap, medisinalkjemi og bioteknologi. Et hvert universitet med et kjemiprogram, og også utdanning innen farmasi, molekylærbiologi etc., er avhengig av gode lærekrefter i organisk kjemi. Det foregår derfor organisk-kjemisk forskning i større eller mindre grad ved alle de norske universiteter. Forskningsområdene inkluderer totalsyntese av naturprodukter, syntetisk metodologi, medisinalkjemi / biologisk kjemi og naturstoffkjemi (isolering, karakterisering). Grunnforskningsprogrammet KOSK (I og II) ble opprettet som en følge av den forrige evalueringen (Weitkamp-rapporten). Rundt halvparten av forskningsmidlene delt ut via dette programmet har gått til forskning innen syntetisk organisk kjemi. Industriell støtte til syntetisk organisk kjemi er for tiden langt lavere enn ønskelig i Norge.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Tabell A5. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevans og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
<b>UiO – Kjemisk institutt</b> Forskningsgruppen “syntese og molekylstruktur”	7	5/3	3	3,3,4
<b>NTNU – Institutt for kjemi</b> Seksjon for organisk kjemi	6	3/2	2	1,2,3
<b>UiB – Kjemisk institutt</b> Seksjon for organisk, biofysikalsk og medisinalkjemi	9	4/3	4	2,3,4
<b>UiTø – Institutt for kjemi</b> Gruppen for organisk kjemi	4	4/3	4	4,4,4

Det er uklart fra rapporten om stillingene knyttet til Senter for farmasi i Bergen er inkludert i de 9 stillingene det refereres til eller om det er enkelte emeriti som er talt med. Videre kan det nevnes at enkelte personer i forskningsgruppen “Syntese og molekylstruktur” (UiO) og Seksjon for organisk, biofysikalsk og medisinalkjemi (UiB) er mer strukturkjemikere enn typiske organisk-kjemikere. I Oslo foregår det også noe organisk kjemisk forskning i andre grupper (katalyse, kjernekjemi). Aktiviteter innen organisk kjemi ved UMB og UiS lar seg vanskelig oppsummere i tabellen siden organisk kjemikere utgjør en liten del av forskningsgruppene de er tilsluttet. Det kan derfor diskuteres om tabellen gir et tilstrekkelig godt bilde av de samlede aktiviteter i norsk organisk kjemi.

## A6. Anvendt og fysikalsk kjemi

### Bakgrunn – status for fagområdet

Tradisjonelt er fysikalsk kjemi en av hovedretningene i kjemi. Fysikalsk kjemi innbefatter kvantitative målinger og tolkningen av disse målingene og er av Hey-Hawkinskomiteen delt opp i “*chemical physics*” og “*physical chemistry*, per se”. I det sistnevnte er det inkludert målinger av bulk egenskaper slik som termodynamiske og elektrokjemiske størrelser, absorpsjonsisotermer og reaksjonskinetikk. Disse målingene kan være direkte relatert til industrielle eller miljøprosesser. Kjemisk fysikk på den andre siden defineres som strukturell karakterisering av molekyler og molekylklustere ved bruk av spektroskopiske teknikker og diffraksjon. Ifølge Hey-Hawkinskomiteen ligger hovedvekten i Norge på ren fysikalsk kjemi som i stor grad er fokusert mot industriens behov og ikke på kjemisk fysikk.

De fleste institusjonene i Norge som driver med kjemirelatert forskning har en eller flere aktiviteter rettet inn mot fysikalsk kjemi, men siden få institusjoner har en egen gruppe innen dette feltet er det vanskelig å plassere fysikalsk kjemi i det norske kjemilandskapet.

Flere områder som er regnes under ingeniørfag, f.eks petroleumskjemi/produksjonskjemi, materialeegenskaper/korrosjon, mineralegenskaper/geokjemi med flere som grenser mot fysikalsk kjemi, er bare i begrenset grad er inkludert i evaluering av kjemiområdet.

Siden aktivitetene innen fysikalsk kjemi er vanskelig å plassere har Hey-Hawkinskomiteen vurdert flere av aktivitetene som vi mener hører inn under kjemisk fysikk under andre fagområder. Således er fire professorer fra UiO og en professor fra UiB som arbeider med fundamentale spektroskopiske analyser på konformasjons og strukturstudier i vår rapport inkludert under Anvendt og fysikalsk kjemi. Likeledes er det knyttet flere vitenskapelige ansatte som anvender slike metoder til andre grupper som Organisk kjemi, Biologisk og medisinsk kjemi, Uorganisk og materialkjemi og Katalyse. Situasjonen for kjemisk fysikk og dermed fysikalsk kjemi som en helhet i Norge er derfor ikke så kritisk som Hey-Hawinsrapporten gir uttrykk for.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Tabell A6. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene.

Gruppe	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet <sup>1</sup>	Relevans og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid <sup>2</sup>
UiO – Kjemisk institutt, Gruppe for polymerer og organisk materiale	5	5/3	4	1,1,3
UiO – Kjemisk institutt, Gruppe for kvantekjemi, struktur og dynamikk	6 (4) <sup>3</sup>	5/4	3	3,4,4
NTNU – Institutt for kjemi, Gruppe for fysikalsk kjemi	9	4/2	3	2,2,3
NTNU – Institutt for kjemisk prosess teknologi, Gruppe for kolloid- og polymerkjemi	3	4/4	5	5,5,4
UiB – Kjemisk institutt, Gruppe for fysikalsk, petroleum og prosesskjemi	7	4/2	5	3,3,4
UiB – Gruppe for uorganisk kjemi, nanostrukturer og modellering	5 (1) <sup>3</sup>	4/4	3	4,4,4
UiS – Institutt for matematikk og naturvitenskap, Gruppe for anvendt kjemi og miljø	6	2/1	3	1,2,2

<sup>1</sup> Ledende forsker/gjennomsnitt for gruppen

<sup>2</sup> Separate tall for de tre områdene

<sup>3</sup> Tall i parentes viser antall som tidligere var evaluert i Hey-Hawkinsrapporten under andre forskningsgrupper, men som fagplanutvalget har inkludert her under anvendt fysikalsk kjemi

## A7. Analytisk kjemi og miljøkjemi

### Bakgrunn - status for fagområdet

Fagområdene Analytisk kjemi og Miljøkjemi er prinsipielt forskjellige i sin natur, selv om universitetene i Norge har integrert virksomhetene i samme faggruppe. Analytisk kjemi dvs uorganisk analytisk kjemi og organisk analytisk kjemi, har som mål å utvikle nye kjemiske analysemetoder og kombinasjoner av disse, og er en basisvirksomhet for en rekke andre fagområder både innen kjemi og andre fag som anvender analyse/måleresultater i sin forskning. Innovasjon innen analytisk kjemi (nye forbindelser, lavere deteksjonsgrenser, kompliserte strukturer, spesiering) bidrar også til innovasjon innen andre fagområder. Gammelt utstyr med liten følsomhet eller oppløsning gir ingen innovasjon. Som påpekt av Evalueringskomiteen er det behov for utvikling av nye innovative metoder, hvor tilgang på avansert utstyr og forskningsplattformer i andre land, vil være vesentlig. Innovasjon innen analytisk kjemi har stor *spinn off* til andre fagområder, både innenfor organisk kjemi rettet mot Life Science forskningen på UiO, og innenfor miljøkjemi som er integrert med analytisk ved alle universiteter..

Miljøforskningen har fått en stadig mer omfattende betydning nasjonalt og internasjonalt, hvor miljøkjemi utgjør en hjørnestein. Selv om miljøkjemi historisk sett er inndelt i forskjellige områder definert ut fra hvilke miljøgifter som er i fokus; uorganiske miljøgifter organiske miljøgifter og radioaktivitet, vil alle inkluderes i ny forskrift i Forurensningsloven (sommer 2010). Dette innebærer nye utfordringer både for miljøkjemi og miljøforskningen, hvor vi må se miljøgiftene samlet og hvor effekter i miljø kan skyldes den samlede belastningen. Forskningen knyttet til ”*Multiple stressors*” må derved adresseres ved universitetene. Da ingen av universitetene eller miljøinstituttene har kompetanse på alle felt, tilsier dette at nye samarbeid må utvikles på tvers av institusjonene om Norge skal bidra på den internasjonale arena

Evalueringskomiteen vurderer det nasjonale faglige nivået innenfor miljøkjemi som meget god, og med god internasjonal forankring, spesielt innenfor atmosfære forskning og kilder/effekter av miljøforurensninger, særlig knyttet til radioaktivitet. Norge bør bli mer innovativ mhp utvikling av nye metoder og utstyr hvor ”*cutting edge technology*” bør anvendes i større grad, med unntak av organisk analyse og radiokjemi.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Tabell A7. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe	Antall vit stillinger	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevans og samfunnsmessig betydning	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
UiO, Kjemisk institutt, Analytisk og miljøkjemi	5	4/3	4	2,3,4
NTNU, Naturmiljøkjemi og analytisk kjemi	7	4/3	4	4,3,4
UMB, IPM, Miljøkjemi	6	5/3	5	4,3,5
NILU, Miljøkjemi	15	5/4	4	4,5,5

## A8. Kjernekjemi/Radiokjemi

### Bakgrunn - status for fagområdet

*Nuclear sciences* inkluderer kjernekjemi og radiokjemi, med forgreninger mot en rekke ulike anvendelser. Kjernekjemi er ofte tett knyttet til kjernefysikk og til nukleære anvendelse som utnyttelse av kjerneenergi eller produksjon av nuklider for ulike anvendelser for eksempel til farmasøytiske/medisinske preparater. Radiokjemi handler om avanserte separasjonsmetoder for å kvantifisere, ofte meget små mengder, ulike radionuklider, og er nært knyttet til radioøkologi og radioaktiv forurensning. Kjernekjemi i Norge kan spores tilbake til professor Elen Gleditschs forskningsopphold hos Madame Curie i Paris fra 1910 og utover, til etableringen av avdeling for kjernekjemi i 1960-årene under ledelse av professor A. C. Pappas. Forskningsmiljøet ved UiO har særlig de siste 10 år blitt nedbygget, omorganisert og er i dag slått sammen med kjernefysikk i senteret SAFE som har fokus på medisinske anvendelser og bruk av PET samt syklotron for produksjon av medisinske radioaktive preparater. I tillegg er forskningen knyttet til supertunge elementer opprettholdt. Nukleær medisinske anvendelser representerer et viktig samfunnsmessig område, hvor eksotiske radionuklider kan benyttes både til diagnose og terapi.

Den første forskningsreaktoren Jeep I ble etablert på Kjeller i 1951 og Isotoplaboratoriet på UMB (NLH) ble opprettet i 1952 for å anvende isotoper i landbruksforskningen. Radiokjemi ved UMB har blitt bygget opp de siste 20 år og har forsterket grenseflaten mot analytisk kjemi, miljøkjemi, økotoksikologi og radioøkologi, hvor fokus har vært særlig rettet mot atomulykker, radioaktiv forurensning og nasjonal beredskap. Tsjernobyl-ulykken demonstrerte betydningen av nasjonal nukleær kompetanse selv om vi ikke har kjernekraft i Norge. Basert på Kriseutvalgets trusselvurdering av 2008, vil behovet for slik kompetanse ikke avta i overskuelig fremtid.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Hey-Hawkins rapporten uttaler: "The national effort in nuclear chemistry in Norway is concentrated in one research group at the University of Oslo" og omtaler UMB som "the only centre for environmental radioactivity in Norway". Hey-Hawkins rapporten ser derved ikke kjernekjemi ved UiO og radiokjemi ved UMB i sammenheng, noe som gjøres i dette oppfølgingsarbeidet. Hey-Hawkins rapporten er i hovedsak positiv når det gjelder kjernekjemi og spesielt positiv når det gjelder "environmental radioactivity" og anvendelsen av avanserte metoder. Begge gruppene beskrives som små og sårbare, men som har viktige nasjonale oppgaver og en rekke tiltak særlig knyttet til personell og infrastruktur er foreslått.

Tabell A8. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe	Hoved-Stillinger (prof + aman)	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevans og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
UiO. Kjemisk institutt, SAFE	3	4/2	4	4,4,5
UMB, IPM, Isotoplaboratoriet	4	5/3	5	4,3,5

## A9. Kjemisk prosesssteknologi

### Bakgrunn – status for fagområdet

Fagområdet kjemisk prosesssteknologi (kjemiteknikk, *chemical engineering*) omfatter utvikling, teknisk realisering og drift av kjemiske prosesser i industriell skala. Eksempler på prosesser er: produksjon og videreforedling av olje og gass, produksjon av kunstgjødsel, plast, fin- og spesialkjemikalier, metaller, papir, kunstfibre, nye materialer og næringsmidler. Til tross for mange forskjellige produkter, er det fra kjemiingeniørens ståsted mange likehetspunkter. Spesielt har ideen om at man kan sette sammen enhver prosess fra et visst antall byggeklosser (enhetsoperasjoner) vært viktig for utvikling av fagområdet. De siste årtiene har imidlertid fokuset dreiet mer mot fundamentale og molekylære aspekter.

Fagområdet er på grenseflaten mellom kjemi og ingeniørfag, og man finner derfor en rekke overlapp med disse disiplinene. Forskningsresultater fra fagområdet publiseres i tidsskrifter for ”*chemical engineering*” men også i kjemididsskrifter og ingeniørtidsskrifter.

Det klart viktigste fagmiljøet i kjemisk prosesssteknologi i Norge er ved NTNU og det er også det eneste fagmiljøet som er evaluert av Hey-Hawkins-komiteen. De har inkludert tre grupper fra Institutt for kjemisk prosesssteknologi ved NTNU i sin vurdering:

- Gruppe for Miljø- og reaktorteknologi (sammenslått i 2009 av gruppene for reaktorteknologi og separasjonsteknologi)
- Gruppe for Papir- og fiberteknologi
- Gruppe for Prosess-systemteknikk

Dette dekker noe over halvparten av instituttet siden de to mer kjemiorienterte gruppene er vurdert under andre fagområder. Dette gjelder gruppen for kolloid- og polymerkjemi (Ugelstadlaboratoriet) som er behandlet som del av ”Anvendt og fysikalsk kjemi” (kap 3.6) og katalysegruppen som er behandlet som del av ”Katalyse” (kap 3.3).

Fokuset i gruppen for miljø- og reaktorteknologi er mot kjemisk absorpsjon og membraner, spesielt rettet mot CO<sub>2</sub>-fangst. Aktiviteten innen papir- og fiberteknologi er enestående i Norge både når det gjelder forskning og undervisning. Aktiviteten i gruppen for prosess-systemteknikk er rettet mot modellering, simulering, optimalisering og regulering av prosesser og inkluderer nå også systembiologi.

### Kort oppsummering fra Hey-Hawkinsrapporten

Fagmiljøet har meget gode kontakter med forskningsinstitutter (SINTEF; PFI) og industrien som bidrar til stor ekstern finansiering. Fagmiljøet får stort sett meget gode evalueringer fra Hey-Hawkinskomiteen :

*Overall, the Committee was very favourably impressed by the research in this department, and further believes that the close interactions with SINTEF and other research entities are highly beneficial. The Committee can therefore make no major general recommendations for changes, other than that the Committee is in favour of maintaining current directions and plans.*


Tabell A9. Vitenskapelige stillinger og evalueringskomiteens vurdering av forskningsgruppene

Gruppe ved institutt for kjemisk prosesssteknologi, NTNU	Hovedstillinger	Vit. kvalitet og produktivitet	Relevans og samfunnsmessig impakt	Strategi, organisasjon, forskningssamarbeid
Prosess-systemteknikk	4	5/3	5	5,5,4
Reaktorteknologi	3	4/3	5	5,5,5
Separasjonsteknologi	3	4/3	4	4,3,3
Papir- og fiberteknologi	2	2/2	4	4,3,4

***A10. Statistikk over antall fast vitenskapelige stillinger i kjemi for årene 1977, 1987, 1997 og 2007 ved alle universitetene***

	1977	1987	1997	2007
Kjemiteknikk	11	13	9	11
Uorganisk kjemi	34	34	25	18
Organisk kjemi	30,5	34	41	29
Katalyse	2	5	6	11
Beregningskjemi	6	6	7	9
Fysikalsk kjemi	43	47	46	34
Life-science	2	4	6	13
Analytisk kjemi	4	5	8	7
Miljøkjemi	0	2	5	3
Kjernekjemi	6	5	6	9
Skolerettet kjemi	0	1	2	4
<b>Totalt</b>	<b>138,5</b>	<b>156</b>	<b>161</b>	<b>148</b>
Totalt UiO	47	53	50	37
Totalt UiB	21	20	25	22
Totalt NTNU	52,5	62	58	56
Totalt UMB	6	6	9	10
Totalt UiT	7	9	12	11
Totalt UiS	5	6	7	12
<b>Totalt</b>	<b>138,5</b>	<b>156</b>	<b>161</b>	<b>148</b>





Publikasjonen kan bestilles  
på [www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

**Norges forskningsråd**  
Stensberggata 26  
Postboks 2700 St.Hanshaugen  
N0-0131 Oslo

Telefon +47 22 03 70 00  
Telefaks +47 22 03 70 01  
[post@forskningsradet.no](mailto:post@forskningsradet.no)  
[www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)

Design omslag: Design et cetera AS  
Trykk: Allkopi  
Opplag: 250

Oslo, mai 2010

ISBN 978-82-12-02784-8 (trykksak)  
ISBN 978-82-12-02785-5 (pdf)