

Forord

NIFU har på oppdrag fra Norges forskningsråd, område Naturvitenskap og teknologi, gjennomført en utredning om norsk deltakelse i

- ▶ CERN - European Organization for Nuclear Research
- ▶ ESRF - European Synchrotron Radiation Facility
- ▶ EMBL - European Molecular Biology Laboratory
- ▶ ESA - European Space Agency
- ▶ OECD Halden Reactor Project

Målsetningen med utredningen har vært å belyse de forskningspolitiske og -strategiske forutsetninger for deltakelse i de nevnte organisasjonene. Utredningen, som ble gjennomført i vårsemesteret 1997, var organisert som et prosjekt bestående av tre delprosjekter:

- Del 1: *Kartlegging og planlegging av et detaljert opplegg*
- Del 2: *Faktagrunnlag - datainnsamling og analyse*
- Del 3: *Fremtidsperspektiver og anbefalinger*

Foreliggende rapport omhandler Del 3 i prosjektet og er prosjektets sluttrapport. Rapporten bygger på en analyse av materialet som er rapportert fra prosjektets Del 2.

Fra prosjektet forligger følgende rapporter:

- *Om norsk deltakelse i EMBL - European Molecular Biology Laboratory*, av Berit Mørland, NIFUs skriftserie nr. 13/97.
- *Om norsk deltakelse i CERN*, av Helge Godø, NIFUs skriftserie nr 14/97,
- *Om norsk deltakelse i ESRF - European Synchrotronous Radiation Laboratory*, av Aris Kaloudis, NIFUs skriftserie nr 15/97,
- *Om norsk deltakelse i ESA - European Space Agency*, av Helge Godø, NIFUs skriftserie nr 16/97,
- *Om OECD Halden Reactor Project*, av Helge Godø, NIFUs skriftserie nr 17/97,
- *Hello "Big Science" - en bibliometrisk analyse av norsk deltakelse i internasjonale forskningsorganisasjonene CERN, ESA, ESRF, EMBL*, av Aris Kaloudis, NIFUs U-notat nr 9/97,
- *Porteføljeanalyse - forslag til opplegg for en forskningsstrategisk analyse av norsk deltakelse i CERN, ESA, ESRF, EMBL og OECDs Halden reaktorprosjekt*, av Helge Godø, NIFUs U-notat nr 10/97.

Prosjektet har vært ledet av Helge Godø, som også har skrevet denne rapporten.

Foreliggende rapport om norsk deltakelse i de nevnte internasjonale forskningsorganisasjonene hadde ikke vært mulig uten verdifull informasjon fra innsiktsrike

personer i norske forskningsmiljøer og forskningsforvaltning - og en spesiell takk går til disse.

Oslo, juli 1997

Berit Mørland
Instituttstjef

Egil Kallerud
Seksjonsleder

Innhold

Sammendrag.	7
1	Forskningsstrategiske tilnærminger til norsk deltakelse i big science. 11
1.1	Bakgrunn og innledning. 11
1.2	Forutsetninger for selve utredningen. 12
1.3	Norsk deltakelse i internasjonal big science. 14
1.3.1	CERN. 15
1.3.2	ESA. 16
1.3.3	EMBL. 17
1.3.4	ESRF. 18
1.3.5	Haldenprosjektet. 18
1.4	Norsk forskningspolitikk mht. deltakelse i big science. 19
1.5	Premisser for analysene og vurderingene. 21
1.5.1	Informasjonsasymmetri. 21
1.5.2	Forskningspolitiske forutsetninger og føringer. 23
1.6	Opplegg for rapporten. 26
1.6.1	Konsekvenser av dagens forskningsstrategi. 27
1.6.2	Forsknings- og teknologiaspektet. 28
1.6.3	Samfunnsmessige interesser i big science. 29
1.6.4	Generell forskningsstrategisk vurdering av fremtidsutsikter og de enkelte organisasjonene. 30
2	Konsekvenser av dagens forskningsstrategi. 32
2.1	Interessenter i Norge. 32
2.2	Plattform i dag - hva er oppnådd hittil. 34
2.3	Kostnader ved deltakelsen: Årlige, historiske og fremtidige. 35
2.4	Måloppnåelse - sannsynlighet for at målsettinger blir nådd. 37
2.5	Norske forskningsmiljøers fortrinn. 39
2.6	Tidsaspektet - når kommer resultatene? 40
3	Forsknings- og teknologiaspektet. 42
3.1	Vitenskapelige spørsmål som deltakelsen belyser. 42
3.2	Klassifikasjon (type) samarbeid. 43
3.3	Forskningsfronten. 44
3.4	Deltakelsens betydning for norsk forskning og teknologi. 45
3.5	Global betydning av forventede resultater. 45
3.6	Samsvar nasjonal forsknings- og teknologistrategi. 46
3.7	Omfang av ressurser som kreves for deltakelse i samarbeidet. 47
3.8	Norske forskere og FoU-miljøers kvalitet, størrelse og utviklingspotensiale. 48
3.9	Spesielle fortrinn fra deltakelsen. 49

3.10	Bidrag til norsk tverrfaglighet.....	50
3.11	Utdanningseffekten.....	50
3.12	Internasjonalt omdømme.....	51
4	Samfunnsmessige aspekter.....	52
4.1	Teknologisk bidrag til nasjonal industri (teknologioverføring).....	52
4.2	Kommersiell betydning for norsk leverandør industri.....	52
4.3	Nasjonal kunnskapsbase for næringsliv og forvaltning.....	53
4.4	Kobling mellom FoU og nasjonal industri.....	53
4.5	Kommersiell nyskaping og etablering.....	54
4.6	Teknologisk opplæring.....	54
4.7	Generelt bidrag til kultur, kunnskap/utdanning og velferd.....	54
4.8	Positive, eventuelt negative miljøeffekter.....	55
4.9	Bidrag til allmennhetens syn på FoU.....	55
4.10	Bidrag til omdømme av Norge i internasjonalt samfunn.....	55
4.11	Bidrag til å underbygge Norges “forhandlingsposisjon”.....	56
5	Konklusjon: Forskningsstrategisk attraktivitet.....	57
5.1	Forskningsmessige forutsetninger.....	58
5.2	Grad av modenhet, originalitet og muligheter.....	60
5.2.1	Modenhet.....	60
5.2.2	Originalitet.....	61
5.2.3	Mulighetene.....	62
5.3	Forventede virkninger.....	63
5.4	Forskningsmessig attraktivitet.....	63
5.5	Generell attraktivitet og strategisk handlingsrom.....	66
5.5.1	Generell attraktivitet.....	68
5.5.2	Samfunnsmessig attraktivitet.....	75
5.5.3	Handlingsrom i fremtiden.....	77
	Litteratur.....	81

Sammendrag

Denne rapporten foretar en forskningsstrategisk utredning av norsk deltakelse i de internasjonale forskningsorganisasjonene CERN¹, ESA², EMBL³ og ESRF⁴, samt OECD Halden Reactor Project (også kalt "Haldenprosjektet", eller forkortet til HRP). Deltakelsen blir analysert ut fra en rekke dimensjoner som sammenfattes til slutt i rapporten i dimensjonen *generell attraktivitet*. Ut fra generell attraktivitet er det små forskjeller mellom deltakelsen i de fire organisasjonene CERN, ESA, EMBL og ESRF. Haldenprosjektet er imidlertid distinkt forskjellig fra disse fire og kommer derfor i en egen kategori. Vurdert etter *forskningsmessig attraktivitet* alene er det imidlertid en viss forskjell mellom også de fire. I henhold til denne dimensjonen fremstår deltakelsen i CERN og ESA begge med høy attraktivitet, EMBL og ESRF med moderat attraktivitet (men EMBL høyere enn ESRF) - og Haldenprosjektet som lite attraktivt. Disse vurderingene er basert på hva som oppfattes som et forskningsstrategisk optimum for Området for naturvitenskap og teknologi, slik man kan tolke og operasjonalisere deres verdigrunnlag og forskningsstrategiske interessefelt i deres strategiplan.

I forbindelse med konklusjonen presenterer rapporten også det *forskningsstrategiske handlingsrom* som er knyttet til fortsatt norsk deltakelse i de fem organisasjonene. Karakteristisk for deltakelsen i CERN og ESA, samt Haldenprosjektet, er bindinger som gjør at handlingsrommet ligger i *langsiktighet*, og bør følgelig være preget av *tålmodighet* med en tidshorisont på mange år fremover. For deltakelsen i EMBL og ESRF er Norge i en friere stilling. For CERN ligger det bindinger pga. Norges tilslutning i 1993/94 til LHC-utbyggingen og avtaler som er inngått om bidrag til eksperimenter i denne forbindelse. Deltakelsen i ESAs vitenskapsprogrammer er *obligatoriske* så lenge Norge ønsker å være medlem av ESA. Haldenprosjektet vil forplikte Norge i mange år fremover uansett utfallet av konsesjonssøknaden for reaktoren etter 2000. Det er sannsynligvis relativt lite som kan frigjøres av midler fra Norges nåværende deltakelse i disse organisasjonene på kort sikt. I tillegg kommer endel generelle faktorer som preger det strategiske handlingsrom, hvor *forskerrekrutteringen*, særlig til partikkelfysikk, synes å være så lav at det bør undersøkes nøyere om fremtidig norsk deltakelse i de internasjonale forskningsorganisasjonene kan forsvares ut fra utviklingstrender på dette området alene. Disse momentene og

¹CERN=European Organization for Nuclear Research

²ESA=European Space Agency

³EMBL=European Molecular Biology Laboratory

⁴ESRF=European Synchrotron Radiation Facility

vurderingen i forbindelse med generell attraktivitet og forskningsmessig attraktivitet gir imidlertid ikke noen opplagte kandidater til umiddelbar utfasing, slik at hvis man må velge, vil det være ut fra hensyn som ligger utenfor de forskningsstrategiske momentene som er analysert og vurdert i denne utredningen. For en forskningsstrateg, som noen ganger må velge mellom en av mange tilsynelatende attraktive muligheter pga. knapphet og andre hensyn, kan slike valg til tider være en nødvendig og legitim beslutning.

Sammenfatningen som er gjengitt ovenfor er basert på rapportens konklusjon og bygger på en rekke analyser og drøftinger som utgjør rapportens hovedkropp. Utgangspunktet for rapporten er et oppdrag fra Norges forskningsråd, Området for naturvitenskap og teknologi om utredning av norsk deltakelse i CERN, ESA, EMBL og ESRF, samt Haldenprosjektet.

Utredningen, som ble gjennomført i vårsemesteret 1997, var organisert som et prosjekt bestående av tre delprosjekter:

- Del 1: *Kartlegging og planlegging av et detaljert opplegg*
- Del 2: *Fakta grunnlag - datainnsamling og analyse*⁵
- Del 3: *Fremtidsperspektiver og anbefalinger* - det denne rapporten omhandler.

I første kapittel av foreliggende rapport blir dette og opplegget for rapporten utdypet. Det blir lagt vekt på å klargjøre at utredningens fagspesifikke rolle ("forskning om forskning") skal tilveiebringe et forskningsstrategisk grunnlag, som bygger på *vitenskapseksterne* kriterier og ikke må forveksles med vitenskapsinterne prosesser som peer reviews og faglige evalueringer. Ulike former for informasjonsasymmetri gjør at den forskningsstrategiske beslutningstaker har behov for andre informasjonstyper enn de som fremkommer av vitenskapsinterne prosesser - noe denne rapporten skal bidra til. De forskningspolitiske forutsetningene som er relevante for utredningen blir også trukket frem.

I kapittel 2 blir det gitt en oversikt over hva deltakelsen i de fem organisasjonene representerer i et sammenlignende perspektiv. En oversikt over interessenter

⁵ Fra prosjektets Del 2 foreligger følgende rapporter og notater:

- *Om norsk deltakelse i EMBL - European Molecular Biology Laboratory*, av Berit Mørland, NIFU skriftserie nr. 13/97,
- *Om norsk deltakelse i CERN - European Organization for Nuclear Research*, av Helge Godø, NIFU skriftserie nr. 14/97,
- *Om norsk deltakelse i ESRF - European Synchrotron Radiation Laboratory*, av Aris Kaloudis, NIFU skriftserie nr. 15/97,
- *Om norsk deltakelse i ESA - European Space Agency*, av Helge Godø, NIFU skriftserie nr. 16/97,
- *Om OECD Halden Reactor Project*, av Helge Godø, NIFU skriftserie nr. 17/97,
- *Hello "Big Science" - en bibliometrisk analyse av norsk deltakelse i internasjonale forskningsorganisasjonene CERN, ESA, ESRF, EMBL*, av Aris Kaloudis, NIFU U-notat nr. 9/97,
- *Porteføljeanalyse - forslag til opplegg for en forskningsstrategisk analyse av norsk deltakelse i CERN, ESA, ESRF, EMBL og OECD Halden Reactor Project*, av Helge Godø, NIFU U-notat nr. 10/97.

knyttet til deltakelsen viser at *fysikkmiljøene ved universitetene* er de som i størst grad tilgodesees av deltakelsen, fordi disse dominerer i CERN og ESA-deltakelsen, som utgjør ca 83% av ressursbruken til deltakelsen i de fem organisasjonene. Samlet årlig norsk ressursbruk (både bevilgninger og anslått verdi av "egeninnsats") til deltakelsen er på 226,3 millioner kr. Ekstrapolert for perioden 1998-2007 blir dette ca 2.226 millioner kroner. Ut fra foreliggende planer kan man karakterisere CERN og ESAs teknologiske risiko som høy (noe som vurderes som positivt), i de andre organisasjonene er den lavere. Ut fra en sammenligning av CERN og ESA mht. karakteristika i forskningsdesign fremtrer disse som forskjellige på en rekke dimensjoner. En av disse er når resultater av forskningen kan forventes. Fra CERN vil de store resultatene først komme etter år 2005, når LHC-anlegget starter opp. Fra ESA vil resultatene komme fortløpende, avhengig av romferder - og hvor vellykket de er.

I kapittel 3 er det de forskningsmessige og teknologiske fremtidsutsiktene som står i fokus, dvs. de vitenskapeksterne faktorene "scientific merit" og "technological merit". I alt 12 dimensjoner ble benyttet til å belyse den norske deltakelsen, slik som:

- vitenskapelig spørsmål (generelle),
- type forskningsamarbeid,
- i hvilken grad organisasjonen i er i forskningsfronten,
- deltakelsens betydning for norske forskere,
- global betydning av forventede resultater,
- samsvar med norsk forsknings- og teknologistrategi,
- størrelsen på følgeforskningen, etc.

I kapittel 4 er det de samfunnmessige aspektene ved deltakelsen som står i fokus, dvs. det som kan kalles "social merit". I alt 11 dimensjoner ble benyttet til å belyse den norske deltakelsen, slik som:

- teknologisk bidrag til nasjonal industri (teknologioverføring)
- kommersiell betydning for norsk leverandørindustri,
- nasjonal kunnskapsbase for næringsliv og forvaltning,
- kobling mellom FoU og nasjonal industri,
- kommersiell nyskaping og etablering,
- teknologisk opplæring,
- generelt bidrag til kultur, kunnskap/utdanning og velferd, etc.

Siste kapittel, kap. 5, som konklusjonskapittel, bygger på analysene i de foregående kapitlene. Første delen går ut på å finne frem til i hvilken grad deltakelsen er *forskningmessig attraktiv*. Tankegangen er at *høy attraktivitet* er en funksjon av at forskningsvirksomheten innebærer *høy teknologisk risiko*, samtidig som de forskningsmessige dimensjonene *originalitet*, *mulighetene* og *forventede virkningene* vurderes som gode. Forskningsmessig attraktivitet, sammen med *effekt mål* og dimensjoner som inngår i

samfunnsmessige aspekter, er komponenter i *generell attraktivitet*, en totalvurdering, som ble gjengitt i begynnelsen av dette sammendraget - og skal ikke gjentas her.

1 Forskningsstrategiske tilnærminger til norsk del- takelse i big science

1.1 Bakgrunn og innledning

Denne rapporten er sluttrapporten fra et prosjekt som *utredet* (ikke evaluert) norsk deltakelse i de internasjonale forskningsorganisasjonene CERN, ESA, EMBL, ESRF og OECD Halden Reactor Project ("Haldenprosjektet"). målsettingen er å belyse en del forskningsstrategiske aspekter som er relevante, blant annet for den fremtidige deltakelsen i disse organisasjonene. Forutsetninger og fremgangsmåter som er benyttet for å løse denne oppgaven blir nærmere angitt nedenfor; først litt om selve oppdraget som ligger til grunn for utredningen - og denne rapporten.

Utredningen som er utført er etter et oppdrag fra Norges forskningsråd, Området for naturvitenskap og teknologi, et oppdrag som ble gitt til NIFU 16/12-1996. Rapporten omhandler forskningsstrategiske aspekter knyttet til norsk deltakelse i de store internasjonale, big science-forskningsorganisasjonene:

- ▶ *CERN* - European Organization for Nuclear Research
- ▶ *ESRF* - European Synchrotron Radiation Facility
- ▶ *EMBL* - European Molecular Biology Laboratory
- ▶ *ESA* - European Space Agency
- ▶ *OECD HRP* - OECD Halden Reactor Project (også kalt "Haldenprosjektet" eller bare HRP)

De overordnede mål for prosjektet har vært å belyse:

- ▶ Forskningspolitiske og -strategiske forutsetninger for deltakelse - da og nå, samt andre politiske forhold, f. eks. norsk utenrikspolitikk.
- ▶ Hva slags effekter har deltakelse oppnådd? Hva er alternativ-verdien av innsatsen?
- ▶ Hva slags suksesskriterier er relevante for vurdering av fortsatt deltakelse i disse organisasjonene ut fra fremtidsperspektiver - faglig, industrielt og forskningspolitisk?

Utredningen, som ble gjennomført i vårsemesteret 1997, var organisert som et prosjekt bestående av tre delprosjekter:

- Del 1: *Kartlegging og planlegging av et detaljert opplegg*
- Del 2: *Faktagrunnlag - datainnsamling og analyse*⁶

⁶ Fra prosjektets Del 2 foreligger følgende rapporter og notater:

- *Om norsk deltakelse i EMBL - European Molecular Biology Laboratory*, av Berit Mørland, NIFU skriftserie nr. 13/97,

- *Om norsk deltakelse i CERN - European Organization for Nuclear Research*, av Helge Godø, NIFU skriftserie nr. 14/97,

- *Om norsk deltakelse i ESRF - European Synchrotronous Radiation Laboratory*, av Aris Kaloudis, NIFU skriftserie nr. 15/97,

- *Om norsk deltakelse i ESA - European Space Agency*, av Helge Godø, NIFU skriftserie nr. 16/97,

- Del 3: *Fremtidsperspektiver og anbefalinger* - det denne rapporten omhandler.

1.2 Forutsetninger for selve utredningen

En forutsetning for utredningen var at den skulle basere seg på tilgjengelige kilder og bare i begrenset utstrekning innhente opplysninger gjennom egne opplegg, som intervjuer, etc.

Vi vil dessuten klargjøre hva slags *posisjon* denne utredningen kan tenkes å ha i et forskningsstrategisk landskap - *hva slags* input denne utredningen kan gi i en forskningsstrategisk og -politisk vurdering, og dermed også hva som er de *viktigste begrensningene* som hefter ved dette bidraget. Dette kan klargjøres ved å vurdere dimensjonene “rolle” og “informasjon” mot hverandre, som vist i figuren nedenfor.

Figur 1.1: Prinsippskisse for roller og informasjon av betydning for denne utredningen

		Informasjon	
		Fagspesifikk	Strukturell
Rolle (forskningsstrategiske)	Fag-spesifikk	1 "Peer reviews"	2 NIFU: - faktagrunnlag for FoU - forskning om forskning - innovasjonsforskning
	Struktur-eil	3 Program- og disiplinrelaterte komiteer, råd, etc	4 Norges forskningsråd: - nasjonalt forskningsstrategisk ansvar

I forskningsstrategiske beslutninger står man overfor forskjellige former for - *informasjonsasymmetri* (dvs. at kunnskapsmengder og -typer er ulikt fordelt innen et system - vil bli utdypet kap 1.4.1) som et generelt problem, men også et rolle-avhengig kompetanseproblem mht. forskningsstrategi. I enkelte sammenhenger kan

- Om OECD Halden Reactor Project, av Helge Godø, NIFU skriftserie nr. 17/97,

- Hello "Big Science" - en bibliometrisk analyse av norsk deltakelse i internasjonale forskningsorganisasjonene CERN, ESA, ESRF, EMBL, av Aris Kaloudis, NIFU U-notat nr. 9/97,

- Porteføljeanalyse - forslag til opplegg for en forskningsstrategisk analyse av norsk deltakelse i CERN, ESA, ESRF, EMBL og OECD Halden Reactor Project, av Helge Godø, NIFU U-notat nr. 10/97.

det siste få emosjonell energi fordi det knytter seg prestisje, identitet og ideologi til, men også konkurranse om knappe midler. Denne utredningen er *ingen* peer review (kvadrant 1) og har heller ikke få forutsetninger for å foreta fagpolitiske vurderinger slik disse utføres i disiplin- og programrelaterte sammenhenger (komiteer, råd, etc - kvadrant 3) i forbindelse med faginterne prioriteringer. Derimot kan vi (kvadrant 2), med vår fagspesifikke ekspertise (innen forskning om forskning) på en metodisk transparent måte prøve å samle inn, systematisere, analysere og *tolke* den informasjon som kommer *fra* fagmiljøene (kvadrantene 1 og 3) - med sikte på å dekke deler av det *forskningsstrategiske informasjonsbehovet* som Forskningsrådet har (kvadrant 4), for sine forskningsstrategiske beslutninger.

Hensikten med dette vil være å minske den informasjonsasymmetrien som er til stede mellom eksperter (kvadrant 1 og 3) og de som har et overordnet ansvar for å ivareta helhet og allmennhetens interesser (de som betaler) for et felles gode som offentlig finansiert forskning. Hvis denne fremgangsmåten oppfattes som uholdbar, kan det være fordi man mener at forskningsstrategi er et indre anliggende som tilhører primært kvadrant 1. En slik holdning, som i økende grad er anakronistisk, overser at forskningsstrategiske beslutningstakere i økende grad må rettferdiggjøre valg og prioriteringer overfor sine foresatte (jf. "accountability" - Sarewitz (1996) og "sosial kontrakt" og "legitimitetskrise" NOU 1991:24, s. 35-50). Det forskningsstrategiske handlingsrom er i økende grad preget av at en sannsynligvis nådd et metningspunkt mht. hvor store ressurser det vil få tilført. Ulike aktiviteter må følgelig vurderes opp mot hverandre på et høyere nivå i systemet, av aktører med begrenset informasjon og innsikt i de enkelte aktivitetene (kvadrant 4).

Berørte fagmiljøer/fagpersoner vil kunne bli urolige i forbindelse med enkelte av denne utredningens vurderinger, f.eks. vurderinger av vitenskapelig fremtidsutsikter innen et forskningsområde. De vil si at dette *bare* kan vurderes av eksperter (internt i kvadrant 1, til nød kvadrant 3) - dvs. en helt fagspesifikk, kompetanse-avhengig. Men allmennheten som skal betale for dette vil før eller siden stå overfor et beslutningsproblem, fordi de må prioritere mellom forskningens ønsker og ressurser til andre, presumptivt gode formål. Selv om de i kvadrant 1 og 3 kanskje ikke vil oppleve dette som et problem ("bare ta pengene fra veibevilgningene!"), så vil beslutningstakere før eller siden spørre om *hvorfor* forskningen skal få ressurser - og *hva* kan vi forvente av resultater fra en satsing i noe så usikkert som forskning. Beslutningstakere vil da - på grunnlag av det forskerne *selv sier og gjør* (både eksplisitt og gjennom "performance" i resultatindikatorer) og utfra *andre hensyn* - gjøre seg opp en mening, bl.a. ut fra egne vurderinger av fremtidsutsikter og vitenskapelig risiko - og prioritere hva som er mest attraktivt i deres øyne.

Det diskutabile i å tro at forskersamfunnet er de eneste som *kan* (og derfor *bør*) vurdere aspekter som vitenskapelig risiko og fremtidsutsikter går på mange

dimensjoner, hvorav noen skal trekkes frem. En underkjennelse av andres (de som skal forvalte og betalernes) evne og rett til å mene noe om forskningen ut fra en kritisk vurdering av hva aktørene selv gjør og sier at de gjør, kan neppe oppfattes som annet enn et ønske om en *in blanco* fullmakt. Det er feilaktig å legge til grunn at den type sammenligninger og prioriteringer som skjer gjennom peer reviews (kvadrant 1, del 3) er adekvate for, eller av samme art som den som skal forholde hele fagområder, disipliner og institusjoner til hverandre. Denne diskusjonen og erkjennelsen er ikke ny - den ble første gang drøftet systematisk i 60-tallets debatt om "interne og eksterne kriterier" - der det nettopp var framveksten av "big science" som førte til en erkjennelse av de eksterne kriterienes økende betydning (jf. Kallerud 1992, s. 40-46 for en oppsummering av den såkalte "Minerva-debatten"). I dette ligger en erkjennelse av at det i all virksomhet, selv de som betrakter seg som ekstraordinære, er mulig og nødvendig å finne frem til felles trekk og kjennetegn (både kvalitative og kvantitative) som utenforstående (f.eks kvadrant 2) kan identifisere, analysere og sammenligne. Med dette som utgangspunkt vil resten av kapittelet omhandle forutsetninger som vil være relevante for foreliggende rapport.

1.3 Norsk deltakelse i internasjonal big science

Hovedhensikten med deltakelsen i de internasjonale big science organisasjonene som denne utredningen omhandler, er å gi norske forskere adgang til forskningsmuligheter som disse organisasjonene har. Samtidig ligger det en politisk motivert gjensidighet i dette - den internasjonale ide om samarbeid og brobygging mellom nasjoner for å oppnå fellesgoder, som i slike tilfeller vil være bidrag til en felles, global kunnskapsproduksjon. På forskningsutførende nivå er det flest norske universitetsansatte forskere som deltar, og de fremstår dermed som de største interessentene i denne typen forskning i Norge. Unntaket er her, som i mange andre dimensjoner som skal vurderes i denne rapporten, Haldenprosjektet. Deltakelse i organisasjonene gir norske forskere adgang til store, avanserte og meget kostbare instrumenter og forskningsanlegg. Disse er så store og kostnadskrevenne at selv store nasjoner som USA og Japan nå i økende grad går inn for internasjonalt samarbeid om disse. Deltakelsen gir også norske forskere adgang til et omfattende, internasjonalt nettverk, til andre forskere innen sine faglige spesialiteter. Norge deltar også gjennom medlemskapet i organisasjonen, dvs. som "eier". Dette gir adgang til organisasjonenes styringssystem, men forplikter Norge til å betale en andel av organisasjonens budsjett. Ressurser for ca 220 millioner kroner går med årlig til norsk deltakelse i disse organisasjonene. Ca 55 norske personer arbeider i CERN, ESA, EMBL og ESRF som ansatte i organisasjonene, mens ca 250 norske personer arbeider på Haldenprosjektet. Norsk næringsliv har noe leveranser av utstyr og tjenester til disse organisasjonene.

Nedenfor blir det gitt en kort omtale av disse organisasjonene - mer utførlig vil de finnes i de enkelte delrapportene fra prosjektets Del 2.⁷

1.3.1 CERN

CERN ble formelt opprettet i 1954 og har sete i Genève i Sveits, på begge sider av den fransk-sveitsiske grensen. Norge var med helt fra begynnelsen, i den tidlige planleggingsfasen som startet opp alt i 1949, og har dermed et langvarig medlemskap i CERN. Hovedhensikten med CERN er å utføre eksperimenter innen partikkelfysikk på eksisterende anlegg, og planlegging og utbygging av fremtidige anlegg. Anlegg vil i hovedsak si akseleratorer - ringer hvor partikler med ulike egenskaper (avhengig av eksperiment) fraktes opp i høy energi, med tilhørende detektorer som registrerer partikkel-adferd når (og hvis) de kolliderer. CERNs organisasjon og virkemåte kan forklares ut fra dette. CERN styres av et råd (council) og ledes av en ansatt generaldirektør med stab. CERNs totalbudsjett i 1995 var på ca 4,5 milliarder kroner. Imidlertid, de som *befolker* CERN kan grovt deles i to:

- ▶ *De som er lønnet av CERN*, 3.236 personer ved utgangen av 1996, herav 26 norske. Av disse var 2.875 personer fast ansatte og 361 personer åremålsansatte stipendiater og forskere.
- ▶ *Brukerne*, i hovedsak forskere/fysikere som oppholder seg ved CERN i forbindelse med eksperimentene, og som er ansatt ved forskningsorganisasjoner i medlemslandene og ellers. 1995 var 5.513 personer av denne kategori inntil CERN i kortere eller lengre perioder, herav 41 norske. I Norge er det norske "CERN-community" anslått til ca 120 personer.

Norge bidrar med 1,6% av CERNs budsjett. I alt gikk det med ressurser for ca 96 millioner kroner til den norske deltakelsen i CERN i 1996 - og omtrent like mye i 1997. I dette er det medregnet en norsk "egeninnsats" på ca 21 årsverk utført av forskere ved norske universiteter, til arbeid med eksperimenter i CERN.

Deltakelsen av norske i CERN-eksperimenter har de siste årene vært konsentrert om DELPHI-programmet på LEP-collideren, men det har også vært norsk deltakelse i LEAR-programmet, SPS-programmet og ISOLDE-programmet. Den norske aktiviteten har imidlertid i økende grad blitt orientert mot den planlagte Large Hadron Collider (LHC) som skal være ferdig i 2005. I dette er det konstruksjon av detektorene ATLAS og ALICE hvor norske deltar, især fysikere ved universitetene i Oslo og Bergen er aktive i dette. LHC er planlagt med to stråler på 7 TeV (kollisjonsenergi på 14 TeV) og vil i 2005 ha en enerådende posisjon i den globale partikkelfysikken pga. de høye energiene som blir mulige i dette anlegget. USA, Russland og Japan vil bidra i betydelig grad til finansieringen av LHC. CERN er ut fra dette i ferd med å bli en global organisasjon. Blant partikkelfysikere er det

⁷ Jf. fotnote nr 1 ovenfor.

forventninger om at LHC skal gi forbedrede eksperimentelle resultater for å belyse Standardmodellen, som inntar en viktig teoretisk plass.

1.3.2 ESA

European Space Agency (ESA) er i likhet med CERN en internasjonal organisasjon basert på medlemskap av 14 deltakende europeiske nasjoner, deriblant Norge. ESA - med sitt nåværende navn - ble juridisk sett opprettet først i oktober 1980, men var operativt allerede i 1975. ESA har sine aner tilbake til tidlig i 1960-årene, til de tidligere European Space Research Organization (ESRO) og European Launcher Development Organization (ELDO). I opprettelsen av disse organisasjonene treffer vi igjen ild-sjeler som 10-15 år tidligere hadde vært entreprenører for opprettelsen av CERN, deriblant Edoardo Amaldi fra Italia og Pierre Auger fra Frankrike. Norge ble medlem av ESA i 1987. I dag er ESA organisert i en rekke sentra rundt omkring i Europa med ca 2.000 ansatte. I tillegg kommer et stort antall mennesker som arbeider for ESA gjennom kontrakter og ca 1.300 ansatte på utskytingsfeltet Kourou i Fransk Guiana.

Et organisatorisk kjennetegn med ESA er at den arbeidsmessig forholder seg til nasjonale romfartsorganisasjoner, som for Norge vil si Norsk Romsenter. I Europa finner man stor variasjon i disse og den romfartsrelaterte FoU og industri som de representerer. Dette er en viktig premisse for ESAs arbeid. Et annet viktig aspekt er selve organiseringen av ESAs virksomhet, som er todelt:

- *en obligatorisk del*, som omfatter romforskning (vitenskapsprogrammene) og basisinfrastruktur, og som finansieres gjennom medlemskapsbidraget i henhold til en BNP-nøkkel. Denne delen dekker også utgifter til ESAs administrasjon og en del teknologisk FoU. ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer har sine aner i det tidligere ESRO,
 - *en frivillig del* (dvs. at nasjonene selv bestemmer om de vil være med) som omfatter i hovedsak spesielle anvendelser, f.eks. telekom og jordobservasjoner, eller teknologiutvikling i forbindelse med bæreraketter, romstasjoner, etc
- ESAs årlige totalbudsjett er i overkant av 20 milliarder kroner. Av dette utgjør ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer ca 2,5 milliarder kroner. Ressursbruken til norsk deltakelse i ESAs obligatoriske vitenskapsprogram var på ca 84 millioner kr i 1996, og er omtrent på samme nivå i 1997. Omkring 50 årsverk brukes ved norske universiteter og forskningsinstitutter til romforskning i ESAs vitenskapsprogrammer. Norsk romforskning i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer er konsentrert om romfysikk og astrofysikk, og deltakelse i romferdene SOHO og Cluster står sentralt i dette arbeidet. I ESA arbeider ca 25 norske. Totalt koster ESA-medlemskapet Norge ca 200 millioner kroner årlig - herav går ca 43 millioner til det obligatoriske vitenskapsprogrammet. Hovedmotivet for norsk deltakelse i ESA er industripolitisk.

1.3.3 EMBL

EMBL ble opprettet i 1974 og har i dag 15 medlemsland. EMBL består av et hoved-laboratorium i Heidelberg i Tyskland og har ellers tre "utestasjoner" i hhv. Hamburg (synkrotronstråling fra DESY), Grenoble i Frankrike (samlokalisert med ESRF for synkrotronstråling) og Hinxton, Cambridge i England for bioinformatikk.

EMBLs budsjett er på ca 500 millioner kroner. Kjernen i EMBL består av syv forskningsprogrammer innen molekylærbiologi og cellebiologi, hvorav to er metodeutviklingsprogrammer i tilknytning til disse. Norge kom med i EMBL i 1986, som ledd i ett av tiltakene for å ruste opp norsk bioteknologisk forskning. Norsk ressursbruk til EMBL (inkl. følgeforskningen) var i 1996 på ca 12,5 millioner kroner (herav 5 millioner kroner medlems-kontingent) og vil være omtrent like stor i 1997. Den norske deltakelsen i EMBLs faglige aktiviteter har vært innen cellebiologi, strukturstudier, differensiering og gen-ekspresjon, samt EMB-net-noden, som også er den nasjonale koblingen til EMBLs sentrale gendatabank. De norske deltakerne kommer i hovedsak fra universitetene i Oslo og Bergen. De fleste har vært på postdoktornivå, men også norske PhD-stipendiater, teknikere og gjesteforskere har hatt opphold ved EMBL samt en norsk person i en lederstilling. Opp-byggingen av flere norske miljøer (sentra) er preget av organiseringen av EMBL, det seneste er Sars International Center i Bergen. EMBL har en 5 års-strategiplan fra 1995 som er retningsgivende for dagens prioriteringer, og som samsvarer med norske miljøer som har forskningsaktiviteter orientert mot EMBL.

1.3.4 ESRF

ESRF er lokalisert til Grenoble i Frankrike, og anlegget her gjør det mulig å studere atomære, molekylærstrukturer og dynamiske prosesser i ulike materialer på et høyere detaljnivå (resolusjonsnivå) enn tidligere, noe som er viktig for fagfelt som fysikk, kjemi, materialvitenskap, krystallografi, biologi, geologi, medisin, osv. Anlegget hadde i begynnelsen av 1996 22 operative stråler, men ferdigbygget vil anlegget ha 30 strålelinjer som skal være til bruk for europeiske og andre forsknings-miljøer.

Tolv europeiske land er med på å finansiere oppbygging og drift av ESRF. Seks land, deriblant Norge, deltar gjennom to konsortier: NORDSYNC med Sverige, Danmark, Finland og Norge som medlemmer og BENESYNC med Belgia og Nederland som medlemmer. Det er ca 430 fast ansatte i ESRF, og mer enn 2000 forskere og studenter benytter installasjonene hvert år. Ferdig utbygd i 1998 vil trolig anlegget ha kostet til sammen 4,7 milliarder NOK (inkludert driftskostnader for 1994-1998). ESRF er nabo til Institut Max von Laue-Paul Langevin (ILL) i Grenoble. En annen nabo er EMBL, som har en av sine "utestasjoner" i tilknytning til ESRF i Grenoble. EMBL og ESRF samarbeider i forbindelse med utbygging av to strålelinjer ved ESRF mht. eksperimenter i molekylærbiologi. Årlig

norsk ressurs-bruk i forbindelse med ESRF er på ca 5,3 millioner kroner, som også omfatter innretningen Swiss-Norwegian Beam Line (SNBL), et eget konsortium. I Norge er det i hovedsak forskere ved universitetene samt IFE og Høgskolen i Stavanger som er brukere av ESRF. Bruken av ESRF inngår i deres forskning som spenner over fagfelt som faststoffkjemi, materialvitenskap, katalyse/petrokjemi, strukturkjemi, etc. Det er 1 norsk ansatt i ESRF. Norsk industri er foreløpig ikke aktive i bruken av ESRF.

1.3.5 Haldenprosjektet

Haldenprosjektet (OECD HRP) er organisert i tilknytning til Institutt for energiteknikk forskningsreaktor i Halden, som et samarbeidsprosjekt mellom organisasjoner og bedrifter fra 19 land som sammen finansierer programmet. Programmet er i regi av OECD, nærmere bestemt av OECDs Nuclear Energy Agency (NEA).

Hovedfokus for virksomheten er sikkerhet ved eksisterende kjerneanlegg, ut fra tre hovedinnsatsområder:

- *Kjernebrenselikkerhet* - hvor fokus er kartlegging av fenomener og prosesser som vil kunne påvirke sikkerheten. Aktivitetene her gjennomføres på eksperimentelle testtriggere i Haldenreaktoren,
- *Materialteknologi og eksperimenter i Haldenreaktoren* for å verifisere materialkvaliteter og driftsforhold som er viktige i sikker drift av viktige komponenter i kjernekraftanlegg,
- *Datamaskinbaserte prosess- og overvåkingssystemer*, med vesentlig vekt på å forbedre organisatoriske og menneskelige aspekter ved kontrollromsvirksomhet.

Selve reaktoren i Halden tilhører Institutt for energiteknikk (IFE) og sto ferdig i 1959. Samme år fikk IFE (opprinnelig Institutt for atomenergi - IFA) en avtale med OECD gjennom NEA om et felles prosjekt som er videreført helt fram til i dag, i form av 3-årige prosjekter med deltakelse fra medlemslandene. Inneværende periode går fra 1997-2000. I IFE er Haldenprosjektet skilt ut for seg, dvs. at både organisatorisk og økonomisk er Halden-delen relativt autonom i forhold til Kjeller-delen. Organisasjonisk ledes OECD HRP av en egen prosjektleder.

Ved utgangen av 1996 var det 280 ansatte i Haldenprosjektet. Antall ansatte gikk i en kortere periode i 1996 noe ned i forbindelse med at 25 personer forlot IFE for å etablere en ny bedrift, Hand-El Skandinavia AS. Denne bedriften er nå i rask vekst, med 58 ansatte i mars 1997. For 1996 hadde Haldenprosjektet inntekter på 210 millioner kroner. Av disse kommer ca 29,5 millioner fra offentlige norske bidrag, bl. a. 25 millioner fra Forskningsrådet gjennom en bevilgning fra Nærings- og handels-departementet. Resten er oppdragsinntekter, hvorav ca 150 millioner kr er fra utlandet. Oppdragsmengden til Halden-miljøet har økt de siste årene. Haldenprosjektets fremtid vil bero på om reaktoren i Halden får konsesjon for en ny

periode etter 2000, og om OECD HRP blir fornyet i en ny 3-årsperiode fra samme tidspunkt.

1.4 Norsk forskningspolitikk mht. deltakelse i big science

Internasjonalt forskningssamarbeid er et sentralt punkt i norsk forskningspolitikk. Det angis som en målsetting at dette skal økes. Deltakelsen i EUs ramme-programmer gjennom EØS-avtalen har bidratt til en økende internasjonalisering av norsk forskning de siste årene. Det blir også anført at samarbeid med fremstående forskningsmiljøer i andre land fremmer kvalitet i norsk forskning, sikrer faglig fornyelse, nye kontakter og økt tilgang på ny kunnskap til nytte for samfunns- og næringsliv. I Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementets budsjettforslag for 1997 (St prp nr 1 (1996-97)) er begrunnelsen ordlagt slik: "Det er derfor et overordnet mål å utnytte vår deltakelse i internasjonale forskningsorganisasjoner og -programmer fullt ut, og samtidig bidra til kunnskapsutvikling på områder der norske miljøer har høy kompetanse." (s. 268)

Videre blir det anført at forskningssamarbeidet bør foregå på områder av strategisk betydning for Norge og "...der vi har kompetanse som gjør at vi kan bidra til faglig utvikling". Både i tidligere års budsjettforslag til KUF og i forskningsmeldinger vil man finne lignende resonnementer og omtrent identiske formuleringer.

Disse gjenspeiles også i Norges forskningsråds strategidokumenter, bl.a. i den overordnede strategien, *Forskning for fremtiden*, som utkom i 1996. Her heter det at de vil "prioritere forskningssamarbeid i Europa og opprettholde nivået på kontakten /med USA" (s 59). I en nærmere utdypning av dette sier dokumentet at: "Forskningens internasjonale dimensjon har alltid vært sentral, og er av spesielt stor betydning for en liten nasjon. De uformelle personlige kontakter er grunnstammen i det internasjonale forskningssamarbeidet, men det formaliserte samarbeidet gir norske forskere muligheten til deltakelse i mange former for internasjonale forskningssatsninger og prosjekter" (s 77).

I denne sammenheng nevnes ESA og CERN, men dokumentet tilkjenner ikke noen vurderinger eller synspunkter om disse.

I strategiplanen for Området for naturvitenskap og teknologi er også internasjonalisering et prioritert område, men det forutsettes at "...et sterkt engasjement fra FoU-miljøene må ligge til grunn for deltakelse i ressurskrevende internasjonalt forskningssamarbeid. Uten aktiv deltakelse fra forskersamfunnet kan ikke store utgifter til medlemskontingenten forsvares". Ingen forskningsprogrammer eller organisasjoner navngis her, slik at dette må tolkes som et generelt, normativt utsagn. Men når området skriver videre at man ønsker å opprettholde internasjonalt

samarbeid med ledende forskningsmiljøer i USA og Japan, vil man kunne tolke sitatet ovenfor som at områdets holdning er at internasjonalt forskningssamarbeid primært skal være *faglig motivert*, ikke politisk.

Strategidokumentet for *Området for naturvitenskap og teknologi* vil også prioritere grunnforskning - det heter at de vil "styrke grunnforskningen", men det synes implisitt at dette særlig skal være på områder med et anvendelsespotensiale. Man ønsker å prioritere grunnforskningsprogrammer knyttet til naturressursgrunnlaget til Norge, dvs. på "...områder med spesielle fortrinn eller områder hvor Norge kan være i den internasjonale forskningsfronten".

Området for naturvitenskap og teknologi har blinket ut tre tematiske hovedsatsninger; marin forskning, miljørettet forskning, næringsrettet FoU. I omtalen av dette nevnes ikke den type forskning som de internasjonale big science-organisasjonene vi her drøfter, representerer. Ingen av big science-organisasjonene driver forskning som kan sies å være direkte koblet til de tematiske hovedsatsningene, men det kan argumenteres for at noen av disse kan ha faglig relevans for en del av forskningen innen de tre tematiske hovedsatsningene.

Strategidokumentene som er gjennomgått fører vanligvis sine resonnementer og utsagn på et relativt generelt nivå - konkrete anvisninger gis sjeldent. Dette kommer vanligvis i budsjett dokumenter, handlingsplaner, programdokumenter, ol.

1.5 Premisser for analysene og vurderingene

Som en forutsetning for vurderingen av norsk deltakelse i big science-organisasjoner synes det relevant å drøfte to aspekter:

- ▶ *informasjonsasymmetri* - problemer knyttet til hva som er relevant informasjon som underlag for forskningsstrategiske beslutninger,
- ▶ *forskningspolitiske forutsetninger og føringer* som kan ha betydning for de forskningsstrategiske analysene.

Disse aspektene utdypes i egne avsnitt nedenfor.

1.5.1 Informasjonsasymmetri

Informasjonsasymmetri er en sentral faktor i vurderinger og prioriteringer av forskning. Dette aksentueres fordi det knytter seg *interessekonflikt* og *konkurranse om knappe midler* til prioriteringer av forskning. Enkelte aspekter ved dette er tidligere drøftet som en forutsetning for denne utredningen (jf. kap 1.2). Informasjonsasymmetri betyr at informasjon som inngår i en beslutning (eller et saksområde) er ujevnt fordelt - at noen vet mer (har mer informasjon) om et område enn andre, mens andre igjen kan ha en annen type informasjon enn de første. Det kan være fruktbart å skille mellom to former for informasjonsasymmetri:

- *fagspesifikk informasjonsasymmetri*, som oppstår fordi eksperter innen et område vet mest om dette i forhold til ikke-eksperter, og at forskningsstrategiske beslutningstakere (vanligvis ikke-eksperter) må prøve å danne seg et bilde av grunnlaget for ekspertenes råd og ellers deres troverdighet og allmenne vurderingsevne,
- *strukturell informasjonsasymmetri*, dvs. at den informasjon man trenger for å se en helhet og prioritere mellom forskjellige typer forskning er ujevn og innsamlet ut fra forutsetninger som ikke lar seg spesifisere i detalj. Dette kan skape både kvalitativ og kvantitativ usikkerhet om informasjonen som legges til grunn for vurderingene.

Problemstillinger knyttet til informasjonsasymmetri i forskningsstrategisk sammenheng kan enkelt beskrives slik: De som vet mest om et bestemt fagområde (forskerne som arbeider der) er ikke de som skal ivareta samfunnets overordnede interesser i forskningen, dvs. ivareta helheten og prioritere knappe midler mellom forskjellige fagområder som alle hevder de er attraktive og lovende. De samfunnsmessige interesser i forskningen må ivaretas gjennom prioriteringer mellom ulike typer og mengder forskning, ut fra mange og til dels motstridende hensyn - og tidsperspektiv. Forskerne vil argumentere for at deres eget forskningsområde fortjener høy prioritet, og de kan mobilisere sterke argumenter (fagspesifikke) for hvorfor dette bør skje og hvordan (konkrete planer). Summen av alle ønsker vil som oftest overskride tilgjengelige ressurser, både på kort og lang sikt, og - viktigst - konsekvensene av prioriteringene kan være forskningspolitisk retningsgivende på lang sikt. Beslutningstakere vil derfor være interessert i informasjon som kan tydeliggjøre hva slags *valgmuligheter* de har, hva slags *valgkriterier* de skal benytte, og hva *konsekvensene* av deres valg/prioriteringer kan bli. Strukturell informasjons-asymmetri kan være kilde til usikkerhet eller at beslutninger blir fattet på feilaktige premisser.

Fordi forskning generelt er så spesialisert og lite tilgjengelig for vurdering selv for spesialister, benytter forskningsstrategiske organisasjoner “uavhengig, uhildet” ekspertise for å hjelpe seg i vurderingene. Allerede i 1984, i en analyse av CERN, påpekte Martin og Irvine at også dette i økende grad byr på vanskeligheter:

“The underlying problem is that it is becoming more difficult in big science to locate neutral peers capable of providing sufficiently disinterested judgements; all potential peers tend either to have some professional interest in a proposed new project, or to be associated with a competing set of interests which would benefit from a negative decision on that project” (1984:312).

Uansett grad av uavhengighet vil det allikevel oppstå informasjonsasymmetri fordi få - om noen - er egentlig faglig ekspert på mer enn høyst avgrensede områder, slik at f.eks når man skal prioritere mellom områdene y , x og z basert på uttalelser fra

ekspert(er) A om y , ekspert(er) B om x og ekspert(er) C om z , så er det sannsynligvis knyttet metodisk usikkerhet til hvordan man egentlig skal kunne sammenligne råd fra hhv A , B og C - og hvordan disse passer inn i en større forskningsstrategisk kontekst - altså står man overfor en strukturell informasjonsasymmetri som er skapt fordi man ønsker å redusere den fagspesifikke informasjonsasymmetrien.

For beslutningstakere som skal prioritere mellom forskjellige satsinger som er til dels kostbare og innebærer langsiktige bindinger, vil man være interessert i pålitelig informasjon om:

- ▶ hvor vellykket har forskningen på et bestemt område vært, hva har vi fått ut av den?
- ▶ hvor gode/lovende er fremtidsutsiktene?

Ved hjelp av en forskningsstrategisk tilnærming som tar for seg en rekke relevante kriterier og dimensjoner vil foreliggende rapport prøve å vise hvordan det kan være mulig å redusere usikkerheten knyttet til strukturell asymmetri i den informasjonen som er mest aktuell for forskningsstrategiske beslutningstakere på et overordnet nivå. Datagrunnlaget for dette ble fremskaffet i utredningens Del 2, basert på et design som tok sikte på å innhente identiske typer informasjon i hver av de fem organisasjonene, samt å belyse disse ut fra identiske problemstillinger og analytiske tilnærminger. Opplegget i denne rapporten vil bli utdypet nedenfor.

1.5.2 Forskningspolitiske forutsetninger og føringer

Når en forskningsstrategisk beslutningstaker som er satt til å forvalte en offentlig forskningspolitikk og ellers ivareta en nasjons interesser i forskningen skal gjøre seg opp en mening om hva som er en optimal prosjektsammensetning, er det nødvendig å trekke inn noen allmenne forskningspolitiske faktorer i betraktningene. En tilnærming som kan være fruktbar er å avgrense det forskningsstrategiske "territorium", dvs. avklare hva man har ansvar for - og hvordan det man har ansvar for skal samspille med omverdenen. Analytisk kan man skille mellom

- FoU til fordel for det nasjonale kunnskapssystemet og
- FoU til fordel for samfunnsmessig verdiskapning ("innovasjonssystemet").

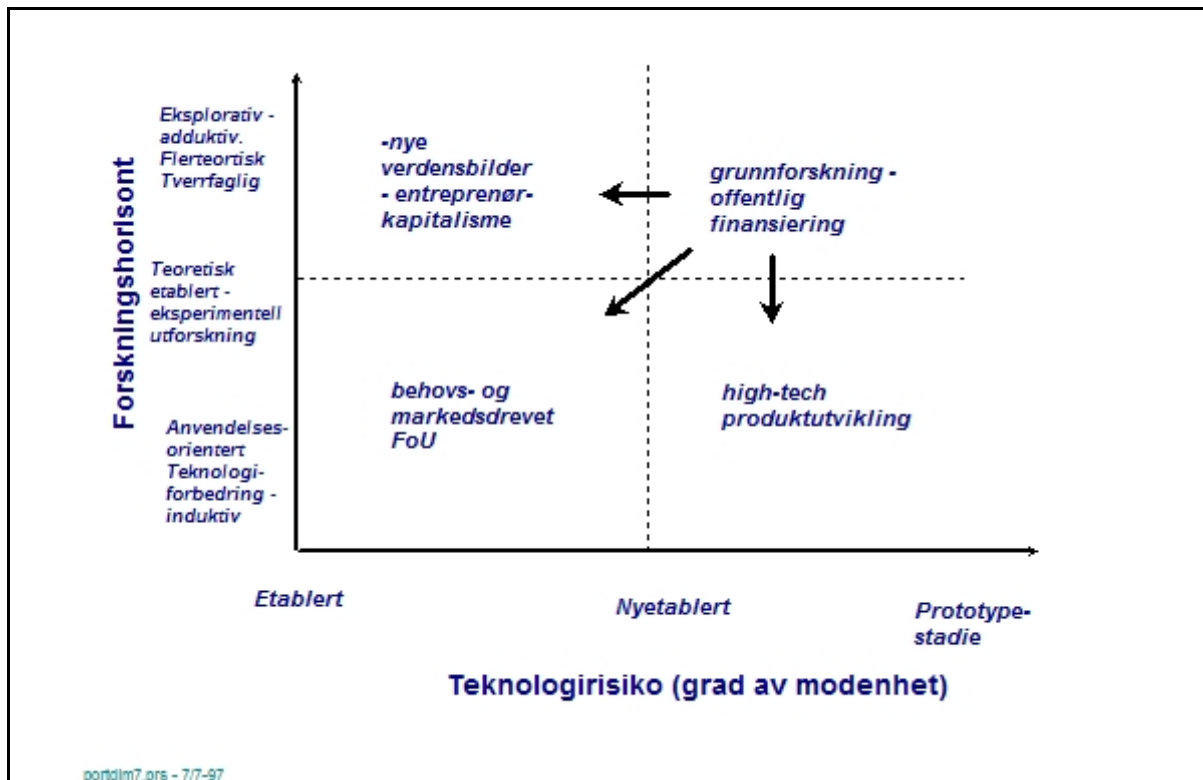
Videre kan man skille mellom områder som det offentlige har ansvar for, fordi de skal ivareta allmennhetens og nasjonens generelle interesser (fellesgodene), og markedet, som vil ivareta næringslivets og private interesser. Dette har betydning for FoU-organiseringen, men det skal ikke berøres her. Skjematisk kan dette representeres som vist i figur 1.2.

Figur 1.2 Prinsipper for ansvar og arbeidsdeling innen det nasjonale FoU-systemet

	<i>Marked</i>	<i>Offentlig</i>
<i>Kunnskaps- produksjon</i> (mest F)	1 Avhengig av markedets kunnskapsbehov for økt/fornyhet innovasjonsevne (kapabilitet)	2 Grunnforskning
<i>Samfunns- messig verdiskapning</i> "Innovasjons- system" - (mest U)	3 Samfunns- og næringsrettet FoU (næringsliv, "det sivile samfunn" og privatsfære)	4 Avhengig av allmenne sektorielle behov (f.eks. helsevesen, skole, forsvar, infrastruktur)

Med unntak av Haldenprosjektet, som i hovedsak er oppdragsfinansiert og har en klar orientering til energisektoren (kvadrantene 3 og 4), har deltakelsen i de fire øvrige organisasjonene til felles at de finansieres av det offentlige - og at de er forankret i det nasjonale kunnskapssystemet, dvs. "tilhører" kvadrant 2. Vanligvis kalles dette for grunnforskning. Som vist tidligere i kap 1.4 i gjennomgangen av norsk forskningspolitikk, gir ikke denne klare, spesifikke anvisninger på hva slags grunnforskning som skal prioriteres, ei heller hva slags internasjonalt forsknings-samarbeide, utover krav om deltakelse i forskningsfronten og på områder med et anvendelsespotensiale. Disse litt vage signalene kan tolkes som forskningspolitiske attributtkrav til et optimum mht. hva som skal være forskningssatsingene.

Når det gjelder hvordan dette - som en forskningspolitisk premiss - skal omsettes til mer håndfaste forskningsstrategiske kriterier, vil det være viktig å identifisere forskningsvirksomheter som bærer i seg kombinasjonen av å være i den internasjonale forskningsfronten og ha et anvendelsespotensiale. Selve resonnementet kan forsøksvis gis en figurativ, stilisert representasjon, hvor mulige samspills-relasjoner (anvendelsespotensialet) er angitt som piler fra grunnforskningen, se figur 1.3.



Figur 1.3 Mulige samspillsrelasjon grunnforskning og annen FoU

I innovasjonsforskningen er det påvist at det kan være en betydelig teknologisk spin off-effekt av forskningsvirksomhet hvor bygging av ekstremt krevende instrumentering og eksperimentelle oppsett inngår, jf. Rosenberg (1994) og von Hippel (1988). I de teknologidrevne forskningsområdene som denne utredningen omfatter vil det bli argumentert for en tilnærming hvor forskningshorisont og grad av teknologisk risiko (modenhet) i instrumenter/eksperimenter blir vurdert sammen: Prosjekter hvor den teknologiske utfordringen i instrumenter/eksperimenter er høy (dvs. høy teknologisk risiko), *kombinert* med forskningshorisonter som enten er langsiktige eller bærer i seg løfter om samfunnsmessig/kulturell implikasjonsrikdom og appell i de fremtidige resultatene, bør være de mest attraktive i kvadrant 2.

Optimum for hvem?

Drøftingen ovenfor blir mer konkret når man skal ta stilling til de praktiske forskningsstrategiske implikasjonene. Et forskningstrategisk optimum vil kunne fastsettes ut fra få eller mange forutsetninger, og disse forutsetningene vil variere, avhengig av hva slags verdier man har, i praksis *hvem* som stiller kravene. I denne utredningen er det primært tatt utgangspunkt i hva Området for naturvitenskap og teknologi har angitt i sitt strategidokument, samt de mer overordnede føringer som ligger i dette. Norges forskningsråd er det imidlertid andre områder som også har interesser knyttet til noen av de fem organisasjonene som denne utredningen

omfatter. Dette gjelder Området for medisin og helse mht. EMBL og til en viss grad også ESRF. Det samme gjelder Haldenprosjektet mht. til Området for industri og energi, men også ESRF kunne være innenfor i deres interessehorisont. I tillegg til disse kommer utenriks-, sikkerhets- og næringspolitiske interesser. Slik sett vil vektleggingen av kriteriene for å operasjonalisere optimum ovenfor være forskjellige, avhengig av ståsted i det forskningsstrategiske landskapet.

1.6 Opplegg for rapporten

I de neste kapitlene av rapporten vil vi prøve å foreta en forskningsstrategisk analyse av norsk deltakelse i big science organisasjonene ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, CERN, ESRF, EMBL og OECD HRP. Grunnlaget for dette er materialet som er innsamlet og rapportert fra prosjektets Del 2, jf. rapportene som er angitt i fotnote 1 tidligere. Opplegget for Del 2 var identisk for alle organisasjonene som dette prosjektet omfatter, slik figuren nedenfor viser.

	<i>Tem a/funksjon</i>	<i>ESA</i>	<i>CERN</i>	<i>ESRF</i>	<i>OECD HRP</i>	<i>EMBL</i>
1	Grunnlaget for utredningen					
2	Generelt om organisasjonen					
3	Nåværende aktiviteter					
4	Norsk deltakelse					
5	Resultater oppnådd					
6	Fremtidsutsikter: Forskning					
7	Fremtidsutsikter: Politiske faktorer					
8	Momenter som skal inngå i prosjektets Del 3					
	NIFUs skriftserie nr.	16/97	14/97	15/97	17/97	13/97

Analysen som skal gjennomføres i de neste kapitlene vil være slik:

- Kap 2 - *Konsekvenser av dagens forskningsstrategi* - jf. 1.6.1 nedenfor, hvor dette utdypes nærmere,
- Kap 3 - *Forsknings- og teknologiaspektet ved deltakelsen i big science* - jf. 1.6.2 nedenfor, hvor dette utdypes nærmere,
- Kap 4 - *Samfunnsmessige interesser i big science* - jf. 1.6.3 nedenfor, hvor dette utdypes nærmere, og til slutt
- Kap 5 - *Generell forskningsstrategisk vurdering av fremtidsutsikter og de enkelte organisasjonene* - jf. 1.6.4 nedenfor, hvor dette utdypes nærmere.

1.6.1 Konsekvenser av dagens forskningsstrategi

I en forskningsstrategisk analyse kan det være gunstig å få oversikt over hva prosjektene representerer av generelle muligheter og forpliktelser, dvs. overskue hvor store ressurser de vil kreve i forhold til det utbyttet de bærer løfte om å kunne gi. Ut fra dette underkastes deltakelsen i de fem organisasjonene en samlet, men enkel vurdering der økonomiske og forskningsmessige dimensjoner trekkes inn, i form av følgende dimensjoner:

- Interessenter: Hvor og hvem er de - hvor viktige er de i Norge?
- Plattform i dag: Hva er oppnådd hittil?
- Kostnader ved deltakelsen: årlig, historiske og fremtidige ut fra prosjektenes planleggingshorisonter
- Sannsynlighet for at målsettinger blir nådd
- Norske forskningsmiljøers fortrinn

- Tidsaspektet - når kommer resultatene?

Skjematisk vil strukturen på denne analysen være som vist nedenfor. Fordelen med oversiktene som fremkommer er at de viser rammene som ligger i deltakelsen i de aktuelle organisasjonene, sett i forhold til hverandre - og ut fra dagens situasjon. Kapittel 2 i denne rapporten vil presentere resultatene av denne analysen.

<i>Dimensjon</i>	<i>CERN</i>	<i>ESA</i>	<i>ESRF</i>	<i>EMBL</i>	<i>Halde- re aktoren</i>
Interessenter i Norge					
Dagens plattform					
Kostnader ved deltakelsen					
Måloppnåelse					
Norsk FoUs fortrinn					
Tidsaspekt-resultater					

1.6.2 Forsknings- og teknologiaspektet

For et forskningsråd vil den viktigste vurderingen av deltakelsen i hver av de fem big science-organisasjonene knytte seg til om de er interessante ut fra et forsknings- og teknologiperspektiv. I et slikt perspektiv vil en analyse av deltakelsen gi grunnlag for vurdering av hva som er et optimum. For å gjøre dette foreslås et sett av kriterier som vist i tabellen nedenfor. Kapittel 3 vil presentere resultatene av denne analysen.

<i>Kriterier</i>	<i>Mulige dimensjoner</i>
Hva slags vitenskapelige spørsmål blir belyst gjennom arbeidet	Kategorier
Klassifisering (type) samarbeid	Kategorier
Deltakelsen skjer innen forskningsfronten i området	Ja - nei, evt skala mellom
Deltakelsens betydning for norsk forskning og teknologi	For hvem (aktører) og hvorfor
Global betydning av forventede resultater	Forskjellige mål
Samsvar med eksisterende nasjonal forsknings- og teknologistrategi	Ja - nei, evt indirekte
Omfang av ressurser som kreves for deltakelse i samarbeidet	Penger eller som % av totalt antall årsverk innen et fagområde
Forskernes og FoU-miljøenes kvalitet, størrelse og utviklingspotensiale	lav - høy
Spesielle fortrinn som deltakelsen vil gi mht. forskning og teknologi	Ja - nei, evt spesifisert
Vil deltakelsen bidra til tverrfaglighet i norske FoU-miljøer	Ja - nei
Utdanningseffekten	Stor - liten, evt kvantifiserte
Internasjonalt omdømme - betydning for attraktivt image av Norge som "forsknings- og teknologinasjon" - utenfor forskningsmiljøene	Ja - nei, evt negativ effekt av å trekke seg ut eller trappe ned - evt opptrapping

1.6.3 Samfunnsmessige interesser i big science

I en overordnet vurdering av grunnlaget for norsk deltakelse i de fem organisasjonene må man - ut over de primære forskningsmessige og teknologi-relaterte aspektene - undersøke de samfunnsmessige interessene. Dette ikke bare fordi skattebetalerne finansierer forskningen, men også fordi deltakelse i de aktuelle organisasjonene som denne utredningen omfatter innebærer internasjonale, sikkerhets- og næringspolitiske aspekter som er viktige å vurdere. For å finne frem til et optimum vil det derfor være viktig å trekke inn en rekke faktorer. Nedenfor er disse foreslått i form av et sett kriterier. Kapittel 4 vil presentere resultatene av denne analysen.

<i>Kriterier</i>	<i>Mulige dimensjoner</i>
Teknologisk bidrag til nasjonal industri (teknologioverføring)	Mye - lite - hvor mye
Kommersiell betydning for norsk industri (leverandører)	Stor - liten - hvor mye
Nasjonal kunnskapsbase for bl.a. næringsliv og forvaltning	Ja - nei, evt hvor stor
Kobling mellom FoU og nasjonal industri ut fra deltakelsen	Svak - sterk, evt forbedringsmuligheter
Kommersiell nyskaping og nyetablering	Omfang
Teknologisk opplæring	Omfang og hva
Generelt bidrag til kultur, kunnskap/utdanning og velferd	Stort - lite
Positive, evt negative miljøeffekter (bærekraftig utvikling/etikk)	Ja - nei
Bidrag til å forbedre allmennhetens syn på FoU	Ja - nei, evt. ikke relevant
Bidrag til Norges omdømme i internasjonale samfunn	Ja - nei, evt. ikke relevant
Bidrag til å underbygge Norges “forhandlingsposisjon” (goodwill) internasjonalt - utenrikspolitiske dimensjoner (troverdighet)	Ja - nei, evt. ikke relevant

1.6.4 Generell forskningsstrategisk vurdering av fremtidsutsikter og de enkelte organisasjonene

Siste skritt i den forskningsstrategiske analysen som denne rapporten vil presentere er forsøksvis å angi hva som kan være optimum, dvs. vurdere hvilke organisasjoner som Norge får mest igjen for å delta i, evt alternative løsninger, ut fra de forskjellige dimensjonene som er analysert tidligere. Som tidligere drøftet vil hva som er et optimum variere, avhengig av ståsted, dvs. det forskningsstrategiske utgangspunktet. I denne utredningen vil dette primært være ut fra et ståsted som tar utgangspunkt i Området for naturvitenskap og teknologis strategier. Følgende generelle dimensjoner kan da være aktuelle å benytte:

- *Forskningsmessige forutsetninger*, i form av styrke, evt “strategiske” svakheter (områder der Norge har behov for kompetanse) og andre faglige egenskaper ved deltakelsen,
- *Grad av modenhet, originalitet og muligheter* som ligger i den aktuelle deltakelsen,
- *Forventede virkninger* av forskningsresultater mht. hvor og hva slags effekter resultatene har,
- *Forskningsmessig attraktivitet* av deltakelsen som et samlet uttrykk for vurdering av “technological merit” og “scientific merit” i en deltakelse,

- *Generell attraktivitet og strategisk handlingrom*, som på grunnlag av de foregående drøftingene av forskningsmessig attraktivitet vurderer deltakelsen i de fem organisasjonene i henhold til *effekt mål* og *samfunnmessig attraktivitet* - og avslutter med vurdering av hva som er det *strategiske handlingrom* - som utredningens konklusjon.

Prosjektene (big science-organisasjonene) sorteres ut fra vurderinger etter disse kriteriene. Kapittel 5 vil presentere resultatene av denne analysen som rapportens konklusjon.

2 Konsekvenser av dagens forskningsstrategi

Hensikten med dette kapitlet er å gi en oversikt over hva deltakelsen i de fem organisasjonene representerer - og hva som vil skje dersom forskningsstrategien forblir uendret. Tidsperspektivet inn i fremtiden er satt til 2007, dvs. ti år fremover - og motsatt, for å få et historisk perspektiv vil analysen gå tilbake ti år, dvs. til 1987. Opplegget og tankegangen bak dette ble utdypet i forrige kapittel, jf. 1.6.1.

2.1 Interessenter i Norge

Når det gjelder interessenter er det fruktbart å skille mellom *primære* og *sekundære* interessenter. Med primære interessenter menes de som gjennom sitt yrke og fag er tett koblet til og operative i forskning i tilknytning til utredningens fem organisasjoner. Dette er i hovedsak forskere ved norske universiteter, med unntak av Haldenprosjektet som har en helt annen kategori av primærinteressenter. Når det gjelder sekundære interessenter kan dette gjelde et vidt spekter av aktører, alt fra de som drar faglig nytte av resultatene, dvs. av et bredere fagmiljø, til den mer eksterne allmennhet, f.eks. gjennom bruk av ny kunnskap, forbedret og ny teknologi, etc. Dette, som kan defineres som de eksterne virkningene som deltakelsen i organisasjonene har skapt, har det ikke latt seg gjøre å undersøke i sin fulle bredde i denne utredningen - kun på avgrensede områder, som vil bli vist senere.

Tabell 2.1 viser en oversikt over primære interessenter i Norge knyttet til deltakelsen i de enkelte organisasjoner. Av denne er det mulig å se en todeling mht. interessentene: CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL som nesten utelukkende har interessenter ved universitetene, mens Haldenprosjektet har hovedtyngden *utenfor* universitetene og forskningssystemet (med unntak av IFE selv). Innen universitetene ser man at fysikkmiljøene utgjør største interessentgruppe, med tilknytning til CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og ESRF. CERN har ifølge oversikten færrest antall interessenter, mens ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF har flere. Som vi skal se under pkt. 2.3 og 2.4 vil grad av *deltakelse*, f.eks. målt i ressurser, antall personer/ årsverk si mer om hva slags engasjement en interessent utviser. Oversikten viser imidlertid at også i ressursbruk er det fysikkmiljøene ved universitetene som i stor grad tilgodesees gjennom deltakelsen i big science-organisasjonene. Det er dermed grunnlag for å hevde at deltakelsen i big science-organisasjonene domineres av interessenter innen norsk fysikkforskning ved universitetene i Oslo og Bergen og ved NTNU.

Tabell 2.1 Oversikt over primære interesser innen big science i Norge

<i>Interesser i Norge</i>	<i>CERN</i>	<i>ESA</i>	<i>ESRF</i>	<i>EMBL</i>	<i>HRP</i>
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo	x	x	x		
Institutt teoretisk astrofysikk, U i O		x			
Kjemisk institutt, U i O	x		x		
Biologisk institutt, UiO				x	
Biokjemisk institutt, U i O			x	x	
Bioteknologisenteret, U i O				x	
Fysisk institutt, U i B	x	x			
Geofysisk institutt, U i B		x			
Molekylærbiologisk institutt, U i B				x	
Biokjemi og molekylærbiologi, U i B			x	x	
Kjemisk institutt, U i B			x		
Fysisk institutt, NTNU	x	x	x		
Kjemisk institutt, NTNU			x		
Industriell kjemi, NTNU			x		
SINTEF (SI)	x				
FFI, avd elektronikk		x			
Nordlysobservatoriet, U i Tø		x			
Inst. for matematiske realfag, U i Tø		x	x		
Inst. for medisinsk biologi, U i Tø				x	
EISCAT		x			
Universitetsstudiene på Svalbard		x			
IFE			x		x
Høgskolen i Stavanger			x		
Institutt for kreftforskning, Radiumhospitalet				x	
Oppdragsgivere i norsk industri					x
Nærings- og handelsdepartementet					x
Utenriksdepartementet					x
Halden kommune					x
Høgskolen i Østfold					x
Offentlig ressursbruk, 1996, mill. kr.	96	84	5.3	12	29

2.2 Plattform i dag - hva er oppnådd hittil

Kapittel 5 i hver rapport fra Del 2 i denne utredningen prøvde å analysere dette ut fra forskjellige kriterier:

- scientometriske målinger (patenter og bibliometri som forsknings- og teknologieffekter)
- opplæringseffekt
- kommersiell virksomhet
- nettverksaspektene

Ingen av disse ga entydige resultater, både fordi de er vanskelige å måle og fordi det er vanskelig å observere årsaks-/virkningsforhold. Det er imidlertid mulig å se indikasjoner på at den norske deltakelsen i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer synes å skille seg ut i forhold til CERN, ESRF og EMBL mht:

- noe høyere grad av internasjonalisering ut fra samforfatterskap, men ellers ligger både fysikk og astrofysikk lavest blant naturvitenskapelige disipliner i Norge mht. SCIs “Performance Index” (for tidsrommet 1981-1992) en tendens som har vedvart utover 1990-årene. I henhold til denne indeksen ligger norsk forskning i molekylærbiologi høyest, altså den typen forskning som kan relateres til EMBL,
- en relativt høy returkoeffisient mht. norske varer og tjenester til ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, fra en sektor som er i vekst i Norge
- relativt flere norske ansatte i organisasjonen,
- grad av innflytelse i organisasjonenes styringsystem utover det som følger av medlemskapet (ex officio) er generelt lite (Norge er liten), men noen forskjeller kan sees: På CERN har noen norske posisjoner på prosjektleder og eksperimentstyringsnivå, mens i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer har de norsk posisjoner på vitenskapsrådgivende nivåer i tillegg. Denne forskjellen kan skyldes ulik organisasjonsstruktur med større grad av desentralisering i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer.
- bedre utnyttelse av følgeforskningsmidlene fordi flere norske forskerårsverk skapes i ESA-sammenheng enn CERN, men tallmaterialet er usikkert her, bl.a. inngikk EMBL-satsingen i en opprustningsstrategi i Norge,
- i den grad det har vært mulig å måle: tilsynelatende flere får forsker- og hovedfagsutdanning innen romrelaterte disipliner, samtidig som romvirksomhet er en økonomisk sektor i vekst i Norge.

Haldenprosjektet står i en særstilling i denne sammenheng. Fordi det er et oppdragsinstitutt vil oppdragsmengde være et viktig tegn. Haldenprosjektet kan ut fra slike kriterier vise til gode resultater og ellers noen gode eksempler på kommersialisering. Men prosjektet står svakt ut fra vitenskapelige prestasjonsmål. Oppdragsmengde kan derimot tolkes som økende etterspørsel etter deres FoU-kompetanse.

Felles for deltakelsen i alle organisasjonene er at ingen kan vise til patenter, men dette sier lite, dels fordi verken CERN eller Haldenprosjektet tar ut patenter av policy grunner - og dels fordi patentering ikke uten videre er noen god indikator på innovasjon og teknologiske prestasjoner. Imidlertid har Norsk Hydro har tatt ut to patenter som kan relateres til arbeid utført ved ESRF. Bare fra Haldenprosjektet finnes det kommersielle spin offs av betydning. Veksten i kommersiell norsk romvirksomhet i løpet av 1990-årene har lite å gjøre med ESAs vitenskapsprogrammer. I CERN-sammenheng ser man at Norges returkoeffisient har sunket utover 1990-årene. I ESRF og EMBL spiller norsk næringsliv og industri trolig en ubetydelig rolle.

2.3 Kostnader ved deltakelsen: Årlige, historiske og fremtidige

Ut fra hva som foreligger av planer og policy generelt synes det som om medlemskapskostnadene for deltakelse i de fem organisasjonene vil forbli stabile.⁸ I CERN, EMBL og ESA betaler Norge ca 1,6% av organisasjonenes budsjetter via medlemskapskontingenten, i ESRF litt mindre pga. ordningen med NORDSYNC.

Tabell 2.2 Årlig norsk ressursbruk til deltakelse i big science-organisasjonene (1996-tall) (omfatter medlemskapsavgift, følgeforskning, egeninnsats og administrasjon)

<i>Organisasjon</i>	<i>Millioner kroner (1996)</i>
CERN	96,0

⁸Det knytter seg allikevel en viss uro til den fremtidige finansieringen av disse organisasjonene, bl a har Tyskland og Sverige signalisert kursendringer. Dette aspektet er tatt opp i rapportene fra Del 2 i utredningene.

ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer	84,0
ESRF	5,3
EMBL	12,5
Haldenprosjektet	29,0
I alt	226,8

Størrelsen på norsk følgeforskning synes også å være i et stabilt leie. Ut fra dette kan man sette opp et bilde av ressursbruken ved deltakelse i de fem organisasjonene - som vist nedenfor, med utgangspunkt i 1996-tall. Tallene inkluderer anslått verdi av egeninnsatsen som universitetsansatte forskere bidrar med gjennom sin deltakelse, men vi har ikke noe slikt anslag for Haldenprosjektet.

Historiske og fremtidige kostnader

Med utgangspunkt i dagens kostnader kan man estapolerer disse frem til 2007, for å gi et bilde av kostnader i "levetiden". Enkelte vil si at dette er en for kort periode i et grunnforskningsperspektiv, men det er vanlig innen langtidspanleggingshorisonter ellers. Det kan også pekes på at for ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammets vedkommende er det planlagt romferder lenger inn i fremtiden enn dette. For CERNs vedkommende foreligger det få konkrete planer om store felles satsinger utover LHC, som skal starte opp i 2005. Hvis dette fungerer etter planen kommer en lang eksperimentperiode, med etterfølgende analytiske arbeider som ventelig vil strekke seg mange år forbi 2010. For ESRFs del er utbyggingen fullført i 1998. Det er ikke kjent om EMBL har planer om store kostnadskrevende investeringer de neste 10-årene. Haldenprosjektets fremtid er avhengig av en ny konsesjon etter 2000, men også en fornyet 3-årsprogram innen OECD-systemet. Ut fra dette - altså en forventet stabilitet i kostnadene, samt uendret nivå på den norske følgeforskningen vil den offentlige ressurs-allokeringen til de fem organisasjonene bli som vist i tabell 2.3, som også viser ressursbruken i tidsrommet 1987-97 og for hele perioden 1987-2007. Oversikten i tabell 2.3 viser at deltakelsen i big science legger beslag på ikke-trivielle størrelser.

Tabell 2.3 Norsk ressursbruk til big science, hittil (1987-1997) og i fremtiden (1998-2007) - nominelle kr. - millioner

<i>Organisasjon</i>	<i>Ressurs-bruk i fremtiden (1998-2007)</i>	<i>%-vis fordeling (1998-2007)</i>	<i>Ressursbruk hittil (1987-1997)</i>	<i>I alt - perioden 1987-2007</i>
CERN	961	42%	957	1.918
ESA	844	37%	826	1.670
ESRF	52	2%	56	108

EMBL	125	5%	121	246
Haldenprosjektet	280	12%	ca 250	ca 530
I alt	2.262	100%	2.210	4.472

2.4 Måloppnåelse - sannsynlighet for at målsettinger blir nådd

CERNs og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammets prosjekter synes å være preget av risiko mht. teknologiske ambisjoner. ESRF, EMBL og Haldenprosjektet har en helt annen risikoprofil mht. teknologi (de er i hovedsak etablerte) som benyttes. For ESAs vedkommende kan romferder havarere (f.eks. Cluster havarerte) og ellers er det sjanser for at uopprettelige instrumentfeil oppstår/oppdages først i rommet. For CERNs LHC-satsing er det også risiko forbundet med at de planlagte eksperimentene ikke vil gi de forventede observasjonene av teknologiske grunner, men dette vil ikke være så irreversibelt som for en romferd, f.eks. om Cluster skulle havarere under sitt forsøk nr. 2. Utredningen har imidlertid ikke benyttet eller forsøkt å utføre tekniske risikovurderinger, slik man kan anta at prosjektene er underkastet internt på CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer. Også organisasjonsfaktoren vil kunne spille inn i en risikoprofil, men noen vurdering av dette aspektet er heller ikke utført, ei heller funnet i det materialet som utredningen har undersøkt. For ESRF og EMBL vil man til sammenligning finne en helt annen og langt lavere grad av teknologisk risikoprofil enn for CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer. Deres bruk av synkrotronstråling og andre former for instrumentering er teknologisk relativt etablert. Det samme gjelder i enda større grad for Haldenprosjektet, hvor arbeidet er konsentrert på en moden teknologi. Utfra betraktningene ovenfor, som er fra et fageksternt, forsknings-strategisk ståsted, vil man kunne lage oppstilling som vist nedenfor. I tillegg til disse kommer betraktningene om selve forskningsdesign i vitenskapelige målsettinger, som drøftes nedenfor.

Tabell 2.4 Grad av teknologisk risiko for de enkelte big science organisasjonene

<i>Organisasjon</i>	<i>Grad av teknologisk risiko</i>
CERN (LHC)	Høy
ESA	Høy
ESRF	Lav
EMBL	Lav
Haldenprosjektet	Liten

Når det gjelder risiko forbundet med de vitenskapelige ambisjonene, vil disse bli vurdert ut fra forskjellige kriterier og “filosofi”, avhengig av om man selv er ambisjonsbæreren eller innenfor miljøet som “skaper” vitenskapen på områder, eller om man er en utenforstående forskningsstrateg som skal vurdere flere alternative fagområder og satsinger, dvs. avhengig av vitenskapsinterne eller vitenskaps-eksterne kriterier. Imidlertid kan man si at risikobegrepet i vitenskapssammenheng kanskje er forfeilet, alternativt at det generelt ikke er så mye risiko forbundet med vitenskap. Dette fordi selv eksperimenter og annen forskning som en vitenskapelig forstand “ikke er vellykket” (dvs. ikke oppfyller de initielle ambisjonene), vil uansett bidra til læring og akkumulasjon av kunnskap. Enn videre, der hvor risikoen er satt lavt (hvis det er fruktbart, mulig å si “sette den lavt”), vil man kunne si at kunnskapsmulighetene sannsynligvis vil være inkrementell. Sagt på en annen måte, “vitenskapelig risiko” kan oppfattes som en kategorifeil.

Vurderingene i en vitenskapsekstern sammenheng vil ta utgangspunkt i det utenforstående kan se og forstå (som igjen vil være avhengig av hva forskerne sier de vil gjøre og ønsker å oppnå.) Ut fra dette vil man f.eks forstå at i partikkel-fysikken, slik den er representert i CERN/LHC, er det Standardmodellen som står i sentrum for forskningens vitenskapelige ambisjon, i en eksperimentell tilnærming som går ut på å forklare makrokosmos - ut fra hva de håper å kunne se i mikrokosmos gjennom tolkning av partikkelkollisjonene som skal observeres i de tre detektorene. I ESAs vitenskapsprogrammer, som også omfatter samme type vitenskapelige ambisjon, er det i tillegg andre vitenskapelige målsettinger, slik de blant annet fremkommer i Horizons 2000s fire hjørnesteiner, fordelt over mange romferder og med et relativt høyt antall eksperimenter på hver av disse. Tabellen nedenfor (tabell 2.5) prøver å sammenstille en rekke karakteristika som kan observeres utenfra mht. CERNs og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer - og som sier noe om selve forskningsdesignet. Ut fra dette kan man på et generelt nivå si at ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer har større grad av pluralisme i selve designet som sin styrke, mens CERN, som fortoner seg mer monumental og ensidig i sammenligning, til gjengjeld har større grad av fleksibilitet på eksperimentnivå. Slike kontraster finnes på en rekke områder, slik tabell 2.5 prøver å vise.

Hvis man synes sammenstillingen i tabell 2.5 er fruktbar kan man si at EMBL synes å ha flere strukturelle fellestrekk med ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer enn med CERN. ESRF på sin side lar seg ikke helt sammenligne med disse tre organisasjonene pga. sin relativt “teorinøytrale” posisjon.

Tabell 2.5 Forskningsdesignkarakteristika - CERNs og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer

<i>CERN</i>	<i>ESA</i>
Eksperimentell tilnærming (Forskningen "skaper" fysikken)	Eksplorativ tilnærming (Naturen "gir" fysikken)
Strengt deduktiv tilnærming	Større grad av adduktivitet
Intensivt fokus - "luminositet" viktig	Større grad av ekstensiv fokus - plassering i rom viktig
"Single-purpose" laboratory - Ett dominerende anlegg (akselerator) og få detektorer/eksperimentanlegg	"Multi-purpose" laboratory - Mange anlegg (romferder) og mange eksperimentanlegg /instrumenter pr anlegg
Partikkelfysikk dominerer	Mange fysikk-disipliner
En dominerende teori - sterkt paradigme gjennom Standardmodellen - ambisjon å forklare hele universet	Større grad av teoretisk pluralisme - større grad av konkret, mer fragmenterte forklaringsambisjoner
Fleksibilitet i eksperimentelt oppsett - et anlegg kan brukes til mange typer eksperimenter (versatile) over lang tid	Strukturell fleksibilitet på programnivå - liten grad av gjenbruksmulighet av en romferd og kort levetid
Teknologirisikoprofil: Høy, men håndterbar	Teknologirisiko: Høy, og ofte irreversibel (havarier)
Ingen sterke industrielle avtakere eller sektortilhørighet	Tilhører en kommersiell sektor i vekst og har industrielle omgivelser, selv om forbindelsene er svake

2.5 Norske forskningsmiljøers fortrinn

I norsk forskningspolitikk (jf. kap. 1.4 tidligere) er en av forutsetningene at deltakelsen i internasjonalt forskningssamarbeid bør skje på områder der norske miljøer har styrke. Det andre som ble påpekt var at deltakelsen skulle skje innen forskningsfronten - noe som vil samsvare med et uttrykt mål i norsk forskningspolitikk. Med hensyn til det første - om norsk styrke - ble dette forsøkt undersøkt i rapportene fra den norske deltakelsen i de enkelte organisasjonene, jf. kap. 2.2 tidligere. Som fremhevet her er det vanskelig å gi noe eksakt mål som gjenspeiler dette og følgelig om norsk forskningsmiljøer har noen spesielle fortrinn. Helhetsinntrykket (det som er synlig fra utsiden) er snarere at norske miljøer er generelt små og at sannsynligheten for at man skal ha noen spesielle fortrinn er heller liten. Haldenprosjektets styrke, i tillegg til den kompetansen som er opparbeidet over mange år, er at den har en unik reaktorkonstruksjon som gir muligheter til materialutprøvinger som er spesielle. Mht. deltakelsen i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer ble det pekt på forskningstradisjoner innen særlig astrofysikk, hvor ESAs vitenskapsprogram representerte en forlengelse i en av *Horizon 2000s* hjørnesteiner. I tillegg kom den romrelaterte forskningen som Norge lenge hadde utført på Andøya. Deltakelsen i EMBL og ESRF var snarere motivert ut fra ønske om å styrke fagområdene de hørte til. Mht. norsk deltakelse i

CERN har det ikke fremkommet spesielle fortrinn bortsett fra synspunkter som går på generelt høy kvalitet på instrumentene som de norske forskerne laget for DELPHI-eksperimentene. Ut fra dette er det mulig å oppsummere som vist i oppstillingen nedenfor, som altså baserer seg på informasjon som er tilgjengelig fra utsiden av forskningsmiljøene (ikke faginterne).

Tabell 2.6 Tegn på norske forskningsmiljøers fortrinn mht. deltakelse i big science

Organisasjon	Norske forskningsmiljøers fortrinn
CERN	Sterk i instrumentering
ESA	Astrofysisk tradisjon
ESRF	Opprustningsstrategi
EMBL	Opprustningsstrategi
Haldenprosjektet	Gode utprøvningsmuligheter på reaktoren i Halden

2.6 Tidsaspektet - når kommer resultatene?

Denne dimensjonen skal vise tidshorizonten mht. hvor lang tid som vil gå før resultater kan forventes. Karakteristisk for grunnforskningen er lange tidskonstanter, men variasjonen er stor, som oppstillingen nedenfor viser. Det er også viktig å skille mellom vitenskapelige resultater og teknologiske spin offs, som kan komme kontinuerlig og mye tidligere enn de vitenskapelige.

Tabell 2.7 Når forskningsresultater vil foreligge ut fra eksisterende planer

Organisasjon	Tidsaspektet mht. vitenskapelige resultater (år)
CERN (LHC)	Etter 2005 mht. LHC, men kontinuerlig fra mindre prosjekter
ESA	Avhengig av romferd - kontinuerlig frem til 2010
ESRF	Kontinuerlig, full kapasitet fra 1998 - korte tidskonstanter
EMBL	Kontinuerlig, korte tidskonstanter
Haldenprosjektet	Kontinuerlig innenfor 3 års programmer

3 Forsknings- og teknologiaspektet

I dette kapitlet vil fokus bli satt på de forskningsmessige og teknologiske fremtidsutsiktene for deltakelsen i de fem big science-organisasjonene. Fremgangsmåten som skal benyttes er angitt tidligere, i kap. 1.6.2. Disse kriteriene bør være de viktigste i en forskningsstrategisk vurdering, det vil si, de vitenskapseksterne faktorene “technological merit” og “scientific merit”.

3.1 Vitenskapelige spørsmål som deltakelsen belyser

Dette er egentlig ikke et kriterium, men et forsøk på en klassifikasjon som kan være nyttig i en relevansvurdering. Å finne gode kategorier som kan karakterisere hva slags vitenskapelige spørsmål som deltakelsen i de fem big science-organisasjonene belyser, er vanskelig: Benevnelser som “romfysikk” og “molekylærbiologi” vil være for generelle, og i motsatt ytterlighet vil benevnelser knyttet til bestemte, interne problemstillinger som “SUSY” være for spesialiserte. Nedenfor følger en oppstilling som gjør et *forsøk* på å klassifisere på et slags “mellomnivå”. Oversikten viser stor spredning i vitenskapelige og teknologiske områder, men med en viss overlapp mellom EMBL og ESRF pga. bruk av synkrotronstråling. Oversikten angir også at Haldenprosjektet har liten grad av fokus på grunnforskning - det er primært anvendelsesorientert.

Tabell 3.1 Oversikt over vitenskapelige spørsmål som deltakelse i big science-organisasjoner belyser

<i>Organisasjon</i>	<i>Vitenskapelige spørsmål</i>
CERN (LHC)	Videreutvikling av Standardmodellen, bedre empiriske forståelse av fenomener omkring "Higgs brudd". Forholdet elektromagnetiske og de elektrosvake krefter
ESA	Avhengig av romferd og "hjørnestein" i ESA's Horizon 2000. I hjørnestein 1 (stor norsk deltakelse - SOHO og Cluster) er det sol- og stjerneatmosfære og magnetosfæren, ionosfæren og den midlere atmosfæren som er viktigst
ESRF	Synkrotronstråling til bruk i en rekke disipliner innen materialvitenskap, faststoffkjemi og -fysikk, krystallografi, molekylærbiologi - pga. muligheter til å "se" størrelser i 0.1 nm-regionen.
EMBL	Hovedfokus innen cellebiologi og genteknologi, differensiering, genekspresjon, utviklings- og strukturbioologi - bruk av avansert instrumentering innen mikroskopi, synkrotronstråling og bioinformatikk.
Haldenprosjektet	Mest teknologiorientert - innen materialvitenskap og IT-utvikling (MMI)

3.2 Klassifikasjon (type) samarbeid

I oversikten nedenfor (tabell 3.2) er de fem organisasjonene klassifisert etter type internasjonalt samarbeid. Klassifikasjonen går på formelle sider ved organisasjonene, ikke på det reelle, faglige samarbeidet.

Tabell 3.2 Klassifikasjon av organisasjonene etter type samarbeid

<i>Organisasjon</i>	<i>Type samarbeid</i>
CERN	Internasjonal organisasjon forankret i Europa. Bygger infrastruktur, forskningsgruppene bidrar med eksperimenter (Collaborations) i detektorer etablert i hht. "CERNs Convention"
ESA	Samme prinsipp som med CERN
ESRF	Organisert som fransk aksjeselskap basert på en internasjonal avtale mellom europeiske land på regjeringnivå, med mulighet for flere deltakelsesformer. Stråletid allokeres enten etter faglige kriterier eller kjøpes "privat".
EMBL	Samme prinsipp som CERN og ESA
Haldenprosjektet	I regi av OECDs NEA - i form av 3-års programmer. Inneværende periode går fra 1997 til 2000. IFE eier reaktoren. Deltakelse basert på medlemskap i programmet, oftest gjennom organisasjoner og bedrifter.

3.3 Forskningsfronten

Spørsmålet om hvor forskningsfronten går innen et fagområde vil være gjenstand for mye tvil og uenighet - og en betydelig grad av fagspesifikk informasjonsasymmetri. Videre, hvis det er enighet blant fagfolk om dette vil man også kunne si at dette er uttrykk for intellektuell homogenitet og paradigmenes makt. Dette ugyldiggjør selvsagt ikke at forskningsaktiviteter kan være forskjellige både mht. kvalitet, originalitet, tema og metoder, og at det er legitimt å ha meninger om deres fremtidsutsikter, selv for de som er utenfor faget. Oppstillingen nedenfor angir en måte å vurdere dette på.

Tabell 3.3 Deltakelse i big science-organisasjonene i forhold til forskningsfronten

<i>Organisasjon</i>	<i>Forskningsfront</i>
CERN	Enerådende global posisjon pga. LHC - leders an
ESA	Pga. samarbeid med NASA dominerer ESA og NASA forskningsfronten
ESRF	Mest moderne (nyeste) synkrotronstråleanlegg i verden. Har ledelse for tiden
EMBL	I konkurranse med nasjonale organisasjoner (USA,UK, Japan, Sverige) - ingen klar ledelse
Haldenprosjektet	Teknologiledende innen spesielle områder av reaktor-sikkerhet og prosesskontroll

Oversikten viser at det ikke er noen automatisk sammenheng mellom organisasjonen (og fagdisiplinens) alder og forskningsfronten. For CERN kan man si at

LHC representerer en ny satsing - det sammen gjelder for romferdene i ESAs oblige-toriske vitenskapsprogrammer.

3.4 Deltakelsens betydning for norsk forskning og teknologi

Både gjennom rapportene som omhandler de enkelte organisasjonene fra utredningens Del 2 og i det forrige kapitlets oversikt over interessenter (kap. 2.1) og plattform i dag (kap. 2.2) er dette spørsmålet forsøkt belyst. Oppstillingen nedenfor gir en oppsummering av disse vurderingene. Oversikten viser at mht. betydning for norsk teknologi er det bare Haldenprosjektet som kan vise til klare resultater.

Tabell 3.4 Betydning av deltakelsen i big science-organisasjonene for norske interessenter

<i>Organisasjon</i>	<i>Norske aktører</i>	<i>Betydning</i>
CERN (LHC)	Fysikkmiljøene ved norske universiteter	Dominerende stilling innen norsk partikkelfysikk (Alternativer frem til 2005: Deltakelse i DESY (Tyskland) og Stanford Linear Accelerator (SLAC): USA.
ESA	Fysikk og astrofysikkmiljøer ved norske universiteter	Viktig, men ikke dominerende stilling pga. metodisk flersidighet (bakkeobservasjoner, etc.)
ESRF	Mange, jf. kap. 2.1	Av økende betydning som relativt ny type instrument som ikke finnes i Norge
EMBL	Biologi- og enkelte medisinske miljøer ved norske universiteter	Viktig særlig for kompetanseoppbygging innen molekylærbiologi
Halden-prosjektet	Institutt for energiteknikk	Tilbud til norsk prosess- og energiindustri, rådgiving for norsk forvaltning.

3.5 Global betydning av forventede resultater

Dette aspektet er tidligere omtalt i kap 2.5 mht. teknologirisiko og forskningsdesign. I oppstillingen nedenfor presenteres de forskningsmessige aspektene som står i fokus, ut fra et globalt perspektiv.

Tabell 3.5 Global betydning av de forventede resultatene

<i>Organisasjon</i>	<i>Betydning</i>
CERN (LHC)	Forbedring/utdyping av Standardmodellen - fag-intern betydning størst - for anslagsvis 8000 fysikere
ESA	For romferdene i hjørnestein 1 (SOHO og Cluster) - forbedret forklaring av solfysikk og jord-/sol-interaksjon. Mulighet for solvarsling og klimaprediksjon
ESRF	Gir adgang til et instrument som muliggjør observasjoner helt ned til 0.1 mm, bred anvendelse innen materialvitenskap, kjemi, biologi, etc.
EMBL	Sannsynligvis moderat, men fagområder som molekylærbiologien dekker (f.eks. genteknologi) er av økende betydning i mange anvendelser
Haldenprosjektet	Bidrag til økt reaktor-sikkerhet

3.6 Samsvar nasjonal forsknings- og teknologistrategi

Dette aspektet tar utgangspunkt i de mest sentrale strategidokumentene mht. forskning. Oppstillingen nedenfor vil prøve å gi en oversikt over i hvilken grad deltakelsen i big science organisasjonene samsvarer med de punktene som synes å være viktige i nåværende nasjonal forskningspolitikk og -strategi - slik den kommer til uttrykk i strategi- og policydokumenter, jf. kap 1.4 tidligere.

Tabell 3.6 Samsvar deltakelse i big science med norsk forskningsstrategi

<i>Organisasjon</i>	<i>Internasjonalisering</i>	<i>Egen styrke</i>	<i>Grunnforskning</i>	<i>Relevans for tematiske hovedsatsinger innen Området for naturvitenskap og teknologi</i>
CERN	Ja	Svak	Ja	Liten utover "grunnforskning"
ESA	Ja	Svak	Ja	Muligens:- marin-, miljørettet-, og næringsrettet FoU
ESRF	Ja	Svak	Generelt FoU-hjelpemiddel	Muligens:- næringsrettet
EMBL	Ja	Svak	Ja	Muligens:- næringsrettet- medisinske anvendelser
Halden-prosjektet	Ja	Sterk	Nei	Miljørettet

3.7 Omfang av ressurser som kreves for deltakelse i samarbeidet

I avsnittene 2.3 i forrige kapittel ble det redegjort for ressursbruken knyttet til deltakelsen, både dagens situasjon, hvor mye som er brukt i tiden 1987-97 - og hvor mye som vil bli brukt frem til 2007 hvis dagens nivå av ressursallokering bibeholdes. Spørsmålet som kan reises (og det skjer ofte) er om følgeforskningen er tilstrekkelig. I KJERNPAR-programmet blir det framført at man trenger 6 millioner kroner mer pr år enn budsjetttrammene de siste årene. Lignende synspunkter er også fremført i de andre programmene som forvalter følgeforskningsmidlene. (Dette spørsmålet er ikke aktuelt for Haldenprosjektet). Oppstillingen nedenfor viser forholdstall for følgeforskningsmidler i forhold til medlemskapskontingenten i de enkelte organisasjonene.

Tabell 3.7 Forholdstall medlemskontingent: følgeforskning

<i>Organisasjon</i>	<i>Forholdstall norske medlemskapskontingent (1) i forhold til følgeforskningsmidler i 1996</i>

CERN	1: 0,16
ESA (obligatoriske vitenskapsprogrammer)	1: 0,23
ESRF	1: 0,63
EMBL	1: 1,27

Av denne ser man at CERN-følgeforskningen har det laveste forholdstallet, mens EMBL har det høyeste. I 1996 var bevilgningene til CERN-følgeforskningen 11,2 millioner kr, mens den var 7 millioner for EMBL. EMBLs relativt høye tall kan imidlertid forklares ved at deltakelsen hadde en oppbyggingsfunksjon i et norsk hovedsatsningsområde og at EMBL aktivitetene har en relativt høy prioritet i Området for medisin og helse.

Spørsmålet om hva som er et tilstrekkelig nivå på følgeforskningen er umulig å fastslå og henger mest sammen med ambisjonsnivå, ikke absolutte behov. De nasjonale, CERN-relaterte følgeforskningsprogrammene i andre land har vanligvis en finansiering innen et spenn fra 1: 0,12 som laveste nivå til 1: 0,2 og høyere som høyeste nivå. Det norske nivået på 1:0,16, som var høyere for noen år siden, er allikevel innenfor et “normal” europeisk nivå. For ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammets vedkommende er Europa-gjennomsnittet 1:0,20 (1994-tall). Mens det norske nivået på følgeforskningen til ESAs obligatoriske vitenskaps-programmer og CERN synes å være på linje med det som er normalt i Europa, kan ESRF og EMBL-nivået synes høyt, men her har ikke utredningen tallmateriale å støtte seg til mht. hva andre land gjør.

3.8 Norske forskers og FoU-miljøers kvalitet, størrelse og utviklingspotensiale

Dette vanskelige spørsmålet er allerede behandlet i kap. 2.2 tidligere mht. noen dimensjoner knyttet til kvalitet og størrelse. Når det gjelder utviklingspotensialet vil dette henge sammen med fremtidsutsiktene for når forskningsresultater kan forventes fra forskningsaktivitetene i big science-organisasjonene som Norge deltar i. Som påpekt i kap. 2.7 er det stor variasjon mellom organisasjonene, særlig mht. CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, hvor det er lange tidskonstanter. For CERN-deltakelsen vil det være relativt liten aktivitet i tidsrommet 2000-2005, i den tiden CERN-anleggene ombygges/oppgraderes til LHC⁹. For

⁹En slik aktivitet som nylig er vedtatt, er byggingen av et Antiproton Decelerator-anlegg for forskning i anti-hydrogen, samt planer om neutrinforskning som går på å sende en neutrinståle fra CERN til Gran Sasso Lab i Italia.

ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer er det tilsvarende lange perioder fra plan-legging til romferd. Dette betyr at *alderssammensetningen* i forskersamfunnet har og kan få mye å si for utviklingspotensialet. Generelt er hovedtyngden av forskerne så gamle at mange vil være pensjonister i 2005. Altså, mange av dem som har vært med på å beslutte og utforme forskningen, vil ikke være der når fruktene skal høstes. De vitenskapelige konsekvensene av dette er ikke lette å overskue¹⁰. Blant aktørene er det forståelig nok bekymring over nyrekrutteringen. Dette gjelder i hovedsak CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og Haldenprosjektet, hvor gjennomsnittsalderen synes å være høy. Implikasjonene av dette kan være alvorlige hvis rekrutteringssituasjonen er slik at det om 10 år er få forskere igjen - og eventuelt at de nye som har kommet til i mellomtiden ikke føler samme grad av eierskap til det som de eldre satte i gang. Generasjonsskifter er også en dimensjon i det forskningsstrategiske handlingsrom og vil blir nærmere belyst i kap. 5.

3.9 Spesielle fortrinn fra deltakelsen

I utgangspunktet kan internasjonal big science betraktes som en kostnadsdelingsstrategi for å finansiere kostnadskrevende vitenskapelige anlegg. Både med LHC-anlegget og ellers generelt i OECD Megascience Forum ser man en forsterket tendens til å finne internasjonale løsninger, noe som er drøftet og utdypet i kap. 6 og 7 i rapportene om de enkelte organisasjonene i utredningens Del 2. Slik sett skaper samarbeidet muligheter som i minkende grad er realiserbare på nasjonalt nivå, selv i store, rike nasjoner som USA, Japan og Russland. Av samme grunn er inter-nasjonalisering en prioritert norsk forskningsstrategi, jf. kap 3.3 og kap. 1.3. Medlemskap i big science-organisasjoner gir adgang til et forskningsgode. Spørsmålet om denne adgangen samtidig representerer et *spesielt fortrinn* for Norge er tidligere delvis belyst i kap. 3.4. Ut fra dette og andre observasjoner er det vanskelig å peke på spesielle fortrinn. Men for deltakelsen i EMBL og ESRF kan man peke på at disse representerer en kilde til kunnskap - og kompetanse for Norge, på områder der Norge hittil har ligget etter. For norsk astrofysikk er det mulig å peke på at ESAs vitenskapsprogram passet bra inn i et forskningsområde hvor norske fagfolk selv sier at de tradisjonelt har vært sterke. Enkelte vil også hevde at Haldenprosjektet er et spesielt fortrinn for Norge. For CERN er det lite som skiller seg ut.

¹⁰I en studie (Skodvin, 1992) basert på tall fra 1989 ble det påvist at innen fysikkfag ved universitetene i Norge var 65% av det faste vitenskapelige personalet over 50 år. Det vil si at hele denne gruppen vil være pensjonister i 2005. Ut fra denne studien var det nesten ingen ansatte under 30 år, og gruppen 30-39 år var relativt liten, særlig sammenlignet med informatikk og matematiske fag (jf. Skodvin (1992), s.29 - figur 2.3).

3.10 Bidrag til norsk tverrfaglighet

Betraktet som et knapt gode kan man si at hvis deltakelse i en big science-organisasjon samtidig bidrar til tverrfaglighet, så vil man kunne vurdere deltakelse som en fordel. Dette ikke bare ut fra fordelingshensyn, men også fordi det kan skape et klima for intellektuell og forskningsmessig kryssfertilisering, som kan fungere kreativt. Oppstillingen nedenfor gir en vurdering av dette, men det understøttes av tabell 2.1 i forrige kapittel.

Tabell 3.8 Grad av tverrfaglighet knyttet til norsk deltakelse i big science

<i>Organisasjon</i>	<i>Grad av tverrfaglighet</i>
CERN (LHC)	Liten, kun partikkelfysikk, større mht. teknologiutvikling, f.eks. detektor-utvikling og datafangst
ESA	Omfatter flere fysikkdisipliner. Tverrfaglighet i teknologiutvikling
ESRF	Stor tverrfaglighet
EMBL	Omfatter flere disipliner. Tverrfaglighet i teknologiutvikling
Haldenprosjektet	Flere disipliner og teknologier

3.11 Utdanningseffekten

På grunn av forankring til universitetsmiljøer vil man forvente at deltakelsen i big science-organisasjonene har en utdanningseffekt, gjennom

- forskningsbasert undervisning
- utdanning av hovedfagsstudenter
- forskerutdanning (dr.grader)

I Del 2 av utredningen ble dette undersøkt, men materialet som var tilgjengelig var ikke tilfredsstillende, slik at det ikke er mulig å gi kvantifiserte mål for de første punktene. Ca. 40 norske hovedfagsstudenter var tilknyttet "the CERN-Community" i 1995, 45 hovedfagsstudenter er på samme tidsrom tilknyttet ESA-aktivitetene, og 14 hovedfagsstudenter hadde tilknytning til ESRF i 1996. Ifølge en intern CERN-studie (Camporesi 1996) ble det i tidsrommet 1982-96, i forbindelse med DELPHI-eksperimentene, fullført 53 norske hovedoppgaver. For EMBL er det ikke registrert hovedfagsstudenter, men de antas å eksistere. Haldenprosjektet har en viss kontakt med Høgskolen i Østfold og NTNU - og ansatte tar hovedfag (cand.scient. og siv.ing.). Mht. forskerutdanning (doktorgrader) gir tabellen nedenfor tallene for CERN og ESA i tidsrommet 1994-1996.

Tabell 3.9 Avlagte doktorgrader innen romforskning og partikkelfysikk 1994-96

<i>Program i Norges forskningsråd</i>	<i>Avlagte doktorgrader 1994</i>	<i>Avlagte doktorgrader 1995</i>	<i>Avlagte doktorgrader 1996</i>
ROMFORSK (ESA)	4	6	2
KJERNPAR (CERN)	0	1	0

Kilde: Norges forskningsråd, årsmelding for 1995 fra Området for naturvitenskap og teknologi og årsmeldingene fra ROMFORSK og KJERNPAR for 1996

Tallet for CERN kan synes lavt, men det er ikke undersøkt om dette skyldes at tidsrommet dekker en forskningsmessig "lavsesson" i CERNs aktiviteter. I følge en CERN-intern studie (Camporesi 1996) ble det i tidsrommet 1982-96 avlagt 501 doktorgrader med tilknytning til DELPHI-eksperimentene. Av disse var ca 10 fra Norge, altså i snitt ca 0,7 doktorgrader pr år fra DELPHI. Fra ESRF er det registrert 4 avlagte doktorgrader med tilknytning til norske deltakere. Fra EMBL antas det å være i samme størrelsesorden som for ESRF. Fra Haldenprosjektet er det registrert 3 avlagte doktorgrader i tidsrommet 1994-96.

3.12 Internasjonalt omdømme

Norges internasjonale image preges generelt av at vi er en liten nasjon. Kunnskapsnivået om Norge er lavt, selv i våre naboland. I forestillingene om Norge er det neppe høy bevissthet om Norges medlemskap i big science-organisasjonene. I de styrende eliter som har kontakt med forskningen rundt om i Europa vil man imidlertid heve øyenbrynene hvis Norge *ensidig* la opp til en kursendring mht. medlemskap i big science-organisasjonene, i alle fall når det gjelder CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og Haldenprosjektet. Ut over faginterne kretser er ESRF lite kjent. Ryktene om Sveriges om utmeldelse av EMBL ble omtalt i en notis i *Nature* (Sverige fortsetter i EMBL), men hva slags oppmerksomhetsprofil dette representerer utenfor forskerkretser er vanskelig å vite.

4 Samfunnsmessige aspekter

I dette kapitlet vil fokus bli satt på de samfunnsmessige aspektene som knytter seg til at Norge deltar i de fem big science-organisasjonene. Fremgangsmåten som benyttes er angitt tidligere i kap. 1.6.3. Analysen vil bygge på rapportene som er utgitt fra utredningens Del 2 om de enkelte organisasjonene. I en forskningsstrategisk vurdering vil man måtte ta hensyn til disse, forutsatt at de forskningsmessige og teknologiske kriteriene som ble vurdert i forrige kapittel gjør at de er attraktive, det vil si forskningen må først og fremst gi “technological merit” og “scientific merit”. I tillegg skal den gi “social merit” - noe som omfatter et vidt spekter av kriterier - og noen av disse vil bli belyst nedenfor.

4.1 Teknologisk bidrag til nasjonal industri (teknologioverføring)

Patentering er et mål som ofte brukes på grad av innovasjon, men det er generelt et grovt mål. For organisasjonene i denne utredningen er den ytterligere lite egnet, bl.a. fordi CERN og Haldenprosjektet tar av polymessige grunner ikke tar ut patenter. Følgelig var det ikke overraskende at vi ikke fant noen patenter ved gjennomgangen av de enkelte organisasjonene, bortsett fra to patenter i Norsk Hydro, med indirekte forbindelser til arbeid ved ESRF. Med unntak av Haldenprosjektet var det vanskelig å finne klare eksempler i norsk næringsliv på innovativ teknologiutvikling som har sitt utspring i deltakelsen. Det lille som finnes er knyttet til utvikling av detektor-teknologi, som har fått et teknologisk puff pga. CERN- og ESA- oppdrag (IDE, AME). Det er fortsatt for tidlig å si noe om kommersielle virkninger av dette, særlig forventningene som forespeiles i forbindelse med LHC utviklingen på CERN. Haldenprosjektet representerer et unntak i kraft av at de har et betydelig oppdragsvolum (over 100 millioner kr i 1996) fra norsk industri på utvikling av prosesskontrollteknologi og IT-systemer. Ut fra dette må man anta at det skjer en teknologioverføring til norsk industri. Tilsvarende oppdrag fra norsk industri var det ikke mulig å se mht. deltakerne i CERN, ESAs obligatoriske vitenskaps-programmer, EMBL eller ESRF, selv om man ikke kan utelukke at norsk industri kan benytte deltakerne i disse som konsulenter, etc, jf. pkt. 4.3 nedenfor.

4.2 Kommersiell betydning for norsk leverandørindustri

Deltakelsen i de fem big science-organisasjonene har liten betydning i kommersiell forstand for norsk leverandørindustri. For CERNs vedkommende har andelen norske leveranser sunket gradvis utover i 1990-årene og er nå (1996) nede på en såkalt returkoeffisient på 0,32. I pengebeløp tilsvarer dette ca. 8,3 millioner kroner, dvs. under 1/10 av norsk ressursbruk på CERN. For ESAs obligatoriske

vitenskapsprogrammer har Norge en returkoeffisient på 0,9, altså langt bedre enn for CERN. For EMBL og ESRF har norsk industri få, sporadiske kontrakter. For Haldenprosjektet, der Norge er vertsland, synes den viktigste økonomiske rolle å være som “hjørnestensbedrift” i Halden, dvs. som en av de største arbeidsplassene i byen.

4.3 Nasjonal kunnskapsbase for næringsliv og forvaltning

Dette er et kriterie som er beslektet med utdanningseffekten, jf. 3.11 i forrige kapittel. I utredningen er det, med unntak av Haldenprosjektet, få eksempler på at de norske deltakerne i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL blir benyttet som kompetanseressurs - ut over det som følger av undervisningsplikt og forskning i tilknytning til universitetsarbeidet. Det er sannsynlig at forskere benyttes som konsulenter i norsk næringsliv og forvaltning - men det kan neppe ha noe stort omfang. Dette kan til en viss grad skyldes at universitetene først nylig har begynt å dyrke mulighetene for oppdragsvirksomhet. Mer sannsynlig skyldes dette en kombinasjon av spesialisert kompetanse og prioritering fra forskernes side. Unntaket er Haldenprosjektet, som qua oppdragsorganisasjon står i en annen stilling. Finansieringen som Haldenprosjektet mottar (25 millioner kr pr. år fra Nærings- og handelsdepartementet) sørger for at prosjektets kompetanse er tilgjengelig for forvaltningen. Dette kommer i tillegg til betydelige oppdrag fra norsk industri.

4.4 Kobling mellom FoU og nasjonal industri

Denne koblingen er i varierende grad svak, med unntak av Haldenprosjektet, som har en god kobling til norsk industri fordi prosjektet har en stor oppdragsmengde her. For EMBL og ESRF synes det ikke å være noen kobling. For ESRF er dette overraskende fordi synkrotronstråling antas å være av interesse for norsk industriell FoU. For CERN-deltakelsen går koblingen til noen få, spesialiserte bedrifter som bygger detektorer på oppdrag av norske følgeforskningsmidler for CERN-eksperimenter. Samme type industrirelasjon finner man for den norske deltakelsen i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer. Men bildet her er mer komplekst pga. en tett kobling mellom en hurtig voksende norsk romrelatert industri og norsk deltakelse i ESAs frivillige programmer.

4.5 Kommersiell nyskapning og etablering

Fra deltakelsen i de fem organisasjonene er det bare ett klart eksempel på en bedriftsetablering: Hand-El Skandinavia A/S, som ble etablert med utgangspunkt i Haldenprosjektet i 1996, og som i mars 1997 hadde vokst til 58 ansatte - og har

fortsatt veksten siden. I tilknytning til CERN-deltakelsen finner man oppstart-bedriften IDE, som har sitt utspring i detektorbyggingen på SINTEF.

4.6 Teknologisk opplæring

Dette kriteriet er også nært knyttet til “utdanningseffekten”, jf. kapitlene 3.11 og 4.3 over for om kunnskapsbase. Det er allikevel vanskelig å gi kvantitative indikatorer på dette, dels fordi det er vanskelig å måle og fordi det ikke er funnet data som kan benyttes som indikatorer. Imidlertid kan det antas at teknologisk opplæring nettopp burde være en betydelig effekt av deltakelsen fordi mye av deltakelsen går på instrumentering og teknisk datafangst. I en evaluering som ble utført om norsk deltakelse i ESAs vitenskapsprogrammer i 1995 (se rapport om ESA fra Del 2 i utredningen) er det anført som et ankepunkt mot de norske forskningsmiljøene at de var for opptatt av å bygge instrumenter. I en tilsvarende evaluering av norske CERN-aktiviteter blir norske partikkelfysikere berømmet nettopp for det samme, dvs. instrumenteringsfokusering. I den grad hovedoppgaver gis er det sannsynlig at en stor andel vil være i tilknytning til nettopp instrumentering. Hvilken effekt dette og deltakelsen ellers har på teknologisk nivå er det ikke mulig å si noe om, utover at man kan anta en slik effekt og at den kan være høy for enkelte aktivitetstyper.

4.7 Generelt bidrag til kultur, kunnskap/utdanning og velferd

Ideelt sett er dette en viktig parameter i vurdering av et prosjekts attraktivitet. Det er ikke mulig å gjøre dette på en tilfredsstillende måte uten omfattende undersøkelser fordi man står overfor komplekse diffusjonsprosesser, hvor det er vanskelig å isolere bidrag fra en kilde. Imidlertid vet man (om ikke eksakt) at i medias dekning av forskning har tema som astronomi og romfart høy dekning, jf. Hale-Bopp våren 1997. Det samme gjelder genteknologi, spesielt etiske spørsmål knyttet til kloning, men også antibakteriell resistens, HIV, etc., jf. Dolly-kloning våren 1997. Miljø-spørsmål er også aktuelle, særlig etter Tjernobyl har miljøtrusselen fra reaktorene i øst blitt tematisert, jf. Bellona og Nikitin. Spørsmål om “big bang”, “svarte hull” og “uendelighet” har også interesse. Isolert sett kan man si at hva media dekker reflekterer mest journalisters preferanser for “godt stoff”. Imidlertid er de i økende grad styrt av sine markedsanalyser av hva folk etterspør mht. stoff. En nærmere analyse av denne type studier (medias markedsanalyser) - i den grad de er tilgjengelige - vil kunne si noe om allmennhetens engasjement i den type forskning som de fem organisasjonene utfører.

4.8 Positive, eventuelt negative miljøeffekter

Gitt økende miljøbevissthet og krav til etisk standard mht. forskningens virkninger vil en dimensjon i vurderingen av deltakelsen være i hvilken grad organisasjonene

bidrar til disse - på positiv eller negativ måte. Oppstillingen nedenfor er et forsøk på å angi noen enkle aspekter av dette.

Tabell 4.1 Mulige miljøeffekter av big science forskningsresultatene

<i>Organisasjon</i>	<i>Miljøeffekter</i>
CERN (LHC)	Sannsynligvis ingen
ESA	- Skepsis til plutonium risiko på Huygens/Cassini-ferden + generell forsøpling av rommet (negativ) - Mulig bedre forståelse av solens betydning for jordklima, klimavarslinger (positiv)
ESRF	Mulig bedre material-økonomi og effektivisering - ressursbesparelser (positiv)
EMBL	- generelt bidrag til biologisk kunnskaps-heving - bidrag til genteknologi (generelt positiv)
Haldenprosjektet	- generell reaktorisiko (liten) (negativ) - bidrag til økt reaktorsikkerhet (positiv)

4.9 Bidrag til allmennhetens syn på FoU

Et ideelt krav til forskning er at den også skal bidra til allmennhetens (positive) syn på - og kunnskap om - forskning og utvikling. Dette er ikke undersøkt mht. de fem organisasjonene, men de samme vurderingene som ble anført under kap 4.7 vil også gjelde her.

4.10 Bidrag til Norges omdømme i internasjonalt samfunn

Betydningen av de fem organisasjonene synes å variere, avhengig av størrelse, grad av spesialisering og generell prestisje som omgir disse. I kapittel 7 i rapportene i utredningens Del 2 om de enkelte organisasjonene er det vurdert hva slags betydning disse har for Norge, ut fra næringspolitiske, utenrikspolitiske og sikkerhetspolitiske perspektiver. I denne sammenheng ble ESRF og EMBL vurdert å ha en anonym profil. Det samme kan sies om disse to organisasjonene mht. deres bidrag til Norges omdømme, dvs. som noe heller anonymt og ordinært/teknisk. ESAs og CERNs størrelse og generelle prestisje/synlighet stiller disse to i en annen klasse. Det vil si at Norges adferd vis a vis disse vil være synlig i internasjonal sammenheng. At Norge alt er medlem i disse to organisasjonene og har en "normal" håndtering av dette, danner utgangspunkt for hva som forventes av Norge. Et ensidig avvik fra normalt handlingsmønster vil påvirke Norges omdømme innen de rammer av betydning som tillegges en liten nasjon. Det samme gjelder i enda sterkere grad for Haldenprosjektet, hvor Norge har spesielle vertskapsforpliktelser.

4.11 Bidrag til å underbygge Norges "forhandlingsposisjon"

Dette er et komplekst spørsmål, men kan enkelt besvares slik: Det spiller trolig liten stor rolle for Norges “troverdighet” og “goodwill” om Norge velger å trekke seg ut av ESRF og EMBL - og motsatt, om Norge velger å trappe opp sitt engasjement i disse organisasjonene, hvis man ser bort fra eventuelle brudd på juridisk/politisk bindende avtaler. ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, CERN og Haldenprosjektet kommer i en annen kategori, fordi det knytter seg politisk følsomhet til disse tre:

- *CERN*, fordi det er knyttet mye prestisje til organisasjonen
- *ESA*, pga. industri- og sikkerhetspolitiske faktorer
- *Haldenprosjektet*, mest pga. Norges vertskapsrolle, men også fordi reaktor-sikkerhet er viktig som miljøfaktor i utenrikspolitikken vis a vis de tidligere østblokklandene.

Norges “forhandlingsposisjon” og omdømme preges også av at vi oppfattes som en relativt rik nasjon, som det forventes en viss økonomisk romslighet av.

5 Konklusjon: Forskningsstrategisk attraktivitet

Ambisjonen i en forskningsstrategisk tilnærming er å finne frem til et optimum av prosjekter, dvs. tilveiebringe et grunnlag for å avgjøre hva det skal satses på, hvor lenge og hvordan dette skal skje. I denne prosessen er det føringer og begrensninger som vil påvirke tilnærmingen. I innledningen til denne rapporten ble det pekt på noen forskningspolitiske faktorer som er overordnede. Videre vil det være be-grensninger i det forskningspolitiske handlingsrommet som også påvirker utfallet av prosessen. Et moment som bare vil bli påpekt her er at det kan ligge føringer i form av øremerking som gjør at ressursgrunnlaget kanskje er mindre enn de store tall kan gi inntrykk av: Oversikten i kap 2.3 viste ressurser i størrelsesorden 2.262 millioner kroner knyttet til deltakelsen i de fem organisasjonene for tidsrommet 1998-2007. Det reelle handlingsrommet mht. disponering av disse ressursene vil være begrenset hvis det ikke foreligger attraktive, politisk velbegrunnede alternativer for forsknings- og teknologirelaterte anvendelser. Opplegget for dette kapittelet ble beskrevet i kap 1.6.4 tidligere, og det vil på grunnlag av forutsetninger i kap 2.3 og kap 4 prøve å analysere deltakelsen i de fem organisasjonene ut fra følgende hoveddimensjoner:

- *Forskningsmessige forutsetninger*, i form av styrke, evt “strategiske” svakheter (områder der Norge har behov for kompetanse) og andre faglige egenskaper ved deltakelsen, som vil bli gjennomgått i kap 5.1,
- *Grad av modenhet, originalitet og muligheter* som ligger i den aktuelle deltakelsen, som vil bli vurdert i kap 5.2,
- *Forventede virkninger* av forskningsresultater mht. hvor og hva slags effekter som kommer ut av resultatene, som vil bli vurdert i kap 5.3,
- *Forskningmessig attraktivitet* som en sammenfatning av de foregående punktene, for å kunne vurdere “scientific merit” og “technological merit”, som vil bli drøftet i kap 5.4,
- *Generell attraktivitet og strategisk handlingrom*, som på grunnlag av de foregående drøftingene av forskningsmessig attraktivitet vurderer deltakelsen i de fem organisasjonene i henhold til *effekt mål* og *samfunnsmessig attraktivitet* - og avslutter med vurdering av hva som er det *strategiske handlingsrom* - som utredningens konklusjon i kap 5.5.

5.1 Forskningsmessige forutsetninger

I gjennomgangen av forskningspolitiske forutsetninger tidligere, jf. kap 1.4 ble det pekt på at holdningen her er at Norge skal delta i internasjonalt forsknings-samarbeid på områder der vi er sterke. Samtidig pekes det på at Norge, som er en liten nasjon, er avhengig av tilgang til kunnskap fra internasjonal forskning, dvs. kunnskapsoverføring. Tankegangen i dette er at norske forskere, gjennom å delta i prosjekter på områder der vi “ligger etter”, vil få drahjelp til å komme fremover - altså en strategi for faglig oppbygging. Gjennomgangen i kap 3.6 prøvde å vurdere dette ut fra bl.a. dimensjonen “egen styrke” (og svakhet) mht. deltakelsen i de fem organisasjonene.

I denne sammenheng er Haldenprosjektet uproblematisk fordi det får bekreftet sin egen styrke på det internasjonale og nasjonale oppdragsmarkedet, både gjennom 3-års programmene i OECD-sammenheng og det mer kontinuerlige tilsig av oppdrag utenom dette - som øker i volum. Om Haldenprosjektet av denne grunn er attraktivt, slik vi skal analysere i avsnitt 5.4 nedenfor, vil bero på andre vurderingskriterier, men mht. “egen styrke” er det ingen av de fem organisasjonene som får så tydelige signaler som dette som Haldenprosjektet.

De fire andre organisasjonene - CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL - er mer utydelige mht. grad av egen styrke i deltakelsen. De enkleste å vurdere er ESRF og EMBL. Felles for norsk deltakelse i EMBL og ESRF er at de i ressursbruk utgjør en relativt beskjeden andel i forhold til deltakelsen i CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer. Inntreden og fortsatt deltakelse i EMBL var bl.a. motivert ut fra planer om en oppbygging av bioteknologisk kompetanse og forskning i Norge. Bibliometriske data tyder at Norge alt er i en god posisjon innen molekylærbiologi, ut fra høy skåring på “Performance Index”¹¹. I rapporten om norsk deltakelse i EMBL i utredningens Del 2 fremstår Norge som relativt svak, men rapporten viser samtidig at organisasjonen byr på muligheter for norsk kompetanseoppbygging på spesialiserte områder. Hvis hensikten med deltakelsen i EMBL kun er tilgang til et virkemiddel for oppbygging av forsknings-miljøer i Norge, bør deltakelsen vurderes ut fra tidsavgrensede opplæringsmål. Men dette kan også vurderes som et virkemiddel for Norge mht. å delta i det inter-nasjonale samarbeidet om grunnleggende biologiske problemstillinger.

Deltakelsen i ESRF minner om situasjonen omkring de tidlige “tallknuserne” (tungregneanleggene, f eks RBK), dvs. at ESRF fremstår som et sentralisert anlegg med varierte anvendelser og brukere, men med et felles behov for å kunne “se”

¹¹ Jf. Aris Kaloudis, *Hello “Big Science”*, NIFUs U-notat, nr 9/97, s 4.

fenomener på et resolusjonsnivå ned til 0,1 nm (1 nm=1/1.000.000 mm). Norges “svakhet” i denne sammenheng er i hovedsak at synkrontronstråleanlegg fortsatt er for kostbart for en liten nasjon som Norge og at kunnskap om, og ferdigheter i anvendelses-mulighetene av synkrontronstråling fortsatt er begrenset, særlig i industriell FoU. Ut fra det siste momentet representerer ESRF en tidlig fase i en diffusjons- og lærings-prosess, der de industrielle/kommersielle anvendelsene synes å være perspektiv-rike. Hvis etterspørselen etter synkrontronstråling på global basis øker, vil det etter hvert oppstå kommersielle tilbud med tilhørende trivialisering og kostnads-reduksjoner av teknologien. ESRF representerer ikke “grunnforskning” i seg selv.

CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer er i en egen klasse mht. vurderingen om norsk deltakelse ut fra egen styrke. Problemet her er å vurdere hva som er egen styrke i den forskningen som Norge deltar i, dernest å sammenligne de to, jf. drøftingen om strukturell informasjonsasymmetri i kap 1.5.1. Felles for norsk forskning i de to organisasjonene, som i realiteten gjelder to nabogrener i fysikken, synes å være at forskerne er fokusert på bygging av instrumenter, tekniske aspekter knyttet til eksperimenter og datafangst. Hvis “egen styrke” skal måles, vil bibliometrien kunne være et hjelpemiddel, men det er ikke mulig å bruke analysene som er foretatt til sammenligning av relativ styrke mht. CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer. Dette skyldes også at publiseringskulturene i forskningen relatert til de to organisasjonene er ganske forskjellige, bl a CERNs praksis med å angi alle deltakerne i et eksperiment som forfattere i artikler. I en bibliometrisk analyse som gir et statistisk mål på nasjonal “Performance Index” kommer både norsk “Physics” og “Astrophysics” ut med laveste skåring av alle naturvitenskapelige disipliner i Norge¹². Ut fra dette kan ikke Norge sies å ha noen styrke, norsk fysikk har en svak posisjon. Samtidig som slike vurderinger er metodisk usikre, er alternative, mer kvalitative kriterier som “omdømme”, “anerkjennelse”, “profil”, etc enda mer diffuse. Enkelte vil i denne sammenheng peke på at norsk astrofysikk og solfysikk har en “god tradisjon” i internasjonal sammenheng, men det er vanskelig å måle implikasjonene av dette, eller å få andre håndfaste indikatorer. Imidlertid er det få holdepunkter for å begrunne deltakelsen i CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer ut fra styrke i norsk forskning innen de aktuelle fagdisiplinene. Selv om grunnlaget for å hevde dette heller ikke er så sterkt, så er det sannsynligvis mindre grunnlag for å hevde det motsatte.

Konklusjonen er at argumentet om egen styrke bare synes å gjelde for Haldenprosjektet - norsk styrke i forskningen er ikke et fremtredende trekk ved

¹² Op.cit., s.4.

deltakelsen i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF. Dermed blir det forskningspolitiske residualargumentet om at det er viktig for Norge å delta i - og derigjennom bidra til - den *internasjonale forskningsfronten* som egentlig kan legitimere deltakelsen i CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, for uansett norsk styrke kan det herske liten tvil om at forskningsfronten innen partikkelfysikk vil være på CERN, og - tilsvarende for astrofysikk og romfysikk - på ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer.

5.2 Grad av modenhet, originalitet og muligheter

I forskningspolitikken blir det også understreket at internasjonalt forskingssamarbeid bør skje på områder som er strategisk viktige for Norge. Dette kan tolkes på mange måter, men i denne sammenheng, hvor naturvitenskapelig grunnforskning står i fokus, vil analysen bli avgrenset til vurderinger av:

- ▶ *modenhet*, fordi dette vil være interessant mht. sannsynligheter for nye resultater og resultattyper,
- ▶ *originalitet*, som knytter seg til vurderinger av grad av forskningsmessig nyhet og nyskapning,
- ▶ *mulighetene*, som knytter seg til vurderinger av de løfter som forskningen bærer i seg mht. resultater, dvs. hva slags resultater og hvor viktige (radikale) resultatene kan bli.

Summen av disse dimensjonene vil kunne gi et grunnlag for vurdering av “strategisk viktig”. Tematiske prioriteringer, slik som satsing på marin forskning, miljørettet forskning og næringsrettet FoU er holdt utenfor.

5.2.1 Modenhet

Denne dimensjonen knytter seg til vurdering av forskningsmessig modenhet, med en underliggende antakelse om at jo mer moden en forskningsvirksomhet er, jo mindre sannsynlig er det at det vil komme nyskapninger eller store fremskritt: Dynamikken vil ligge i det *umodne*. Et viktig tegn på det siste er i hvilken grad forskningen evner å sette nye og ekstreme krav til teknologien som benyttes i instrumenteringen og infrastrukturen rundt forskningen, og hvordan dette følges opp. I en vurderingsskala moden-umoden, vil forskningen på CERN (LHC) og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer kunne plasseres på den umodne siden, mens Haldenprosjektet representerer den motsatte ytterlighet. ESRF og EMBL ligger omtrent midt på denne skalaen. Liten grad av modenhet øker sannsynligheten for uventede oppdagelser og skyver ellers forskningsfronten, noe som er forskningsmessig attraktivt.

5.2.2 Originalitet

Originalitet er en mer positiv måte å betegne grad av nyvinning på enn umodenhet, men inneholder tilleggsdimensjoner som samtidig er vanskeligere å operasjonalisere, fordi det er et intuitivt og subjektivt begrep, på linje med “kreativitet”. Begrepet er allikevel viktig i forskningsstrategisk sammenheng fordi det er fruktbart for å betegne hva som er attraktivt - å satse på noe som er originalt gir større sjanser for nyskapning enn replisering (“me too”). Spørsmålet vil så bli hva slags forskning som bærer i seg *potensialet* til størst originalitet. Generelt kan man si at i et åpent, eksplorativt forskningsdesign med et mangfold av tilnæringsmåter er sjansene for originalitet større enn i et lukket, teoretisk avgrenset forskningsdesign.

Ut fra et slikt resonnement vil en sammenligning av CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer være interessant. I LHC på CERN er det en disiplin (partikkelfysikk) med en teori (Standardmodellen) som skal testes på to eksperimenter (detektorer - ATLAS og CMS), samt ALICE for tungionefysikk. I ESAs vitenskapelige programmer inngår en serie med romferder ut fra et design (de fire hjørnestenene i *Horizons 2000*) som dekker flere disipliner og inneholder et stort antall vitenskapelige utstyrsenheter i det som her kalles eksperimenter (Ulysses - 9 eksperimenterenheter, SOHO og de fire Cluster-satellittene - 11 eksperimenterenheter i hver satellitt, osv). Designet er grunnleggende eksplorativt. Sjansene for originale funn vil ut fra en slik vurdering være høyere enn på LHC, men til gjengjeld vil LHC ha andre fordeler i form av større eksperimentell fleksibilitet som kanskje balanserer dette.

Den andre ytterlighet representerer Haldenprosjektet, hvor målestokken for originalitet vil være innenfor det teknologiske fokus som gjelder her. Hvis man opererer med originalitet som en vurderingsskala ut fra hva som er attraktivt i grunnforskningssammenheng, vil CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer være i en ende av skalaen, med Haldenprosjektet i den andre enden - og ESRF i mellomregionen. EMBL, med sin selvstendige forskningsagenda ligger nærmere CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer på denne skalaen enn ESRF.

5.2.3 Mulighetene

Denne dimensjonen tar sikte på å vurdere betydningen av de løftene som ligger i forskningsambisjonene - gitt at forskerne lykkes i sine målsettinger. Den tar ikke stilling til realismen i ambisjonene - det er vanskelig nok for eksperter innen de enkelte fagområdene å vurdere dette. Gitt en slik “face-value”-tilnærming, hva kan vi forvente av muligheter ut fra de resultatene som forskningen i de enkelte organisasjonene forespeiler?

For CERNs vedkommende gjelder dette i hovedsak resultater fra LHC, som tidligst vil komme etter 2005, og som i hovedsak knytter seg an til Standardmodellen. Hovedmålet synes å være forbedret forklaring på enkelte regioner innen denne modellen, samt muligens revisjon av de mer overordnede teorier som partikkelfysikken opererer med, i de såkalte “store enhetsteoriene” (Grand Unification Theories) og “teorien om alt” (TOE - Theory of everything) - som fatter Big Bang og forklaringer om universets tilblivelse. Gjennom dette møter partikkelfysikken astronomiens målsetninger om også å forklare universet. I tillegg kommer resultater fra forskning som er knyttet til andre eksperimenter ved CERN. Kunnskapsmessig kan dette være viktig.

For ESAs vedkommende er det innenfor astrofysikken og romfysikken, nærmere bestemt solfysikk, forståelse av magnetosfæren og ionosfæren, at man forventer forbedret kunnskap og forklaringer. Ambisjonene går på at det skal bli mulig med bedre forutsigelser, basert på en forbedret forståelse av jordens umiddelbare omgivelser. Resultatene forventes å gi mulighet til bedre forklaringer av solens adferd og hvordan denne påvirker jorden. Det tegner seg også muligheter til “romvarsling” i nær fremtid. Høstningsperioden for SOHO er i gang nå; Clusterromferden (forsøk nr 2) vil komme i 2000 og gi bedre kunnskap om magnetosfæren gjennom de fire identiske satellittene på denne ferden.

EMBLs muligheter ligger innen utvidelse av grunnleggende biologisk viten, som en av flere aktører i dette feltet rundt om i verden. Mulighetene for anvendelse innen medisin og legemiddelutvikling oppstår fortløpende, og i økende tempo. EMBLs muligheter ligger i stadig flere anvendelser. EMBL og ESRF har det til felles at virksomheten gir mer detaljert kunnskap på områder hvor forskningsfronten ligger i å komme på et stadig lavere kunnskapsmessig resolusjonsnivå, dvs. skape inkrementelle forbedringer av eksisterende kunnskap. Den samme dynamikken gjelder for Haldenprosjektet, men her er fokus teknologiforbedringer for økt reaktorsikkerhet. Inkrementelle forbedringer kan være ikke-trivielle, og summen av små skritt kan over tid kan gi betydelige bidrag til vitenskapelig kunnskap og teknologi. Men ut fra et grunnforskningsperspektiv kan man allikevel si at ESRF og muligens også EMBL opererer innen fagområder hvor trivialiseringshastigheten er høy - noe som betyr at mulighetshorizontene endres raskt.

5.3 Forventede virkninger

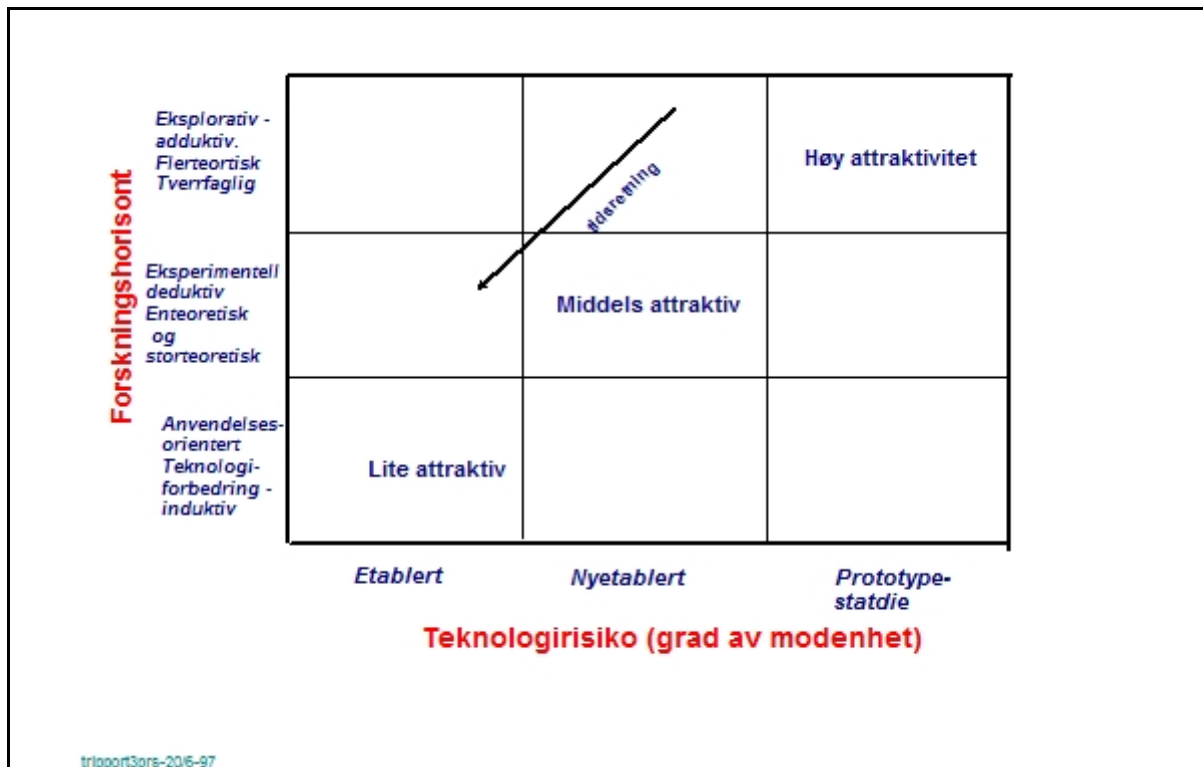
Denne dimensjonen er en konsekvens av de mulighetene som ble vurdert i avsnittet ovenfor, i den betydning at det kan være av interesse å vurdere hva slags virkninger, spesielt eksterne virkninger som vil komme ut av mulighetene. Fokus settes på eksterne virkninger, fordi det er virkningene utenfor forskningsorganisasjonen og forskersamfunnet som er av interesse for allmennheten, de som betaler for den.

Nedenfor, en summarisk oppstilling som det ikke er nødvendig å drøfte pga. gjennomgangen i forrige avsnitt (5.2.3):

- ▶ *CERN (LHC)* - bidrag til allmendannelse og generell verdensoppfatning,
- ▶ *ESA* - bidrag til bedre forståelse av eksogene faktorer i jordens klima og miljø, samt kosmos,
- ▶ *EMBL* - bidrag til biologisk viten,
- ▶ *ESRF* - bidrag indirekte gjennom annen forsknings forbedrede evner til å “se”,
- ▶ *Haldenprosjektet* - bidrag til bedre reaktorsikkerhet.

5.4 Forskningsmessig attraktivitet

“Attraktivitet” kan strengt operasjonaliseres som kombinasjonen av “relevans” og “kvalitet”, dvs. standardbegrepene for vurdering av forskning, som gjør det mulig å si f.eks at et forskningsprosjekt er attraktivt fordi det har både høy relevans og høy kvalitet. Men i denne sammenheng vil begrepet bli benyttet litt videre. Tilleggsdimensjonene vil være vurdering av om det knytter seg forhåpninger, visjoner og videreutviklingsmuligheter til en forskningsaktivitet. Ut fra dette kan det tenkes at et prosjekt kan vurderes som relevant og ha god kvalitet, men allikevel ikke være attraktivt nok for en satsing. For fremtidig, nasjonal fornyelse av kunnskaps- og innovasjonssystemer er det viktigst at forskningsvirksomheter er attraktive, dvs. bærer i seg løfter om videreutvikling og nye oppdagelser som ellers kan være kilde til nye ideer samtidig som de bringer ny kunnskap frem. I vurderingen nedenfor blir attraktivitet drøftet ut fra i hvilken grad forskningsvirksomheten i de fem organisasjonene representerer en fruktbar *kombinasjon* av høy teknologisk risiko og forskningsambisjoner, dvs. det som ligger i forskningshorisonten. Tankegangen, som er skjematisk representert i figur 5.1, er at *høy attraktivitet* er en funksjon av at forskningsvirksomheten innebærer *høy teknologisk risiko* (jf. vurderingene i kap 5.2.1), samtidig som de forskningsmessige dimensjonene *originalitet* (jf. vurderingene i kap 5.2.2), *muligheter* (jf. 5.2.3) og *forventede virkninger* (jf. 5.3) vurderes som gode. Denne vurderingen vil så inngå som et element i vurderingen av *generell attraktivitet*, noe som skal utdypes i neste hovedavsnitt, kap. 5.5, som rapportens konklusjon.



Figur 5.1 Attraktivitet som funksjon av forskninghorisont og teknologisk risiko

Med utgangspunkt i disse kriteriene vil man få et bilde som viser at norsk deltakelse er interessant i de organisasjonene som har høy attraktivitet, ut fra forestillingen om forskningsmessig attraktivitet, slik dette begrepet er brukt i denne utredningen. Gitt disse premissene er det mulig å legge frem følgende vurderinger:

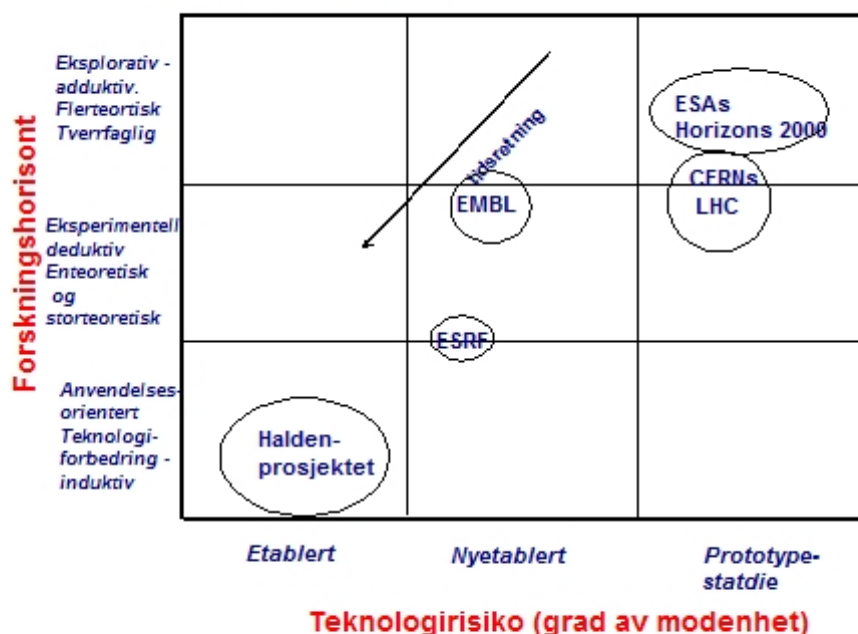
- *CERN-deltakelsen* fremstår med høy attraktivitet fordi den gir norske forskere adgang til å delta i en forskning med høy teknologisk risikoprofil pga. de ekstreme kravene til instrumentering og teknologiske løsninger ellers i LHC-anlegget. De forventede virkningene, den underliggende originalitet og mulighetene kan vurderes som gode, spesielt som bidrag til forbedring av Standardmodellen.
- *ESA-deltakelsen* fremstår også med høy attraktivitet. Den gir norske forskere adgang til å delta i en forskning med høy teknologisk risiko pga. romvirksomheten. Samtidig er de forventede virkningene av resultatene gode - dette pga. de underliggende mulighetene og originalitet, spesielt i form av kunnskap som kan ha betydning for forståelse av jordens klima og umiddelbare omgivelser. Den industripolitiske koblingen i ESA (som er hovedbegrunnelsen for norsk medlemskap) bidrar også til attraktiviteten.

- *EMBL-deltakelsen* er i utgangspunktet mindre attraktiv enn CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer fordi dens teknologiske risikoprofil er lavere. Ut fra betraktninger om forskningshorisont plasserer EMBL seg ved siden av andre forskningsmiljøer som utfører samme type forskning, dvs. har ikke samme grad av enerådende posisjon i forskningsfronten som CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer. Til gjengjeld medgår det ikke store ressurser fra Norge til EMBL.
- *ESRF-deltakelsen* kommer i samme klasse som EMBL, men fremstår allikevel som litt mindre attraktiv fordi den er relativ “teorinøytral” teknologisk og har et klart teknologi-anvendelsesfokus, men ligger mer i fronten (for tiden) enn konkurrerende alternativer innen synkrotronstråling og er derfor attraktiv. Hvis synkrotronstråling får økt anvendelse og etterspørsel vil det etter hvert komme kommersielle alternativer - og en rask trivialisering inntreffer. I likhet med EMBL krever ikke ESRF store ressurser og har ellers en fleksibel organisering, dvs. gir handlingrom.
- *Haldenprosjektet* er, ut fra kriteriene som benyttes her, lite attraktivt. (Det kan være attraktivt for andre.) HRP opererer i et teknologisk område som er modent. De forventede virkningene i HRP's forskningshorisont er knyttet til de spesifikke teknologiene (reaktortechnologi), men med en kompetanse som er ettertraktet i markedet.

Vurderingen ovenfor lar seg representere i figuren som ble vist tidligere, se figur 5.2. I denne figuren er ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer representert som litt mer attraktiv enn CERN pga. flersidigheten mht. metode, eksperimenter og teoretisk orientering enn det man kan se i CERN. Avhengig av hvordan man vektlegger CERN og ESAs plassering mht. forskningsfronten, er det mulig å likestille disse to, eventuelt at CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer bytter plass. I så fall vil grunnen være at man vektlegger de vitenskapelige mulighetene til CERN (Standardmodellen) som like eller mer attraktive enn forskningsmulighetene som ligger i ESAs arbeid. I en forskningsstrategisk

tilnærming vil man si at dette er legitimt - et optimum vil uansett være avhengig av hva man betrakter som verdifullt.

Figur 5.2: Mulig bilde for å avgjøre optimum



trippport3prs-2016-97

5.5 Generell attraktivitet og strategisk handlingsrom

Området for naturvitenskap og teknologi i Norges forskningsråd skriver i sin strategiplan (kapittel 2) mht. mål og prioriteringer at man ønsker å opprettholde rammen til grunnforskningsprogrammene minst på 1994-nivå, men at ambisjonen er å øke disse. Videre at: “Betydelige omprioriteringer er nødvendig for å gi rom for nye satsinger. Særlig avtalefestet internasjonalt samarbeid vil bli nøye vurdert i denne sammenheng”. Som et forskningsstrategisk resonnement er dette naturlig fordi i enhver levende portefølje av aktiviteter må man kontinuerlig vurdere sammensetningen (hva som er optimum) - noe som nødvendigvis innebærer en dynamikk mht. gjennomstrømming: Forskningsvirksomhet, som alt annet levende, gjennomgår vekstsykluser - de spirer, vokser, når et metningspunkt, for til slutt å henfalle. Området for naturvitenskap og teknologi har blinket ut “avtalefestet

internasjonalt samarbeid” som stedet hvor endringer kan foretas, dvs. skape et *handlingsrom* for nye satsinger. Dette sannsynligvis ikke alene for å “frigjøre” følgeforskningsmidler som de disponerer, men fordi det vil også skape handlingsrom for kursendringer i norsk forskningsstrategi som går langt utover det de disse midlene representerer. Det er i en slik sammenheng foreliggende utredning kommer inn, dvs. som ledd i å vurdere nåværende deltakelse i internasjonale forsknings-organisasjoner, for å se muligheter til utfasing av de aktivitetene som er minst lovende (havner lavest på listen) - og erstatte disse med nye satsinger - og dermed endre kursen i norsk forskning. Uten en slik prosess vil en forskningsstrategi - uansett begrensinger i rammebetingelser - fort stagnere og miste sin evne til å være kilde til fornyelse. Samtidig er ikke dette noen enkel, opplagt prosess - og det er naturlig med en betydelig tvil og uenighet om hva som er riktig og relevant som beslutningsunderlag og mål. Det er minst fire spørsmål som kan reises i en slik sammenheng:

- ▶ *Hvor attraktive* er de nåværende satsingene i forhold til hverandre? Mandatet for denne utredningen har gitt i oppdrag å vurdere norsk deltakelse i de fem organisasjonene CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL, ESRF og Haldenprosjektet. Spørsmålet kan imidlertid betraktes som en kunstig innsnevring, fordi deltakelsen (med unntak av Haldenprosjektet) er nært knyttet til viktige forskningsområder innen norsk grunnforskning. Det kan lett oppfattes som et spørsmål om hvor attraktiv f.eks. romforskning, partikkel-fysikk og molekylærbiologi er i forhold til hverandre. Dette siste ligger selvsagt utenfor utredningens mandat/kompetansefelt.
- ▶ *Hva slag reelt handlingsrom finnes* mht. eventuell utfasing av deltakelsen i en organisasjon?
- ▶ *Hva er konsekvensene* av en eventuell utfasing?
- ▶ *Hva er alternativene* (hva slags nye satsinger) - og hvordan sammenligner de seg med eksisterende satsinger? De siste to spørsmålene - som er naturlige å stille i en forskningsstrategisk helhetsvurdering - ligger også utenfor denne utredning, selv om enkeltaspekter vedrørende konsekvenser alt er belyst mht. utenriks-, nærings- og sikkerhetspolitiske faktorer. Også spørsmålet om hva som er “ny” og “gammel” satsing kan det stilles spørsmålsteget ved, f.eks. vil man med rette kunne si at LHC ved CERN og de fremtidige romferdene ved ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer er “nye”, selv om organisasjonene er “gamle”. Avsnittene nedenfor vil prøve å belyse de to første punktene ovenfor.

5.5.1 Generell attraktivitet

I gjennomgangen nedenfor vil deltakelsen i de fem organisasjonene bli forsøkt vurdert ut fra to sett av kriterier:

- ▶ de som kan leses ut av strategiplanen for Området for naturvitenskap og teknologi m h t *effektmål* - ut fra at gode effektmål vil kunne benyttes som et vurderingsgrunnlag for generell attraktivitet
- ▶ de som er benyttet i utredningens kapittel 4 om samfunnsmessige aspekter (“social merit”), som vil være en viktig dimensjon i en helhetsvurdering.

I sum vil vurderinger etter disse to settene av kriterier, i tillegg til de som alt er benyttet for vurdering av forsknings- og teknologimessig attraktivitet tidligere i dette kapitlet, kunne gi grunnlag for en helhetsvurdering, dvs. *generell attraktivitet* ut fra et fokus på de fem organisasjonene som denne utredningen omfatter.

Strategiplanen for Området for naturvitenskap og teknologi

Det er naturlig å ta som utgangspunkt en vurdering av i hvilken grad norsk deltakelse i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL, samt Haldenprosjektet samsvarer med de kriteriene som er uttrykt i strategiplanen, i kapittel 4 om “Nasjonale grunnforsknings- og nettverksprogrammer”. Her heter det at *resultater* måles gjennom- internasjonalt samarbeid,- doktorgradsstipendiater,- vitenskapelige publikasjoner.

Effektmålene er:

- doktorgrader,
- utvikling av faglige nettverk,
- innflytelse på høyere utdanning,
- bidrag til kunnskapsutvikling på samfunns- og næringsrelevante fagområder. Som generell forutsetning blir det angitt at programmene skal - gjennom konsentrasjon av ressurser - utvikle kunnskap som kan danne grunnlag for:
 - næringsutvikling,- bidra til å løse sentrale forvaltningsoppgaver, eller
 - bidra til å synliggjøre norsk forskning internasjonalt.

Nedenfor vil effektmålene bli gjennomgått og forsøksvis oppsummert ut fra fokus på CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF - og til en viss grad også Haldenprosjektet. Neste hovedavsnitt vil belyse de tre siste kriteriene (pinnene) ovenfor som *samfunnsmessig attraktivitet*

Effektmålene

Doktorgrader inngikk som en del av vurderingen i kap. 3.11. Selv med denne effekten, som skulle være enkel å måle, kan det knytte seg usikkerhet til datagrunnlaget, men de opplysningene som foreligger for tidsrommet 1994-1996 (3 år) er vist i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Antall avlagte doktorgrader i tidsrommet 1994-96

<i>Organisasjon som Norge deltar i</i>	<i>Antall avlagte doktorgrader i tidsrommet 1994-96</i>
CERN v/KJERNPAR	1
ESA v/ROMFORSK	12
EMBL	4
ESRF	4
Haldenprosjektet	3

Det som er iøyenfallende med dette effektmålet er CERN-deltakelsens lave tall, som kan skyldes sykliske forhold (3 år med målinger kan være for kort). Imidlertid lå "doktorgradsfrekvensen" pr. år for DELPHI-eksperimentet, hvor det var relativt stor norsk deltakelse på ca. 0,7 avlagte doktorgrader. I 1996 var det 22 personer tilknyttet KJERNPAR-programmet som arbeidet med doktorgrader i tilknytning til CERN. Dette skulle tilsi en "doktorgradfrekvens" på 5-7 personer pr. år.

Utvikling av faglige nettverk er et effektmål som i utgangspunktet er uproblematisk, fordi deltakelse i forskningsorganisasjonene krever samarbeid på nasjonalt nivå i forbindelse med forskningsaktivitetene. Oversikten over interessenter (kap. 2.1) viser hvilke norske institutter og organisasjoner som deltar - og i de enkelte rapportene fra utredningens Del 2 ble det belyst hvordan de norske deltar og samarbeider. Sammenligning av deltakelsen byr imidlertid på problemer, både mht. hva slags indikatorer som kan benyttes - og datagrunnlaget for disse. I utredningen er *samforfatterskap*, som ideelt sett burde være en god indikator, undersøkt, men det er ikke mulig å trekke slutninger av denne analysen utover to generelle observasjoner:

- at stjernestruktur synes å være betegnende for samforfatterskapsmønsteret i det norske CERN-miljøet, dvs. med CERN som sentrum i et nettverk av unilaterale forbindelser til de enkelte norske fysikkmiljøene innen partikkelfysikk,
- at multilateralitet synes å være mer fremtredende i samforfatterskapsmønsteret i ESA-sammenheng, dvs. at norske miljøer i større grad samarbeider på "tvers" av nettverket innen ESA-sammenheng.

Implikasjonene av dette er vanskelig å tolke, men det kan tas til inntekt for en sterkere unilateral faglig avhengighet mellom norske fysikere og CERN mht. partikkelfysikk enn det man kan se mellom norske forskere og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer innenfor de fysikkdisiplinene de arbeider med. Samtidig kan det gjenspeile hvordan forskningen er organisert, dvs. med større grad av sentralisering i CERN enn i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer.

Innflytelse på høyere utdanning er tidligere drøftet mht. utdanningseffekten, jf. kap 3.11, der det ble skilt mellom

- forskningsbasert undervisning og
- utdanning av hovedfagsstudenter.

Som påpekt tidligere kan man anta at det er en effekt fra forskningen ved CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF på undervisningen ved norske universiteter fordi forskerne ofte har undervisningsplikt. Videre er det rimelig å tro at denne undervisningen vil være relatert til problemstillinger som forskerne arbeider med. Imidlertid, i hvor stor grad det er en innflytelse og kvaliteten på denne undervisningen er det ikke mulig å si noe om ut fra det materialet som utredningen har. Som påpekt i kap. 3.11 inngår utdanning av hovedfagsstudenter i all norsk deltakelse i de fem organisasjonene. Antall hovedfagsstudenter tilknyttet deltakelsen i CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer synes å være i omtrent samme størrelsesorden, ut fra 1996-tall, men historiske tall kan tenkes å gi et mer nyansert bilde.

Bidrag til kunnskapsutviklingen på samfunns- og næringsrelevante fagområder er et effektmål som byr på avgrensings- og operasjonaliseringsproblemer som ikke gjør det mulig å lage presise målinger, all den tid forskningen som utføres er offentlig finansiert og ikke til salgs, dvs. gratis. Unntaket her er Haldenprosjektet, som pga. sin oppdragsprofil får en markedstest på behovet for sin kompetanse - noe som gjør det mulig å se hvor i samfunnet og næringslivet det er en etterspørsel etter deres kunnskap, dvs. et relativt presist effektmål. Bibliometriske målinger er, som tidligere påpekt, vanskelig å benytte. En annen fremgangsmåte som kan benyttes for deltakelsen i de fire andre organisasjonene (CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF) er å identifisere mulige kunnskapsmottakere utenfor FoU-miljøene, slik de ble betegnet som sekundærinteressenter i kap. 2.1, dvs. personer, institusjoner, organisasjoner eller sektorer som er interessert i, eller blir påvirket av, de forskningsresultatene som norsk deltakelse i disse organisasjonene gir. Dernest kunne man vurdere i hvilken grad det er en interaksjon mellom disse og forskningen i de aktuelle organisasjonene og et mulig kunnskapsflyt til disse. Denne fremgangsmåten, som er usikker, kan tenkes å gi følgende utfall:

- *Deltakelsen i CERN*: Ikke mulig å se noe direkte bidrag til kunnskapsutvikling i næringsrelevante områder, selv om det på teknologiområdet er noen gode eksempler. På samfunnsrelevante kunnskapsområder går bidragene på vår generelle forståelse av naturen, dette gjennom fysikkens tilnærminger, dvs. som en allmenn-dannende effekt. Ingen klart identifiserte mottakere (klienter) av kunnskap fra CERN utover forskningsmiljøene - mottakere utenom disse er det som kan kalles den brede allmennhet.

- *Deltakelsen i ESAs vitenskapsprogrammer* har i likhet med CERN-deltakelsen ikke noen direkte bidrag til kunnskapsutviklingen innen næringsrelevante områder, men bidrar også gjennom teknologiutviklingen, og har nære forbindelser til en økonomisk sektor (romvirksomhet) i vekst i Norge. Foruten det generelle bidrag i form av kunnskap om naturen (lik CERN), synes ny kunnskap om solens adferd, magnetosfæren og ionosfæren å bidra til klimafaglige spørsmål, dvs. en viss samfunnsrelevans. Ingen klart identifiserte mottakere (klienter) av kunnskap fra ESAs vitenskapsprogrammer utover forskningsmiljøene, altså ganske lik CERN.

- *Deltakelsen i EMBL* kan heller ikke sies å ha noen direkte påviselig bidrag til næringsrelevant kunnskapsutvikling, men mer i form av grunnleggende kunnskap som kan få betydning for medisinske og farmasøytiske anvendelser. I likhet med CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer representerer kunnskap fra EMBLs forskning et bidrag til vår generelle forståelse av naturen, gjennom en biologisk tilnærming. Bioteknologisk forskning står imidlertid i en særstilling pga. allmennhetens økende oppmerksomhet rundt eventuelle applikasjoner (genetisk testing, medikamentutvikling, genmanipulering av planter og dyr for matproduksjon osv.). Den avtalefestede virksomhet ved EMBL kan bidra til en generell synliggjøring av norsk deltagelse i denne forskning, men heller ikke her noen klart identifiserte mottakere (klienter) av kunnskap utover forskningsmiljøene og den brede allmennhet.

- *Deltakelsen i ESRF* gir primært adgang til en innretning som muliggjør "syn" på et detaljert nivå. Fra teknologi- og vitenskapshistorien vet vi at denne type fremskritt "skyver" forskningsfronten - og gjennom denne (anvendelsen) bidrar til samfunns- og næringsrelevante fagområder. Hittil har imidlertid norsk industri ikke vist stor interesse for bruk av ESRF (og synkrotronstråling ellers), men dette vil sannsynligvis endre seg når kunnskap om, og ferdigheter i, bruk av synkrotronstråling blir mer utbredt. Status nå er imidlertid den samme som for CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og EMBL: Ingen klart identifiserte mottakere (klienter) av kunnskapen/mulighetene ved ESRF utover forskningsmiljøene.

Ut fra vurderingene ovenfor ser man at alle har til felles en relativ svak direkte næringsrelevans, når man ser bort fra Haldenprosjektet. Det er mulig å se generell samfunnsrelevans fra alle fire, men på forskjellige områder, samt varierende grad av potensiell (indirekte) næringsrelevans. Fra et ståsted utenfor vitenskapene som deltakelsen i disse organisasjonene representerer, og ut fra et samtidig perspektiv på den nære fremtid, er det imidlertid mulig å se at noen bidrag kan ha et større anvendelsespotensiale, dvs. være mer samfunns- og næringsrelevante enn andre *på kort sikt*. Men slike perspektiver kan endres fort - ståsteder er flyktige når man skal skue inn i fremtiden.

Med alle mulig forbehold kan man imidlertid si at fra ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammets romferder SOHO og Cluster vil de forventede resultatene kunne bidra til bedre forståelse av jordens nære omgivelser - og derigjennom kanskje gi et kunnskapsgrunnlag med politisk og økonomisk betydning - dette pga. den økte betydningen som klima har fått i politikken de siste 20 årene. Det samme gjelder resultatene fra den type forskning som EMBL representerer. For CERNs resultater er det ikke mulig å se samme grad av instrumentell nytte, men betydningen av den kunnskap som CERN bærer løfter om å skape kan allikevel få betydning, f.eks. endre kognitive kategorier, oppfatninger om naturen, tilblivelsen og materiens oppbygging. Tidligere har man sett hvordan nye forklaringer av naturen (f.eks. det heliosentriske system) kan skape vidtrekkende virkninger, også økonomisk og politisk. Men det er ikke mulig (heller ikke rettferdig) å knytte slike konkrete, instrumentelle forventninger til CERNs fremtidige resultater, uten at det er noen forkleinelse av CERNs forskning. For ESRFs fremtidige resultater vil man også kunne knytte forventninger om samfunns- og næringsrelevans. ESRF representerer gjennom sin eksistens og teknologi ett av mange eksempler på realisering av samfunns- og næringsrelevans fra CERN, men med en tidsforsinkelse på over tyve år. Andre, tilsvarende eksempler finnes - noe som viser at tidsaspektet er viktig i betraktninger om samfunns- og næringsrelevans, at det er en langsiktighet, oftest taus og lite synlig tregghet i måten kunnskap overføres, videreføres og realiseres, som kan kamuflere betydningen av forskning som skjer i dag - det samtidige perspektiv kan være forblindende.

Oppsummering og drøfting av effektmålene

Av de fire effektmålene som er gjennomgått ovenfor ga tre av dem kun kvalitative (fusete) og relative mål. Den mest presise - antall doktorgrader avlagt - viser at det har kommet flest fra ESA-deltakelsen, omtrent like mange fra ESRF, EMBL og Haldenprosjektet, og kun en fra CERN i tidsrommet 1994-96. Med hensyn til de andre effektmålene som ble gjennomgått kan følgende oppsummeres:

- *Utvikling faglige nettverk:* Utover det at de eksisterer og er virksomme innen norske fagmiljøer som deltar i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF er det innen rammen av denne utredningens tilgjengelige data og materiale vanskelig å måle eller på andre måter karakterisere kvalitative sider ved disse på metodisk forsvarlige måter, utover noen få observasjoner basert på samforfatter-skapsmønster.

- *Innflytelse på høyere utdanning* er en effekt som finnes både i form av forskningsbasert undervisning og utdanning av hovedfagsstudenter tilknyttet deltakelsen i alle de fire organisasjonene. CERN og ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer er omtrent likestilt ut fra 1996-tall mht. antall hovedfagsstudenter. Datagrunnlaget for å vurdere presist omfang, betydning og kvaliteten på den forskningsbaserte

undervisningen finnes ikke og innsamling av slike data ville innebære et omfattende opplegg - noe som har vært utenfor rammene av denne utredningen.

- *Bidrag til kunnskapsutvikling på samfunns- og næringsrelevante områder* er vanskelig som effektmål av flere grunner som er utdypet ovenfor. Det var ikke mulig å påvise noen tydelig, direkte næringsrelevant kunnskapsutvikling fra deltakelsen i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF. Men det er mulig å se - med forbehold om begrensninger i perspektiver - sterkere grad av potensiell instrumentell relevans mht. kunnskapen fra ESAs vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF. I sammenligning kan CERNs relevanshorisont mht. til kunnskap fortone seg som "renere" og mindre håndfast - noe som ikke vil si det samme som svak.

Skal effektmålene syntetiseres må man først si at likheten kanskje er det mest påfallende når norsk deltakelse i de fire organisasjonene skal sammenlignes, og at forskjellene er få og tilsynelatende små mht. tre av de fire effektmålene. Unntaket gjelder avlagte doktorgrader. Det er påfallende få avlagte doktorgrader fra CERN-deltakelsen. Hva dette skyldes er ikke opplagt, men det kan være nærliggende å anta at karriereutsikter for doktorgradsstudenter kanskje vil fortone seg som langt mer attraktive i næringslivet, spesielt for de med høy IT-kompetanse. Men dette vil også gjelde for doktorgradsstudenter som deltar i forskningen ved de andre organisasjonene. Ifølge en NIFU-studie av norske doktorgradsstudenter i utlandet innen naturvitenskap og teknologi er frafallet lavt (2%), jf. Karseth (1997, s. 33). Denne analysen dekket ikke doktorgradsstudenter ved norske universiteter som har sin forskning i utlandet, slik som CERN, og kan følgelig ikke forklare dette. I følge årsrapporten for 1996 fra Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo avla 16 personer doktorgraden her i løpet av året, slik at dette øyensynlig ikke kan forklares ut fra en "anti-doktorgradskultur" ved universitetene. Konsekvensene av den lave doktorgradsfrekvensen fra CERN-deltakelsen vil, hvis den vedvarer, kunne være at det blir få unge kvalifiserte forskere i Norge som kan høste av investeringene i LHC, når den starter opp i 2005. Imidlertid kan samme type (om ikke i samme grad) synspunkt gjøre seg gjeldende for norsk deltakelse i ESAs vitenskapsprogrammer, som burde hatt et høyere antall avlagte doktorgrader, ut fra den base av stipendiater som deltar.

Det andre effektmålet hvor man kan observere en viss forskjell gjelder "Bidrag til kunnskapsutviklingen på samfunns- og næringsrelevante områder", mht. mulig anvendelsespotensiale av kunnskap fra deltakelsen i disse organisasjonene. Forskjellene er først og fremst tematiske (dvs. på nominalnivå), men det er mulig å se at bidragene fra ESAs vitenskapsprogrammer, EMBL, samt ESRFs funksjon har et klarere instrumentelt potensiale *på kort sikt* enn CERNs bidrag synes å kunne ha. CERNs bidrag er derimot preget av en teoretisk forståelse av naturen. Å rangere slike forskjeller er vanskelig og sannsynligvis lite fruktbar, men effekten av CERNs

bidrag vil i sammenligning være mer langsiktig og diffus ut fra dagens forutsetninger.

Ut fra betraktningene ovenfor vil man kunne hevde at fremtidig norsk deltakelse i CERN vil bli svak, kanskje uinteressant, hvis forskerutdanningen i dagens tempo vedvarer, særlig i lys av et forventet stort generasjonsskifte ved de aktuelle forskermiljøene på universitetene de neste ti årene. Denne demografiske betraktningen bør imidlertid undersøkes nøyere - ikke bare for deltakelsen i CERN, men også for andre organisasjoner som involverer store, langsiktige investeringer. På de andre effekt-målene er det ikke store forskjeller.

5.5.2 Samfunnsmessig attraktivitet

Dette aspektet er tidligere belyst mer detaljert i kap. 4 - og til dels i de foregående avsnittene, og gjelder vurderinger av det som kan betegnes som "social merit" av big science. I dette avsnittet vil det kun bli gitt en oppsummering av disse, avsluttet med en drøfting av noen aspekter som oppfattes som viktige. Generelt kan man også her si at likheten mellom deltakelsen i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL er stor ut fra de fleste dimensjonene som er undersøkt, mens Haldenprosjektet også her skiller seg ut. Dette gjelder dimensjonene:

- *teknologisk bidrag til nasjonal industri (teknologioverføring)*, som er generelt svak mht. norsk deltakelse, i den forstand at det er vanskelig å finne direkte koblinger fra norsk deltakelse i organisasjonene til norsk industri, med unntak av noen små teknologiutviklingsprosjekter som det er for tidlig å vurdere kommersiell virkninger av.

- *kommersiell betydning for norske leverandørindustri* er generelt svak mht. norsk deltakelse i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, EMBL og ESRF ut fra økonomisk volum - og det kan vanskelig få noen stor plass eller være en sterk motivasjonsfaktor for norsk deltakelse i disse organisasjonene. Imidlertid har Norge et en høyere returkoeffisient i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer enn i CERN. I ESRF og EMBL er det lite, om noen, norske leveranser. Haldenprosjektet spiller en viktig rolle i Halden kommunes økonomi.

- *nasjonale kunnskapsbase for næringsliv og forvaltning* er også en svak dimensjon (setter ikke tydelige spor etter seg) - bare Haldenmiljøet synes å ha en klart definert rolle som rådgivere for forvaltning mht. reaktorsikkerhet, og har ellers et stort volum oppdrag fra norsk energi- og prosessindustri.

- *kobling mellom FoU og nasjonal industri* er generelt svak, kanskje fraværende (dvs. ingen tydelige empiriske spor) - med unntak av Haldenprosjektet, som har en tydelig kobling.

- *kommersiell nyskaping og etablering* - det er med unntak av en spire knyttet til videreutvikling i detektorinstrumentteknologi (oppstartbedriften IDE A/S) ikke vært mulig å se noen direkte kobling fra norsk deltakelse i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL, til kommersiell nyskaping og etablering i Norge de siste årene. Bare Haldenprosjektet kan vise til et tydelig, og tilsynelatende vellykket eksempel de siste årene. De indirekte overrisslingseffektene (spinoffs) fra organisasjonene representerer imidlertid viktige bidrag som får kommersiell betydning. Et klart eksempel er CERNs utvikling av WWW-applikasjonen på Internet, som har vært en (av mange) kilder til en rask kommersialisering og vekst i en ny økonomisk bransje innen særlig media - også i Norge. Økonomisk sett er dette en type bidrag til utvikling av samfunnsmessige *fellesgoder*, noe som også kan forklare hvorfor de direkte, bedriftsøkonomiske virkningene er svake. Haldenprosjektets unntaksposisjon bekrefter dette.

- *bidrag til kultur, kunnskap/ utdanning og velferd* er en dimensjon som krever spesielle undersøkelsesopplegg for tilfredsstillende å kunne fastslå *om* og *hva slags* virkninger som kan observeres som *direkte effekter*, dvs. det spesifikke dataunderlaget som er nødvendig for en mer eksakt sammenligning av de fem organisasjonene. Enkelte aspekter av dette mht. utdanning er drøftet i forrige avsnitt om effektmålet "Bidrag til kunnskapsutviklingen på samfunns- og næringsrelevante fagområder". Men det bør være liten tvil om at deltakelsen i de fem organisasjonene på forskjellige måter bidrar til denne dimensjonen, altså utgjør et fellesgode - men det er vanskelig å vite nøyaktig hvor stort og hvordan dette bidraget skjer.

- *miljøeffekter*, både i form av bidrag til bedring av miljø (bærekraftig utvikling) og eventuelle negative effekter er generelt svake og indirekte. Mest tydelig synes dette imidlertid i ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og Haldenprosjektet. ESA har planlagt bruk av plutonium (radioisotoper) som kraftkilde om bord på Cassini-ferden, som i et raketthavari kan skape alvorlige skadevirkninger. Resultatene fra SOHO og den planlagte Cluster-ferden har mulighet til å bidra til et klimapolitisk beslutningsunderlag. Haldenprosjektet bidrar til økt reaktorsikkerhet, vår tids kanskje største miljøtrussel.

- *bidrag til omdømme av Norge* er avhengig av hvilken oppmerksomhetsprofil organisasjonen som Norge deltar i har - og norsk adferd i disse. Generelt har ESRF og EMBL en anonym profil, mens ESA, CERN og Haldenprosjektet av forskjellige grunner er langt viktigere i politisk sammenheng. Norsk adferd i disse vil kunne påvirke internasjonalt omdømme av Norge.

- *bidrag til Norges "forhandlingsposisjon"* er en dimensjon som er parallell med den foregående. Norges "forhandlingsposisjon" og omdømme ellers er de siste årene i økende grad blitt preget av at vi oppfattes som en rik nasjon, som det forventes økonomisk romslighet av. En økonomisk begrunnet prioriteringsendring av norsk forskningsstrategi vil virke lite overbevisende.

En sammenfatning og forsøk på syntetisering vil kunne bli slik: Med unntak av Haldenprosjektet (som skiller seg ut i nesten alle dimensjonene som er undersøkt), er de direkte teknologiske, kommersielle og økonomiske effektene av deltakelsen i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL svake (ikke tydelig). Følgelig kan man si at deltakelsen i organisasjonene har liten direkte betydning for norsk næringsliv. Effekten er snarere indirekte og generelt bredspektret, slik effekten av investeringer i fellesgoder som grunnforskning vanligvis er, når de vurderes etter bedriftsøkonomiske kriterier. Imidlertid finnes det noen variasjoner, som kanskje er tydeligst mht. ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammets mulig bidrag til den klimafaglige forståelsen av jordens miljø. Via Cassini-ferdens bruk av plutonium representerer ESA også en risiko hvis det oppstår raketthavari under oppskytingen. Når det gjelder Norges internasjonale omdømme og posisjon er dette viktigst vis a vis CERN, ESA og Haldenprosjektet - av forskjellige grunner. Å rangere betydningen av de fem organisasjonene vil avhenge av hva slags verdiskala og -kriterier man ønsker å benytte, men det vil uansett bli vanskelig for den forskningsstrategiske beslutningstaker ut fra holdpunktene som ble presentert ovenfor.

5.5.3 Handlingsrom i fremtiden

Forskningsstrategiske beslutninger vil lettere kunne fattes dersom man har oversikt over valgmulighetene og alternativene, dvs. *oversikt over fremtidig handlingsrom*. I utredningen ble det undersøkt om de prioriteringene som lå til grunn for dagens posisjon mht. norsk deltakelse i de fem organisasjonene hadde skjedd til fortrenghet for andre muligheter ("lost opportunities"-tanke), men dette viste seg å være empirisk og strukturelt (kontrafaktisk) vanskelig - og ga ingen tydelige resultater utover den generelle historiske, faktiske forklaringen på hvordan Norge kom med i de enkelte organisasjonene, både som medlem og ellers utviklingen av aktivitetene som norske forskere har deltatt i. Dette er gjengitt i rapportene fra prosjektets Del 2 om norsk deltakelsen i de enkelte organisasjonene som denne utredningen omfatter. Slik sett var det ikke mulig å identifisere konkrete alternative satsinger som ikke har fått støtte pga. av medlemskapet i de fem organisasjonene, men hvis så hadde vært mulig ville verdien av slike data kanskje ikke vært av så stor forskningsstrategisk verdi fordi forskningsstrategi innebærer *fremtidsorientering*, hvor fortiden bare inngår som ett av flere momenter.

For grunnforskning er det viktig med et langsiktig perspektiv. Hvis man ønsker en kursendring kan dette skje på flere måter, alt fra kortsiktige og brutalt dynamiske endringer til mer langsiktige og gradvise endringer. Det siste stiller større krav til planlegging og kontinuitet (tålmodighet). Forskning generelt, men særlig langsiktig, nysgjærighetsdrevet forskning (grunnforskning) har et *bevisbyrdeproblem* mht. resultater¹³ - og man må derfor være varsom i bruken av spesielt kvantifiserte indikatorer som grunnlag for prioriteringer. Hvis dette tas på alvor og man gir forskningen “the benefit of doubt” - gjør dette jobben vanskeligere for den forskningsstrategiske beslutningstakere som skal ivareta helhet og fornyelse i de forskningsaktivitetene de har ansvar for. Dette fordi det ikke kan utelukkes at en kort, brutal prosess med å avslutte en satsing til fordel for en annen vil være i alles interesse, iallfall for de som betaler for forskningen, dvs. allmennhetens interesser. Karakteristisk for deltakelsen i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og Haldenprosjektet er at det til disse knytter seg FoU-eksterne faktorer som betinger det forskningsstrategiske handlingsrommet, i overskuelig fremtid. Deltakelsen i EMBL og ESRF er mer ukomplisert og kan i større grad vurderes ut fra “rene” (pragmatiske) forskningsstrategiske og -taktiske hensyn. For de tre første synes følgende faktorer å være relevante:

- ▶ *CERN* - Ved å gi tilslutning til vedtaket om godkjenning av LHC ved flere anledninger i CERNs styrende organer, samt inngåelse av MoU'er i forbindelse med LHC-eksperimenter har Norge juridiske bindinger som er sanksjonert på høyt politisk nivå. Disse er tidsavgrenset (frem til ca 2005) og kan - som i alle avtaler - la seg forhandle ut av, men dette vil ta flere år. Norsk adferd må kunne oppfattes som korrekt og akseptable for ikke å svekke nasjonens omdømme. Begge deler krever langsiktighet. (I ettertid kan man si at 1993/94 var en “lost opportunity” mht. beslutning om videre deltakelse i CERN.) Medlemskapskontingenten til CERN er ikke ressurser som fritt lar seg omdisponere til annen forskning.
- ▶ *ESA* - Deltakelsen i vitenskapsprogrammene er *obligatorisk* (juridisk bindende) mht. medlemskapskontingenter. Så lenge Norge ønsker å være med i ESA (industri- og sikkerhetspolitiske hovedmotiv) avgrenser handlingsrommet seg til størrelsen på den norske følgeforskningen, eventuelt om hvem i Norge som skal ha ansvar for dette. I tillegg ligger det (som i CERN) begrensninger i avtaler som alt er inngått i forbindelse med eksisterende og planlagte romferder - altså krever kursendring også langsiktighet.

¹³Dette er et aspekt som Mansfield (1986,1991) har påvist gjennom flere studier, dvs. at den økonomiske effekten av grunnforskning er stor, men vanskelig å måle, bl.a. fordi tidsaspektet er langsiktig, noe som skjuler årsakskjeder.

- ▶ *Haldenprosjektet* - Fremtiden vil være avhengig av om reaktoren i Halden få fornyet konsesjon og fornyet 3-årsprogrammer fra deltakerlandene. Isolert sett synes prosjektet veletablert, veldrevet og robust, og burde kunne fristilles fra det offentlige ansvar, men dette og andre, mer politiske faktorer krever langsiktighet. I tilfelle nedlegging av reaktoren etter 2000 (manglende ny konsesjon) vil også dette gå over flere år. I sum betyr dette at handlingsrommet ligger i *langsiktighet*, sannsynligvis i en tidshorisont på opptil 10 år. I tillegg er det tre andre, mer generelle faktorer som også betinger fremtidig handlings-rom:
- ▶ *Forskerrekrutteringen*: Det kan reises spørsmål om det finnes nok forskere i Norge om 10 år til å forsvare deltakelsen i CERN. Forskerutdanningen synes svak og gjennomsnittsalderen på det norske "CERN-community" er så høy at det ligger an til en demografisk prosess som ikke er forskningsstrategisk gunstig. Satt på spissen: Hvis Norge har tenkt å bruke neste 1 milliard kroner de neste 10 årene på CERN bør det finnes gode norske forskere som kan høste av disse investeringene. Dette aspektet - rekrutteringen - synes også å være relevant for ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og Haldenprosjektet, og bør undersøkes nøyere.
- ▶ *Justeringer via diplomati*: Gjennom ESRF er det blitt mulig å delta i big science gjennom konsortier som er organisatorisk og forskningsstrategisk mer fleksible, frakoblet fra det noen betegner som "BNP-tvangstrøyen". I ESRF kan Norge og andre nasjoner i større grad delta ut fra egne behov. Som fransk aksjeselskap har ESRF også større grad av strukturell effektivitet enn det som synes å gjelde for kategorien "internasjonal organisasjon", slik CERN, ESA og EMBL er. I løpet av de neste årene vil det sannsynligvis kunne komme anledninger for å presentere slike modeller (ØMU-prosessen vil sette press på budsjetter og finansiering av denne type internasjonale forskning). Dette og andre anledninger bør representere muligheter for justeringer tilpasset norske ønsker og behov.
- ▶ *En helhetlig internasjonaliseringsstrategi mht. til forskning* er fortsatt svakt formulert i et langsiktig perspektiv, av flere grunner. Hovedtyngden av norsk deltakelse i internasjonalt forskningssamarbeidet er nå flyttet over til deltakelsen i EUs rammeprogrammer - en deltakelse som også er politisk motivert. Rammeprogrammene har hittil vært tidsavgrenset og anvendelsesorienterte. Erfaringene fra disse er fortsatt usikre pga. tidsaspektet - og det er heller ikke gitt at det kommer noen 6. rammeprogram, dvs. etter 2002. Det er også tendenser til at organisasjoner som CERN, ESA, ESRF og EMBL i fremtiden i større grad vil inngå i EUs forskningspolitikk. Hvis så skjer vil handlingsrommet fort endres - noe som taler for tålmodighet mht. til norske posisjoner.

I sum taler alle disse momentene for at det forskningsstrategiske tidsperspektiv bør være basert på langsiktighet og tålmodighet - at man har en horisont fremover på ca 10 år fremover mht. til handlingsrom. Gitt dette og de svake forskjellene i generell attraktivitet som finnes mht. deltakelsen i CERN, ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer, ESRF og EMBL, samt den svake forskjellen i forskningsmessig attraktivitet mellom ESAs obligatoriske vitenskapsprogrammer og CERN (jf. 5.4) står man ovenfor en forskningsstrategisk beslutningssituasjon - som ikke er uvanlig - at man må velge mellom flere kandidater som alle er likeverdige (det er ingen nederst på listen som opplagt kan fases ut pga. manglende attraktivitet). Neste steg i en slik beslutningsprosess vil være å vurdere alternativene - og deres attraktivitet i forhold til de man har. Dette er en prosess som kan tenkes å gi et annet utfall, men det ligger utenfor denne utredningens oppgave - og vil i alle fall bero på hva man tror er et optimum av forskningsevner.

Litteratur

- Chesbrough, H. W. & David J. Teece (1996), "When is virtual virtuous? - Organizing for innovation", *Harvard Business Review*, Jan-Feb: s 65-73.
- Godø, Helge (1997), *Om norsk deltakelse i CERN - European Organization for Nuclear Research*, NIFU skriftserie nr. 14/97.
- Godø, Helge (1997), *Om norsk deltakelse i ESA - European Space Agency*, NIFU skriftserie nr. 16/97.
- Godø, Helge (1997), *Om OECD Halden Reactor Project*, NIFU skriftserie nr. 17/97.
- Hippel, Eric von (1988), *The Sources of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- Kallerud, Egil (1992), *Strategisk forskning - Kommentarer til et forskningspolitisk begrep*, NAVFs utredningsinstitutt; Rapport 5/92. Oslo:
- Kaloudis, Aris (1997), *Om norsk deltakelse i ESRF - European Synchrotronous Radiation Laboratory*, NIFU skriftserie nr. 15/97.
- Karseth, Berit (1997), *Doktorgradsstipendiater i utlandet*, NIFU skriftserie nr. 3/97.
- Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet (1996), *St.prp.nr.1 (1996-97) for budsjetterminen 1997*, Oslo.
- Mansfield, E (1986), "Microeconomics of technological innovation", i Landau, R & N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy*, Washington: National Academy Press.
- Mansfield, E (1991), "Academic research and industrial innovations", *Research Policy*, 20:1-12.
- Martin, B. R. og John Irvine (1984), "CERN: Past performance and future prospects", I-III, *Research Policy*, 13: 183-210, 247-284, 311-342.
- Morone, J. G. (1993), *Winning in High-Tech Markets - the Role of General Management*, Boston: Harvard Business School Press.
- Mørland, Berit (1997), *Om norsk deltakelse i EMBL - European Molecular Biology Laboratory*, NIFU skriftserie nr. 13/97.
- Norges forskningsråd (1996), *Forskning for fremtiden*, Oslo.

Kirke-, utdannings- og forskningdepartementet (1991), *Organisering for helhet og mangfold i norsk forskning*, Oslo; NOU 1991:24.

Norges forskningsråd, Området for naturvitenskap og teknologi (1997), *Strategi for Området for naturvitenskap og teknologi*, Oslo (web-versjon).

Rosenberg, Nathan (1994), *Exploring the Black Box - Technology, Economics, and History*, Cambridge: Cambridge University Press.

Roussel, P. A, K. N. Saad & T. J. Erickson (1991), *Third Generation R&D - Managing the link to Corporate Strategy*, Boston: Harvard Business School Press.

Sarewitz, Daniel (1996), *Frontiers of Illusion - Science, Technology and the Politics of Progress*, Philadelphia: Temple University Press.

Skodvin, Ole-Jacob (1992), *Forskerrekruttering til det naturvitenskapelige fagområdet - Status og perspektiver mot 2010*, Oslo: NAVFs utredningsinstitutt; Rapport 4/92.