

Kunnskapsgrunnlag for fremtidig satsing på bioteknologi

Rapport fra BIOTEK 2012

© Norges forskningsråd 2010

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

Publikasjonen kan bestilles via internett:
www.forskningsradet.no/publikasjoner

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Oslo, november 2010
ISBN 978-82-12-02854-8 (pdf)

Innhold

Forord

Sammendrag

1. Bakgrunn - BIOTEK 2012	6
2. Internasjonale trender og utviklingstrekk med spesifikk vekt mot EU	8
3. Status for bioteknologi i Norge	11
<i>Bioteknologi som viktig forskningsområde i Norge</i>	11
<i>Eksisterende bioteknologisk kompetanse og infrastruktur</i>	12
4. Bioteknologi og de store samfunnsutfordringene	15
<i>Human helse</i>	16
<i>Matproduksjon</i>	16
<i>Miljø og klima</i>	17
<i>Energi</i>	17
<i>Bærekraftig industri</i>	18
<i>Robust teknologiutvikling</i>	19
5. Veien videre: Utfordringer og muligheter for fremtidig bioteknologisatsing ..	20
<i>Samfunnet som medspiller</i>	20
<i>Verdiskaping og næringsutvikling</i>	20
<i>Teknologiens push / markedets pull</i>	22
<i>Klynger</i>	22
<i>Infrastruktur, rekruttering og kompetanse</i>	23
<i>ELSA; samfunnsutfordringen og samfunnsdialogen</i>	24

Forord

Utvikling av bioteknologisk kompetanse og metodikk er en forutsetning for å realisere visjonen om å etablere den grønne, kunnskapsbaserte økonomien i henhold til forskningsmeldingen *Klima for forskning*. Det må søkes etter økonomisk og biologisk bærekraftige løsninger for å adressere de store, globale samfunnsutfordringene. Ved en bred og innovativ tilnærming som gir forståelse av biologiske prinsipper og utvikler disse til anvendelse på så ulike områder som energi, helse, mat og industriproduksjon, vil bioteknologien bli en av bærebjelkene for fremtidens samfunn. Utvikling av bioteknologi vil kunne gi gevinster i form av redusert energiforbruk, renere industriprosesser, bedre diagnoser og mer tilpasset behandling samt trygg og sunn mat. Denne utviklingen skjer i grenseflatene mellom biologisk kunnskapsbygging og teknologiske innovasjoner, arenaer der en kunnskapsnasjon som Norge har gode forutsetninger for å kunne ha en sterk, internasjonal rolle.

I forbindelse med at Forskningsrådets hovedsatsing på området, det Store programmet FUGE, avsluttes i 2011, er det utarbeidet et kunnskapsgrunnlag som et innspill til diskusjonen rundt hvordan den videre satsingen på området bør innrettes. Sentrale elementer i arbeidet med kunnskapsgrunnlaget har vært å invitere bredt og åpent til innspill som argumenterer for "Hvordan bioteknologisk FoU kan bidra til å løse nasjonale samfunnsutfordringer og skape verdier". I tillegg er det fokusert på hvordan samfunnsdialogen kan utvikles for å gi brede og robuste grunnlag for den bioteknologiske utviklingen.

Arbeidet, kjent som BIOTEK 2012, er utført i tett dialog med universiteter, høyskoler og forskningsinstitutter samt næringslivet og andre relevante aktører.

Kunnskapsgrunnlaget viser at mye er oppnådd gjennom de siste ti års nasjonale satsing der det bl.a. er etablert nasjonal infrastruktur som grunnlag for kompetansebygging og FoU av høy kvalitet. Dette gir et godt grunnlag for å satse videre og delta på den internasjonale arenaen. Det er fortsatt et stort og langsiktig behov både for å bygge kompetanse og å utvikle teknologi som gir verdiskaping i bred forstand. Da må grenseflatene mellom teknologi- og samfunnsutviklingen styrkes i samarbeider mellom UoH-sektoren, forskningsinstituttene og næringslivet. Innovasjonspotensialet i tidligere og fremtidig kompetansebygging kan da utløses.

Forskningsrådet takker alle deltagere i prosessen for verdifulle innspill og ser frem til fortsatt god dialog rundt den fremtidige satsingen innenfor bioteknologi.

Oslo, oktober 2010

Anne Kjersti Fahlvik

Divisjonsdirektør Store satsinger

Sammendrag

For å legge til rette for en god utvikling av norsk bioteknologi fra 2012, er det gjennomført en åpen og inkluderende prosess med alle aktører. Prosessen har vært rettet mot å identifisere områder hvor norsk bioteknologi har mulighet til å bidra til å løse samfunnsutfordringer og til å styrke nasjonal verdiskaping. En ambisjon har vært å legge grunnlag for en bred samfunnsdialog om utfordringer og muligheter knyttet til forskning, innovasjon og næringsutvikling med grunnlag i bioteknologisk metode og kunnskap. Utredningsarbeidet har også inkludert analyser av en rekke nasjonale og internasjonale policydokumenter og evalueringer.

Bioteknologi kan defineres som "integreringen av naturvitenskap og ingeniørvitenskap i den hensikt å oppnå anvendelse av organismer, celler, deler av disse og molekylære analoger til å gi ny kunnskap, produkter eller tjenester".

Definisjonen omfatter teknologi anvendt på biologiske systemer, modeller og komponenter. Bioteknologien utvikles oftest integrert med biovitenskapelig forskning, og i denne rapporten legges det til grunn en vid forståelse av begrepet bioteknologi som omfatter aktiviteter hvor bioteknologisk metodikk og kompetanse spiller en viktig rolle.

Internasjonale perspektiver

Bioteknologien anses for å være moden med tanke på kompetansenivå og teknologispredning, men den er i kontinuerlig utvikling internasjonalt, noe Norge må delta aktivt i og ha en beredskap i forhold til. Området må utvikles videre og støtte opp under implementeringen av den kunnskapsbaserte, grønne økonomien som adresserer de store, globale utfordringene.

Et viktig moment i dette er hvordan norsk bioteknologi utvikles for å bidra til at OECDs fremtidsanalyse for bioøkonomien mot 2030 tilpasses norske forhold. Den peker på at det må skje en rask endring til en situasjon der helse, matproduksjon og industriell produksjon basert på bioteknologi er likeverdige verdiskapende sektorer.

Nasjonale perspektiver

Forskningsmessig har de siste ti års investeringer i infrastruktur og spissede tiltak rettet mot å stimulere toppforskning og rekruttere yngre forskere bragt norsk bioteknologisk FoU til et godt nordisk nivå. Den nasjonale samarbeidsarenaen etablert gjennom FUGE, med bl.a. nasjonal, fritt tilgjengelig infrastruktur, samarbeidsprosjekter og ansvars- og oppgavedeling, har bidratt til dette. Helseforetakenes økte satsing på forskning har også bidratt til en positiv utvikling.

Bioteknologisk basert næringsliv er dominert av helse/farmasi, og det er eksempler på vellykkede tidlig-fase bedrifter med stor tiltro på børsen. Det er en utfordring å stimulere til bred næringsutvikling i andre næringssektorer og i annen etablert industri, f.eks. prosessindustrien, samt å bidra til modning og videre vekst innen helse-/farmasifeltet.

I tillegg til de tematiske områdene kunnskapsgrunnlaget peker på, er det en tydelig tilbakemelding om viktigheten av å opprettholde en teknologiimplementering som gir norske FoU-miljøer og bedrifter tilgang til det nyeste av tilgjengelig generisk metodikk og kompetanse.

Samfunnsutfordringene og robust teknologiutvikling

Teknologiutvikling og innovasjoner må drives frem i en samproduksjon mellom bioteknologiens muligheter og egne utfordringer og de behov samfunnet har. Etske, legale og samfunnsmessige aspekter må i en videre satsing integreres med forskningen og teknologiutviklingen. For å adressere kompleksiteten i de utfordringene samfunnet står overfor, må dette skje på måter som kan ivareta behovet for samhandling på tvers av sektorer, institusjoner og disipliner.

1. Bakgrunn - BIOTEK 2012

En bærekraftig samfunnsutvikling er avhengig av ny kunnskap og teknologi som utvikles og anvendes i dialog med samfunnet. De fremtidsrettede teknologi-områdene bioteknologi, IKT og nanoteknologi / nye materialer er prioriterte forskningsområder i Forskningsmeldingen *Klima for forskning*.

Myndighetene har i flere sammenhenger pekt på behovet for grønn vekst og vist til *bioteknologi* som ett av nasjonens viktigste satsningsområder med tanke på fremtidig innovasjon og næringsutvikling¹. I "*Lund-deklarasjonen (2009)*"² blir de store, globale utfordringene løftet frem som den europeiske forskningspolitikens fremste innsatsområder. Bioteknologi forventes å bli en bærebjelke når det gjelder å realisere visjonen om den kunnskapsbaserte bioøkonomien.

A **bioeconomy** can be thought of as a world where biotechnology contributes to a significant share of economic output. The merging bioeconomy is likely to involve three elements: the use of advanced knowledge of genes and complex cell processes to develop new processes and products, the use of renewable biomass and efficient bioprocesses to support sustainable production, and the integration of biotechnology knowledge and applications across sectors.

Som oppfølging av biofagevalueringen i 2000 og et initiativ fra forskningsmiljøene, ble det nasjonale programmet for funksjonell genomforskning (FUGE) etablert i 2002. FUGE har spilt en sentral rolle i å bygge opp og tilgjengeliggjøre bioteknologisk kompetanse og infrastruktur for norsk forskning og har bidratt til å implementere nasjonalt samarbeid og arbeidsdeling som arbeidsform³. FUGE er et av Forskningsrådets syv Store program og avsluttes ved utgangen av 2011.

Biovitenskap omfatter all forskning på biologisk materiale og er helt avhengig av bioteknologiske verktøy og kompetanse. Bioteknologien utvikles integrert i biovitenskapelig forskning. Moderne europeisk forskningspolitikk er rettet mot å bryte ned skiller mellom fag og disipliner og mellom forskning og teknologi⁴. Denne rapporten tar dette perspektivet som utgangspunkt, men omfatter ikke utvikling av medisinsk teknisk utstyr, selv om deler av bioteknologisk FoU kan legge grunnlag for utvikling av denne typen utstyr.

Bioteknologisk metode og biovitenskapelig forskning har bidratt til at vi i dag har kunnskap om hele arvestoffet til mennesket og stadig flere arter.

Det gjør oss i stand til å kunne forstå naturens og menneskets begrensninger og muligheter, men har også gjort oss

Forskningsmeldingen kp. 9.1 "*The fall of the central dogma...*": Et fellestrekk ved nyere forsknings- og innovasjonsteori er at forskning og innovasjon foregår i et komplekst samspill mellom aktørene i FoU- og innovasjonssystemet. Den lineære utviklingen fra grunnforskning via anvendt forskning til utvikling av produkter og tjenester i næringslivet er tilbakevist som allmenngyldig modell. Moderne forskningspolitikk må forholde seg til langt mer flytende grenser mellom ulike sektorer og ulike typer forskning.

¹ Forskningsmeldingen (2008-2009) og Innovasjonsmeldingen (2008-2009))

² Lund-deklarasjonen:

http://www.se2009.eu/polopoly_fs/1.8460!menu/standard/file/lund_declaration_final_version_9_july.pdf

³ Forskningsmeldingen. ref. til Stjernøutvalget, kap 9.3, s. 77.

⁴ Preparing Europe for a New Renaissance. A Strategig View of the European Research Area:

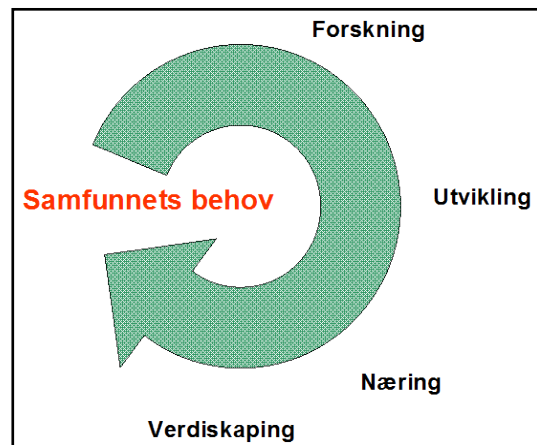
http://ec.europa.eu/research/erab/pdf/erab-first-annual-report-06102009_en.pdf

oppmerksomme på den enorme kompleksiteten som ligger i å forvalte denne kunnskapen, ofte referert til som “*The fall of the central dogma of molecular biology*”.

Kunnskap bygget på bioteknologisk metode og utvikling er forventet å prege det 21. århundret på måter vi ikke er i stand til å forutse. Bioteknologi vil bidra med innsikt som adresserer de store samfunnsutfordringene knyttet til klimaforandringer, miljøforurensning, helse, og energi- og matforsyning til en økende befolkning.

Fordi den biovitenskapelige forskningen tar utgangspunkt i naturlige livsprosesser, har den unike muligheter til å bidra med miljø- og klimavennlige innovasjoner. Selv om utviklingen i dag i stor grad skjer på det medisinske området, er det stadig flere kunnskapsområder hvor *bioteknologien* gjør seg gjeldende, spesielt innenfor matproduksjon og i industrielle prosesser.

I tråd med Forskningsmeldingens beskrivelser av *det nye målbildet* foregår det et forskningspolitisk paradigmeskifte med et sterkt fokus på at samfunnet har store utfordringer. Løsninger krever ny kunnskap og teknologi utviklet i bred dialog og samhandling mellom forskning og samfunn, og i et tett samarbeid mellom næringsliv og academia. Det stilles større krav til brukersentrering i hele verdikjeden, fra grunnleggende forskning ved universitetene, til innovasjoner og produktutvikling i bedrifter og helseforetak. Dette stiller nye krav til samarbeid mellom fag og disipliner, mellom ulike teknologiområder og mellom privat og offentlig sektor. Dette perspektivet har stått sentralt i arbeidet med denne rapporten.



Figur 1 Verdisirkelen anskueliggjør det nye målbildet der samfunnets behov adresseres i en kontinuerlig samproduksjon med forskning og verdiskaping.

For å legge til rette for en god utvikling av norsk bioteknologi fra 2012 har Forskningsrådet gjennomført en åpen og inkluderende prosess: “BIOTEK 2012”. Denne har vært rettet mot å identifisere områder hvor norsk bioteknologi har mulighet til å bidra til å løse samfunnsutfordringer og til å styrke nasjonal verdiskaping. Alle med interesse for bioteknologisk FoU og næringsutvikling har ved en åpen invitasjon kunnet bidra med begrunnede forslag og perspektiver til hvorfor og hvordan Norge skal satse videre. En ambisjon har vært å legge grunnlag for en fremtidig, bred samfunnsdialog om utfordringer og muligheter knyttet til forskning, innovasjon og næringsutvikling med grunnlag i bioteknologisk metode og kunnskap. Utredningsarbeidet har også inkludert analyser av en rekke nasjonale og internasjonale policydokumenter og evalueringer. Denne rapporten oppsummerer resultatene fra arbeidet⁵.

I 2004/2005 gjennomførte Forskningsrådet en prosess der ulike aktører utarbeidet fremtids-scenarier for norsk bioteknologi (“*Biotek Norge 2020*”). Prosessen var basert på foresight-metodikk, og resultatene og bakgrunnsanalysene fra dette arbeidet⁶ har i ulike sammenhenger vært brukt og bør ses i sammenheng med det som presenteres her.

⁵ Arbeidsgruppe: spesialrådgiver Steinar Bergseth (leder), Thomas Slagsvold, Øystein Rønning, Audun N. Øksendal, Sonja Prehn og Jacob E. Wang.

⁶ *Leve av, leve med, leve for? Vår bioteknologiske fremtid*, Cappelen forlag 2005, ISBN-13: 978-82-02-24735-5

2. Internasjonale trender og utviklingstrekk med spesifikk vekt mot EU

The Lund Declaration was approved at the "New world - New solutions" conference and was handed over on 9th July 2009 to Tobias Krantz, the Swedish Minister for Higher Education and Research.

"The global community is facing grand challenges," the declaration states. "The European Knowledge Society must tackle these through the best analysis, powerful actions and increased resources. Challenges must turn into sustainable solutions in areas such as global warming, tightening supplies of energy, water and food, ageing societies, public health, pandemics and security," it adds. And further; "It must tackle the overarching challenge of turning Europe into an eco-efficient economy."

Et internasjonalt og økende fokus på at de store samfunnsutfordringene best adresseres ved å utvikle kunnskap har ført til at EU lanserte Lund-deklarasjonen² som legger opp til at målene skal nås ved:

- Styrket fri og grunnleggende frontforskning initiert av forskersamfunnet.
- Globalt lederskap i å utvikle de grunnleggende teknologiene, som bioteknologi, informasjonsteknologi og material- og nanoteknologi.
- Å bringe sammen tiltak på tilbuds- og etterspørselssiden for koordinert å støtte både næringsutvikling og samfunnsmessig politiske målsettinger.
- Fremragende og godt koordinerte kunnskapsinstitusjoner.
- Å skape og opprettholde forskningsinfrastruktur i verdensklasse.
- En risikotolerant og tillitsbasert tilnærming til forskningsfinansiering.

OECD har utarbeidet en foresightbasert rapport om fremveksten av den biobaserte økonomien mot 2030⁷. Den etterlater ingen tvil om at den biobaserte økonomien vil få økt betydning de nærmeste 20 år, og setter opp ulike scenarier for hvordan den kan utvikle seg.

Disse er hovedsakelig basert på de store utfordringene verden står overfor de nærmeste 20 årene når en antatt befolkningsøkning på ca. 30 % skal ha tilgang på sunn og trygg mat, rent vann, ren energi, helsetilbud og andre ressurser og tjenester som gir økende miljøbelastninger. Utvikling av bioøkonomien kan få betydelig innflytelse på mange av disse områdene ved å sikre langsiktig økonomisk og miljømessig bærekraft. Rapportens moderate anslag er en ti-ganger i vekst og at bioøkonomien som minimum vil bidra til 2,7 % av BNP innenfor OECD-området.

Bioøkonomien i 2030 forventes å være basert på industri og matproduksjon i like stor grad som helseprodukter (tabell 1). Det er fremdeles mange flaskehalsrelatert til politikk og regulatoriske forhold som må tilpasses for å utnytte potensialet som ligger i den biobaserte økonomien.

⁷ The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda:

http://www.oecd.org/document/48/0,3343,en_2649_36831301_42864368_1_1_1_1,00.html

Tema	Bioteknologisk FoU i næringslivet I OECD-land 2003	Antatt bioteknologisk markedsandeler I OECD-land 2030
Helse	87 %	25 %
Landbruk	4 %	36 %
Industri	2 %	39 %
Andre	7 %	-
	100 %	100 %

Tabell 1 OECDs fremtidsanalyse for utviklingen av den biobaserte økonomien mot år 2030.

Europakommisjonen har nylig publisert en visjon for europeisk forskningssamarbeid. Rapporten *”Preparing Europe for a New Renaissance”* bygger på visjonen om ett grenseløst europeisk forskningsområde (ERA)⁴, med fri flyt av forskere og kunnskap, og samarbeid om forskningsinfrastruktur (ESFRI). Det argumenteres også for verdien av styrket samarbeid mellom privat og offentlig sektor (Private Public Partnerships) for å utnytte ressurser effektivt og oppnå målsetninger om fungerende markeder og økonomisk vekst.

Rammeprogrammet (7RP) skal bygge opp under utviklingen av en kunnskapsbasert økonomi i Europa. De nye styringsutfordringene som følger med visjonen i *”Preparing Europe for a New Renaissance”* er eksplisitt tatt opp i flere rapporter fra ekspertgrupper Kommisjonen har nedsatt. For eksempel *”Taking European Knowledge Society Seriously (2007)”*⁸, der det understrekes at et nytt styringsregime preget av kollektiv eksperimentering må utvikles.

”Radical reductions in greenhouse gas emissions, (for instance) will not be effected by centralised state policies or new technologies alone, but will also require a multitude of diverse and distributed public actions”.

De fleste samfunnsutfordringer vil være systemiske og gå på tvers av sektorer, institusjoner, profesjoner og (fag)disipliner. Problemer så vel som løsninger må derfor defineres suksessivt i dialog mellom ulike aktører; inkludert de som utformer politikken. Stikkord som nettverkslogikk, nettverksorganisering, utviklingskoalisjoner og åpen innovasjon viser til gryende, nye forståelser av styringsutfordringene.

Systembiologi er en vitenskapelig tilnæringsmåte som skjer i tett samspill mellom laboratorieeksperimenter og bygging av matematiske modeller. Dermed utvikles verktøy for å forstå og modellere komplekse biologiske systemer. Tverrfaglig kompetanse og metodikk integreres, og området vil få stor betydning for fremtidig forskning og næringsutvikling. Systembiologien er en sentral komponent i utviklingen av syntetisk biologi. Norge deltar i et ERA-nett for å utvikle samarbeid og kompetanse på området.

Den kunnskapsbaserte bioøkonomien (*”Knowledge based bio-economy”* (KBBE)) er en del av denne nye økonomien og vil i stor grad være basert på bioteknologisk kompetanse og metodikk. Utvalgte FoU-prosjekter i 7RP tar sikte på å bringe sammen alle relevante aktører for å utvikle grunnlaget for nye, bærekraftige, trygge, økoeffektive og konkurransedyktige produkter basert på fornybare biologiske ressurser (mikroorganismer, planter og dyr). Den økende etterspørselen

⁸ http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/european-knowledge-society_en.pdf

etter biologiske ressurser og produkter kan bare imøtekommes ved styrket forskning, teknologi og innovasjon på området.

Norge og norske FoU-miljøer deltar i utviklingen av det felleseuropeiske forskningssamarbeidet på teknologiområdene der det legges grunnlag for næringsutvikling og videre kunnskapsutvikling med basis i teknologiene.

Fremveksten av høykapasitetsteknologier som produserer store mengder data har gjort at behovet for bioinformatikk og matematiske verktøy for å lagre, systematisere og modellere data fra ulike metoder og kilder har økt betydelig. Syntetisk biologi, systembiologi, høykapasitets genom-sekvensering og -analyse, og bio-nanoteknologi er fremvoksende teknologier med potensiell eruptiv kraft som står høyt på den internasjonale agendaen. Samtidig vil den enorme kompleksiteten som beskrevet over være spesielt tydelig i utvikling av nye, flerfaglige arbeidsmetoder.

Syntetisk biologi er et tverrfaglig, industrirettet og anvendt forskningsområde i skjæringspunktet mellom molekylærbiologi og ingeniørfag. Biologiske systemer designes og bygges fra enkelt-komponenter med hensikten å produsere nye varer og tjenester. Det gjøres store, industrielle FoU-investeringer for å kunne ta i bruk disse nye teknologiene, og de er forventet å gi vesentlige bidrag til fremvekst av den grønne, kunnskapsbaserte bioøkonomien.

Norge leder ett av fire igangsatte internasjonale samarbeidsprosjekter under ESFprogrammet EuroSYNBIO, og deltar i europeisk koordinering av syntetisk biologi under EU-KBBE. Her er det store muligheter og betydelige utfordringer i forhold til etikk, sikkerhet og aksept for samfunnsmessig nyttige anvendelser.

3. Status for bioteknologi i Norge

Norge har kompetanse og naturgitte ressurser på en rekke områder. Med stor tilgang på biomasse, og genetiske ressurser fra unike habitater, ligger det til rette for å satse på bioteknologi.

Et velfungerende offentlig helsevesen, et godt organisert landbruk og utvikling av akvakultur gjennom generasjoner, er andre suksessfaktorer. Norge har et ansvar for å fortsatt forvalte sine biologiske ressurser og kompetanse på en måte som bidrar til en bærekraftig økonomisk utvikling nasjonalt og globalt.

Biovitenskapelig forskning bidrar til å forebygge sykdommer, sikker og sunn mat og kunnskap om sammenhengene i naturen. Dette skjer f.eks. ved utvikling av vaksiner, økt forståelse for samspill mellom ernæring, miljøfaktorer og gener, og utvikling av diagnostiske tester og nye legemidler.

Bioteknologisk kompetanse og metodikk ligger til grunn for mye av forskningen og utvikles i tett samspill med den.

Bioteknologi som viktig forskningsområde i Norge

I 2007 var Norges samlede investering i bioteknologisk FoU 2,5 mrd. kroner, og den var likt fordelt mellom offentlig og privat finansiering⁹. Kvaliteten på feltet er styrket vesentlig fra midten av 90-tallet og er i dag på godt nordisk nivå. Satsingen på forskning i helseforetakene har bidratt til den positive utviklingen. Bioteknologi gjør seg sterkt gjeldende på Forskningsrådets åpne kvalitetsarenaer, herunder *Fri prosjektstøtte* (FRIPRO), *Brukerstyrt innovasjonsarena* (BIA) og sentre for fremragende forskning og innovasjon (8 av 21 SFFer samt 3 av 14 SFler er relatert til bioteknologi). Dette tyder på at bioteknologi er blant landets kvalitetsmessig sterkeste forskningsområder, noe som også fremheves i midtveisevalueringen av FUGEs teknologi-plattformer¹⁰.

Norge har bygget betydelig bioteknologisk kompetanse og infrastruktur gjennom en rekke programmer og frie arenaer. Spesielt de siste ti årene er det gjort store investeringer i infrastruktur og spissede tiltak rettet mot å stimulere toppforskning og rekruttere yngre forskere. Det er systematisk bygget opp sterke fagmiljø basert på bioteknologi ved de fleste av landets universiteter. Medisin har utviklet seg til det dominerende fagområdet for bioteknologisk FoU, men også primærnæringene, miljøforskning og marinbiologisk forskning har betydelige bioteknologiaktiviteter.

Internasjonalt hevder norske forskningsmiljøer seg innenfor ulike disipliner, med kreftforskning og nevrovitenskap som særlig sterke områder innenfor medisin, og med dyrehelseutfordringer, molekylær akvakultur, avl og biobanker innenfor primærnæringene. Satsing på *bioteknologisk* FoU har gjennom FUGE vært rettet mot å bygge opp og tilgjengelig-gjøre moderne analyseverktøy og kompetanse for forskning og næringsliv over hele landet.

Satsingen på kvalitet har vært fulgt av en sterk vekst i rekrutteringen på fagområdet, og det er generelt god rekruttering til biovitenskapelig FoU. Av 2 300 faglige ansatte innenfor biovitenskap

⁹ NIFU STEP, "Bioteknologisk FoU 2007", 14/2009.

¹⁰ "An Evaluation of the Eleven National Technology Platforms founded by FUGE", Forskningsrådet, november 2006, ISBN 82-12-02359

i UoH- og instituttsektoren er vel halvparten kvinner. Opprettelsen av egne forskerlinjer og nasjonale forskerskoler ved de medisinske fakultetene har bidratt til den positive rekrutteringen. Satsingen på bioteknologisk infrastruktur og senterdannelser det siste tiåret har også bidratt til økt rekruttering, en god kvalitetsutvikling og internasjonalisering av norsk bioteknologisk FoU.

Eksisterende bioteknologisk kompetanse og infrastruktur

Gjennom årtier er moderne bioteknologi, basert på kunnskap om arvestoffet, tatt i bruk på mange områder i samfunnet. I alt fra helsetjenester til prosessindustri har bioteknologien i dag nyttige anvendelser. De fleste diagnostiske tester og identitetsanalyser (for eksempel i kriminalsaker) er basert på bioteknologisk metodikk. Produksjon av insulin, antistoffer og andre bioaktive legemidler er andre eksempler, og i prosessindustri har enzymer sentrale roller i å omforme biomasse til høyverdige produkter.

I Norge er det særlig FoU-sektoren og helsevesenet som har tatt i bruk bioteknologiske verktøy. Gjennom FUGE har FoU-miljøene bygget opp og tilgjengeliggjort nasjonale teknologiplattformer som betjener hele bredden av disipliner og forskningstema. Høykapasitets analysemetodikk på gen- og proteinnivå, bildebyggende teknologier, strukturbestemmelser av biologiske molekyler i tre dimensjoner, modellorganismer og annet har lagt til rette for at FoU-miljøene har kunnet bygge opp sin kompetanse til et nivå der de er attraktive partnere og initiativtakere i internasjonale nettverk.

Det har vært et mål at helsevesenet i økende grad tar i bruk bioteknologiske verktøy i diagnose og behandling. Denne utviklingen er i stor grad drevet av internasjonal farmasøytisk industri, men kompetanse som gjør at bioteknologien kan tas i bruk er bygget gjennom offentlige satsinger. Norge har humane biobanker som koblet mot helseregistre er i verdensklasse som ressurs for biomedisinsk FoU.

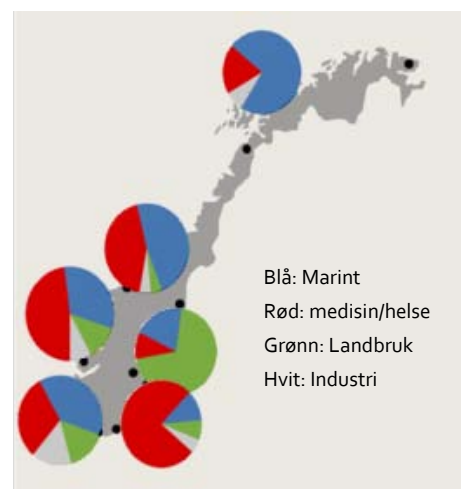
Den internasjonalt sterke stillingen norsk akvakulturnæring har i dag er et resultat av målrettet forskning og næringsutvikling for å løse problemer knyttet til fiskehelse, målrettet avl, og fôr-sammensetninger med ønskede egenskaper. Næringen går nå inn i en ny fase hvor fiskens og andre organismers arvemateriale legger grunnlag for helt nye og målrettede tilnærminger til bærekraftig produksjon og verdiskaping.

Utviklingstrekk for bioteknologisk næringsliv

Det utføres bioteknologisk FoU for om lag 1 milliard kroner per år i norske bedrifter. Tilsvarende tall for Sverige og USA er hhv. ca. 3 milliarder og 200 milliarder kroner.

Norske bioteknologibedrifter opererer innenfor ulike sektorer. Den største andelen er på medisinsområdet, hovedsakelig knyttet til utvikling av tester for å diagnostisere sykdommer, og til utvikling av nye medisiner. Basert på virksomhet innenfor primærnæringene (matproduksjon) er det også etablert levedyktige bedrifter innenfor avl, helse og fôr.

Det er imidlertid fremdeles et stort, uforløst potensial for bioteknologisk innovasjon og næringsutvikling innenfor både helse, mat-



Figur 2. **Regional fordeling av bioteknologi-bedrifter.** Fordelingen gjelder 193 selskaper hvorav 90 % er lokalisert i Oslo-regionen.

produksjon og prosessindustri. Alle vurdert som områder med store muligheter i den fremvoksende bioøkonomien.

Markedsorientert utvikling av industri og produkter fra bioteknologiske innovasjoner krever offentlig støtte for å bygge industriell kompetanse og avlaste risiko i tidlige faser.

Et mangfold av virkemidler har ført til oppstart av en rekke bedrifter som bidrar til sysselsetting og kompetansebygging, på sikt også til verdiskaping. Ifølge databasen NorBioBase¹¹ er det i Norge i dag ca. 190 bedrifter som har bioteknologi som del av sin virksomhet og 14 nye kom til i 2009. Dette er relativt høyt i internasjonal målestokk, og noe høyere enn tilsvarende tall for Finland og Sverige når en legger befolkningen til grunn. Kun 10 % av selskapene har mer enn 50 ansatte og ca. 75 % har under ti ansatte. Mange av selskapene har en begrenset andel bioteknologisk FoU i sin totale virksomhet, og det er få store, dedikerte biotekbedrifter i Norge (dvs. over 75 % av virksomhet knyttet til biotek).

Biomedisin og helse er det dominerende fagområdet for bioteknologisk FoU, og Norge kan vise til noen vellykkede bedriftsetableringer i løpet av den siste tiårsperioden. Selskaper som Photocure, Algeta, DiaGenic, Clavis, Biotec Pharmacon, BioNorImmuno, Lytix Biopharma og PCI Biotech står i spissen for en voksende klynge bioteknologiselskaper på Oslo børs. Til tross for store bør forventninger er det imidlertid få av disse som foreløpig kan fremvise en positiv bunnlinje for sine investorer.

Næringsutvikling innenfor denne sektoren er svært langsiktig og krever store investeringer over mange år. Til tross for relativt gode risikoavlastende offentlige støtteordninger i de tidlige prosjektutviklingsfaser, er det en stor utfordring for norske bioteknologibaserte bedrifter at det er knapphet på risikovillig kapital i de kostnadskrevene såkorn- og venture-fasene.

DiaGenic, som utvikler kreftdiagnose basert på kartlegging og analyse av genuttrykk i en blodprøve, ble nylig rangert som en av de mest innovative bedrifter i bransjen, og bedriften **Clavis** har nylig inngått en samarbeidsavtale med en amerikansk aktør.

Et eksempel er utvikling av legemidler, hvor de aller fleste oppstartbedrifter opplever store utfordringer i finansieringen når de kommer til de kostnadskrevene faser med klinisk utprøving. Den finansieringsrisiko også andre bedrifter opplever ved å skulle implementere ny, og for dem, ukjent teknologi, må adresseres. En forutsetning for suksess er at det sikres gode samarbeidsforhold og finansiering langs hele verdikjeden, en utvikling som krever en godt fundert og realistisk vitenskaps- og teknologioptimisme sammen med en god finansiell forståelse i et langsiktig perspektiv.

Norge har over tid bygget opp en sterk forskningsbase på kreftområdet, og etableringen av klyngen Oslo Cancer Cluster (OCC) forventes å bidra til en sterk videreutvikling på dette området. En ny analyse av norsk legemiddelpipeline¹² viser at 15 norske selskaper hadde pågående kliniske utprøving per september 2009. Terapeutika på kreftområdet står for de fleste kliniske utprøvinger.

Når det gjelder produksjonsmetoder innenfor legemidler og prosessindustri, er bioteknologibasert produksjon sterkt voksende og forventes gradvis å erstatte konvensjonelle metoder. Tilsvarende

¹¹ www.norbiobase.no

¹² ”The Biopharma Landscape in Norway: Current Status and Future Commercialization Opportunities” http://www.lmi.no/media/1008340/bcg_-_rapport_2007.pdf

som etableringen av OCC innen kreftområdet er det nylig etablert en nasjonal klynge innenfor Neurovitenskap; Nansen Neuroscience Network (NNN).

Humane biobanker koblet til helseregistre er en uvurderlig, men underutviklet ressurs for medisinsk forskning og innovasjon. Det er store forventninger til hvordan materialet i de humane biobankene sammen med helseregistrene kan bidra til å utvikle kunnskap for bedre helsetjenster og kommersielle produkter. Det handler om å utvikle kunnskap om nye måter å forebygge, diagnostisere og behandle sykdommer på. Norge har biobanker i verdensklasse. Forskningsrådet har gjennom to rapporter utredet hvordan humane biobanker bør utvikles som ressurs for medisinsk forskning og næringsutvikling¹³. Som oppfølging har Forskningsrådet nylig investert betydelige ressurser i opprustning av humane biobanker og tilrettelegging for forskning. Videre utvikling av norsk bioteknologisk kompetanse og infrastruktur vil bli avgjørende for å kunne utnytte ressursene nasjonalt. Internasjonal forskning og industri viser stor interesse for samarbeid på biobankområdet, noe som vil kreve effektiv og godt tilrettelagt bioteknologisk infrastruktur.

Bedrifter basert på bioteknologisk kompetanse, spesielt innenfor akvakultur (fôr, helse og avl) og landbruk (avl, biobanker og frø/planter), forventes å utvikles basert på bioteknologisk FoU. Med grunnlag i den sterke kompetansen som de siste årene er bygd opp gjennom deltagelse i internasjonale sekvenseringsprosjekter på laks, torsk og storfe, har norske FoU-miljøer kunnskap om arvematerialets funksjon og oppbygging. Denne bidrar til ny forståelse av biologiske egenskaper og hvordan de kan foredles for å tilpasses utviklingen av robuste næringer. Ved å være ydmyke for, og ivareta den kompleksitet og kraft som ligger denne kunnskapen, kan dette få stor betydning for bærekraftig innovasjon og verdiskaping i matproduksjon.

¹³ “Gode biobanker – bedre helse”, Norges forskningsråd, ISBN 978-82-12-02573-8

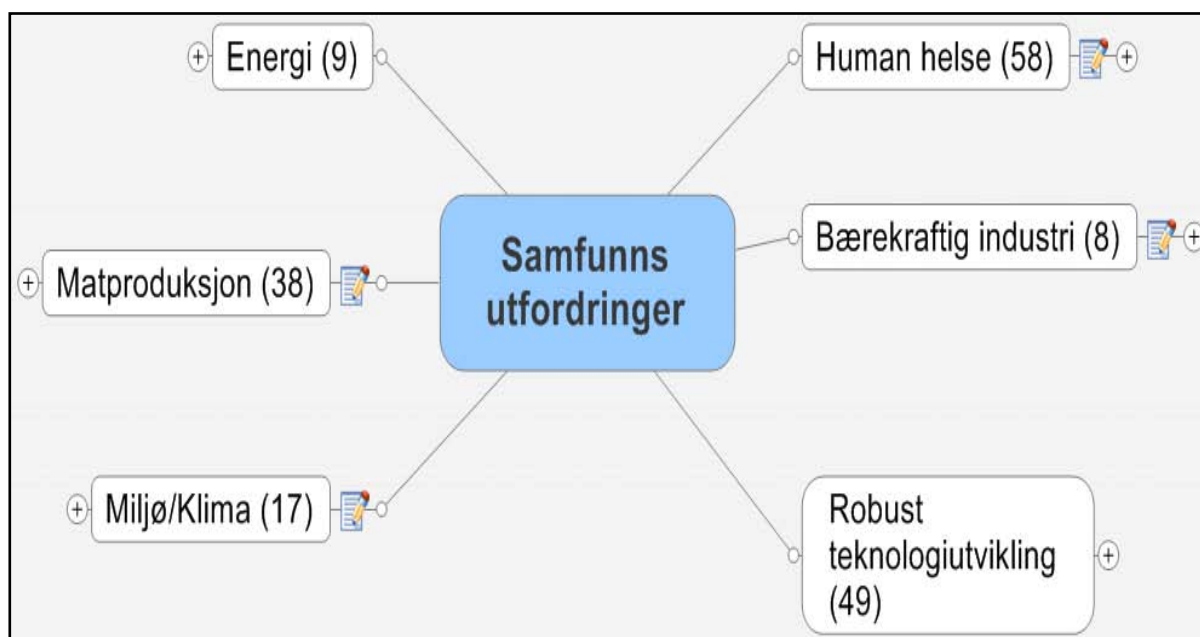
http://www.forskningsradet.no/no/Nyheter/Vil_hente_fram_forskningsgullet/1232959470841

“Potensial for kommersiell utnyttelse av humane biobanker”, Norges forskningsråd, ISBN 978-82-12-02732-9
<http://www.forskningsradet.no/no/Nyheter/Biobanker+kan+utnyttes+mer+kommersielt/1253953361506&kilde=f>

4. Bioteknologi og de store samfunnsutfordringene

Som teknologi er bioteknologi moden, og alle internasjonale og nasjonale politikkdokumenter viser til teknologienes roller i å bidra til å gi kunnskap om hvordan nasjonale og globale samfunnsutfordringer kan forstås og ha løsningsmuligheter. Et bredt, nasjonalt fokus på teknologien i seg selv er derfor hverken nødvendig eller riktig lenger, men en videre utvikling må ivareta bioteknologiens generiske aspekt i å muliggjøre biovitenskapelig FoU og verdiskaping av høy kvalitet og med god samfunnsøkonomisk verdi på mange områder.

Med bakgrunn i dette inviterte BIOTEK 2012 til innspill om overordnede argumenter for bioteknologiens rolle i å adressere samfunnsutfordringene. Cirka 60 innspill fra universitetene, instituttene, bransjeforeninger for næringslivet, enkeltforskere og grupper ble mottatt. Innspillene ble gruppert i forhold til samfunnsutfordringene (figur 3).



Figur 3. Fordeling av tematiske omtaler i innspillene. Tall i parentes angir totalt antall omtaler av hver samfunnsutfordring i innspillene.

Prosesen ble gjennomført åpent og transparent med dialogmøter og en egen nettside¹⁴ for publisering av innspillene og mottak av kommentarer. Det skal imidlertid nevnes at det var en sterk overvekt av tilbakemeldinger fra akademia i forhold til næringslivet.

Næringslivet var representert ved to store interesseorganisasjoner, Legemiddelindustriforeningen og Norsk Biotekforum, og disse innspillene var i hovedsak fokusert på human biomedisin. Det må i den videre prosess være en prioritert oppgave å få etablert en tettere dialog med de industri-

¹⁴ biotek2012.forskningsradet.no

næringer som potensielt vil etterspørre bioteknologiske løsninger i fremtiden, men som så langt har vært fraværende.

I det etterfølgende vil hvert tema behandles kort, med konkrete eksempler som viser potensialet for bioteknologi innenfor hvert temaområde. Innspillene er til dels svært faglig detaljerte. I denne rapporten vil kun de helt overordnede samfunnspolitiske argumentene nevnes for å synliggjøre bioteknologiens potensial innenfor temaene.

Human helse

I innspillene utgjør temaet human helse det største området, noe som reflekterer den store FoU-aktiviteten på dette området og at miljøene tydelig ser bioteknologiens rolle mot mange utfordringer knyttet til human helse. Innspillene grupperes naturlig i hovedtemaer som medisinsk behandling, biofarmasi, diagnostikk, forbygging og næringsutvikling. Helt overordnet viser de til at forebygging, rask og riktig diagnose, effektiv terapi og god rehabilitering er de fire hovedfaktorene som kan bidra til reduserte kostnader i helsevesenet. Bioteknologiens bidrag vil ligge i å utvikle kompetanse og metodikk som utnytter potensialet innenfor området personifisert/skreddersydd medisin, som er under rask utvikling. Selv om kostnaden pr. pasient initialt vil kunne øke, antas det at de totale helsekostnader for samfunnet vil gå ned ved bruk av denne type teknologi, bl.a. som følge av bedre definering av sykdommer og stratifisering av pasienter i kliniske studier. Behov for færre pasienter i et klinisk utviklingsløp vil redusere kostnadene. Utfordringer relatert til ELSA¹⁵ på dette området er åpenbare og må adresseres parallelt.

Innspill peker også på behovet for en god balanse mellom spiss og bredde og fremhever Norges styrker innenfor helserelatert bioteknologi. Gode forskere innenfor flere fagdisipliner, og særlig på kreftforskning, nevrovitenskap og immunologisk forskning, må gis insentiver for utvikling.

Humane biobanker koblet til helsedata representerer en underutviklet ressurs for forskning og innovasjon, og er et område hvor Norge og de andre skandinaviske land leder an internasjonalt og er attraktive for internasjonalt forskningssamarbeid. Bedre samarbeid mellom forskning og industri vil kunne utløse verdiskapingspotensialet som ligger i humane biobanker koblet til helsedata. På kreftområdet er Oslo Cancer Cluster et lokomotiv som legger til rette for utvikling av nye kreftlegemidler basert på samarbeid mellom academia, helseforetak og næringsliv. Tilsvarende er Nansen Neuroscience Network dannet innen nevrovitenskapelig forskning¹⁶. Men innovasjonskulturen ved universitetene og sykehusene er fortsatt svak og lite industrirettet, noe som må adresseres i en videre satsing på bioteknologisk forskning, innovasjon og næringsutvikling.

Matproduksjon

Blant innspillene utgjør aspekter tilhørende temaet mat det nest største området, noe som viser at norske FoU-miljøer tydelig ser bioteknologiens rolle inn mot dette temaets mange utfordringer. Tilgang på sunn og trygg mat omfatter akvakultur, husdyr og planter, klimaendringer og industriell matproduksjon.

Sunn og trygg mat er grunnleggende for en god folkehelse, som i sin tur er viktig for å hindre en videre opptrapping av de store folkesykdommene. Folkesykdommene legger beslag på store deler av helsebudsjettet, og videre økning av denne kostnaden vil legge stort press på velferds-

¹⁵ Etiske, juridiske og samfunnsmessige aspekter.

samfunnet. WHO har beregnet at fire av de seks viktigste risikofaktorene for død kan tilskrives kostholdet og at disse i stor grad kan forebygges ved endringer i kostholdet. Klimaforandringer påvirker økosystemene og fører til store utfordringer for akvakulturnæringen og landbruket. Det er viktig å stimulere forskning og innovasjon på dette området for å sikre produksjonen av sunn mat og forstå hvordan matproduksjonen kan tilpasses og utnytte endrede klimaforhold. Bioteknologiske verktøy og kompetanse vil stå sentralt i denne forskningen, og har store muligheter til å bidra til nye, sunne næringsmidler og forståelse av deres betydning for å opprettholde god helse.

Norge er verdens største eksportør av sjømat (45 mrd. kroner i 2009) etter Kina, og havbruk utgjør vår viktigste eksportnæring etter olje og gass. Norsk laks utgjør 58 % av verdensproduksjonen. Bioteknologisk forskning og innovasjon har vært en sentral suksessfaktor for å oppnå denne markedsposisjonen og vil være sentral for videre vekst av norsk akvakulturnæring. Akvakultur har stort behov for bioteknologisk FoU knyttet til oppdrett, helse, fôr og aspekter knyttet til økende kvalitetskrav (sporbarhet, risikovurdering, trygg mat og miljøeffekter). En hittil underutnyttet ressurs er restråstoffet fra sjømatnæringene. Ved å bioprospektere i dette og styrke prosessindustriens kompetanse for å ta resultatene inn i bioraffineringskjeder, kan nye verdier skapes. Styrking av norsk bioteknologisk FoU knyttet til disse områdene har et stort næringspotensial og er svært kompetanseintensivt med gode muligheter for utvikling av akademi-/industriklynger. Her bør Norge også se sitt globale ansvar for å bidra med bærekraftige løsninger på de biologiske utfordringene matproduksjon på alle nivå medfører.

Miljø og klima

En rekke av innspillene omhandler bioteknologiens muligheter for temaområdene miljø og klima. De grupperer seg naturlig innenfor underområdene risikovurdering, bioremediering, økosystemforståelse, klimatilpasning og miljøovervåking. Alle innspillene viser til hvordan bioteknologisk metode og kompetanse vil gi viktige bidrag på disse områdene og legge grunnlag for å utvikle en bærekraftig, kunnskapsbasert bioøkonomi. Noen innspill tar til orde for at produksjon av genmodifiserte organismer (GMO) både på land og i vann sannsynligvis vil være en realitet for å møte mat- og energibehovet til en befolkning som vil telle 9 mrd. i 2050. For å ha en beredskap for å møte denne utviklingen, argumenteres det for å styrke forskning på GMO. En god samfunnsdialog om trusler og muligheter som ligger i GMO må ligge til grunn⁷.

Klimaendringene som følge av menneskelig aktivitet vil ha store konsekvenser for mat- og fôrproduksjonen, så vel som for økosystemene. Dersom vi forstår sammenhengene og vet å utnytte og tilpasse oss disse, gir miljørelatert bioteknologi store muligheter til både å takle utfordringene og å bygge en bærekraftig næring. Utsiktene er bioproduksjon for et miljø i endring. Vi trenger en tett kobling mellom innsikt i økologi og evolusjon på den ene siden og avansert bioteknologi basert biovitenskap på den andre.

Den fundamentale sammenhengen mellom miljø og helse er også en sentral komponent i dette bildet. Her ligger både et stort innovasjonspotensial og en stor kompleksitet.

Energi

Aspekter tilhørende temaet energi utgjør et av områdene med færrest omtaler, noe som viser at dette er et nytt og umodent område for norsk biovitenskap. Innspillene viser imidlertid at miljøene tydelig ser bioteknologiens muligheter til å bidra til energiforsyning. Innspillenene grupperes naturlig i to. De fleste omhandler utnyttelse av biomasse, noen færre er rettet mot mer effektiv oljeutvinning.

Det er betydelige utfordringer i energisektoren, hvor fornybare energiformer som vindkraft, solkraft og bioenergi (basert på biomasse) i stor grad må erstatte fossilt brensel for å nå

klimamålene. Planter og alger er sentrale i biomasseproduksjon der det ut fra ulike vinkler vises til bioteknologiens rolle i å utvikle tilpassede arter med optimale egenskaper for energiproduksjon. Både fangst av CO₂ og derigjennom produksjon av hydrogen, oljer og andre former for energibærere kan utvikles ved å implementere metodikk fra funksjonell genomforskning og bioteknologi. Som en positiv tilleggsaktivitet vil mye av den prosesssteknologiske virksomheten skje i bioraffinerier som utnytter de fleste komponenter i biomassen, også til høyverdi produkter. Disse kan bidra til lønnsomhet i en prispresset energisektor. Utvikling av nye generasjoner biodrivstoff som ikke konkurrerer med produksjon av mat, står høyt på agendaen. Norge har store arealer for produksjon av biomasse, sterke fagmiljøer og stor industri i ulike deler av verdikjeden fra biomasse til ferdig produkt.

Det er en kjensgjerning at norsk økonomi og verdensøkonomien i stor grad må være basert på fossile energikilder i noen tiår fremover. De innspillene som omtaler bioteknologiens muligheter i petroleumssektoren handler om hvordan mikroorganismer kan bidra til å endre reservoarforholdene (bioteknologi i kombinasjon med nanoteknologi) og i raffineringssprosessene på oljefraksjonene. Begge deler er ny teknologi som vil redusere energibehovet i sektoren og bidra til utvikling av den kunnskapsbaserte bioøkonomiens grønne fotavtrykk. Begrepet petroleumsbioteknologi (sort bioteknologi) foreslås utviklet som et eget område der Norge har naturlige forutsetninger til å etablere et spesielt og særegent fagområde som kan gi store konkurransefortrinn og ny industrialisering. Store industrilokomotiv er rede til å bidra til dette.

Bærekraftig industri

Blant innspillene utgjør aspekter tilhørende temaet bærekraftig industri tilsynelatende et av de minste områdene. Her er industriaspekter mot farmasi og helse dekket inn av to fellesinnspill fra næringsorganisasjonene, noe som bidrar til et kunstig lavt antall innspill i denne gruppen. Innspill som argumenterer for innovasjon og næringsutvikling med direkte relevans for de andre temaene, omtales her. Under dette temaet peker innspillene mer generelt på bioteknologi som produksjonsmiddel i bærekraftig produksjon av kjemikalier, materialer og drivstoff. For å oppnå dette, benyttes enzymer og mikroorganismer for å lage produkter innenfor områder som fin- og bulk-kjemikalier, farmasøytika, mat og fôr, papir og treforedling, tekstiler, energi, materialer og polymerer. Utvikling av ny teknologi vil kunne gi mer økonomiske, miljøvennlige og effektive prosesser, også for tradisjonell kjemisk prosessindustri. Norge har konkurransedyktige forskningsmiljøer på dette område, blant annet i instituttsektoren, men en utvikling i denne retning vil kreve betydelig opprusting, og bedrifter vil ha stort behov for risikoavlastning for å bidra til utviklingen. Offentlige støtteordninger i tidlige faser er en sentral suksessfaktor.

Innspillene på området omfatter alle aspekter og er for oversiktens skyld inndelt i to kategorier; *industriell bioteknologi* og *biokatalyse*. *Industriell bioteknologi* baseres på avanserte fermenteringsprosesser og spesialutviklede mikroorganismer for disse. Her finnes avansert og internasjonalt ledende kompetanse, spesielt i deler av instituttsektoren. Innenfor *biokatalyse* benyttes enzymer og modelleringer som prosessverktøy i eksisterende industri og oljeutvinning. Regjeringens satsing på marin bioprospektering kan bidra på disse områdene.

Innspillene vektlegger den betydning utviklingen av systembiologi og syntetisk biologi vil få for å etablere et energieffektivt og miljøvennlig næringsliv som bidrar til utviklingen av bioøkonomien. Kraftfull bioinformatikkompetanse og infrastruktur er en helt essensiell komponent for å nå målene.

Det må legges godt til rette for å bygge videre på verdiskaping basert på bioteknologisk FoU. Denne må utvikles og stimulere både eksisterende og ufødt næringsliv til å opparbeide kompetanse og implementere bioteknologiske løsninger som oppfyller Norges globale ansvar for å bidra til å utvikle den kunnskapsbaserte og bærekraftige bioøkonomien.

Robust teknologiutvikling

I beskrivelsene av *bioteknologiens* muligheter til å adressere de store samfunnsutfordringene er det lagt vekt på teknologiens rolle som verktøy for å utvikle den biovitenskapelig forskning og innovasjon. Alle innspillene er detaljerte på den generiske teknologi og infrastruktur som må videreføres, etableres og utvikles for å adressere et spekter av samfunnsutfordringer. Spesielt nevnes behovet for å styrke systembiologi og syntetisk biologi, sekvenseringsteknologi, bioinformatikk og forskningen i grenseflatene mellom bio-, nano- og informasjonsteknologi.

En robust teknologiutvikling er avhengig av en god samfunnsdialog. Mange av innspillene understreker nødvendigheten av å adressere etiske/normative dimensjoner, sikkerhetsproblematikk, forbrukerholdninger, helse og velferd, intellektuelle rettigheter og juridiske aspekter ved teknologiutviklingen. BIOTEK 2012 samlet ca. 30 interessenter fra disse områdene til et møte for å diskutere hvordan bioteknologien kan utvikles på en robust måte som balanserer ulike samfunnsbehov. Behovet for å fokusere på dette er åpenbart, og møtet handlet blant annet om paradigmeskiftet i forholdet mellom teknologi og samfunn, behovet for å utvikle nye styringsordninger for forskning (Governance of Science) og nye utfordringer for norsk ELSA-forskning. Budskapet var at vi ikke kan løse de store utfordringer vi står overfor med de tilnærminger vi har etablert.

5. Veien videre: utfordringer og muligheter for fremtidig bioteknologisatsing

Forskningsmeldingen (s. 61):...“ bioteknologien utvikles tilsynelatende best i klynger med tett samhandling mellom akademia og næringsliv. Utvikling av bioteknologibasert næring krever risikovillighet, langsiktighet og gode rammebetingelser. Bioteknologi er nødvendig for å sikre høy kvalitet og økt verdiskaping innen medisin og helse, havbruksnæring, matvare-produksjon, miljø, bærekraftige industriprosesser og energiproduksjon. For å kunne utvikle og implementere bioteknologi må vi ha en bred vitenskapelig kompetanse, samtidig som det må satses på områder der vi har nasjonale fortrinn. Eksempler på slike områder er medisinsk diagnostikk og behandling, humane og marine biobanker, marin bioteknologi og bioprospektering, genomforskning (f.eks. laks, torsk), avl og veterinærmedisin, miljøovervåking, bærekraftig energiproduksjon som 2. og 3. generasjon bioenergi samt økt fokus på beredskap og sporbarhet innen primærnæringene. Den moderne bioteknologiens muligheter er mange, men for å realisere disse er det tidvis en forutsetning å få til et nært samspill mellom bioteknologi og andre teknologiområder som IKT og nanoteknologi. Gjennom slikt samvirke forsterkes nytten av enkeltteknologiene.”

Her peker Forskningsmeldingen på sentrale elementer det må tas hensyn til når bioteknologien skal danne grunnlag for den bærekraftige næringsutviklingen som er påkrevd for å realisere fremtidens store samfunnsutfordringer. Den viser også til områder der nasjonale fortrinn bør ivaretas. Med sin generiske natur og det nivå norsk bioteknologisk infrastruktur og kompetanse er bygd opp til, er det lagt til rette for å utnytte teknologiens potensial bredt. Det vil imidlertid kreve at infrastruktur og kunnskapsutvikling ivaretas for å sikre en robust videreutvikling og samhandling mellom ulike aktører langs hele verdikjeden fra basal bioteknologisk FoU til marked.

Samfunnet som medspiller

I en samfunnsutvikling der teknologioptimismen er høy, målbæres et økende krav fra storsamfunnet og politikere om å se sammenhengen mellom investeringer i forskning og utvikling og resultatene som kommer ut av investeringene. Dette krever god kommunikasjon mellom aktørene. Nye styringsmodeller (governance) er under utvikling for å kanalisere investeringer mot forskning, teknologi og innovasjon i henhold til samfunnets prioriteringer. Forskning er et sentralt redskap for å styrke nasjonal konkurransevne og bidra til å løse utfordringer knyttet til klima, energi og helse. På flere av de områdene Forskningsmeldingen nevner, har Norge konkurransefortrinn og en samfunnsaksept for videre utvikling.

Verdiskaping og næringsutvikling

Bioteknologi som teknologisk plattform forventes å være en bærebjelke i den kunnskapsbaserte bioøkonomien som vil bidra med miljø- og klimanøytrale løsninger på sentrale samfunnsutfordringer. Forskningsmeldingen fremhever at samhandling mellom teknologier har innovasjonspotensial utover det som er realisert til nå.

Når så bioteknologi er en av de viktigste vekstnæringer internasjonalt og allerede utgjør en betydelig næring i en rekke land, må det være en prioritert oppgave å utvikle målrettede virkemidler som kan gi bioteknologien den rollen som forutses. Når det gjelder næringsutvikling

må det være et spesielt fokus på å utvikle en bærekraftig industri der Norge har nasjonale fortrinn både ressurs- og kompetansemessig.

En lang kyst med velutviklet regional forskningsinfrastruktur, akvakultur og fiskerier gir store muligheter for å utvikle marin bioteknologisk FoU i verdensklasse. Herunder vil både marin bioprospektering i henhold til regjeringens strategi¹⁷, utnyttelse av biomasse og molekylær akvakultur være utviklingsområder med potensiale for næringsutvikling og behov for sentrale innslag av bioteknologisk kunnskap og metode. Norge deltar aktivt i Europeiske fora for å utvikle marin bioteknologi til et felleseuropeisk FoU område med verdiskaping¹⁸.

Tilsvarende innenfor biomedisin hvor vi har høykompetente FoU-miljøer. Her er det utviklet sterke diagnostiske og terapeutiske gründervirksomheter. En styrket satsing på å legge til rette for at medisinske innovasjoner kan utvikles med god risikoavlastning vil utvilsomt skape verdier for samfunnet.

Bærebjelker i utvikling av en bioteknologibasert næring må sikre fortsatt god og konkurranse-dyktig kvalitet på norsk grunnforskning, videreutvikling av teknologiplattformene etablert gjennom FUGE, utnyttelse av den verdifulle informasjonen som ligger i våre biobanker og genomsekvensdatabaser. Det krever at det gis langsiktige og gode rammebetingelser og et koordinert fokus på innovasjon og næringsutvikling i virkemiddelapparatet¹⁹. Dagens virkemidler bør tilpasses ulike behov i ulike sektorer. På mange av de næringsrelevante områdene er den grunnleggende forskningen dårlig utbygd, mens det på andre områder er behov for å styrke den mer direkte næringsrelevante forskningen.

Det må også foretas en kartlegging av hvilke områder det skal fokuseres sterkere på, og hvilke områder Norge ikke skal gå inn på i mangel av kritisk masse på kompetanse eller ressurser. I et høykostland som Norge, med velutviklede akademiske miljøer, er kompetanse og intellektuelle ressurser et nasjonalt fortrinn som må stimuleres til å skape verdier for samfunnet. Strategiske valg bør sannsynligvis gjøres i forhold til dette. Ut fra den gode tilgang Norge har på billig, høyt utdannet og kompetent humankapital, men som allikevel er volummessig begrenset, kan det være riktig å vurdere ut- og inn-lisensierings- og exit-strategier som ikke forfølger utviklingsløpene inn i de mest kostnadskrevende faser. Dette også fordi det heller ikke er god tilgang på risikovillig kapital til bioteknologibasert næringsutvikling i tidlig fase. Det er en trend internasjonalt at store farmasiselskaper i økende grad bygger ned sin virksomhet innenfor eksperimentell FoU og heller baserer seg på et innovativt samarbeid med små knoppskytningsselskaper knyttet til fremragende akademiske FoU-miljøer. Med sin tunge kunnskapsbase innenfor spesielle fagområder har norske SMBer på denne måten muligheter for å kunne knytte til seg viktige internasjonale samarbeidspartnere som et alternativ til tradisjonelt salg og ut-lisensiering av enkeltprosjekter.

Like viktig som å fokusere på områder hvor Norge har konkurransefortrinn, må det være å stille krav til internasjonalt samarbeid i alle ledd der det er hensiktsmessig. Norge har i likhet med andre land et mål om at samlet FoU-innsats skal utgjøre 3 % av BNP. Til tross for at FoU-innsatsen i offentlig sektor nå ligger på ca. 1 %, ligger vi etter for å nå målet pga. vår nærings-

¹⁷ Regjeringens nasjonale strategi for bioprospektering: "Marin bioprospektering – en kilde til ny og bærekraftig verdiskaping". <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fkd/pressemeldinger/2009/ny-strategi-for-marin-bioprospektering.html?id=575815>

¹⁸ Rapport til KBBE-net: "Background and recommendations on future actions for integrated marine biotechnology R&D in Europe" og <http://www.jpi-oceans.eu/servlet/Satellite?c=Page&pagename=jpi-oceans/Hovedsidemal&cid=1253960389368>

¹⁹ Forskningsrådet, Innovasjon Norge, SIVA, Investinor og de regionale forskningsfondene

struktur med liten FoU-innsats. Incentiver som stimulerer næringslivet til å øke sin FoU-innsats, som f. eks. Forskningsrådets brukerstyrte programmer, kan bidra til dette. Det vil også være en viktig oppgave for Forskningsrådet å stimulere til økt mobilitet mellom akademia, instituttsektoren og næringslivet, noe som vil styrke aktørenes kunnskap om muligheter og utfordringer hos hverandre.

Som beskrevet i kap. 2, forventes det en betydelig vekst i den bioteknologibaserte økonomien i perioden frem mot 2030⁷. I første del av perioden er det å forvente at den største verdiskapingen vil kunne skje innen de næringer hvor bioteknologien allerede har etablert en solid basis (innen biomedisin) og hvor man kan vise til suksesser både nasjonalt og internasjonalt. Norge har i utgangspunktet gode forutsetninger for å lykkes innen biomedisin ettersom dette er et forskningsfelt hvor det er dokumentert høy internasjonal kvalitet og nær 60 % av alle landets vitenskapelige publikasjoner er innen Life Science⁹. Til tross for god forskning, er det fortsatt et uforløst potensial for næringsutvikling innen feltet, og det må være en prioritert oppgave å stimulere til økt kommersialisering av biomedisinske innovasjoner basert på bioteknologi ("lavhengende frukter"). På litt lengre sikt er det å forvente at den del av næringen som fortsatt ligger etter i utviklingen (primærnæring og industri), se tabell 1, kap. 2, i økende grad vil ta i bruk bioteknologi som et generisk verktøy i fremtidige produksjonsprosesser (ref. kap. 4). Det må allerede nå være en prioritert oppgave å etablere en tett dialog med disse industrinæringene som er mer umodne i forhold til bioteknologi, men som på sikt har et stort utviklingspotensial. Det må således legges opp til en langsiktig strategi som ivaretar både de kortsiktige og de mer langsiktige perspektiv hvor det skapes grobunn for en optimal vekst nasjonalt, men med et internasjonalt perspektiv.

Det vil her måtte foretas strategiske prioriteringer som også må reflekteres i disponeringen av virkemidlene langs en tidsakse. Dette betyr at det i første fase vil måtte investeres sterkest på å videreutvikle modne suksessområder, samtidig som mer umodne områder som primærnæring og industri over tid stimuleres til gradvis å øke sin kompetanse og investere i bærekraftige, bioteknologiske løsninger. Det er viktig å stimulere f.eks. prosessindustrien til å ta i bruk bioteknologiske verktøy i sine produksjonsprosesser. Spesielt vil det være viktig å utvikle industri knyttet til utnyttelsen av alle typer biomasse, der det bl.a. kan ses klare muligheter for synergier til den nasjonale satsingen på marin bioprospektering. Det er essensielt å få etablert et godt nettverk med industrien som vil være en viktig premissleverandør for etterspørselen av næringsrettet bioteknologisk verktøy.

Teknologiens push / markedets pull

Oppbygning av bioteknologisk infrastruktur med institusjonell og nasjonal samhandling under FUGE var resultat av et udekket bioteknologisk kunnskaps- og teknologibehov. Drivkraften var å bygge opp og gjøre tilgjengelig state-of-the-art bioteknologisk infrastruktur og kompetanse som en forutsetning for å drive internasjonal frontforskning og verdiskaping. Dette hadde et teknologidrevet perspektiv. En videre satsing må i større grad adressere samfunnets behov for bærekraftige innovasjoner. Basert på disse behov vil fremtidens teknologi- og kunnskapsutvikling i stor grad kunne defineres. Helseforetak, legemiddelindustri, primærnæringen og prosessindustrien er eksempler på virksomhetsområder som vil være bestillere av nye bioteknologiske verktøy.

Klynger

For å stimulere til innovasjon og næringsutvikling, er det nødvendig å videreutvikle modeller for klyngedannelser hvor det samhandles tett mellom akademi, institutter, næringsliv, virkemiddelapparat og privat kapital. Tverrfaglighet og samhandling mellom ulike aktører, være seg offentlige eller private, nasjonale og internasjonale, er regnet som en viktig suksessfaktor innenfor forskning

og næringsutvikling²⁰ og inngår ofte som konkrete kvalifikasjonskriterier i mange virkemiddelprogram. I klyngene kan forskningen og teknologiens muligheter møte markedets behov i fysiske eller virtuelle nettverk. Klyngene kan bidra til bærekraftig næringsutvikling basert på relevante fagområder som legemidler, marin bioteknologi/bioprospektering, veterinærmedisin, ernæring og matvareproduksjon, havbruk, miljø, bærekraftige industriprosesser og energiproduksjon. Driverne eller navet i en klynge vil variere avhengig av prosjektets art og utviklingsfase, men det er essensielt at det etableres forpliktende samarbeidsrelasjoner mellom alle relevante aktører langs hele verdikjeden fra FoU til marked. Verdien av arbeidsformer som dette understrekes også i fellesinnspillene Forskningsrådet har mottatt fra universitetene og næringslivet.

Infrastruktur, rekruttering og kompetanse

Selv om det både i universitetsmiljøene og helseforetakene er utviklet høy kompetanse og tatt i bruk grensesprengende teknologier, er det et kontinuerlig behov for å videreutvikle disse. Samtidig må nye teknologitrender etableres og gjøres tilgjengelig for norske forskere. Her kan internasjonale teknologiarenaer og samarbeid spille en viktig rolle for effektiv og rask kompetanse- og teknologibygging.

Det å legge til rette for en god balanse mellom spiss og bredde har også et beredskapsaspekt. Norge trenger både å bidra til det globale kunnskapsunivers og samtidig kunne hente kunnskap hjem til anvendelse på ulike områder. Når det gjelder bioteknologikompetanse, trenger vi både spiss og bredde for å være i fruktbar interaksjon med det internasjonale forskersamfunn, hvor utviklingen skjer over en bred front. En viss bredde åpner også for uventede koblinger på tvers av spesialiteter. Et nøkkelbegrep her er "absorptive capacity", som referer til virksomheters kapasitet til å gjenkjenne, tilegne seg og nyttiggjøre ny kunnskap i innovasjoner.

Infrastruktur og kompetanse

Bioteknologisk FoU finansieres både gjennom direkte bevilgninger til institusjonene, gjennom Innovasjon Norge, næringslivet og gjennom ulike konkurransearenaer i Forskningsrådet. En videre satsing på bioteknologi i Forskningsrådet må legge til rette for å høste fra og videreutvikle eksisterende kompetanse. Det må unngås at en videre satsing sementerer eksisterende strukturer, kompetanse og prioriteringer. For å få til dette bør videre finansiering av eksisterende teknologi-plattformer i større grad baseres på brukerfinansiering. Dette vil stimulere til tilgjengeliggjøring og åpenhet ved at inntjening kommer fra tilbud av tjenester som forskning og næringsliv er villig til å betale for. Utvikling av nye teknologiske modaliteter innenfor en eksisterende teknologi-plattform bør fremdeles kunne toppfinansieres. Den kultur for samarbeid om nasjonal infrastruktur og kompetanse som er etablert gjennom FUGE bør videreføres, noe som er i tråd med signalene i Forskningsmeldingen.

Institusjonene bør i stor grad ta ansvar for å videreføre hensiktsmessig samarbeid og arbeidsdeling om bioteknologisk kompetanse og infrastruktur, men det kan vurderes incentivordninger for å stimulere en god forvaltning av ressursene. Forskningsrådet må ta et hovedansvar for å bidra til at det utvikles nye generiske teknologier og at disse gjøres nasjonalt tilgjengelig for forskning og næringsliv.

Bioteknologi som kompetanseområde drar veksler på ulike fagområder som biologi, kjemi, fysikk, matematikk og ingeniørvitenskap. Utvikling av bioteknologi stiller store krav til alle typer tverrfaglighet, og noen av de mest innovative og fremtidsrettede perspektiver for bioteknologien

²⁰ OECDs innovasjonsstrategi. Mai 2010.
http://www.oecd.org/document/15/0,3343,en_2649_34273_45154895_1_1_1_37417,00.html

finner sted i skjæringspunktet mot nanoteknologi og informasjonsteknologi. I en videre satsing på bioteknologi må det derfor utvikles arbeidsmetodikk og kunnskap som gjør tverrfaglig arbeid til en naturlig del av prosjekter og den ønskede utvikling. Det er også viktig at det både integrert i teknologiutviklingsprosjekter, og som en selvstendig aktivitet, forskes på den samfunnsmessige betydningen av ny teknologi for å fremme produktive interaksjoner mellom teknologi og samfunn.

Rekruttering

Grunnlaget for morgendagens kunnskap og verdiskaping handler om opplæring og rekruttering av en ny generasjon med forståelse for kompleksiteten i det å utnytte potensialet i kunnskapsgrunnlaget og teknologiene i aktiv, tverrfaglig samproduksjon. Rekruttering til biofagene er økende, men forutsigbarhet for karrierevei og god personlig og forskningsmessig finansiering er viktige elementer for å kunne satse på de lovende talentene som kan bidra med nye og reflekterte innfallsvinkler rettet mot morgendagens utfordringer. Det må også være attraktivt for nye å satse. Det er stor internasjonal konkurranse om de unge som ønsker å dedikere livet til biovitenskapelig FoU. Norge må gjøre seg attraktivt både som kunnskapsnasjon og som et sted å leve for å vinne frem i denne konkurransen. Selv om mange kvinner velger biovitenskap som utdanningsområde, er det en utfordring å øke deres representasjon på ledernivå både i akademia og industrien.

ELSA; samfunnsutfordringen og samfunnsdialogen

Det foregår et paradigmeskifte i europeisk forskningspolitikk når det gjelder synet på forskning og teknologi. Tidligere ble det i større grad tatt for gitt at forskning som sådan var en positiv drivkraft i samfunnsutviklingen, uten at ønsket om å styre forskningen var dominerende. I dag erkjenner man at utvikling av ny kunnskap og teknologi er en kraft som i stor grad påvirker retningen på samfunnsutviklingen gjennom å legge premissene for hva som er mulig å få til. Ny teknologi legger også rammer for hvordan mennesker kommuniserer og samhandler. Det er ikke lenger en selvfølge at all forskning er nyttig eller samfunnstjenlig, og det finner sted mye innovasjon og verdiskaping som ikke er basert på forskning. Samfunnet står overfor enorme utfordringer, men har begrensede ressurser til å løse dem. Det investeres store beløp i kunnskaps- og teknologi-produksjon, og samfunnet er opptatt av hva det får igjen. Forskning må konkurrere med andre viktige oppgaver om felles ressurser. Styringsproblematikk (governance) står derfor sentralt i moderne, europeisk kunnskapspolitik.

Innenfor det nye paradigmet er forskning mer orientert mot prosess og mindre mot et teknologisk produkt. Forskeren er ikke lenger en leverandør av et produkt (kunnskap eller innovasjon) som samfunnet mottar eller forkaster. Forskning utvikles som en prosess utført i et dynamisk samspill mellom forsker og samfunn, i et samproduksjonsperspektiv.

Innenfor et samproduksjonsperspektiv settes nye krav til ansvarlighet hos alle parter. Forskeren skal i større grad ta et eget ansvar for at forskningen er samfunnstjenlig og blir utført på etisk forsvarlig måte. Samfunnet på sin side blir, gjennom å trekkes nærmere inn i styring av kunnskapsproduksjonen, ansvarliggjort i forhold til den forskningen og teknologien som utvikles, samt den som *ikke* utvikles. Det er konsekvenser knyttet til alle valg en tar om teknologiutviklingen, og disse må veies opp mot hverandre. Ansvarlighet hos politiske myndigheter vil si forventning om at avgjørelser baseres på forskningsbasert kunnskap de selv har bidratt til å prioritere. Klarere fokus på sammenheng mellom veivalg, konsekvenser og resultater står sentralt.

Utvikling av nye teknologiområder stiller samfunnet overfor en rekke etiske og juridiske dilemmaer. Hvem kan påføre andre risiko, og til hvilket formål? Hvem får rettigheter knyttet til teknologiene som utvikles? Hva skal teknologien brukes til, og hvordan skal det styres? Forskning om etiske, juridiske og samfunnsmessige aspekter (ELSA) ved utvikling av ny teknologi har derfor utviklet seg som en disiplin som står sentralt i all robust teknologiutvikling. ELSA-

forskning handler om å spenne ut rommet for den menneskelige forståelse og balansere mellom ulike interesser og behov. De etiske vurderingene ift. bruk av en teknologi vil avhenge av de mulighetene teknologien har til å bidra med løsninger på bestemte utfordringer og størrelsen på utfordringen man står overfor, sett opp mot eventuell risiko og konsekvenser av teknologien, og hvilken risiko som er forbundet med å anvende alternativ teknologi, eller ikke foreta seg noe.

ELSA-perspektiver må integreres i hele forskningsprosessen, inkludert planlegging, mekanismer for forskningsfinansiering og evaluering. Parallelt må ELSA-forskning styrkes og utvikles som selvstendig forskningsområde relevant for teknologiutvikling i et samfunnsperspektiv.