

INNSPILL TIL NASJONAL BIOØKONOMISTRATEGI – SINTEF MATERIALER OG KJEMI

INNLEDNING

Bioøkonomi står sentralt i svært mange internasjonale og nasjonale forskningspolitiske planer og strategier og vurderes som særdeles viktig for å kunne adressere eksisterende og kommende samfunnsutfordringer innen industri, jordbruk, helse og energiforsyning^{1,2,3,4}. Vi mener at en videre nasjonal satsing på bioøkonomi må basere seg på eksisterende planer og programmer og samstemmes med hva som er internasjonal "state of the art" innen relevante sentrale forskningsområder.

Mange offentlige dokumenter og utredninger referer til OECD-definisjonen av bioøkonomi²:

"A bioeconomy can be thought of as a world where biotechnology contributes to a significant share of economic output. The emerging 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".*

I nevnte planer og strategier er **industriell bioteknologi** viktig for å sikre en framtidig bærekraftig bioøkonomi. Vi fokuserer primært på dette i vårt innspill og noen områder der det er viktig å satse nasjonalt.

KOSTNADSEFFEKTIVE MIKROBIELLE PROSESSER- INDUSTRIELL BIOTEKNOLOGI

En framtidig bioøkonomi skal bidra til å finne løsninger for samfunnsutfordringer på bred basis, noe som innebærer konkurransedyktig fremstilling av ulike produkter (fra farmasøytika til fôr, mat, materialer og energi) med optimal funksjonalitet og uten negative konsekvenser for miljøet. I mikrobielle produksjonsprosesser fokuseres det på at mikroorganismene skal gi høye utbytter og høy produksjonshastighet for å være lønnsomme. I tillegg er det viktig med en egnet karbonkilde (herunder pris og tilgjengelighet) som gir den ønskede produksjonsgevinsten. I dette lys er diskusjonen om nasjonale råstoffer (trevirke, makroalger) kommet opp, men slike råstoffer vil bare bli valgt hvis de gir en konkurransemessig fordel i mikrobielle produksjonsprosesser (fermenteringer) (Fig 1). Når det gjelder utnyttelse av nasjonale råstoffer, er bioraffinerikonseptet særlig interessant.

Gjennom bioprospektering blir det i dag bl.a. funnet mikroorganismer som produserer nye forbindelser til behandling av infeksjoner og kreft. Mikroorganismene forbedres gjennom "metabolic engineering", systembiologi og syntetisk biologi, som alle er viktige forskningsområder i bioøkonomien. Nasjonale planer bør prioritere å støtte og videreutvikle de forskningsmiljøer og bedrifter som har fokus på avansert bioprosessutvikling.



Figur 1. En hovedutfordringen i bioøkonomien er å utvikle kostnadseffektive prosesser.

¹ Nasjonal strategi for bioteknologi, for fremtidens verdiskapning, helse og miljø. Strategi 2011-2020, Kunnskapsdepartementet

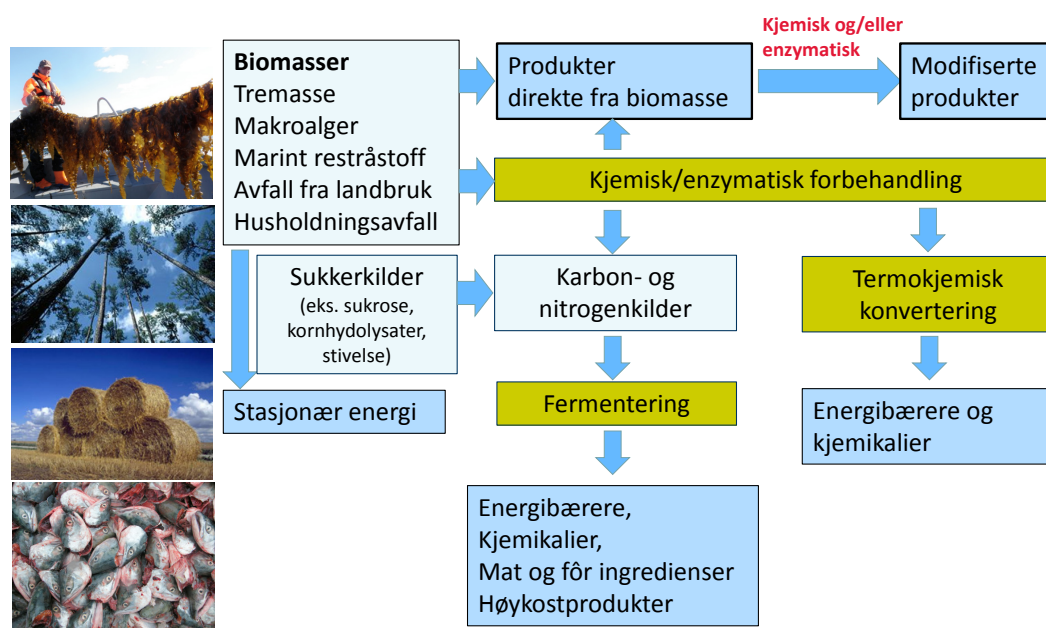
² The Bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. OECD 2009.

³ Innovating for Sustainable growth: A Bioeconomy for Europe. European Commission 2012

⁴ Programplan for BIOTEK2021 (2012-2021), Forskningsrådet

HVA ER FORNYBAR BIOMASSE OG HVORDAN KAN DEN BEST UTNYTTES

En forenklet framstilling av hvordan ulike biomasser kan utnyttes er gitt i Figur 2. Noen produkter kan fraksjoneres direkte fra biomassen (et nasjonalt viktig eksempel er industriell alginatproduksjon fra høstede makroalger som gjøres av bedriften FMC). De fraksjonerte produktene kan deretter modifiseres kjemisk eller enzymatisk for å produsere mer høyverdi-produkter, eller de kan utnyttes som råstoff for mikrobiell fremstilling av fin og spesial kjemikalier, mat og fôr-ingredienser, høystprodukter og energibærere. Flere slike prosesser kan gjennomføres i et bioraffineri.



Figur 2. Utnyttelse av ulike biomasser.

HVORDAN KAN NORGE BIDRA TIL Å UTVIKLE BIOØKONOMIEN – EKSEMPLER PÅ TEMATISKE SATSINGER

Norge har mulighet til å bidra i den internasjonale teknologiutviklingen gjennom nasjonalt og internasjonalt samarbeid, videre oppbygging av kompetansemiljøer og forskningsinfrastruktur ved universiteter og forskningsinstitusjoner. Der hvor forskningen er i fremste front, og hvor det satses tungt og langsiktig, er det størst sjanse for å lykkes. Slik forskning bidrar også til innovasjon. Målet er bl.a. nasjonal næringsutvikling, verdiskapning og sysselsetting. Nedenfor er det gitt noen eksempler på viktige satsingsområder.

Tema 1: Ingredienser i mat og fôr

Bioøkonomien skal være med å sikre matforsyningen til den økende befolkningen. Akvakultur har et betydelig potensiale for økt matproduksjon. Næringen er av stor økonomisk betydning for Norge. Å sikre en bærekraftig tilgang til riktig fôr er en forutsetning for en sterkt voksende akvakultur-næring. Dette gjelder særlig de essensielle omega3-fettsyrene EPA og DHA, der kilden i dag er fiskeolje, men i begrensede mengder. Utviklingen har imidlertid gått i retning av å erstatte fiskeolje med vegetabilsk fett, men det er en nedre grense for nivået av omega3-fettsyrene for å kunne ivareta fiskens helse. Omega3-innholdet vektlegges dessuten av forbrukerne. Her må Norge være i forskningsfronten internasjonalt for å sikre næringsens fremtid.

Det årlige forbruket av laksefôr i Norge er i størrelsesorden 1,5 mill. tonn⁵. Fôret inneholdt i 2013 ca. 10 % fiskeolje, dvs. 150 000 tonn⁶. For den voksende akvakultur-næringen er knapphet på fiskeolje en stor utfordring. Alternative kilder til fettsyrene EPA og DHA trengs på sikt, trolig i store mengder. Her vil mikrobielt fett kunne bidra selv om kostnadene på fettsyrene blir høyere enn i dag.

Både de marine omega3-fettsyrene og protein kan produseres mikrobielt med sukker som karbonkilde. For sammenligning med andre mat- og fôringredienser som produseres ved fermentering, er årlig produksjon av aminosyrene lysin (fôr) og glutaminsyre (mat) tilsammen ca. 3,5 mill. tonn til en pris på 10-20 kr/kg.

⁵ Årlig produksjon 1,2 mill tonn, antatt fôrfaktor 1,25

⁶ www.laksefakta.no

Tema 2: Marin og landbasert bioprospektering

Norge har gode muligheter for bioprospektering. Spesielt representerer vår lange kystlinje med fjorder, havområder og oljereservoarer en nasjonal ressurs mht. til muligheten for å isolere mikroorganismer og genetisk materiale som er lite studert. Marin bioprospektering er utpekt som et potensielt bærekraftig vekstområde både i stortingsmeldinger^{7,8} og i den nasjonale strategien for marin bioprospektering⁹ og bioteknologi¹⁰.

Produkter som kan fremskaffes vha. bioprospektering, innbefatter spesielt nye biofarmasøytika og enzymer. Nasjonalt har flere forskningsmiljøer, bl.a. i Trondheim og Tromsø, bygd opp kompetanse og infrastruktur for å drive målrettet marin bioprospektering. Det finnes allerede store samlinger av innsamlet materiale og gode nasjonale eksempler på kommersialisering av resultater fra marin bioprospektering. Nye og mer effektive metoder for screening av biodiversiteten i marine og landbaserte naturlige miljøer vil kunne bidra til en akselerert utvikling og lansering av nye produkter.

En økt industriell avkastning av bioprospektering krever langsiktig satsing på forskning, verifisering, utprøving og kommersialisering. Veien fra oppdagelse til kommersialisering tar mange år og krever store ressurser. Satsingen må styres mot områder/produkter hvor det vil være mulig å etablere en bærekraftig industriell produksjon enten nasjonalt eller internasjonalt. Dette betyr blant annet at uttak og høsting av biologisk materiale må gjennomføres uten negative miljøkonsekvenser.

Det er viktig at den nasjonale satsingen på bioprospektering opprettholdes.

Tema 3: Biofarmasøytika

Biofarmasøytisk industri er svært viktig for global helse og for økonomisk utvikling i Europa. USA ligger foran Europa mht. kommersialisering av nye biofarmasøytiske produkter¹¹. Konkurransen fra Asia er også økende. I europeisk sammenheng er utvikling av nye medisiner ett av de mest sentrale temaene i alle forskningspolitiske dokumenter, strategier og forskningsprogrammer.

Globalt etterspørres nye og målrettede medisiner. Bioteknologisk fremstilte medisiner overtar en stadig økende andel av det terapeutiske markedet. Eksempler på viktige produkter hvor produksjonen i all hovedsak skjer i mikroorganismer eller høyerestående celler, er antibiotika og terapeutiske proteiner. Det globale markedet for antibiotika i 2015 er ca 200 milliarder kroner¹². Markedet for insulin, humane vekstfaktorer og ulike blodfaktorer, som er eksempler på terapeutiske proteiner, var i 2003 ca. 200 milliarder kroner¹³. Markedet etterspør også nye medikamenter for behandling av kreft, samt nye antibiotika særlig mot multiresistente bakterier¹⁴. Det fokuseres i denne sammenheng på naturstoffer som kan produseres av mikroorganismer og høyerestående celler. Av i alt 175 tilgjengelige anticancer-medikamenter på markedet i 2006 utgjorde naturstoffer eller derivater av disse mer enn 40 %¹⁵.

Et viktig aspekt ved bioprospektering både nasjonalt og internasjonalt er søken etter nye biofarmasøytika. For å sikre avkastning av den nasjonale satsingen på bioprospektering er det viktig at det parallelt satses på teknologi og kompetanse for utvikling av effektive produksjonsprosesser. Teknologier som systembiologi og syntetisk biologi (se under) vil i denne sammenheng bli viktige. Produksjonen av slike biofarmasøytika kan også skje i Norge.

Tema 4: Bioraffineri og utnyttelse av "nasjonale" biomasser

Total utnyttelse av biomassen, med produksjon av flere produkter (bioraffineri), er de senere årene blitt et mål for all biomasseutnyttelse, både for å forbedre lønnsomheten og minimere miljøbelastningene. Eksempler på nasjonale bedrifter som er på topp internasjonalt nivå, og som har lyktes med bioraffinerikonseptet er Borregaard (produkter fra trevirke), FMC (alginat og fucoidan fra høstet tare) og Biomega (produkter fra reststoff fra marin foredlingsindustri).

⁷ Stortingsmelding nr 7. Et nyskapende og bærekraftig Norge (2008-2009)

⁸ Stortingsmelding nr 30. Klima for forskning (2008-2009)

⁹ Nasjonal strategi 2009: Marin bioprospektering en kilde til ny og bærekraftig verdiskapning

¹⁰ Nasjonal strategi for bioteknologi, for fremtidens verdiskapning, helse og miljø. Strategi 2011-2020, Kunnskapsdepartementet

¹¹ The innovative Medicines Initiative. Assessment of Economical and Societal Effects, 2007

¹² Global Industry Analysts, Inc (2015)

¹³ Nightingale og Martin (2004), Trends in Biotechnology, vol 22, No.11

¹⁴ Antimicrobial Resistance. Global report on Surveillance. WHO 2014

¹⁵ Newman and Cragg (2007), Journal of natural products, 70, 461-477

I Norge er i størrelsesorden 10 mill. m³ skog og avfall fra skogbruk og treforedlingsindustrien tilgjengelig for bærekraftig utnyttelse (årlig). Marine biprodukter og restråstoff utgjør 870 000 tonn pr år og er også en betydelig ressurs. Høstet tang og tare utgjør ca. 170 000 tonn pr år. Dyrking av tare kan gi betydelig økt tilgang av denne ressursen. Et dyrkingsareal for tare tilsvarende det som i dag benyttes for lakseoppdrett (ca. 500 km²), kan gi 1,2 mill. tonn tørrvekt tare.

Utviklingen mht. anvendelse av norsk biomasse som lønnsom karbonkilde for produksjon av lavkost bulkprodukter (eks biodrivstoff) er ikke kommet langt nok.

Tema 5. Enzymteknologi og kjemiske prosesser for forbehandling av biomasse og for produksjon av nye produkter

Bioraffineri-tankegangen krever at biomassen kan fraksjoneres kostnadseffektivt, og at de enkelte fraksjoner kan renframstilles uten bruk av energikrevende og miljøskadelige prosesser. Enzymer i kombinasjon med kjemiske prosesser brukes til forbehandling av biomasse og for konvertering av produkter isolert fra biomasse til derivater med ny funksjonalitet og/eller høyere verdi. For eksempel vil en kjemisk/enzymatisk modifisering av biopolymere kunne øke verdien og bruksmulighetene betraktelig. Ved modifisering kan man oppnå produkter som kan benyttes innen for eksempel økt oljeutvinning, vannrensing, emballasje og finkjemikalier. I tillegg kan modifisering av biopolymere gi opphav til grønne byggesteiner for konvensjonelle (i dag oljebaserte) polymere som i dag brukes i stor skala i industrien.

Det finnes allerede en rekke store industrielle applikasjoner for enzymer (f.eks. lipaser og proteaser i vaskemiddel, amylaser og cellulaser for nedbryting av stivelse og cellulose), men det er et stort potensiale for økt bruk av enzymer. Utvikling av effektive industrielle prosesser basert på enzymer krever tilpassing av en rekke egenskaper (substrat- og produktspesifisitet, reaksjonshastighet og stabilitet). Spesialiserte enzymer kan fremskaffes ved avansert leting i spesialiserte økosystemer, ved protein engineering og målrettet evolusjon. Dette gjøres i dag svært effektivt ved hjelp av molekylærbiologi, metagenomikk, matematisk modellering, avansert analyseteknologi og robotisert "high-throughput" screening. Forskningen fremover vil bygge på denne kunnskapen og blir meget viktig.

Tema 6: Framvoksende teknologier – Systembiologi, syntetisk biologi og nanobioteknologi

Systembiologi er en vitenskapelig tilnæringsmåte som skjer i tett samspill mellom laboratorieeksperimenter ('omics data) og bygging av matematiske modeller. Systembiologi vil i økende grad bli viktig innen biovitenskap og industriell bioteknologi, inkludert bioprosessteknologi, og markedsområder som biomedisin og biofarmasøytika, akvakultur, fornybar energi, og økologi. Systembiologi er et prioritert satsingsområde både nasjonalt og internasjonalt.

Syntetisk biologi kombinerer grunnleggende biologisk forskning med rasjonell design og konstruksjon av nye biologiske systemer. Dette kan utnyttes innenfor alle områder av industriell bioteknologi, samt innenfor biomedisin. Syntetisk biologi bygger i vesentlig grad på en systembiologisk forståelse av cellen som produksjonssystem. Produksjonsstammer fremskaffet ved syntetisk biologi vil stå sentralt i utviklingen av effektive prosesser i en framtidig bioøkonomi.

Nanobioteknologi er en gren av nanoteknologien hvor biologiske materialer brukes i fabrikasjon av nye materialer og produkter med anvendelser innenfor biomedisin, diagnostikk, og bioteknologi. Nanobioteknologi omfatter også utvikling av nanoskalasystemer for interaksjon med biologiske systemer. Studier av naturlig forekommende materialer i nanometerskala gir inspirasjon og kunnskap til å skape nye materialer med særegne egenskaper. Nanobiovitenskap er et hurtig voksende og spennende felt, særlig fordi den størrelsesskala nanoteknologien representerer sammenfaller med størrelsesskala for grunnleggende biologiske strukturer og fundamentale biokjemiske prosesser (enkelceller, enkeltzymer).

Tema 7: Prosessdesign og optimering

Utvikling av nye prosesser for energi- og råstoffeffektiv konvertering av biomasse til kjemikalier, materialer, fôr, matadditiver og energi (flytende drivstoffer) krever omfattende nytenking i prosessdesign, optimering og integrasjon. Utfordringen er at biomassen er mere inhomogen enn dagens fossile råstoffer, dette er både en ulempe (mere komplekse prosesser) og en fordel siden flere produkter kan simultant produseres fra samme råstoff. Norske forskningsmiljøer har bygd opp omfattende kompetanse innen prosessdesign, prosessoptimering, reaktorteknologi og separasjonsteknologi gjennom prosjekter relatert til

olje- og gasskonvertering. Denne kompetansen bør integreres i bioøkonomien for å sikre at råstoffer utnyttes optimalt og verdiskapningen kan maksimeres.

OPPSUMMERING

Vi har med dette innspillet tatt for oss noen elementer og aspekter vi mener er viktige å tenke over ved en utvidet satsing og nasjonalt bidrag til en internasjonal framtidig bærekraftig bioøkonomi. Området er svært bredt, og vi har valgt ut noen tema vi mener er spesielt viktige for en nasjonal satsing som bør baseres på løpende nasjonale og internasjonale forskningsstrategier. Området er alt for bredt til å kunne dekkes i en kort tekst, og vi vil svært gjerne bidra i en videre dialog med departementene om denne saken.