

Algekulturteknologi - status og fremdrift

Av Gunnar Fr. Aasgaard

Forfatteren er direktør i Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ)
og daglig leder (engasjement) i NIVA-tech AS

Innledning

I mikroalgenes egenskaper og sammen-setning ligger realisérbare muligheter for kommersiell og samfunnmessig nytte. NIVA har gjennom tretti år bygget opp en kultursamling av mikroalger med potensiale for slik utnyttelse. Gjennom målrettet forskning og utvikling ønsker NIVA å bidra til å etablere en norsk industri basert på mikroalger.

Vi har lenge kjent til at mikroalger kan ha en sammensetning og egenskaper som gjør dem svært interessante som basis for fremstilling av et bredt spekter av kommersielle produkter. Algenes behov for karbon, fosfor og nitrogen gjør dem i tillegg interessante som «rensedyer» for såvel CO₂-utslipp som for avløpsvann. Og sist, men ikke minst: Ved å utnytte sollyset direkte, som den viktigste energikilde i produksjonsprosessen, vil algebasert industriproduksjon fremstå som svært forlokkende i en miljø- og ressustruet verden.

Og det er en gryende erkjennelse for

at mikroalger kan gi grunnlag for en ressursvennlig og svært lønnsom næringsvirksomhet. Flere virksomheter er etablert i mange land og denne industrisektoren spås en stor framtid. Også Norge er kommet i startgropen, i første rekke representert av et FoU-samarbeid mellom Felleskjøpet Fôrutvikling og NIVA, med siktemål å utvikle verdifulle tilsetningsstoffer til dyrefôr.

Gjennom sitt FoU-arbeid de siste 4-5 årene har NIVA fått bekreftet antakelsen om at det i instituttets algekultursamling finnes forretningsmessig interessante kloner. Av resultatene fra dette arbeidet nevnes:

- Med utgangspunkt i blågrønnalger og andre mikroalger kan det produseres en rekke aktuelle industrivarer, hvorav enkelte må antas å ha betydelig kommersiell interesse.
- Forretningspotensialet synes i første omgang å være størst for nisjeprodukter (høy pris, lavt volum).

- Mikroalgenes egenskaper gjør dem forretningsmessig interessante som viktig element ved fremstilling av finkjemikalier, medisin og spesialpreparater. Kommersiell virksomhet basert på dette grunnlag er etablert i flere land. Et viktig anvendelsesområde for mikroalger i helsesammenheng er knyttet til algenes høye innhold av betakaroten. Mikroalgeprodusert betakaroten er interessant blant annet som tilsetningsstoff i næringsmidler og som viktig bestanddel i kreftbeskyttende medikament.
- Mikroalger benyttet for fremstilling av tilsetningsstoffer innenfor husdyrnæringen er av stor interesse for norsk fôrindustri. Utenlandske forsøk har vist at mikroalger som dyrefôr har gunstig effekt på dyra, og at prisen er fordelaktig sammenliknet med syntetisk fôr.
- Lønnsomheten ved produksjon av lavpris-produkter vil øke ved å etablere algekulturteknologi som et helhetlig foretak, der utnyttelse av avfallsstoffer (avløpsvann og avgasser) og produksjon av nyttige produkter knyttes sammen.
- Masseproduksjon av lavpris biomasse, med siktemål å utnytte CO₂-utslipp fra offshore-virksomhet (og evt. gasskraftverk), ser foreløpig ikke ut til å være forretningsmessig regningssvarende uten at det samtidig er tilrettelagt for en differensiert produksjon, der også alge-

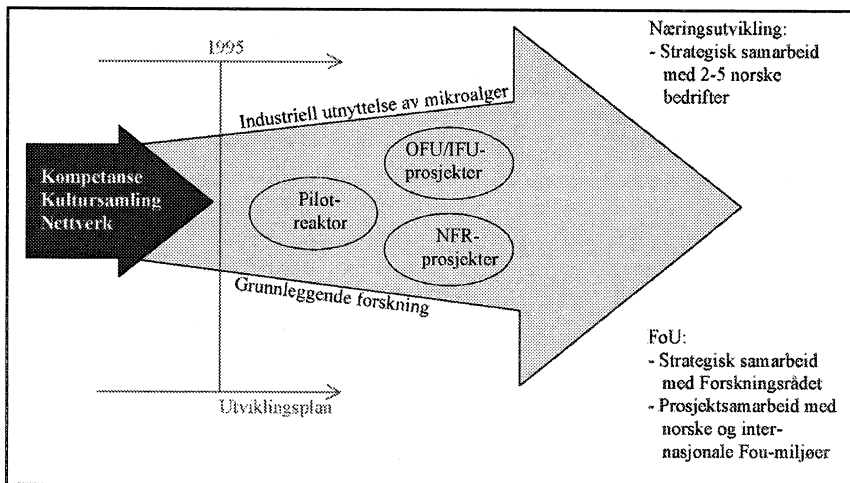
produkter med høy pris (små volumer) vil kunne inngå.

Behov for et AKT-kompetansesenter

For å utvikle algekulturteknologi fra laboratoriebruk til et virksomhetsområde av praktisk betydning er det behov for en felles innsats hvor bl.a. algeforskere og næringslivsrepresentanter aktivt bidrar. Utviklingskjeden omfatter organismene, massedyrking, høsting, produktfremstilling, marked etc. På alle trinn trengs et løpende faglig/praktisk samarbeid til formålet. NIVA har forutsetninger - i samspill med relevante nasjonale og internasjonale fagmiljøer - til å gi den nødvendige kunnskapsmessige forankring av algekulturteknologi. Etablering av et forum hvor forskere kan utfolde seg sammen med yrkesutøvere i industri og landbruk er en avgjørende basis for en teknologisk og forretningsmessig løsning.

Konkret kan denne fremrykningen organiseres gjennom et strategisk samarbeid med Norges forskningsråd og gjennom utviklingsprosjekter i samarbeid med norsk industri. Felles for slike aktiviteter er behovet for et algeproduksjonsanlegg i mindre skala (pilotanlegg), slik at tilstrekkelige mengder for ulike testforsøk kan fremstilles under kontrollerte betingelser. En prinsipp-skisse for NIVAs strategi innen dette området siden 1995 er vist i figur 1.

På denne bakgrunn var det med entusiasme at seniorforsker Olav M. Skulberg bidro til en idékonkurranse Esso Norge AS lyste ut våren 1997. Utfordringen var å utnytte spillvarme



Figur 1. NIVAs strategi for å bidra til algebaseret næringsutvikling i Norge.

og CO₂-utslipp fra raffineriet på Slagentangen til næringsmessige og/eller samfunnsnyttige formål. Det prisbelønte innspillet ble senere utviklet til et prosjekt under KLIMATEK-programmet i Norges forskningsråd.

FoU-prosjekt i Vestfold

Mål

Det overordnede målet for KLIMATEK-prosjektet er, basert på algekulturteknologi, å utvikle kommersielle produkter og næringsvirksomhet, ved utnyttelse av CO₂ og overskuddsvarme fra prosessindustri.

Operasjonelle delmål:

1. Utnytte CO₂-utslipp og spillvarme fra Esso/Slagentangen og/eller fra annen prosessindustri i Vestfold, fortrinnsvis med en lokalisering som gjør det mulig å kombinere algekulturanlegg med akvakultur- og/eller veksthusanlegg

2. Etablere et pilotanlegg for prøveproduksjon av algebiomasse for utvikling av kommersielle produkter; f.eks. fôrtilsetning, pigmenter, hydrogengass, farmasøytika og spesialkjemikalier
3. Etablere et senter for utvikling av algekulturteknologi i Norge
4. Bidra til realisering av miljømessige mål og mål for næringsutvikling og sysselsetting i Vestfold fylke gjennom å sette fokus på alternative energikilder og energiøkonomisering.

Det overordnede målet for forprosjektet, som ble gjennomført i 1998, var å etablere et beslutningsgrunnlag for å igangsette et eventuelt hovedprosjekt med ovennevnte siktemål.

Problemstilling

Spillvarme og CO₂-utslipp

Norsk prosessindustri har store meng-

der termisk spillvarme som det ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt å utnytte internt fordi bedriftene opererer med et svært høyt temperaturnivå. De samme bedriftene vil i tillegg ofte ha betydelige mengder CO₂-utslipp. Esso Norge AS og Norske Skog Agnes Plater AS ønsker å utnytte disse «ressursene på avveie», ved å bidra til å etablere ny næringsvirksomhet, der varme og/eller CO₂ kan utnyttes på en positiv måte.

Esso-raffineriet på Slagentangen har et potensiale for kontinuerlig distribusjon av varmtvann ved 90 - 100 °C, som tilsvarer 25.000 kW eller 220 GWh på årsbasis. CO₂-utslippet er beregnet å utgjøre i overkant av 300.000 tonn pr. år. Anlegget er omgitt av jord, skog og vann som burde gi muligheter for spennende og lønnsom utnyttelse av denne spillvarmen. Aquarius International AS ønsker å etablere et fiskeoppdrettsanlegg på Slagentangen, der nærhet til sjøen og spillvarme fra raffineriet ønskes utnyttet til produksjon av varme-kjære fiskearter.

Norske Skog Agnes Plater AS, som har en betydelig mengde utnyttet spillvarme og CO₂-utslipp, er lokalisert nær et anlegg for intensiv landbruksvirksomhet, som ønskes videreutviklet til produksjon og eksport av varme-kjære planter og trær («plugg-plante-produksjon»). Området; Risøya ved Stavern, ligger i tillegg nær sjøen og med kort avstand til et nytt kommunalt avløpsrensseanlegg.

Næringsutvikling i Vestfold

Vestfold har som mål å være en utviklingsarena med nasjonal oppmerk-

somhet ved å gjennomføre fremtidsrettede pilotprosjekter. Det er i Vestfold formulert både miljøpolitiske og næringspolitiske mål. Ved tidlig realisering av disse vil det kunne oppnås et konkurranseforrang for industri og landbruk i regionen, ved at de er vel forberedt på å møte både skjerpede miljøavgifter og markedskrefter med sterk respons på produkters miljøprofil.

Et konkret utgangspunkt for tiltak er spillvarmepotensialene ved Esso Slagentangen og annen prosessindustri i regionen. Det er et samstemt ønske fra bedrifter, kommuner og fylke om å finne muligheter for å utnytte slike ressurser til lønnsom og fremtidsrettet næringsutvikling, og samtidig ivareta hensynet til de livs- og miljøkvaliteter som gjør Vestfold særlig attraktivt.

Algekulturvektologi

NIVA har siden 1964 bygget opp en kultursamling av mikroalger isolert fra norske vannforekomster. En omfattende forskningsvirksomhet er blitt utført, bl. a. knyttet til eksperimentelle undersøkelser av algenes egenskaper og livsbetingelser.

Følgende faktorer vurderes som mest kritiske i prosjektet:

- Avgassenes sammensetning og deres egnethet for algeproduksjon. Positive erfaringer i Tyskland og Japan fra bruk av avgasser fra gasskraftverk til produksjon av algebiomasse gir imidlertid grunn for optimisme.
- Mikroalgens egenskaper. Det er

vist at enkelte arter er bedre egnet til å vokse med CO₂ fra avgasser enn andre. Hvor egnet er disse algene til de bruksområder som er tenkt for algebiomassen (fôr, verdistoffer) ? Det er behov for å undersøke ulike algers egenskaper for å velge aktuelle arter.

- Utforming av algereaktorer. Ulike prinsipper kan benyttes; åpne/lukkede reaktorer, dammer, kanaler, overrislingsanlegg, rør-reaktorer. Reaktortypen må tilpasses det aktuelle formålet (bl.a. CO₂-opptak) og algetypen. Dessuten må anlegget utvikles med tanke på optimal utnyttelse av lokale ressurser (lys, varme, avløpsvann).
- Lønnsomhet ved storskalproduksjon. Muligheten for mangesidig utnyttelse vil være avgjørende. Hvordan lar det seg gjøre å kombinere utnyttelsen av CO₂, varme og avfallsstoffer til produksjon av bulk-biomasse og spesialprodukter? Eventuelle konflikter mellom de ulike behov/ønsker må avklares.

Etablering av et AKT-senter på Slagentangen?

Hovedkonklusjonen i forprosjektet:

- ⇒ Forprosjektet har sannsynliggjort at det vil kunne være forretningsmessig lønnsomt med mikroalgebasert næringsutvikling i Norge. Slik virksomhet vil i tillegg kunne ha betydelige miljø- og ressursmessige gevinster. Usikkerheter gjør seg imid-

lertid gjeldende knyttet til produksjonsprosesser og markedsforhold. Produksjon i eksperimentell skala vil derfor være nødvendig før eventuell beslutning om større investeringer fattes.

På dette grunnlag vil det i 1999 bli arbeidet for å etablere et pilotanlegg i tilknytning til Esso-raffineriet på Slagentangen. Noen betraktninger om dette er presentert under.

Algebasert produksjon kan gi redusert utslipp av klimagasser og en positiv energibalanse

Teoretisk kan potensialet mikroalger har til å binde karbondioksyd i anlegg for massedyrking anslås til ca. 50 tonn CO₂/ha pr. år. Praktiske og økonomiske forhold gjør at det foreløpig ikke vil være formålstjenlig å benytte et slikt system som eneste løsning for omfattende punktutslipp av karbondioksyd.

Imidlertid er det positive muligheter for å ta hånd om betydelige andeler av CO₂-utslipp til fremstilling av nyttige varer via produksjonsanlegg for mikroalger. Da dette kan være produkter som erstatter varer fremstilt via fossilt brensel, er det dessuten en gevinst i bestrebelsene på å mestre de globale klimagassproblemene. En livsløpsanalyse for sammenligning av fôrprodukter basert på mikroalger i forhold til hhv. fiske- og soyamel, viser at det kan hentes ut en betydelig klimagevinst, dersom algedyrkingen baseres på bruk av spillvarme og næringsrikt avløpsvann (husdyrholdninger, husdyrhold). Klimagass-

gevinsten (globalt oppvarmingspotensial; GWP) blir imidlertid innskrenket dersom næringstilskuddet skal skje via kunstgjødsel.

Miljømessig eller forretningsmessig tilnærming

Algekulturteknologi omfatter flere praktiske løsninger for produksjon av viktige stoffer og varer. Spesielt interessant, primært ut fra et miljø-/ressurs-hensyn, er algekulturteknologien som en helhetlig operasjon der flere formål blir tilgodesett. Gjennom integrerte systemer, hvor fremstilling av verdifulle stoffer blir koblet med nyttiggjøring f.eks. i renseprosesser eller til miljøforbedrende tiltak, kan løsninger av viktige samfunnsoppgaver kombineres på hensiktsmessig måte. Omfattende kombinasjonsløsninger vil imidlertid kunne bli kostbare og/eller skape praktiske ulemper som ikke lar seg forene med krav til lønnsomhet.

Ut fra forretningsmessig tenkning vil algekulturteknologi kunne benyttes til fremstilling av en rekke interessante produkter innenfor mange bransjer. Som eksempler kan nevnes fôrstoffer, pigmenter, farmasøytiske forbindelser og andre finkjemikalier. Renseprosesser basert på mikroalger kan ha interesse benyttet til avgiftning og fremstilling av energirik biomasse. Prosessoptimale løsninger for å sikre høy lønnsomhet vil ikke alltid kunne baseres på det integrerte, ressursvennlige konseptet som er nevnt i avsnittet over. Ikke desto mindre vil algebaserte produkter kunne ha såvel energi- som klimagass-

gevinster i forhold til syntetisk fremstilte substitutter.

Algebasert hydrogenproduksjon

I et perspektiv om bruk av fornybare energisystemer (Rio Declaration on Environment and Development, juni 1992) inntar algekulturteknologi en sentral plass i den forestående utvikling. Bruken av hydrogen som energibærer i hydrogenenergisystemet åpner for praktiske, globale løsninger som ut fra en teknisk og miljømessig synsvinkel vil være epokegjørende. Fotobiologisk fremstilling av hydrogengass ved spalting av vann via mikroalger kan bli en viktig fremtidig nisje for algekulturteknologi. Den gjennomførte livsløpsanalysen viser et energiforbruk på ca. 20 % av produsert energi. Hydrogengass-systemet gir et tilnærmet neglisjérbart bidrag til GWP (globalt oppvarmingspotensial). I praksis vil derfor erstatning av fossilt brennstoff med hydrogengass fremstilt via algekulturteknologi bety en reduksjon av GWP på mer enn 90 %.

Eksperiment- og produksjonsanlegg for mikroalger i Vestfold

Forprosjektet har sannsynliggjort at det vil kunne være forretningsmessig lønnsomt med mikroalgebasert næringsutvikling i Norge, som i tillegg vil kunne gi betydelige miljø- og ressursmessige gevinster. Prosjektgruppen ønsker derfor å videreføre arbeidet i et hovedprosjekt.

Bygging og drift av et pilotanlegg vil stå sentralt i hovedprosjektet, som bør gjennomføres over 4 år. Anlegget bør utformes som et 1. byggetrinn i et mulig fremtidig fullskalaanlegg, men med utrustning og tilstrekkelig fleksibilitet for forskningsvirksomhet. Det bør i tillegg inkluderes fasiliteter for demonstrasjons- og seminarvirksomhet, slik at pilotanlegget kan fremstå som et FoU-senter for algekulturteknologi i Norge.

Et eksperiment- og produksjonsanlegg for mikroalger i Vestfold vil gi muligheter for realisering av to hovedhensikter:

- Fremskaffe et pilotanlegg for teknologisk utvikling av mikroalgedyrking til en praktisk industriprosess basert på bruk av CO₂-utslipp og eventuelt avløpsvann.
- Legge praktisk grunn for norsk deltakelse i det internasjonale forsknings samarbeidet knyttet til biofotolytisk hydrogengassproduksjon (IEA Hydrogen Implementing Agreement).

Alternative lokaliseringer av et pilotanlegg i Vestfold er vurdert. En lokalisering til Slagentangen i nærområdet ved raffineriet til Esso Norge tilrådes. En slik lokalisering er anbefalt av Fylkesmannens miljøvernavdeling, anvendelsen er klarert i kommuneplanen og grunneieren er positiv. Tilgangen på røykgass er forventet å være stabil og langsiktig. Transportveier for røykgass og spillvarme blir svært kort. Det er tilgang til både ferskvann og sjøvann. Samlokalisering med et planlagt opp-

drettsanlegg kan gi positive synergi-effekter. Nærhet til relevante fagmiljøer (f.eks. Esso Norge, Høgskolen i Vestfold) vil være en styrke.

Faglige og forretningsmessige utfordringer

Basert på internasjonale erfaringer og resultater fremkommet i forprosjektet, vil følgende faglige og praktiske/forretningsmessige oppgaver stå sentralt i et hovedprosjekt:

- Videreutvikling av reaktorløsninger, spesielt med sikte på å optimalisere utbyttet (tørket algebiomasse) i forhold til areal- og energibehov
- Tekniske løsninger for utnyttelse av såvel CO₂-innhold som varmeenergi i røykgassene på en ressursoptimal måte
- Utvikling og uttesting av konsepter (algetyper og prosessløsninger) for produksjon av hydrogengass basert på mikroalger
- Undersøke muligheten for bruk av avløpsvann fra oppdrettsanlegg, evt. andre avløpsstrømmer på Slagentangen, til produksjon av algebiomasse
- Produksjonstekniske løsninger som sikrer hygienisk trygg og kontrollérbar produksjon av algebiomasse, spesielt med tanke på eventuell kontaminering som kan skyldes uønskede komponenter i avgass og avløpsvann
- Uttesting av dyrkingsbetingelser og evt. vurdering av bruk av molekylærbiologiske metoder til å forbe-

dre den fotosyntetiske effekt og CO₂-utnyttelse

- Eksperimentelle undersøkelser av sammenhenger og enzymatiske reaksjoner ved karbonfiksering og metabolisme
- Gjennomføre markedsstudier, lønnsomhetsanalyser og livsløpsanalyser for identifiserte, aktuelle anvendelsesområder.
- Samarbeid med norske og internasjonale fagmiljøer om kompetanseoppbygging og informasjon angående algekulturteknologi.

Sluttkommentar

Algekulturteknologi er et forretningsmessig og miljømessig spennende område. Mange anvendelsesområder, som

alle har et stort utviklingspotensiale, vil kunne være interessant for norske bedrifter.

På den annen side vil fortsatt behov for betydelig FoU-innsats og reell mulighet for å mislykkes begrense satsingsviljen hos etablert norsk industri.

En kombinasjon av høy FoU-støtte (NFR, SND m.fl.) og langsiktig samarbeid med ledende industri- og/eller investeringsselskaper, vil kunne være riktig strategi for etablering av algekulturteknologi som ny og profitabel industrivirksomhet i Norge.

Et pilotanlegg i Vestfold vil kunne bli et norsk AKT-senter for bred og målrettet utviklingsarbeid og pilot-testing i årene som kommer.