

Den biobaserede økonomi: Danske styrkepositioner og potentialer

Forfattere:
Partner, Helge Sigurd Næss-Schmidt
Senior Economist, Martin Bo Hansen
Analyst, Anders Kjøller-Hansen
Researcher, Rasmus Ringgaard

Udarbejdet med støtte fra GUDP



Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	5
1 Den biobaserede økonomi - muligheder og barrierer	9
1.1 Den biobaserede økonomi - en ressourceeffektiv løsning	9
1.2 De globale samfundsøkonomiske drivere for den biobaserede økonomi	11
1.3 Konkurrencedygtigheden af bioøkonomiske løsninger	14
1.4 Markedsmæssige potentialer	18
1.5 Landdistrikterne står for en stor andel af værdiskabelsen	19
1.6 To hovedbarrierer for udvikling af den biobaserede økonomi	21
2 Globale tendenser	25
3 Danske styrkepositioner og potentialer i den biobaserede økonomi	30
3.1 Danske styrkepositioner i bioøkonomien	30
3.2 Det samlede billede af potentialerne i dansk bioøkonomi	45
Litteraturliste	48

Oversigt over tabeller

Tabel 1 Markedsandele for biobaserede kemikalier	6
Tabel 2 Eksempler på biobaserede produkter på markedet i dag	17
Tabel 3 Markedsandele for biobaserede kemikalier	19
Tabel 4 Økonomisk potentiale 2020 relateret til landdistrikter	21
Tabel 5 Eksempler på sammenhæng mellem markedsmodenhed og støttetype	22
Tabel 6 Eksempler på dansk forskning i bioøkonomien	43
Tabel 7 Potentialer i den biobaserede økonomi	46

Oversigt over figurer

Figur 1 Typisk værdi af biobaserede produkter	10
Figur 2 Det biobaserede kredsløb.....	11
Figur 3 Det globale ressourcepres stiger	12
Figur 4 Ressourcepresets drivende kræfter, 1980-2050	13
Figur 5 Anden generations bioethanol på vej mod markedsmodenhed	15
Figur 6 Bedre økonomi i bioraffinaderiet ved samproduktion	16
Figur 7 Biomassen står for ca. 40 pct. af produktionsomkostningerne	20
Figur 8 Avanceret bioraffinering har svært ved at tiltrække privat finansiering	23
Figur 9 Biobrændstoffer beskattes meget højere end elbiler	24
Figur 10 Eksempler på politiktiltag til fremme af biobaseret økonomi	26
Figur 11 Integrerede bioraffinaderier i USA.....	27
Figur 12 Flest biokemiske raffinaderier	28
Figur 13 USA og Europa i front med anden generations bioraffinaderier.....	29
Figur 14 Danmarks relative styrke langs forsyningskæden	31
Figur 15 Biokemisk konvertering af halm (lignocellulose)	36
Figur 16 Relativ teknologisk styrke inden for bioteknologi	40
Figur 17 Andel af samlet omsætning i kemisk og plast industri	45

Oversigt over bokse

Boks 1 Planterforædling.....	33
Boks 2 Nye høstmetoder og forsyningskæder	34
Boks 3 Distribution og logistik	35
Boks 4 Biobaseret skibsbrændstof fra lignin	37
Boks 5 Bioraffinaderiet; hjørnestenen i den biobaserede økonomi	38
Boks 6 Biobaserede kemikalier - æblesyre.....	39
Boks 7 Bioraffinaderiet – eksport af turn-key løsninger.....	41
Boks 8 Forgasningsteknologi – biobaseret drop-in fuel	42
Boks 9 Novo Nordisk Fondens center for biosustainability	44
Boks 10 Regeringens initiativer indenfor biobaserede løsninger	47

Sammenfatning

De globale ressourcer er sat under pres af en stadigt voksende global befolkning i sammenhæng med stærk økonomisk vækst, ikke mindst i Asien. Det fører til stigende priser på råvarer og pres på miljøet, bl.a. i forhold til adgang til ren luft og vand, og på klimaet via udledning af drivhusgasser. Det skaber behov for en betydelig omstilling af forbrug- og produktionsmønstre på globalt plan, men også nye vækstmuligheder for virksomheder, der kan levere svarene på denne udfordring.

Vurderingen i denne rapport er at dansk erhvervsliv over en bred front står særdeles godt rustet hertil. Vi dokumenterer otte konkrete typer af styrkepositioner indenfor den biobaserede økonomi. Fokuseret offentlig indsats for at fremme bredt anvendelige teknologier som avancerede bioraffinaderier vil imidlertid være en central forudsætning for at høste sådanne frugter med betydelige samfundsøkonomiske gevinster og jobmuligheder til følge.

Omdrejningspunktet for disse vækstpotationer ligger i den såkaldte *biobaserede økonomi*. Den biobaserede økonomi handler om, at de varer, der i dag fremstilles af fossile ressourcer, i stedet fremstilles af biomasse. En væsentlig styrke i den biobaserede økonomi er, at biomasse, der ikke er egnet til fødevarer, som halm, majsstængler, alger og organisk affald kan udnyttes. Et eksempel er at udtrække sukker fra f.eks. halm, der kan omdannes til biobrændstoffer eller andre biobaserede produkter som kemikalier, plastic, materialer, fødevaringredienser eller lægemidler. Et andet eksempel er produktionen af drop-in brændstoffer fra træaffald,¹ og et tredje er fremstilling af kompositmaterialer fra plantefibre. Herudover kan fosfor – som i stigende grad er en knap ressource produceret i nogle få lande – genindvindes fra restbiomassen, husdyrgødning eller organisk affald fra f.eks. husholdninger, og erstatte stadig dyrere import af næringsstoffet.

I dag konkurrerer biobaserede produkter allerede på markedet og bruges f.eks. til at lave Coca Cola sodavandsflasker, plastic og kompositmaterialer i bl.a. Toyotas biler og byggematerialer fra Cargill. Disse anvendelser åbner op for et massivt markedspotentiale, hvis omkostningerne til produktion kan blive konkurrencedygtige. Internationale analyser viser et betydeligt potentielt marked. Ud over en generel stigning i markedet for kemikalier, ventes andelen af biobaserede kemikalier at stige, hvilket vil øge den forventede omsætning fra ca. 900 mia. kr. i 2010 til over 3.000 mia. kr. i 2025, jf. Tabel 1.

¹ Drop-in brændstoffer refererer til brændstoffer, der kemisk er identiske med konventionelt benzin og diesel og dermed kan bruges ubegrænset uden at ændre eksisterende motorer.

Tabel 1 Markedsandele for biobaserede kemikalier

	2010		2025	
	Biobaseret andel af markedet (mia. kr.)	Biobaseret andel af markedet (pct.)	Biobaseret andel af markedet (mia. kr.)	Biobaseret andel af markedet (pct.)
Forbrugskemikalier	32-64	1-2	304-507	6-10
Specialkemikalier	504-630	20-25	1771-1968	45-50
Finkemikalier	145-181	20-25	509-565	45-50
Polymerer	84-168	5-10	262-524	10-20
I alt	900		3.200	

Kilde: OECD (2011)

Danske virksomheder har et stort potentiale for at høste en betydelig andel af dette marked. Der er gennem mange år opbygget kompetencer gennem hele den biobaserede værdikæde, som skal til for at løfte opgaven. Danmark har eksempelvis:

- En konkurrencedygtig landbrugsproduktion og logistik håndtering, der kan producere biomassen og få den bragt den videre
- Stærke kompetencer inden for raffineringsektoren, som skal omdanne biomassen til den brede palet af biobaserede produkter, eksempelvis gennem enzymer, mikroorganismer og kemisk katalyse
- Er internationalt langt fremme med at teste og opføre bioraffinaderier
- Har en innovationskompetence i forskningsinstitutioner og innovationscentre, som kan understøtte virksomhederne i at udvikle nye produkter og processer

Dette potentiale er spredt på mange virksomheder og bredt fordelt over hele landet. Faktisk vurderes op mod 40 procent af værdierne fra det bioøkonomiske kredsløb at ende i landdistrikterne i forbindelse med produktion og indsamling af biomasse som f.eks. halm. Hertil kommer værditilvækst og job fra anlæg og drift af bioraffinaderierne, som typisk også vil blive placeret i landdistrikter, for at komme tæt på biomassekilderne. Men også længere oppe i forsyningskæden er der mange virksomheder, der kan levere materialer, anlæg, teknologier, serviceydelser mv. til den biobaserede økonomi. Disse vil også kunne få del af potentialet.

Vi har i denne rapport illustreret de danske styrkepositioner og potentialer i otte cases, hvor vi - langs hele værdikæden - har set på hvilke virksomheder, der bidrager til den danske biobaserede økonomi, sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel Potentialer i den biobaserede økonomi

Case	Globale potentiale	Danske styrkepositioner	Danske virksomheder med identificerede styrker	Danske jobeffekter og værdiskabelse
Det integrerede bioraffinaderi	Biobaserede kemikalier: 3.200 mia. kr.	-Stærkt forskningsmiljø og stærke bioteknologi- og fødevareklynger -Flere af verdens førende virksomheder inden for konvertering af biomasse til brændstoffer og andre produkter -Langt i etableringen af bioraffineringsanlæg sammenlignet med de fleste andre lande	49	Etablering af 2 bioraffinaderier: - Anlægsfase: 6.000 årsværk - Driftsfase (kort sigt): op til 2.800 årsværk Eksport af turn-key bioraffinaderier Udvikling af dansk følgeindustri
Planteformerædling	90 mia. kr. mod 2020	-Virksomheder inden for udvikling og forædling af bl.a. korn- og græssorter -Verdens største aktør inden for forædling af tempererede græs- og kløverarter	4	Muliggør øget værdiskabelse ikke mindst i landdistrikter
Høstmetoder og logistik	180 mia. kr. mod 2020	-Fremhæves i internationale publikationer som det land med den mest effektive udnyttelse af restprodukter fra landbrug	12	Vigtigt for værdiskabelse i landdistrikter
Skibsbrændstof på lignin	450 mia DKK	Leder af unikt forskningsprogram for at omdanne lignin til skibsbrændstof, bl.a. støttet af Højteknologifonden	12	Muliggør at et Danmarks største erhverv - søtransport kan fortsætte sine aktiviteter med lav(ere) miljøpåvirkning
Biobaserede drop-in fuels	- Kan erstatte 3.000 mio. tons olieekvivalenter til brændstof	Salg af udstyr og teknologilicenser til fx Skandinavien og USA	7	Salg af udstyr og teknologilicenser til fx Skandinavien og USA
Biobaserede kemikalier – Æblesyre	I fødevareindustrien: 6,3 mia. kr. I kemikalieindustrien: 10 mia. kr.	-Verdensførende virksomheder inden for bioteknologi, og særligt udviklingen af mikroorganismer og enzymer. -Verdens dygtigste forskere samlet i innovationscenter, der udvikler biobaserede kemikalier fra biomassesukre	5	Salg af mikroorganismer og licenser
Bedre udnyttelse af organisk affald	2.500 forbehandlingsanlæg i Europa og en række biogasanlæg	Danmark har virksomheder der kan håndtere både kildesorteret affald og usorteret affald. Danmark har kompetente leverandører af biogasanlæg.	42	- Nye biogasanlæg i DK: 50 - Nye forbehandlingsanlæg i DK: 15-20 - Anlægsfasen: 1.500-2.000 job årligt - Driftsfasen: 800-1.100 job årligt
Spin-off fra biosustainability center		-Forskningsmiljø med betydelige spillovers til privat innovation inden for den biobaserede økonomi -udvikling af mikroorganismer blandt andet til konvertering af plantesukrer. -CFB centeret har været i stand til at tiltrække den globale forskningstop til centeret.		- Lokal vækst og produktivitetsforøgelse - Øger samfundets vidensbase

Kilde: Copenhagen Economics baseret på kilder nævnt i de enkelte cases.

Udnyttelse af potentialet kommer imidlertid ikke af sig selv. I denne rapport peger vi på forskellige barrierer for at opnå udviklingen. Her skal nævnes to i prioriteret rækkefølge:

Støtte til innovation og kommerialisering

De nye bioraffinaderier er hjørnестenen i den biobaserede økonomi. Det er her, at biomassen omdannes til biobrændstoffer og de nye biobaserede produkter. Det kan dog være svært at tiltrække tilstrækkelig privat finansiering til netop bioraffinaderier. OECD har i

en nylig analyse peget på behovet for offentlig støtte til at overvinde denne økonomiske barriere med tre underliggende begrundelser:

- Store opstartsomkostninger og teknologisk usikkerhed. Derfor kan private investorer ikke bære hele risikoen. Dette er en klassik begrundelse for offentlig støtte til innovation
- Bioraffinaderier er en generisk teknologi. Biomasse omdannes til byggesten, som kan indgå i en meget bred palet af endelige produkter til forbrugerne. Hermed undgås et "pick the winners"-problem, hvor man giver støtte til teknologiudvikling med meget snævert sigte.
- Analyser fra en række lande, herunder Danmark, viser at biobaserede produkter kan løse ressourceudfordringen omkostningseffektivt, såfremt teknologiudviklingen kan fremmes med målrettet støtte til innovation

Europæisk og dansk regulering af biobrændstoffer

På den korte bane er det produktion af biobrændstoffer til transportsektoren, der skal drive rentabiliteten i bioraffinaderierne, og dermed drive udviklingen af hele den biobaserede økonomi. Her er det et problem, at den eksisterende EU lovgivning ikke giver tilstrækkelig tilskyndelse til at benytte biobrændstoffer baseret på restprodukter som halm til opfyldelse af kravene om 10 procent VE i transportsektoren. Herudover er den afgiftsmæssige tilskyndelse til at bruge biobrændstoffer i en række lande, som eksempelvis Danmark, massivt lavere end f.eks. elbiler.

Den danske udfordring er også EU's udfordring. Danmark og andre lande i EU har forudsætninger for at lede udviklingen af den biobaserede økonomi, bl.a. med globalt førende virksomheder inden for bioteknologi og en stærk og effektiv landbrugssektor. EU står dog i øjeblikket overfor nogle fundamentale valg. Andre lande og regioner har fået øjnene op for potentialerne, og især USA bruger mange penge på forskning, udvikling og etablering af pilot- og demonstrationsanlæg samt kommercielle bioraffinaderier. Der er derfor risiko for, at EU bliver hæftet af vognen; særligt i forhold til USA.

Kapitel 1

Den biobaserede økonomi - muligheder og barrierer

1.1 Den biobaserede økonomi - en ressourceeffektiv løsning

Bioøkonomien omfatter al aktivitet baseret på jordens biologiske ydeevne, herunder landbrug, skovbrug, akvakultur og fiskeri samt bioenergi og biobaserede produkter. Denne rapport fokuserer på den del af bioøkonomien, der er baseret på produktion af bioenergi og biomaterialer gennem bioraffinering og særligt bioraffinering af biomasse restprodukter. Dette betegnes typisk som den biobaserede økonomi.

Interessen for den biobaserede økonomi er steget i takt målsætningerne om at nedbringe udledningerne af klimagasser som CO₂, og de stigende omkostninger forbundet med anvendelse af olie. I transportsektoren er den biobaserede økonomi allerede i dag udbredt igennem fremstilling af bioethanol og biodiesel; primært baseret på landbrugsafgrøder som f.eks. hvede, sukkerrør, majs, raps- og anden planteolie.

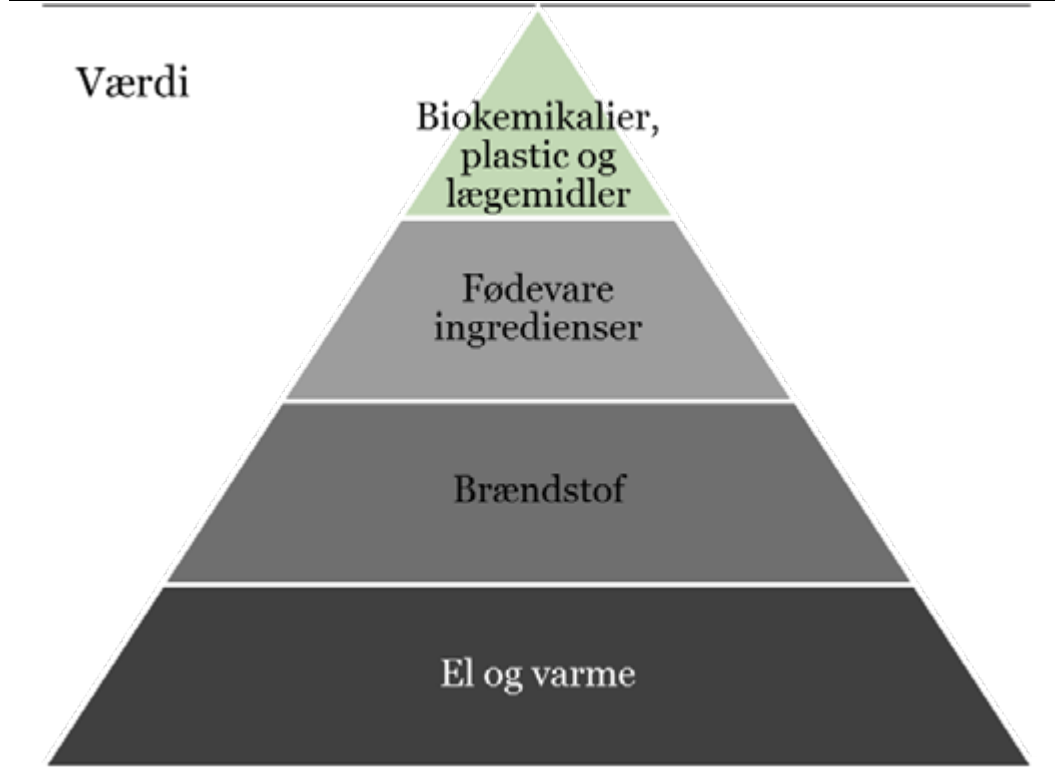
Den biobaserede økonomi er imidlertid under kraftig udvikling i to retninger. *For det første* giver bioteknologiske landvindinger indenfor udnyttelse af restprodukter et stigende potentiale ved at udnytte restprodukter fra landbrug, skovbrug samt industrielt- og husholdningsaffald. Disse restprodukter som f.eks. halm, majsstængler, træaffald og organisk affald benyttes i dag kun i ringe omfang, og hvis de anvendes er det typisk til formål med relativ lav værdi. Teknologien til at udnytte 2. generations biomasse er dog i kraftig fremgang, og eksempelvis biobrændstoffer på 2. generations biomasse ventes inden længe at kunne være konkurrencedygtigt med brændstoffer baseret på første generations biomasse.²

For det andet giver ny teknologi større muligheder for at biomasse kan anvendes til produktion af andet end biobrændstoffer, som f.eks. kemikalier, materialer, plastic, foder, fødevaringredienser og lægemidler. Konkrete eksempler allerede på markedet i dag er bioplast i Coca Cola-flasker, biobaserede ingredienser i kosmetik, biobaserede kompositmaterialer i biler og antibiotikaet Cephalexin. Selvom værdien af disse produkter er forskellige, er de typisk højere end både brændstoffer og særligt anvendelse til el og varme, jf. Figur 1. Konkret er værdien af et ton halm ca. 500-600 kr., hvis det brændes af i et kraftvarmeværk; mod 1.100 kr. hvis det omdannes til bioethanol og ca. 3.000 kr. hvis det omdannes til kemikaliet akrylsyre.³

² Se f.eks. Cowi (2012), eller Bloomberg New Energy Finance (2013), der vurderer, at omkostningerne til 2. generations bioethanol allerede i 2016 vil være på niveau med 1. generations bioethanol.

³ El: Ved en virkningsgrad på 35 pct. (jf. Energistyrelsen (2010)), en elpris på 0,4 kr /kWh (jf. Nordpool), og en omregningsfaktor på 4.150 kWh/ton halm (jf. Cowi (2010)).
Bioethanol: Ved en benzinpris på 4,5 kr./l (jf. Energistyrelsen (2010)) og en konvertering fra halm til bioethanol på 0,24 ton ethanol/ton halm (jf. Cowi (2010)).
Akrylsyre: Oplysninger fra Novozymes.

Figur 1 Typisk værdi af biobaserede produkter



Note: Værdiansættelsen er indikativ og kan variere inden for de enkelte grupperinger og på tværs af grupperingerne

Kilde: Copenhagen Economics bl.a. baseret på Novozymes præsentation

Den biobaserede økonomi rummer et stort potentiale inden for mindst fire områder:

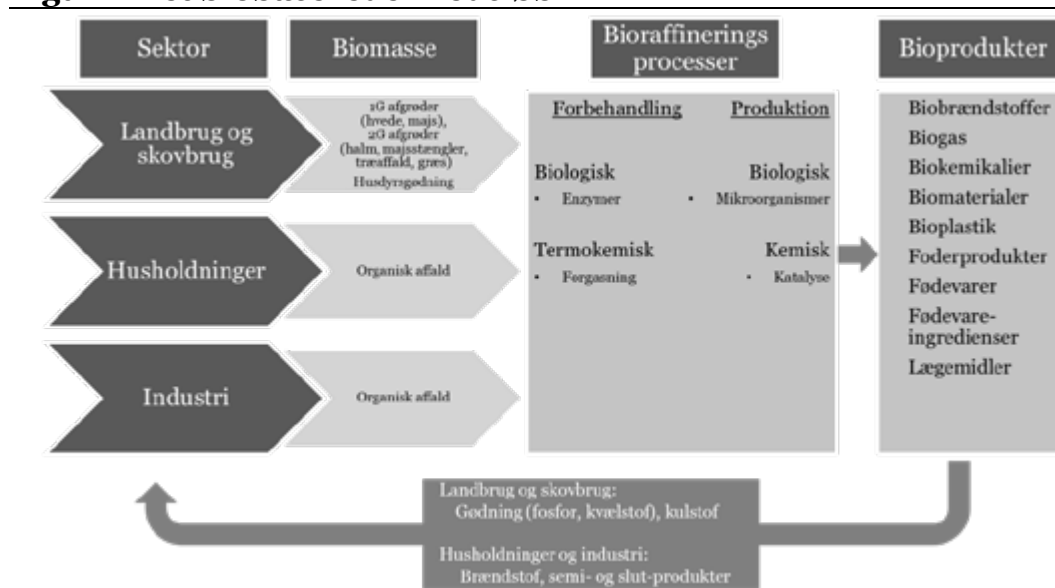
1. Muligheden for at skabe værditilvækst og job i landdistrikterne:
 - Der skabes efterspørgsel efter biomasse fra landbruget og bioraffinaderier vil typisk være placeret i landdistrikterne.
2. Klima:
 - Biobaserede produkter erstatter fossile brændstoffer og kan reducere udledninger af drivhusgasser
3. Forsyningssikkerhed:
 - Biobaserede produkter erstatter typisk oliebaseerede produkter, hvilket har en særsilt høj værdi i forhold til forsyningssikkerhed
4. Ressourceanvendelse:
 - Kan benytte restprodukter som f.eks. halm, majsstængler, organisk affald, træflis og husdyrgødning
 - Genanvendelse af næringsstoffer: Kan recirkulere knappe ressourcer som fosfor samt andre næringsstoffer

Herudover er den biobaserede økonomi baseret på fleksible platformsteknologier til erstatning af fossile brændsler. Biomassen kan omdannes til en række basiskemikalier, der igen kan omformes til en meget bred palet af endelige produkter til forbrugerne.

Det biobaserede økonomiske kredsløb

I det biobaserede kredsløb anvendes biomasseprodukter som input i en bioraffineringsproces. Den nye generation af bioraffinaderier er designet til at kunne bruge restbiomasse som f.eks. halm, majsstængler, træmasse, grønne biomasser og organisk affald. Dette input raffineres derefter videre til biobrændstoffer eller mere komplicerede biobaserede produkter som f.eks. biokemikalier, bioplastic fødevareingredienser, og lægemidler. Bioraffineringen leverer en række bi-produkter som f.eks. foder og gødningsprodukter, samt fosfor og kvælstof, der kan genanvendes i f.eks. landbruget. Hermed etableres et kredsløb af produktion og genanvendelse, som afbilledet i Figur 2.

Figur 2 Det biobaserede kredsløb



Kilde: Copenhagen Economics bl.a. baseret på Biorefining Alliance (2012), arbejdsgruppen for forbehandling og separation, og Biorefining Alliance (2012), arbejdsgruppen for bioprodukter, IEA Bioenergy (2013), IEA (2011)

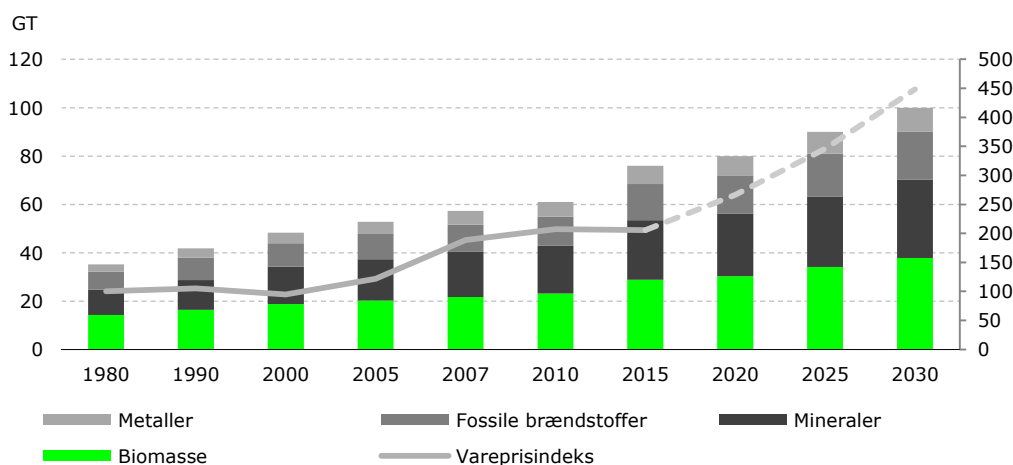
1.2 De globale samfundsøkonomiske drivere for den biobaserede økonomi

Skåret ind til benet er den samfundsøkonomiske driver for bioøkonomien det pres på ressourcer, som den globale vækst udløser. Det indebærer et behov for højere beskatning på egentlige miljøbelastende udledninger som drivhusgasser, og det presser priser på brug af disse råvarer op. Det gør ganske enkelt de bioøkonomiske løsninger betydeligt mere attraktive:

- *Privatøkonomisk*, fordi højere afgifter på udledninger og råvarer gør det mere attraktivt at udvikle, producere og sælge disse varer.
- *Samfundsøkonomisk*, fordi de bioøkonomiske løsninger muliggør, at vi kan fortsætte med at have en høj og stigende levestandard på hele jorden: Knappe og forurenende råvarer og processer erstattes af løsninger grundlæggende baseret på genbrug.

Den globale økonomiske vækst har således givet en kraftig stigning i priser på råvarer og forbrug af fossile brændstoffer. Efterspørgslen efter råvarer er vokset massivt gennem de sidste årtier. Med råvarer tænkes på varer som fossile brændstoffer, træ, mineraler, biomasse: Fra ca. 35 GT i 1980 til knap 80 GT i 2015, jf. Figur 3. Frem til 2000 havde denne stigning kun begrænset virkning på de gennemsnitlige råvarepriser, mens de siden da er vokset betydeligt. Niveauet i 2012 er således fortsat over niveauet i 2007 trods afmatningen i økonomien i OECD landene. Det skyldes ikke mindst, at vækstrater uden for OECD landene fortsat ligger på et højt niveau.

Figur 3 Det globale ressourcepres stiger

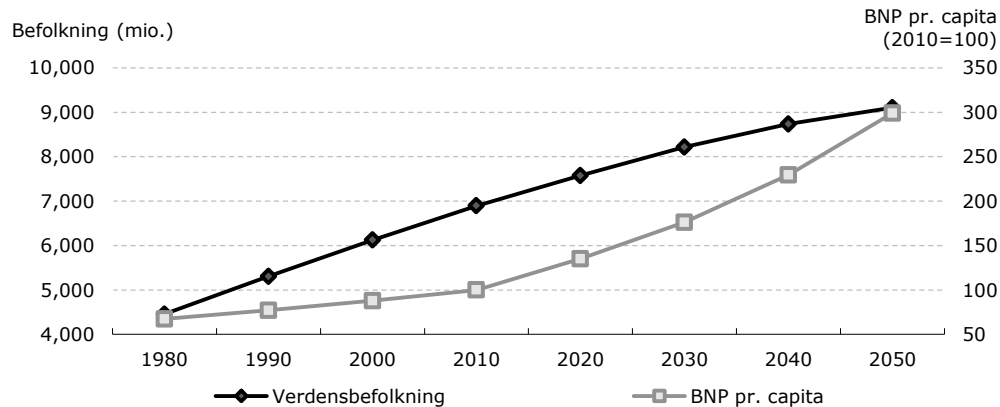


Note: Biomasse er inkl. fødevarer, foder og biomasse fra skov

Kilde: Copenhagen Economics på baggrund af Material flow.net

Baggrunden for den stigende vækst skyldes to underliggende faktorer. For det første en fortsat kraftig vækst i den globale befolkning: fra 4,5 mia. personer i 1980 til 7 mia. i 2012 jf. Figur 4. For det andet en parallel vækst i per capita indkomster, som på globalt plan næsten er fordoblet fra 1980 til 2010. Der er desuden udsigt til yderligere meget kraftige stigninger i de kommende årtier, fortsat drevet af væksten uden for OECD-området. Det er glædeligt, da det har bidraget til betydelig mindre global fattigdom, men det har sin pris i form af pres på ressourcerne.

Figur 4 Ressourcepressets drivende kræfter, 1980-2050



Kilde: OECD (2008), IMF (2012), UN (2012), OECD (2011), US Department of Agriculture (2012) og OECD (2012)

Det globale ressourcepres kan også lede til problemer med forsyningssikkerhed samt kamp om knappe ressourcer. Olie, og i noget mindre omfang gasreserver, er koncentreret i få og potentielt set ustabile lande; ikke mindst Mellemøsten og Rusland. Fosfor, som er en forudsætning for biologisk liv, er forudset til at blive en af de mest knappe ressourcer i den nærmeste fremtid, og verdens fosforressourcer er tilsvarende begrænset i ganske få lande, primært i Kina, Nordafrika og Mellemøsten.⁴

Danmark har i dag en betydelig produktion af olie og naturgas, men forventes også at blive nettoimportør i løbet af nogle årtier. Selvom den danske industri har et forholdsvis lavt forbrug af råvarer, kommer danske forbrugere til at betale regningen, uanset om produktionen af råstofintensive industrivarer foregår i Danmark eller andre lande.

Så konklusionen er klar: De stigende priser på råvareinput som fossile brændstoffer, fosfor og metaller gør de teknologiske alternativer samfundsøkonomisk mere værdifulde. Udfordringen bliver at få udviklet disse teknologier, så de er konkurrencedygtige når der tages hensyn til deres bidrag til miljø og forsyningssikkerhed.

De biobaserede produkter kan her spille en betydelig rolle i forhold til disse dagsordener. Disse produkter har teknisk mulighed for at erstatte olie- og gasbaserede produkter som f.eks. plastic og kemikalier, der reelt ikke har alternativer. En reduktion af olieforbruget, som er grundlaget for konventionelle brændstoffer og en hovedingrediens i de fleste kemikalier og plastic, er særskilt vigtige i forhold til forsyningssikkerheden, idet reduktion af olieafhængighed har en større værdi i forhold til forsyningssikkerhed end de øvrige fossile brændsler. Samtidig er den relativt dyr i forhold til andre fossile brændsler, og den ventes at være et vigtigt element i transportsektoren i de næste mange årtier.

⁴ OECD(2012d)

1.3 Konkurrencedygtigheden af bioøkonomiske løsninger

Den afgørende faktor for den samfundsøkonomiske rentabilitet er, at der kan produceres bioprodukter, som har lavere samfundsøkonomiske omkostninger end de produkter, der skal erstattes. Der skal altså udvikles produkter og processer, der er rentable i forhold til alternativerne, når der tages højde for den implicite samfundsøkonomiske værdi igennem f.eks. reduktion af CO₂ udledninger og reduceret afhængighed af olieimport.

I den nærmeste fremtid vil det være produktionen af biobrændstoffer, der kan drive økonomien i bioraffinaderierne, simpelthen fordi det er den mest modne teknologi. Hvor efterspørgslen efter biobrændstoffer i dag typisk drives af støtteordninger ventes de at kunne blive konkurrencedygtige med de konventionelle brændstoffer inden for den nærmeste fremtid. Selvom omkostningerne til indkøb af 2. generations biomasse typisk er lavere end 1. generations biomasse, så er de samlede produktionsomkostningerne for 2. generations biobrændstoffer typisk højere end for 1. generations brændstoffer, da produktionsprocessen er mere kompliceret. Der er dog tegn på, at dette er ved at ændre sig. En nylig undersøgelse af produktionsomkostninger i en række globale bioethanolanlæg konkluderede optimistisk, at produktionsomkostningerne er faldet så meget – og ventes at falde yderligere –, at 2. generations bioethanol vil være konkurrencedygtigt med 1. generations bioethanol i 2016.⁵

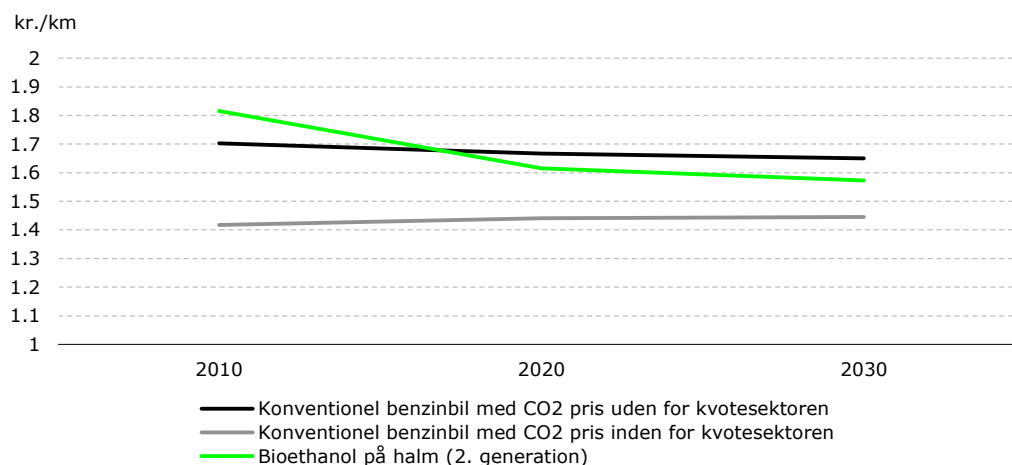
Tilsvarende konklusioner kan findes i dansk produktion af 2. generations bioethanol på halm. De samfundsøkonomiske omkostninger ved 2. generations bioethanol på halm kan opgøres til ca. 1,8 kr./km. i 2010 og ventes at falde til 1,6 kr./km i 2020, jf. Figur 5.⁶ Tager man højde for den effektive CO₂ beskatning i transportsektoren, er den samfundsøkonomiske omkostning ved en konventionel benzindreven bil ca. 1,7 kr./km. i 2010, faldende til 1,65 i 2030. Dette illustrerer, at 2. generations bioethanol dermed kan være samfundsøkonomisk rentabel allerede før 2020. Dette regnestykke tager endda udgangspunkt i en meget konservativ værdi for den effektive CO₂ beskatning i transportsektoren ved ikke at inkludere registreringsafgift på biler.⁷

⁵ Bloomberg New Energy Finance (2013)

⁶ De samfundsøkonomiske omkostninger inkluderer ud over omkostningerne til anlæg og produktion også værdien af miljøudledninger inkl. CO₂, SO₂, NO_x og støj.

⁷ I de samfundsøkonomiske beregninger indgår en såkaldt 'skyggepris' på CO₂. Ofte bruges den forventede pris i EU's kvotehandelssystem (ETS) som reference. Fra et teoretisk synspunkt afspejler ETS-prisen den langsigtede marginalomkostning for at opfylde EU's langsigtede CO₂-målsætning. ETS dækker imidlertid kun kraftvarme-produktion, tung industri og luftfart, mens vejtransport er udenfor ETS og i stedet omfattet af nationale målsætninger. ETS-prisen afspejler således ikke den politiske vilje eller målsætning til reduktioner i dansk vejtransport. Vi bruger derfor i stedet den reelle effektive CO₂-pris i dansk vejtransport, beregnet ud fra hvor meget der i dag betales i afgifter per udledt tCO₂ ved køb af benzin, dvs. summen af energi og CO₂ afgift målt i kr./liter divideret med ton CO₂/liter benzin. Dét er den tilskyndelse der fra dansk politisk side er lagt på forbrugernes til reduktion af CO₂. Fra et efficienssynspunkt bør der være den samme tilskyndelse til at sænke forbrug af benzin som til at skifte til biobrændstof målt per sparet ton CO₂. Bruger man den reelle effektive CO₂-pris i prioriteringen af biobrændstof, sikrer man at det er tilfældet. I beregningerne indgår ikke tilskyndelsen til CO₂-besparelser via registreringsafgift og grøn ejerafgift. Indregnes dette er den effektive CO₂-pris op til 5 gange højere (se Copenhagen Economics (2012) for Dansk Elbilalliance).

Figur 5 Anden generations bioethanol på vej mod markedsmodenhed



Note: I Cowis beregninger sættes prisen på en CO₂ udledning til kvoteprisen inden for EU's kvotesektor (105 kr. /ton i 2010, 213 i 2020 og 258 i 2030). Alternativt kan benyttes den gennemsnitlige CO₂-pris uden for kvotesektoren. Som pris på CO₂ uden for kvotesektoren har vi brugt den effektive beskatning af CO₂ i transportsektoren svarende til ca. 1800 kr. /ton CO₂.

Det antages at der benyttes 85 pct. bioethanol og 15 pct. konventionel benzin i bioethanol eksemplet.

Det er antaget, at bioraffinering af halm giver anledning til indtægter fra biprodukter som f.eks. fodermelasse og afbrænding af restbiomasse i kraftværker. Disse indtægter svarer ca. til 22 pct. af de samlede omkostninger til bioraffinaderiet, inkl. investerings- og driftsomkostninger.

Kilde: Copenhagen Economics baseret på Cowi (2012), Copenhagen Economics (2012) for Dansk Elbifalliance, og Copenhagen Economics (forthcoming) for OECD om den effektive beskatning af CO₂

I begge disse studier er den begyndende konkurrencedygtighed betinget af en betydelig forventet reduktion i produktionsomkostninger, som skal drives primært af forbedret teknologiudvikling og forbedret økonomi i konverteringen af biomassen.

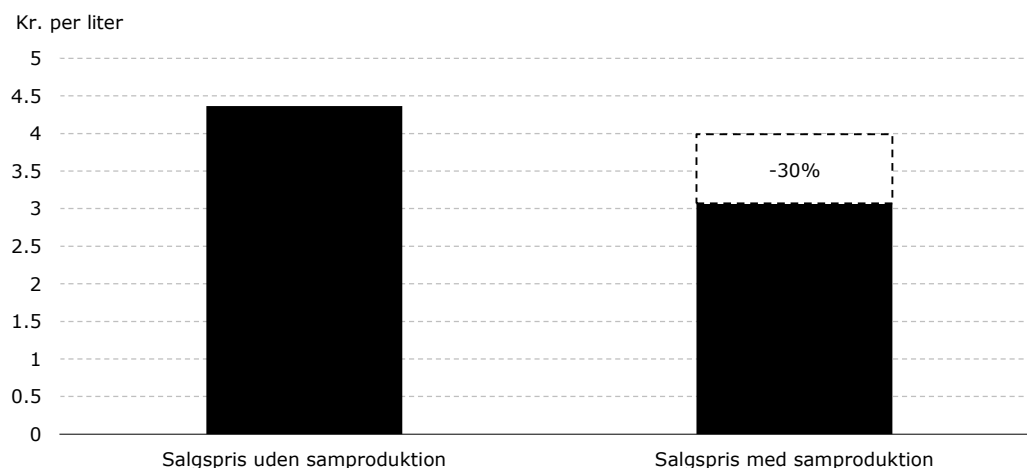
I tilgift til produktionen af biobrændstoffer vil business casen for den biobaserede økonomi i stigende grad blive drevet af en bredere palet af produkter, produceret på de samme anlæg. Et bioraffinaderi har mange paralleller til et traditionelt olieraffinaderi, som er i stand til at raffinere råolie om til en række produkter som f.eks. benzin, diesel, petroleum, asfalt og petrokemikalier. Det danske bioraffinerings demonstrationsanlæg Inbicon fremstiller bioethanol som hovedprodukt, men samtidig også forskellige biprodukter, der bl.a. bruges til energi formål. Denne forretningsmodel vil gradvist blive erstattet af produktion af højværdi produkter, enten som biprodukter til ethanolen eller som hovedprodukter, hvor ethanolproduktionen træder i baggrunden.⁸

Det store økonomiske potentiale ved at integrere højværdiprodukterne i bioraffinaderierne er illustreret i et studie, der dokumenterer gevinster ved samproduktion af bioethanol med basiskemikaliet mælkesyre (lactic acid). Undersøgelsen vurderer, at hvis 20 procent af sukkerstofferne udvundet fra halmen bruges til at producere mælkesyre i stedet for

⁸ Se f.eks. IEA (2011)

bioethanol, Faktisk vil økonomien blive så god, at salgsprisen på ethanol-delen vil kunne reduceres med 30 procent, uden at bioraffinaderiet taber penge, jf. Figur 6.⁹ Fordelingen mellem produktion af ethanol og kemikalier (eller andre produkter) vil afhænge af de respektive markedspriser og det interne substitutionsforhold i produktionsanlæggene. I et typisk olieraffinaderi bruges eksempelvis blot 7-8 procent af råolien til at producere kemikalier, og disse kemikalier udgør ca. 25-35 procent af den samlede profit i olieraffinaderiet.¹⁰

Figur 6 Bedre økonomi i bioraffinaderiet ved samproduktion



Kilde: IEA (2011)

Der findes allerede en lang række biobaserede kemikalier på markedet i dag i f.eks. kosmetik, byggeri, personlig hygiejne, bilindustrien, emballering og forbrugerelektronik, jf. Tabel 2. De biobaserede produkter produceres i dag typisk på baggrund af første generations biomasse, men kunne ligeså godt produceres på baggrund af f.eks. halm eller majsstængler.

Et par eksempler på store, multinationale virksomheder der allerede i dag anvender eller planlægger at anvende biobaserede materialer er:

- Fujitsu Siemens har bl.a. annonceret, at det vil bruge bioplastik til keyboards og andre computerprodukter.
- Mitsubishi benytter i øjeblikket bioplastik til fladskærmsdisplays.
- Sony har rapporteret om udvikling af bioplastik til brug i fjernsyn, mobiltelefoner, bærbare computere, kameraer, transportabelt lydudstyr og hjemmevideosystemer.¹¹

⁹ Selv uden en stigning i efterspørgslen efter ethanol, som ellers må ventes at stige som følge af en reduktion i prisen.

¹⁰ OECD (2011a)

¹¹ OECD (2011a)

- Biobaseret Isoprene er desuden brugt intensivt i produktionen af bildæk i stedet for konventionelt gummi, eksempelvis i et samarbejde mellem Danisco og Good-year.
- Toyota er desuden langt i udvikling og brugen af bioplastik baseret på mælkesyre. Toyota har fremstillet forskellige biltyper, hvor bioplastic udgør op mod 80 procent af de indvendige overflader. Dette er et led i Toyotas plan om, at 20 procent af sit samlede oliebaseerede plastik skal erstattes af biobaseret plastik inden 2015.¹²

Disse biobaserede produkter er i dag typisk dyrere end fossilt baserede alternativer og således tilsyneladende drevet af ønsket om en bæredygtig profil. Dette ventes dog at ændre sig i fremtiden i takt med, at de biobaserede produkter bliver billigere at producere.

Tabel 2 Eksempler på biobaserede produkter på markedet i dag

Industri	Virksomhed	Produkt
Kosmetik	Clarins	Biobaserede ekstrakter i hudplejeprodukter
	Weleda	Biobaserede ingredienser i al kosmetik
Byggeri	Cargill	Skum lavet af biomateriale
	Trex	Træplast sammensat til forskellige anvendelsesmuligheder, f.eks. brodæk materiale
	Hemp Technology (UK)	Isoleringsmateriale lavet fra hamp
	Hemp-Technology (US)	Byggemateriale baseret på hampeskæver og kalk
Automobil	Toyota	Biobaseret plastic til indvendige overflader i biler
	Braskem	Polyætylen brugt i f.eks. biler, emballage og kosmetik
	Lear	Soja-polyolbaseret skum
	General Motors	Træfibre til ryglæn og gulvareal
	Mazda	Plantefibre til sædebetræk og dørbeklædning
	Mercedes	Plantefibre, hamp og hør til bl.a. sædebetræk og dørbeklædning, samt fibre fra kokosnød til sæderne.
Emballering	Coca Cola	Bioplast i PET flasker
	P&G	Emballage for f.eks. Pantene og Max Factor
Forbrugerelektronik	Nokia	Bioplast i telefoncovers
	Samsung	Telefoner lavet af bioplast
	Fujitsu Siemens	Bioplast til keyboards og computerprodukter
	Mitsubishi	Bioplast til fladskærmsdisplay

Kilde: Copenhagen Economics bl.a. på baggrund af Quartz & Co (2012), OECD (2011a), Pallesen (2009) og Andresen et al (2012)

I takt med at økonomien forbedres i bioraffinaderierne ved at supplere med højværdiprodukter, vil det også blive mere økonomisk rentabelt at anvende nye typer af biomasse, hvilket vil øge efterspørgsel og dermed afregningsprisen. I dag er det primært halm og

husdyrgødning, som nyttiggøres, men på sigt kan også andre typer af biomasse blive attraktive, heriblandt f.eks. alger og organisk affald.

Genanvendelse er et vigtigt element i business casen

Ved hjælp af bioraffinering er det muligt at øge genanvendelsen. Det skyldes, at mange af disse bioraffinaderier vil benytte sig af restbiomasse fra landbruget og skovbruget og evt. græsser fra f.eks. landbrugsarealer udtaget af den intensive drift.

Med den nye generation af bioraffinaderier vil presset på arealanvendelse reduceres. Dermed mindskes presset på landbrugsjord egnet til fødevareproduktion, og et tilhørende opadgående pres på fødevarepriserne. Dette aspekt bliver kun endnu mere interessant fremadrettet, idet verdens fødevareefterspørgsel ventes at stige med 70 procent frem mod 2050.¹³

I dag anvendes restbiomassen og husholdningsaffald typisk til produktion af el og varme ved forbrænding. Dette medfører, de næringsstoffer som fosfor og kvælstof, som sidder tilbage i biomassen går tabt. Ved at bruge disse biomassetyper i et bioraffineringsanlæg eller et biogasanlæg er det i langt højere grad muligt at genanvende næringsstofferne, som enten er knappe (fosfor) eller energikrævende at producere (kvælstof). Ved en øget afgasning af husdyrgødning kan også udvaskningen af næringsstoffer til vandmiljøet reduceres.¹⁴

1.4 Markedsmæssige potentialer

En væsentlig driver for den biobaserede økonomi vil være produktion af biobaserede brændstoffer. Det globale marked for konventionelle brændstoffer er massivt, og i takt med at biobrændstofferne i højere grad bliver konkurrencedygtige på produktionsomkostningerne vil de overtage en større del af markedet. Værdien af det globale marked for biobrændstoffer var i 2011 ca. 450 mia. kr., og estimerer peger på, at dette vil kunne stige til over 1.000 mia. kr. i 2021.¹⁵ I øjeblikket støttes biobrændstoffer i varierende grad verden over, f.eks. igennem iblandingskrav. De forskellige offentlige støtteinstrumenter er berørt i kapitel 2.

De avancerede biobaserede produkter er i dag ikke udbredt i stor skala, men har et betydeligt vækstopotentiale. Den typiske byggesten for biobaserede produkter er et biobaseret kemikalie, og omdannelse af plantesukre til kemikalier er derfor kun første skridt i omdannelsen til f.eks. plastic, lægemidler og isoleringsmaterialer. Inden for forbrugskemikalier udgør de biobaserede kemikalier blot 1-2 procent af markedet, men inden for special- og finkemikalier er der et pænt gennemslag på 20-25 procent, jf. Tabel 3. OECD forventer, at brugen af de biobaserede kemikalier frem mod 2025 vil stige til 6-10 procent for forbrugskemikalier, og op til hele 50 procent for special- og fin kemikalier, svarende til en markedsandel på 1.770-1.970 mia. kr. I alt svarer det til en stigning på ca. 2300 mia. kr. fra ca. 900 mia. kr. i 2010 til 3.200 mia. kr. i 2025.

¹³ FAO (2009)

¹⁴ Læs mere om danske styrkepositioner forbundet med en bedre udnyttelse af organisk affald i case nr. 7.

¹⁵ <http://www.navigantresearch.com/newsroom/global-biofuels-market-value-to-double-to-185-billion-by-2021>

Tabel 3 Markedsandele for biobaserede kemikalier

	2010		2025	
	Biobaseret andel af markedet (mia. kr)	Biobaseret andel af markedet (pct.)	Biobaseret andel af markedet (mia. kr)	Biobaseret andel af markedet (pct.)
Forbrugskemikalier	32-64	1-2	304-507	6-10
Specialkemikalier	504-630	20-25	1771-1968	45-50
Finkemikalier	145-181	20-25	509-565	45-50
Polymerer	84-168	5-10	262-524	10-20
I alt	900		3.200	

Note: Polymerer kan bl.a. bruges til at fremstille plastic, linoleum, lim og plasticprodukter

Kilde: OECD (2011a)

Biobaseret plastik har ligeledes et stort markedspotentiale. Den globale produktion af biobaseret plastik vil kunne mere end tredobles fra ca. 1 mio. ton i dag til 3,5 mio. ton i 2020.¹⁶ Det samlede forbrug af plastik - i 2011 ca. 250 mio. tons - er estimeret til at vokse til 1 mia. tons ved udgangen af dette århundrede. Det vil lægge beslag på 25 procent af den nuværende olie produktion, hvis ikke alternativer tages i brug.¹⁷

Markedet for skibsbrændstof udgør endnu et interessant marked. Ved at udvikle et svovlfrit brændstof til skibe – f.eks. fra plantestoffet lignin, som er formålet med et dansk forskningsprojekt – vil det kunne fortrænge mindst 50 mio. tons bunker fuel i 2015 pga. ikrafttrædelsen af skærpet international svovlregulering.¹⁸ Dette ventes at udgøre et marked på ca. 450 mia. kr. Læs mere om dette i case nr. 4.

1.5 Landdistrikterne står for en stor andel af værdiskabelsen

Værditilvæksten i den biobaserede økonomi er spredt over en lang række af aktører: lige fra planteforædling, over produktion/dyrkning af biomassen, til konvertering af biomassen til slutprodukter. Hvor teknologien i bioraffinaderier naturligvis er afgørende for at producere biobaserede produkter, så er landdistrikternes betydning ligeledes stor. Ud over produktionen af biomasse, som typisk finder sted i landdistrikterne (med husholdningsaffald som den oplagte undtagelse), favner landdistrikterne også over virksomheder, der befinder sig i starten af forsyningskæden. Dette spænder over en række forskellige indsatsområder, der alle har betydning for den biobaserede økonomi, som f.eks.:

- Planteforædling: Optimering af afgrødernes udbytte og forbedre deres kvalitet, eksempelvis ved at øge halmudbyttet uden det går ud over kerneudbyttet. Læs mere om danske styrkepositioner i case nr. 2
- Høstmaskiner og logistik: Forbedring af høstmetoder til eksisterende og nye biomassetyper ved udvikling af nye maskiner og processer. Udfordringer i forhold til lagring og transport er væsentlige elementer i biomassens forsyningskæde. Læs mere om danske styrkepositioner i case nr. 3.

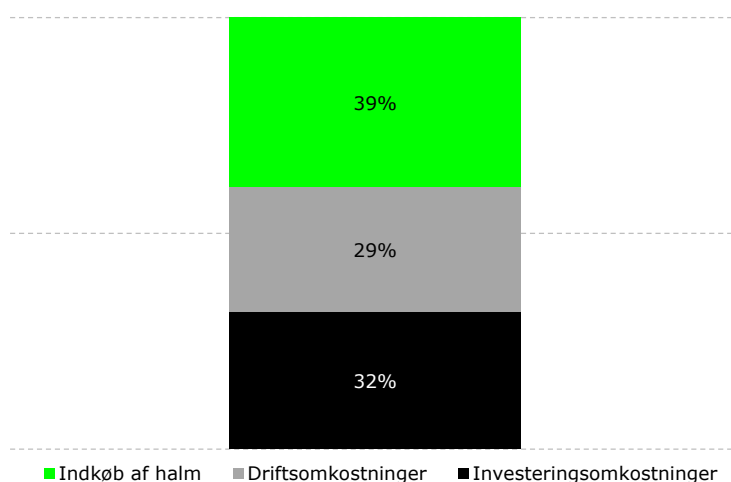
¹⁶ Se Erickson et al (2011)

¹⁷ OECD (2011a)

¹⁸ Hvis ligninbrændstoffet kan produceres billigere end diesel og omkostningen til at installere rørgensere på den eksisterende flåde.

I det danske demonstrationsanlæg Inbicon, hvor bioethanol produceres fra halm, udgør indkøbet af halm ca. 39 procent af de samlede omkostninger, jf. Figur 7. Dette omfatter produktion, indsamling og levering af halm, herunder eventuel forbehandling, lagring og transport, som alle er aktiviteter knyttet til landdistrikterne. Herudover vil bioraffinaderier typisk også være placeret i landdistrikterne, som det f.eks. er tilfældet for det planlagte Maabjerg Energy Concept ved Holstebro, og både drift og de betydelige anlægsaktiviteter vil derfor også kunne være knyttet til landdistrikterne. For et bredere udsnit af EU lande og teknologier er omkostningen til lignocellulose biomasse (halm, majsstængler mv.) estimeret til at ligge mellem 25-40 procent af den samlede produktionsværdi.¹⁹

Figur 7 Biomassen står for ca. 40 pct. af produktionsomkostningerne



Note: Omkostningen er målt i DKK/GJ

Kilde: Copenhagen Economics baseret på Cowi (2012)

World Economic Forum estimerer, at det yderligere globale omsætningspotentiale relateret til hhv. biomasseproduktion, input til biomasseproduktion (gødning, planteforædling mv.), og håndtering af logistik og forsyningskædeoptimering er på hhv. 520 mia. kr., 90 mia. kr., og 180 mia. kr., jf. Tabel 4.

¹⁹

Se Dalberg (2011), side 42

Tabel 4 Økonomisk potentiale 2020 relateret til landdistrikter

Element	Markedspotentiale (mia. kr.)
Input til biomasseproduktion (planteforædling, gødning)	90
Biomasseproduktion	520
Logistik og optimering af forsyningskæden	180

Kilde: World Economic Forum (2010), side 19

1.6 To hovedbarrierer for udvikling af den biobaserede økonomi

Der er mange indikatorer på, at den biobaserede økonomi kan levere konkurrencedygtige og effektive løsninger på centrale samfundsmæssige udfordringer i de kommende år. Der står dog mindst to barrierer i vejen for skabelsen af et marked for de biobaserede højværdiprodukter:

- Finansiering af innovation og kommercialisering af den biobaserede økonomi
- Regulering af biobrændstoffer

Finansiering af innovation og kommercialisering af den biobaserede økonomi

For at realisere den biobaserede økonomi skal der teknologiudvikling til, og det kan private aktører ikke løse alene. Derfor er fokuserede offentlige innovationsmidler vigtige. Det er et helt klassisk velfærdsøkonomisk argument: det private afkast ved forskning og udvikling er typisk mindre end det samfundsmæssige afkast, idet der forekommer såkaldte positive eksternaliteter og spill-overs ved forskningen. Denne positive samfundsmæssige effekt tilfalder imidlertid ikke de private aktører, og der vil derfor blive investeret for lidt set fra et samfundsmæssigt synspunkt.

Der er tre vigtige omdrejningspunkter for prioriteringen af den offentlige danske indsats på området:

For det første skal karakteren af det offentlige tiltag indrettes efter hvor moden teknologien er.²⁰ Eksempelvis bør den offentlige støtte falde som andel af totalomkostningerne fra op til 100 procent ved basisforskning til op til 50 procent ved kommercialisering, jf. Tabel 5. I et dansk perspektiv er flydende biobrændstoffer baseret på enzymatisk konvertering af halm langt fremme mod kommercialisering, hvorfor støtte til demonstrationsanlæg i fuld skala er det næste naturlige skridt. For bioraffineringsanlæg baseret på forgasningsteknologi er teknologien mindre moden og derfor endnu ikke klar til at blive rullet ud i stor skala.

²⁰ World Resource Institute (2011), Two degrees of innovation

Tabel 5 Eksempler på sammenhæng mellem markedsmodenhed og støttetype

Projekttype	Relevant støtteprocent	Råstof og teknologi	Produkter
Basisforskning	Op til 100	Alger	Olie/høj værdi produkter
Pilotanlæg	Op til 80	Forgasningsteknologi	Syntesegas
Kommercialiseringsanlæg	Op til 50	Halm med enzymatisk konvertering	Ethanol plus industrielle produkter

Note: Relevant støtteprocent skal forstås som anbefalet offentlig støtte som andel af totalomkostningen

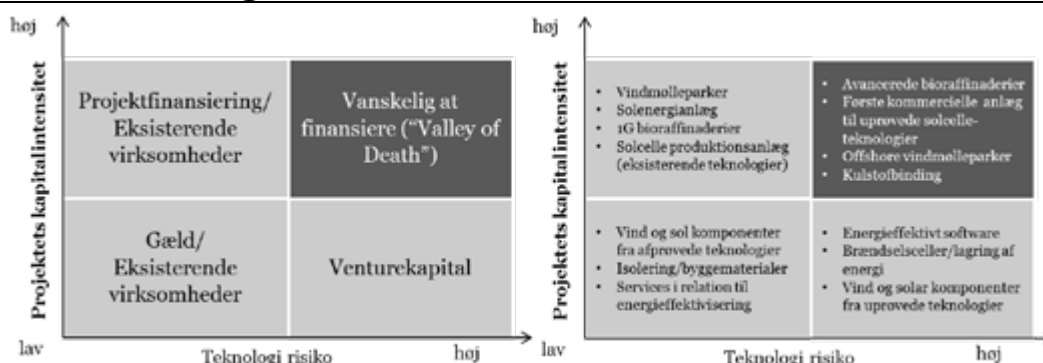
Kilde: Anbefalede støtteprocenter World Resource Institute (2011), klassificering af danske bioindustrier Biorefining Alliance (2012b).

For det andet er det vigtigt, at der ses på behovet for intervention og innovation i hele værdikæden. Der er betydelig usikkerhed om, hvilke typer af forretningsmodeller, der er mest effektive til at håndtere udfordringer med at forvandle lavværdiprodukter som for eksempel husholdningsaffald til højværdiprodukter, som kan eksporteres og sælges globalt. En række spørgsmål, der er relevante at teste er eksempelvis:

- Hvordan kan høst og forsyningskæden organiseres således, at det bliver mere rentabelt at indsamle biomasse fra mindre og usammenhængende arealer, som f.eks. ekstensivt dyrkede arealer og engområder?
- Er det smartere at lade biomassen undergå en betydelig førstebehandling lokalt, tæt på landbruget, for at reducere transportomkostninger over længere afstand; eller skal man lade det ske i store centrale anlæg?

For det tredje skal der leveres en forpligtigende offentlig indsats over en lang periode, givet de betydelige risici, som private aktører har ved udvikling af nye teknologier. Hvis udvikling af ny teknologi kun bliver rentabel ved at sælge ved høje priser på fossile brændsler, stramme miljøkrav mv., vil tilskyndelsen til at foretage meget store investeringer, der først giver afkast potentielt mange år ud i fremtiden, være begrænset. Internationale evalueringer peger på, at det er særlig vanskeligt at opnå finansiering fra den private sektor, hvis skridtene mod demonstrations- og kommercialiseringsprojekter kræver store kapitalinvesteringer og har høj teknologirisiko.²¹ Den nye bølge af bioraffinaderier er netop en teknologi, der både er kapitalintensiv og har høj teknologirisiko, og som dermed ligger i den kategori, hvor det er meget vanskeligt at opnå privat finansiering, jf. Figur 8. Denne kategori kaldes i litteraturen typisk for "Valley of Death".

Figur 8 Avanceret bioraffinering har svært ved at tiltrække privat finansiering



Kilde: Gosh and Nanda (2010), opsummeret i OECD (2012a)

Rationalet for at udvikle den biobaserede økonomi, handler generelt om at fostre en generisk teknologi igennem innovationens udvikling. OECD har netop derfor peget på bioteknologi, ikke mindst udvikling af avancerede bioraffinaderier, som en vigtig driver for eco-efficiency. Bioraffinering har i udpræget grad karakter af at være netop en generisk teknologi: biomasse omdannes til biobaserede grundkemikalier, der kan omformes til en meget bred palet af endelige produkter til forbrugerne.²² Teknologien bruges således ikke alene til at fremstille brændstoffer. Dette øger teknologiens anvendelsesmuligheder og mindsker risikoen for at blive en "pick-the-winners-strategi".

Regulering af biobrændstoffer

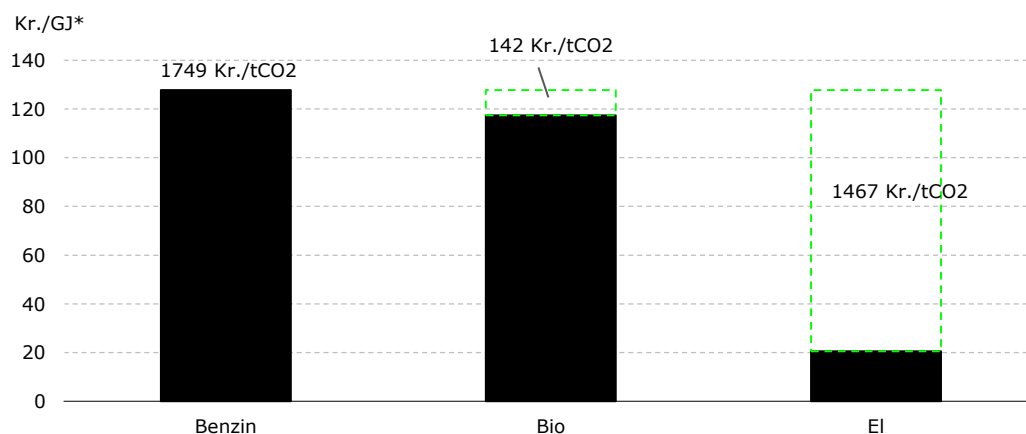
Regulering af biobrændstoffer i Danmark, EU og globalt vil være en afgørende faktor for udvikling af den biobaserede økonomi i de kommende år. Dette skyldes, at biobrændstoffer er det aktuelt mest modne produkt fra den biobaserede økonomi, som kan sælges i større mængder, og derfor bliver driveren for den proces, hvor også nye bioprodukter som kemikalier og lægemidler understøttes.

Den centrale regulering for biobrændstoffer i EU er i øjeblikket to direktiver, som i sammenhæng vil være afgørende for mængden og sammensætningen af biobrændstoffer, der kan afsættes: VE direktivet og Brændstofkvalitetsdirektivet. VE direktivet foreskriver bl.a., at der skal være mindst 10 procents vedvarende energi som andel af drivmidlerne i transportsektoren i 2020, og brændstofkvalitetsdirektivet foreskriver, at CO₂ udledningerne i transportsektoren skal reduceres med 6 procent. Iblandingskravet i VE-direktivet ses ofte, som den vigtigste driver for udviklingen af industrien omkring biobrændstoffer. Iblandingskravet giver en tilskyndelse til at anvende biobrændstoffer, men der er i øjeblikket diskussion om, hvorvidt tilskyndelsen tager højde for den faktiske fortrængnings-effekt, der opnås ved f.eks. at benytte restbiomasse. Det er væsentligt, at en reform tilgodeser de miljømæssige gevinster, der er ved anvendelse, særligt af restbiomasse som input.

²² Se OECD (2012a), side 12 og side 47.

I Danmark støttes biobrændstoffer direkte i transportsektoren i betydeligt mindre omfang end andre alternativer, som f.eks. elbiler. Biobrændstoffer støttes igennem en fritagelse for CO₂ afgift, men beskattes på dets energiindhold på lige fod med fossile brændstoffer. Fritagelsen for CO₂ afgift har dog reelt begrænset værdi. Den faktiske beskatning af et ton udledt CO₂ ved brug af konventionelt benzin er ca. 1749 kr. når man tager højde for energiafgift, CO₂-afgift og NO_x-afgift. Den afgiftsfritagelse som biobrændstoffer opnår svarer reelt til, at et ton CO₂ udledt ved brug af biobrændstoffer er 142 kr. billigere end ved benzin, jf. Figur 9. Ses dette i forhold til f.eks. transport med elbiler, så er det afgiftsbestemte incitament til at køre elbil markant højere, da afgiften per udledt ton CO₂ er ca. 1467 kr. lavere end benzin.²³ Dette er endda uden at tage højde for elbilens fritagelse for registreringsafgift, hvilket vil gøre forskellen mellem biobrændstoffer og elbiler endnu større.

Figur 9 Biobrændstoffer beskattes meget højere end elbiler



Note: Forskellen i beskatning mellem drivmidlerne skal ses i forhold til transport i bil, der giver anledning til et ton udledt CO₂.

Kilde: Copenhagen Economics

²³

Det høje incitament til at køre elbil stammer primært fra, at elbiler er fritaget fra de ellers normalt høje elafgifter.

Kapitel 2

Globale tendenser

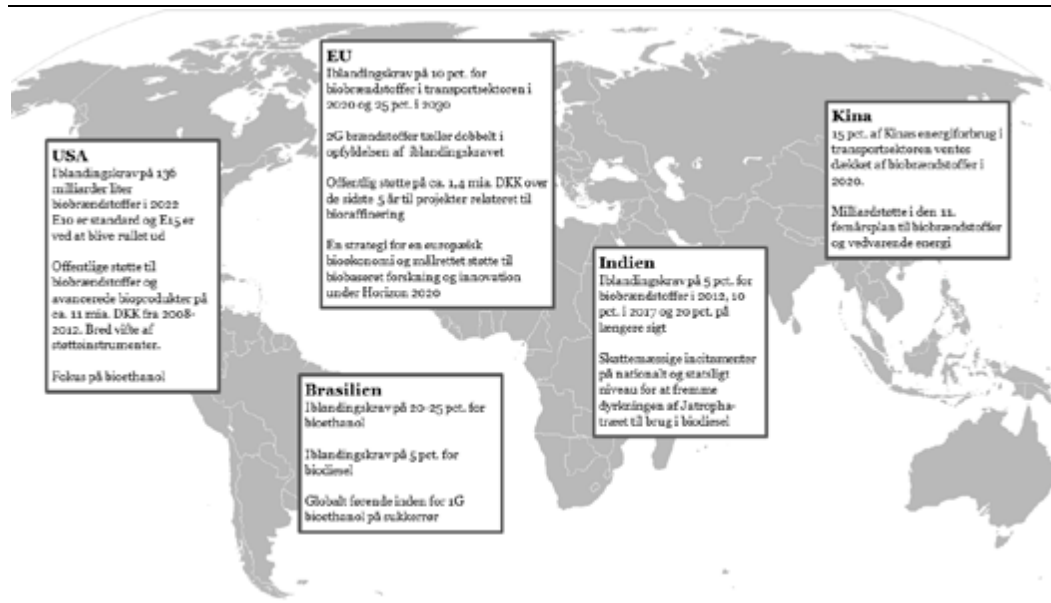
Der er taget en række politiske tiltag rundt om i verden for at støtte en igangsættelse af den biobaserede økonomi. Indtil videre har det primære politiske fokus været knyttet til udbredelse af biobaseret brændstof i transportsektoren. Et meget anvendt støtteinstrument hertil er iblandingskrav, der kræver, at en vis mængde af det samlede brændstofforbrug er biobaseret. Dette støtteinstrument menes at være brugt i mere end 40 lande verden over inkl. i USA, EU, Brasilien, Indien og i Kina, jf. Figur 10.²⁴ Flere regioner, herunder bl.a. EU og Kina er i stigende grad begyndt at skelne imellem biomasse til fødevarer og restbiomasse. I EU tæller anden generations biobrændstof dobbelt i målopfyldelsen i VE-direktivet og i Kina er der indført restriktioner på at bruge korn til biobrændstoffer, hvorimod andre lokale biomassetyper som sorghum, sweet potatoes og cassava fremmes.

I EU er den overordnede driver af klimatiltag VE direktivet, der stipulerer, at 20 procent af EU's energiforbrug skal være fra vedvarende energikilder. Specifikt skal transportsektoren minimum opfylde en 10 procents VE-andel målt på energi. Disse rammer, sammen med brændstofkvalitetsdirektivet, har indtil videre drevet udviklingen af første generations biobrændstoffer. På det seneste har EU også fokuseret på ikke-brændstof delen af den biobaserede økonomi, og i 2012 blev der iværksat en særskilt strategi for bioøkonomien, samt målrettet forsknings og udviklingsmidler i regi af EU's forskningsprogram Horizon 2020 til aktiviteter inden for den biobaserede økonomi. Kommissionen vurderer, at disse initiativer vil generere en permanent værditilvækst i EU's biobaserede økonomi på €45 mia. i 2025.²⁵

²⁴ Se også <http://www.navigantresearch.com/newsroom/global-biofuels-production-will-reach-nearly-62-billion-gallons-by-2023>

²⁵ http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/policy/index_en.htm

Figur 10 Eksempler på politiktiltag til fremme af biobaseret økonomi

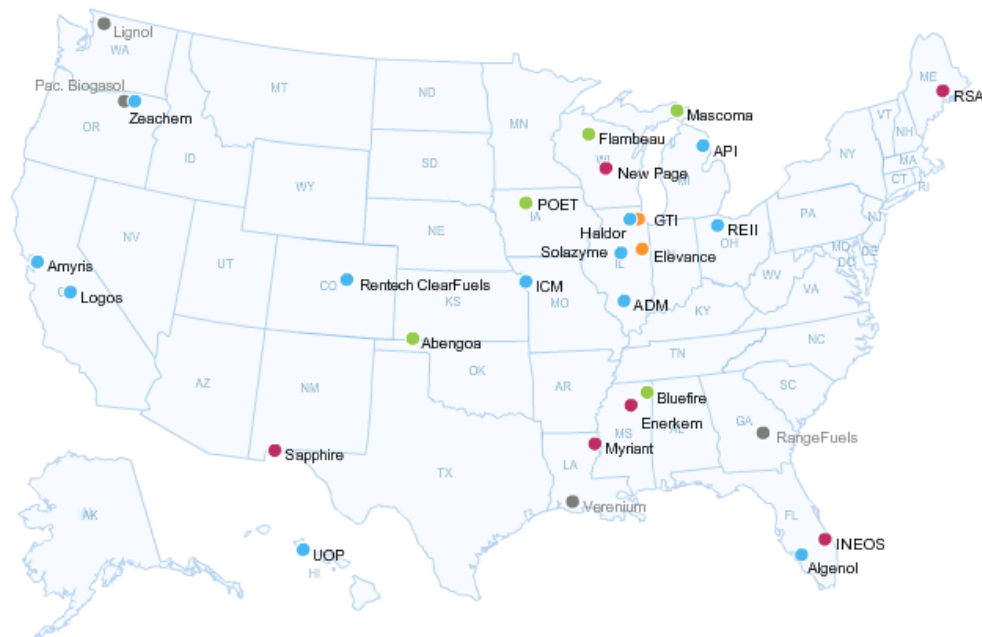


Kilde: OECD (2011a), Dalberg (2011), Quartz & Co (2012), Star-Colibri (2010), Star-Colibri (2011), US Department of Agriculture (2012a), US Department of Agriculture (2012b), World Economic Forum (2010).

Det er ikke kun EU, der har fået øjnene op for den biobaserede økonomi. Andre dele af verden er i høj grad begyndt at målrette støttemidler til den mere avancerede del af den biobaserede økonomi som f.eks. produktionen af biobaserede kemikalier. Særskilt har både USA, Kina og en række EU lande nationale strategier for implementering af den biobaserede økonomi. Især i USA investeres der milliarder af kroner i udviklingen af integrerede bioraffinaderier, der benytter anden generations biomasse til at producere biobrændstoffer og avancerede ikke-brændstofprodukter, som biobaserede kemikalier. Mellem 2008-2012 er der i USA allokert ca. 11 mia. kr. i offentlig støtte til forskning og udviklingsstøtte til biobrændstoffer og avancerede bioprodukter, hvoraf ca. 6 mia. af disse er specifikt til anden generations biomasse.²⁶ I øjeblikket støtter US Department of Energy etablering af 23 forskellige integrerede bioraffineringsanlæg i USA, jf. Figur 11. Herudover støtter US Department of Agriculture udviklingen af biomasseinput igennem udviklingsstøtte til f.eks. afgrøder, planteforædling mv.²⁷

²⁶ Quartz+CO (2012) og Dalberg (2011)
²⁷ Se f.eks. Quartz+CO (2012)

Figur 11 Integrerede bioraffinaderier i USA



Note: Integrerede bioraffinaderier benytter en række forskellige konverteringsteknologier og biomasseinput til at producere biobaserede produkter og biobrændstoffer.

Orange: Forskning & Udvikling

Blå: Pilotanlæg

Rød: Demonstrationsanlæg

Grøn: Kommercielt anlæg

Kilde: US Department of Energy (2012c)

Ud over restprodukter fra skov og landbrug arbejder anlæggene også med alger, energiafgrøder og husholdningsaffald. De fleste anlæg producerer brændstoffer, som det primære output, og avancerede bioprodukter som f.eks. kaliumacetat, der bl.a. bruges i lægemiddelindustrien som biprodukter. Der er dog eksempler på anlæg, der slet ikke producerer brændstoffer, men alene avancerede bioprodukter. F.eks. etableres demonstrationsanlægget Myriant ved Louisiana med det formål kun at producere ravsyre (succinic acid), som er et vigtigt basiskemikalie, der bl.a. bruges til at producere plastik, maling, tilsætningsstoffer (sødestof) i levnedsmiddelindustrien, og i lægemiddelindustrien.²⁸

I de skandinaviske lande har der været fokus på at udnytte affaldsprodukterne fra det intensive skovbrug. F.eks. har Borregaard i Norge længe udnyttet affaldsprodukter som træflis og sort lud fra papirindustrien. I april 2013 åbnede Borregaard et nyt demonstrationsanlæg, der skal demonstrere en eksisterende teknologi i større skala.²⁹ Anlægget skal ud over at producere 2. generations bioethanol også producere biobaserede kemikalier fra

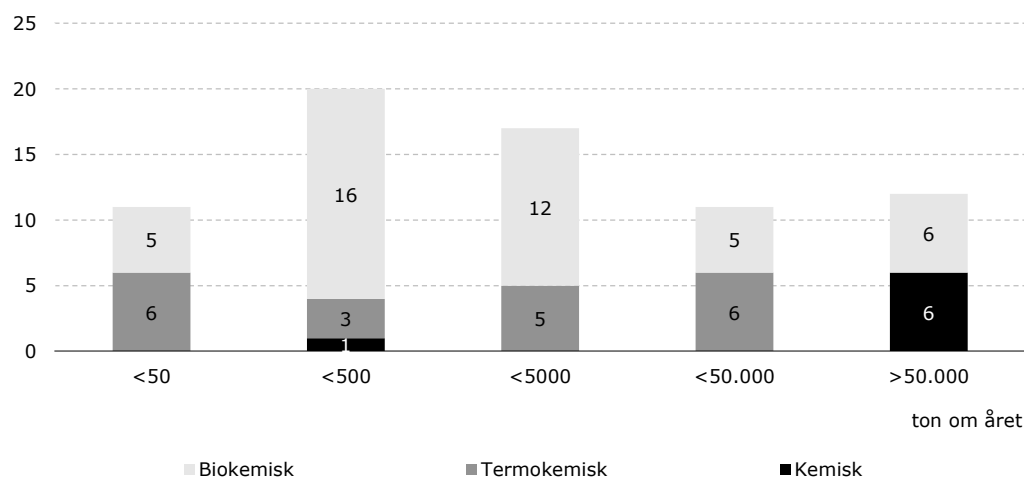
²⁸ Se f.eks. Bechthold et al (2008)

²⁹ <http://www.borregaard.com/News/Official-Inauguration-of-Borregaard-s-Biorefinery-Demonstration-Plant>

både plantesukre og lignin. Borregaard reklamerer bl.a. med at være verdens eneste producent af vaniljeessens fra træ.

Mere generelt, har IEA³⁰ identificeret 71 anlæg, der producerer biobrændstoffer fra rest-biomasse globalt.³¹ 48 af disse var operationelle i 2012, 9 under opførelse og yderligere 14 var planlagt. Langt størstedelen af disse er biokemiske, jf. Figur 12, hvor der blandt især de største anlæg dog også er kemiske anlæg, der producerer kulbrinter til diesel fra olier og fedtstoffer. Af disse 71 anlæg er 19 af kommerciel størrelse, 27 er demonstrationsanlæg og 25 er pilotanlæg.

Figur 12 Flest biokemiske raffinaderier



Note: Disse bioraffinaderier er ikke integrerede og vil i de fleste tilfælde kun producere biobrændstoffer

Kilde: IEA Bioenergy Task 39 (2013), Status of Advanced Biofuels Demonstration Facilities in 2012

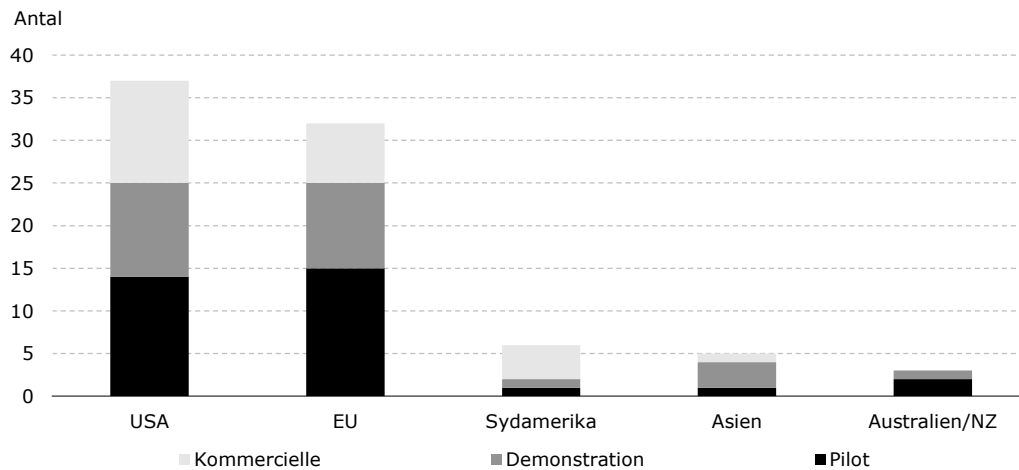
En række studier peger på, at Europa har gode forudsætninger for at lede udviklingen inden for den nye biobaserede økonomi.³² Dette er begrundet i, at Europa har globalt førende virksomheder inden for bioteknologi, og en stærk og effektiv landbrugssektor. Men i takt med, at Brasilien, Kina, og især USA satser på udviklingen af en avanceret bioindustri, risikerer EU at forpasse denne mulighed. Ifølge en ny opgørelse fra IEA ligger der flest anlæg til at producere anden generations biobrændstoffer i USA, dog skarpt efterfulgt af Europa, jf. Figur 13.

³⁰ IEA Bioenergy task 39

³¹ IEA Bioenergy (2013)

³² Se f.eks. Dalberg (2011)

Figur 13 USA og Europa i front med anden generations bioraffinaderier



Kilde: IEA Bioenergy Task 39 (2013), Status of Advanced Biofuels Demonstration Facilities in 2012

Alligevel er det blevet fremhævet, at en væsentlig barriere for den europæiske udvikling er manglen på stor-skala demonstrations- og kommercialiseringsanlæg for teknologier, der er tæt på markedsmodenhed.³³ Dette gælder formentlig særligt for de integrerede bioraffinaderier, hvor USA allerede har (eller er i gang med at) etableret 23 anlæg som illustreret i Figur 11.

³³ Dalberg (2011)

Kapitel 3

Danske styrkepositioner og potentialer i den biobaserede økonomi

På grund af Danmarks økonomiske størrelse, må vi som nation foretage en mere skarp prioritering af offentlige midler til forskning, udvikling og innovation end f.eks. USA eller Kina. Det er også udgangspunktet for den innovationsstrategi, som den danske regering i 2012 har lagt op til.³⁴ En central forudsætning for, at det fra dansk side giver mening at satse på den biobaserede økonomi er, at der findes særlige danske styrkepositioner inden for dette område.³⁵ I Afsnit 3.1 redegør vi for, at Danmark har en række styrkepositioner inden for forskellige elementer af den biobaserede økonomi. Dette er uddybet i otte cases, der illustrerer de konkrete danske styrker igennem hele forsyningskæden. Dette betyder samtidig, at udviklingen af den biobaserede økonomi rummer potentialer for dansk erhvervsliv i form af værditilvækst og jobskabelse. Dette er temaet for Afsnit 3.2 og de otte cases.

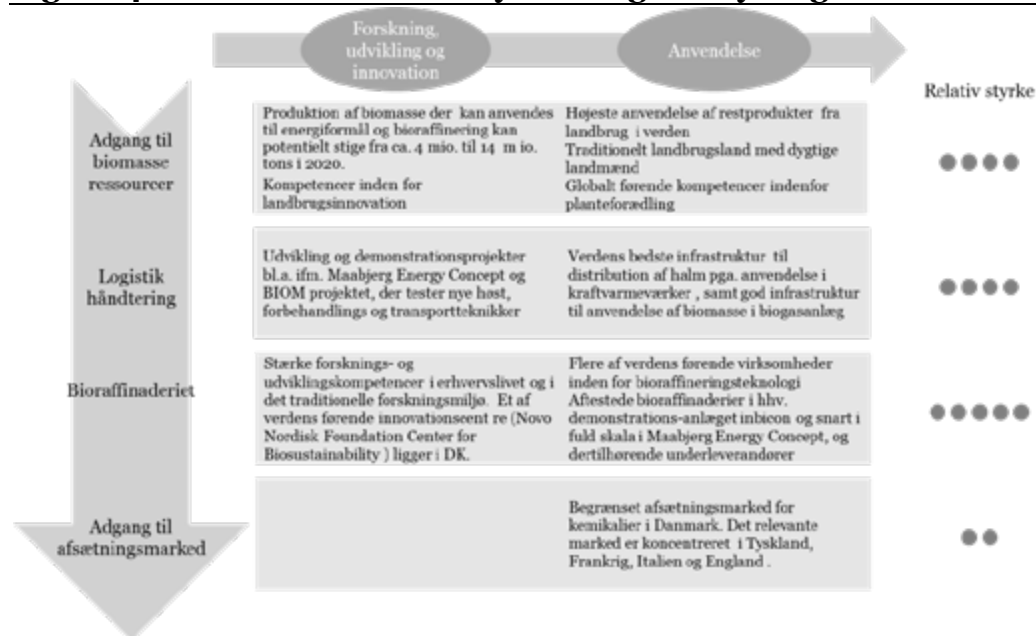
3.1 Danske styrkepositioner i bioøkonomien

For at få det største afkast af en national satsning er det væsentligt, at landet har styrkepositioner, der kan gøre sig gældende på den globale scene. Vi vurderer, at dette i høj grad gør sig gældende for Danmark inden for den biobaserede økonomi. De stærkeste kompetencer ligger inden for produkter og teknologi til brug i bioraffinaderiet, efterfulgt af adgang til biomasse og logistikhåndtering, jf. Figur 14. Danmark scorer derimod lavere på nærheden til afsætningsmarkedet som f.eks. den kemiske industri, hvilket dog ikke vurderes at være et væsentligt problem.

³⁴ Dette aspekt holder et særligt fokus i regeringens nye innovationsstrategi, der bl.a. fremhæver, at *"Danmark skal være løsningernes land, hvor innovative løsninger på store samfundsmæssige udfordringer omsættes til vækst og beskæftigelse"*.

³⁵ Herudover er det væsentligt for en dansk satsning inden for den biobaserede økonomi, at dette område opfylder følgende tre kriterier: 1) At det bidrager til at løse samfundsmæssige udfordringer, 2) At der er barrierer, der hindrer private aktører i at foretage innovationen alene, og 3) At der er et tilstrækkeligt markedspotentiale, der sandsynliggør at det fremtidige afkast fra innovationsindsatsen overstiger omkostningerne. Alle tre kriterier er opfyldt inden for den biobaserede økonomi.

Figur 14 Danmarks relative styrke langs forsyningskæden



Kilde: Copenhagen Economics baseret på European Climate Foundation (2010) s.8, Pöyry (2011) s. 17, +10 mio. tons planen (2012), Energistyrelsen, Inbion (2011), European Cluster Observatory, Dalberg (2011), Eurostat - National accounts

I det følgende beskriver vi de relative danske styrkepositioner inden for de fire trin i forsyningskæden til den biobaserede økonomi, og supplerer med uddrag fra de 8 cases.

Adgang til biomasse ressourcer

En biobaseret økonomi er naturligvis afhængig af adgang til biomasse. Danmark har, som et traditionelt landbrugsland opbygget et effektivt landbrug med et relativt højt udbytte per hektar.³⁶ I takt med den teknologiske udvikling samt, det øgede fokus på at begrænse brugen af fødevarer til bl.a. brændstoffer, er der kommet en øget interesse for anden generations biomasse som halm, majsstængler, træaffald og husholdningsaffald. Dette gælder også i Danmark, hvor især produktionen af halm og træmasse fra skove udnyttes. Danmark er i den henseende blevet fremhævet som det mest effektive land i verden i forhold til at udnytte restprodukter fra landbruget.³⁷ Disse restprodukter bliver typisk brugt i produktionen af energi, hvor biomasse i dag dækker 12 procent af det danske energiforbrug.³⁸ Herudover afgasses ca. 7 pct. af husdyrgødningen i biogasanlæg, hvilket er blandt den højeste udnyttelse i verden.

Estimerer peger på, at anvendelsen af anden generations biomasse til energiformål og bioraffinering i Danmark kan mangedobles fra ca. 4 mio. tons til ca. 14 mio. tons i 2020. Dette kan gøres uden at lægge beslag på mere landbrugsareal eller reducere fødevarerpro-

³⁶ Dalberg (2011), s. 56. Danmark ligger relativt højt i EU ift. kornudbytter, men ligger relativt lavt i forhold til lande vi normalt sammenligner os med bl.a. på grund af miljørelaterede begrænsninger for gødning mv.

³⁷ European Climate Foundation (2010) s. 8

³⁸ Energistyrelsen (2012)

duktionen.³⁹ Dette stiller Danmark godt i forhold til etablering og udvikling af bioraffinaderier, der bruger restbiomasse.

Ved at have et produktivt og velfungerende landbrugserhverv, der samtidig er blandt verdens bedste til at udnytte restprodukter fra landbruget, vil Danmark kunne opnå komparative fordele i forhold til etablering og udvikling af nye bioraffinaderier. Med den eksisterende mængde af halm til rådighed i bioraffinaderier på ca. 1,5 mio. ton, vil Danmark i princippet kunne servicere 3-4 fuldskala bioraffinaderier på størrelse med Maabjerg Energy Concept.⁴⁰ I 2020 ventes anvendelsen af resthalm til energiformål at kunne fordobles,⁴¹ hvilket yderligere skal ses i lyset af, at den alternative anvendelse af halm i Danmark ventes reduceret i takt med udfasningen af samfyring i kraftvarmeverker. Dette gør halm til en oplagt kilde til bioraffinering i den nærmeste fremtid. Hertil kommer de mange andre biomassetyper, som produceres i Danmark.

Ud over at have et velfungerende landbrugserhverv, der er stærke til produktion af biomasse og den tilhørende logistik, har Danmark flere dygtige virksomheder inden for forskning og udvikling relateret til biomasseproduktion, særligt planteforædling. Plante- forædling, der øger udbyttet af biomasse per hektar og bidrager til en stabil høst af biomasse, er værdifuldt for den kommende generation af bioraffinaderier. Ved en udbredelse af den biobaserede økonomi ikke kun i Danmark, men også i resten af verden, vil efterspørgslen efter restbiomasse stige. Dette øger incitamentet til ikke blot at øge kornudbyttet per hektar, men f.eks. også halmudbyttet eller til at udnytte energigræsser, der kan vokse på ekstensive områder som f.eks. engområder. I dette marked har Danmark en række dygtige virksomheder, der vil kunne stå stærkt i det internationale marked, jf. Boks 1.

³⁹ + 10 mio. ton planen (2012)

⁴⁰ + 10 mio. ton planen (2012)

⁴¹ Som forventet i +10 mio. ton planen (2012)

Boks 1 Planteforædling

Adgangen til biomasse er afgørende for det biobaserede samfund. Forædling af afgrøder har betydning for dyrkningsegenskaber, udbytte, kvalitet og prisen på biomassen. Forædling af både eksisterende og nye afgrøder vil blive efterspurgt fremadrettet for at optimere biomasseproduktion. Eksempelvis er halm i kornproduktion typisk blevet set som et spildprodukt, og planteforædling har derfor fokuseret på at mindske den relative stråmængde. I takt med at netop halm er blevet mere interessant, vil denne udvikling formentlig vende, og planteforædling af korn, der kan maksimere både kerne og stråproduktion vil blive mere attraktiv. Tilsvarende gælder for f.eks. særskilte energiafgrøder, som kan vokse på arealer, der er uegnet til intensiv landbrugsproduktion, som f.eks. eng- eller vådområder.

Danske virksomheder har stærke kompetencer inden for planteforædling, hvilket gør dem godt rustet ift. en satsning på det biobaserede samfund. Eksempelvis kan nævnes Sejet Planteforædling, Nordic Seed, og DLF Trifolium. En fokuseret planteforædling vil, ud over at kunne føre til en større CO₂ reduktion per hektar dyrket jord, også kunne reducere ressourcepresset særligt på jord samt øge næringsstofeffektiviteten.

Læs mere om dette i case nr. 2.

Kilde: Copenhagen Economics

Logistik håndtering

Håndtering af biomasse er et væsentligt aspekt af den samlede omkostning ved forsyning af biomasse til bioraffinaderiet. Effektive metoder til høst og efterfølgende lagring og transport af biomassen er vigtige elementer heri.

For Danmark ligger der her et potentiale særligt i håndtering af biomasse fra de ekstensive arealer, som f.eks. eng- og vådområder. Biomassen på disse områder udnyttes typisk ikke i dag, bl.a. fordi de store og tunge traditionelle høstmaskiner ikke kan bruges på disse områder, og omkostningerne dermed bliver for store. I dansk regi udvikles dog mindre, terrængående, og evt. robotstyrede maskiner, der i kombination med f.eks. beplantning med sejlivede græsser vil kunne forbedre økonomien i biomassehøst fra disse ekstensive områder. En række danske virksomheder er involveret i dette udviklingsarbejde, og vil kunne opnå en god position i et marked, der i højere grad ventes at efterspørge restbiomasse og græsser fra ekstensive arealer, jf. Boks 2. Det store biomassepotentialer findes på den intensivt dyrkede jord, hvor bl.a. udvikling af maskiner til optimering af halmindsamlingen og bearbejdning bliver mere værdifuld fremadrettet. De store spillere inden for udvikling og produktion af høstmaskiner ligger dog uden for Danmarks grænser.

Boks 2 Nye høstmetoder og forsyningskæder

Høst, lagring, transport og logistik står for en stor del af den samlede omkostning ved at fremskaffe biomasse. Ved at reducere disse omkostninger vil økonomien i bioraffinaderierne og dermed hele den biobaserede økonomi forbedres.

De traditionelle høstmaskiner udvikles og produceres uden for Danmarks grænser. Derimod har Danmark mulighed for at være på forkant med høst af biomasse på de ekstensive jorder, som f.eks. eng- og vådområder, hvor det ikke er muligt at køre med de tunge traditionelle maskiner. Danske maskinvirksomheder som Kongskilde (halmtørring, kornopbevaring og transport) og Lynex (slåmaskiner) deltager sammen med Compleks Innovation (avancerede robotløsninger) og en række andre virksomheder i projektet Grassbots med henblik på at udvikle høstmaskiner, der kan høste f.eks. græsser fra ekstensive arealer til for eksempel biogasproduktion eller produktion af proteinfoder via bioraffinering.

Ved at udbrede biomasseproduktionen til arealer, der ellers ikke anvendes til landbrugsproduktion, som netop engområder eller vejgrøfter vil ressourcepresset på jord aftage. Ved eksempelvis at dyrke græsser, der behøver meget lidt eller ingen gødning, vil de ekstensive arealer, der i dag giver anledning til omkostninger for at holde tilgroning nede, kunne vendes til forretningsmæssige potentialer, givet at omkostningerne til høst og distribution kan reduceres ved f.eks. Grassbots' høstrobotter.

Ifølge World Economic Forum er det forventede globale markedspotentiale relateret til høst og logistik frem mod 2020 ca. 180 mia. kr. Dette potentiale er både forbundet med det traditionelle intensive land- og skovbrug, men også med de mindre tilgængelige biomassetyper som enggræs.

Læs mere om dette i case nr. 3.

Kilde: Copenhagen Economics

Når biomassen er høstet følger endnu et vigtigt element, nemlig transporten af biomasse. Transport er en vigtig faktor omkostningsmæssigt, da det er vanskeligt at pakke halm tæt, og græsser og energiafgrøder er tungt pga. dets høje vandindhold. Logistiske løsninger, der kan nedbringe disse omkostninger er derfor vigtige for rentabiliteten i den biobaserede økonomi. Sådanne løsninger kan f.eks. være infrastruktur til at forbehandle biomassen før transport, eller gode løsninger til at lagre og opbevare biomassen.

Der er flere eksempler på, at der i Danmark findes gode løsninger til at håndtere logistikken forbundet med biomasseproduktion og levering. Danmark fremhæves ofte, som havende et effektivt indsamlings- og distributionssystem for halm.⁴² Dette skyldes bl.a., at de danske kraftvarmewærker siden midten af 90'erne har suppleret forbrændingen af kul med halm, hvilket har givet et økonomisk incitament til at udvikle et effektivt distributionssystem.⁴³ Denne viden er blevet optimeret igennem bioraffinaderiet Inbicon, og i forbindelse med det kommende anlæg i Maabjerg Energy Concept forsøges denne infrastruktur yderligere forbedret.

Som nævnt tidligere er forsyningen af biomasse centralt for den biobaserede økonomi. For at kunne udrulle den kommende bølge af bioraffinaderier i resten af Europa er det

⁴² Se f.eks. Institute for European Environmental Policy (2012) og Dalberg (2011), side 51
⁴³ Inbicom (2011)

væsentligt, at håndteringen af biomassen kommer på plads. Gode distributions- og logistikløsninger tager tid at udvikle, og her er Danmark på forkant med udviklingen. Danske virksomheder vil derfor have gode muligheder for at kunne udbrede disse løsninger internationalt, eksempelvis som del af en større turn-key løsning i forbindelse med etablering af bioraffinaderier.

Boks 3 Distribution og logistik

Danmark har stærke kompetencer inden for bl.a. logistik og forsyningskæden i forhold til halm. Danmark fremhæves ofte, som det land med den mest effektive udnyttelse af restprodukter fra landbruget. Dette giver et godt afsæt for at være på forkant med udviklingen af holdbare forsyningskæder og teknologier til at understøtte den nye bølge af bioraffinaderier, ikke kun i Danmark, men også i EU og resten af verden. Attraktiviteten af danske turn-key bioraffinaderier vil øges, hvis de samtidig kan demonstrere en velfungerende forsyningskæde, herunder den tilhørende infrastruktur af maskiner og logistik.

Der eksperimenteres i øjeblikket med måder at optimere biomasseforsyningskæder yderligere på. Da biomasse typisk er dyrt både at lagre og transportere, er der meget potentiale i at forbedre disse elementer. I forbindelse med bioraffineringsanlægget i Maabjerg, er forsyningen af halm forsøgt optimeret. En mulig løsning påtænkes at være decentral brikettering af halmen før den transporteres til bioraffinaderiet. Dette ventes at betyde, at hver lastbil kan transportere tre gange så meget halm, hvilket vil mindske transportomkostningerne over større afstande, forbedre mulighederne for lagring af halmen (mere halm per lagerbygning) samt mindske genen ved tung trafik i raffinaderiets nærområde. Om disse fordele står mål med de øgede håndteringsomkostninger ved selve briketteringen er fortsat et åbent spørgsmål.

Læs mere om dette i case nr. 3.

Kilde: Copenhagen Economics

Bioraffinaderiet

Bioraffinaderiet er hjørnestenen i den biobaserede økonomi. Det er her, at biomassen omdannes til byggesten for biobaserede produkter. Danmark har en sammensætning af forskellige kompetencer, der gør Danmark til en velvalgt placering for bioraffinaderier. I en international sammenligning peges der f.eks. på Danmark som ét ud af seks europæiske lande, der særskilt anbefales til placering af bioraffinaderier, som anvender restprodukter fra landbruget.⁴⁴

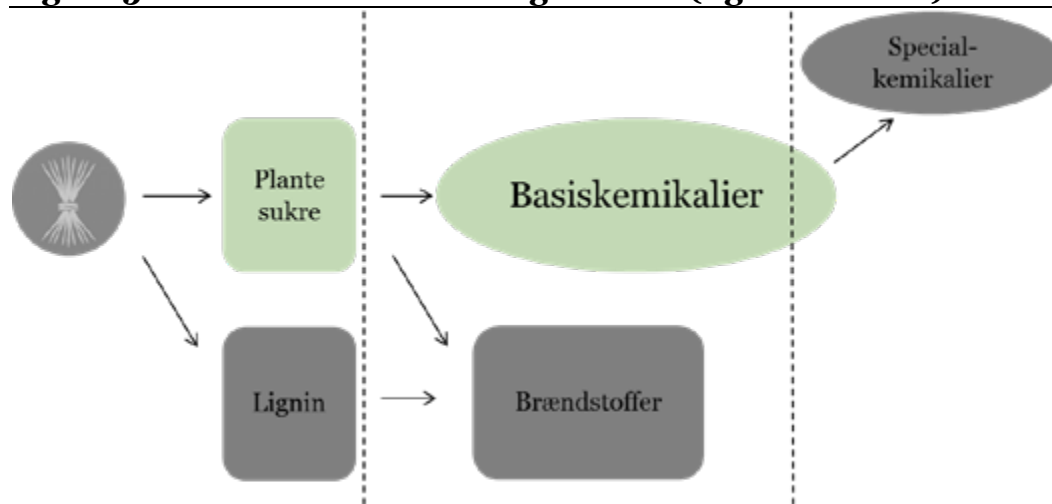
Et bioraffinaderi kan basere sig på forskellige biomasseinput og forskellige teknologier til behandling af dette input. Størstedelen af nye pilot- og demonstrationsanlæg i Europa,⁴⁵ er baseret på en biokemisk behandling af sukkerstoffer i restbiomasse som f.eks. halm, majsstængler og lignende.⁴⁶ I dette bioraffinaderi vil der være en række forskellige procesled, som kræver forskellige teknologier og har forskellige outputs. Lidt forsimplet kan processen opdeles i tre led, jf. Figur 15.

⁴⁴ Dalberg (2011), side 57

⁴⁵ IEA Bioenergy (2013)

⁴⁶ Lignocellulose

Figur 15 Biokemisk konvertering af halm (lignocellulose)



Kilde: Copenhagen Economics

I *det første led* udtrækkes sukkerstofferne fra biomassen. Dette er kernen i behandling af anden generations biomasse og er mere kompliceret end for behandling af første generations biomasse, da sukkerstofferne er sværere tilgængelige. Sukrene udtrækkes bl.a. ved at tilsætte enzymer. Danske biotekvirksomheder, i særlig grad Novozymes og Danisco/Dupont, har specialiseret sig i at producere disse enzymer, og er potentielle leverandører til lignende bioraffinaderier over hele verden.

Ud over de værdifulde sukkerstoffer indeholder halm også lignin, som er velegnet til forbrænding. I Danmark er der igangsat et forskningsprojekt, der arbejder på at omdanne lignin til et svovlfrit skibsbrændstof, der potentielt vil kunne erstatte den meget forurenende bunker fuel. Udviklingen af denne teknologi vil have et massivt globalt potentiale, som danske virksomheder vil kunne nyde godt af, hvis teknologien finder global anvendelse, jf. Boks 4.

Boks 4 Biobaseret skibsbrændstof fra lignin

Lignin er i dag et restprodukt, som skal fjernes for at frigøre de plantesukrer, der kan omdannes til brændstoffer, kemikalier og lægemidler. Lignin er velegnet til produktion af kraftvarme, men et dansk forskningsprojekt arbejder i øjeblikket på at omdanne det til et brændstof, der kan anvendes i skibsmotorer og dermed har en højere værdi end ved afbrænding. Dette vil øge rentabiliteten i bioraffinaderierne og dermed hele den biobaserede økonomi, samtidig med at det vil kunne reducere svovl- og CO₂ udledningerne fra den internationale skibsfart.

Som følge af skærpet international svovlregulering skal svovludledningerne reduceres fra skibsfarten i 2015. Alternativerne i dag er enten det dyrere dieselbrændstof eller installation af omkostningstunge røggasrensere. Hvis forskningsprojektet munder ud i brugbare teknologiske løsninger, der er billigere end de alternative løsninger, vil markedet for ligninbrændstof være massivt. Estimerer peger på et globalt markedspotentiale i omegnen af 450 mia. kr. på kort sigt og 900 mia. kr. på længere sigt. Dette potentiale vil i høj grad kunne tilfalde danske interessenter i form af eksport af teknologilicenser. Herudover vil det være til gavn for de maritime virksomheder i Danmark, der derved vil få adgang til en alternativ måde at overholde den skærpede svovlregulering og samtidig reducere sine CO₂ udledninger.

Læs mere om dette i case nr. 4

Kilde: Copenhagen Economics

I det andet led sker omdannelsen af sukkerstofferne. Sukrene er byggestenen for en række forskellige biobaserede produkter som f.eks. brændstoffer, kemikalier, plastik og lægemidler. Konverteringen af sukrene afhænger af, hvilket produkt der ønskes opnået, og et bioraffinaderi kan køre med parallelle produktionsspor, og producere forskellige slutprodukter, alt afhængigt af markedspriserne. Den kommende bølge af bioraffinaderier vil være indrettet efter at omdanne sukrene til biobrændstoffer, som beskrevet i kapitel 1. Fremadrettet vil produktionssporene til at producere basiskemikalier formentlig blive integreret i bioraffinaderierne på lige fod med brændstofproduktionen, jf. Boks 5.

Boks 5 Bioraffinaderiet; hjørnестenen i den biobaserede økonomi

Bioraffinaderiet er hjørnестenen i den biobaserede økonomi. Det er her, hvor biomassen omdannes til brændstoffer, kemikalier, materialer og andre produkter.

Et bioraffinaderi kan, som dagens olieraffinaderier opbygges fleksibelt, og vil f.eks. kunne bygge på en række forskellige biomasseinput, konverteringsteknologier og outputstrømme. De forskellige strømme i raffinaderiet vil løbende kunne justeres i takt med svingninger i produktpriserne, for hele tiden at udnytte biomassen så optimalt som muligt. Eksempelvis skruer de brasilianske sukkerrørsraffinaderier op for produktionen af bioethanol når olieprisen, og dermed ethanolprisen er høj, og skruer modsat op for produktionen af konventionelt sukker når sukkerprisen er høj.

Erfaringen med udbredelsen af nye teknologier tilsiger, at etablering af anlæg vil give anledning til en underskov af følgeindustri. Denne følgeindustri vil opbygge kompetencer, som vil være værdifulde i takt med udbredelsen af den biobaserede økonomi i Europa og globalt. Etableringen af Inbicon-anlægget i Kalundborg, som primært er udført af danske ingeniører og underleverandører, er et eksempel på dette. Dette har været med til at udvikle disse virksomheders kompetencer inden for etablering af bioraffinaderier, hvilket ventes yderligere forbedret ved den ventede etablering af Maabjerg Energy Concept ved Holstebro.

Det biobaserede output fra bioraffinaderierne vil foruden at reducere CO₂ udledninger også bidrage til forsyningssikkerheden. Begge dele opnås ved at lave produkter, der erstatter særligt oliebaseerede alternativer, både i form af f.eks. brændstoffer og kemikalier.

Læs mere om dette i case nr. 1

Kilde: Copenhagen Economics

Konvertering af sukkerstoffer til brændstoffer og kemikalier sker ved hjælp af mikroorganismer. For at lave brændstof benyttes f.eks. traditionel gæring, hvorimod konverteringen til kemikalier kræver andre typer af organismer. Danmark har en meget stærk global position inden for bioteknologi, hvilket gør danske virksomheder særligt velegnede til at være blandt leverandørerne af de mikroorganismer, der for alvor vil skabe høj værdi af sukkerstofferne. Dette kan være virksomheder som f.eks. Novozymes, Christian Hansen og Danisco/DuPont. Som eksempel er Novozymes tæt på at lancere mikroorganismer, der kan omdanne sukkerstofferne til basiskemikaliet æblesyre. Æblesyre – som blot er et eksempel på et biobaseret kemikalie – vil kunne produceres parallelt med biobrændstofferne, og vil kunne løfte økonomien i bioraffinaderierne, der i dag primært fokuserer på at producere brændstoffer, jf. Boks 6.

Boks 6 Biobaserede kemikalier - æblesyre

Kemikalier, der i dag er baseret på olie og gas, kan ligeledes fremstilles ud fra biomasse. Et eksempel som snart ventes at blive kommercielt er biobaseret æblesyre. Æblesyre er et udbredt basiskemikalie og bruges bl.a. i fødevarerindustrien f.eks. i læskedrikke, slik og vin.

Novozymes er i øjeblikket langt med at fremstille mikroorganismer, der kan omdanne plantesukre til æblesyre. Teknologien vil kunne anvendes i den kommende bølge af bioraffinaderier, som et parallelt spor til brændstofproduktionen. Da æblesyre har en højere værdi end brændstoffer vil det kunne løfte hele den biobaserede business case og gøre bioraffinaderierne mere rentable. Dette vil desuden øge værdien af biomassen og dermed bringe værditilvækst til producenterne i landdistrikterne.

Udover at æblesyre har en værdi i sig selv kan det også videreraffineres til andre kemikalier som f.eks. butandiol, der bl.a. bruges som byggesten til f.eks. bilsæder, golfbolde, soft plast og opløsningsmidler

Den kommercielle produktion af æblesyre vil kunne finde sted på bioraffinaderierne i Danmark, men teknologien vil også kunne eksporteres til resten af verden.

Læs mere om dette i case nr. 6

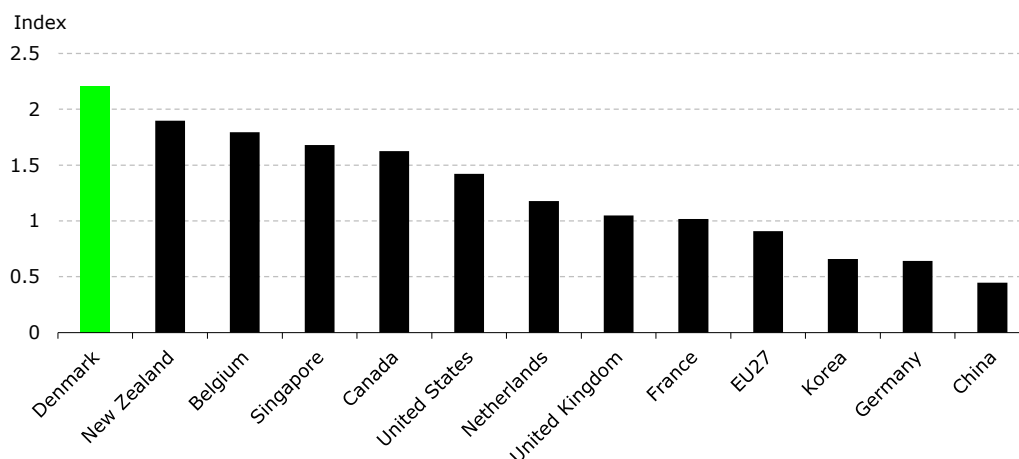
Kilde: Copenhagen Economics

De stærke danske erhvervskompetencer kommer ligeledes til udtryk ved, at den danske bioteknologiklynge er vurderet til at være den mest velfungerende i Europa.⁴⁷ Samtidig scorer Danmark generelt meget højt på OECD's biotekindikatorer, og er blandt andet vurderet til at være det land i verden, med størst relativ teknologisk styrke inden for bioteknologi, jf. Figur 16. Herudover har danske biotek virksomheder den største forsknings- og udviklings intensitet i OECD. Andelen af offentlige, forskningsmidler der går til biotek, er den fjerde højeste i OECD, og Danmarks andel af de samlede biotek-patenter i OECD var i 2007-2009 1,74 pct.; over tre gange større end Danmarks andel af OECD's BNP.⁴⁸

⁴⁷ European Cluster Observatory, Star Rating

⁴⁸ OECD (2011b), og Copenhagen Economics baseret på OECD Stat, Dataset 1

Figur 16 Relativ teknologisk styrke inden for bioteknologi



Note: Den teknologiske styrke er målt som en afsløret teknologiske fordel, der er beregnet som Danmarks andel af biotek patenter i forhold til Danmarks andel af samlede patenter.

Kilde: OECD (2011b)

I det tredje led i bioraffinaderiet kan de producerede basiskemikalier indgå som byggesten til andre og mere avancerede kemikalier, der kan bruges i lægemiddelindustrien, eller omdannes til f.eks. plastik og byggematerialer. Dette led kan i princippet også være en del af bioraffinaderiet. I praksis vil det formentlig kunne betale sig at bygge oven på den eksisterende kemiske industri, og sælge sukkerstoffer eller basiskemikalierne direkte fra bioraffinaderiet uden videre raffinering. Disse forretningsmodeller egner sig til afprøvning i pilot- og demonstrationsanlæg, der producerer biobaserede kemikalier.

Udover de teknologier, der skal drive processerne i et bioraffinaderi, så er selve designet og etableringen af et bioraffinaderi kompetencer, der ventes at blive meget værd i forbindelse med opførelsen af den kommende bølge af bioraffinaderier i Europa og resten af verden. Her står en række danske virksomheder stærkt på grund af erfaringerne ved opførelsen af Inbicon-anlægget. Det konkrete design af anlægget samt maskinel er primært blevet leveret af danske underleverandører, der derigennem har påvist kompetencer til at levere produkter til bioraffineringsanlæg. At disse kompetencer allerede findes i Danmark, har været en drivende kraft for planerne om etablering af fuldskalaanlægget Maabjerg Energy Concept ved Holstebro, der i høj grad vil komme til at bygge på teknologier fra Inbicon. Etableringen af Inbicon, og senere hen Maabjerg, vil foruden eksport af de enkelte komponenter, give mulighed for de involverede danske virksomheder at eksportere samlede turn-key løsninger til andre lande; dvs. varetage opførelsen, og evt. driften, af hele den nye bølge af bioraffinaderier, ligesom det succesfuldt har været tilfældet for danske biogasleverandører, jf. Boks 7.

Boks 7 Bioraffinaderiet – eksport af turn-key løsninger

Som beskrevet i Kapitel 2 har en række lande strategier for at udvikle den biobaserede økonomi, og i den kommende tid ventes etablering af en række nye bioraffinaderier i Europa og resten af verden. Denne udvikling indebærer et økonomisk potentiale for aktører, som kan sælge turn-key løsninger; dvs. varetage opførelsen, og evt. driften af de nye bioraffinaderier.

Der findes på verdensplan meget få fuldskala bioraffinaderier. Det nye anlæg i Crescentino i Italien er angiveligt verdens første, og det planlagte anlæg i Maabjerg ved Holstebro ventes ligeledes at være blandt verdens første. Ved at demonstrere, at danske virksomheder besidder teknologien og erfaringen til at etablere fuldskaalanlæg, herunder håndtering af biomasseforsyningskæden, vil de være attraktive leverandører på det nye marked for etablering af bioraffinaderier. Som nævnt har en række forskellige danske virksomheder været involveret i etableringen af Inbicon-anlægget, og har derigennem opbygget erfaringer og kompetencer med det overordnede design af anlæg samt med at levere input i form af f.eks. maskiner, tanke, kontrolanlæg, destillationskolonner, som benyttes i et bioraffinaderi.

Læs mere om bioraffinaderiet i case nr. 1

Kilde: Copenhagen Economics

Beskrivelsen af bioraffinaderiet ovenfor har primært taget udgangspunkt i den såkaldte sukkerplatform, dvs. udnyttelse af sukkerstoffer i plantematerialer. Et alternativ til denne bioraffinerings teknologi er forgasningsteknologien, hvor bl.a. Haldor Topsøe er blandt verdens førende inden for konvertering af gasserne til drop-in-brændstoffer, kemikalier mv., jf. Boks 8. Yderligere alternativer er direkte anvendelse af biomassens fibre og proteiner til f.eks. proteinkilder til dyrefoder. Forskningsplatformen BIO-VALUE har bl.a. netop i maj 2013 modtaget 160 mio. kr., hvor dette bl.a. er et vigtigt element.⁴⁹

⁴⁹ <http://www.science.ku.dk/presse/nyhedsarkiv/2013/biovalue/>

Boks 8 Forgasningsteknologi – biobaseret drop-in fuel

Et bioraffinaderi kan også benytte andre teknologier end den biokemiske udnyttelse af plantesukre. To eksempler er forgasning og katalyse, hvor bl.a. danske Haldor Topsøe er førende inden for sidstnævnte samt konvertering af forgasningsgasserne til brændstoffer, kemikalier og andre produkter.

Termisk forgasning kan omdanne en række forskellige inputs bl.a. træ, halm og rester fra papirindustrien til syntesegas, der derefter kan videreomdannes til f.eks. benzin, DME eller metanol, som kan bruges som brændstof eller i kemikalieproduktion

Katalyse omdanner typisk fedtholdige inputs som rapsolie eller rester fra papirindustrien til brændstoffer, der er helt analogt til diesel produceret på fossilt olie. Processerne egner sig i høj grad til integration på eksisterende olieraffinaderier. Denne teknologi er allerede kommercielt demonstreret.

De danske styrkepositioner er primært forankret omkring virksomheder som Haldor Topsøe, DONG Energy, Babcock & Wilcox Vølund, og Weiss, og et godt forskningsmiljø bl.a. på DTU og Aarhus Universitet.

Da teknologierne kan producere brændstoffer, som kan bruges uden ombygning af den eksisterende bilpark er markedspotentialet massivt. Herudover har det potentiale til at producere flybrændstof, hvor der i dag findes få biobaserede alternativer. Verdens samlede brændstofforbrug udgjorde i 2010 2.200 millioner tons olieekvivalenter, og ventes at stige til næsten 3.000 millioner tons i 2030.

Særligt syntesegas fra forgasning har et rigtig godt carbon footprint, og f.eks. den biobaserede benzin produceret fra træ og træaffald på Haldor Topsøes demonstrationsanlæg i Chicago kun indeholder 8 procent CO₂ i forhold til konventionelt benzin.

Læs mere om dette i case nr. 5

Kilde: Copenhagen Economics

Danmark har ud over de erhvervsmæssige kompetencer, også en række forskningsmæssige styrkepositioner af relevans for bioøkonomien. I Danmark er der en lang tradition for forskning i virksomheder, der fremstiller ingredienser, bioaktive stoffer og enzymer til fødevarer og foder samt anden biologisk produktion. Denne industri understøttes af en forskningsindsats fra de danske universiteter, Højteknologifonden, Det strategiske forskningsråd, Rådet for innovation og GTS-institutter.⁵⁰

Der foregår desuden allerede i dag, i samarbejde mellem universiteter og erhvervslivet, en betydelig indsats inden for forskning og uddannelse, som er relevant i forhold til bioøkonomien. Nogle enkelte eksempler er fremhævet i Tabel 6.

⁵⁰ Sekretariatet for vand, bio og miljøløsninger (2012), baggrundsnotat om biobaserede løsninger

Tabel 6 Eksempler på dansk forskning i bioøkonomien

Navn	Partnere
Forskningscenter for udvikling og anvendelse af bioteknologi til bioenergi (bio4bio)	Københavns Universitet, Århus Universitet, Ålborg Universitet, Center for Biomasse Innovation (CBMI), DLF-Trifolium, Novozymes og Terranol A/S
Nye enzymer med industriel relevans (Novenia)	Århus Universitet, DTU, Københavns Universitet, Jagiellonian University, Shanghai Ocean University, Universidad Estadual Paulista, Danisco, Arla Food, Novozymes, MTT AgriFood ResearchKU og DTU
SET4Future - Bæredygtige enzyntechnologier til fremtidens bioenergi	DTU, Københavns Universitet, JBEI (USA), Cornell University (USA), Novozymes, Dong Energy, Arrayjet (UK), PlantProbes (UK)
Bioraffinaderi på makroalger med produktion af biobrændstof og fiskeføder (MAB3)	Teknologisk Institut, Århus Universitet, Danmarks tekniske Universitet, Danish Shellfish Centre A/S, Aller Aqua A/S, Orbicon, Dong energy A/S, National University of Ireland, University of Sienna, University of Hamburg, Vitalys i/s, Dan Grønt Products A/S og Novozymes

Kilde: Sekretariatet for vand, bio og miljøløsninger (2012), baggrundsnotat om biobaserede løsninger

At Danmark har meget stærke kompetencer inden for forskning og udvikling, men også innovation, er bl.a. eksemplificeret af tilstedeværelsen af verdens førende innovationscenter inden for udvikling af fremtidens løsninger indenfor bioraffinering: The Novo Nordisk Foundation Center for Biosustainability.⁵¹ Centeret ventes at beskæftige ca. 200 fuldtidsforskere i løbet af 2013, og har været i stand til at tiltrække verdens absolutte elite inden for dette felt. Centeret arbejder i rummet mellem basisforskning og anvendt, erhvervsrettet forskning, og med konkrete innovationsprojekter f.eks. ved selv at udvikle nye typer af mikroorganismer, eller assistere virksomheder med deres udvikling. Herudover bidrager centeret ved at uddanne unge ph.d.-stipendiater, der efterfølgende kanaliseres ud og bidrager til vidensbasen i sektoren. Centeret har som en etableret målsætning at skabe konkrete spin-offs virksomheder, der kan gå i markedet med de innovative løsninger, der skabes i centeret, jf. Boks 9.

⁵¹ <http://www.biosustain.dtu.dk/>

Boks 9 Novo Nordisk Fondens center for biosustainability

Når forskning og udviklingsindsatser bliver omsat til erhvervsmæssig anvendelse, skabes der innovation. I 2011 blev forsknings- og innovationscenteret Novo Nordisk Fondens Center for Biosustainability (CFB) etableret i samarbejde med DTU for netop at udfylde rummet mellem forskning og kommerciel anvendelse inden for bioenergi. Centerets primære indsatsområde er at udvikle mikroorganismer, som kan omdanne plantesukre til højværdiprodukter som f.eks. kemikalier og byggesten for materialer, plastik og lægemidler.

Innovation er en vigtig driver for økonomisk vækst og jobskabelse. Et af de væsentlige kriterier for at forskning kan føre til økonomisk vækst er netop, at der skal være "vidensbroer", det vil sige samspil mellem den offentlige forskning og virksomheders egen forskning og innovation. CFB bidrager i meget høj grad til at dette er opfyldt i Danmark.

CFB ventes at beskæftige ca. 200 fuldtidsforskere i løbet af 2013, og har været i stand til at tiltrække globalt førende forskere til centeret.

Læs mere om dette i case nr. 8

Kilde: Copenhagen Economics

Adgang til afsætningsmarkeder

Slutproduktet i bioraffinaderier er, som nævnt, på den korte bane biobrændstoffer, men vil på lidt længere sigt også være biokemikalier.

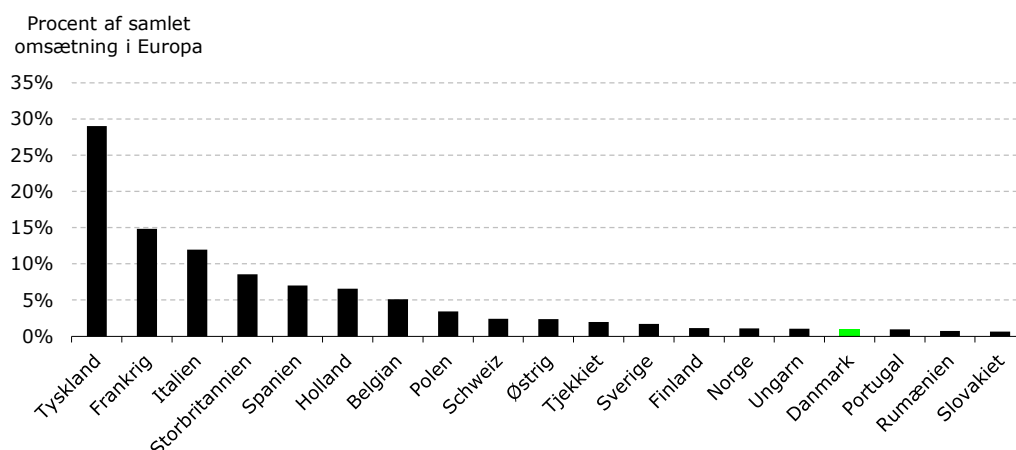
Brændstoffer er en commodity-vare, og handles og transporteres i dag over hele verden, særligt via skibstransport da det er let at transportere i meget store mængder. Med Danmarks nære adgang til havne, vil den del af brændstofproduktionen, som ikke kan afsættes nationalt relativt let kunne nå verdensmarkedet.

For kemikalier, er transport typisk mere besværlig. Kemikalierne skal emballeres før transport, og på grund af de mindre mængder sker transporten typisk via vejtrafik.⁵² Dette gør nærheden til afsætningsmarkeder vigtigere. For produktionen af basiskemikalier er relevante afsætningsmarkeder den traditionelle kemiske industri og plastikindustrien, der kan omdanne basiskemikalierne til f.eks. specialkemikalier, plastic eller lægemidler. De største aftagere af basiskemikalier findes inden for kemisk og plast industri, som i EU er koncentreret i Tyskland, Frankrig, Italien og Storbritannien, jf. Figur 17. Da infrastrukturen i Nordeuropa er god,⁵³ og afstanden til de store afsætningsmarkeder i f.eks. Tyskland er relativt begrænset, vurderes Danmarks smalle kemiske industri ikke at udgøre en barriere for udviklingen af den biobaserede økonomi i Danmark.

⁵² Se f.eks. McKinnon (2004), Supply Chain Excellence in the European Chemical Industry.

⁵³ Dalberg (2011) s. 55

Figur 17 Andel af samlet omsætning i kemisk og plast industri



Kilde: Eurostat, National Accounts

3.2 Det samlede billede af potentialerne i dansk bioøkonomi

Udvikling af den biobaserede økonomi rummer potentialer for dansk erhvervsliv. Med potentialer menes ganske enkelt, at danske virksomheder hver for sig og sammen har opbygget kompetencer, der muliggør at de kan udnytte de muligheder for produktion, eksport og jobskabelse, som et dansk innovations- og erhvervspolitisk fokus repræsenterer. Det gælder hele værdikæden fra produktionen af biomassen til produktion af slutprodukter.

Disse potentialer er anskueliggjort i de otte cases, som er blevet præsenteret i dette kapitel. For hvert af disse led i værdikæden er der identificeret en række virksomheder med stærke kompetencer. Det kan være som direkte producent af udstyr, specialiserede underleverandører eller tekniske rådgivere. Hertil kommer at udviklingen af disse nye produkter muliggør en betydelig værdiforøgelse af råmateriale. F.eks. vil efterspørgsel efter biomasse fra landbruget til denne nye anvendelse kunne skabe betydelige værdier for landbrug og landdistrikter. Dette skal også ses i lyset af, at halm anvendt til kraftvarme-produktion bliver afviklet som en del af energiforliget. Det skaber på et og samme tidspunkt forringet indtjening her og nu for landbruget, men muliggør samtidigt, at dette råstof kan anvendes i bioraffinaderierne til en pris, der på sigt kan blive højere end den er i dag. Det forudsætter dog, at der kommer gang i udvikling af særligt kommercielle fuldskalaanlæg, der kan udnytte denne ressource, som forklaret tidligere.

Nogle udvalgte hovedfakta fra de otte cases er beskrevet i Tabel 7. Det samlede billede er, at der er betydelige styrkepositioner i alle otte cases. Der findes en betydelig offentlig forskningskapacitet samt danske virksomheder, der kan absorbere og selv bidrage til innovative løsninger. På virksomhedssiden er det ikke bare de få store og internationalt kendte virksomheder som Novozymes, Dong Energy og Haldor Topsøe, men et væld af andre virksomheder. Det konkrete jobpotentialer er svært at vurdere undtagen for udvalgte

te områder. F.eks. kan det nævnes, at etablering af to fuldskala bioraffinaderier i Danmark, hvilket kan være realistisk i 2020, kræver 3.000 årsværk i anlægsfasen og 400 job i driftsfasen, og at etablering af biogasanlæg og forbehandlingsanlæg i Danmark kræver ca. 1.500-2.000 job årligt i anlægsfasen og 800-1.100 job i driftsfasen.

Tabel 7 Potentialer i den biobaserede økonomi

Case	Globale potentiale	Danske styrkepositioner	Identificerede virksomheder	Direkte DK jobeffekter og værdiskabelse
Det integrerede bioraffinaderi	Biobaserede kemikalier: 3.200 mia. kr	-Stærkt forskningsmiljø og stærke bioteknologi- og fødevareklynger -Flere af verdens førende virksomheder inden for konvertering af biomasse til brændstoffer og andre produkter -Langt i etableringen af bioraffineringsanlæg sammenlignet med de fleste andre lande	49	Etablering af 2 bioraffinaderier: - Anlægsfase: 6.000 årsværk - Driftsfase (kort sigt): op til 2.800 årsværk Eksport af turn-key bioraffinaderier Udvikling af dansk følgeindustri
Planteforædling	90 mia. kr. mod 2020	-Virksomheder inden for udvikling og forædling af bl.a. korn- og græssorter -Verdens største aktør inden for forædling af tempererede græs- og kløverarter -Fremhæves i internationale publikationer som det land med den mest effektive udnyttelse af restprodukter fra landbrug	4	Muliggør øget værdiskabelse ikke mindst i landdistrikter
Høstmetoder og logistik	180 mia. kr. mod 2020		12	Vigtigt for værdiskabelse i landdistrikter
Skibsbrændstof på lignin	450 mia DKK	Leder af unikt forskningsprogram for at omdanne lignin til skibsbrændstof, bl.a. støttet af Højteknologifonden	12	Muliggør at et Danmarks største erhverv - søtransport kan fortsætte sine aktiviteter med lav(ere) miljøpåvirkning
Biobaserede drop-in fuels	- Kan erstatte 3.000 mio. tons olieekvivalenter til brændstof	Salg af udstyr og teknologilicenser til fx Skandinavien og USA	7	Salg af udstyr og teknologilicenser til fx Skandinavien og USA
Biobaserede kemikalier – Æblesyre	I fødevareindustrien: 6,3 mia. kr. I kemikalieindustrien: 10 mia. kr.	-Verdensførende virksomheder inden for bioteknologi, og særligt udviklingen af mikroorganismer og enzymer. -Verdens dygtigste forskere samlet i innovationscenter, der udvikler biobaserede kemikalier fra biomassesukre	5	Salg af mikroorganismer og licenser
Bedre udnyttelse af organisk affald	2.500 forbehandlingsanlæg i Europa og en række biogasanlæg	Danmark har dygtige virksomheder til at håndtere både kildesorteret affald og usorteret affald. Danmark har dygtige leverandører af biogasanlæg.	42	- Nye biogasanlæg i DK: 50 - Nye forbehandlingsanlæg i DK: 15-20 - Anlægsfasen: 1.500-2.000 job årligt - Driftsfasen: 800-1.100 job årligt
Spin-off fra biosustainability center		-Forskningsmiljø med betydelige spillere til privat innovation inden for den biobaserede økonomi -udvikling af mikroorganismer blandt andet til konvertering af plantesukrer. -CFB centeret har været i stand til at tiltrække den globale forskningstop til centeret.		- Lokal vækst og produktivitetsforøgelse - Øger samfundets vidensbase

Kilde: Copenhagen Economics baseret på kilder nævnt i de enkelte cases.

Vi vurderer derfor, at der er mange indikationer for, at Danmark vil kunne drage nytte af en satsning på den biobaserede økonomi. Det svarer til de konklusioner, som regeringens vækstteam for vand, bio og miljø drog i slutningen af 2012, og den efterfølgende vækstplan fra regeringen jf. Boks 10.

Boks 10 Regeringens initiativer indenfor biobaserede løsninger

Tema 5: Fremme af et europæisk marked for biobaserede, bæredygtige produkter

15. Fremme af efterspørgslen efter biobaserede, bæredygtige produkter gennem fælles bæredygtighedskrav i EU samt gennem det internationale standardiseringsarbejde

Tema 6: Mulighed for forskning, test og markedsmodning af nye bioprodukter

16. Gode muligheder for forskning, test, udvikling og markedsmodning af nye biobaserede højværdiprodukter, såsom bioplastik og andre avancerede biotek-produkter

17. Fremme markedsmodning af bæredygtige materialer i produktdesign

18. Hjemtag af EU-midler til innovation og udvikling af biobaserede produkter på grundlag af længerevarende offentlig-private partnerskaber mellem forskningen og erhvervslivet

Tema 7: Forberedelse af forsyningskæderne på markedstrækket i den biobaserede økonomi

19. Øget tilgængelighed af bæredygtig biomasse fra landbrug, fiskeri, fødevarerproduktion og affald, blandt andet ved udvikling og afprøvning af planter og produktionsmetoder

20. Fremme af teknologier, der vil gøre biomassen billigere, med fokus på indsamling, transport, forbehandling og raffinering til blandt andet sukkerbase og proteiner

21. Gennemgang af natur- miljø- og energiregulering med henblik på at reducere uhensigtsmæssige

Kilde: Regeringens vækstplan for vand, bio, og miljøløsninger (2013)

Litteraturliste

- + 10 mio. tons planen (2012), "Muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier", Morten Gylling, Uffe Jørgensen og Niclas Scott Bentsen, Frederiksberg, 2012. 32 s. ill.
- Bechthold I, Bretz K, Kabasci S, Kopitzky R and Springer A (2008). "Succinic acid: a new platform chemical for bio-based polymers from renewable resources". Chemical Engineering & Technology 31, 647-654.
- Biorefining Alliance (AGROBIOSAM) (2012a), "Danmark i et globalt biobaseret samfund – vil vi være kunder eller producenter?".
- Biorefining Alliance (AGROBIOSAM) (2012b), "Baggrundsnotat om forbehandling og separation".
- Biorefining Alliance (AGROBIOSAM) (2012c), "Baggrundsnotat om bioprodukter".
- Biorefining Alliance (AGROBIOSAM) (2012d), "Baggrundsnotat om bioressourcer".
- Biorefining Alliance (AGROBIOSAM) (2012e), "Baggrundsnotat om biobrændstoffer".
- Copenhagen Economics (2011), "The Missing Indirect Land-use Change Factors".
- Cowi (2012), "Alternative Drivmidler".
- Dalberg (2011), "Biorefinery feasibility study".
- Energistyrelsen (2010), "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet".
- Energistyrelsen, www.ens.dk.
- Energistyrelsen (2012), <http://www.ens.dk/da-DK/UndergrundOgForsyning/VedvarendeEnergi/bioenergi/biomasseressourcer/Sider/Forside.aspx>.
- Erickson et al (2011), "Perspective on opportunities in industrial biotechnology in renewable chemicals".

EC (2012), Proposal COM(2012) 595 final of 17.10.2012 for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC and amending Directive 2009/28/EC.

Europaudvalget (2013), Rådsmøde 2013.

European Climate Foundation (2010), "Biomass for heat and power – Opportunity and Economics".

European Cluster Observatory, <http://www.clusterobservatory.eu/>.

Eurostat, National accounts,
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/national_accounts/introduction.

FAO (2009), "How to Feed the World in 2050".

FIVU (2012), "Danmark Løsningernes Land – Styrket samarbejde og bedre rammer for innovation i virksomhederne", Regeringen.

Gosh and Nanda (2010), "Venture Capital Investment in the Clean Energy Sector".

IEA (2011), "Biobased Chemicals - value added products from biorefineries".

IEA (2012), Detailed country R&D budget:
<http://www.iea.org/stats/rd.asp>.

Inbiom (2011), "Halm til Energi – status, teknologier og innovation i Danmark 2011".

Institute for European Environmental Policy (2012), "Mobilising Cereals Straw in the EU to Feed Advanced Biofuel Production".

Institute for European Environmental Policy (2013), "The Sustainability of Advanced Biofuels in the EU".

OECD (2008), "Resource Productivity in the G8 and the OECD".

OECD (2011a), "Future Prospects for Industrial Biotechnology".

OECD (2011b), "Key Biotech Indicators", Based on OECD Patent Database 2011.

OECD (2012a), "Fostering Innovation for Green Growth".

OECD (2012b), Biotechnology Statistics Database, December 2012,
<http://www.oecd.org/sti/innovationinsciencetechnologyandindustry/keybiotechnologyindicators.htm>.

OECD (2012c), Main Science and Technology Indicators Database 2012/1, <http://www.oecd.org/sti/msti.htm>.

OECD (2012d), "Environmental Outlook 2012".

OECD STAT, <http://stats.oecd.org/>.

Pöyry (2011), "Biomass 2020 – Opportunities, Challenges and Solutions".

Quartz & Co (2012), "Avancerede Biomaterialier og Integreret Bioraffinering".

Regeringen (2013), "Danmark i arbejde: Vækstplan for vand, bio og miljøløsninger".

Star-Colibri (2010), "Collection of information on biorefinery research funding and research organisations (projects) - outside Europe".

Star-Colibri (2011), "Joint European Biorefinery Vision for 2030".

US Department of Agriculture (2012a), "Annual Biofuels, Brazil".

US Department of Agriculture (2012b), "Annual Biofuels, India".

US Department of Energy (2012c),
http://www1.eere.energy.gov/biomass/integrated_biorefineries.html.

Vækstteam for vand, bio og miljøløsninger (2012), "Anbefalinger", Erhvervs og Vækstministeriet.

World Economic Forum (2010), "The Future of Industrial Biorefineries".

World Resource Institute (2011), "Two Degrees of Innovation—How to seize the opportunities in low-carbon power".



Den biobaserede økonomi

Den biobaserede økonomi er en bred betegnelse for det samfund, som vi kender i dag, men hvor brugen af råstoffer som olie, gas, kul erstattes af biomasse. De fossile brændsler skal erstattes, ikke blot i brændstoffer i transportsektoren, men også som input i produktionen af f.eks. kemikalier, plastik og lægemidler. Dette er hverken en ny idé eller en utopisk idé. Kemikalier som vi kender i dag er tidligere blevet produceret ud fra plantesukrer, men er efterfølgende blevet erstattet af billigere olie eller gas. Biomasse kan derfor allerede i dag bruges som basis for mange af de petrobaserede produkter, som vi kender. I takt med et øget fokus på bioøkonomien og dertilhørende teknologiudvikling, vil første generations biomasse, men også på sigt anden generations biomasse vinde endnu større indpas end i dag.

Den biobaserede økonomi er mange ting. Vi vil fremhæve otte cases, der beskriver de forskellige aspekter ved den biobaserede økonomi, og de muligheder det indebærer for Danmark. Casene vil illustrere forskellige områder af det bioøkonomiske kredsløb fra produktionen af biomasse, hen over processerne i bioraffinaderierne til produktionen af konkrete biobaserede produkter, og genindvinding af f.eks. fosforressourcer, jf. figuren side 2.

Case 1: *Det avancerede bioraffinaderi beskriver det avancerede bioraffinaderi - hjørnestenen i den biobaserede økonomi – der omdanner biomasse til biobaserede produkter.*

Case 2: *Planteformering beskriver optimering af biomasseudbytte, som er grundlaget for en biobaseret økonomi*

Case 3: *Høstmetoder og logistik beskriver, hvordan optimeret logistik kan spille en væsentlig rolle i udviklingen af den biobaserede økonomi*

Case 4: *Lignin til skibsbrændstof beskriver, hvordan et biprodukt fra f.eks. halm kan bruges til at lave svovlfrit og CO₂-fattigt skibsbrændstof*

Case 5: *Biobaserede drop in fuels beskriver, hvordan biomasse kan erstatte bl.a. flybrændstof eller almindelig benzin/diesel uden ombygning af eksisterende motorer*

Case 6: *Biobaserede kemikalier – Æblesyre beskriver anvendelsesmuligheder og potentialer i et konkret biobaseret højværdiprodukt*

Case 7: *Bedre udnyttelse af organisk affald beskriver, hvordan organisk affald bedre kan udnyttes som ressource i biogas- eller bioraffineringsanlæg.*

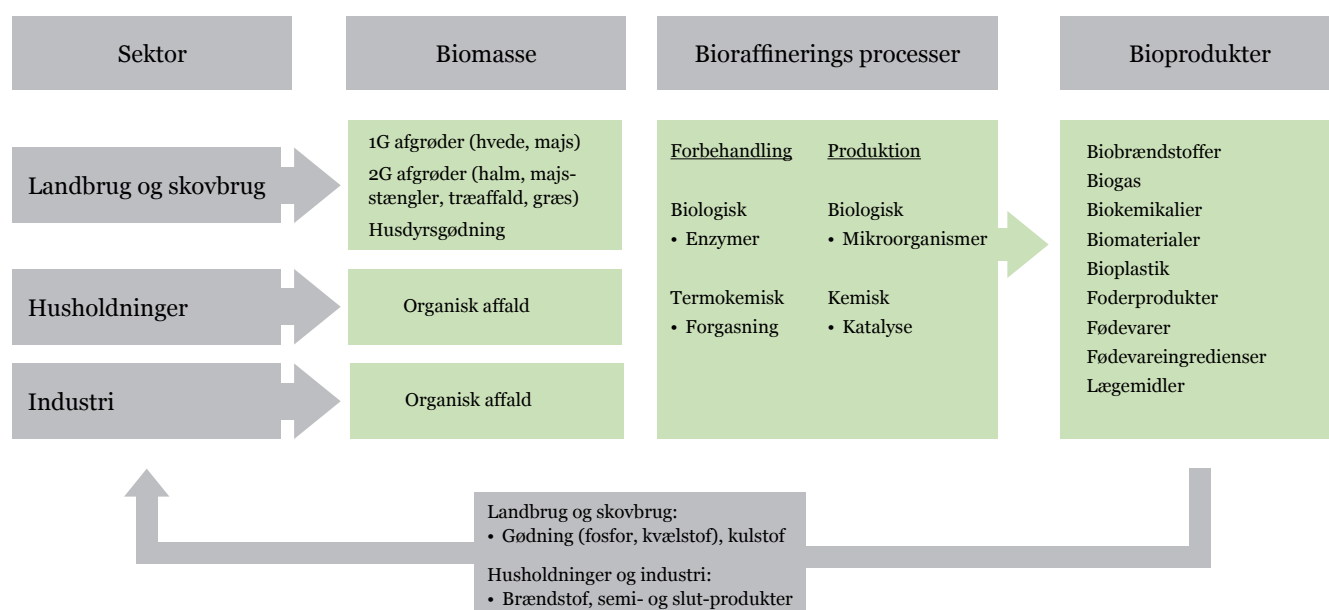
Case 8: *Spin offs fra biostustainability center beskriver de forsknings- og udviklingsmæssige potentialer i måske verdens førende innovationscenter for bioøkonomien*

Danmark har en enestående mulighed for at være på forkant med udviklingen af den biobaserede økonomi. Kombinationen af danske virksomheder, der er absolut førende inden for bioraffinerings teknologier, et meget stærkt forskningsmiljø inden for bioteknologi, og et effektivt landbrug til levering af biomasse gør, at Danmark har kompetencer til at være med i udviklingen og designet af biobaserede løsninger. Herudover er Danmark også langt inde i demonstration og kommercialisering af biobaserede teknologier igennem bl.a. Inbicon-anlægget ved Kalundborg og det kommende Maabjerg Energy Concept ved Holstebro, der vil være det eneste fuldskala anlæg i verden, der leverer 2. generations bioethanol.

Dette har en række fordele bl.a. for dansk erhvervsliv. Erfaringer viser, at der typisk opstår en underskov af virksomheder

omkring markedsetableringen af nye teknologier. Dette har for eksempel vist sig i vindindustrien, hvor der er vokset mange nye virksomheder frem. Eksempelvis er Esbjerg Havn i dag en af de stærkeste spillere i Nordsøen, og ventes at levere ydelser til en række af de havmølleparker, der sættes op i Danmark, Tyskland og UK.

Som det fremgår af case beskrivelserne, så findes der allerede i dag en underskov af danske virksomheder, der servicerer den spæde begyndelse på den biobaserede økonomi, som vi ser i Danmark i dag. Disse virksomheder vil stå stærkt i den internationale konkurrence, og endnu flere nye danske virksomheder vil kunne finde fodfæste på et stort og voksende marked.



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com



Case 1: Det integrerede bioraffinaderi

Bioraffinaderiet er hjørnестenen i den biobaserede økonomi. Her omdannes biomasse til biobaserede produkter som brændstof, materialer og kemikalier, der kan bruges til at producere f.eks. plastik, lægemidler og fødevaringredienser.

Etableringen af bioraffinaderier er hjørnестenen i den biobaserede økonomi. Bioraffinaderiet vil aftage biomasse fra landbrug, skovbrug og organisk affald fra husholdninger og industri, og omdanne det til energi, brændstof og produkter i form af kemikalier, plastik, lægemidler og fødevaringredienser. Bioraffinaderiet er dermed også nøglen til en stor del af den værditilvækst, job mv., der kan skabes i bioøkonomien. Ikke kun i selve raffinaderierne, men også i hele forsyningskæden, hvor landdistrikterne spiller en stor og vigtig rolle.

Et bioraffinaderi kan, som dagens olieraffinaderier opbygges fleksibelt, og vil f.eks. kunne bygge på en række forskellige biomasseinput, konverteringsteknologier og outputstrømme. Det konkrete design af det enkelte bioraffinaderi vil derfor bl.a. afhænge af den tilgængelige biomasse og hvilke produkter, der ønskes produceret. Ved at udbygge raffinaderiet med forskellige konverteringsteknologier vil det kunne håndtere forskellige typer biomasse og producere forskellige typer af slut- og mellemprodukter samtidigt. Strømmene i raffinaderiet vil løbende kunne justeres i takt med svingninger i produktpriserne, for hele tiden at udnytte biomassen så optimalt som muligt. De brasilianske sukkerrørsraffinaderier skruer f.eks. op for produktionen af bioethanol når olieprisen og hermed ethanolprisen er høj, og skruer modsat op for produktionen af konventionelt sukker når sukkerprisen er høj.

Bioraffinaderiet er dermed nøglen til en stor del af den værditilvækst, job mv., der kan skabes i bioøkonomien. Ikke kun i selve raffinaderierne, men i hele forsyningskæden bl.a. landdistrikterne

De moderne bioraffineringsanlæg, der i dag etableres og planlægges, benytter sig i overvejende grad af anden generations biomasse, dvs. restprodukter som f.eks. halm, majsstængler, træaffald og organisk affald. Dermed undgås brugen af biomasse, som kunne være brugt som fødevarer.

Oliebaserede produkter som benzin, kemikalier og plastik kan også fremstilles ud fra biomasse. Herudover kan sukkerstoffet i biomasse bruges til at udvikle kemikalier og andre produkter som er helt anderledes, end dem vi kender i dag.¹

Danske styrkepositioner

Danmark har en stærk komparativ fordel inden for den biobaserede økonomi. Udover at have et stærkt forskningsmiljø og stærke bioteknologi- og fødevarerklønger, som beskrevet i rapporten, har Danmark flere af verdens førende virksomheder inden for konvertering af biomasse til brændstoffer og andre produkter. Danmark er også relativt langt i etableringen af bioraffineringsanlæg, sammenlignet med de fleste andre lande:

- DONG's Inbicon anlæg ved Kalundborg var i 2009 et af verdens første demonstrationsanlæg til fremstilling af 2. generations bioethanol. Inbicons hovedprodukt er bioethanol, men producerer også andre produkter: melasse der bruges til biogasproduktion og lignin der bruges til kraftvarme. Inbicon benytter halm, men teknologien er allerede testet på andre biomassetyper, og ventes at kunne blive udbredt andre steder i verden, hvor teknologien er tilpasset den lokale biomasse
- Maabjerg Energy Concept (MEC) forventes at kunne sættes i drift i 2016 og bliver et af verdens største og mest avancerede

¹ Biorefining Alliance (2012), Arbejdsgruppen for bioprodukter

fuldskalaanlæg til at producere 2. generations bioethanol. Anlægget skal integreres med det eksisterende biogasanlæg, og samtidig udnytte restfraktioner til kraftvarmeproduktion. Anlægget ventes at kunne producere 73 millioner liter bioethanol, 99 millioner m³ biogas og el til 25.000 husstande og varme til 20.000 husstande

Danmark er desuden i gang med at udvikle en hel underskov af virksomheder, der leverer service og produkter til de meget komplekse bioraffinaderier. Til Inbicon-anlægget bidrog nedsatte virksomheder, foruden en række øvrige leverandører, og disse ventes også i spil til etablering af MEC.

- Forbehandlingsanlæg, varmevekslere, destillationskolonner: Haarslev Industri, Dansk Rustfri Kolding, JH Stål, Nordic Engineering
- Kontrolanlæg, instrumentering, ventiler, elektriske komponenter: Siemens, ABB, Fagerberg, Univalve, BB Hydraulic, Scanpump, Q-interline
- Øvrigt maskinel: KD Maskinfabrik, Champion Danmark, Bema, Passat Energi, Qubiqa, Cormall
- Rådgivning om design, proportionering mv.: Rambøll, Niras, Cowi, Process Engineering, Kirkholm, NNePharmaplan

Der findes forskellige teknologier til at konvertere biomasse til brændstoffer og produkter. To primære teknologier er biologisk konvertering med enzymer og mikroorganismer, og termokemisk konvertering ved forgasning. Danmark har meget stærke erhvervskompetencer inden for begge teknologier, heriblandt:

- Konvertering med enzymer og mikroorganismer: Novozymes, Chr. Hansen, Danisco/Dupont, DONG Energy, Biogasol, Teranol, Arla og Vitalys.
- Konvertering ved forgasning: DONG Energy, Organic Fuel Technology, Haldor Topsøe

De moderne bioraffineringsanlæg benytter sig i overvejende grad af anden generations biomasse, dvs. restprodukter som f.eks. halm, majsstængler, træaffald og organisk affald. Dermed undgås anvendelsen af biomasse, som kunne være brugt som fødevarer

Samfundsøkonomi

Produkter fra bioraffinaderier vil typisk have et lavere CO₂ footprint end de petrobaserede pendanter. Selve produktionen af bioproducter, herunder biobrændstoffer, giver også anledning til CO₂ udledninger, men samlet set vil der typisk være CO₂ besparelser ved at erstatte de petrobaserede brændstoffer, kemikalier mv. med bio-alternativer. Hertil kommer værdien af den forbedrede forsyningsikkerhed ved reduceret afhængighed af olie.

Beregninger for Maabjerg Energy Concept peger på, at den reducerede CO₂ udledning, der ventes at finde sted på anlægget vil have en samfundsøkonomisk værdi på knap 60 mio. kr. Lidt simpelt, vil det kunne give anledning til besparelser for ca. 120 mio. kr. ved to anlæg.

Markedsmæssige potentialer

Værdien af det globale marked for biobrændstoffer var i 2011 ca. 450 mia. kr., og estimater peger på, at dette vil kunne stige til over 1.000 mia. kr. i 2021.²

Det samlede markedsmæssige potentiale for produktion af biobaserede produkter er stort. Estimater peger på, at der frem mod 2025 vil være et globalt markedsmæssigt potentiale for biobaserede kemikalier, plastik mv. på ca. 3.200 mia. kr.³

Erfaringen med udbredelsen af nye teknologier tilsiger, at lokal etablering af anlæg vil give anledning til en underskov af følgeindustri

Beregninger foretaget for Maabjerg Energy Concept (MEC) peger på, at etableringen af fuldskala bioraffinaderiet MEC vil kunne bidrage med ca. 3.000 årsværk i anlægsfasen, og op til 1.400 årsværk i driftsfasen på kort sigt. Herudover vil værdien af de reducerede drivhusgasemissioner, og miljøpartikler have en samfundsøkonomisk værdi for ca. 50 mio. kr. årligt. Frem mod 2020 vil man formentlig kunne nå at opføre to bioraffinaderier af MEC's størrelse i Danmark⁴. Dette svarer til ca. 6.000 årsværk i anlægsfasen, og op til 2.800 i driftsfasen på kort sigt. To raffinaderier vil kunne aftage ca. 800.000 ton halm om året, hvilket vil bidrage til værditilvækst i landdistrikterne.

Erfaringen med udbredelsen af nye teknologier tilsiger, at etablering af anlæg vil give anledning til en underskov af følgeindustri. Denne følgeindustri vil opbygge kompetencer, som vil være værdifulde i takt med udbredelsen af den biobaserede økonomi i Europa, og på sigt globalt. Dette har f.eks. været tilfældet med satsningen på vindmøller i Danmark. Vi har i dag en række af de dygtigste underleverandører til vindmølleproduktion, etablering og drift. Eksempelvis er Esbjerg Havn førende inden for etablering og vedligeholdelse af havvindmøller og ventes at skulle servicere havmøllerparker i hele Nordsøen, som vil have Nordeuropas klart største koncentration af havmøllerparker⁵.

Barrierer

Den eksisterende petrobaserede industri har fordelen ved at have fuldt tilbagebetalte raffinaderier, dokumenterede teknologier, pålidelige forsyningskæder og langvarige kunderelationer.

2 <http://www.navigantresearch.com/newsroom/global-biofuels-market-value-to-double-to-185-billion-by-2021>

3 OECD (2011a)

4 Der er dog biomassepotentiale i Danmark til langt mere

5 Copenhagen Economics (2011), Havvindmøller på vej mod industrialisering



De nye spillere skal bevise, at teknologierne kan fungere i industriel skala og overbevise kunder om de nye produkters konkurrencedygtighed.⁶

Etablering af bioraffinaderier møder typisk barrierer i forhold til finansiering. Et fuldskala bioraffinaderi koster i mange tilfælde mere end 1 mia. DKK. Kombinationen af store investeringsomkostninger og teknologirisiko for de første anlæg gør, at bioraffinaderier typisk ikke er attraktive for hverken venturekapital eller bankfinansiering.⁷

Fortsat teknologisk udvikling er ligeledes en barriere for udbredelsen af bioraffinaderier. I dag findes en række biobaserede kemikalier og brændstoffer på markedet, som konkurrerer uden støtte med fossile alternativer. Disse produkter er typisk baseret på 1. generations biomasse. Produktionsprocessen er p.t. dyrere, når der arbejdes med 2. generations biomasse, men omkostningsniveauet er hastigt på vej nedad. Nye estimater peger på, at 2.

generations bioethanol kan blive konkurrencedygtigt i forhold til 1. generations bioethanol allerede i 2016.⁸

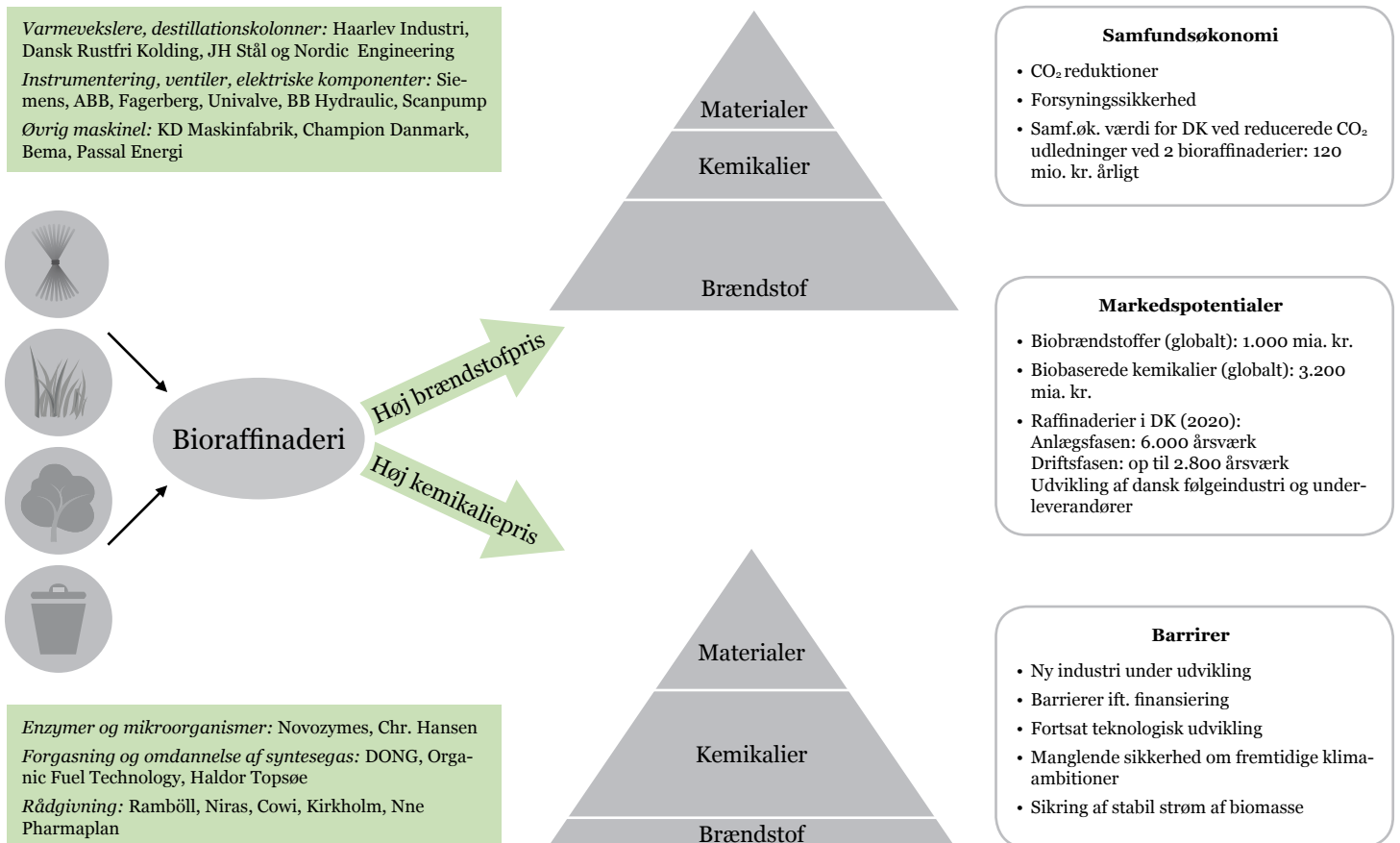
Da rentabiliteten af mange alternativer til fossilt brændsel afhænger af politiske målsætninger, bliver investeringer i sådanne teknologier afhængige af klimapolitiske initiativer som f.eks. krav om iblanding af biobrændstoffer i benzin. Manglende sikkerhed om disse ambitioner og dermed lave priser på CO₂ fremadrettet er hæmmende for investeringer i klimavenlige alternativer.

Sikring af biomasse til priser som gør de biobaserede produkter konkurrencedygtige med de traditionelle alternativer er en udfordring. Større fokus på planteforædling, lagring og logistik samt teknisk kompetence til at håndtere forskellige biomassetyper – f.eks. opnået gennem en øget anvendelse af bioraffineringssteknologien – vil hjælpe til at overkomme denne barriere.

6 Milken Institute (2013), Unleashing the power of the bio-economy

7 OECD (2012), Fostering Innovation for Green Growth

8 Bloomberg New Energy Finance (2013), Cellulosic Ethanol Costs: Surveying an Industry.



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com



Case 2: Planteforædling

Adgangen til biomasse er afgørende for det biobaserede samfund. Forædling af afgrøder har betydning for dyrkningsegenskaber, udbytte, kvalitet og prisen på biomassen, og forædling af både eksisterende og nye afgrøder vil blive efterspurgt fremadrettet for at optimere biomasseproduktionen og sikre tilpasningen til eventuelt fremtidige ændrede klimaforhold. Danske virksomheder har stærke kompetencer inden for planteforædling, hvilket gør dem godt rustet ift. en satsning på det biobaserede samfund.

Adgangen til biomasse er afgørende for det biobaserede samfund, og en høj, stabil biomasseproduktion vil derfor være af stor værdi. Forædling af biomasseafgrøder er et væsentligt aspekt af landbrugsproduktion, hvor små udbyttetigninger per hektar eller forbedrede kvalitetsegenskaber eller dyrkningsegenskaber kan have stor betydning for den samlede økonomi i de enkelte bedrifter. I kornproduktion er halm typisk blevet set som et spildprodukt, og planteforædling har derfor fokuseret på at mindske den relative stråmængde. I takt med at restbiomasse som f.eks. halm er blevet mere interessant, vil denne udvikling formentlig vende, og planteforædling af korn, der kan maksimere både kerne og stråproduktion vil blive mere attraktiv.

Planteforædling er også relevant i det ekstensive landbrug. Eksempelvis rummer udvikling og forædling af energigræsser et stort potentiale. Græsser er robuste afgrøder og kan vokse i områder, der ikke er egnede til landbrugsproduktion eller som af miljøhensyn bør dyrkes mindre intensivt og gerne med flerårige afgrøder for at beskytte vandmiljøet. Ved forædling kan der udvikles græsser f.eks. med højere energiindhold, hvilket vil gøre dem mere anvendelige i forhold til f.eks. bioraffinering eller biogas. En sådan udvikling vil kunne forbedre business casen for hele den biobaserede økonomi.

Danske styrkepositioner

Danmark har en række styrkepositioner, der gør det sandsynligt at tro, at danske virksomheder vil kunne drage fordel af en øget satsning på det biobaserede samfund. Dette gælder særligt det relevante erhvervsliv og på forskning og innovationssiden. Eksempelvis findes en række stærke danske virksomheder inden

for planteforædling, herunder Sejet Planteforædling, Nordic Seed og DLF Trifolium, som beskæftiger sig med at udvikle og forædle hhv. korn- og græssorter:

Sejet planteforædling er stiftet i 1947 og ejes i dag af DLG og Carlsberg. Sejet har egne forædlingsprogrammer indenfor en række forskellige kornsorter, f.eks. vårbyg, vinterbyg og vinterhvede. I 2011 omsatte Sejet for ca. 49 mio. kr., og beskæftigede 30 medarbejdere. Sejet samarbejder desuden med andre forædlingsfirmaer udenfor grænserne, bl.a. i Frankrig, Tyskland, England og Sverige. Virksomheden fokuserer på en bioteknologisk udbygning, for at imødekomme kravene til fremtidens kornsorter og et bæredygtigt landbrug. Det tætte samarbejde med DLG sikrer en konstant produktudvikling samt markedsadgang gennem DLGs handelsled.

Nordic Seed beskæftiger sig med kornforædling, sortsrepræsentation og handel med frø og sædekorn. Virksomheden forædler vinterhvede og vårbyg hhv. på Lolland og ved Odde og har en forsøgsstation ved Skive. Nordic Seed beskæftiger 28 medarbejdere og omsatte i 2010 for ca. 180 mio. kr. Nordic Seed's sorter sælges i flere europæiske lande gennem forskellige samarbejdspartnere, ligesom afprøvningen af sorterne finder sted i Baltikum, Sverige og Finland foruden Danmark. Det tætte samarbejde med DLA Group sikrer en konstant produktudvikling samt markedsadgang.

DLF Trifolium er verdens største aktør inden for forædling af tempererede kløver- og græsfrøarter og har en anslået global markedsandel på 20 pct. og i EU på 50 pct. Virksomheden er etableret i 1906 og beskæftiger i dag omkring 650 ansatte med en årlig omsætning på 2,3 milliarder kr. Produktionen af selve frøene sker fortrinsvist i Danmark, pga. det gunstige klima og den store

erfaring med frøproduktion. Derudover har DLF Trifolium gennem datterselskaber en betydelig produktion i Holland og USA. Ud over at producere plænegræs (til fx boldbaner, golfbaner og græsplæner), fodergræs og kløver til foder, udvikler DLF Trifolium også græsser til energiformål, som vokser hurtigt, har højt energiindhold og som kan vokse i suboptimal jord uden adgang til vand. Af DLF-Trifolium's produktion af kløver- og græsfrø i Danmark eksporteres ca. 95 pct. bl.a. via egne datterselskaber i Tyskland, Storbritannien, Frankrig, Holland, USA, Tjekkiet, New Zealand samt via repræsentationskontorer i Rusland og Kina og eksportafdelingen i Roskilde.

Som bindeled mellem forskningsverden og erhvervslivet findes bl.a. et Godkendt Teknologisk Serviceinstitut - AgroTech. AgroTech tilbyder forskningsbaseret rådgivning og teknologiske serviceydelser og hjælper med forretningsudvikling indenfor biomasse og bioeffektivitet, fødevarerinnovation, miljøteknologi og planteteknologi. Målet er bl.a. at skabe grøn udvikling, styrket innovation og konkurrencekraft i jordbrugs- og fødevarersektoren.

Samfundsøkonomi

Planteforædling handler essentielt om at øge udbyttet per hektar jord, bl.a. ved at gøre afgrøderne mere effektive til at udnytte lys, vand og næringsstoffer og samtidig gøre dem robuste over for vind og vejr samt skadedyr og plantesygdomme. Dette reducerer presset på en essentiel ressource, nemlig jord. Da arealanvendelse typisk medfører CO₂ udledninger i sig selv ved f.eks. at lægge beslag på arealer, hvor der kan lagres carbon, kan planteforædling øge den reelle CO₂ fortrængning.

Når afgrødernes produktivitet forbedres gennem planteforædling øges udbyttet og dermed forbedres produktionsøkonomien gennem hele værdikæden. Dette vil gøre en større mængde bio-

masse attraktivt for brug i bioraffinaderierne, og generelt løfte økonomien i hele det biobaserede samfund, herunder mulighed for indtjening og jobskabelse, samt bidrage til den fremtidige forsyningssikkerhed.

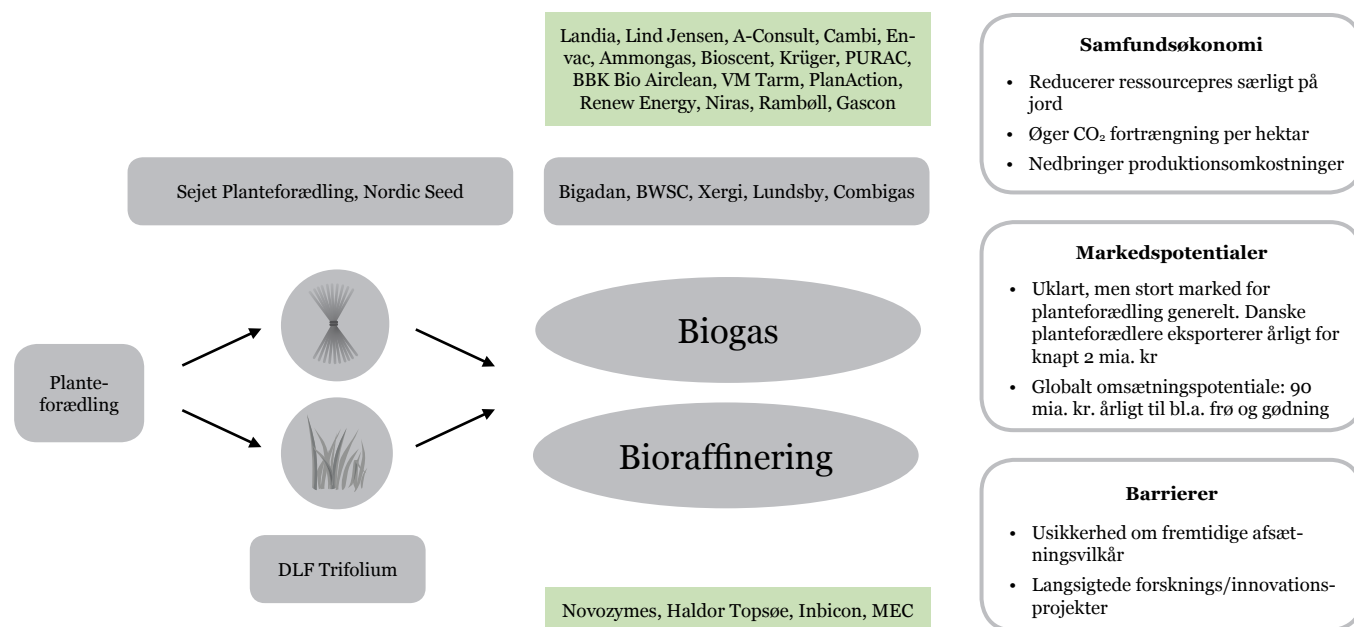
Markedsmæssige potentialer

De markedsmæssige potentialer for planteforædling specifikt er uklare. Planteforædling generelt er dog et stort marked. Danske planteforædlere alene eksporterer årligt for knap 2 mia. kr¹. Herudover estimerer World Economic Forum potentialet for input til produktion af biomasse, herunder planteforædling, gødning, og dyrkningsmetoder til ca. 90 mia. kr. frem mod 2020. I takt med at det biobaserede samfund udvikler sig; producerer højværdiprodukter og efterspørger en stigende grad af biomasse, vil biomasse fra de ikke-intensive jorder i højere grad blive relevant. Dette gælder f.eks. energigræsser på engområder, som i dag er en relativ dyr biomasse på grund af de svære høstbetingelser og ikke-optimerede afgrøder.

Barrierer

Forædling af en helt ny sort er en langsigtet investering, og det tager typisk 10-12 år at udvikle en ny sort. Pga. usikkerheden de fremtidige afsætningsvilkår er det risikabelt for virksomheder at foretage langsigtede investeringer. Afsætningsvilkårene afhænger i høj grad af etablering af bioraffinaderier, der skal aftage den store mængde af biomasse. Manglende kommercielle anlæg hæmmer muligheden for at foretage den udviklingsindsats, der er behov for nu for at være klar til den efterspørgsel, der ventes at være efter nye biomassesorter fremadrettet.

¹ Landbrug og Fødevarer (2012), En vision for dansk planteforædlingsforskning



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com



Case 3:

Nye høstmetoder og forsyningskæder

Adgang til biomasse er en central forudsætning for den biobaserede økonomi. Høst, indsamling, lagring og transport udgør i dag en relativ stor andel af den samlede omkostning ved biomasse. Ved at udvikle nye maskiner, lagringsmetoder og forretningsmodeller for behandling af biomassen vil disse omkostninger kunne nedbringes, og grundlaget for den biobaserede økonomi forbedres.

Det er afgørende for den biobaserede økonomi, at der er tilstrækkeligt med biomasse som råmaterialer for de biobaserede materialer. Første generations biomasse findes i stor skala, men fokus på bedre ressourceanvendelse og pres på fødevarepriserne har gjort anden generations biomasse baseret på restprodukter attraktiv. Disse restprodukter produceres typisk i det intensive landbrug (halm, majsstængler) eller skovbrug (træaf-fald), men der er også et betydeligt potentiale på naturarealer og ekstensivt drevne arealer som enge, grøfter og vejkanter mv. (enggræsser, energigræsser, pil mv.).

→ To væsentlige områder i forhold til at nedbringe omkostningerne til biomasseproduktion er udviklingen af høstmaskiner og optimering af forsyningskæden

I de fleste lande har restprodukterne i dag ingen anvendelse, og dermed ingen værdi ud over gødningsværdi og forbedring af jordens dyrkningskvalitet. Det betyder at omkostningen for at erhverve sig denne biomasse er lig med omkostningerne til at høste, indsamle, lagre, forbehandle og transportere biomassen. Disse omkostninger kan være betydelige, og udgør for halm ca. 30 procent af den samlede afsætningspris til kraftværker.¹

Ved at nedbringe disse omkostninger, vil den tilgængelige biomasse, der rentabelt kan benyttes i bioraffinaderierne øges. Dette vil forbedre økonomien i raffinaderierne, og dermed løfte udviklingen af hele den biobaserede økonomi, herunder

teknologiudvikling i bioraffinaderierne. Dette vil øge værdien af biomasseinputtet, og gøre det rentabelt at benytte endnu flere typer af biomasse samt øge værditilvæksten og jobskabelsen i landdistrikterne.

To væsentlige områder i forhold til at nedbringe omkostningerne til biomasseproduktion er hhv. udviklingen af høstmaskiner og optimering af forsyningskæden:

Høstmaskiner i det traditionelle landbrug har været en væsentlig bidragsyder til at øge produktiviteten i landbruget. Innovation og udvikling finder sted når værdien ved nye teknologier er tilstrækkelig stor. Dette var bl.a. tilfældet da halm blev efterspurgt i danske kraftvarmeværker. Denne efterspørgsel gav halm en værdi, hvilket førte til en udvikling af bedre maskiner som f.eks. større og mere effektive halmballepressere. Det biomassepotentiale, der i dag findes på de ekstensive jorder, kan ikke høstes med de store og tunge traditionelle høstmaskiner. En lignende udvikling inden for høst af denne biomasse vil kunne finde sted i takt med at økonomien i bioraffinaderierne forbedres, og efterspørgslen efter denne biomasse stiger.

Optimering af forsyningskæden er et væsentligt aspekt for omkostningerne. Eksempelvis er transportomkostninger relativt høje da der transporteres meget luft eller vand for hhv. halm og græsarter. Ved at tænke i nye forsyningskæder kan disse omkostningselementer nedbringes. I stedet for f.eks. transport af biomassen til store centrale anlæg, kan man f.eks. forestille sig modeller med decentral forbehandling af biomasse. Eksempelvis decentral "afvanding" af den grønne biomasse eller brikettering af halmen. Danske virksomheder tester i øjeblikket forskellige nye forretningsmodeller, f.eks. i forbindelse med

¹ Energistyrelsen (2010) - Forudsætninger for samfundsøkonomisk analyse side 13 og 14

det planlagte fuldskala bioraffineringsanlæg Maabjerg Energy Concept (MEC) ved Holstebro.

Danske styrkepositioner

Danmark har en række stærke kompetencer inden for bl.a. logistikken og forsyningskæden i forhold til halm. Danmark fremhæves, som det land med den mest effektive udnyttelse af restprodukter fra landbruget.² Dette giver et godt afsæt for at være på forkant med udviklingen af holdbare forsyningskæder og teknologier til at understøtte den nye bølge af bioraffinaderier ikke kun i Danmark, men særligt i EU og i resten af verden.

De store spillere inden for udvikling og produktion af høstmaskiner til den intensive landbrugsproduktion ligger uden for Danmarks grænser. Der kører dog allerede flere projekter i dansk regi, der satser på at udvikle teknologi og forretningsmodeller til at høste og distribuere biomasse fra de ekstensive jorder. Incitamenterne til at igangsætte disse projekter er blandt andet drevet af et politisk ønske om at fremme biogasproduktion, hvilket fører til fokus på nyttiggørelse af andre biomassetyper som f.eks. enggræs. Tilsvarende vil en øget etablering af bioraffinaderier, der efterspørger biomasse, kunne anspore lignende udviklingsprojekter.

Eksempelvis køres projektet BioM igennem Agrotech, et Godkendt Teknologisk Serviceinstitut (GTS), hvor nye metoder til at høste, behandle og distribuere enggræs testes. Projektet har et budget på ca. 40 mio. kr., og finansieres bl.a. af EU og Region Midtjylland. Enggræs er en interessant biomassetype, da den ikke konkurrerer med fødevarerproduktion om jord, og fordi der typisk er krav om, at enggræsset skal slås uanset hvad for at undgå et lukket tilgroet landskab.

Projektet har bidraget til at optimere hele forsyningskæden fra høst til logistik og transport, og er lykkedes med at cirkulere næringsstoffer fra engene (hvor de er til gene) til landbruget (hvor de er til gavn). Igennem projektet er det lykkedes at reducere høstomkostningerne med ca. 25 pct., hvilket forbedrer mulighederne for at indsamle enggræsset, der er blevet et reelt alternativ til f.eks. energiafgrøder eller fødevarer som majs.³ Herudover har man igennem projektet udviklet en metode til at forbehandle biomassen, så den bedre kan benyttes i biogas-anlæg.

Danmark fremhæves, som det land med den mest effektive udnyttelse af restprodukter fra landbruget.

Dette giver et godt afsæt for at være på forkant med udviklingen af holdbare forsyningskæder og teknologier til at understøtte den nye bølge af bioraffinaderier

Ansporet af, at et stort biomasse potentiale i dag vokser i områder, hvor det er vanskeligt at høste med konventionelle ma-

skiner, er der igangsat et nyt dansk projekt kaldet Grassbots, der har et budget på ca. 5 mio. kr. Målet med projektet er at udvikle små og lette fjernstyrede høstrobotter, der kan høste på de områder, hvor konventionelle maskiner ikke kan køre, som f.eks. de danske enge. Projektet, der bl.a. er finansieret af Region Midtjylland, har partnere fra maskinindustrien, GPS og navigeringsteknologi samt universitetsverdenen. Også producenter som Kongskilde (en del af DLG koncernen), der bl.a. producerer maskiner til halmtørring, kornopbevaring og transport, og Lynex der producerer slåmaskiner, deltager i Grassbots-projektet. Herudover deltager Compleks Innovation, som bl.a. udvikler avancerede robotløsninger med fokus på autonome, selvkørende køretøjer, og industridesigner Bertelsen Design, samt Agro Business Park. Disse danske virksomheder, og tilsvarende med dansk engagement som f.eks. Kverneland⁴, vil stå stærkt i den internationale konkurrence om levering af teknologi og konkrete løsninger i takt med udbredelsen af den biobaserede økonomi og et større fokus på mindre tilgængelige biomassetyper.

Optimering af biomasseindsamling, transport, lagring og logistik vil gøre danske turn-key løsninger for opførelse af nye bioraffinaderier mere attraktive, da netop sikring af en stabil biomasseforsyning er en væsentlig parameter for økonomien i bioraffinaderier. Ved at demonstrere holdbare løsninger hertil, vil danske turn-key leverandører stå stærkere

Der eksperimenteres også i øjeblikket med måder at optimere forsyningskæder på. Da biomasse typisk er dyrt både at lagre og transportere, er der meget potentiale i at forbedre disse elementer. I forbindelse med bioraffineringsanlægget i Maabjerg, er forsyningen af halm forsøgt optimeret. En mulig løsning påtænkes at være decentral brikettering af halmen før den transporteres til bioraffinaderiet. Dette ventes at betyde, at hver lastbil kan transportere tre gange så meget halm, hvilket vil mindske transportomkostningerne over større afstande, forbedre mulighederne for lagring af halmen (mere halm per lagerbygning) samt mindske genen ved tung trafik i raffinaderiets nærområde. Om disse fordele står mål med de øgede håndteringsomkostninger ved selve briketteringen er fortsat et åbent spørgsmål.

Samfundsøkonomi

Jo lavere omkostninger der er forbundet med høst, indsamling og transport, desto mere biomasse vil der rentabelt kunne bruges til f.eks. energiformål, i biogasanlæg eller i bioraffinaderier. Ved at udvikle nye metoder til at nedbringe disse omkostninger, vil biomasse kunne fortrænge en større del af den nuværende brug af fossile brændstoffer i f.eks. kraftvarmeproduktion eller oliebaseerede kemikalier via avanceret bioraffinering.

² Se f.eks. European Climate Foundation (2010) s. 8

³ BioM, Biomasse fra marginale jorder til biogas

⁴ Kverneland leverer bl.a. maskiner til jordbearbejdning, såmaskiner, gødnings-spredere og græsudstyr



For at forhindre tilgroning af enge og andre åbne arealer med træer og buske er f.eks. kommuner eller landmænd, typisk nødt til at slå eller høste disse områder jævnlgt. Dette indebærer naturligvis en omkostning. Ved at udvikle nye metoder til at optimere høst og distribution vil slåning af disse områder i højere grad kunne blive et nyt forretningsområde frem for en omkostningstung plejeforanstaltning, hvilket dermed reducerer omkostningen ved at leve op til den eksisterende regulering.

Markedsmæssige potentialer

Det markedsmæssige potentiale for ydelser relateret til høst og logistik er stort. Ifølge World Economic Forum er det forventede globale markedspotentiale frem mod 2020 ca. 180 mia. kr. Dette potentiale er både forbundet med det traditionelle intensive land- og skovbrug, men også med de mindre tilgængelige biomassetyper som enggræs. I takt med at bioraffineringen i højere grad vil fremstille højværdi-bioprodukter, stiger netop behovet for disse mindre tilgængelige typer, hvor potentiallet for at reducere omkostninger til høst og logistik er stort.

Optimering af biomasseindsamling, transport, lagring og logistik vil gøre danske turn-key løsninger for opførelse af nye bioraffinaderier mere attraktive, da netop sikring af en stabil

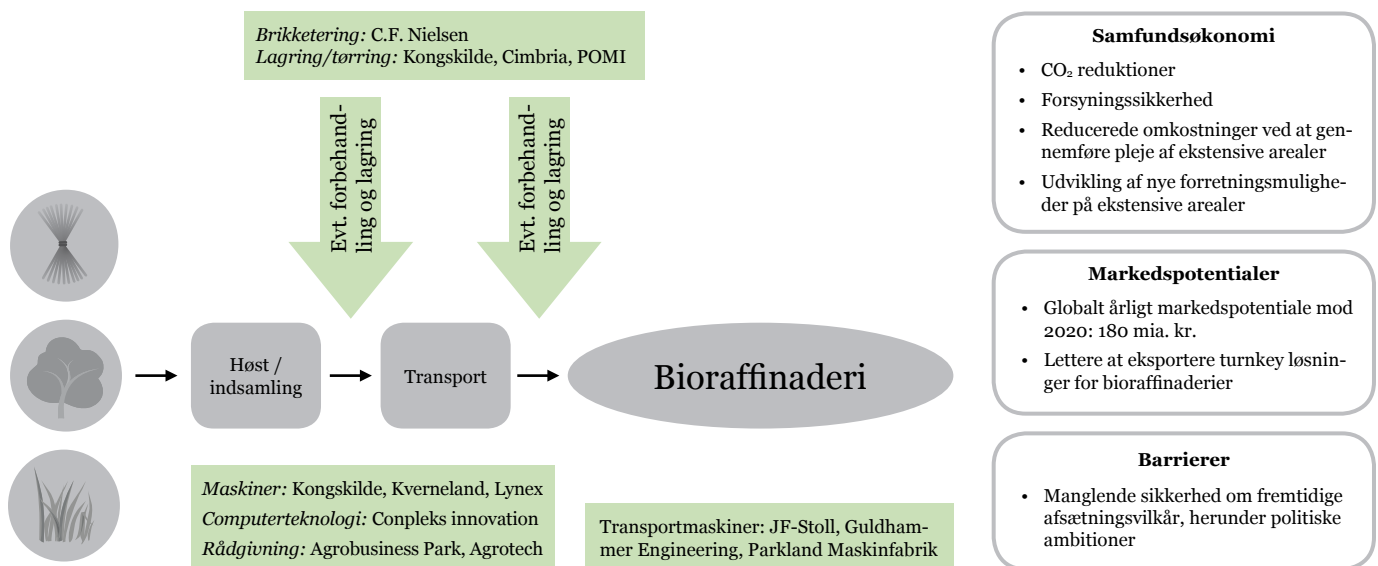
biomasseforsyning er en væsentlig parameter for økonomien i bioraffinaderier. Ved at demonstrere holdbare løsninger hertil, vil danske turn-key leverandører stå stærkere.

Det store markedsmæssige potentiale afspejler, at logistiske løsninger kan have en væsentlig betydning for de samlede omkostninger. Som et illustrativt eksempel blev det vurderet i 2011, at der kunne spares mere end 41.000 arbejdstimer om året (2½ minut per ton halm) ved at læsse halmen til danske elværker med en såkaldt teleskoplæsser i stedet for en frontlæsser.⁵

Barrierer

Udvikling af nye maskiner og teknologi er typisk langsigtede investeringer, der kræver sikkerhed om de fremtidige afsætningsvilkår. Disse afsætningsvilkår er i øjeblikket betinget af politiske ambitioner inden for klima og miljøområdet. Klare udmeldinger om politiske ambitioner og målsætninger og vilkår for aktørerne vil kunne nedbringe usikkerheden og dermed investeringsrisikoen for de relevante virksomheder.

5 Inbiom (2011), Halm til energi



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com

Case 4:

Biobaseret skibsbrændstof fra lignin



Lignin er et stof i ”stive” planter som halm og træ. Dansk forskningsprojekt vil omdanne det til svovlfrit skibsbrændstof.

Lignin findes i store mængder i træ, men også i ”stive planter” som f.eks. halm og majsstængler. Halm består f.eks. af ca. 1/3 lignin og 2/3 plantesukre. Lignin kan adskilles fra plantesukre igennem kemiske eller biologiske processer.

Lignin er i dag et restprodukt, som skal fjernes for at komme til de plantesukrer, der kan omdannes til brændstoffer, kemikalier og lægemidler. Denne proces vil typisk finde sted i et bioraffineringsanlæg. Lignin har en relativt høj brændværdi og kan derfor afbrændes i kraftvarmeværker, hvilket benyttes i Inbicon anlægget i Kalundborg og også ventes benyttet i Maabjerg Energy Concept. Et igangværende forskningsprojekt i Danmark arbejder dog på at omdanne det til et brændstof, som kan bruges i skibsmotorer. Ved at omdanne lignin til skibsbrændstof vil værdien stige til gavn for økonomien i bioraffineringsanlæg, hvilket vil forbedre business casen for hele den biobaserede økonomi.

Det meget anvendte skibsbrændstof bunker fuel indeholder høje koncentrationer af svovl. Det ligninbaserede brændstof er svovlfrit¹, og vil dermed kunne reducere de høje svovlemissioner fra skibstransport. Strengere regulering af skibenes udladninger af svovl på globalt plan fra 2015 ventes at understøtte efterspørgslen på brændstoffer med lavt svovlindhold. Ligninbrændstoffet har også den væsentlige fordel, at det kan bruges direkte i de eksisterende skibsmotorer med meget få tilpasninger. Dette er ikke tilfældet med f.eks. flydende naturgas (LNG).

Teknologien til at producere ligninbrændstof er allerede langt i udviklingen. Teknologien til udskilning af lignin fra halm benyttes i dag f.eks. i Inbicon anlægget. Konverteringen til skibsbrændstof er endnu på forsøgstadiet, men bygger på en eksisterende velkendt teknologi fra kulindustrien.

Danske styrkepositioner

Den danske forskningsplatform Biomass for the 21st century (B21st) er et unikt forskningsprogram, der arbejder med at omdanne lignin til skibsbrændstof. Programmet, som har et samlet budget på 112 mio. kr. er støttet af Højteknologifonden med 56 mio. kr. og løber fra 2012-2017. Partnerne i projektet er A.P. Møller Mærsk, DONG Energy, Haldor Topsøe, MAN Diesel & Turbo, Novozymes, DTU og Københavns Universitet.

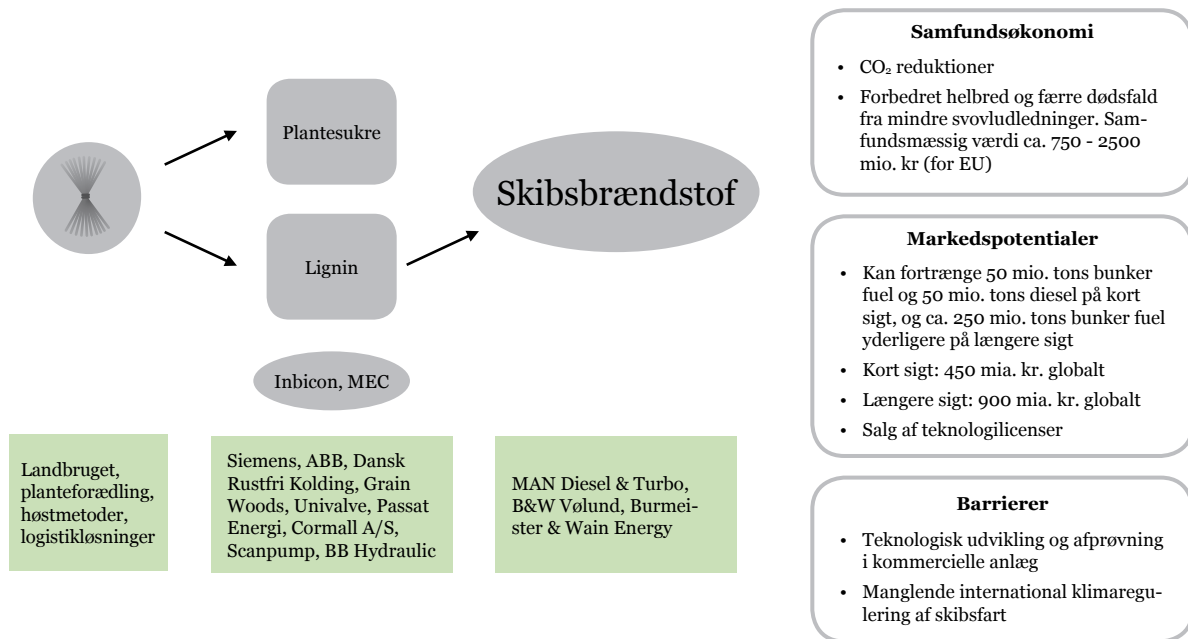
A.P. Møller Mærsk deltager i forskningsprojektet, som en potentiel aftager af det ligninbaserede brændstof på linje med den resterende rederibranche. Den amerikanske flåde har adskillige programmer som sigter på en anvendelse af biobaserede brændstoffer. Den danske søfartsbranche er blandt verdens største, og vil kunne drage stor fordel af et omkostningseffektivt svovlfrit brændstof.

➤ Ved at omdanne lignin til skibsbrændstof vil værdien stige til gavn for økonomien i bioraffineringsanlægene, hvilket vil forbedre business casen for hele den biobaserede økonomi

En effektiv separation af lignin fra biomassen er væsentligt i forhold til at lave omkostningseffektivt ligninbrændstof. I Danmark benyttes denne proces allerede i Inbicon, og teknologien videreføres og videreudvikles i fuldskaalanlægget Maabjerg Energy Concept ved Holstebro (MEC). MEC kan være fuldt operationelt i starten af 2016, og vil kunne producere ca. 100.000 ton lignin fra ca. 400.000 tons halm om året.²

1 Lignin udvundet fra visse processer i f.eks. skovbruget indeholder svovl, hvori mod lignin fra halm and andre landbrugsprodukter ikke indeholder svovl

2 Halm indeholder ca. 1/3 lignin, men kun ca. 1/4 ventes at kunne udvindes, jf. samtale med professor Claus Felby fra LIFE.



I MEC's nuværende forretningsplan er det tiltænkt at ligninen forbrændes til kraftvarme, men kan benyttes til skibsbrændstof i stedet.

Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomien i det ligninbaserede biobrændstof er primært knyttet til reducerede svovludledninger og reducerede CO₂ udledninger.

Svovludledningerne fra den internationale skibstransport er massive, og de miljømæssige konsekvenser til at få øje på. Luftforurening fra skibsfart (både svovl og fine partikler) er estimeret til at forårsage 50.000 for tidlige dødsfald i Europa og koste samfundet ca. 410 milliarder kr. i helbredsomkostninger ifølge Centre for Energy, Environment and Health.³

Strengere regulering af skibenes udledninger af svovl på globalt plan fra 2015 ventes at understøtte efterspørgslen på brændstoffer med lavt svovlindhold

Det ligninbaserede brændstof er svovlfrit og vil derfor kunne bruges til at overholde den skærpede svovlregulering. Ifølge EU Kommissionen vil en håndhævelse af svovlreguleringen i europæisk farvand, f.eks. igennem brug af ligninbrændstof, kunne give anledning til forbedret helbred til en samfundsmæssig værdi af 750-2.500 millioner kr.

Ud over at reducere svovludledninger vil en erstatning af bunker fuels med ligninbaseret biobrændstof kunne reducere CO₂ udledningerne relateret til skibstransport. Alene Mærsk

Lines forbrug af skibsbrændstof på ca. 11 millioner tons giver anledning til ca. 33,8 millioner tons CO₂ udledninger (i 2011). Dette svarer til over halvdelen af de samlede danske klimagase-missioner.⁴

Markedsmæssige potentialer

Ved at omdanne lignin til skibsbrændstof åbnes der op for et kæmpe marked. Skibsbrændstof er en globalt handlet vare, som sælges og eksporteres hele verden rundt. Ved at levere brændstof til blot ca. 6 havne vil over halvdelen af det globale containershipping-marked kunne serviceres.⁵

Det billige og meget svovlholdige bunker fuel er det mest udbredte brændstof i shippingindustrien. På verdensplan forbrænder shippingindustrien ca. 300 millioner tons bunker fuels og 50 millioner tons af det mindre forurenende diesel årligt. Skærpet miljøregulering igennem IMO og EU i forhold til svovludslip betyder, at den nuværende brug af bunker fuels i 2015 ikke længere er tilladt ved sejlads inden for reguleret farvand (særligt kystnært farvand). Rederierne kan vælge at installere røggasrensere (scrubbers) eller skifte til mindre svovlholdigt brændstof. Dette gør det ligninbaserede brændstof særligt interessant for rederierne, da både røggasrensere og mindre svovlholdigt brændstof er dyre løsninger. Ligninbrændstoffet kan benyttes direkte i de eksisterende motorer, og vil i princippet kunne erstatte alle de 300 mio. tons bunker fuel, hvis det kan produceres tilstrækkelig billigt og i tilstrækkelige mængder.

Det vurderes, at for at overholde den skærpede svovlregulering i 2015, vil det være nødvendigt at erstatte 50 mio. tons bunker

³ Det Økologiske Råd (2011)

⁴ Energistyrelsens energistatistik

⁵ Jf. samtaler med Mærsk Line



fuels om året på verdensplan med mindre forurenende brændsler.⁶ Det nuværende alternativ er den lette diesel, som allerede benyttes i skibsmotorer i dag. Hvis det er muligt at producere det ligninbaserede biobrændstof til en omkostning under prisen på diesel vil det med stor sandsynlighed blive brugt som erstatning for de 50 mio. tons bunker fuels i 2015. Herudover vil det ligeledes kunne fortrænge de 50 mio. tons diesel. Dette giver et samlet globalt markedspotentiale på ca. 450 mia. kr. på kort sigt. Herudover kommer yderligere ca. 900 mia. kr. på længere sigt fra de resterende 250 mio. tons bunker fuel.

Ved etablering af to danske fuldskala bioraffinaderier på størrelse med Maabjerg Energy Concept, vil 800.000 tons halm kunne omdannes til ca. 140.000 tons ligninbrændstof.⁷ Ved udnyttelse af det halm, der ventes at kunne bruges til energiformål i 2020 (ca. 3 mio. tons)⁸ vil man i Danmark kunne producere ca. 520.000 ton ligninbrændstof. Dette er betydeligt under den ventede globale efterspørgsel, og der ventes derfor også et stort markedspotentiale i at sælge dansk teknologi til produktionsanlæg andre steder i verden, og evt. salg af produktionsudstyret.

Prisen på lignin er i dag ca. \$150/ton,⁹ hvilket ca. følger prisen på kul, da lignin bruges i stedet for fyring med kul. Prisen på bunker fuel og let diesel er hhv. \$650/ ton og \$1.000/ton. Hvis ligninbrændstoffet kan produceres for under \$1000/ton per ton vil det være i stand til at fortrænge brugen af diesel, og hvis

det kan komme under \$650/ton kan det fortrænge brugen af bunker fuels. Værdien af lignin vil dermed kunne forøges med en faktor 4-6 ved at udnytte det til skibsbrændstof i stedet for samfyring i kraftvarmeværker. Prisen for omdannelsen er endnu ukendt, men projektpartnere i B21st-projektet vurderer, at brændstoffet kan blive konkurrencedygtigt alternativ.

Den danske søfartsbranche er blandt verdens største, og vil kunne drage stor fordel af et omkostningseffektivt svovlfrit brændstof

Barrierer

Den primære udfordring er at efterprøve teknologien i kommercielle anlæg, med konvertering af meget store mængder af biomasse.

Regulering af svovludslip er relativt fremskreden. Der er imidlertid ingen tegn på, at tilsvarende regulering for at begrænse klimagasser er på trapperne. I modsætning til andre former for transport, er bunker fuels beskattet meget lempeligt. Et øget klimarelateret reguleringsmæssigt pres på bunker fuels vil kunne gøre business casen for ligninbrændstof endnu mere attraktiv.

⁶ Jf. samtaler med Mærsk Line

⁷ 1 ton lignin kan generere ca. 0,7 ton ligninbrændstof, der kan erstatte f.eks. bunker fuels, jf. samtale med professor Claus Felby, LIFE

⁸ Jf. +10 mio. tons planen

⁹ Omregnet til sammenlignelige energienheder



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com

Case 5:

Biobaserede drop-in brændstoffer



Biobaserede drop-in fuels er fysisk/kemisk identisk med konventionelt brændstof, og har dermed potentiale til at erstatte disse brændstoffer uden ombygning af eksisterende motorer.

Bioraffinering handler ikke kun om at udtrække sukkerstoffer fra planter, og omdanne disse sukre til brændstoffer og andre produkter. Der findes også andre teknikker, for eksempel forgasning og katalyse, hvor bl.a. danske Haldor Topsøe er førende inden for sidstnævnte samt konvertering af forgasningsgasserne til brændstoffer, kemikalier og andre produkter.

- Termisk forgasning kan omdanne en række forskellige inputs bl.a. træ, halm, affald og rester fra papirindustrien til syntesegas, der derefter kan videreomdannes til f.eks. benzin, DME eller metanol, som kan bruges som brændstof. Særligt metanol indgår i dag også i kemikalieproduktion ved omdannelse til f.eks. formaldehyd, der bruges i bl.a. plastik, krydsfiner og tekstiler.¹
- Katalyse omdanner typisk fedtholdige inputs som rapsolie eller rester fra papirindustrien til brændstoffer, der er helt analogt til diesel produceret på fossilt olie. Processerne egner sig i høj grad til integration på eksisterende olieraffinaderier.² Denne teknologi er allerede kommercielt demonstreret.

Carbon footprint for biobaseret benzin produceret i Haldor Topsøes pilotanlæg i Chicago er kun 8 pct. i forhold til konventionelt benzin

Teknologierne har en række fordele: 1) Kan behandle (via forgasning) ellers vanskelige former for biomasse, som sort-lud og

andre restprodukter fra papirindustrien, men også industrielt affald som imprægneret træ og jernbanesveller, 2) Kan producere et drop-in brændstof, der kan benyttes uden ombygning/udskiftning af den eksisterende vognpark, 3) Kan producere jet fuel, hvor der ellers findes meget få biobaserede alternativer. Drop-in fuels kan dog også fremstilles af den biokemiske vej, f.eks. ved at omdanne plantesukre til butanol.

Danske styrkepositioner

De danske styrkepositioner er primært forankret omkring virksomheder som Haldor Topsøe, DONG Energy, Babcock & Wilcox Vølund, og Weiss, og et godt forskningsmiljø bl.a. på DTU og Aarhus Universitet.

Haldor Topsøe deltager i en række pilot- og demonstrationsprojekter, f.eks. en demonstration af træforgasning sammen med Skive fjernvarmeværk. Herudover foregår en stor del af udviklingen med partnere i Finland, Sverige og USA, eksempelvis ved et pilotanlæg i Piteå i Sverige, hvor sort-lud (biprodukt fra papirindustrien) forgasses samt et pilotanlæg i Chicago, hvor Topsøes teknologi omdanner syntesegas baseret på træpiller til drop-in benzin.

DONG Energy arbejder med forgasningsteknologi og har bl.a. et demonstrationsanlæg i Kalundborg, hvor bl.a. halm, husdyrgødning og biogasrestfibre omdannes til en gas, der herefter afbrændes i kraftvarmeanlægget. Denne gas vil med Haldor Topsøes teknologi også kunne omdannes til brændstoffer og kemikalier.

Samfundsøkonomi

Brugen af biomasseinputs som f.eks. træ og træaffald, halm, affald til at fortrænge fossile brændsler i f.eks. transportsektoren

¹ Biorefining Alliance (2012), Biobrændstoffer, arbejdsgruppepapir, og samtaler med Haldor Topsøe, og <http://www.chemanol.com/en/Products.aspx>

² Biorefining Alliance (2012), Biobrændstoffer, arbejdsgruppepapir, og samtaler med Haldor Topsøe

vil reducere CO₂ udledninger. Carbon footprint for biobaseret benzin produceret i Haldor Topsøes pilotanlæg i Chicago er kun 8 pct. i forhold til konventionelt benzin.

Brændstofforbrug i transportsektoren er typisk baseret på olie, som er relativt koncentreret i potentielt ustabile regioner. Ved at reducere forbruget af olie øges forsyningssikkerheden.

Markedsmæssige potentialer

Da teknologierne kan omdanne biomasse til både benzin og diesel er det potentielle marked enormt. Brændstofferne kan bruges uden ombygning af den eksisterende bilpark, og vil derfor hurtigt kunne penetrere markedet, hvis omkostningerne til produktion kan nedbringes tilstrækkeligt. Foruden markedet for brændstoffer til vejtransport, har teknologien også potentiale til at erstatte jet fuel, hvilket åbner op for endnu et marked med stort potentiale. Verdens samlede brændstofforbrug til transport udgjorde i 2010 2.200 millioner tons olieekvivalenter, og ventes at stige til næsten 3.000 millioner tons i 2030.³ Estimerer peger på, at markedet for brændstof til transport udgør flere tusinde milliarder kr.⁴ Lufttrafik alene står for 10 pct. af det samlede brændstofforbrug.

Som nævnt kan syntesegas eksempelvis omdannes til metanol, der i dag bruges både til brændstof og en lang række kemikalier. I dag er den globale efterspørgsel efter metanol ca. 55 mio. tons, hvor det primært bruges til at lave formaldehyd, der igen har en række forskellige anvendelser som f.eks. klæbestof, desinfektionsmiddel og i fotografiindustrien. I 2016 ventes efterspørgslen at stige til 92 millioner ton. Med en pris på hhv.

ca. 2600 kr. per ton og 2900 kr. per ton i de to perioder er markedspotentialet hhv. ca. 145 mia. kr., og 270 mia. kr. alene for metanol.⁵

Fokus på teknologierne ventes i første omgang at komme fra træproducerende lande, som Sverige, Finland, Norge og USA, da teknologierne egner sig særlig godt til at behandle træ og træaffald, både i form af træpiller, og som restprodukter fra papirindustrien som sort-lud.

Teknologierne egner sig godt til integration med eksisterende olieraffinaderier. Da brændstofprodukterne er identiske med de fossile baserede brændstoffer, kan olieraffinaderierne iblande det biobaserede brændstof på raffinaderierne for at øge deres grønne profil og ruste sig til en fremtid med stigende priser på fossile brændsler.

Barrierer

For at få tilstrækkelig økonomi i anlæggene skal de bygges i stor skala. Dette giver en udfordring ift. at sikre et tilstrækkeligt biomasseinput og på at rejse finansiering til anlæggene, som typisk er dyre at opføre.

Usikkerhed om fremtidige afsætningsvilkår, herunder de politiske klimaambitioner.

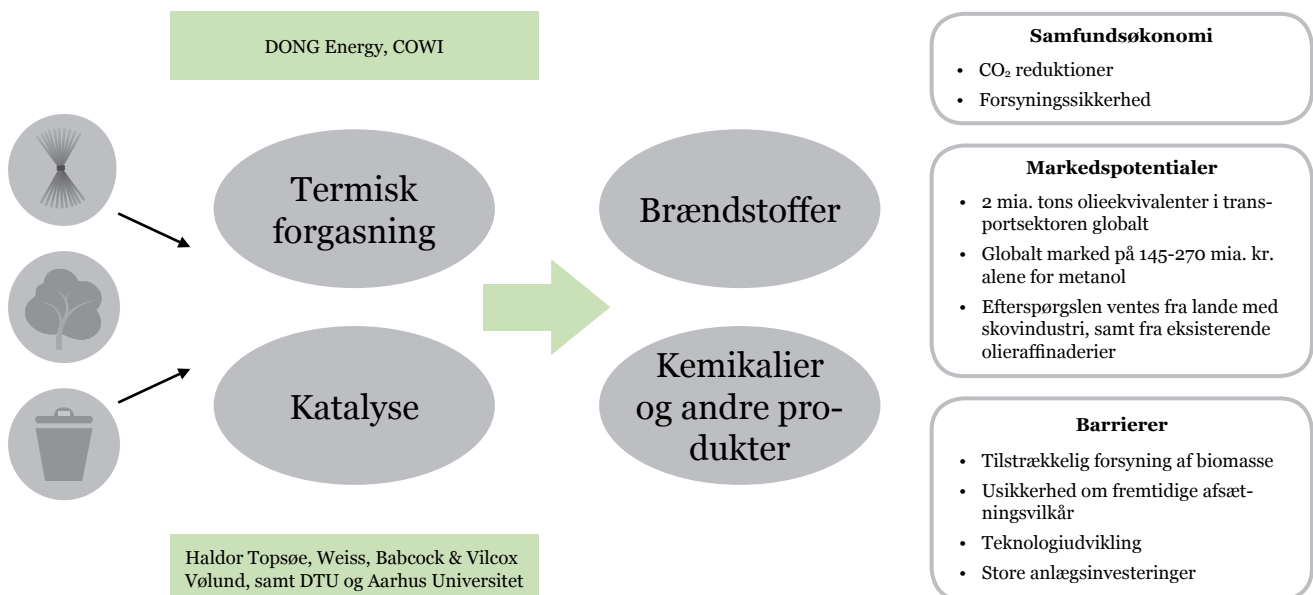
Teknologiudvikling. Der er behov for en betydelig forsknings- og udviklingsindsats før særligt forgasningsteknologi og syntegaskonvertering kan blive kommercielt.⁶

³ World Economic Forum (2011), Repowering Transport

⁴ <http://www.heritage.org/research/reports/2013/03/energy-security-trust-atl-fla-ws-in-alternative-fuel-subsidies>

⁵ Præsentation af IHS (2012), Global Methanol Market Review

⁶ Biorefining Alliance (2012), Biobrændstoffer, arbejdsgruppepapir, og samtaler med Haldor Topsøe



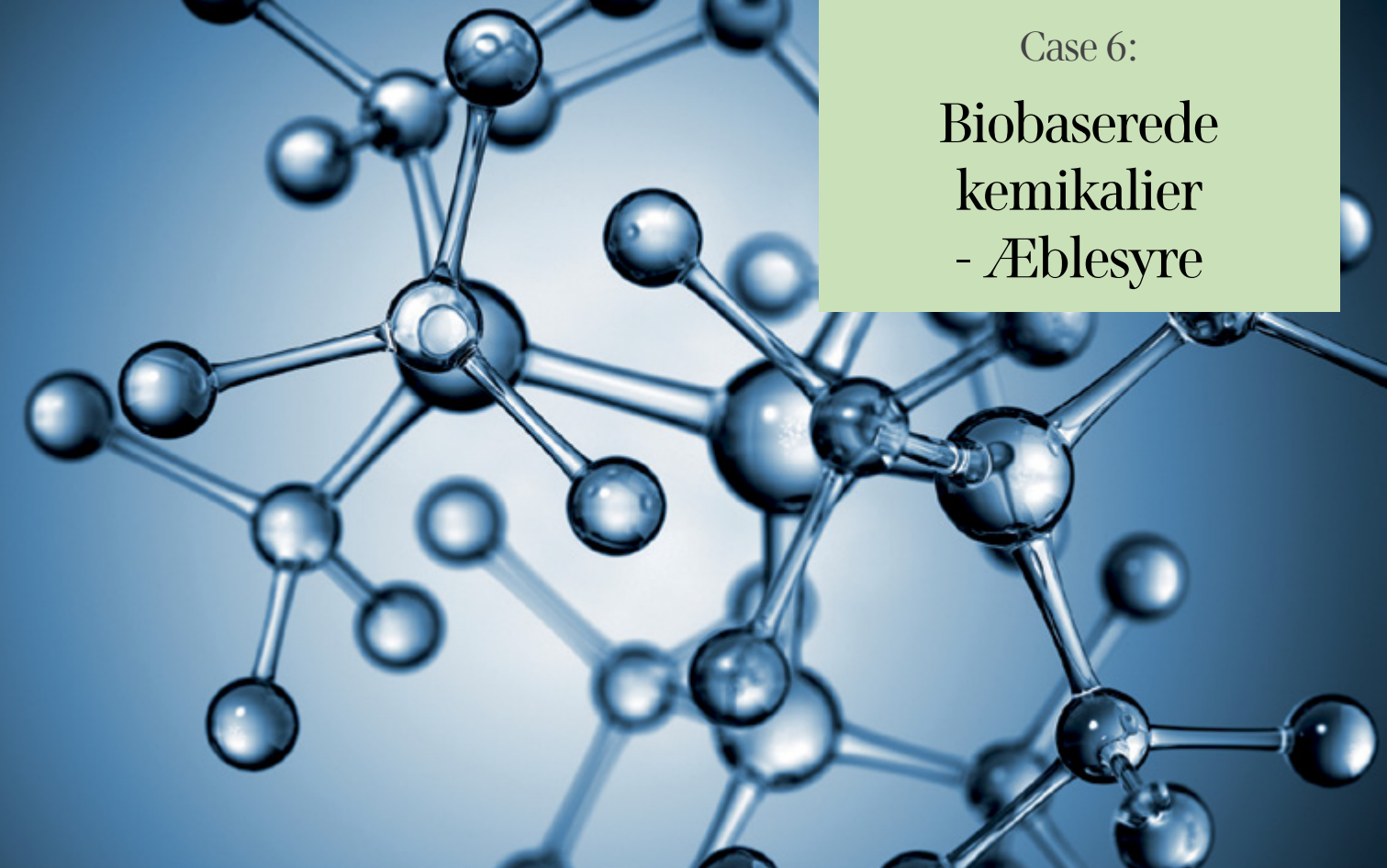
Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com



Case 6:

Biobaserede kemikalier - Æblesyre

Kemikalier, baseret på olie og gas, kan fremstilles af biomasse. Det næste skud på stammen ventes at blive biobaseret æblesyre, som er et udbredt basiskemikalie, og langt fremme i udviklingen. Mange flere biobaserede kemikalier ventes at følge.

I dag fremstilles de fleste kemikalier fra olie eller gas, og kun få kemikalier fremstilles på baggrund af biomasse. Imidlertid kan alle petrobaserede kemikalier produceres ved brug af biomasse i stedet for fossilt input. En udbredt metode til at fremstille biobaserede kemikalier på er at udvinde sukkerstofferne i biomassen, og derefter konvertere disse sukkerstoffer til kemikalier via mikroorganismer. Denne tilgang kaldes ofte for sukkerplatformen. De biobaserede kemikalier, der i dag er på markedet, er typisk fremstillet ud fra første generations biomasse som f.eks. majs, men kemikalierne kan ligeså godt fremstilles fra anden generations biomasse som f.eks. halm.

De biobaserede kemikalier, der i dag er på markedet, er typisk fremstillet ud fra første generations biomasse som f.eks. majs, men kemikalierne kan ligeså godt fremstilles fra anden generations biomasse som f.eks. halm

Æblesyre (malic acid) er et udbredt basiskemikalie, der benyttes i fødevarerindustrien som både smagsforstærker og konserver. Det bruges særligt i sodavand, slik, kød og vin, eller som byggesten til at lave andre kemikalier og plastik. Industriel æblesyre fremstilles i dag typisk af naturgas. Novozymes er dog kommet meget langt med at udvikle en mikroorganisme, der - relativt billigt - er i stand til at omdanne naturlige sukre til biobaseret æblesyre.

Novozymes' biobaserede variant har en række fordele i forhold til den petrobaserede variant. Æblesyren forventes at kunne anvendes i mindre doseringer end den konventionelle, og er designet til at have bedre helbredsmæssige egenskaber. Når mikroorganismene til produktion af æblesyre er færdigudviklede

inden for den nærmeste fremtid, ventes biobaseret æblesyre hurtigt at kunne fortrænge størstedelen af den petrobaserede æblesyre i fødevarerindustrien.

Danske styrkepositioner

Som beskrevet i rapporten, har Danmark meget stærke kompetencer inden for bioteknologi, og særligt udviklingen af mikroorganismer og enzymer. Udover et stærkt forskningsmiljø, har virksomheder som Chr. Hansen, Novozymes, Carlsberg og Arla meget stærke bioteknologiske kompetencer. Ligeledes ventes Novo Nordisk Fondens Biosustainability Center at huse ca. 200 fuldtidsforskere i løbet af 2013, som primært beskæftiger sig med at udvikle teknologierne til produktion af biobaserede kemikalier fra sukker udvundet fra biomasse.

I forhold til den biobaserede æblesyre udfører Novozymes selv udviklingsarbejdet, og ventes også at producere æblesyren selv eller licensere teknologien til samarbejdspartnere. Pilotproduktion af mikroorganismene vil med stor sandsynlighed finde sted i DK. Kommerciel produktion af æblesyren kan også finde sted i DK, men i princippet også andre steder i verden gennem licensering af teknologien.

Teknologien vil kunne anvendes i den kommende bølge af bioraffinaderier, som et parallelt spor til brændstofproduktionen. Ved at producere dette højværdiprodukt vil det løfte hele den biobaserede business case, gøre bioraffinaderierne mere rentable og bringe værdi til hele forsyningskæden, inklusiv producenterne af biomasse i landdistrikterne.

Samfundsøkonomi

Ved at bruge biobaseret æblesyre, i stedet for den petrobaserede

rede æblesyre, fortrænges en del af den CO₂, der udledes ved at anvende gas til at fremstille den petrobaseret æblesyre.

Markedet for lignende organiske syrer i fødevarerindustrien er på mere end 5,5 mia. kr. Her vil æblesyren konkurrere imod andre organiske kemikalier som eksempelvis citronsyre. Denne organiske syre anvendes i en række læsedrikke og fødevarer både som smagsforstærker og konserveringsmiddel. Potentielle aftagere af den biobaserede æblesyre vil være virksomheder som Nestlé, Pepsi, Coca-Cola og Kraft

Markedsmæssige potentialer

Æblesyre er et kemikalie med mange anvendelsesmuligheder, og der eksisterer mindst tre relevante markeder:

- Markedet for petrobaseret æblesyre
- Markedet for lignende organiske syrer
- Markedet for øvrige kemikalier og plastik

Det oplagte første skridt for den biobaserede æblesyre vil være som erstatning for den petrobaserede æblesyre, som særligt bruges som smagstilsætning i fødevarerindustrien. Dette marked er i dag på ca. 70.000 tons svarende til på ca. 800 mio. kr. Novozymes forventer, at det biobaserede kemikalie vil kunne være på markedet inden for få år, og sætte sig på en stor del af markedet inden for kort tid.

Markedet for lignende organiske syrer i fødevarerindustrien er på mere end 5,5 mia. kr. Her vil æblesyren konkurrere imod andre organiske kemikalier som eksempelvis citronsyre. Denne organiske syre anvendes i en række læsedrikke og fødevarer både som smagsforstærker og konserveringsmiddel. Potentielle aftagere af den biobaserede æblesyre vil være virksomheder som Nestlé, Pepsi, Coca-Cola og Kraft. Markedspenetrationsen afhænger primært af, hvor langt ned omkostningsniveauet kan komme.

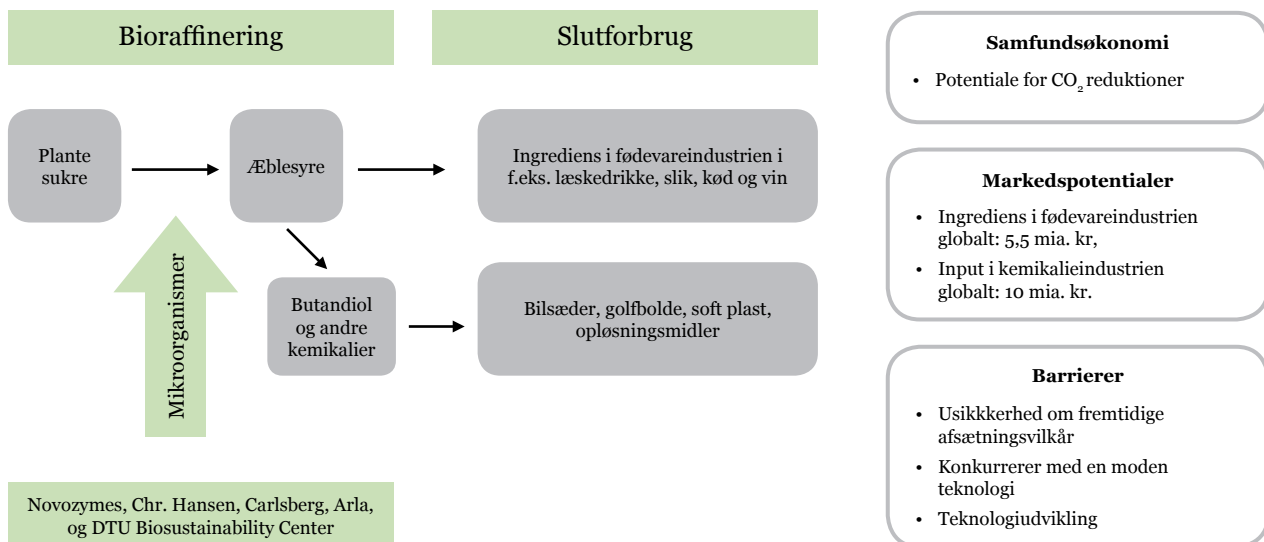
Æblesyre er et basiskemikalie og kan dermed omdannes til andre kemikalier, eksempelvis til butandiol (BDO), hvilket bruges som byggesten til f.eks. bilsæder, golfbolde, soft plast og opløsningsmidler. Markedspotentialet inden for omdannelsen til kemikalier vurderes til at være ca. 10 mia. kr.

Barrierer

Som med de fleste innovationer er der en teknologirisiko forbundet med den biobaserede æblesyre. Dette knytter sig især til, hvor langt omkostningsniveauet kan komme ned, bl.a. også i forhold til den videre raffinering til butandiol.

De biobaserede produkter skal konkurrere med de fossile baserede kemikalier, som produceres af en moden industri med afskrevne anlæg. Der er derfor en opstartsfase, der skal overkommes.

Herudover er der usikkerhed om de fremtidige afsætningsvilkår. Dette afhænger bl.a. af udviklingen i olie- og gasprisen da disse priser bestemmer prisen på de konkurrerende petrobaserede kemikalier. Desuden er der ikke – i modsætning til f.eks. biobrændstoffer – offentlige støttesystemer til de biobaserede kemikalier, hvilket hæmmer udvikling af teknologien.



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com



Case 7:

Bedre udnyttelse af organisk affald

Organisk affald deponeres i mange lande på lossepladser eller afbrændes til energiformål. Ved bedre genanvendelse bliver organisk affald en ressource til f.eks. biobaserede produkter eller i biogasanlæg. En række danske virksomheder er stærke inden for både forbehandlingen og den videre forarbejdning af affaldet.

Danske styrkepositioner

En forudsætning for at anvende organisk affald som ressource er, at det er tilstrækkelig sorteret og forarbejdet. Danmark har dygtige virksomheder til at håndtere både kildesorteret organisk affald og usorteret organisk affald, jf. figuren

- Kildesorteret affald:
 - a. Solum og Komteks anlæg forbehandler på forskellig vis kildesorteret dagrenovation. Virksomhederne benytter bl.a. reaktortanke, biofiltre, ventilationsudstyr, IT til at styre anlæggene samt andet miljøteknologi og maskineri
 - b. Potentielle underleverandører: F.eks. AL-2 Teknik, Stjernholm A/S, Retec og L-Rahbek. Herudover kan Alecia levere designløsninger, Picca Automation computerstyringen og Doppstadt Danmark knusere og sortérværker
- Usorteret affald
 - a. På DONGs demonstrationsanlæg RENescience, tilknyttet Amagerforbrændingen, behandles usorteret dagrenovation ved at tilsætte enzymer. Hermed adskilles den organiske rest fra f.eks. plastik, jern og glas
 - b. Potentielle underleverandører: Novozymes leverer enzymer til nedbrydningen af affaldet, Dansk Rustfri Kolding enzymreaktoren, Stadler affaldssorteringsanlæg, og KD Maskinfabrik og RETEC leverer hhv. slambehandling, afvanding og maskiner til affaldssortering

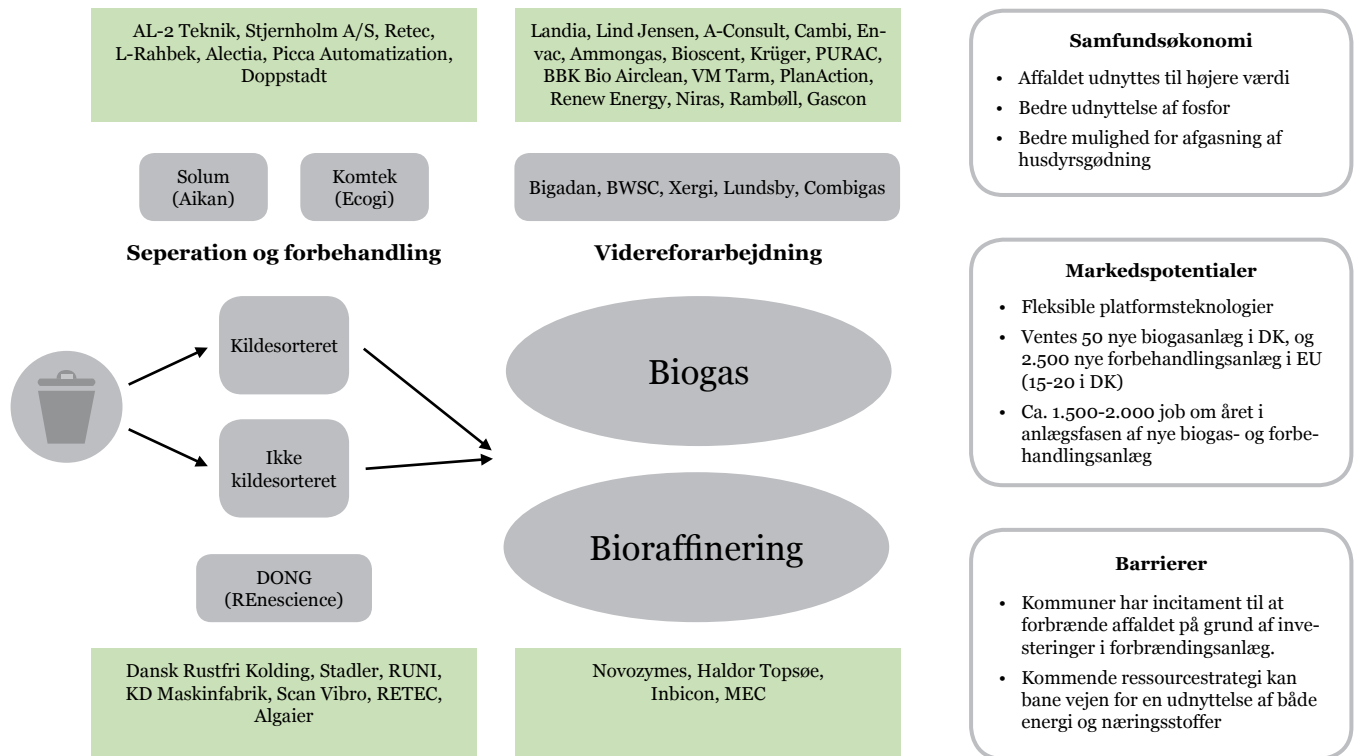
Forbehandlet organisk affald kan afgasses i biogasanlæg, hvilket har en række fordele sammenlignet med forbrænding, f.eks. recirkulation af fosfor og andre næringsstoffer, og omdannelse til et biobaseret produkt (i dette tilfælde gas) med højere værdi og kvalitet. Danske virksomheder er stærke indenfor biogas,

hvor bl.a. kvaliteten af de danske biogasanlæg er respekteret i hele Europa. Danske virksomheder, der tilbyder turn-key løsninger i forhold til produktion og evt. drift af biogasanlæg, eksporterer allerede i dag globalt, og vil være gode kandidater til at servicere en øget efterspørgsel:

- Biogasanlæg: Bigadan, BWSC, Xergi, Lundsby og Combigas tilbyder turn-key løsninger i forhold til produktion og evt. drift af biogasanlæg
- Potentielle underleverandører til f.eks. oprensningsteknologier og andre komponenter til biogasproduktion: Landia, Lind Jensen maskinfabrik, A-Consult, Cambi, Ammongas, BBK Bio Airclean, Frichs, TI, Bioscent, PURAC, PBJ Miljø, Assentoft Silo, Purac, VM Tarm, GEA Westphalia Separator, Kemira Water Danmark og Union Engineering samt de danske afdelinger af de store motorfabrikanter: Jenbacher, PonPower, Nissen Energi Teknik¹
- Rådgivende ingeniører: Planenergi, PlanAction, Renew Energy, GasCon, Grontmij, Krüger, Niras, Rambøll, Balslev, On/Off Management

Organisk affald kan i fremtiden også indgå som råstof i en bioraffineringsproces, der igennem f.eks. fermentering eller forgasning kan omdannes til biobaserede brændstoffer eller kemikalier som butanol, methanol eller mælkesyre, der igen indgår som byggesten i en lang række andre højværdi kemikalier, der kan bruges i fødevarerindustrien eller til f.eks. lægemidler og plastik.

¹ Samtaler med aktører i biogasbranchen samt Biorefining Alliance (2012), Arbejdsgruppen for biobrændstoffer



Bioraffinering kan foregå med forskellige teknologier, f.eks. biokemisk behandling med enzymer som i DONG Energy's Rescience eller termisk forgasning. Inden for enzymproduktion er Novozymes førende globalt, og Haldor Topsøe er tilsvarende inden for omdannelse af syntesegasserne fra forgasning. En liste over potentielle danske underleverandører til etablering af bioraffinaderier:

- Forbehandlingsanlæg, varmevekslere, destillationskolonner: Haarslev Industri, Dansk Rustfri Kolding, JH Stål, Nordic Engineering
- Kontrolanlæg, instrumentering, ventiler, elektriske komponenter: Siemens, ABB, Fagerberg, Univalve, BB Hydraulic, Scanpump, Q-interline
- Øvrigt maskinel: KD Maskinfabrik, Champion Danmark, Bema, Passat Energi, Qubiq, Cormall
- Rådgivning om design, proportionering mv: Rambøll, Niras, Cowi, Process Engineering, Kirkholm, NNePharmaplan

Samfundsøkonomi

Ved at udnytte det organiske affald til biobaserede produkter eller til biogas kan værdien af anvendelsen øges. Biobaserede kemikalier har som tidl. omtalt f.eks. en højere værdi end ved kraftvarmeproduktionen, og biogas kan bruges til f.eks. brændstof i transportsektoren eller som lagerbar ressource til at stabilisere et volatilt vindbaseret energisystem.

Organisk affald indeholder fosfor. Når affaldet forbrændes eller deponeres går fosforet tabt. Det er et problem, da fosfor er en knap ressource koncentreret i få lande med potentiel negativ indvirkning på Danmarks forsyningssikkerhed. Ved at anvende affaldet i biogasanlæg eller i bioraffinaderier vil fosforet kunne genanvendes, hvilket vil have værdi i form af forsyningssikkerhed, den generelle ressourceudnyttelse og den langsigtede fødevarerforsyning.

Organisk affald kan i fremtiden også indgå som råstof i en bioraffineringsproces, der igennem f.eks. fermentering eller forgasning kan omdannes til biobaserede brændstoffer eller kemikalier som butanol, methanol eller mælkesyre, der igen indgår som byggesten i en lang række andre højværdi kemikalier, der kan bruges i fødevarerindustrien eller til f.eks. lægemidler og plastik

Markedsmæssige potentialer

Fælles for mange af de danske teknologier er, at de er fleksible platformsteknologier, som nemt vil kunne tilpasses forskellige markedsbehov og eksporteres til andre lande og regioner. Dette giver gode muligheder for opbygning af turn-key kompetencer, hvor teknologi og know-how kan licenseres eller eksporteres til andre lande.



Intelligent udnyttelse af organisk affald har et stort potentiale. I Europa genereres hvert år alene ca. 576 mio. tons husholdningsaffald og industrielt affald, hvoraf en stor andel er organisk affald.² Op mod 50 pct. af dette deponeres, og bruges derfor hverken til energiformål eller genanvendelse.³ Med EU's fornyede lovgivningsmæssige fokus, og målsætning om at genanvende 50 procent af husholdningsaffaldet i 2030,⁴ ventes behovet for teknologier til at udnytte det organiske affald at stige markant. Dette gælder både inden for teknologier til sortering og forbehandling, og til den videre forarbejdning i biogas og bioraffineringsanlæg. Inden for sortering og forbehandling foreslår estimater, at der kan blive behov for op mod 2.500 nye anlæg i EU, og 15-20 i Danmark.⁵ Inden for videreforarbejdning af det organiske affald ventes også en stor fremtidig efterspørgsel. I første omgang efter biogasanlæg, hvor danske leverandører af både anlæg og komponenter samt turn-key kompetencer står stærkt, og på lidt længere sigt teknologier til at producere kemikalier og andre højværdiprodukter.

Ved at anvende affaldet i biogasanlæg eller i bioraffinaderier vil fosforet kunne genanvendes, hvilket vil have værdi i form af forsyningssikkerhed, generel ressourceudnyttelse og langsigtet fødevareforsyning

Det er i Danmark en politisk prioritering at afgasse husdyrsgødning i biogasanlæg, hvilket gør næringsstofferne mere tilgængelige for afgrøderne, og samtidig reducerer udvaskningsrisiko og lugtgener. Det er anslået, at regeringens målsætning om afgasning af husdyrsgødning vil give anledning til etablering af ca. 50 nye store biogafællesanlæg samt et antal gårdanlæg i Danmark. Dette vil kunne give anledning til 1.300-1.500 job årligt i anlægsfasen (over 8 år).⁶ Herudover kan der blive anledning til 800-1.000 job i driftsfasen. Tilmed vil en øget efterspørgsel efter anlæg til forbehandling af affaldet (15-20 i Danmark) kunne give yderligere 230-450 job om året i anlægsfasen og 45-100 jobs i driftsfasen. Da biogasanlæggene har behov for tørstof til at supplere gyllen kan en øget anvendelse af husholdningsaffald i biogasanlæg øge gasproduktionen og bidrage til at undgå anvendelse af f.eks. majs, som er en udbredt praksis i Tyskland.

Barrierer

En væsentlig udfordring for en bedre udnyttelse af det organiske affald i Danmark er den eksisterende udbredte afbrænding af affaldet. Over en længere periode er der investeret i affaldsforbrændingsanlæg, og indsamling og håndtering af affald er i høj grad organiseret om at skabe økonomi i disse anlæg. Kommuner, der ejer forbrændingsanlæg, har interesse i at anvende affaldet heri i stedet for at fremme en alternativ anvendelse med højere værdi. Regeringens kommende ressourcestrategi ventes dog at kunne være en trædesten for en øget nyttiggørelse af den organiske affaldsfraktion.

² Ellen MacArthur Foundation, Towards the Circular Economy

³ McKinsey (2011), Resource Revolution

⁴ EU's affaldsdirektiv 2008/98/EF

⁵ Samtale med Bjarne Larsen, Komtek

⁶ Landbrug & Fødevarer (2012), Beskæftigelseseffekter af biogas i energiforliget



Copenhagen Economics

Sankt Annæ Plads 13
1250 København K

Tlf: +45 2333 1810

ce@copenhageneconomics.com

www.copenhageneconomics.com



Case 8:

Spin-off virksomheder fra forskning- og innovationsindsatser

Innovation opstår når forskning og udvikling kommer til erhvervsmæssig anvendelse. I Danmark foregår der forskning i verdensklasse på bl.a. Novo Nordisk Fondens Center for Biosustainability med det konkrete formål at skabe nye spin-off virksomheder.

Når forskning og udviklingsindsatser bliver omsat til erhvervsmæssig anvendelse, skabes der innovation. Denne innovation kommer enten eksisterende virksomheder til gode, eller er med til at skabe helt nye spin-off virksomheder, der kan markedsføre den nye teknologi. Innovation inden for bioteknologi og bioenergi rummer et stort økonomisk potentiale. Eksempelvis vil udvikling af mikroorganismer eller enzymer, der billigt og effektivt kan omsætte plantesukre – og særligt de vanskelige C5 sukre – til højværdi kemikalieprodukter, potentielt kunne servicere hele den kommende bølge af bioraffinaderier rundt om i verden.

Dansk forskning i bioteknologi er på et meget højt internationalt niveau. Det samme gælder i forhold til bioenergi mere specifikt. I 2011 blev forsknings- og innovationscenteret Novo Nordisk Fondens Center for Biosustainability (CFB) etableret i samarbejde med DTU. Centeret beskæftiger over 100 fuldtidsansatte og ventes at vokse til 200 i løbet af 2013. Det primære indsatsområde er at udvikle mikroorganismer – eller 'cellefabrikker' –, som kan omdanne plantesukre til højværdiprodukter som f.eks. kemikalier og byggesten for materialer, plastik og lægemidler. Forskerne på centeret arbejder både med at hjælpe virksomheder optimere sin egen udviklingsindsats samt med at udvikle nye mikroorganismer til eventuel markedsføring. Det er et formelt mål for centeret at medvirke til etablering af nye virksomheder, der kan markedsføre innovationsfremskridtene på centeret. Herudover er det væsentligt for centeret at uddanne forskere, og hermed være med til at danne grundlag for fremtidens bio-innovationer, bl.a. ved at optage ph.d.-studerende

Danske styrkepositioner

Danmark er unikt positioneret i forhold til at skabe innovation inden for produktion af højværdi biobaserede produkter. Bl.a. som følge af stærke kompetencer inden for bioteknologi er der udviklet et meget stærkt forskningsmiljø, der har klare spill-overs til forskning inden for den biobaserede økonomi. Herudover findes en række stærke virksomheder inden for udvikling af mikroorganismer blandt andet til konvertering af plantesukrer. Denne kombination af et stærkt forskningsmiljø og stærke erhvervskompetencer rummer et stort potentiale for innovation. Dette er bl.a. afspejlet i, at CFB centeret har været i stand til at tiltrække globalt førende forskere til centeret.

Samfundsøkonomi

Innovation er en vigtig driver for økonomisk vækst og jobskabelse. For at forskning kan føre til økonomisk vækst skal tre kriterier være opfyldt:¹ 1) Der skal være et eksisterende forskningsmiljø, 2) Der skal være virksomheder, der kan anvende forskningen, 3) Der skal være "vidensbroer", det vil sige samspil mellem den offentlige forskning og virksomheders egen forskning og innovation. De to første kriterier er opfyldt, som beskrevet i rapporten, og med CFB er der etableret en meget tydelig "vidensbro". CFB udfører også grundforskning og bidrager dermed også til kriterie 1. Viden-spill-overs og tilhørende produktivitetsstigninger er typisk lokalt forankret idet viden og medarbejdere i højere grad bidrager på det lokale/nationale plan.² Forskning og innovation i Danmark inden for den biobaserede økonomi vil dermed kunne give anledning til

1 Se f.eks. Copenhagen Economics (2007), Økonomisk vurdering af ESS i Øresundsregionen

2 Se f.eks. Jaffe et al (1993, 2000) og Maurseth and Verspagen (2002)

produktivitetsstigninger og økonomisk vækst netop i Danmark. Ud over hhv. at bidrage direkte til erhvervslivets egne forsknings- og udviklingsprogrammer og forsøge at etablere egne spin-off virksomheder, så uddanner CFB en række ph.d-studerende, som efterfølgende "kanaliseres" ud i erhvervslivet og bidrager til vidensbasen og produktivitet.

Markedsmæssige potentialer

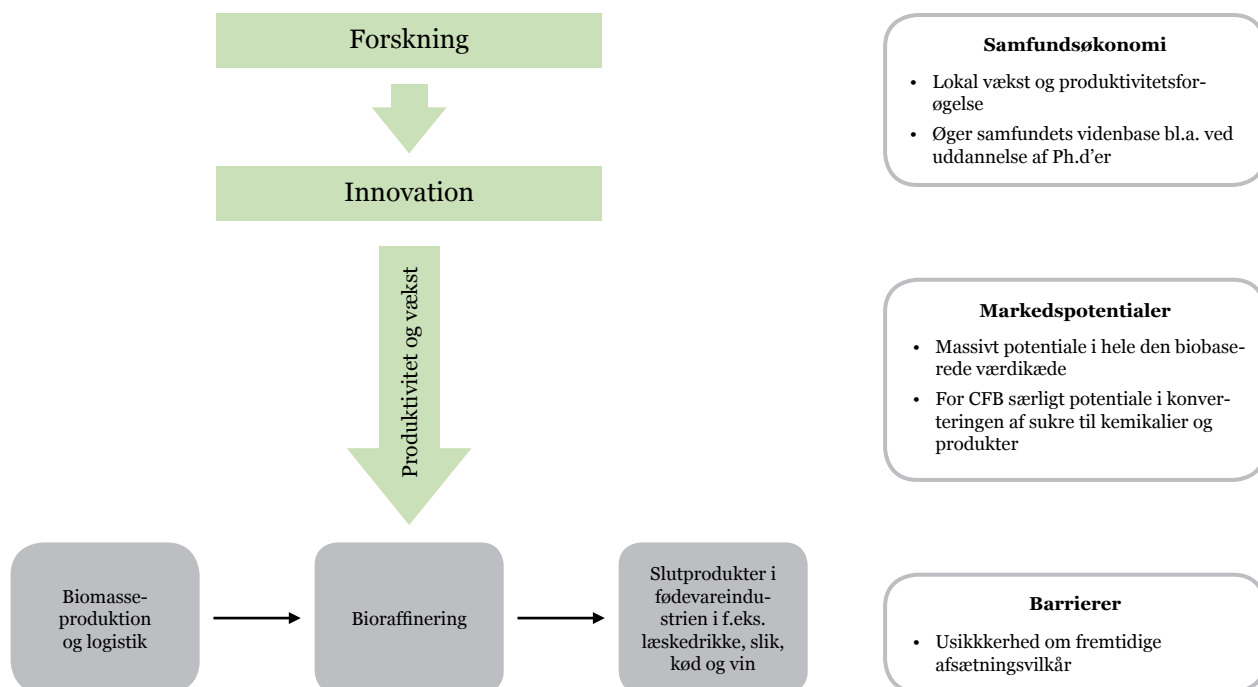
Markedspotentialet for spin-offs fra Biosustainability centeret er massivt. Alle kemikalier, der er baseret på olie og gas kan i stedet baseres på biomasse. Herudover giver diversiteten i plantesukre og mikroorganismer muligheder for at udvikle og designe helt nye former for biobaserede kemikalier.

Spin-off virksomheder er et af udbytteerne ved en dygtig innovationsindsats. Der er en række eksempler på danske spin-offs fra

forskningsprogrammer, som efterfølgende har vundet indpas på markedet. Eksempelvis blev Survac solgt for 83 mio. kr., Glycom modtog 150 millioner kr. fra Nestlé, og Acarix tiltrak 21 mio. kr. i venture kapital, jf. tabellen. Herudover er forskningsprojektet om at omdanne lignin til et skibsbrændstof, som beskrevet i case 4, en oplagt spin-off, hvis det lykkedes at demonstrere teknologien.

Barrierer

Usikkerhed om klimapolitiske ambitioner giver usikkerhed i forhold til fremtidige afsætningsvilkår. Dette skyldes, at attraktiviteten af innovation inden for bl.a. den biobaserede økonomi delvist er drevet af et ønske om at begrænse CO₂ udledninger og reducere afhængigheden af olie og gas. Hvis der ikke er sikkerhed om de politiske målsætninger, giver det et usikkert miljø i forhold til at udvikle innovative teknologier.



Tabel Eksempler på danske spin-offs

Virksomhed	Produkt	Stiftet	Støtte fra	Milepæl
Survac	Kræftvaccine	2003	Baseret på ph.d. studerendes forskning hos Kræftens Bekæmpelse. Støtte fra DTU Innovation og Vækstfonden	Solgt for 11m euro i 2005
Glycom	Biomolekyler til fødevarer og medicinalindustrien	2005	Stiftet af international gruppe af forskere med funding fra DTU Symbion Innovation	Modtog 20m euro i funding fra Nestle i 2011
Greensteam	System til at reducere fartøjers brændstofforbrug	2006	Baseret på teknologi udviklet af kandidatstuderende på DTU	Global kundebase og en lang række globale samarbejdspartnere
Webstech	Sensorteknologi til overvågning af biomasse	2009	Spin-off virksomhed baseret på patenteret forskning fra Århus Universitet. Samarbejde mellem Østjysk Innovation og Agro Business Park	Webstech modtog yderligere funding fra DLG amba i 2011
Acarix	Akustisk overvågning af hjertesygdomme	2009	Samarbejde mellem Aalborg Universitet og Coloplast, har fået støtte fra Højteknologi Fonden	Har tiltrukket DKK 21m i venture kapital