

Alger på naturens
betingelser 4

Søsalat giver 45 tons
tørstof/hektar 6

Stabil drift for anlæg
der laver halm til olie 8

Gylle og kloakslam
bliver til råolie 10

Hvor meget halm er
der i overskud? 12

Afsluttede projekter 14

Haldor Topsøe vil
fremstille benzin af træ 16

Skal biogASForskningen ud på anlæggene?

Biogasbranchen står over for en kæmpe stor udfordring. I løbet af de næste ti år skal der ske en femdobling af gasproduktionen svarende til, at der skal etableres 50 nye store anlæg. Hvis det skal lykkes, er der behov for en mere praktisk orienteret forskning i biogas.

Af Torben Skøtt

– Biogasprocessen er temmelig uudviklet, og det, der foregår ude på anlæggene, er ret primitivt. Så kort og kontant lød karakteristikken af den danske biogASForskning fra fuldmægtig i Energiestyrelsen Søren Tafdrup, da han holdt et indlæg på Energinet.dk's biogasseminar den 18. august.

Og flere driftsledere er tilbøjelige til at give Energiestyrelsens biogasekspert ret:

– Han har helt klart en pointe. Jeg synes ikke, vi hører meget til, hvad forskerne arbejder med, og de resultater vi får kendskab til, har vi svært ved at bruge i praksis, siger Aage Siig Christensen, der er driftsleder på et stort biogasanlæg i Rødding. Han er overrasket

over, hvor lidt der er sket på området, siden de første anlæg så dagens lys midt i 1970'erne.

– Jeg byggede et lille forsøgsanlæg i 1976, og da jeg for fem år siden blev ansat her i Rødding, slog det mig, hvor lidt der er sket i alle de år. Der har været masser af store forskningsprojekter, som vi ikke kan bruge til ret meget. Jeg savner de små praktisk orienterede forsøg, der kan være med til at optimere gasproduktionen og sikre en stabil drift ude på anlæggene, lyder det fra driftslederen.

Ud på anlæggene

I Lemvig, hvor et andet af landets store biogasanlæg er placeret, er man ligeledes skeptisk over for en del af den forskning, der foregår på universiteterne.

– Jeg er tilbøjelig til at give Søren Tafdrup ret, men der er meget stor forskel på, hvor gode forskerne er til at komme ud med deres viden. Vi har et fint samarbejde med enkelte forskere, men andre hører vi aldrig noget til, siger driftsleder Lars Kristensen fra Lemvig Biogas.

Han argumenterer for, at fællesanlæggene i højere grad skal inddrages i



foto: torben skøtt/biopress

Billedet til venstre: De første skridt er altid de nemmeste, og dem har vi taget for mange år siden, siger Henrik B. Møller, der seniorforsker ved Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet på Århus Universitet.



foto: torben skøtt/biopress

Billedet til højre: I Danmark ved vi godt, at når vi skal udvikle et område, skal der være fokus på det praktiske. Det skal være lokomotivet, og forskerne skal kunne forholde sig til de behov, man har ude på anlæggene, pointerer Søren Tafdrup

► konkrete forskningsprojekter, og at en del af forsøgene skal foregå ude på anlæggene.

– Vi har masser af erfaringer og data, som vi gerne stiller til rådighed for forskerne. Forsøg på et produktionsanlæg er nu engang mere realistiske end det, man kan nå frem til i et laboratorium, pointerer driftslederen.

Og han har selv prøvet det i praksis. I samarbejde med forskere fra Danmarks Tekniske Universitet er Lars Kristensen ved at lægge sidste hånd på et projekt om fordelene ved at koble flere reaktorer i serie i stedet for at basere gasproduktionen på kun én reaktor.

– Det er helt sikkert noget, både vi og andre fællesanlæg kan drage nytte af – det kan vi allerede se nu. Hvis et anlæg har flere reaktorer til rådighed, kan det være en oplagt måde at øge gasproduktionen på, forklarer Lars Kristensen.

Projektet om serieudrødning er støttet af Energinet.dk og vil blive afsluttet sidst på året.

Vi er nået langt

Seniorforsker Henrik B. Møller på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet på Århus Universitet er dog lidt mere skeptisk over for tanken om, at forskningen i højere grad skal ud på anlæggene.

– Skal man dokumentere en effekt af en bestemt behandling, der eksempelvis giver et begrænset merudbytte på 5-10 procent, skal det være under

helt kontrollerede forhold. Det har jeg svært ved at se, at man kan opnå på et produktionsanlæg, siger Henrik B. Møller.

– Det er dog ikke et enten eller. Der er brug for begge dele, og der er brug for et stærkt samspil mellem forskning og erhverv, hvis vi skal nå de målsætninger, der er sat.

– Vi er nået langt. Ingen tvivl om det, men det kan godt være, vi er for dårlige til at komme ud med vores viden. Det kan dog også skyldes, at driftslederne har deres egne systemer, som de lever fint med og har en naturlig skepsis over for noget, der er nyt og uprøvet, lyder det fra forskeren.

Som eksempel nævner han, at fakultetet har haft lovende resultater med forbehandling af biomassen, men det betyder ikke nødvendigvis, at det vil blive brugt i praksis. Mange anlæg vil måske hellere vælge den mere enkle

løsning at bygge en større reaktor for på den måde at øge gasproduktionen.

– De første skridt er altid de nemmeste, og dem har vi taget for mange år siden. De systemer vi arbejder med i dag, er langt mere komplicerede, og det tager tid, før de finder vej til anlæggene, forklarer Henrik B. Møller.

Begrænsede midler

På Danmarks Tekniske Universitet er professor Irini Angelidaki enig med Henrik B. Møller i, at den danske forskning inden for biogas er på et meget højt niveau.

– Vi er nået langt – ikke mindst i betragtning af de forholdsvist begrænsede midler, vi har haft til rådighed.

– Og vi laver faktisk en række projekter sammen med anlæggene, men det kan da godt være, at vi skal være bedre til at kommunikere vores bud-



foto: torben skøtt/biopress

Online styring

Forskere på Danmarks Tekniske Universitet er ved at færdigudvikle et anlæg, der automatisk kan styre et biogasanlæg afhængig af syreniveauet i reaktoren. Det er Kanokwan Boe til højre, der har udviklet systemet i forbindelse med hendes ph.d.- studie. Til venstre ses professor Irini Angelidaki, der leder afdelingen for biogasforskning.

skaber ud til en større kreds. Vi vil helt sikkert gerne samarbejde med anlæggene, for der er ingen tvivl om, at vi kan bruge driftsledernes erfaringer til meget, lyder det fra Iriini Angelidaki.

Fokus på det praktiske

I Energistyrelsen er Søren Tafdrup ikke uenig i, at der naturligvis skal forskes på universiteterne og udføres forsøg på laboratorierne. Men der skal være mere respekt om det, der foregår ude i plovfurerne, som han udtrykker det.

– I Danmark ved vi godt, at når vi skal udvikle et område, skal der være fokus på det praktiske. Det skal være lokomotivet, og forskerne skal kunne forholde sig til de behov, man har ude på anlæggene, pointerer Søren Tafdrup. Som eksempel nævner han, at anlæggene mangler redskaber til at kunne styre den biologiske proces på en hensigtsmæssig måde.

– Vi er knap nok begyndt at få styr på det med proceskontrol. Mange anlæg famler i blinde, og noget så simpelt som en pålidelig gasmåling er fortsat en mangelvare på de fleste anlæg. Det er en klar forudsætning for at kunne styre anlægget, så man har en stabil proces og en gasproduktion, der passer til forbruget. I dag risikerer alt for mange anlæg at smide gas væk, mens de i andre perioder har for lidt gas, lyder det fra Søren Tafdrup.

Han har ved flere lejligheder påpeget, at anlæggene vil stå stærkere, hvis de i højere grad kan tilpasse gasproduktionen til det aktuelle forbrug. Gassen fra et biogasanlæg, der dækker hele forbruget på et kraftvarmeværk, vil således være 50-100 øre mere værd pr. m³, end hvis gasproduktionen ikke er tilpasset forbruget. Merværdien stammer fra sparet distributionsbetaling og en højere pris for gassen i vinterhalvåret.

– Der er alt for meget fokus på det, der næsten ikke betyder noget, og for lidt fokus på det, der betyder rigtigt meget. Vi skal have optimeret gasproduktionen fra husdyrgødning og indrettet anlæggene, så de kan regulere produktionen efter forbruget på de naturgasfyrede kraftvarmeværker. Lykkes det, vil vejen være banet for, at al husdyrgødning kan udnyttes til biogas, slutter Søren Tafdrup. ■

Roer kan fordoble gasproduktionen



foto:lemvig biogas

500 hektar med roer vil kunne fordoble gasproduktionen på Lemvig Biogas og sætte anlægget i stand til at lave sæsonregulering.

I Lemvig producerer det lokale biogasanlæg knap 9 millioner kubikmeter biogas om året, svarende til energiforbruget i omkring 3.000 husstande.

– Men vi kan producere meget mere gas. Hvis landmændene i området dyrker roer på 500 hektar og leverer det som ensilage, kan vi fordoble gasproduktionen, fortæller Lars Kristensen, der er driftsleder på biogasanlægget.

Han påpeger, at den helt store fordel ved energiafgrøder er, at anlægget

i langt højere grad end tidligere vil kunne tilpasse produktionen til det aktuelle forbrug.

– De fleste husstande bruger 12 gange som meget energi om vinteren end om sommeren, så det er jo ikke særlig smart, at vi har en jævn produktion året rundt. Det hører ingen steder hjemme, at vi smider varme ud om sommeren ligesom de store kraftværker, pointerer Lars Kristensen.

En af forklaringerne er, at biogasanlæggene får det samme for energien sommer som vinter. Der mangler ganske enkelt incitamenter til, at anlæggene og forskerne får udviklet systemer, så biogasanlæggene i højere grad kan lave sæsonregulering. TS

De mest citerede biogaseksperter

International database viser, at biogaseksperterne på Danmarks Tekniske Universitet hører til de mest citerede i verden.

Ifølge den internationale anerkendte database for videnskabelige tidsskrifter, Web of Science, er biogaseksperterne på Danmarks Tekniske Universitet, blandt de mest citerede i verden. Forskergruppen, der ledes af professor Iriini Angelidaki, ligger således helt i top, når man bruger søgeordene biogas og anaerob digestion.

For at tidsskrifterne kan blive optaget i databasen, skal de opfylde en række kriterier til det videnskabelige indhold.



foto: torben skott/biopress

Professor Iriini Angelidakis forskergruppe på Danmarks Tekniske Universitet, hører til blandt de mest citerede i verden.

TS

Biolog Poul Madsen fra Grønt Center foran et af de bassiner, hvor algerne stortrives i et miljø, der består af en blanding af overfladevand og drænvand fra de omkringliggende landbrug. De tre flasker i forgrunden indeholder prøver af forskellige typer alger.



foto: torben skøtt/biopress

Alger på naturens betingelser

Der er enorme perspektiver i at producere alger - især hvis man kan få miljø, energiproduktion og bæredygtighed til at gå op i en højere enhed. Det er filosofien bag et testcenter for alger, som Lolland Kommune har etableret i samarbejde med Grønt Center i Holeby.

Af Torben Skøtt

Det er ikke kun de store olieselskaber, der har kastet sig over forskningen i alger som fremtidens brændstof. På Lolland har kommunen, i samarbejde med Grønt Center i Holeby, valgt at afsætte ressourcer til området, fordi man ser det som en oplagt mulighed for at få miljø, energiproduktion og bæredygtighed til at gå op i en højere enhed.

Fire bassiner bag et dige i landsbyen Onsevig er blevet starten på et testcenter, hvor biolog Poul Madsen fra Grønt Center udfører forsøg med, hvordan forskellige algetyper klarer sig under naturlige forhold. For nylig høstede han 18 kg alger, og i næste måned vil der også blive indsamlet vandplanter, som har vist sig at være modstandsdygtige over for salt i vandet.

Det med naturlige forhold ligger biologen meget på sinde. Han er en varm fortæller for, at algeproduktionen skal foregå på naturens præmisser, og han har en dyb skepsis over for de mange udmeldinger om, at helt nye algearter kan være løsningen på vores energiproblemer.

– Man skal ikke tro, at alger bliver den nye store olie kilde. Det er spæn-

dende, det er et område med store perspektiver, men der er altså lang vej igen, før det her kan give et fornuftigt bidrag til energiforsyningen, vurderer Poul Madsen. Han er især skeptisk over for de høje produktionstal, mange forskere melder ud med.

– Hvis du skal have en plante til at vokse, skal den have sollys, CO₂, mineraler og vitaminer. For at producere et ton alger skal der tilføres 30 kg kvælstof og betydelige mængder vitaminer. Det kan fint lade sig gøre i mindre målestok, men det kræver enorme mængder næringsstoffer og vitaminer, hvis man skal op på de produktionstal, som bliver nævnt i pressen, forklarer biologen.

Water management

I 2006 blev landsbyen Onsevig på Nordvestlolland ramt af en stormflod, og efter en række omfattende vand-skader stod det klart, at det var nødvendigt at etablere nye diger rundt om byen.

Men i stedet for blot at bygge et helt traditionelt digeanlæg besluttede kommunen sig for at etablere fire bassiner bag digerne.

– Vi kalder det for Water Management, forklarer Poul Madsen.

Læs mere på:
www.bass.dk
www.greencenter.dk
www.wind-sea-algae.org

Bassinerne rummer drænvand fra det dyrkede areal og overfladevand fra området bag digerne. Drænvandet indeholder næringsstoffer fra landbruget, og det kan algerne bruge som føde. Derved begrænses udledningen af næringsstoffer til havet, og biomassen kan bruges til fremstilling af el og varme i et biogasanlæg. Efterfølgende kan den afgassede biomasse bruges af landmanden som gødning, drænvandet kan atter ledes til bassinerne, og så er kredsløbet sluttet.

Forsøger sig frem

I dag bliver langt hovedparten af de alger, der fremstilles kommercielt, brugt til kosmetik og fødevarer. Det er produkter af høj værdi, og derfor har der ikke været specielt meget fokus på at minimere omkostningerne til dyrkning og høst.

Poul Madsen har for nylig været i Israel for at studere algedyrkning, men må erkende, at erfaringerne herfra vanskeligt kan overføres til Danmark. I Israel er det især mikroalger, man satser på, men ifølge Poul Madsen er høstomkostningerne ved den type alger så høje, at det næppe vil kunne forrente en energiproduktion i Danmark.

– Vi bliver nødt til at udvikle vores egne systemer, baseret på de lokale forhold. Der er ikke nogen, der kan fortælle os, hvordan det skal skrues sammen, så vi forsøger os frem. Når folk spørger, hvilken slags alger vi dyrker, plejer jeg at svare: Vi dyrker dem alle sammen, for vi kan endnu ikke sige, hvilke arter, der på sigt er de mest velegnede.

Naturlige alger

I Onsevig er det primært makroalger, der har udfoldet sig i de fire bassiner, men for nylig er man også begyndt at dyrke hornblad, der er en vandplante, som kan tåle op til fem promille salt.

– Vi har i perioder haft lidt salt i vandet, så vi skal have nogle planter, der kan klare det miljø, fortæller Poul Madsen.

Men ellers er det især trådalgen *Rhizoclonium*, der har været genstand for forsøg. Den har været i stand til at seksdoble sin vægt i løbet af en periode på fire uger, og da den samtidig er forholdsvis let at høste, er det en af de



foto: torben skøtt/biopress

arter, som Poul Madsen venter sig en del af.

– Filosofien er, at vi skal efterabe naturen. Om vinteren er det én type alger, der trives bedst, og om sommeren er det en anden type, som har optimale vækstbetingelser. Derfor ender vi formentlig op med at skulle have 5-6 forskellige slags alger for at få den maksimale produktion, lyder det fra Poul Madsen.

Anerkendelse fra EU

Projektet i Onsevig syner måske ikke af meget, men det har ikke desto mindre fået plads på EU's liste over de 20 mest innovative miljøprojekter i Europa.

Poul Madsen er naturligvis stolt over det skulderklap, men er samtidig ærgerlig over, at det er så svært at skaffe midler til små projekter.

– Der er en tendens til, at det primært er de store universiteter og forskningsinstitutioner, der får støtte. Det er ærgerligt, for vores ideer kan være mindst lige så gode og perspektivrige som de ideer, der opstår på et universitet, pointerer Poul Madsen.

I Onsevig er det Lolland Kommune, der har stillet faciliteterne til rådighed for forskningen i alger. Det sker i Onsevig Klimapark, der udover de fire bassiner til alger omfatter to vindmølleparker og snart også et test-

Testcentret for alger er en del af Onsevig Klimapark. Udover de fire bassiner til alger omfatter det to vindmølleparker og snart også et testcenter for bølgekraft.

center for bølgekraft. Grønt Center i Holeby styrer projektet med alger, og de har valgt at samarbejde med forskere fra Aalborg Universitet Esbjerg, Roskilde Universitet og Flensborg Universitet. ■

Onsevig Klimapark

– er et udstillingsvindue for Lolland Kommune, hvor man fremviser nye former for digekonstruktioner, miljøvenlig forvaltning af vandressourcer, algedyrkning og vindmølleparker.

I Onsevig Klimapark samarbejder faglige eksperter med lokalsamfundet og kommunen om at udvikle nye teknologiske landvindinger inden for bæredygtige energi-, miljø- og klimaløsninger.

Klimaparken råder i dag over fire bassiner til test af algeproduktion og vandforvaltning.

Yderligere oplysninger om Onsevig Klimapark findes på www.bass.dk.

Søsalat giver 45 tons tørstof/hektar



foto: teknologisk institut

De første resultater fra Danmarks hidtil største projekt med alger til energiproduktion viser et udbytte på omkring 45 tons tørstof/hektar. Der er udført loven- de forsøg med at bruge algerne til produktion af ethanol og bio- gas, men økonomien er fortsat uafklaret. En løsning kan være en kombineret produktion af energi og andre højværdige produkter.

Af Karin Svane Bech

Interessen for at anvende alger til ener- giformål er i de seneste år steget mar- kant, og det vakte stor opsigt, da ener- gigiganten ExxonMobil for nylig inve- sterede godt tre milliarder kroner i ud- viklingen af biobrændstoffer fra alger.

I Danmark leder Teknologisk Insti- tut det hidtil største danske forsk- ningsprojekt om alger til energiformål. Projektet har til formål at under- søge potentialet for anvendelse af ma- kroalgen søsalat (*Ulva lactuca*) til energiproduktion. Søsalat er en natur- ligt forekommende algeart i danske farvande, hvor den flere steder findes i store mængder.

I udlandet er der især fokus på pro- duktion af mikroalger til fremstilling af biodiesel, men i Danmark er forsk- ningen koncentreret om makroalger,

Søsalat er en naturligt forekommende algeart i danske farvande, hvor den flere steder findes i store mængder. Billedet er fra Odense fjord.

da de er betydelig lettere at høste. Det giver lavere omkostninger til høst og håndtering og dermed større sandsyn- lighed for, at det på et tidspunkt bli- ver muligt at etablere en produktion, der kan konkurrere med andre former for biomasse.

Projektet startede i april 2008, og sommeren igennem blev vækstpoten- tialet for søsalat i bassiner undersøgt af DMU på Dansk Skaldyrcenter i Nykøbing Mors. Dyrkningen i bassi- ner resulterede i et udbytte på cirka 45 tons tørstof/hektar, hvilket har vist sig at kunne øges med omkring 50 procent, når bassinerne bliver gen-

nemboblet med CO₂. De første resul- tater viser altså, at udbyttet fra søsalat er langt højere end fra traditionelle energiafgrøder, der typisk giver et ud- bytte på 10-12 tons tørstof/hektar.

I september 2009 vil Danmarks Miljøundersøgelser starte forsøg med anvendelse af røggas fra træpilleked- ler som CO₂ kilde til dyrkning af al- ger. Ud fra de resultater vil forskerne kunne vurdere, i hvor høj grad det er muligt at øge produktion af alger ved at tilføre røggas fra større anlæg som kraftværker.

Projektet med alger til energiformål blev startet op i 2008 og forven- tes afsluttet i 2012. Det samlede bud- get er på 10,4 millioner kroner, hvoraf Energinet.dk har bevilget et tilskud på 8,5 millioner kroner. Foruden Tek- nologisk Institut deltager Danmarks Miljøundersøgelser, Risø DTU og DONG Energy i projektet.

Alger i pilleform

Under projektet bliver energipotential- et i søsalat undersøgt med henblik på at bruge det til forbrænding og for- gasning samt til produktion af bio- ethanol og biogas.

I forsommeren 2009 blev der over tre dage indsamlet, vasket og tørret cirka et ton frisk søsalat fra Odense

Elektronisk nyhedsbrev

Få flere nyheder om forskning i bioenergi. Den trykte udgave af Forskning i Bioenergi, der udkom- mer fire gange om året, bliver nu suppleret af et elektronisk ny- hedsbrev. Klik ind på www.biopress.dk og få et gratis abonne- ment på den trykte og/eller elektroniske udgave af bladet.

Biopress

☎ 8617 8507

www.biopress.dk

fjord. Da tørstofindholdet i søsalat kun er på omkring 10-15 procent blev biomassen forsøgsvis presset i en skruepresse, hvilket viste sig at være en ganske velegnet metode til at nedbringe vandindholdet betydeligt. Herefter blev biomassen tørret ved cirka 100 °C, og i efteråret 2009 vil der blive udført forsøg med at presse biomassen til piller, så det bliver muligt at få et indtryk af lagerstabiliteten og pillernes styrke.

Inden presning og tørring blev biomassen vasket for at fjerne så mange salte som muligt. Efterfølgende askeanalyser har vist, at stort set alt natrium og klor kan vaskes ud, men der er fortsat betydelige mængder salte, der ikke kan udvaskes, da de befinder sig inde i cellerne.

Analyserne viser i øvrigt, at den samlede mængde aske er markant højere end for andre typer biomasse. Søsalat fra det åbne hav har således et askeindhold på op til 35 procent, mens askeindholdet i søsalat fra bassiner ligger på 14-17 procent. Det skal sammenlignes med halm, der har et askeindhold på omkring seks procent, og træ, der typisk indeholder under en procent aske. De foreløbige resultater tyder således på, at søsalat vil være problematisk som brændsel på grund af det høje askeindhold og mængden af salte, som kan give anledning til korrosion.

Ethanol og biogas

Laboratorieforsøg foretaget af Risø DTU har givet et udbytte på cirka 3 gram ethanol pr. 100 gram tørstof ved

en simpel gæring, men der arbejdes løbende på at optimere udbyttet af bioethanol. Blandt andet vil der i løbet af efteråret 2009 blive udført flere forsøg med hydrotermisk behandling, ligesom nye gærtyper vil blive undersøgt med henblik på at finde den mest velegnede gærtype til søsalat.

I efteråret 2009 vil der endvidere blive arbejdet med at optimere produktionen af biogas. De foreløbige resultater viser et metanudbytte på 150-250 ml/gram organisk stof (våd vægt) efter 29 dages opholdstid ved en reaktortemperatur på 55 °C. Det ligger nogenlunde midt imellem udbyttet af metan fra kvæggylle og energiafgrøder som eksempelvis majs og kløvergræs.

I efteråret 2009 vil Risø DTU lave yderligere forsøg med metanproduktionen ved længere opholdstider, andre forbehandlingsmetoder og udrådningstemperaturer.

Andre produkter

På længere sigt vil det være naturligt at kombinere energiproduktionen med andre produkter af høj værdi. Allerede i dag anvendes visse kulhydrater fra alger som stabilisatorer i fødevarer, ligesom visse pigmenter anvendes i fiskefoder til laks for at give kødet den eftertragtede lyserøde farve.

Efterhånden som forskningen og udviklingen inden for alger bliver udvidet, vil der formentlig komme fokus på flere anvendelsesmuligheder, og det kan få stor betydning for økonomien. Hvis højværdiprodukter kan udnyttes forud for energiproduktionen, vil det således være langt mere



foto: teknologisk institut

Søsalat efter at det har været en tur igennem skruepressen.



foto: teknologisk institut

En skruepresse har vist sig at være et effektivt redskab, når vandindholdet i søsalat skal reduceres.



foto: teknologisk institut

I forsommeren 2009 blev der over tre dage indsamlet, vasket og tørret cirka et ton frisk søsalat fra Odense fjord.

realistisk at bruge alger til energiproduktion.

Karin Svane Bech er cand. scient. og ansat på Teknologisk Institut, e-mail karin.svane.bech@teknologisk.dk. ■

Foreløbige konklusioner om søsalat

- Dyrkningsforsøg viser et udbytte cirka 45 tons tørstof/hektar.
- Tilførsel af CO₂ kan øge væksten med op til 50 procent, hvilket kan øge det årlige udbytte op til 175 tons tørstof/hektar.
- Indholdet af kulhydrater er på knap 60 procent.
- Produktionen af biogas ligger nogenlunde midt imellem gasproduktionen fra kvæggylle og energiafgrøder.
- Produktionen af ethanol er lav, men nye gærtyper undersøges.
- Et højt indhold af aske og alkali gør det problematisk at anvende søsalat til forbrænding.
- Energiproduktion vil med fordel kunne kombineres med produktion af forskellige højværdiprodukter.

Pilotanlægget i Ødum nord for Århus kan producere 50 liter olie i timen. Anlægget er indrettet, så det forholdsvis let kan udbygges til en større kapacitet. Organic Fuel Technology, der ejer anlægget, forventer at kunne etablere et produktionsanlæg inden for de nærmeste år med en kapacitet på 1.200 liter olie i timen.



foto: torben skøtt/biopress

Stabil drift for anlæg der laver halm til olie

Et landbrug i Østjylland er blevet rammen om verdens første anlæg, der kan lave halm om til råolie. Ved hjælp af mikrobølger og en katalysator kan tre kg halm blive til en liter olie på kun en time.

Af Torben Skøtt

Anlægget, der blev omtalt første gang i juninummeret, er nu i stabil drift, og det blev fejret ved en officiel indvielse den 14. september med deltagelse af miljøminister Troels Lund Poulsen.

– Det er en god dag for dansk landbrug og en rigtig god dag for dansk miljøteknologi, sagde ministeren, da han fik æren af at tappe olie af anlægget som et symbol på, at indkøringsperioden nu er slut. Han roste initiativtagerne for deres engagement og sagde, at der er brug for rigtig mange af den slags projekter, hvis Danmark skal være førende inden for moderne miljøteknologi.

Det er selskabet Organic Fuel Technology, der har etableret pilotanlægget med støtte fra Fødevareministeriet. Ministeriet har ydet et tilskud på 1,4 millioner kroner til projektet, men langt hovedparten af udviklingsomkostningerne er betalt af selskabet, der oprindeligt blev stiftet under navnet Halmenergi Aarhus.

– Der har været mange udfordringer, og forløbet viser endnu engang, at der er langt fra teori til praksis, sagde selskabets direktør Erik Rose Andersen ved indvielsen.

– Men nu kører det. Vi har bevist, at teknologien fungerer i praksis, vi har en stabil olieproduktion, og vi er tæt på målet om, at der kun skal bruges 3,3 kg halm til en liter olie.

Mikrobølger og katalysatorer

Princippet i anlægget går i al sin enkelhed ud på at putte halmpiller ind i en mikrobølgeovn og tilsætte en katalysator i form af noget hvidt pulver. I



foto: torben skøtt/biopress

I toppen af reaktoren er der monteret en række specielle elektronerør – såkaldte magnetroner, der sender mikrobølger ned gennem halmen.

løbet af cirka en time er halmen omdannet til råolie, der efterfølgende kan raffineres og bruges som motorbrændstof.

Hvad katalysatoren helt præcist består af, er en hemmelighed, men ifølge selskabet er der tale om et naturligt produkt, som findes i rigelige mængder. I pilotanlægget har der været en udgift til katalysatorpulver på cirka 40 øre/liter olie, men i et produktionsanlæg forventer man at kunne gøre pulveret mere effektivt eller genbruge en del af det.

I mikrobølgeovnen, eller reaktoren som folkene bag anlægget vælger at kalde den centrale del af anlægget, er der et svagt undertryk og en temperatur på cirka 300 grader. Derved fordamper vandet i halmpillerne, og der udvikles forskellige gasarter.

Det er i princippet det samme, der sker i første trin i et forgasningsanlæg, men ved samtidig at tilsætte en katalysator opnår man, at halmmolekylerne bogstavelig talt bliver klippet i stykker og får form som molekylerne i råolie. Hovedparten af halmen bliver således omsat til olie, men der er også lidt vand, gas og en askefraktion på cirka 15 procent.

– Det geniale i vores koncept er, at vi kan genbruge næringsstofferne i askefraktionen, forklarer svineproducent Erik Poulsen, der er formand for bestyrelsen i Organic Fuel Technolo-



foto: torben skott/biopress

Billedet til venstre: Miljøminister Troels Lund Poulsen i færd med at tappe olie fra anlægget. Bag ham ses svineproducent Erik Poulsen, der er formand for Organic Fuel Technology.

gi. Han forestiller sig i første omgang, at man vil bruge fosfor og kali som erstatning for handelsgødning, men ser i princippet ingen hindringer for, at fosforen også vil kunne bruges som dyrefoder.

Halm eller gylle

Organic Fuel Technology har valgt at basere pilotanlægget på halmpiller, da det er nemt at håndtere, men på sigt vil man overveje at bruge råvarer, der kan fås gratis, eller som man ligefrem kan få penge for at aftage.

– Der er fortsat et betydeligt halmoverskud i Danmark, men det er ikke sikkert, at det vil være den mest optimale råvare. Gyllefibre, pileflis eller husholdningsaffald kan måske være langt mere interessant, sagde Erik Poulsen ved indvielsen.

Hvis halmprisen er på 65 øre/kg, svarer det til, at der skal bruges for lidt over to kroner halm til en liter olie. Derudover vil der være udgifter til katalysatorpulver på cirka 40 øre/liter olie samt udgifter til drift og forrentning af anlægget. Det samlede energiforbrug til processen har vist sig at være på 16-17 procent af den producerede mængde energi.

Organic Fuel Technology har allerede udført forsøg med gyllefibre og rapskager, og i den kommende tid vil man lave yderligere forsøg, ligesom man løbende arbejder på at forbedre massebalancen for at kunne reducere

Billedet til højre: Miljøminister Troels Lund Poulsen (i midten af billedet) studerer det pulver, som gør det muligt at ændre strukturen af molekylerne, så halm bliver til olie.



foto: torben skott/biopress

udgifterne til råvarer. Ved indvielsen blev der brugt knap 3,5 kg halm til en liter olie, hvilket er tæt på det mål, der blev sat, da anlægget blev bygget for knap et år siden.

Råolien

I de seneste måneder er der løbende sendt olieprøver til analyse på Teknologisk Institut, men i starten var det vanskeligt at få et indtryk af oliens kvalitet, da prøverne var forskellige fra gang til gang.

En nærmere gennemgang af anlægget afslørede, at der var flere utætheder i reaktoren, men efter at det er

blevet rettet, er man begyndt at kunne danne sig et indtryk af oliens kvalitet.

Det viser sig blandt andet, at olien indeholder fenoler, der stammer fra nedbrydningen af lignin, som er en vigtig bestanddel i halm. Lignin er et af de mest almindelige organiske stoffer, og en stor del af forskningen i 2. generations bioethanol går ud på at kunne nedbryde lignin, så biomassen kan omdannes til sprit ved hjælp af gærceller.

– Det er tankevækkende, at anlægget på en meget enkel måde er i stand til at nedbryde lignin, fortæller Jørgen Krabbe, der er medlem af bestyrelsen i Organic Fuel Technology. Han er ikke så bekymret for, at olien indeholder fenoler og mener, at det måske kan blive vendt til en fordel.

– Fenoler er væsentligt mere værd end olien, så hvis vi kan fraseparere dem på en fornuftig måde, kan det blive en pæn indtægtskilde, pointerer Jørgen Krabbe.

Fenoler bruges blandt andet til desinfektionsmidler, forskellige bekæmpelsesmidler og til fremstilling af medicin. ■



foto: torben skott/biopress

Restfraktionen på cirka 15 procent, består blandt andet af fosfor, der vil kunne anvendes på landbrugsjorden eller bruges til dyrefoder.

Læs mere på:
www.organicfueltechnology.com

Gylle og kloakslam bliver til råolie

Flere selskaber arbejder nu målrettet på at kunne omdanne gylle og kloakslam til råolie. Selskabet bag teknologien SCF Technology er ved at lægge sidste hånd på et demonstrationsanlæg til Grundfos i Bjerringbro, og i samarbejde med Vattenfall er man gået i gang med at designe et anlæg, der skal opføres i tilknytning til Nordjyllandsværket.

Af Torben Skøtt

For to år siden præsenterede udviklingselskabet SCF Technology et anlæg, der kan omdanne spildevandsslam og gylle til råolie. Det sker ved hjælp af en såkaldt nærkritisk proces, hvor molekylerne nedbrydes og sættes sammen på en ny måde, som er identisk med molekylerne i råolie.

Målet om at gøre teknologien kommercielt tilgængelig ligger endnu nogle år ud i fremtiden, men for nylig er selskabet kommet et stort skridt videre i den proces. Der er således indgået licensaftaler med henholdsvis Grundfos og Vattenfall, der begge vil bruge ressourcer på at få opskaleret teknologien. Grundfos satser på de mindre anlæg på op til 500 kg tørstof i timen, mens Vattenfall har planer om at udvikle store anlæg, der kan opføres i tilknytning til kraftværker. Et demonstrationsanlæg skal stå klart hos Grundfos i løbet af efteråret, og i 2011 forventer Vattenfall at kunne etablere et anlæg i tilknytning til selskabets kraftvarmeværk i Aalborg.

– Vi har for længst bevist, at processen virker, så udfordringen består primært i at få opskaleret teknologien, fortæller Erik Winther, der er finansdirektør i SCF.

Han forventer, at anlægget hos Vattenfall bliver 100-200 gange større end det forsøgsanlæg, virksomheden

indviede i Herlev i 2007. Her har man været i stand til at omdanne 20 kilo spildevandsslam i timen til to kilo råolie. Med et tørstofindhold på 20 procent svarer det til, at halvdelen af det organiske materiale bliver til olie.

Udvikling af teknologien er sket med støtte fra blandt andet EU og Højteknologifonden, og senest har EUDP bevilget godt ni millioner kroner til projektering af et demonstrationsanlæg ved Nordjyllandsværket. Hovedparten af pengene tilfalder SCF Technology, men der er også afsat midler til Vattenfall og Aalborg Universitet, der blandt andet skal være med til at optimere processen og teste olien under forskellige forhold.

Danner nye molekyler

SCF kalder deres teknologi for Catliq, og populært sagt handler det om på kort tid at kunne efterligne de forhold, der har skabt jordens oliereserver.

Under processen bliver biomassen varmet op til 300-350 grader og sat under et tryk på 225 bar. Derved bliver molekylerne nedbrudt i små stykker, og efterfølgende dannes der nye molekyler, som minder meget om råolie. Det sker i en reaktor, hvor der tilsættes en katalysator, som består af

zirkonium – et sølvskinnende hvidt metal, der er yderst modstandsdygtigt over for korrosion.

Slutprodukter er råolie, vand og et restprodukt bestående af forskellige salte, herunder fosfor. Vandet skal først renses, inden det kan anvendes, og restproduktet skal ligeledes efterbehandles, før næringsstofferne kan udnyttes. Ifølge Erik Winther kan det sagtens lade sig gøre, men om metoderne er økonomisk rentable er endnu uvist.

Olien er blevet testet på Aalborg Universitet, og her fortæller professor Lasse Rosendahl, at den mest af alt minder om tung fuelolie:

– Den kan fint bruges på kraftværker og i store skibsmotorer, men til mindre dieselmotorer skal den raffineres eller fortyndes med almindelig dieselolie, forklarer professoren, der i flere år har arbejdet tæt sammen med SCF Technology.

Kan det blive en forretning?

Hos pumpegiganten Grundfos er det primært rensning af spildevand og ikke så meget olieproduktionen, der har vakt firmaets interesse.

– Vi betragter ikke dette som en ny olie kilde. Vi er gået ind i projektet,



Forsøgsanlægget i Herlev blev indviet i efteråret 2007. Anlægget omdanne 20 kilo spildevandsslam i timen til to kilo råolie. Med et tørstofindhold på 20 procent svarer det til, at halvdelen af det organiske materiale bliver til olie.

Læs mere på:
www.scf-technologies.com

foto: torben skøtt/biopress

fordi vi interesserer os for spildevandsrensning. Der bliver mere og mere slam i verden, og vi skal have udviklet nogle decentrale anlæg, så vi ikke skal transportere slammet rundt på landevejene, forklarer Chief Investment Advisor Thorbjørn Machholm fra Grundfos New Business – et udviklingsselskab under Grundfos Holding, skabt med det formål at udvikle nye forretningsområder til industri-koncernen, der i dag tæller 18.000 medarbejdere.

– Basisteknologien virker, det er en bæredygtig måde at håndtere slammet på, men det store spørgsmål er altid: Kan dette blive til forretning?

– Det spørgsmål forventer vi at være meget klogere på, når vi har fået erfaringer med demonstrationsanlægget og har fået finjusteret processen, lyder det fra Thorbjørn Machholm. Han sammenligner det med at købe en lotterikupon, og lægger ikke skjul på, at det formentlig kommer til at koste en "bondegård", før man er i mål.

– Det er vigtigt, at der er tilskud til produktudviklingen og demonstrationsanlæg. Det er helt afgørende for, om det på et tidspunkt kan blive til en forretning, pointerer Thorbjørn Machholm.

Konkurrerer med biogas

Catliq-processen kræver, at materialet er pumpbart, og det giver mulighed for at udnytte såvel husdyrgødning som en lang række affaldstyper og restprodukter fra industrien. Der er således adgang til særdeles billige råvarer, og i mange tilfælde vil man kunne opnå et ganske pænt gebyr for blandt andet at modtage spildevandsslam.

Men der findes en anden og langt mere simpel teknologi, som kan udnytte de samme råvarer, nemlig biogasanlæg. Det er kendt teknologi, det kræver ikke de store anlægsomkostninger, og gassen kan omdannes til benzin, hvis det er det, man har brug for.

– Det er korrekt, at på et eller andet plan konkurrerer vores proces med biogas, men vi benytter en termisk proces, der er nemmere at styre, og vi er i stand til at udnytte over halvdelen af energien i tørstoffet, fortæller Erik Winther. Han vurderer, at det vil kun-



foto: torben skott/biopress

Finansdirektør Erik Winther ved en af de beholdere, der bruges til forbehandling af spildevandsslam.

blandt andet, at processen vil kunne udvikles, så op til 75 procent af tørstoffet bliver omsat til olie. Det er noget mere end hvad biogasanlæggene kan klare, hvor omsætningen i dag ligger på omkring 50 procent.

– Anlægsomkostningerne er helt klart en udfordring, blandt andet fordi der skal bruges noget meget dyrt stål, forklarer Lasse Rosendahl. Han satser dog på, at man på et tidspunkt kan nøjes med almindeligt rustfrit stål, og at man på et tidspunkt bliver så dygtig til at styre processen, at det ikke vil være nødvendigt at raffinere olien.

– Der er mange ting, der kan udvikles, og det er positivt, at vi nu har endnu en teknologi, der kan omdanne affald til flydende brændstof. Fremtiden må så vise, om det bliver biogas, bioethanol, bioolie eller noget helt fjerde, der vinder på den lange bane, konkluderer Lasse Rosendahl. ■

ne opveje det større energiforbrug og de højere anlægsomkostninger ved at producere råolie frem for biogas.

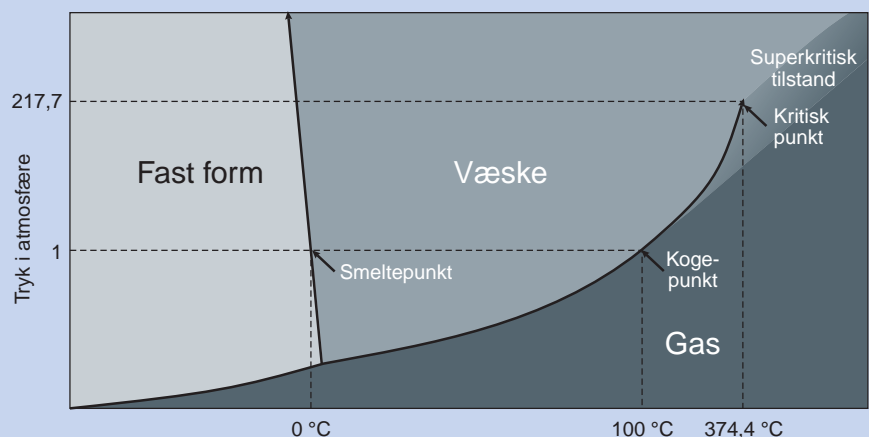
Lasse Rosendahl peger ligeledes på, at Catliq-processen har en række fordele frem for biogas. Han mener

Sådan producerer man bioolie

Ved atmosfærisk tryk kan et grundstof optræde som enten fast stof, væske eller damp. Hvis stoffet sættes under højt tryk og høj temperatur, optræder en fjerde tilstandsform, hvor det får egenskaber som både damp og væske. Tilstanden, der beteges som superkritisk, giver helt nye muligheder, fordi molekylerne bliver nedbrudt og kan antage nye former når tryk og temperatur sænkes. Ved anvendelse af forskellige katalysatorer kan processen styres,

så man for eksempel får omdannet molekylerne i spildevandsslam til de molekyler, der findes i råolie.

De temperaturer og tryk, som SCF Technology anvender, ligger lige under det superkritiske område, men det har vist sig at være tilstrækkeligt til at kunne producere råolie ud fra biomasse. Selskabet arbejder løbende på at kunne sænke såvel temperatur som tryk for på den måde at reducere energiforbruget og anlægsomkostningerne.



Hvor meget halm er der i overskud?



foto: torben skøtt/blopress

Arealet med halmproducerende afgrøder har vist sig at være relativt konstant, men halmproduktionen kan øges betragteligt ved at vælge kornsorter med et højt halmudbytte.

Af Søren Ugilt Larsen
og Morten Haastrup

Halm bruges til foder og strøelse i landbruget samt i stadigt større omfang til energiformål. I energisektoren anvendes halmen primært til direkte forbrænding i varmeværker og kraftvarmeværker, men i fremtiden forventes halm også at blive anvendt til produktion af blandt andet bioethanol og gas.

Et godt pejlemærke for de tilgængelige halmressourcer findes hos

Danmarks Statistik, der hvert år opgør den samlede årlige produktion af halm samt anvendelsen til forskellige formål (se figur 1). Heraf fremgår det, at der i perioden 2004 – 2008 i gennemsnit har været en samlet halmproduktion på 5,4 millioner tons om året, hvoraf de 3,2 millioner tons er blevet anvendt i landbruget og til energiformål. Der er således et halmoverskud på omkring 2,2 millioner tons om året, som ikke bliver bjærget. Det svarer meget godt til Energistyrelsens vurderinger, der peger på et halmoverskud på 2,4 millioner tons om året.

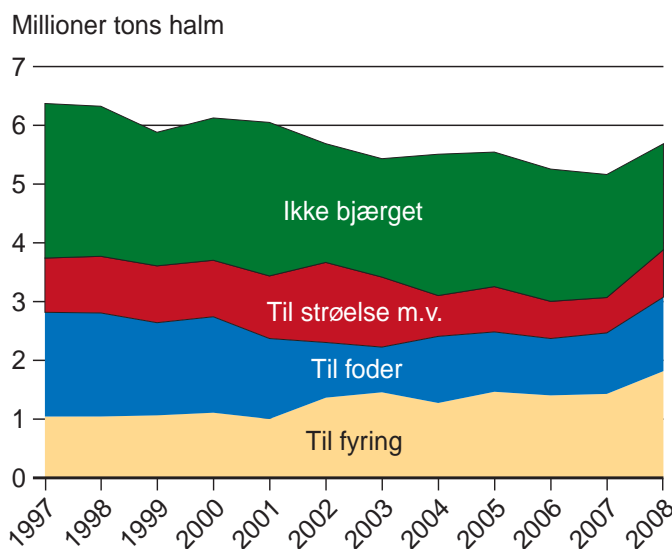
Spørgsmålet er imidlertid, hvor sikkert halmoverskuddet er estimeret, og hvor meget overskuddet kan variere fra år til år. Jo større andel af halmen der ønskes anvendt, desto vigtigere bliver det, at forudsigelserne holder stik – ikke mindst af hensyn til forsyningssikkerheden.

90 procent stammer fra korn

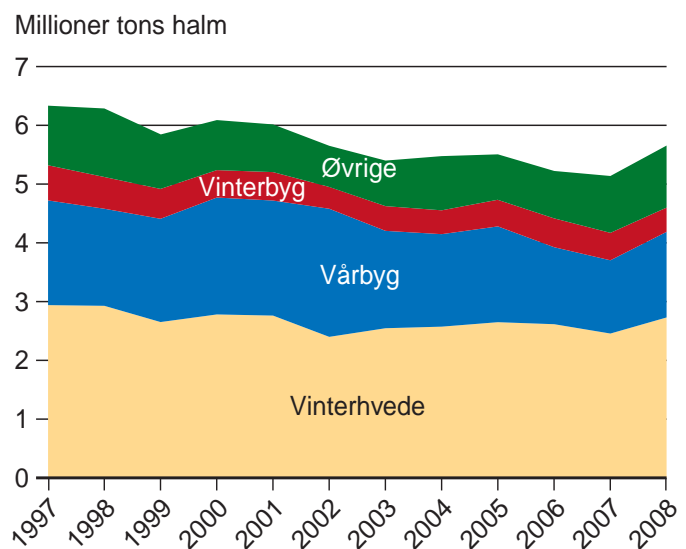
Halmproduktionen afhænger først og fremmest af de afgrøder, der dyrkes. I perioden 1997 – 2008 blev der i gennemsnit dyrket halmproducerende afgrøder på 1,67 millioner hektar, svarende til cirka 63 procent af det dyrkede areal.

Korn, herunder især vinterhvede og vårbyg, udgør cirka 90 procent af arealet med halmproducerende afgrøder, mens resten primært består af vinterraps. Fordelingen er forholdsvis stabil, da behovet for korn til foder er nogenlunde konstant.

Udbyttet af kerner bliver hvert år opgjort af Danmarks Statistik. Det



Figur 1. Årlig halmproduktion og anvendelse af halm til forskellige formål i Danmark. Kilde: Danmarks Statistik.



Figur 2. Årlig halmproduktion fordelt på afgrøder. Øvrige afgrøder er blandt andet raps og forskellige kornsorter. Kilde: Danmarks Statistik.

sker ved hjælp af cirka 3.500 stikprøver ud af cirka 40.000 bedrifter. Efterfølgende bliver halmudbyttet beregnet ud fra mængden af kerner, da der antages at være et fast forhold mellem kerner og halm (se tabel 1). Forholdstallene bliver løbende justeret af Danmarks Statistik i takt med, at der kommer nye sorter på markedet.

Den seneste mere tilbundsående undersøgelse af halmudbytter i Danmark blev foretaget i perioden 1994 – 1996, hvor der blev målt udbytter i forskellige afgrøder på et stort antal marker (tabel 2). For vinterhvede lå de årlige gennemsnit på mellem 48 og 64 kg halm pr. 100 kg kerner, mens de tilsvarende tal for vårbyg varierede fra 52 til 59 kg halm for hver 100 kg kerner.

Gennemsnitstallene dækker dog over et meget stort spænd, som skyldes forskellige sorter, forskellige jordtyper og lokale nedbørsforhold, men på grund af det store antal målinger må gennemsnitstallene formodes at give et godt billede af halmudbyttet i de enkelte år.

Sorten kan være afgørende

Markforsøg med vinterhvede i høståret 2008 har dokumenteret, at forholdet mellem halm og kerne i høj grad afhænger af sorten. Blandt ti forskellige sorter af vinterhvede blev der således målt fra 35 til 53 kg halm pr. 100 kg kerne, så valg af kornsort kan være en af mulighederne for bevidst at tilstræbe et større halmudbytte.

Gødningsforsøg har desuden vist, at andelen af halm i vinterhvede reduceres med stigende gødningsmængde, men da gødningsmængden er bestemt ud fra gældende normer, vil det formentlig ikke få nogen større betydning i praksis.

800.000 tons ekstra halm

Ud fra de indberettede kerneudbytter og forholdstallene i tabel 1 opnås en samlet halmproduktion for de forskellige afgrøder som vist i figur 2.

Der skal dog ikke ændres meget på forholdet mellem kerne og halm for at give et betydeligt udsving i produktionen af halm (se figur 3). Hver gang mængden af hvedehalm ændres med 1 kg pr. 100 kg kerne, vil det således ændre den samlede produktion af

hvedehalm i Danmark med ikke mindre end 47.000 tons.

Da halmudbyttet fra vinterhvede som nævnt kan variere mellem 35 og 53 kg halm pr. 100 kg kerne, vil det teoretisk set være muligt at ændre den samlede halmmængde med 800.000 tons om året. I praksis bliver der selvfølgelig dyrket mange forskellige kornsorter, men tallene illustrerer potentialet for at øge den samlede halmmængde ved at vælge sorter med meget halm.

Hvor skal halmen bruges?

Størrelsen af halmoverskuddet i Danmark vil dog også afhænge af, hvor meget halm der anvendes til andre formål end energiproduktion.

I de senere år har der været en tendens til et faldende forbrug af halm til foder og strøelse. Inden for kvægbruget vil halmforbruget formentlig falde yderligere i de kommende år, da nye staldsystemer kræver mindre strøelse, ligesom anvendelse af dybstrøelse forventes at falde på grund af de høje halmpriser.

I svinebruget bruges der forholdsvis begrænsede mængder halm, og forbruget vil formentlig ikke ændre sig meget i de kommende år. Et faldende antal slagtesvin vil dog medføre et mindre forbrug af halm, men det kan let blive opvejet af flere stalde med løsgående søer.

Nedmuldning af halm kan i fremtiden få en betydelig indflydelse på udbuddet af halm til energiformål. Landmanden kan have en interesse i at nedmulde halmen for på den måde at få en mere frugtbar jord, og Danmark har for nylig besluttet, at ændringer i jordens kulstofpulje skal tælle med i CO₂-regnskabet. Derved kan bjærgning af store mængder halm give et minus i klimaregnskabet, med mindre de positive effekter ved at pløje halmen ned kan opnås på andre måder, for eksempel ved at dyrke flere mellem- og efterafgrøder.

Søren Ugilt Larsen er udviklingskonsulent hos AgroTech, e-mail sol@agrotech.dk

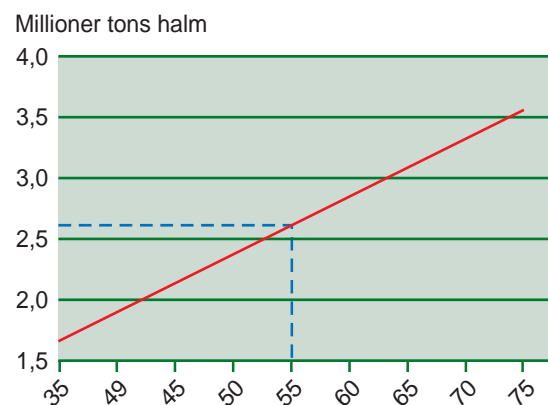
Morten Haastrup er landskonsulent hos Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, e-mail mhs@landscen-tret.dk. ■

Afgrøde	1990 – 2002	Fra år 2003
Vinterhvede	60	55
Vinterbyg	58	55
Vårbyg	63	55
Rug	89	80
Triticale	60	80
Havre	58	60
Vårhvede	–	50
Markært	42	50
Raps	–	90
Vinterraps*	84	–
Vårraps*	125	–

Tabel 1. Forholdet mellem udbyttet af kerner og halm i forskellige afgrøder (kg halm/100 kg kerne), som anvendt ved Danmarks Statistiks opgørelse af halmressourcer. Tallene er senest justeret i 2003.

Art	År	Gnsn.	Min.	Maks.
Vinterhvede	1994	48	24	90
	1995	64	32	97
	1996	57	28	110
Vårbyg	1994	59	32	110
	1995	58	20	189
	1996	52	29	101

Tabel 2. Forholdet mellem halm og kerner i 1994 – 1996 (kg halm/100 kg kerne). Kilde: Oversigt og tabelbilag over Landsforsøgene 1994-1996.



Figur 3. Sammenhæng mellem halm/kerne forholdet og den årlige produktion af hvedehalm i Danmark. Hver gang mængden af hvedehalm ændres med 1 kg pr. 100 kg kerne vil det ændre den samlede produktion af hvedehalm med 47.000 tons. De stiplede linjer angiver den gennemsnitlige halmmængde for perioden 2004-2008, baseret på tal fra Danmarks Statistik.

Formidling af forskningsresultater

Titel: Formidling af forskningsresultater inden for bioenergi

Ansvarlig: BioPress, Torben Skøtt, e-mail biopress@biopress.dk, ☎ 8617 8507.

Tilskud: EFP – 950.000 kroner

Projektet har formidlet forskningsresultater inden for bioenergi til blandt andet forskere, rådgivere, produktionsvirksomheder og offentlige myndigheder. Formidlingen er blandt sket gennem nærværende tidsskrift, der i perioden 01.04.07 – 01.04.09 blev udsendt seks gange om året i en dansk og en engelsk version. Derudover er resultaterne formidlet via e-mail, ligesom informationerne er lagt ud på www.biopress.dk.

Restprodukter fra affaldsforbrænding

Titel: Restprodukter fra affaldsforbrænding

Ansvarlig: DONG Energy, Bo Sander, e-mail bosan@dongenergy.dk ☎ 9955 2909.

Tilskud: PSO – 4.247.000 kroner

Projektet har forbedret forståelsen for dannelsen af restprodukter fra affaldsforbrænding. Det er sket ved at sammenligne karakteristikken af restprodukter med det indfyrede affald og anlæggets driftssituation.

Resultaterne fra projektet er baseret på målinger på et affaldsforbrændingsanlæg i Næstved, hvor der sammenlagt er gennemført 12 forsøg i projektperioden. I halvdelen af forsøgene blev sammensætningen af affaldet ændret, mens man i den anden halvdel af forsøgene ændrede anlæggets driftsdata.

Resultaterne viser, at ændringer i sammensætning af affaldet giver markante ændringer i sammensætning af restprodukterne. Derimod er der ikke noget, som tyder på, at en ændring af anlæggets driftsbetingelser har nogen særlig indflydelse på restprodukterne.



arkivfoto: torben skøtt/biopress

Det er primært affaldets sammensætning, der har betydning for restprodukterne ved affaldsforbrænding.

MAXIFuels konceptet – videreudvikling

Titel: Optimering og videreudvikling af MAXIFuels konceptet

Ansvarlig: DTU Systembiologi, Kim Pilegaard e-mail kipi@risoe.dtu.dk, ☎ 4025 6839.

Tilskud: EFP – 4.550.000 kroner

Hovedformålet for projektet har været at reducere omkostningerne ved produktion af 2. generations bioethanol. For at opnå dette er der gennemført en række projekter, der hver især belyser detaljerne omkring de individuelle procestrin.

Fiber og stængler af majs er blevet undersøgt som nye råvarer, og der er etableret egnede procedurer, der sikrer en effektiv udnyttelse af disse råvarer. Desuden er der undersøgt alternative systemer til nedbrydning af cellulose gennem infektion af biomassen med mikroorganismer.

Resultaterne af disse undersøgelser kan endnu ikke bekræfte, hvorvidt denne strategi er farbar. Betydelige ressourcer er blevet anvendt til at undersøge egnetheden af forskelligt procesudstyr. Disse aktiviteter har givet klare anbefalinger, der kan bidrage til forøget fleksibilitet og energieffektivitet, samt bidrage til en reduktion af omkostningerne ved fremstilling af 2. generations bioethanol.

MAXIFuels konceptet – fjernelse af salt

Titel: Videreudvikling af MAXIFuels konceptet med saltfjernelse og genvinding af et værdifuldt gødningsprodukt

Ansvarlig: DTU Systembiologi, Kim Pilegaard e-mail kipi@risoe.dtu.dk, ☎ 4025 6839.

Tilskud: EFP – 1.800.000 kroner

Projektet er udført i sammenhæng med MaxiFuels projektet "Afprøvning og videreudvikling i pilotskala af en fermenteringsplatform for maksimal produktion af bioenergi (ethanol, hydrogen og methan) fra biomasserestprodukter såsom halm".

MaxiFuels projektet har til formål at afprøve og videreudvikle konceptet til 2. generations bioethanol, hvor der udover ethanol også produceres biogas og værdifulde biprodukter.

Projektet har haft til formål at afklare, i hvilken grad og ved hjælp af hvilken metode den tynde fraktion fra biogasprocessen skal renses for at kunne genanvendes som procesvand. Arbejdet er blevet gennemført som fire delopgaver:

1. Analyser af saltkoncentrationer i de forskellige trin af MaxiFuels processen.
2. Modellering af saltkoncentrationer ved kontinuert drift og tilbageføring af recirkulationsvand.
3. Bestemmelse af højst tilladte saltkoncentrationer i de forskellige procestrin.
4. Egnethed, effektivitet og energiforbrug af forskellige processer til fjernelse af saltet.

Saltanalyserne viste, at Na⁺ udgør den største del af alle saltioner i procesvandet. Det skyldes tilsætning af NaOH, der bruges til at justere pH. Andre ioner i betydelige koncentrationer er K⁺, Cl⁻, Ca⁺⁺ og P. Toleranceforsøg viste, at delprocesserne i MaxiFuels konceptet tolererer en samlet saltkoncentration på op til 30 gram/liter uden tegn på hæmning. Test af forskellige rensningsprocesser tyder på, at elektrodiolyse er den mest lovende metode til at fjerne salt fra det pågældende procesvand.

Dioxiner i forbrændingsanlæg

Titel: Undersøgelse og modellering af dioxindannelses- og nedbrydningsmekanismer i forbrændingsanlæg med henblik på en forbedring af restproduktkvaliteten – fase 2 og 3

Ansvarlig: Rambøll A/S, Peter Heymann Andersen, e-mail peha@ramboll.dk, ☎ 4598 6000.

Tilskud: PSO – 1.400.000 kroner

Projektet har haft til formål, at identificere de parametre i et forbrændingsanlæg for kommunalt affald, som har væsentlig indflydelse på dannelsen af dioxiner i røggassen og dermed i restprodukterne. Projektet blev udført på et laboratorie-skala fluid bed affaldsforbrændingsanlæg (5 kW) på Umeå Universitet med standardiseret affaldsbrændsel. Udtagning af prøver skete i anlæggets kedel.

Eksperimenterne viste, at de brændsels- og forbrændingsparametre, som har størst indflydelse på dioxindannelsen, er svovl- og klorindholdet i brændslet, temperaturen i efterforbrændingskammeret og ufuldstændig forbrænding. Nedenfor er de væsentligste resultater angivet:

- En stigning i SO₂/Cl-forholdet fra 0 til 0,4 resulterede i en reduktion i dioxindannelsen med 70 procent. Højere forhold førte ikke til yderligere reduktion.
- En stigning i brændslets Cl-indhold fra 0,7 til 1,7 procent medførte en tidobling af dioxinkoncentrationen.
- Et fald i temperaturen i efterforbrændingskammeret fra 800 til 660 °C medførte en tredobling af dioxinkoncentrationen.
- Ufuldstændig forbrænding med en ændring i CO- og O₂-indholdet fra henholdsvis <3 ppm og 11 procent til 1.600 ppm og 9 procent medførte en forøgelse af dioxinkoncentration med en faktor cirka 150.
- Reduktion af O₂-koncentrationen fra 10,9 til 2,4 procent med samtidig forøgelse af CO-koncentrationen fra <3 ppm til 1.250 ppm medførte en syvdobling af dioxinkoncentrationen.
- Der blev ikke fundet højtemperaturdannelse (640 °C) af dioxin.
- Den største dioxindannelse synes at ske i temperaturområdet 400 – 300 °C i anlæggets kedeldel. Eksperimenterne indikerer, at tilstedeværelsen af partikler (aske) og disses størrelse har indflydelse på dannelsen.
- Resultaterne indikerer endvidere, at jo kortere opholdstiden er i det ovenfor nævnte temperaturområde, desto mindre er dioxindannelsen.



arkivfoto: torben skøtt/biopress

Ufuldstændig forbrænding, temperaturen i forbrændingskammeret, samt svovl- og klorindholdet i brændslet er de parametre, der har størst indflydelse på dioxindannelsen.

Forgasning af træpiller

Titel: Udvikling med henblik på efterfølgende demonstration af kraftvarmeproduktion på træpiller i trinopdelt open core forgasningsanlæg under EU-concerto 2 byudviklingsprojekt

Ansvarlig: BioSynergi Proces, Henrik Houmann Jakobsen e-mail hhj@biosynergi.dk, ☎ 4586 1430.

Tilskud: EFP – 1.622.000 kroner



foto: biosynergi proces

Et kig ned i gasgeneratoren, hvor der i knap 700 timer blev fyret med træpiller.

Udgangspunktet har været EU-projektet "Green Solar Cities", hvor man vil fokusere på solenergi og biobrændsler i to værtsbyer, nemlig Valby og Salzburg i Østrig. Her vil man i forbindelse med planlagt byudvikling etablere blandt andet solcelleanlæg og forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion.

BioSynergi Proces har i den forbindelse udviklet og afprøvet et forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion på træpiller. I projektet har BioSynergi bygget videre på erfaringerne med selskabets forgasningsanlæg hos Græsted Fjernvarme, der indeholder en modulopbygget gasgenerator med en patenteret trinopdelt forgasningsproces.

I projektet er der fremstillet og afprøvet en modificeret og let udskiftelig reaktordel i gasgeneratoren, således at der kan forgasses træpiller i stedet for skovflis. Anlægget har været testet med træpiller i knap 700 timer, heraf 160 timer med motordrift. Der er opnået en stabil gasproduktion, men stabiliteten ved motordrift har ikke været helt tilfredsstillende.

Sideløbende med projektet har BioSynergi arbejdet med at udvikle et enkelt og billigt system til opbevaring og håndtering af flis på mindre anlæg. Det system vil i mange tilfælde være at foretrække frem for træpiller, dels på grund af stabiliteten, dels fordi træpillerne er et væsentligt dyrere brændsel end skovflis.

BioSynergi håber at skulle levere et komplet forgasningsanlæg til den del af EU-projektet, som finder sted i Valby. EU-projektet er imidlertid blevet forsinket på grund af finanskrisen, der har gjort det vanskeligt at få finansieret store byggeprojekter.

FIB – Forskning i Bioenergi udgives med støtte fra Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP), der administreres af Energistyrelsen. Der udkommer fire tidsskrifter og otte nyhedsbreve om året. Gratis abonnement kan tegnes via hjemmesiden www.biopress.dk eller ved henvendelse til BioPress på telefon 8617 8507.

BioPress bringer løbende nyheder fra forskernes verden. Følg med på www.biopress.dk, hvor du kan downloade tidsskrifter og nyhedsbreve.

Ansvarshavende redaktør:
Journalist Torben Skøtt

ISSN: 1604-6331

Produktion:

BioPress
Vestre Skovvej 8
8240 Risskov
Telefon 8617 8507
E-mail: biopress@biopress.dk
Hjemmeside: www.biopress.dk

Forsidefoto: Teknologisk Institut, BioSynergi Proces og BioPress.

Oplag: 4.000 stk.

Tryk:

CS Grafisk. Bladet er trykt på svanemærket offset papir.

Gengivelse af artikler og illustrationer må kun ske efter aftale med BioPress. Citater fra artikler må gerne bruges med tydelig kildeangivelse.

Næste nummer:

– udkommer medio december 2009. Deadline for redaktionelt stof er den 15. november 2009.

Forgasningsanlæg skal bruges til fremstilling af benzin



foto: torben skøtt/biopress

Haldor Topsøe forhandler med Skive Fjernvarme om at etablere et anlæg til produktion af benzin fra træ.

Haldor Topsøe vil gerne være førende inden for anlæg, der omdanner biomasse til miljøvenligt brændstof. Derfor har man for nylig indledt forhandlinger med Skive Fjernvarme, der har Europas største anlæg til forgasning af træ. Gassen herfra vil nemlig kunne omdannes til benzin i en katalysator, og da råstoffet er træ, vil det ikke konkurrere med produktionen af fødevarer.

Haldor Topsøe har i årtier haft en stærk position på verdensmarkedet inden for omdannelse af naturgas til flydende brændstof, og det er denne viden, man nu vil udnytte i anlæg, hvor råstoffet er miljøvenlig biomasse.

– Vores proces fungerer på mange forskellige typer gas. Det er en meget fleksibel proces, og det gør ikke den store forskel, om det er naturgas eller gas fra et anlæg, der er baseret på forgasning af biomasse, forklarer projektdirektør Claus Hviid Christensen fra Haldor Topsøe.

I princippet kan det også være biogas, men ifølge projektdirektøren skal der være tale om meget store anlæg

for at sikre en fornuftig økonomi, og derfor satser man i første omgang på træ som råvare. Når først processen er gennemtestet, er målet at etablere meget store produktionsanlæg i skovrige områder som Sverige, Finland og Rusland.

Ved at etablere et pilotanlæg i tilknytning til forgasningsanlægget i Skive får man et meget fleksibelt anlæg, der både kan producere el, varme og flydende brændstof. Når der er overskud af strøm på markedet, vil gassen blive brugt til benzin, og når der omvendt er behov for el og varme, vil man kunne skrue ned for produktionen af flydende brændstof.

Ifølge Energistyrelsens rapport fra 2008 om alternative drivmidler i transportsektoren er løsningen med at omdanne gas til benzin mere miljøvenlig end både bioethanol og biodiesel. Det springende punkt er naturligvis økonomien, men Haldor Topsøe forventer ikke, det bliver svært at konkurrere med bioethanol.

– Det vanskelige består i at konkurrere med en oliepris på godt 60 dollar/tønde. Når prisen igen når op på over 100 dollar/tønde, ser økonomien meget lovende ud, lyder det fra Claus Hviid Christensen

TS