

8. årgang
Nummer 37
September 2011

FIB

Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller



Fokus på VE-gasser



Bioethanol i dieselmotorer giver helt nye perspektiver



Metangas kan blive en genvej til brintsamfundet



Halver udgifterne til opgradering

BioPress
☎ 8617 8507
www.biopress.dk

Oversigt over afsluttede
projekter bagerst
i bladet



3. Metangas kan blive en genvej til brintsamfundet
5. Plastrmembran kan opgradere biogas
5. Er biobrændstoffer bæredygtige?
6. Udgifterne til opgradering af biogas kan halveres
8. Biogas kan dække ti procent af Danmarks energiforbrug
10. Energiudbyttet fra køkkenaffald kan fordobles
12. Energiafgrøder – det rene gas?
14. Bioethanol i dieselmotorer giver helt nye perspektiver
16. Miljøvenlig transport kræver massive tilskud
18. Holstebro kan blive hjemsted for grønt energicenter
19. Inbicon opruster
20. "Snehvide" og de syv små affaldskamre
21. Mobilt anlæg til gasrensning
22. BioSynergi fik årets ForskEL-pris
23. EUDP fik ansøgninger for 1,3 milliarder i 2011
24. Cleantech-virksomheder klarer sig bedre
25. Afsluttede projekter
32. Grøn gas i naturgasnettet

Elektronisk nyhedsbrev

Få flere og hurtigere nyheder om forskning i bioenergi, brint og brændselsceller. Den trykte udgave af FiB bliver nu suppleret af et elektronisk nyhedsbrev. Klik ind på www.biopress.dk og få et gratis abonnement.

www.biopress.dk

Metangas kan blive en genvej til brintsamfundet

Biogasanlæggene kan hjælpe til med at få indpasset store mængder vindkraft i energiforsyningen. Overskydende vindmølle-el kan bruges til produktion af brint, der efterfølgende kan konverteres til metangas i biogasanlæg. Samtidig fjernes biogassens indhold af kuldioxid, så gassen kan distribueres og lagres i naturgasnettet.

Af Irini Angelidaki, Gang Luo & Poul Lyhne

I dag dækker vedvarende energi cirka 35 procent af det danske elforbrug, men målet er, at andelen skal stige til 50 procent i 2025, og i 2050 skal Danmark være helt selvforsynende med vedvarende energi.

Det stiller store krav til det fremtidige energisystem, der skal kunne håndtere en meget varierende elproduktion fra det stigende antal vindmøller. I perioder, når det blæser meget, kan det være nødvendigt at fjerne en del af strømmen væk, mens der i andre perioder kan være behov for energilagre og fleksible kraftværker, som hurtigt kan få elproduktionen i vejret.

Energilagre, der kan udjævne forskelle mellem produktion og forbrug, vil være et stort plus, men hidtil har de fleste teknologier været for kostbare og ineffektive.

Mange har peget på muligheden for at etablere et brintsamfund, hvor overskydende vindmøllestrøm bliver brugt til fremstilling af brint via elektrolyse. Brinten kan efterfølgende lagres i tryktanke, og bruges i transportsektoren eller i kraftvarmeanlæg, baseret på brændselsceller.

Brint er et meget rent brændsel, så miljømæssigt set vil det være et stort plus at få det ind i energiforsyningen. Problemet er blot, at både brint og brændselsceller er en forholdsvis dyr

løsning, og det er ikke helt uproblematisk at skulle opbevare og distribuere store mængder brint.

Brint bliver til gas

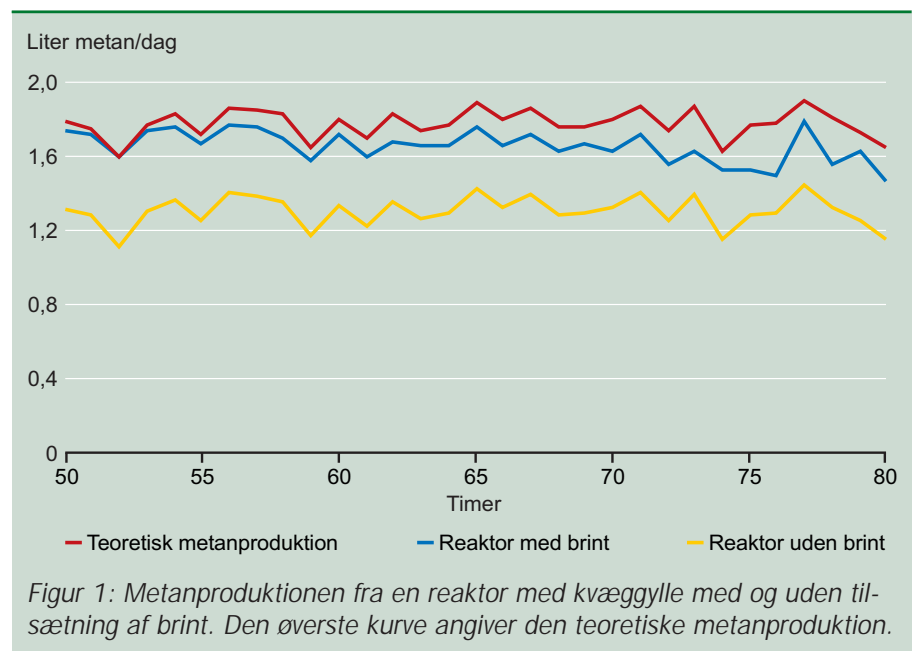
Men måske kan biogasanlæggene blive en genvej til at få brint ind i energiforsyningen. Nye forsøg på DTU Miljø viser nemlig, at brint kan konverteres til metangas i et biogasanlæg, hvorefter gassen kan distribueres gennem det eksisterende naturgasnet.

Den løsning vil være markant billigere end at etablere et helt nyt distributionssystem til brint, og det vil kunne sætte skub i udbygningen af bio-

gasanlæg, så man kan få udnyttet det store energipotential i husdyrgødning og andre organiske restprodukter.

Det geniale ved systemet er, at brinten ikke blot bliver konverteret til metangas, der indeholder tre gange så meget energi per volumen som brint. Når brint pumpes ind i et biogasanlæg, får man samtidig opgraderet biogassen, så den lettere kan distribueres gennem naturgasnettet.

Det danske naturgasnet har en betydelig lagerkapacitet, og de mange gasfyrede kraftvarmeværker kan hurtigt startes op, når det er vindstille og på den måde sikre den nødvendige reservekapacitet.





Brint kan gøre det lettere for biogasanlæggene at få gassen ud på naturgasnettet. Billedet er fra opførelsen af Maabjerg Bioenergy, der forventes at komme i drift i starten af 2012. Anlægget vil på årsbasis kunne omdanne 500.000 tons biomasse til over 18 millioner m³ biogas.

Og brændselscellerne kan også bruge naturgas. De såkaldte SOFC-celler, som Topsoe Fuel Cell producerer, bruger naturgas direkte, mens andre typer vil kunne udnytte gassen via en reformer.

Endelig kan gassen bruges til transportformål, som det sker i stort set alle europæiske lande bortset fra Danmark og Albanien. Det er forholdsvis nemt at stille bilparken om til gas, ligesom skibstrafikken også er begyndt at betragte gas som et fornuftigt alternativ til den forurenende fuelolie.

Fjerner CO₂

Undersøgelserne på DTU Miljø er foregået i samarbejde med Vestforsyning, der har hovedkontor i Holstebro. Energiselskabet har produceret brint siden 2008, og den 20. juni åbnede selskabet en helt ny tankstation, så man nu er i stand til at forsyne de nyeste generationer af brintbiler. Stationen kan levere brint med tryk på 700 bar, så man i løbet af cirka tre minutter har tilstrækkeligt med brændstof til en tur på 6-700 kilometer.

Erfaringerne fra DTU viser, at når brint pumpes ind i et biogasanlæg, kan brinten omsættes til metan med en virkningsgrad på over 90 procent. Forsøgene, der blev udført i et portionsanlæg med kvæggylle, viste ingen tegn på hæmning. Et efterfølgende forsøg med kontinuerlig tilførsel af

	Reaktor A	Reaktor B
Biogas	2.445 ml/dag	1.876 ml/dag
CH ₄	1.589 ml/dag	1.276 ml/dag
H ₂	489 ml/dag	0 ml/dag
CO ₂	366 ml/dag	600 ml/dag
CH ₄	65 %	68 %
H ₂	20 %	0 %
CO ₂	15 %	32 %
pH	8,3	8,0

Gasdata og pH ved stabil kontinuerlig udrådning af kvæggylle med og uden tilsætning af brint. Hvis gas fra reaktor A og brint køres igennem endnu en reaktor med husdyrgødning, kan man fjerne stort set alt den CO₂, der er i gassen.

brint viste, at 80 procent af brinten blev omsat til metan.

I forsøgene blev 40-60 procent af biogassens indhold af CO₂ fjernet, men nye forsøg tyder på, at man stort set kan fjerne alt den CO₂, der er i gassen. Det sker, hvis man tilføjer en blanding af biogas og brint til endnu en reaktor med husdyrgødning. Dermed er man meget tæt på en gas-kvalitet på niveau med naturgas, og det gør det oplagt at bruge naturgasnettet til lagring og distribution af gassen.

Irini Angelidaki er professor og ansat på DTU Miljø – Institut for Vand og Miljøteknologi, e-mail iria@env.dtu.dk.

Gang Luo er postdoc på DTU Miljø – Institut for Vand og Miljøteknologi, e-mail gangl@env.dtu.dk.

Poul Lyhne er udviklingschef hos Vestforsyning, e-mail: pl@vestforsyning.dk. ■

Plastmembran kan opgradere biogas

Opgradering af biogas til naturgaskvalitet har hidtil krævet store og forholdsvis kostbare anlæg, men nu har Teknologisk Institut udviklet en ny og meget enkel metode: En speciel plastmembran filtrerer CO₂-indholdet fra, og det kræver hverken kemikalier eller store komplicerede anlæg.

I starten var det egentlig et projekt om, hvordan brint kan distribueres via naturgasnettet, men undervejs blev det ændret til, hvordan biogas kan opgraderes til naturgaskvalitet.

– Brintsamfundet ligger nogle år ud i fremtiden, så vi mente, det var mere relevant at undersøge, hvordan plastmembraner kan bruges til opgradering af biogas, fortæller sektionsleder ved Teknologisk Institut, Jens Christiansen, der er ansvarlig for projektet.

Ideen er baseret på, at nogle plastmaterialer er i stand til at holde bestemte gasser tilbage, mens andre slipper igennem. Det drejer sig altså om at finde en plasttype, som spærret for enten metan eller CO₂, så man kan fraseparere CO₂-indholdet.

– Det er i virkeligheden ret enkelt, og det gode er, at der ikke er noget

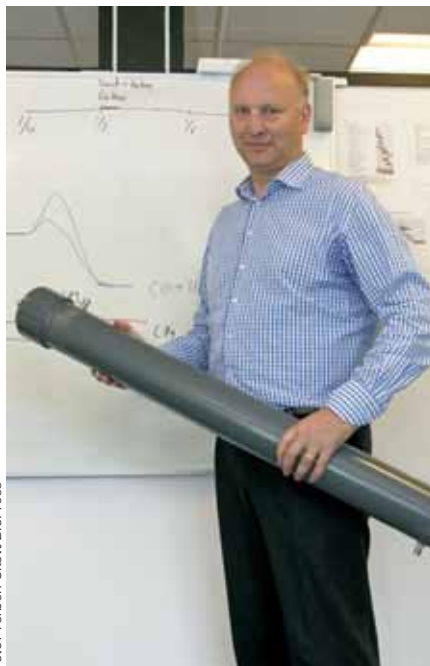


Foto: Torben Skøtt/BioPress

energiforbrug. Alt hvad der kræves, er et mindre gstryk, men det skal man alligevel bruge, når gassen skal sendes ud i naturgasnettet, siger Jens Christiansen.

Det oprindelige projekt bliver afsluttet i år, men Teknologisk Institut har fået en ekstra bevilling på 1,5 millioner kroner fra Energinet.dk, så man kan udvikle teknologien yderligere.

Sektionsleder ved Teknologisk Institut, Jens Christiansen, med en prototype af den plastmembran, som kan fraseparere CO₂-indholdet i biogas.

– Vi skal i gang med nogle flere undersøgelser, så vi får frasepareret en større mængde CO₂. Målet er, at gassen kun må indeholde nogle ganske få procent CO₂, og det kan vi formentlig nå ved at kombinere plastmembraner med zeolitter. Det er små keramiske partikler, der nærmest ligner porøst sand, og som lader CO₂ slippe igennem, mens metan bliver tilbageholdt, forklarer Jens Christiansen.

Han håber at kombinationen af plast og zeolitter kan sikre at gassen opnår en tilstrækkelig høj kvalitet. Derfor er Dansk Gasteknisk Center med i projektet, så de kan dokumentere, at gassen egner sig til at blive distribueret via naturgasnettet.

Energinet.dk har støttet første del af projektet med fire millioner kroner, så den samlede bevilling når op på 5,5 millioner. Efter planen vil anden del af projektet blive afsluttet i løbet af sommeren 2013. TS

Er biobrændstoffer bæredygtige?

Debatten om de miljømæssige konsekvenser ved at bruge biobrændstoffer fortsætter ufortrødent. Nu har norske forskere påpeget, at refleksion af sollys fra skovområder skal tages med i beregningerne.

Tidligere undersøgelser har påpeget, at udvinding af træ til biobrændstoffer kan have negative konsekvenser for klimaet, fordi produktionen er meget energikrævende, og fordi skoven er et vigtigt kulstoflager.

Men nu har norske forskere påpeget, at der reflekteres mere sollys fra områder, hvor træerne er blevet fældet til produktion af biobrændstoffer.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Der reflekteres mere sollys fra områder, hvor træerne er blevet fældet, og det giver et plus i klimaregnskabet.

Derved absorberes der mindre varme og det giver et plus i klimaregnskabet.

Ifølge Ryan Matthew Bright fra Norges Teknisk Naturvidenskabelige Universitet (NTNU) vil effekten være til stede i de første 20-30 år efter at træerne er fældet.

– Set over en periode på 100 år kan biobrændstoffer være både bedre og værre end fossile brændstoffer, mens brug af andre energiteknologier som træpiller giver et klimagevinst over hele perioden, siger Ryan Matthew Bright til www.forskning.no.

Den højere klimagevinst ved træpiller hænger sammen med, at effektiviteten ved elproduktion er større end når biomassen bruges i en motor. TS

Udgifterne til opgradering af biogas kan halveres

Med et nyudviklet separationsanlæg fra Ammongas er prisen på opgradering af biogas til naturgaskvalitet reduceret fra en krone til kun 50 øre/m³ metan. Dermed er det for alvor blevet interessant for biogasanlæggene at levere gas til naturgasnettet.

Af *Torben Skøtt*

Hvis der er noget, der har kunnet bringe sindene i kog, når biogasbranchen mødes til konferencer og seminarer, er det diskussionen om opgradering af biogas til naturgaskvalitet. Kritikerne har opfattet opgradering som en alt for dyr løsning i et land med masser af gasfyrede kraftvarmeværker, mens fortalere har set det som den eneste farbare vej, hvis halvdelen af den danske husdyrgødning skal udnyttes i biogasanlæg i 2020. Med opgradering vil det nemlig være lettere at finde en fornuftig placering til de mange nye anlæg, man undgår at bortkøle en del af varmen i sommerhalvåret, og biogasanlæggene vil ikke længere være afhængige af en enkelt aftager.

Men opgradering er en ekstra udgift for biogasanlæggene, og det er ikke mange år siden, at prisen lå på et par kroner/m³ metan. Senere faldt prisen til omkring 1 krone/m³, og her i sommer kunne ingeniørfirmaet Ammongas så fremvise et anlæg hos Hashøj Biogas, hvor prisen er reduceret til omkring 50 øre/m³ metan.

Dermed kan det for alvor blive interessant for biogasanlæggene at forædle gassen, så man ikke længere er begrænset af energiforbruget i lokalområdet.

Mangler klare rammevilkår

– I sommerhalvåret kan vi slet ikke udnytte gasproduktionen fra biogasanlægget, så vi smider omkring

6.000 MWh varme væk, siger Erik Lundsgaard, der er direktør for biogasanlægget og det lokale kraftvarmeværk i Hashøj, hvor man fyrer med både biogas og naturgas. Han ser store perspektiver i, at man på sigt kan afsætte biogassen til naturgasnettet, men i første omgang bliver opgraderingen kun brugt til at udvide kapaciteten af gasledningen mellem biogasanlægget og kraftvarmeværket.

– Vi kunne i princippet bygge et fuldskaalanlæg i morgen, men vi bliver nødt til at vente, til vi kender rammevilkårene. Det er over et år siden, politikerne besluttede, at biogasanlæggene skulle have mulighed for at levere gas til naturgasnettet, men vi har endnu ikke fået at vide, hvor me-

get vi kan få for gassen, fortæller Erik Lundsgaard.

Uden klare rammebetingelser kan biogasanlægget ikke få skabt den nødvendige finansiering, og derfor har man indtil videre udskudt en planlagt udvidelse af anlægget til omkring 20 millioner kroner. Det vil ellers kunne have skabt yderligere 2-3 arbejdspladser på anlægget, et bedre miljø i landbruget, og endnu mere CO₂-neutral energi til erstatning for de svindende naturgasreserver.

Trykløst anlæg

Opgradering af biogas er især udbredt i Sverige og Tyskland, hvor de to mest anvendte teknologier er trykvandsvask og PSA. Det står for Pressure Swing Adsorption, og er baseret på et system, hvor kuldioxid absorberes i et kulfilter. Såvel trykvandsvask som PSA systemet arbejder ved forholdsvis høje tryk, energiforbruget er baseret på el, og begge anlæg har et metanudslip, der er betydeligt større end i Hashøj, hvor udslippet praktisk taget ikke kan registreres.

– Systemet i Hashøj er skræddersyet til det danske forhold, hvor vi har et fintmasket gasnet med et tryk på



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Erik Lundsgaard fra Hashøj Biogas (til venstre) og Anker Jacobsen fra Ammongas med opgraderingsanlægget i baggrunden.

kun fire bar. Det giver mulighed for at lave et trykløst anlæg, så en ventilator er alt, hvad der skal til for at sende gassen rundt i systemet, fortæller Anker Jacobsen, der er direktør for Ammongas.

Elforbruget til anlægget er således minimalt, ligesom udgifterne til pasning og etablering af anlægget kan minimeres. Til gengæld skal der bruges varme til at drive anlægget, men her er der flere og ofte billige muligheder: Det kan være overskudsvarme fra gasmotorer, eller det kan være varme fra afbrænding af træ, halm eller afgasset fibergødning.

Endelig er der mulighed for, at en del af den tilførte varme vil kunne genbruges som varmt kølevand med en temperatur op til 80 grader og endnu højere, hvis man kobler en varmepumpe til anlægget.

Aminvask

Anlægget i Hashøj fungerer ved at gassen vaskes i en vandig opløsning, der indeholder amin, som er i stand til at absorbere kuldioxid og frigive den igen ved opvarmning. Amin er i sig selv en ugiftig og biologisk nedbrydelig væske, der blandt andet bruges til fremstilling af sæbe og kosmetik.

Det centrale i anlægget er to lodretstående beholdere, hvor den første bruges til at absorbere gassens indhold af kuldioxid, mens den anden beholder bruges til at opvarme væsken, så CO₂-indholdet bliver udskilt. Kuldioxiden bliver i dag frigivet til luften, på samme måde som det ville være sket, hvis den rå biogas var brændt af i en motor eller i et gasfyr. I princippet er der dog intet til hinder



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Opgraderingsanlægget med en af biogasanlæggets reaktortanke i baggrunden.

for, at kuldioxiden vil kunne opsamles og udnyttes, således at biogasanlægget vil kunne opnå en endnu højere CO₂-fortrængning.

Opvarmning af vaskevandet sker ved hjælp af damp i et lukket kredsløb. I Hashøj har man valgt at bruge biogas til produktion af damp, men ved et kommende fuldskalaanlæg vil

man formentligt vælge et billigere brændsel.

Kapaciteten for pilotanlægget i Hashøj er på 250 m³ biogas i timen, svarende til cirka en fjerdedel af anlæggets gasproduktion. Vælger biogasanlægget at etablere et fuldskalaanlæg, vil behandlingsprisen inklusive afskrivning af anlægget blive på godt 50 øre/m³ ren metan (se tabel 1).

Udover omkostningerne til opgraderingsanlægget vil der være udgifter til at sende gassen ud i naturgasnettet, men hvad det beløber sig til, afhænger af de lokale forhold.

Udvikling af opgraderingsanlægget i Hashøj er blevet støttet med godt en halv million kroner af ForskEL programmet, der administreres af energinet.dk. Anlægget har været i drift siden maj måned, og Dansk Gasteknisk Center har i juni foretaget en række målinger, der blandt andet viser, at den rensede gas har et metanindhold på 99 procent. ■

	500 m ³ /time	1.100 m ³ /time	1.600 m ³ /time
Anlægsomkostninger	1,4 mio. kr.	1,9 mio. kr.	2,4 mio. kr.
Varmeforbrug	23 øre/m ³	23 øre/m ³	23 øre/m ³
Elforbrug	4 øre/m ³	3 øre/m ³	3 øre/m ³
Pasning og service	5 øre/m ³	4 øre/m ³	3 øre/m ³
Forrentning og afskrivning	6 øre/m ³	4,5 øre/m ³	4 øre/m ³
I alt per m ³ biogas	38 øre/m ³	34,5 øre/m ³	33 øre/m ³
I alt per m³ ren metan	56 øre/m³	51 øre/m³	49 øre/m³

Tabel 1. Økonomien ved opgradering af biogas til naturgaskvalitet for tre forskellige anlægsstørrelser. Udgifterne til varme er baseret på træpiller uden genbrug af spildvarme og med et kedeltab på ti procent.

Biogas kan dække ti procent af Danmarks energiforbrug

Haldor Topsøe er i færd med at videreudvikle deres brændselsceller, så de også kan bruges til opgradering af biogas. På den måde kan biogassens indhold af kuldioxid tælle med i energiregnskabet, og dermed vil den grønne gas på sigt kunne dække ti procent af Danmarks energiforbrug.

Af Torben Skøtt

Haldor Topsøe har i de senere år brugt betydelige summer på at udvikle deres SOFC brændselsceller til fremstilling af el, men nu er man gået et skridt videre og er begyndt at undersøge, hvordan cellerne kan bruges til elektrolyse og opgradering af biogas.

De fleste kender elektrolyse fra fysiktimerne, hvor vand tilsat svovlsyre spaltes til ilt og brint, når der sættes strøm til vandet. Elektrolyse kan dog også foregå med brændselsceller, og når der er tale om højtemperatur brændselsceller, som Topsoe Fuel Cell producerer, kan de også omdanne kuldioxid til kulilte og ilt.

En brændselscelle af den type kaldes SOEC, og når man tilfører el, biogas og vand til cellen, kan den spalte biogassens indhold af kuldioxid til ilt og kulilte, samtidig med at vandet spaltes til ilt og brint.

Det interessante er, at brint og kulilte tilsammen danner syntesegas, som også kendes fra anlæg, der omdanner biomasse til gas i en termisk proces. Gassen kan bruges direkte i motorer eller omdannes til andre typer brændsler. Det kan for eksempel være syntetisk naturgas, eller det kan være flydende brændsler som metanol eller syntetisk benzin. Det sker allerede i dag med kommerciel teknologi, som Haldor Topsøe markedsfører overalt i verden.

Fra 40 til 67 PJ biogas

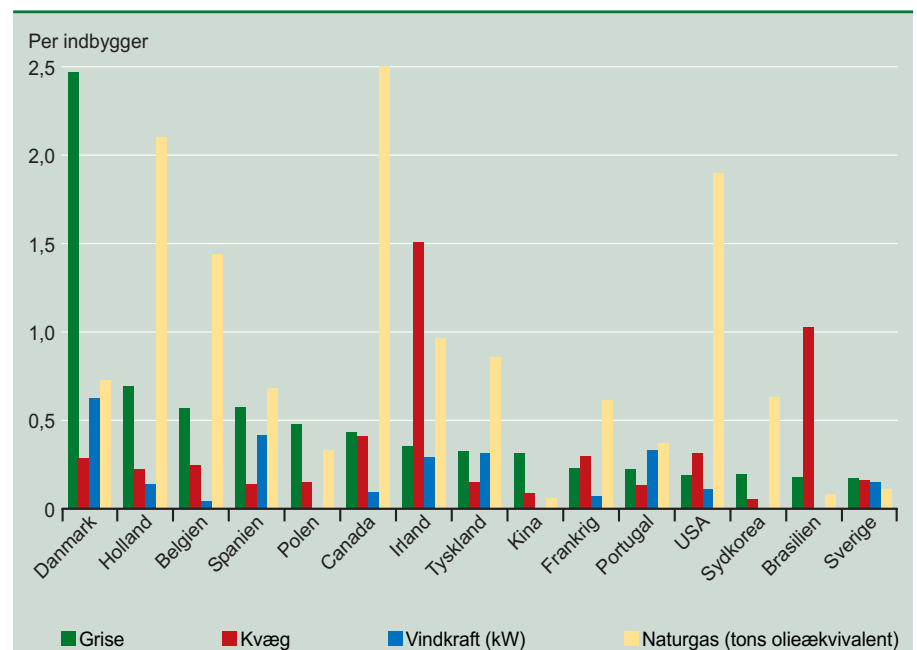
– I første omgang betragtede vi SOEC som lidt af en niche, men vi er blevet

klar over, at det kan få stor betydning i et energisystem, der er domineret af vedvarende energi. Alene for biogassens vedkommende vil det kunne øge energipotentialt fra 40 PJ til 67 PJ om året, svarende til at biogas kan dække ti procent af Danmarks energiforbrug. Det fortalte John Bøgild Hansen fra Haldor Topsøe om på et møde om VE-gasser hos Energinet.dk i august. Her var han blevet bedt om at redegøre for et PSO-projekt om opgradering af biogas med SOEC-celler, som Energinet.dk har støttet med godt 900.000 kroner, og som skal danne grundlag for en fremtidig strategi på området.

– Hvis vi kigger meget langt ud i fremtiden, er det ikke så meget energi men kulstof, vi kommer til at mangle. Vi kan producere masser af energi med sol og vind, men vi har brug for kulstof som energibærer. Det er nemt at håndtere, det kan fungere som energilager, og derfor skal vi selvfølgelig udnytte det kulstof, der er i biogassen, sagde John Bøgild Hansen.

Balance i energisystemet

Systemet med SOEC-celler kan skrues sammen på mange måder, men den idé, Haldor Topsøe især finder interessant, er spaltning af vand til ilt og brint i kombination med opgrade-



Figur 1: Antal husdyr, installeret vindkraft og naturgasforbrug per indbygger i 15 udvalgte lande.



Arkivfoto: Torben Skott/BioPress

Hvis biogas opgraderes til naturgaskvalitet tæller gassens CO₂-indhold med i energiregnskabet. Derved øges det samlede biogaspotentiale fra 40 til 67 PJ, svarende til ti procent af Danmarks energiforbrug.

ring af biogas. Resultatet er dels ren metan, der kan sendes direkte ud i naturgasnettet, dels syntesegas, der først skal omdannes til metangas, inden det kan bruges i gasnettet.

– Med SOEC-celler kan vi være med til at løse problemet med at skabe balance i et energisystem, der er baseret på vedvarende energi. I perioder med billig vindmøllestrøm kan strømmen bruges til produktion af naturgas, og i perioder med vindstille kan SOFC-celler bruge naturgassen til at producere el- og varme, forklarede John Bøgild Hansen.

Den tanke ligger helt på linje med Energinet.dk's strategi, der netop går ud på at bruge naturgasnettet som et energilager, der kan udjævne de store variationer i den fremtidige elproduktion.

Det spændende bliver, hvor lang tid det tager at gøre SOEC-cellerne kommerciel tilgængelig. Teknologien til at omdanne syntesegas til metangas blev udviklet af Haldor Topsøe i 1980'erne, men det er først nu, den

kan konkurrere på et frit marked. Det siger lidt om, hvor lang tid der kan gå, før forskningsresultater bliver til kommerciel forretning.

100 procent virkningsgrad

Ifølge John Bøgild Hansen er det dog ikke kun opgradering af biogas, der gør elektrolyse med højtemperatur brændselsceller interessant.

– Minimum elforbruget til elektrolyse falder med temperaturen. Til gengæld kan man bruge mere varme, og

her kan man nyttiggøre spildvarme fra brændselscellerne. Resultatet er, at SOEC-celler kan omsætte el til brint med en virkningsgrad på 100 procent. Det kan man ikke opnå med hverken PEM-celler eller alkalisk elektrolyse, fortalte John Bøgild Hansen.

Han har for nylig sammenlignet mængden af husdyrgødning, vindkraft og naturgasforbrug i 15 lande for at finde ud af, hvor det vil være mest oplagt at etablere de første anlæg.

På de fleste områder ligger Danmark helt i top. Vi har suverænt flest husdyr per indbygger, vi har flest vindmøller, ligesom vores naturgasforbrug ligger i den høje ende af skalaen (se figur 1).

– Hvis vi ikke kan finde ud af det i Danmark, så ved jeg snart ikke, hvor man skulle kunne finde ud af det, sluttede John Bøgild Hansen. ■

Nøgletal

Danmarks energiforbrug	673 PJ
Biogaspotentiale	40 PJ
Biogaspotentiale med opgradering via SOEC	67 PJ
Naturgasforbrug til kraftvarme	73 PJ
Naturgasforbrug til industri, husholdninger og service	76 PJ

Energiudbyttet fra køkkenaffald kan fordobles

“Solum ser ud til at have knækket koden, hvad angår biogas og køkkenaffald”, skrev tidligere klima- og energiminister Lykke Friis på sin facebook profil efter hun havde besøgt virksomhedens kombinerede biogas- og komposteringsanlæg ved Holbæk. Næste anlæg er under etablering i Indonesien, og det kan åbne op for et nyt eksporteventyr.

Af *Torben Skøtt*

Hvert år ender omkring 700.000 tons organisk affald i de danske skraldespande, hvoraf hovedparten bliver sendt videre til forbrændingsanlæg. Her bliver det omsat til el og fjernvarme, men er det nu også en god ide at sætte ild til affald, der indeholder 70-80 procent vand?

– Nej, lyder svaret fra projektudviklingschef Martin Wittrup Hansen fra Solum A/S, der siden 2003 har haft et såkaldt Aikan-anlæg i drift i Audebo ved Holbæk. Her bliver organisk husholdningsaffald omsat til kompost og biogas af en meget høj kvalitet med et metanindhold på over 70 procent.

– Med et Aikan-anlæg kan vi få dobbelt så meget energi ud af affaldet som ved forbrænding, men investeringen er kun på cirka en fjerdedel af, hvad et forbrændingsanlæg koster, fortæller Martin Wittrup Hansen.

Han taler varmt for, at man skal behandle organisk affald biologisk. Ikke kun på grund af økonomien, men også fordi det er vigtigt at recirkulere næringsstofferne i affaldet.

Et af de næringsstoffer, som der er en særlig grund til at værne om, er

fosfor. Om 30-40 år vil fosfor blive en mangelvare, og det kan vise sig at være et langt større problem end stigende temperaturer og mangel på energi. Fosfor er nemlig en afgørende byggesten i alle levende celler og uden tilstrækkelige mængder fosfor, vil vi opleve et markant fald i produktionen af fødevarer. Hvis det sker, er gode råd dyre, for i modsætning til fossile brændsler findes der ingen erstatninger for fosfor.

Eksport til Indonesien

EUDP har for nylig støttet udviklingen af teknologien med 1,5 millioner kroner. Derved har man fået optimeret processen og fået installeret måleud-

styr, så der nu er dokumentation for både massebalance og energiudbytte.

– Vi er i fuld gang med at markedsføre teknologien, og de sidste brikker er ved at falde på plads omkring et anlæg til Jakarta i Indonesien, der bliver seks gange så stort som anlægget ved Holbæk, fortæller Martin Wittrup Hansen. Han vurderer, at det kan blive begyndelsen på et nyt eksporteventyr til blandt andet Østen og USA, hvor der er et kæmpe marked for miljøvenlig affaldsbehandling.

Anlægget i Jakarta bliver etableret ved en eksisterende losseplads, og byggemodningen er netop gået i gang.

Ud over støtten fra EUDP har Solum Gruppen modtaget 1,5 million

Direktør Christian B. S. Christensen fra Solum Gruppen (til venstre) viser Aikan anlægget frem for tidligere klima- og energiminister Lykke Friis med følge.



Foto: Solum Gruppen A/S

kroner fra Miljøstyrelsen til test af samkøring mellem Aikan-teknologien og gyllebiodigasanlæg. Målet er at forbedre økonomien i gyllebiodigasanlæg, som spiller en central rolle i regeringens Grøn Vækst plan.

Roser fra Lykke Friis

I årene med Svend Auken som energi- og miljøminister fik bioforgasning af husholdningsaffald høj prioritet, men efter et par kuldsejlede projekter i blandt andet Helsingør og Århus, blev der skruet ned for ambitionerne. Begge steder blev der brugt over 100 millioner kroner på højteknologiske anlæg, som aldrig kom i stabil drift, så siden da, har kommunerne ikke ligefrem stået i kø for at kaste sig over den slags projekter.

Men Aikan-teknologien er på ingen måde højteknologisk. Det er faktisk ret simpelt, og derfor kan der være god grund til at se med friske øjne på



Foto: Solum Gruppen AS

Aikan-teknologien er i bund og grund lavteknologisk. Det minder lidt om et stort garageanlæg med flere separate afdelinger, som på skift fyldes og tømmes for affald.

biologisk affaldsbehandling. Det gjorde tidligere klima- og energiminister Lykke Friis, da hun besøgte anlægget ved Holbæk den 15. august, og hvor hun efterfølgende skrev på sin facebook profil: "Interessant virksomhedsbesøg hos SOLUM, der synes at have knækket koden mht at omdanne husholdningsaffald til biogas."

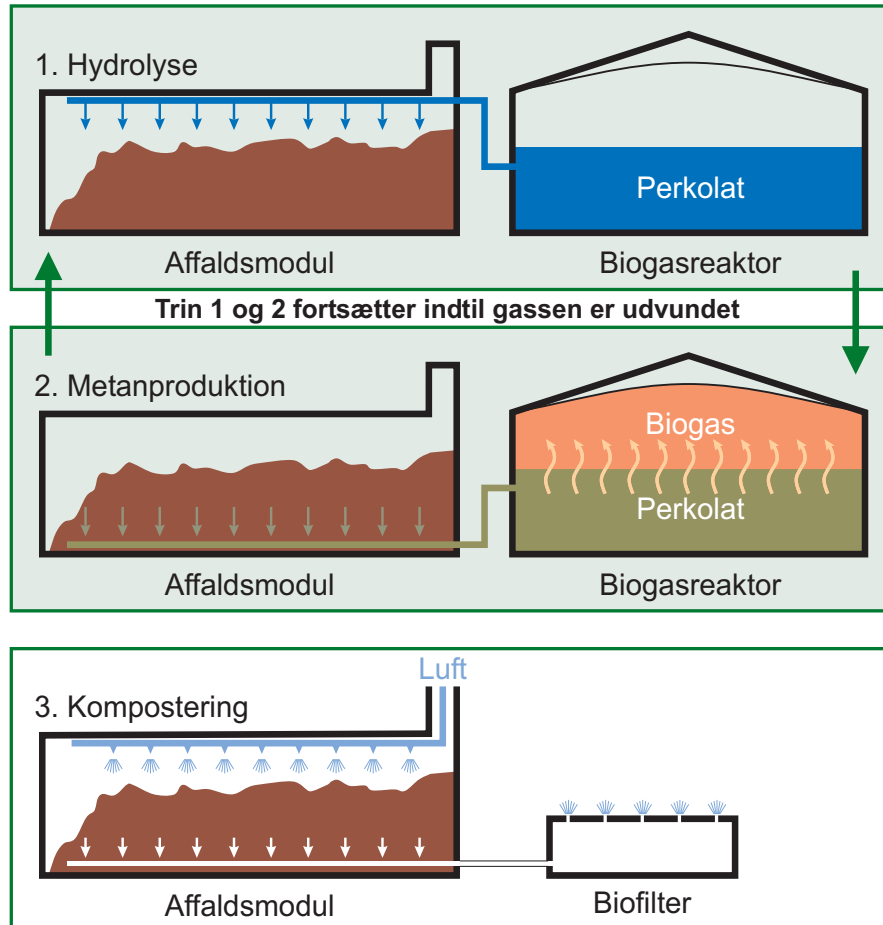
Solum Gruppen har fire gange været kåret som gazelle af Dagbladet Børsen. I maj 2009 modtog virksomheden Venstres klima- og miljøpris, overrakt af daværende statsminister Lars Løkke Rasmussen.

Læs mere på: www.solum.com og www.aikantechnology.com ■

Sådan bliver affald til gas og kompost

Aikan-anlægget ved Holbæk minder lidt om et stort garageanlæg med ti separate afdelinger, som på skift fyldes og tømmes for affald. Forinden er det organiske husholdningsaffald blevet blandet med findelt haveaffald, og så snart en sektion er fyldt op, bliver den lukket med en vand- og gastæt port. Herefter forløber processen i tre trin, som vist på tegningen til højre:

1. Affaldet overrisles med væske fra en tilknyttet biogasreaktor for at sætte skub i den biologiske proces.
2. Den næringsrige saft fra bunden af affaldsbunken pumpes over i biogasreaktoren. Ud fra cirka et ton affald kan der produceres knap 100 m³ biogas, som bliver omsat til el og varme i et kraftvarmeanlæg.
3. Efter 3-4 uger bliver porten åbnet, og affaldet kan nu bruges til kompost efter at eventuelle fremmedlegemer er sorteret fra. For hver ton affald bliver der 300-400 kg kompost og en restfraktion, der kan bruges som brændsel.



Energiafgrøder – det rene gas?

Umiddelbart ser der ikke ud til at være økonomi i at bruge energiafgrøder i biogasanlæg, men billedet kan hurtigt vende, hvis erfaringerne fra Tyskland og de nyeste forskningsresultater på DTU bliver inddraget.

Af Brian Bastrup Søndergaard

I de senere år er der kommet betydelig fokus på produktion af energiafgrøder, herunder afgrøder som kan bruges til at booste gasproduktionen i biogasanlæg. Landbruget står klar til at levere varen, og biogasanlæggene efterlyser i stigende grad biomasse med et højt gaspotentiale i takt med, at det er blevet vanskeligt at skaffe organisk industriaffald til konkurrence-dygtige priser.

Men kan energiafgrøder blive en positiv forretning for såvel landbruget som biogasanlæggene?

Det spørgsmål var startskuddet til mit afsluttende eksamensprojekt på jordbrugsteknologstudiet. Med praktik hos Heden & Fjorden i Holstebro blev forudsætninger for opgaven fastlagt i samarbejde med Maabjerg Bioenergy.

Driftslederen for biogasanlægget lagde ud med, at anlægget ville kunne afregne energiafgrøderne med 1 krone/m³ biogaspotentiale (65 procent metan), og at man primært var interesseret i majs, græs og roer.

Det viste sig hurtigt, at den pris ikke var tilstrækkelig, hvis landmanden skulle have dækket sine udgifter. Beregningerne viste, at afregningsprisen

Afgrøde	Biogaspotentiale
Majs	8.930 m ³ biogas
Græs	6.140 m ³ biogas
Roer	10.585 m ³ biogas

Tabel 1. Biogaspotentiale per hektar for forskellige afgrøder. Der er regnet med et metanindhold på 65 procent.

for majs skulle op på 1,40 kroner, mens den for roer skulle op omkring to kroner og for græs 2,35 kroner/m³ gaspotentiale.

Umiddelbart kan det således konkluderes, at der som udgangspunkt, ikke er fremtid i energiafgrøder til Maabjerg Bioenergy. Svaret er dog mere kompliceret end som så, især når det handler om roer. Det vender jeg tilbage til.

Gaspotentiale for afgrøderne

For at kunne fastlægge en afregningspris var det nødvendigt at finde gaspotentialet samt realistiske udbytter for de enkelte afgrøder.

Gaspotentialet for afgrøderne blev fundet i relevant litteratur, mens tal for udbyttet blev indhentet fra forsøgsvirksomheden Ytteborg, der ligger i tæt tilknytning til Holstebro og dermed også Maabjerg Bioenergy.

En god ven har været publikationen "Biogas – grøn energi" fra Plan-Energi, hvor Peter Jacob Jørgensen har angivet et gaspotentiale på 0,61 m³ biogas med 55 procent metan for majs. Sammenholdes det med gennemsnittet af tørstofudbyttet fra majsforsøgene ved Ytteborg, fås et gaspotentiale på 9.890 m³ biogas per hektar.

Græs derimod er ikke så nem at definere i forhold til udbyttet. I "Biogas – grøn energi" angives et gaspotentiale på 0,57 m³ biogas med 55 procent metan, men tørstofudbyttet kan variere en del afhængigt af biomassens sammensætning. Gennemsnittet af artsforsøg kan være med til at angive et leje for gaspotentialet,

hvilket fører frem til et gennemsnitligt potentiale på 8.870 m³ biogas/hektar.

For roernes vedkommende skal de tyske gloser pudses af. Friedrich Weissbach angiver et potentiale på 0,756 m³ biogas med 49,5 procent metan/kg tørstof. Sammenholdt med udbytteforsøgene fra Ytteborg angiver det et gaspotentiale på 13.906 m³ biogas per hektar.

Omregnet til biogas med 65 procent metan ser resultaterne ud som angivet i tabel 1. I forhold til den fastsatte pris på én krone/m³ biogas er det også afregning til landmanden, der kan aflæses i tabel 1.

Dyrkningsomkostninger

Dyrkningsomkostningerne for den enkelte landmand er vel undersøgt af Videncentret for Landbrug ved Århus og publiceret i form af "budgetkalkuler". Ud fra disse kalkuler er landmandens omkostninger ved dyrkning af afgrøderne beregnet som angivet i tabel 2.

Men det er ikke de eneste omkostninger, der er forbundet med at bruge energiafgrøder i biogasanlæg. Biogasanlægget stiller krav om, at roerne skal vaskes og moses for at mindske og lette håndteringen. Det koster cir-

Afgrøde	Sandjord	Lerjord
Majs	7.318 kr.	9.031 kr.
Græs	9.010 kr.	11.528 kr.
Roer	7.050 kr.	8.622 kr.

Tabel 2. Omkostninger ved dyrkning af én hektar med henholdsvis majs, græs og roer.



Foto: www.class.de

Tyske landmænd har stor erfaring i at levere majs til landets knap 7.000 biogasanlæg.

ka 40 kroner/ton roer, svarende til en ekstraudgift på op til 3.600 kroner/hektar.

Endelig er der udgifter til transport af afgrøderne fra landmand til biogasanlæg. På grund af den bynære beliggenhed er der ikke indregnet plads til ensilagestakke ved anlægget, og det vil derfor være nødvendigt med et vist antal transporter dagligt. Omkostningerne hertil er af Videntcentret for Landbrug angivet til 32 kroner/ton inklusive tid til læsning og ved en gennemsnitlig afstand fra landmand til biogasanlæg på 25 kilometer.

Vend blikket mod Tyskland

Med de omkostninger, der følger med dyrkning og levering af energiafgrøder, er det relevant at overveje, hvorvidt afgrøderne i det hele taget har en fremtid som råvare til danske biogasanlæg.

Der kommer næppe gang i udbygningen med biogasanlæg med mindre biogasanlæggene kan få en højere pris for gassen og dermed også kan betale en højere pris for råvarerne.

Men inden politikerne når så langt, vil det være relevant at rette blikket mod de tyske biogasanlæg. Som en del af min research havde jeg fornø-

jelsen at møde Dirk Ernst, der er bestyrer på Bioenergie Algermissen, syd for Hannover. Han gør meget ud af at finde den rette sammensætning af biomasse til anlægget, og har i den forbindelse betydelige erfaringer med at tilføje majs, roer og rug til anlægget. Rug anser Dirk Ernst for en oplagt energiafgrøde, fordi man kan få to afgrøder i samme sæson ved at dyrke rug forud for majs.

Da snakken faldt på roer, fortalte Dirk Ernst, at størrelsen som udgangspunkt er irrelevant for det samlede gasudbytte set over 12 dage. Erfaringerne har vist ham, at roerne kan indleveres direkte fra marken med op til 25 procent jord uden problemer, så længe der er tale om lerjord. Efter en gennemsnitlig opholdstid på 21 dage er afgrøderne inklusive jorden omsat til en flydende substans, der afsættes til områdets landmænd. Sandjord har derimod en tendens til at bundfælde sig i reaktortankene, hvilket begrænser reaktorkapaciteten og giver ekstra udgifter til rensning af tanke.

Synergiefekt

I Danmark er der blandt flere forskere enighed om, at tilsætningen af afgrø-

der til biogasreaktoren kan være med til at øge gasudbyttet fra den resterende biomasse. Det kaldes for synergieffekt ved samudrødning og blev præsenteret på Biogasforeningens økonomiseminar i 2010. Ifølge Rena Angelidaki fra DTU viser en model udarbejdet på DTU, at tilsætning af kulhydrater vil medføre, at udbyttet øges med 16 procent.

Hvis modelarbejdet på DTU også viser sig at have effekt i praksis, vil der være store fordele i at tilsætte energiafgrøder med det rette indhold, da disse vil kunne fungere som et boost for den øvrige gasproduktion. Dermed kan der også argumenteres for, at de enkelte afgrøders gaspotentiale, som er foretaget i denne opgave, burde øges med det synergipotential, de hver især repræsenterer.

Erfaringerne fra Tyskland kan ligeledes være med til at skabe håb for danske biogasfolk og landmænd. I takt med at der etableres flere biogasanlæg, vil behovet for løsninger til energiafgrøder være stadig stigende.

Brian Bastrup Søndergaard er jordbrugsteknolog, e-mail briansondergaard@gmail.com ■

Bioethanol i dieselmotorer giver helt nye perspektiver

Haldor Topsøe og Teknologisk Institut er på vej med et system, der vil gøre det muligt at bruge bioethanol i eksisterende dieselmotorer. Derved kan man køre cirka 40 procent længere på den samme mængde brændstof, energiforbruget til fremstilling af bioethanol kan sænkes med næsten en fjerdedel, og udslippet af skadelige stoffer kan reduceres markant.

Af Torben Skøtt

Bioethanol bliver af mange betragtet som det bedste bud på et alternativ brændstof til forbrændingsmotorer. Produktionskapaciteten er betydelig større end for biodiesel (figur 1), det forhandles over stort set hele verden, CO₂-reduktionen er markant, og udslippet af skadelige stoffer minimalt.

Men hidtil har bioethanol primært været et miljøvenligt alternativ til benzin, og benzinmotorer er ikke specielt gode til at udnytte brændstoffet. Virkningsgraden er kun på cirka 25 procent, og dertil kommer, at brændværdien for ethanol er cirka 30 procent

lavere end for benzin. Det sidste har dog ikke nogen praktisk betydning, hvis man blander under ti procent ethanol i benzinen, men er der tale om flexifuel-biler med 85 procent ethanol i tanken, skal man forvente, at rækkevidden bliver reduceret.

Ethanol er altså ikke noget specielt effektivt brændstof, og umiddelbart kan det ikke bruges i dieselmotorer, hvor virkningsgraden er cirka 40 procent højere end i benzinmotorer.

Fra ethanol til diethylether

Det har fået Haldor Topsøe og Teknologisk Institut til at undersøge mulighederne for, om man kan ændre på

sammensætningen af bioethanol, så det kan bruges i eksisterende dieselmotorer. Ideen går ud på at udvikle en prisbillig unit, der kan konvertere bioethanol til diethylether, og som samtidig er så kompakt, at den kan installeres i eksisterende dieselmotorer.

– Med et sådant system vil man få en langt bedre udnyttelse af brændstoffet, og man vil bibeholde de miljøfordele, der er ved bioethanol: et lavt udslip af kvælstofoxider og stort set intet partikeludslip. Dertil kommer, at den kostbare dehydreringsproces ved produktion af bioethanol kan undværes, da det blot vil være en fordel, hvis ethanol indeholder rester af



Foto: Dan Boman, www.scania.com

I Stockholm kører omkring 600 busser på bioethanol, heraf en del med dieselmotorer tilpasset ED95, der består af 95 procent ethanol og fem procent additiver.

vand, fortæller Pär Gabrielsson, der er projektleder hos Haldor Topsøe.

Støttet af EUDP

I 2009 fik Haldor Topsøe og Teknologisk Institut syv millioner kroner i støtte fra EUDP til at teste systemet med at konvertere bioethanol til et dieselbrændstof, og i foråret fik de yderligere ti millioner til at videreudvikle teknologien. Det har ført til en række bemærkelsesværdige resultater:

– I dag er vi sikre på, at det kan fungere. Vi har demonstreret, at brændstoffet kan bruges i dieselmotorer, at virkningsgraden er den samme som for dieselolie, og at der stort set ikke er noget udslip af partikler, fortæller Jens Christiansen, der er sektionsleder for plastteknologi ved Teknologisk Institut.

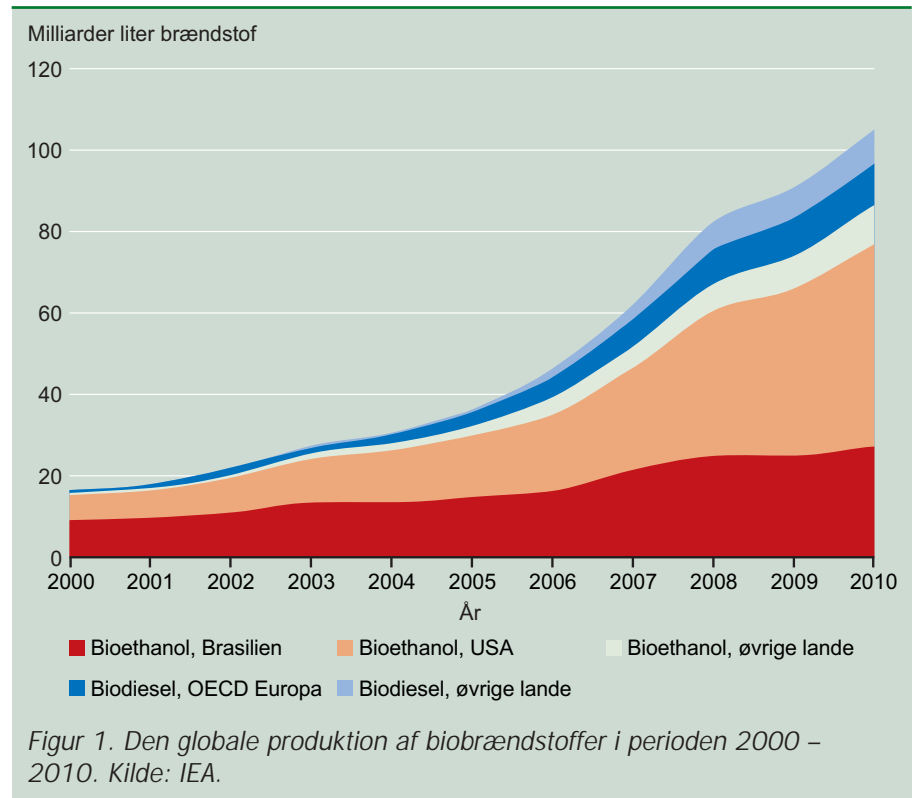
Også udslippet af de sundhedsskadelige kvælstofoxider har vist sig at falde, når diesel udskiftes med diethylether, og udslippet kan reduceres endnu mere, hvis man vælger at recirkulere udstødningsskaden.

Haldor Topsøe og Teknologisk Institut skal nu i gang med at forfine teknikken yderligere og få lavet en unit, der er så kompakt, at den kan installeres i almindelige dieselmotorer. Og så skal anlægget afprøves over en længere periode. I første omgang vil man se, hvordan systemet klarer de første 1.000 timers drift, og derefter skal man i gang med at teste anlæggene i et større antal køretøjer. Det kan meget vel blive hos et busselskab i en af de større byer, som derved kan profilere en teknologi, der kan reducere luftforureningen i de værst belastede områder.

Fra 12 til 22 kilometer/liter

Hos hveiti a/s, det tidligere Danish Biofuel a/s, følger man spændt udviklingen med at bruge bioethanol i dieselmotorer. Selskabet er langt fremme med planerne om at opføre et bioraffinaderi i Grenå, der skal producere 200 millioner liter bioethanol om året, så man har i høj grad fokus på de fremtidige markeder.

– Hvis den her teknologi slår an, vil markedet for bioethanol stige markant, og vi vil kunne reducere energiforbruget i vores produktionsproces med omkring 23 procent, siger Svend



Figur 1. Den globale produktion af biobrændstoffer i perioden 2000 – 2010. Kilde: IEA.

Brandstrup, der er direktør i hveiti a/s. Han forklarer, at det især er den sidste del af destillationsprocessen, der er energikrævende, så hvis man kan nøjes med at rense brændstoffet til omkring 93 procent alkohol i stedet for i dag 99 procent, kan energiforbruget reduceres med næsten en fjerdedel.

Svend Brandstrup kører selv rundt i en Saab 9-3 med en modificeret benzinsmotor, der kan køre på 85 procent ethanol, men er godt klar over, at dieseludgaven er langt mere effektiv.

– Jeg kører typisk 12-13 kilometer/liter E85, men Saab har kørt forsøg med bioethanol tilsat additiver i den samme type bil, men med en dieselmotor under hjulene. Her blev gennemsnittet på omkring 22 kilometer/liter bioethanol.

– Hvis udviklingen fortsætter i den retning, kan det være svært at se en fremtid for motorer med gnisttænding, konkluderer Svend Brandstrup.

Scania bruger allerede ethanol

Mens Haldor Topsøe satser på at konvertere bioethanol til diethylether har svenske Scania valgt at gå en anden vej. Her har man gennem flere år markedsført en særlig dieselmotor, som kan køre på 95 procent bioetha-

anol, hvis man tilsætter et additiv, der forbedrer smøreegenskaberne og sikrer, at motoren tænder korrekt. Motoren, der har en effekt på 270 hk, findes i både busser og lastbiler, og blandt andet i Stockholm kører der et stort antal "dieselbusser" rundt med bioethanol i tanken.

Den store fordel ved Scantias løsning er et lavere udslip af NOx og partikler – noget som de svenske myndigheder lægger stor vægt på. Økonomisk er det derimod knapt så attraktivt. Motoren er dyrere end en traditionel dieselmotor, og de fem procent additiver, som skal blandes i tanken, koster næsten 80 kroner/liter.

I starten var de tankstationer, som leverede bioethanol til "dieselbusserne" i Stockholm, ikke offentligt tilgængelige, men i oktober 2010 åbnede OKQ8 en tankstation i den svenske hovedstad med bioethanol til dieselmotorer kaldet ED95.

Ifølge OKQ8 giver ED95 en CO2 reduktion på op til 90 procent, og de specielle motorer, som kan udnytte brændstoffet har samme virkningsgrad som almindelige dieselmotorer. ■

Miljøvenlig transport kræver massive tilskud

Det kræver milliardtilskud, hvis danskerne for alvor skal til at køre i brintbiler og hælde 2. generationsbioethanol i tanken. Brintbiler har behov for afgiftsfritagelse og tilskud til opbygning af infrastrukturen, og 2. generationsbioethanol har behov for fire kroner i støtte per liter bioethanol.

Af Torben Skøtt

Flere af de store bilfabrikanter satser på, at 2015 bliver året, hvor der for alvor kommer brintbiler på markedet. Prisen for en typisk brintbil forventes at blive på omkring 260.000 kroner eller nogenlunde dobbelt så meget, som en tilsvarende benzinbil vil koste eksklusive afgifter.

Bilindustrien har i første omgang peget på Tyskland som fokusområde, men også Danmark har industriens bevågenhed. Tyskland er især interessant, fordi der her er planer om at etablere 1.000 brinttankstationer frem mod 2017, men Danmark kan blive mindst lige så attraktivt, hvis afgiftsfritagelsen for brintbiler bliver forlænget ud over 2012. Bliver det besluttet, vil brintbilerne efter alt at dømme blive billigere for forbrugerne end tilsvarende benzinbiler, og så vil de fleste formentlig kunne leve med, at der "kun" er planer om 15 brint-tankstationer i 2015.

Der er planer om at forlænge afgiftsfritagelsen frem til 2015, men hvad der derefter skal ske, er endnu uvist. Der er dog næppe tvivl om, at uden én eller anden form for støtte, vil det være umuligt at få et større antal brintbiler på gaden.

Energistyrelsen har regnet på, hvad det vil koste, hvis 20.000 brintbiler skal fritages for afgifter i perioden 2015 – 2025. Her viser det sig, at alene registreringsafgiften vil give et provenutab på omkring 2,5 milliarder kroner. Dertil kommer et tab fra grøn

ejerafgift, samt provenutab i forbindelse med manglende benzin- og dieselafgifter.

Beregningerne er udført i forbindelse med de energipolitiske forhandlinger op til sommerferien, men der er ikke sat tal på de samlede tab, ligesom det heller ikke er opgjort, hvad brintløsningen vil medføre af ekstra indtægter til statskassen.

Erhvervspotentiale

På plussiden tæller sparede sundhedsudgifter i kraft af en bedre luftkvalitet, et merprovenu fra afgifter i forbindelse med en dansk brintproduktion, og endelig vil der være en række positive bidrag fra udvikling af en ny industri, hvor danske virksomheder står stærkt.

Vi har ganske vist ikke nogen bilindustri i Danmark, men vi har virk-

somheder som Serenergy, der har demonstreret, hvordan batteribilernes aktionsradius kan øges markant ved hjælp af brændselsceller, drevet af flydende brændstoffer som metanol.

Opbygning af en ny infrastruktur til brint er ligeledes et område, hvor Danmark er godt med, og hvor især H2Logic har gjort sig internationalt bemærket med tankstationer, der kan levere brint ved et tryk på 700 bar.

Danske virksomheder arbejder endvidere seriøst med at producere brint fra vedvarende energikilder via elektrolyse. Virksomheden Green Hydrogen forventer om få år at kunne markedsføre deres teknologi med alkalisk elektrolyse, IRD er langt fremme med elektrolyse via PEM-celler og endelig arbejder Topsoe Fuel Cells med SOEC-celler, som forventes at få en meget høj effektivitet



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Hvis afgiftsfritagelsen for brintbiler bliver forlænget, kan brintbiler blive billigere for forbrugerne fra 2015.



Hvis tre procent af det danske benzinforbrug skal erstattes med 2. generationsbioethanol, vil der være behov for et samlet tilskud på 9,2 milliarder kroner over en periode på 25 år. Billedet er fra Inbicons fabrik i Kalundborg, hvor der kan produceres fem millioner liter 2. generationsbioethanol om året.

og lave anlægsomkostninger. Disse anlæg vil desuden kunne udvikles til at producere syntetisk naturgas, og på den måde fungere som energilagere i perioder med overskydende vindkraft.

Massiv støtte til 2G

Biobrændstoffer er en central brik i det puslespil, der skal sikre, at Danmark kan leve op til klimaforpligtelsen inden for transportområdet.

I den forbindelse er der i de senere år brugt betydelige midler på udvikling af 2. generationsbiobrændstoffer, hvor råvarerne er affald og restprodukter i stedet for landbrugsafgrøder, som alternativt kunne være brugt til fødevarer.

De mange forskningsmidler har blandt andet ført til etablering af et stort demonstrationsanlæg i Kalundborg, som Dong Energy står bag. Råstoffet er halm og kapaciteten er på fem millioner liter bioethanol om året, der bliver afsat via Statoils tankstationer.

DONG Energy, Novozymes samt Landbrug og Fødevarer har i forbindelse med de seneste energiforhandlinger opstillet et forslag til, hvordan et dansk fuldskalaanlæg kan finansie-

res. Her regner man med en merpris i forhold til et 1. generationsanlæg på 4 kroner/liter bioethanol, svarende til en merudgift på 6,20 kroner/liter benzin.

DONG Energy vurderer, at der i gennemsnit over 25 år vil kunne produceres 92 millioner liter bioethanol om året. Det svarer til, at der kan blandes tre procent 2. generationsbioethanol i benzinen.

Ved en meromkostning på 6,20 kroner/liter benzinækvivalent vil det samlede støttebehov over en periode på 25 år blive på 9,2 milliarder kroner. Og dertil kræves en statslig underskudsgaranti i tilfælde af, at udenlandske producenter kan levere brændstoffet billigere end DONG Energy.

Ligesom for brint vil der være en positiv effekt fra udvikling af de danske kompetencer på området, men det vil stort set ikke have nogen betydning for CO₂-udslippet eller opfyldelse af Danmarks klimaforpligtelser, hedder det i et notat fra Energistyrelsen. En dansk produktion af 2. generationsbioethanol vil nemlig ikke fortrænge fossile brændsler, men kun bioethanol produceret på basis af landbrugsafgrøder.

Kilde: Notat om brint til transportformål fra Energistyrelsen 2011 og notat om 2. G. bioethanol fra Klima- og Energiministeriet 2011. Begge notater kan downloades fra www.ens.dk under punktet "Energiforhandlinger 2011."

Inbicon giver underskud

Inbicons bioethanolanlæg i Kalundborg har vist sig at være en dyr fornøjelse for ejeren DONG Energy. Ifølge det seneste regnskab kom Inbicon ud med et underskud på 140 millioner kroner i 2010, og det har fået DONG til at ændre skønnet for Inbicons økonomiske levetid til fem år.

Samtidig forventer det danske energiselskab at skulle til lommerne med flere penge til projektet allerede i år, men koncernchef Anders Eldrup tager den med ro:

– For os er det forskning og udvikling – ikke et produktionsanlæg. Og forskning og udvikling giver sjældent overskud, siger Anders Eldrup til DR's P4 Nordvest-sjælland.

Holstebro kan blive hjemsted for grønt energicenter

Foto: Thomas Møxe/Maabjerg Bioenergy



Måbjerg ved Holstebro kan blive det første sted i landet med et fuldskalaanlæg til 2. generationsbioethanol og med en brintproduktion, der skal distribueres gennem naturgasnettet.

Det er Vestforsyning, Struer Forsyning, affaldsselskabet Nomi og DONG Energy, der står bag planerne om at etablere det hidtil mest ambitiøse center for grøn energi i Danmark.

Administrerende direktør i Holstebros forsyningsselskab Vestforsyning Jørgen Udby er udpeget til at stå i spidsen for konsortiet, som i løbet af de kommende 15 måneder skal optimere projektet, opstille den økonomiske model, og afklare om projektet i det hele taget kan realiseres.

– Heltidige projektforslag for 2. generationsbioethanol er typisk faldet til jorden, fordi produktionen ikke er rentabelt i Danmark uden betydelig økonomisk støtte. Men fordi vi allerede har et bioenergianlæg og et biomassefyret kraftvarmeværk i passende størrelser, håber vi at få synergieffekter, som forbedrer økonomien i projektet, siger administrerende direktør i Vestforsyning Jørgen Udby. Han er udpeget til at stå i spidsen for konsortiet, som vil bruge de kommende 15 måneder til at afklare, om pro-

Maabjerg Bioenergy, der er verdens største biogasanlæg, skal være en central del af det nye energicenter.

jektet kan realiseres og i givet fald hvordan.

Nyeste teknologi

Går alt efter planen, vil Holstebro om få år blive hjemsted for Danmarks første fuldskalaanlæg til produktion af 2. generationsbioethanol. Det skal etableres ved siden af verdens største biogasanlæg, som bliver sat i drift i begyndelsen af 2012.

I tilknytning til biogasanlægget skal der etableres et elektrolyseanlæg, hvor overskydende vindmøllestrøm konverteres til brint. Og som noget helt nyt skal brinten pumpes ind i biogasreaktorerne. På den måde kan man konvertere brinten til metangas, samtidig med at biogassen bliver opgraderet til naturgaskvalitet. Det er aldrig tidligere prøvet i større skala, men forsøg på DTU Miljø viser, at det kan lade sig gøre, og at det vil være en billig metode til at lagre og distribuere brint.

Ved siden af biogasanlægget ligger Måbjergværket, der i dag fyrer med en blanding af halm, træ og affald. Her skal der foretages en række ombygninger, så anlægget i højere grad kan håndtere restprodukterne fra den grønne energiproduktion.

Endelig er der planer om at opføre et såkaldt RENescience-anlæg, hvor usorteret husholdningsaffald bliver delt

op i forskellige fraktioner. Den organiske fraktion kan herefter behandles på biogasanlægget, glas og metal kan genbruges og restfraktionen kan bruges som brændsel på Måbjergværket.

Masser af halm og gylle

Der kan blive tale om betydelige investeringer i det grønne center, der går under navnet Maabjerg Energy Concept, men der vil også være tale om en betydelig energiproduktion. Alene mængden af bioethanol vil komme op på 70 millioner liter om året, restprodukter fra produktionen vil kunne fordoble mængden af biogas hos Maabjerg BioEnergy, og Måbjergværket vil kunne levere fjernvarme til 20.000 husstande og el til nettet.

Et centralt element i konceptet vil være produktionen af 2. generationsbioethanol. Det betyder, at man på årsbasis vil få brug for 300 – 400.000 tons halm.

– Vi har allerede haft de første forhandlinger med vestjyske landmænd. De deler vores tro på, at det kan lade sig gøre, for vi har jo allerede prøvet det før med 450.000 tons gylle, siger Jørgen Udby.

Måbjergværket sat til salg

Ideen til Maabjerg Energy Concept har længe rumsteret i Vestjylland,

men konceptet fik for alvor luft under vingerne, da DONG Energy i 2010 annoncerede, at man ville sælge Måbjergværket. Det førte til dannelsen af det nye konsortium, og man blev hurtig enig om at udvikle en helt ny og fremtidssikret energiforsyning, baseret på halm, gylle, affald og brint.

Direktør Thomas Dalsgaard repræsenterer DONG Energy i konsortiet. Han bekræfter, at salget af Måbjergværket nu indgår i det samlede koncept, som blandt andet skal afdække de fremtidige ejerforhold til enkelttelementerne i konceptet.

Ifølge konsortiet vil et grønt energicenter styrke mulighederne for dansk forskning og ikke mindst eksport af knowhow på det grønne energiområde. Danmark er nemlig ikke alene om at tænke på bioethanol. Siden 2010 har EU forlangt, at 5,75 procent af det samlede benzinforbrug skal erstattes af biobrændsel og målet er,



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Planerne om det nye energicenter fik for alvor luft under vingerne, da DONG Energy annoncerede, at man ville sælge Måbjergværket.

at andelen gradvist skal øges til ti procent i 2020.

Foruden det kommercielle potentiale vil Maabjerg Energy Concept sikre vestjyderne en stabil og fremtidssikret fjernvarmeforsyning. Den miljømæssige gevinst kan potentielt blive så stor,

at Holstebro og Struer Kommuner klimaregnskaber vil vise en negativ CO₂-udledning. Endelig vil konceptet lokalt betyde skabelse af mange nye grønne arbejdspladser. TS

Kilde: maabjergenergyconcept.dk ■

Inbicon opruster

Metso Paper Sweden AB har indgået en aftale med Inbicon om levering af udstyr til Inbicons raffinaderiteknologi, der gør det muligt at omdanne halm til bioethanol.

Som led i aftalen vil Metso og Inbicon samarbejde om design og levering af udstyr til biomasseraffinaderier i fuld industriel skala ved at kombinere Metsos fiberbehandlingsteknologi og Inbicons teknologi til produktion af bioethanol. Metsos udstyr anvendes i raffinaderier, hvor ikke-træholdige råmaterialer som hvedehalm, majsstængler, sukkerrørsfibre og frugtræster fra oliepalmer kan udnyttes til at fremstille ethanol, fast biobrændsel til energiproduktion og dyrefoder.

– Vi har besluttet at indlede samarbejdet inden for et område, hvor begge virksomheder har årelang erfaring, nemlig behandling af ikke-træholdige råmaterialer som rester fra oliepalme-frugter og hvedehalm. Vi er nu i stand til at levere proces-teknologien, mens Metso har det udstyr, som kræves til at kommercialisere raffinaderier til 2. generations-



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Inbicon vil fremover gøre brug af Metso Paper Swedens fiberbehandlingsteknologi i fremtidige raffinaderier til 2. generations-bioethanol.

bioethanol, siger Benny Mai, CEO for Inbicon.

Metso Paper Sweden AB er en del af Metso Corporation, som er global leverandør af bæredygtige teknologi- og serviceløsninger til blandt andet papirindustrien og energisektoren. Selskabet har knap 30.000 ansatte i

over 50 lande og havde i 2010 en omsætning på over 40 milliarder kroner.

Inbicon A/S udvikler teknologi til 2. generationsbioethanol og har et stort demonstrationsanlæg i Kalundborg med en kapacitet på fem millioner liter bioethanol om året. TS

“Snehvide” og de syv små affaldskamre

Med et nyt forsøgsanlæg kaldet “Snehvide” hos DONG Energy Innovationscenter har folkene bag REnescience-teknologien fået mulighed for sætte turbo på udviklingen af miljøvenlig affaldsbehandling.

Af Torben Skøtt

– Udviklingsmæssigt er vi på flere områder nået til år 2015, fortæller en stolt Erik Ravn Schmidt fra REnescience, mens han demonstrerer, hvordan selskabets nyeste forsøgsanlæg kaldet “Snehvide” fungerer.

Navnet hentyder til, at anlægget er udstyret med syv små “dværgkamre”. Forskerne kan således køre syv sideløbende forsøg med forskellige typer affald, og på den måde finde frem til de mest optimale driftsbetingelser.

Erik Ravn Schmidt er idemanden bag REnescience-teknologien, der populært sagt går ud på at skille husholdningsaffald i tre sektioner: Organisk affald, som kan booste gasproduktionen i biogasanlæg, glas og metal til genbrug, og en restfraktion der kan bruges som brændsel. Systemet er med stor succes blevet testet hos Amagerforbrænding, og for tiden undersøges mulighederne for at etablere fuldskaalanlæg i København, Fredericia og Holstebro.

– Med “Snehvide” har vi fået de optimale driftsbetingelser for vores forsøg. Vi ved præcist, hvad der kommer ind, og hvad der kommer ud af anlægget, forklarer Jakob Wagner Jensen, der blandt andet står for at analysere resultaterne fra det nye forsøgsanlæg.

I “Snehvide” bliver affaldet kogt i 20-30 minutter. Derefter tilsættes enzymer, og det giver mulighed for at fraseparere den organiske fraktion, så den kan bruges i biogasanlæg.

– Det er nogle forholdsvis simple enzymer, vi bruger, da de blot skal sørge for, at biomassen bliver flydende, forklarer Erik Ravn Schmidt.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Erik Ravn Schmidt (bagerst) og hans kollega Pia Friis Jensen i færd med at lukke lugerne til “Snehvidens” syv affaldskamre.

Prisen på enzymerne vil han ikke ud med – det er en forretningshemmelighed. Men han lægger ikke skjul på, at prisen er faldet markant, efter at man har haft mulighed for at gå processen efter i sømmene med det nye forsøgsanlæg.

Masser af gas

REnescience er i dag et datterselskab under DONG Energy på linje med Inbicon og Pioneer, der arbejder med udvikling af henholdsvis 2. generations-bioethanol og termisk forgasning.

En del af udviklingsarbejdet foregår hos DONG Energy Innovationscenter i Skærbæk, hvor “Snehvide” hører til. Her findes også en række små forsøgsreaktorer, hvor biomassen kan afgasses under forskellige driftsbetingelser.

– Biomasse fra et REnescience-anlæg kan udrådnes næsten dobbelt så hurtigt som husdyrgødning, så hvis

man skal bygge et nyt biogasanlæg, vil det ikke kræve nær de samme anlægsinvesteringer som et landbrugsbaseret anlæg, forklarer Erik Ravn Schmidt.

– Og så er der næsten 30 gange så meget gas i ét ton biomasse fra REnescience som i ét ton gylle, supplerer Jakob Wagner Jensen. Han forklarer det med det høje tørstofindhold, og at enzymerne har forbehandlet biomassen, så man i princippet kan springe det første trin over i biogasprocessen.

På det seneste har man også fundet ud af at hente mere biomasse ud af affaldet. På Amagerforbrænding har man således kørt en serie vellykkede forsøg med en stor “vaskemaskine”, der behandler restfraktionen. På den måde får man rengjort de fraktioner, der går til genbrug, og man får øget mængden af organisk materiale til biogasprocessen. ■

Mobilt anlæg til gasrensning

Haldor Topsøe og Teknologisk Institut kan snart tilbyde forgasningsanlæggene at få rensset gassen i et mobilt testanlæg.

Forgasning af affald og biomasse er en af de teknologier, som vil kunne løse en lang række af de udfordringer, energisektoren står overfor. Restprodukter og andre billige brændsler vil kunne omsættes til gas på en forholdsvis enkel og billig måde. Og på gasform kan de bruges til både varme, el og transportbrændsler.

Forgasning har været kendt i over 100 år, men alligevel kniber det med at få gjort teknologien kommerciel tilgængelig. I princippet er der ved forgasning tale om en ufuldstændig forbrænding, og hvis det kun handler om at omdanne tørt bølgebrænde til brandbar gas, er det forholdsvis simpelt. Udfordringerne består i at kunne konstruere et forgasningsanlæg, der kan håndtere de mere problematiske brændsler, og som samtidig er i stand til at producere en ren gas.

Det sidste problem arbejder Haldor Topsøe og Teknologisk Institut nu på at få løst i et EUDP-projekt, hvor man sidst på året vil være klar med et mobilt gasrensningsanlæg, der kan blive testet på flere af de danske forgasningsanlæg. I første omgang er der planer om at afprøve teknologien i Harbøre, Skive og Græsted, men det er muligt at flere anlæg vil blive koblet på hen ad vejen.

Hjertet i anlægget bliver en katalysator, som Haldor Topsøe har udviklet. Den skal sikre, at tjæreindholdet i gassen bliver nedbrudt til flygtige gasser. Resten af anlægget har Teknologisk Institut ansvaret for.

– Kan vi fjerne tjæreindholdet på en nem og billig måde, er vi nået langt, så det er først og fremmest her, vi sætter ind, fortæller Jens Christiansen, der er sektionsleder i Center for plastteknologi ved Teknologisk Institut.

Rensning af gassen med katalysatorer har været forsøgt tidligere uden den store succes, men ifølge Jens Christiansen skyldes det blandt andet, at man ikke har haft tilstrækkeligt styr på tilførslen af energi og

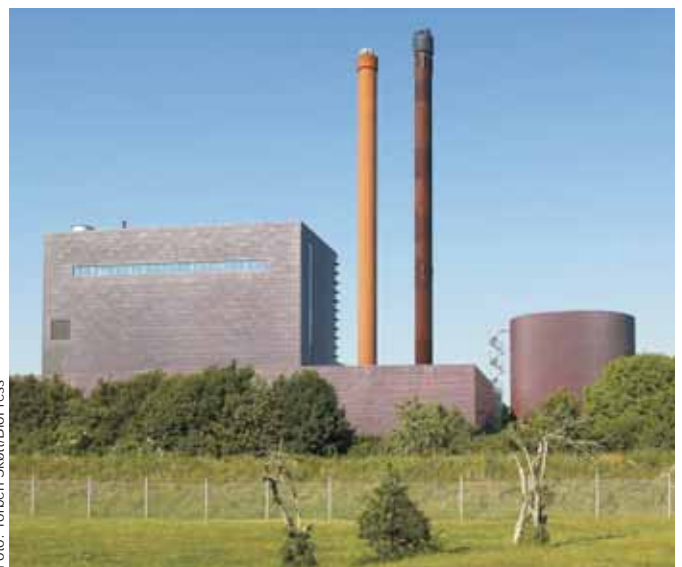
mængden af støv, som hurtigt kan stoppe anlægget til.

I forgasningsanlægget bliver der dannet en smule metan, men det har ingen betydning, hvis gassen skal omsættes til el og varme i et motoranlæg. Skal gassen derimod bruges til fremstilling af syntetisk benzin eller diesel, skal der være tale om en helt ren syntesegas, så her vil det være nødvendigt med et ekstra led, hvor metan bliver krakket til brint og kulilte.

Jens Christiansen vurderer, at der kan være store fremtidsperspektiver i at producere syntetiske brændstoffer til transportsektoren:

– Det er en teknologi, hvor Danmark i forvejen har en stærk position i kraft af Haldor Topsøes ekspertise på området. I dag er det primært kul, der bliver omdannet til gas og syntetiske brændstoffer, men i princippet kan teknologien lige så godt bruges til biomasse og affald.

Projektet om gasrensning har fået et tilskud fra EUDP på ni millioner kroner ud af et samlet budget på godt 15 millioner kroner. **TS**



Forgasningsanlæggene i Harbøre (til venstre) og Skive (til højre), hvor det nye mobile gasrensningsanlæg skal afprøves.

Foto: Torben Skott/BioPress

Foto: Torben Skott/BioPress

BioSynergi fik årets ForskEL-pris

BioSynergi Proces ApS har modtaget årets ForskEL-pris for udvikling af deres forgasningsteknologi og ikke mindst for deres arbejde med en særlig finansieringsmodel. Med den er det blevet lettere at passere barrieren mellem et udviklingsprojekt og et fuldskala demonstrationsanlæg.

Af Torben Skøtt

BioSynergi har fået prisen for projektet "Fuldskala demonstration af trinopdelt forgasningsanlæg", som er kulminationen på et langt udviklingsarbejde. Det har haft til formål at give især mindre fjernvarmeværker mulighed for at producere el og varme på basis af biobrændsler. Arbejdet har primært foregået på et mindre forsøgsanlæg hos Græsted Fjernvarme, men nu skal der etableres et fuldskalaanlæg hos Ullerød fjernvarme, der hører under Hillerød Forsyning.

Som en vigtig del af projektet er der arbejdet med en særlig finansieringsmodel, hvor et særskilt selskab med en gruppe private investorer i

ryggen ejer og driver anlægget. Fjernvarmeselskabet og dermed forbrugerne løber således ikke nogen risiko. Det gør investorerne til gengæld, men de kan på den anden side også se frem til en forrentning på 5,5 procent, hvis projektet udvikler sig som planlagt.

– Modellen med tredje parts finansiering er ret unik, fortæller direktør i BioSynergi ApS Henrik Houmann Jakobsen. Han fik inspiration til konceptet tilbage i 1990'erne, hvor han var rådgiver i Videntcenter for Halm- og Flisfyring.

– Der var flere eksempler på varmeværker, hvor forbrugerne kom i klemme på grund af forskellige tekniske løsninger, som ikke var gennemtestet. Det kan hurtigt ødelægge markedet og skabe øget skepsis mod indførelse af ny teknologi, så den vej ville jeg ikke gå, understreger Henrik Houmann Jakobsen.

I stedet indledte han et samarbejde med EBO Consult A/S, hvis ledelse har medvirket ved stiftelsen og koordineringen af flere vindmølle- og solcellelaug. Ebo Consult A/S står bag stiftelsen af selskabet Hillerød Bioforgasning, der skal eje og drive

anlægget i Ullerød. I efteråret 2010 blev der i løbet af forholdsvis få måneder solgt "folkeaktier" for otte millioner kroner, og dertil kommer to millioner kroner fra BioSynergi ApS og EBO Consult A/S, samt et tilskud på ti millioner kroner fra EUDP.

Anlægget skal sættes i drift i andet halvår af 2012. Brændslet kommer til at bestå af flis fra skovbruget, der omsættes til gas i en trinopdelt medstrømsforgasser. Efterfølgende bruges gassen i en gasmotor til produktion af kraftvarme. Eleffekten bliver på 300 kW og varmeeffekten på 750 kW.

Energinet.dk anser forgasning af biomasse som en god mulighed for at omstille energiforsyningen til vedvarende energi og til at skabe balance i et elsystem, der i vid udstrækning er baseret på vindkraft. Det er baggrunden for, at man via ForskEL-programmet har bistået udviklingen af forgasningsteknologien gennem en årrække, og støtten fra EUDP gør det nu muligt at demonstrere teknologien i større skala.

Læs mere på: www.biosynergi.dk og www.bioforgasning.dk ■



Foto: BioSynergi Proces ApS

Sådan fungerer forgasningsanlægget

Kernen i BioSynergis kraftvarmesystem er en gasgenerator, der omdanner brændselsflis til brændbar gas. Gassen benyttes som brændstof i en forbrændingsmotor til kraftvarmeproduktion.

Anlægget er designet til at anvende almindelig skovflis med et vandindhold på 40 – 55 procent. Efter modtagelsen på anlægget føres flisen gennem en tromletørner, der varmes op med udstødningsgassen fra motoren. Herefter er vandindholdet reduceres til 15 – 20 procent af totalvægten.

Fra tromletørren føres flisen til toppen af gasgeneratoren, hvor den indfyres gennem en cellesluse. Toppen af gasgeneratoren kan være åben under drift, men holdes normalt lukket, så der kan tilføres forvarmet luft til processen.

Brændsel, luft og gas bevæger sig i samme retning gennem gasgeneratoren. Lufttilførslen kan reguleres mellem tre adskilte områder i generatoren, så der opnås en optimal gasproduktion, og således at tjærestofferne fra pyrolysen bliver omsat.

De indre dele af gasgeneratoren er fremstillet af ildfaste keramiske materialer og afsluttet i bunden med en bevægelig rist. Aske fra forgasningen udtages gennem en vandlås i bunden af generatoren. Konstruktionen er udført, så alle sliddele let kan udskiftes, ligesom de enkelte hovedsektioner kan adskilles og samles på stedet.

EUDP fik ansøgninger for 1,3 milliarder i 2011

Energiteknologisk udviklings- og demonstrationsprogram har fået ansøgninger om 1,3 milliarder kroner i støtte i 2011 – heraf en halv milliard i anden runde, hvor der var deadline den 7. september.

Programmet har haft to ansøgningsrunder i år og i den anden runde med frist den 7. september, er der modtaget 79 ansøgninger om sammenlagt over en halv milliard kroner i støtte. Tilsammen er projektbudgetterne i denne runde på over 1 milliard kroner.

Topscorerne blandt teknologier er vindkraft, energieffektivitet og biomasse. På hvert af de områder er der ansøgninger for over 100 millioner kroner. Derefter kommer brint og brændselsceller, systemintegration og solenergi.

Biomasse

Cirka 40 procent af projekterne inden for bioenergi drejer sig om biogas. En væsentlig del af projekterne handler om at forbedre gasudbyttet gennem forskellige forbehandlingsteknikker og ved at supplere husdyrgødningen med halm.

Inden for termisk forgasning er der to projekter, hvor der sammenlagt er søgt om 30 millioner kroner. Det drejer sig dels om Risø DTU, der har søgt om støtte til udvikling af et brændselsfleksibelt forgasningsanlæg, dels om TK Energi, der har søgt om knap 18 millioner kroner til en såkaldt en-trained flow forgasser.

Flydende biobrændstoffer udgør den tredje største gruppe inden for bioenergi. Her er der søgt om støtte til produktion af biodiesel ud fra restprodukter, omdannelse af billige råvarer til syntetisk råolie, videreudvikling af ethanolteknologien samt et projekt hos Haldor Topsøe om fremstilling af metanol med avanceret synteseteknologi.

Øvrige projekter inden for bioenergi omhandler et kamerabaseret analyse-system til RENescience, torrefaction af biomasse og affald samt videreudvikling af Maabjerg Energy.

Brint og brændselsceller

Inden for brint og brændselsceller er der søgt om syv projekter med et samlet støttebeløb på 37 millioner kroner. Den største ansøgning kom-

mer fra Dantherm Power, der har søgt om knap 14 millioner kroner til udvikling af et såkaldt flex power anlæg. Derudover kan nævnes, at Serenergy har søgt om støtte til deres teknologi med metanoldrevne brændselsceller, HyTEC-DK har søgt om støtte til demonstration af brændselscellebiler og brinttankstationer i København, og GreenTech Invest har søgt om knap fem millioner kroner til produktion af brint ud fra affald.

Kilde: www.ens.dk

Område	Ansøgt
Biogas	49 mio. kr.
Termisk forgasning	30 mio. kr.
Flydende biobrændstoffer	21 mio. kr.
Øvrige biomasseprojekter	22 mio. kr.
Brint	12 mio. kr.
Brændselsceller	25 mio. kr.
I alt	159 mio. kr.

Oversigt over EUDP-ansøgninger inden for bioenergi, brint og brændselsceller i anden runde 2011.

Pris til Dall Energy

Jens Dall Bentzen, der står bag ingeniørvirksomheden Dall Energy, har igen vundet en pris for sin biomasseovn. Det skete i forbindelse med HI-messen i Herning den 6. – 9. september, hvor han fik overrakt Miljøministeriets Clean Tech pris af fremtidsforsker Preben Mejer.

– Denne her prisvinder er en teknisk velfunderet opfindelse, der løser en række tekniske problemstillinger inden for et samfundsmæssigt vigtigt område. Den har et stort potentiale også uden for Danmarks grænser, sagde Preben Mejer da han overrakte prisen på 164.000 kroner til Jens Dall Bentzen.

Ovnen fra Dall Energy kombinerer forgasning med forbrænding, hvilket gør anlægget både simpelt, billigt og miljøvenligt. TS

Brændselspiller fra vejrabatten

Hvert år slår Vordingborg Kommune flere hundrede kilometer græs i vejrabatten. Hidtil har græsset bare fået lov til at rådne op, men nu er kommunen begyndt at bruge græsset til brændselspiller.

Undersøgelser har vist, at der i Vordingborg Kommunes vejrabatter findes en energimængde, som svarer til cirka 400.000 liter olie. I stedet for at græsset blot får lov at rådne op til ingen verdens nytte, er man begyndt at presse græsset til piller, som kan bruges til enten brændsel eller strøelse.

Når rabatterne i dag klippes, suges biomassen op i en vogn efter samme fremgangsmåde, som anvendes ved pleje af naturarealer. Derefter bliver græsset tørret og findelt ved hjælp af en hammermølle. Til sidst bliver græsset presset til 8 mm piller og pakket i poser eller bigbags.

Det er ikke kun græs, kommunen har anvendt i deres pilleproduktion. Der har også været brugt siv, kornafrens, maltstøv, raps, savsmuld samt flis fra haveaffald.

Pilleproduktionen er i dag et kommunalt projekt, der skal skabe en meningsfuld arbejdsplads for en gruppe personer, der p.t. er ude af arbejdsmarkedet. I løbet af de kommende år er det planen at videreudvikle ideen om en bæredygtig lokal produktion af biobrændsler. Det skal blandt andet ske ved at gennemføre en række pilotforsøg med forskellige råvarer. Målet er, at produktionen på et tidspunkt kan blive til en kommerciel forretning.

Læs mere på: www.rabatpillen.dk

Cleantech-virksomheder klarer sig bedre

Danske cleantech-virksomheder klarer sig generelt bedre end den danske industri som helhed, men på sigt er det ikke nok at have et genialt produkt. Skal virksomhederne klare sig i den hårde konkurrence, skal der mere fokus på markedsføring og strategisk ledelse.

Den danske cleantech-branchen har i løbet af de seneste fem år klaret sig bedre end den danske industri som helhed med hensyn til beskæftigelse og omsætning. Det fremgår af rapporten "Cleantech – with the customer in focus", som DI Energibranchen, EUDP-sekretariatet og Brøndum & Fliess står bag.

– Et af de særligt spændende resultater i rapporten er, at det ofte ikke er tilstrækkeligt at have et genialt innovativt produkt, der teknologisk kan være bedre end andre eksisterende

rende produkter. De virksomheder, der for alvor skal klare sig i den hårde internationale konkurrence, skal have fokus på markedsføring og strategisk ledelse, siger Hans Peter Slente, branchedirektør i DI Energibranchen.

I dag er der mere end 1.200 cleantech-virksomheder i Danmark. Tidligere undersøgelser har vist, at de er kendetegnet ved høj fokus på forskning og udvikling gennem egne resurser, et optimistisk syn på fremtiden og et godt samarbejde med andre virksomheder. De satser i høj grad på de nære markeder, men en stigende andel af virksomhederne er begyndt at være aktive på kinesiske og asiatiske markeder, hvor de store vækstpotentialer findes.

– Mange danske cleantech virksomheder er teknisk højt specialiserede, hvilket i mange tilfælde gør dem globalt førende inden for deres felt. Det er afgørende for disse virksomheder,

at de også opbygger stærke strategiske og kommercielle kompetencer. Ellers får de som virksomheder, og vi som samfund, aldrig realiseret det store og vigtige potentiale, der ligger i de danske cleantech-virksomheder, siger Nicolai Zarganis, der er sekretariatschef for EUDP i Energistyrelsen.

"Cleantech – with the customer in focus" er baseret på resultaterne fra et case studie blandt syv danske cleantech-virksomheder, suppleret med data fra to årlige undersøgelser. De syv virksomheder er alle kendetegnet ved at være mindre, teknologitunge virksomheder, og er dermed repræsentative for store dele af den danske cleantech-branchen. Ud af de syv virksomheder er der én, der arbejder med biomasse til energiproduktion og tre, der udvikler og producerer brændselsceller.

Læs rapporten på www.di.dk. ■

Virksomhederne

De syv virksomheder, der er med i rapporten "Cleantech – with the customer in focus", er:

H2Logic, der producerer tankstationer til brint og brintdrevne brændselsceller til blandt andet gaffeltrucks.

Topsoe Fuel Cells, som fremstiller højtemperatur brændselsceller, der er meget fleksible med hensyn til brændselsvalg.

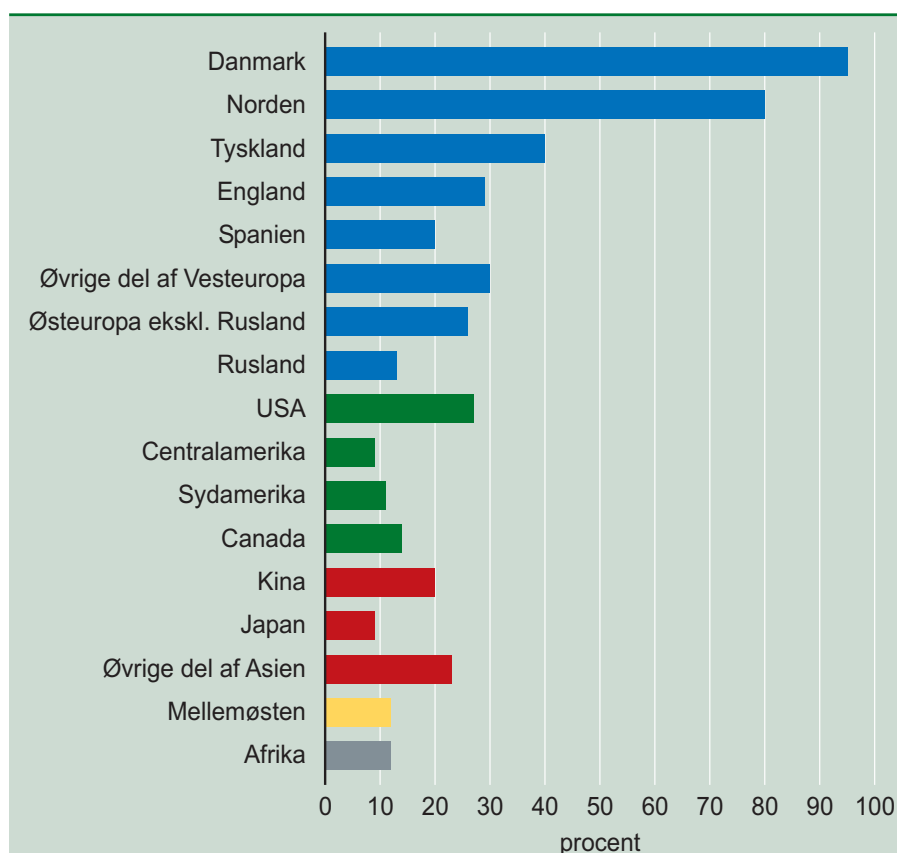
Dantherm Power, der leverer komplette brændselscellesystemer til blandt andet nødstrømsanlæg og mikrokraftvarme.

DP Cleantech, der leverer biomassefyrede kraftvarmeanlæg. Selskabet har tidligere været en del af B & W Energi, men er i dag et datterselskab af Dragon Power Group, der også ejer og driver 19 biomasseanlæg i Kina.

Gaia Solar, der sælger solceller.

Advansor, der leverer anlæg til opvarmning og køling.

PowerSense, der leverer kontrol- og overvågningssystemer.



Figur 1. Markedet for danske cleantech-virksomheder. Figuren angiver, hvor stor en procentdel af virksomhederne, der opererer i de enkelte lande. Nærområderne er fortsat virksomhedernes foretrukne marked, men Asien og USA er også godt med.

EUBIONET III: International handel med biomasse

Det overordnede formål med EUBIONET III har været at fremme grundlaget for international handel med biomasse. Det er gjort ved at identificere problemstillinger og barrierer samt udpege løsninger til, hvordan de kan overvindes.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Projektet er en fortsættelse af EUBIONET II, der blev afviklet fra januar 2005 til december 2007. Projektet er gennemført i regi af Intelligent Energy Europe med tilskud fra EUDP til de danske aktiviteter samt egenfinansiering fra projektets partnere.

De væsentligste resultater kan sammenfattes således:

- Der er i projektet beregnet et årligt biomassepotentiale i EU svarende til 157 millioner tons olieækvivalenter. Heraf udnyttes i dag cirka 48 procent.
- Det er undersøgt, hvilke barrierer der er de vigtigste hindringer for øget handel med biomasse.
- Der er gennemført en undersøgelse over nationale og internationale ordninger for bæredygtighedskriterier inden for biomasse. Her blev der registreret i alt 44 ordninger, hvilket illustrerer, at der er et betydeligt behov for at samordne tiltagene for at fremme den internationale handel.
- Der er registreret ikke mindre end 54 "nye" agroindustrielle restprodukter, som potentielt kan bidrage med 7,2 millioner tons olieækvivalenter om året. De største potentialer er olivenaffald og kornafrens.
- Der er gennemført 32 case-studies, hvor biomasse erstatter fossile brændsler til opvarmning i mindre anlæg.
- Der er foretaget en undersøgelse af konkurrenceforholdet mellem skovindustrien og bioenergisektoren.

Titel:	EUBIONET III: Løsninger rettet mod begrænsninger for biomassemarkedet og mod tilgængeligheden af biomasseråvarer
Kontakt:	Teknologisk Institut, Jørgen Hinge ✉ jorgen.hinge@teknologisk.dk, ☎ 7220 1324
Sagsnr.:	ENS 63011-0114
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	797.000 kroner

Road map for elektrolyse med SOEC brændselsceller

Med SOEC teknologien vil vindmøllestrøm kunne omdannes til lagerstabile brændsler, og biogas vil kunne opgraderes til ren metan og distribueres via naturgasnettet. Om få år kan de første demonstrationsanlæg etableres, og de første anlæg være klar til markedet i perioden 2014-2017, mens en mere massiv markedsintroduktion forventes i perioden 2018-2020.

SOEC står for Solid Oxide Electrolyser Cell, og er i princippet det samme som en SOFC brændselscelle, hvor processen er vendt om, så man i stedet for at producere strøm bruger cellen til elektrolyse. På den måde kan strøm fra vindmøller og kuldioxid fra kraftværkerne omdannes til lagerstabile brændsler i form af syntesegas, der består af brint og kulilte. Brinten kan efterfølgende bruges til drift af brændselsceller, og gassen kan ved hjælp af moderne katalysatorteknologi omdannes til syntetiske brændstoffer som benzin og diesel.

Men SOEC brændselsceller kan også bruges til opgradering af biogas. I stedet for at bruge kuldioxid fra kraftværkerne kan man udnytte de cirka 40 procent af biogassen, som består af CO₂. Derved får man både løst problemet med overskydende vindmøllestrøm, og man får opgraderet biogassen til rent metan, så den kan distribueres via naturgasnettet.

I nærværende projekt er der dels udarbejdet en roadmap for SOEC elektrolyse, dels arbejdet med videreudvikling af brændselscellerne med henblik på at forbedre holdbarheden.

SOEC teknologien befinder sig fortsat på et tidligt stadium, men det forventes, at der vil ske en betydelig udvikling i de kommende år. I projektet er der derfor blevet udarbejdet en plan for, hvordan SOEC baseret elektrolyse kan blive introduceret til markedet i år 2020. Følges planen vil de første anlæg med brint til transport kunne introduceres i 2014 – 2017, og her vil det også være muligt at etablere de første demonstrationsanlæg til opgradering af biogas. I 2020 forventes de første anlæg til fremstilling af syntetiske brændsler at se dagens lys, og opgraderingsanlæg til biogas vil være klar til markedet.

I bestræbelser på at modne teknologien er der i projektet blevet fokuseret på at undersøge og forbedre:

- holdbarheden af SOEC i industrielle anlæg
- stakke af SOEC i pilotanlæg, hvor driftsbetingelserne er knapt så krævende som i industrielle anlæg
- videreudvikling af computermodeller på Risø DTU og hos Topsoe Fuel Cell.

Resultaterne fra projektet viser, at otte ud af ni milepæle, som blev opstillet i starten af projektet blev nået. Den sidste milepæl betragtes dog stadig som relevant, og det anbefales, at den bliver behandlet i et fremtidigt projekt.

Titel:	planSOEC – forsknings, udviklings og kommercialiserings road map for SOEC elektrolyse
Kontakt:	Topsoe Fuel Cell A/S, Helge Holm-Larsen, ✉ hhl@topsoe.dk, ☎ 4527 2168
Sagsnr.:	ForskEL 10432
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	2.000.000 kroner

Center for bæredygtigt brintkredsløb

Siden 2008 har Center for bæredygtigt brintkredsløb arbejdet på at forbedre og effektivisere fremstillingen af brint via elektrolyse. Projektet har især fokuseret på udvikling af nye materialer, som er en forudsætning for at få udbredt teknologien i større skala.

Alle langsigtede visioner om at bruge brint i energiforsyningen omfatter elektrolyse, hvor vand spaltes til ilt og brint ved at tilføre el fra vindmøller og solceller. Der kan enten være tale om elektrolyse af vand mellem to elektroder eller om fotokatalyse, hvor vandet spaltes til brint og ilt ved en kombination af sollys og elektricitet, ligeledes ved anvendelse af elektroder.

Desværre er effektiviteten ved elektrolyse temmelig lav, da der er et betydeligt energitab ved udviklingen af ilt på den ene elektrode. Projektet har derfor fokuseret på at designe og teste nye materialer til elektroden, og har i den forbindelse involveret forskergrupper med forskellige specialer, ligesom industrien har deltaget i test og evalueringen af de nye materialer.

Aktiviteterne har taget udgangspunkt i teknikken kendt fra polymerbrændselsceller (PEM), men der er også arbejdet med andre aspekter af teknikken. Elektrolysen kan i princippet effektiviseres betydeligt ved at hæve arbejdstemperaturen, men det stiller større krav til materialernes holdbarhed. I den forbindelse er der blandt andet blevet udviklet et nyt materiale i form af stålfilt belagt med tantal, der er kendt for at være modstandsdygtig over for korrosion.

Der er arbejdet med vandelegrolyse, især som dampelegrolyse, men der er også udført mere traditionel elektrolyse på flydende vand. Ved dampelegrolyse med forhøjede temperaturer har doping af membranerne med fosforsyre været et vigtigt element, for at de kunne opretholde deres ionledende egenskaber.

Et vigtigt aspekt er nye elektrokatalytiske materialer, som vil kunne erstatte eller reducere den nødvendige mængde af henholdsvis platin og Iridiumoxid, der normalt benyttes i elektroderne ved PEM vandelegrolyse. I den forbindelse er der udført teoretiske beregninger af forskellige materialetyper, ligesom der er demonstreret en betydelig forøget katalytisk aktivitet af nye legeringer af platin og andre metaller. Med hensyn til fotokatalyse er processen blevet forbedret med udvikling af en manganbaseret katalysator.

IRD Fuel Cells har opbygget et testanlæg baseret på PEM teknologien med tilhørende måleudstyr og udfører nu langtids-tests af systemets effektivitet og ydeevne.

Titel: Center for bæredygtigt brintkredsløb

Kontakt: DTU Kemi, Erik Christensen,
✉ erc@kemi.dtu.dk, ☎ 4525 2306

Sagsnr.: ENMI 2104-07-0041

Tilskud fra: DSF

Tilskud: 14.700.000 kroner

www: hycycle.dk

Udvikling af PEM brændselsceller

Udviklingen af PEM brændselsceller skrider planmæssigt frem. I projektet er det lykkedes at reducere produktionsomkostningerne markant, og prisudviklingen følger dermed målsætningen i den danske nationale strategi for området.

Udviklingen af stakke af PEM brændselsceller til et kommercielt produkt kræver ikke blot de rigtige materialer og komponenter. Det er også nødvendigt at udvikle proces teknologier og finde de rigtige materialesammensætninger. Kun derved kan omkostningerne bringes tilstrækkeligt langt ned og stakkene opnå den kvalitet, som er nødvendig for en egentlig masseproduktion.

I projektet er der udviklet en forsøgsproduktionslinie koncentreret omkring de såkaldte MEA'er, der er hjertet i brændselscellen og flowpladerne, der skal sikre en korrekt fordeling af brint og strøm gennem stakken.

Den udviklede fremstillingsproces til MEA'er er baseret på et pulverlakeringsprincip, hvor de to elektroder sprøjtes på membranen med stor nøjagtighed i en kontinuert proces. Processen til fremstilling af flowpladerne er baseret på trykstøbning af en højtledende grafitkomposit. Grafitkompositpladerne støbes med et fint mønster af kanaler, der sikrer forsyningen af brint til den enkelte MEA og den elektriske strøm gennem stakken. De tynde plader fremstilles i en meget ensartet tykkelse som krævet. Pladerne udstyres med en fleksibel, tæt og bestandig pakning, der ligeledes er udviklet i projektet.

De nye processer har reduceret produktionsomkostningerne væsentlig. Eksempelvis er prisen for en flowplade reduceret til en tiendedel af prisen, før projektet blev påbegyndt. Prisudviklingen følger dermed målsætningen i den danske nationale strategi for udvikling af PEM brændselsceller.



Foto: IRD Fuel Cells

Anlæg til pulverlakering af MEA'er hos IRD Fuel Cells.

Titel: Udvikling af omkostningseffektive og højtydende MEA- og bipolærpladeprocesser

Kontakt: IRD Fuel Cells A/S, Steen Yde-Andersen,
✉ sya@ird.dk, ☎ 6363 3014

Sagsnr.: ENS 63011-0068

Tilskud fra: EU DP

Tilskud: 5.000.000 kroner

Bioethanol i dieselmotorer

Haldor Topsøe og Teknologisk Institut har i fællesskab udviklet et system, hvor bioethanol kan konverteres til et dieselbrændstof. Det giver en højere virkningsgrad og et lavere udslip af partikler og kvælstofilter.



Foto: Carl-Erik Andersson, www.scania.com

Bioethanol i dieselbusser kan reducere udslippet af både partikler og NOx.

Projektet har haft til formål at demonstrere, hvordan bioethanol kan bruges i dieselmotorer ved at konvertere ethanol til dietyl-eter. Det vil medføre en væsentlig bedre energiøkonomi, da en dieselmotor har en virkningsgrad, som er cirka 40 procent højere end en benzinmotor. Derudover vil man kunne bruge en vandholdig ethanol, som er mindre energikrævende at fremstille.

Haldor Topsøe har udviklet en proces kaldet OBATE™. Det står for Onboard Alcohols To Ethers og er baseret på en katalytisk proces, hvor alkoholen bliver omdannet til en blanding af æter, alkohol og vand. Det interessante ved processen er, at:

- anlægget ikke fylder mere end at det kan installeres i et køretøj
- der ikke er nogen spildprodukter
- bioethanolen kan indeholde vand.

I projektet har Haldor Topsøe stået for udvikling af katalysatoren, og sammen med Teknologisk Institut har de designet et anlæg, der kan installeres i køretøjer. Sidst i projektet lykkedes det at demonstrere et komplet system, hvor bioethanol blev konverteret til dietyl-eter og brugt som brændstof i en dieselmotor.

Motortest hos Teknologisk Institut viser, at virkningsgraden med brændstoffet fra OBATE™ og dieselolie er ens, men at OBATE™ brændstoffet giver væsentligt lavere udslip af kvælstofilter (NOx) og stort set ingen partikler. Det er endvidere påvist, at NOx-udledningen kan reduceres yderligere ved recirkulering af udstødningsgassen, uden at der derved sker en forøgelse af partikeludslippet.

Titel:	Anden generations bioethanol som brændstof til diesel motorer
Kontakt:	Haldor Topsøe A/S, Pär Gabrielsson, ✉ spg@topsoe.dk, ☎ 4527 8741
Sagsnr.:	ENS 64009-0151
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	7.000.000 kroner

Anvendelse af biobrændstof i transportsektoren

Politiske målsætninger om at dække ti procent af vejtrafikkens energiforbrug med vedvarende energi kan opfyldes gennem produktion af bioenergi afgrøder i Danmark.

REBECA er et integreret projekt, som på baggrund af frem-skrivninger af vækst i trafikken har udarbejdet en række scenarier for selvforsyning med biobrændstoffer til vejtransporten og analyseret konsekvenserne heraf for emissioner til luft og jord. Der er blandt andet udført analyser af scenariernes konsekvenser for energiforbrug, CO₂-udledning og velfærdsøkonomi. Scenarierne bygger på en stigende iblanding af biobrændstoffer frem til 2030. Desuden antages det, at 1. generationsbioethanol baseret på hvedekorn i stigende grad afløses af 2. generationsbioethanol baseret på halm, og at biodiesel er RME, som er baseret på raps.

Scenarierne illustrerer, at målet om ti procent vedvarende energi til vejtransporten eksempelvis kan nås gennem en væsentlig forøgelse af rapsproduktionen, men uden at ændre landbrugets dyrkning af foder til den animalske produktion. Modsat øges importen af fødevarer- og industrielle afgrøder. Effekterne på belastning af miljøet er ikke entydige, idet emissioner til jord og luft er både positive og negative. Et lille bidrag til luftforureningen fra vejtransporten for nogle stoffer (NOx og CO) er dog forsvindende i forhold til den generelle sænkning af emissionerne som følge af EU-lovgivning.

Under de anvendte antagelser vil der være en velfærdsøkonomisk gevinst ved at producere 2. generationsbioethanol, mens 1. generationsbioethanol og biodiesel produceres med tab.

Disse beregninger er dog usikre og stærkt afhængige af priser på olie, halm og andre kritiske antagelser.



Foto: Torben Skott/BioPress

Målet om ti procent vedvarende energi til vejtransporten kan nås uden at ændre landbrugets dyrkning af foder.

Titel:	Anvendelse af biobrændstof i transportsektoren
Kontakt:	Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, Pia Frederiksen, ✉ pfr@dmu.dk, ☎ 8715 8539
Sagsnr.:	ENMI 2104-06-0029
Tilskud fra:	DSF
Tilskud:	15.800.000 kroner
www:	rebeca.dmu.dk

Opgradering af biogas

Det rådgivende ingeniørfirma Ammongas har udviklet et anlæg, der kan opgradere biogas til naturgaskvalitet for kun 50 øre/m³ ren metan. Teknologien er baseret på rensning af gassen i en aminholdig væske, som absorberer indholdet af kuldioxid.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Opgradering af biogas til naturgaskvalitet vil kunne fremme målsætningen i Grøn Vækst om, at halvdelen af den danske husdyrgødning skal udnyttes i biogasanlæg i 2020. Med opgradering vil det være lettere at finde en fornuftig placering til de mange nye anlæg, man undgår at bortkøle en del af varmen i sommerhalvåret, og biogasanlæggene vil ikke længere være afhængig af en enkelt aftager.

Opgradering af biogas har dog hidtil været en forholdsvis dyr løsning, men nu har det rådgivende ingeniørfirma Ammongas udviklet en teknologi, hvor omkostningerne er halveret fra typisk 1 krone til 50 øre/m³ ren metan. Konceptet er demonstreret med succes hos Hashøj Biogas syd for Slagelse, hvor et pilotanlæg har været i drift siden maj 2011.

Anlægget fungerer ved at gassen vaskes i en vandig opløsning, der indeholder amin, som er i stand til at absorbere kuldioxid og frigive den igen ved opvarmning. Det centrale i anlægget er to lodretstående beholdere, hvor den første bruges til at absorbere gassens indhold af kuldioxid, mens den anden beholder bruges til at opvarme væsken, så CO₂-indholdet bliver udskilt.

Elforbruget til anlægget er minimalt, da der kun skal bruges en blæser til at sende gassen rundt i anlægget. Til gengæld skal der bruges varme til at drive anlægget, men her er der flere og ofte billige muligheder: Det kan være overskudsvarme fra gasmotorer, eller det kan være varme fra afbrænding af træ, halm eller afgasset fibergødning.

Titel: Pilotanlæg til billig fjernelse af CO₂ fra biogas

Kontakt: Ammongas A/S, Anker Jacobsen,
✉ aji@cool.dk, ☎ 4363 6300

Sagsnr.: FORSKEL-10513

Tilskud fra: PSO

Tilskud: 513.000 kroner

Måling og styring af biogasprocessen

På DTU Miljø er det lykkedes at udvikle en sensor, som kan bruges til overvågning og styring af biogasprocessen. Systemet er testet med succes i en pilotreaktor, men der er behov for yderligere forbedringer, før det kan integreres i et fuldskalaanlæg.

Koncentrationen af flygtige fedtsyrer (VFA) er en af de hyppigst anvendte parametre til overvågning og styring af biogasprocessen. I dag bestemmes koncentrationen af VFA typisk ved såkaldt titrering, hvor der udtages en prøve fra reaktoren, som efterfølgende analyseres for mængden af VFA. Metoden er forholdsvis pålidelig, men den er både tidskrævende og langsommelig.

En korrekt overvågning af biogasprocessen ved hjælp af online målinger vil kunne øge produktionen af biogas og på den måde forbedre anlæggenes rentabilitet. Det er imidlertid ikke nogen let opgave at udvikle et sådant system. Sensorerne i reaktortanken har en tendens til at blive dækket af belægninger med det resultat, at målingerne bliver upålidelige.

På DTU Miljø er det imidlertid lykkedes at udvikle en sensor, som har vist sig at være tilstrækkelig følsom og pålidelig. Sensoren er blevet testet i en pilotreaktor, og resultaterne viser, at data fra sensoren med succes kan bruges til at overvåge og styre biogasprocessen.

I løbet af projektperioden er der foretaget forsøg med forskellige udformninger af sensoren, men det er ikke lykkedes at udvikle en model, der umiddelbart vil kunne anvendes i fuldskalaanlæg. Det er fortsat behov for at forbedre holdbarheden, reducere vedligeholdelsen og lette opskaleringen, før et industrielt produkt kan lanceres.



Foto: DTU Miljø

Pilotanlæg til overvågning og styring af biogasprocessen på DTU Miljø.

Titel: Optimisation and standardisation of a titration method for routine monitoring of VFA in full-scale biogas plants (F)

Kontakt: DTU Miljø, Irimi Angelidaki,
✉ iria@env.dtu.dk, ☎ 4525 1429

Sagsnr.: ForskEL-10231

Tilskud fra: PSO

Tilskud: 871.000 kroner

Træpiller og arbejdsmiljø

Træstøv er skadeligt for helbredet, og det er ikke kun ansatte, der arbejder med produktion og håndtering af træpiller, som bør tage de nødvendige forholdsregler. Private bør også bruge støvmaske ved påfyldning fra sække og installere udsugning tæt ved fyret.



Foto: Simon Skov

Træstøv er skadeligt for helbredet, og der er fastsat en grænseværdi på 1 mg træstøv/m³ luft som gennemsnit over en arbejdsdag. Samtidig gælder en regel om, at man ikke må udsættes for mere end 2 x grænseværdien som et gennemsnit over 15 minutter.

Støvmålinger i produktionshallen viser i gennemsnit et niveau lige omkring 1 mg støv/m³ luft. I haller, hvor der håndteres smuld til træpilleproduktion, foregår arbejdet med gummiged, og her er der målt 3,4 mg støv/m³ luft i gennemsnit i kabinen.

På store pillelagre hos en gros handler eller store forbrugere er der også målt støv i kabinerne. Selvom støvet giver en sigtbarhed på omkring en meter, anvendes der både maskiner med og uden filtersystemer. Gennemsnittet af målinger i store maskiner med filter er 2,2 mg/m³, men for små maskiner som bobcat eller gaffeltruck uden filter er det helt oppe på 146 mg/m³ luft. Resultaterne viser tydeligt, at støv og arbejdsmiljø er et område, der trænger til fokus.

På pillefyrede varmekæder er der generelt et lavt støvniveau i kedelhallen, og der bliver meget sjældent arbejdet på lageret, når støvkoncentrationen er høj.

I private hjem med pillefyr bruges enten piller i løs vægt, i big-bag eller i sække. De løse piller bliver leveret med blæserbil, og her er der målt 35 mg/m³ i gennemsnit under aflæsningen. Piller i sække støver meget, men arbejdstiden er kort. Der er i gennemsnit målt 5,9 mg støv/m³ ved påfyldning af magasiner, så man bør bruge støvmaske, og der bør etableres udsugning ved private fyr. Projektets resultater formidles på hjemmesiden www.fyrmedpiller.dk, der vil blive lanceret i løbet af efteråret.

Titel:	Træpiller og arbejdsmiljø
Kontakt:	Skov & Landskab, KU-LIFE, Simon Skov, ✉ ssk@life.ku.dk , ☎ 4017 5040
Sagsnr.:	ENS 33032-0008
Tilskud fra:	EFP
Tilskud:	797.000 kroner

Spredning af flisaske

Nye målinger viser, at spredning af flisaske i skove og blandt juletræer kan ske på en miljømæssig forsvarlig måde. Derudover viser forsøgene, at aske, som suppleres med en kvælstofkilde, er et glimrende gødningsmiddel, der både tager hensyn til miljøet og juletræskvaliteten.

Projektet har bestået af flere delprojekter. To store feltarbejder, i en juletræsbevoksning og en skov, har spillet en central rolle. I en midtjysk granskov på sandbund er der spredt forskellige typer og doseringer af flisaske. Arealet blev intensivt instrumenteret, så stoffernes transport og binding i jorden kunne analyseres og sammenholdes med askebehandlingerne.

Arealet med sandbund blev valgt, fordi det giver den største risiko for udvaskning af både næringsstoffer og tungmetaller. Resultaterne viser, at det primært er natrium og kalium, der har tendens til at blive udvasket, mens alle andre næringsstoffer og tungmetaller i høj grad bindes i jordens øverste lag. Herfra vil de blive frigivet langsomt, hvilket er i god overensstemmelse med træernes behov for næringsstoffer.

Målingerne viser, at selv efter spredning af aske mellem juletræer på sandjord kan der ikke konstateres nogen væsentlig påvirkning af udvaskningen. Resultaterne bekræfter således, at spredning af aske kan ske på en miljømæssig forsvarlig måde. Derudover viser forsøgene, at aske, som suppleres med en kvælstofkilde, er et glimrende gødningsmiddel, der både tager hensyn til miljøet og juletræskvaliteten.

I projektet er der endvidere udført forsøg med hærkning af aske, udvaskning af tungmetaller fra asken, spredningsteknik i skove, pelletering af aske med videre. Resultaterne er blandt andet blevet brugt i forbindelse med udarbejdelse af den nye bioaskebekendtgørelse, der udkom i september 2008. En mere detaljeret gennemgang af projektets resultater findes på hjemmesiden www.bioaske.dk, der bliver åbnet i løbet af efteråret.



Foto: Simon Skov

Normalt må der spredes tre tons tørstof aske/hektar i skove. Især på sandjord giver det et vigtigt næringstilskud.

Titel:	Forbehandling og recirkulering af flisaske
Kontakt:	Skov & Landskab, KU-LIFE, Simon Skov, ✉ ssk@life.ku.dk , ☎ 4017 5040 og Morten Ingerslev, ✉ moi@life.ku.dk
Sagsnr.:	FORSKEL-5317
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	5.135.000 kroner

Biologisk affaldsbehandling er bedre end forbrænding

Solum Gruppens kombinerede komposterings- og biogas-anlæg fremstår i dag som en gennemdokumenteret teknologi. Der produceres dobbelt så meget energi som ved forbrænding, og anlægget er markant billigere end et forbrændingsanlæg.



Foto: Solum Gruppen

Komposteringsafsnittet på Aikan-anlægget ved Holbæk.

Der er i projektet gennemført en omfattende ombygning af anlægget i Audebo ved Holbæk, hvor kildesorteret organisk affald behandles i et kombineret komposterings- og biogasanlæg kaldet Aikan. På den måde opnås et højt energiudbytte, samtidig med at der produceres en stabil kompost, som bliver certificeret. Biogasanlægget leverer en særdeles god gaskvalitet med et metanindhold på over 70 procent og med et meget lavt indhold af svovl og sporstoffer.

I projektet er der installeret måleudstyr og procedurer, så energiproduktionen kan registreres løbende, og der kan beregnes en detaljeret massebalance for anlægget. Der er gennemført en lang række tests af blandt andet sprinklersystemet, som er essentielt ved udvaskning af næringsstofferne, ligesom anlægget er gennemtestet for tryktab. Den nye gasmotor er i drift, og der produceres en tilfredsstillende mængde el og varme.

To af de oprindelige ti driftsmoduler er i dag ombygget til forsøgsmoduler med henblik på at opnå yderligere forbedringer af teknologien. Endeligt er der etableret to små forsøgsmoduler med tilhørende reaktorer, hvor der kan gennemføres forsøg med forskellige parametre og forskellige affaldstyper.

Samlet set har de gennemførte initiativer, analyser og modeller betydet, at Aikan® teknologien nu er klar til at blive markedsført såvel nationalt som internationalt. Energiudbyttet fra anlægget er cirka dobbelt så højt som ved forbrænding, men investeringen er kun på cirka en fjerdedel af, hvad et forbrændingsanlæg koster.

Titel:	Demonstration og dokumentation af AIKAN
Kontakt:	Solum A/S, Martin Wittrup Hansen, ✉ mwh@solum.com, ☎ 2722 2942
Sagsnr.:	ENS 64010-0006
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	1.490.000 kroner

Samfyring af kul og affald

Samfyring af kul og såkaldt RDF-affald (plast og træ) i støvfyrede kedler er en attraktiv løsning i forhold til at brænde affaldet i separate kedelanlæg. Ved samfyring med kul opnås en højere elvirkningsgrad samtidig med at udslippet af skadelige stoffer som dioxiner reduceres.

Projektet har haft til formål at opnå en større viden og forståelse for de problemer, der kan opstå, når kul og RDF-affald afbrændes i den samme kedel. Deltagerne i projektet er Forskningscentret CHEC, DTU Kemiteknik og DONG Energy Power A/S, der har ydet finansiel støtte sammen med Energinet.dk. I projektet er der udført forsøg på CHECs fastbrændselsreaktor i Lyngby, ligesom der er udført fuldskalamålinger hos Vestkraft i Esbjerg.

Gennem en lang række forsøg hos CHEC er udbrænding, askedannelse, belægninger, udslip af nitrogenoxid og svovl, samt fordeling af sporstoffer blevet undersøgt systematisk. Der er udført forsøg med forskellige sammensætninger af kul og RDF-affald, og resultaterne er blevet fortolket ved hjælp af ligevægtsberegninger. Dannelse af aerosoler er blevet undersøgt hos Vestkraft, og samfyringens indflydelse på massekoncentrationen og den kemiske sammensætning er blevet vurderet.

Resultaterne af projektet har øget forståelsen af termisk omdannelse af brændsler, askedannelse og belægninger, samt dannelse af skadelige udslip under samfyring af kul og RDF-affald.



Foto: DTU Kemiteknik

Hao Wu fra Forskningscentret CHEC i færd med at udføre målinger hos Vestkraft i Esbjerg.

Titel:	Samfyring af kul og affald
Kontakt:	DTU Kemiteknik, Flemming Frandsen, ✉ ff@kt.dtu.dk, ☎ 4525 2883
Sagsnr.:	ForskEL-10085
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	3.033.000 kroner

Forbrænding og tilsatsfyring af biomasse i kraftværker

DONG Energy har gennemført en række målinger på Studstrupværket, hvor der fyres med en kombination af kul og biomasse. I projektet er der udviklet nye optiske målemetoder, der giver mulighed for at måle på andre gasser end med de hidtil kendte metoder.



Foto: Forskningsgruppen CHFC

Teknikere i færd med at montere en syv meter lang sonde til målinger i nærbrænderfeltet på Studstrupværket.

Projektet har haft til formål at indhente data fra en kraftværkskedel med tilsatsfyring, dels for at opnå større viden om partikelomsætningen i nærbrænderfeltet, dels for at understøtte udviklingen af modelværktøjer.

Indsamlingen af data er foregået på Studstrupværkets blok 4, hvor brændslet er en kombination af kul og biomasse. Kedlen er udstyret med 24 stk. støvbrændere, hvoraf de fire er ombygget til fyring med biomasse. Der er gennemført målinger i flammезonen med forskellige brændsler: kul alene, kul + halm samt kul + træ. Under forsøgene blev der målt hastighedsfelter, temperaturfelter og gaskoncentrationsfelter i nærbrænderfeltet, ligesom der blev udtaget partikelprøver fra flammезonen.

Flere af målingerne er gennemført med velkendte teknikker, men derudover er der i projektet udviklet nye optiske målemetoder, baseret på UV spektroskopi. De giver mulighed for at måle på andre gasser end med de hidtil kendte metoder og giver mulighed for at få indblik i de dynamiske variationer ud over blot middelfelter.

Udtagningen af partikler fra kedlen var som ventet en meget udfordrende opgave under de givne betingelser, men blev gennemført med et stort set tilfredsstillende resultat. Analyse af prøverne har i første omgang ikke kunnet føre til en øget erkendelse af hastigheden i omdannelsesprocessen, men prøverne vil blive analyseret mere detaljeret i andre projekter.

Titel: Combustion zone investigation and modelling in fuel flexible suspension fired boilers

Kontakt: DONG Energy A/S, Søren Lovmand Hvid,
✉ soloh@dongenergy.dk, ☎ 9955 2913

Sagsnr.: ForskEL-7333

Tilskud fra: PSO

Tilskud: 3.000.000 kroner

Optiske målinger af forbrændingen i et fyrrum

Med et avanceret infrarødt kamera og et hurtigt spektrometer er det i dag blevet lettere at afbilde, hvad der mere præcist sker i en kraftværkskedel.

I praksis kan det være vanskeligt at opnå en perfekt opblanding af såvel luft og brændsel, som af kold og varm gas i et fyrrum. Dårlig opblanding kan resultere i dårlig forbrænding i form af uforbrændte partikler og øget CO-udledning.

I projektet er der anvendt et avanceret hurtigt infrarødt kamera til at tage billeder af udvalgte forbrændingssituationer. Kameraet blev kombineret med en nyudviklet optik med henblik på at tage termiske billeder af kraftværksflammer og med et særligt spektrometer for at kunne foretage ultrahurtige målinger af flammer og røggas.

Et specielt hurtigt spektrometer blev indkøbt og testet i 2008. Efter test af de udviklede systemer i laboratoriet er de blevet afprøvet med godt resultat på en kraftværksflamme i 2009, og på målinger i en skibsmotor i 2010.

Systemet har vist sig velegnet til visualisering af bevægelse og opblanding af halmstrå og træstøv på Studstrupværkets blok 4. Som demonstreret i en skibsmotor kan det også anvendes til måling af gasopblanding og bevægelse, da systemet måler i det infrarøde område, hvor forbrændingsgasser absorberer og udsender termisk lys.

Det etablerede system har mange fremtidige anvendelsesmuligheder i både forskningsprojekter og i praksis.



Foto: Risø DTU

Eksempel på fuldsalamålinger fra Studstrupværket Blok 4, hvor der fyres med halm og kul. De mørke felter er halmstrå, der har en lavere temperatur end fyrrummet.

Titel: Hurtig optisk måling og afblanding af flowopblanding

Kontakt: Risø DTU, Sønnik Clausen,
✉ SQCL@risoe.dtu.dk, ☎ 2081 4523

Sagsnr.: ForskEL-10079

Tilskud fra: PSO

Tilskud: 347.000 kroner

FiB udkommer fire gange om året i en trykt og elektronisk udgave, og derudover udkommer der otte elektroniske nyhedsbreve om året. Gratis abonnement kan tegnes på www.biopress.dk eller ved henvendelse til BioPress på telefon 8617 8507.

Ansvarshavende redaktør:
Journalist Torben Skøtt

ISSN: 1904-6960

Produktion:

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

Forsidefoto: Thomas Maxe,
Maabjerg Bioenergy

Oplag: 3.200 stk.

Tryk:

Ecograf. Bladet er trykt på svanemærket offset papir.

Næste nummer:

– udkommer medio december 2011. Deadline for redaktionelt stof er den 15. november 2011.

FiB udgives med støtte fra Energinet.dk og Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP), der administreres af Energistyrelsen.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Grøn gas i naturgasnettet

Torsdag den 15. september klippede DONG Energys administrerende direktør Anders Eldrup snoren til Fredericia Kommunes nye opgraderingsanlæg, der skal levere grøn gas til naturgasnettet.

Det nye anlæg på Centralreanseanlægget i Fredericia er det første af en række anlæg, som DONG Energy forventer at etablere i de kommende år. Opgraderingsanlægget er et resultat af det klimapartnerskab som Fredericia Kommune og DONG Energy indgik i 2008 under overskriften fra Nordsø til Fredericiagas.

Fredericia Centralreanseanlæg er Danmarks næststørste spildevandsreanseanlæg. Her er spildevandsslam gennem en årrække blevet omdannet til biogas, men nu har man planer om at fordoble gasproduktionen ved blandt andet at bruge husholdningsaffald og forskellige restprodukter. Derved er det blevet aktuelt at få opgraderet biogassen, så den kan distribueres via naturgasnettet.

I følge Grøn Vækst skal biogas leveret til gasnettet sidestilles med biogas til kraftvarme, hvad angår afgifter. Hvordan det rent praktisk skal foregå, er dog endnu ikke faldet helt på plads, så indtil videre er det ikke økonomisk attraktivt at levere biogas til

naturgasnettet. På spørgsmålet om hvad DONG Energy gør ved det, siger chefkonsulent Asger Myken:

– Vi venter! Først når den tilskuds-mæssige ligestilling er en realitet, vil vi overveje at etablere nye anlæg, lyder det fra chefkonsulenten.

Anlægget i Fredericia er et såkaldt vandskrubberanlæg, hvor biogassens indhold af kuldioxid og svovlbrinte udskilles i et vandbad under højt tryk. Det er kendt teknologi, men som noget forholdsvis nyt har man tilføjet en ekstra enhed for at rense afkastluften for metan.

Ved indvielsen blev der ikke nævnt noget om, hvad det koster at opgrade biogassen, og direkte adspurgt, svarer Asger Myken:

– Vi taler ikke om økonomien i anlægget. I stedet henviser han til en rapport fra Dansk Gasteknisk Center, hvor man peger på en pris på knap en krone per kubikmeter opgraderet metan.

– Kan man udnytte biogassen lokalt året rundt, er det selvfølgelig den bedste løsning. Men mange steder smider man varmen væk i sommerhalvåret, og her kan et opgraderingsanlæg være en god løsning, siger Asger Myken.

Artiklen er redigeret i forhold til den trykte udgave. TS