

8. årgang
Nummer 35
Marts 2011

FIB

Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller



Affald kan øge produktionen af biogas med 75 procent



Danske brændselsceller er i verdensklasse



Halmforgasning i stor skala



Halm i biogasanlæg

BioPress
© 8617 8507
www.biopress.dk

Oversigt over afslurttede
projekter bagerst
i bladet



3. Affald kan øge produktionen af biogas med 75 procent
6. Ny metode til bestemmelse af gaspotentialitet i biomasse
8. Kvælstof kan kvæle produktionen af biogas
10. Halmforgasning i stor skala
12. Halm i biogasanlæg
14. Daimler: Brintbiler bliver snart billigere end elbiler
15. Halm gennem tiderne
16. Danske brændselsceller er i verdensklasse
18. Fra håndarbejde til masseproduktion
20. Brændeovn med saltlager
22. FORCE efterlyser problembændsler
23. Dansk opfinder af biomasseovn nomineret til EU-pris
24. Afsluttede projekter
32. 16 millioner til nyt biogas-koncept

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

Affald kan øge produktionen af biogas med 75 procent

Ifølge Grøn Vækst skal halvdelen af landbrugets gylle behandles i biogasanlæg i 2020, men hvis gyllen bliver suppleret med organisk husholdningsaffald, kan gasmængden øges med 75 procent. Teknikken eksisterer, det er billigere end affaldsforbrænding, og det vil kunne sikre recirkulering af vigtige næringsstoffer som fosfor.

Af Torben Skøtt

– Der er masser af krudt i organisk husholdningsaffald, og det vil forhåbentlig kunne sætte skub i etableringen af nye biogasanlæg, fortalte Erik Ravn Schmidt fra DONG Energy på en høring om organisk affald på Christiansborg i begyndelsen af marts måned.

Han er idemanden bag det såkaldte REnescience projekt på Amagerforbrænding, hvor man populært sagt er i stand til 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.

Det er især den organiske fraktion, som har vakt betydelig interesse blandt biogasanlæggene. Forsøg på Forskningscenter Foulum har nemlig vist, at affaldet indeholder cirka otte gange så meget gas som almindelig gylle (se tabel 1 på næste side).

Ifølge Erik Ravn Schmidt er der et potentiale på 1,5 millioner tons bioaffald. Det lyder måske ikke af meget

i sammenligning med de 13,5 millioner tons gylle, som ifølge Grøn Vækst skal behandles i biogasanlæggene i 2020, men da gaspotentialet er markant højere, vil det teoretisk set kunne øge gasproduktionen fra gylle med cirka 75 procent.

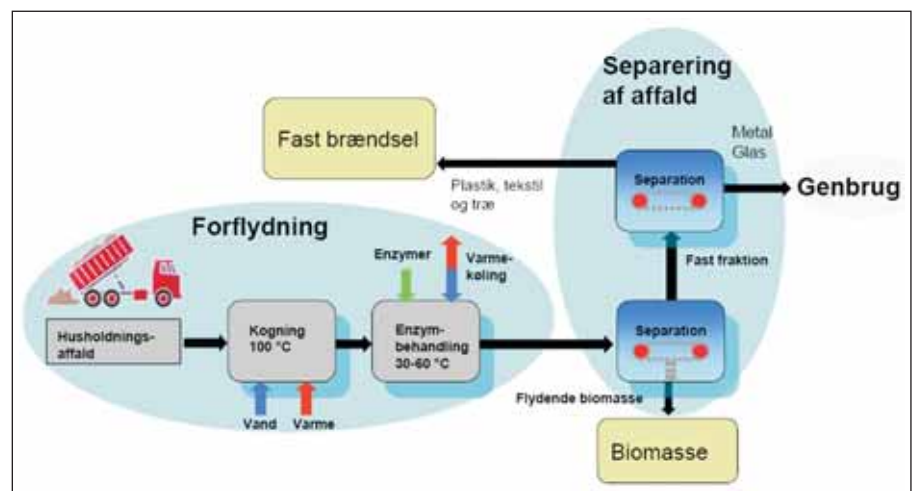
Billigere end forbrænding

REnescience bygger videre på de erfaringer, DONG Energy har opnået med forbehandling af halm til produktion af bioethanol. Halm og organisk affald har flere lighedspunkter, og på et tidspunkt erfarede forskerne, at de teknikker, der var udviklet til forbehandling af halm, også kunne bruges til affald. Efter de første spæde forsøg med en stor suppe gryde og en betondekorer – indkøbt på tilbud hos Harald Nyborg – var interessen vakt,

og siden da er det gået slag i slag. I 2007 bevilgede Energinet.dk 29 millioner til et stort forsøgsanlæg hos Amagerforbrænding, og sidste år valgte EUDP at støtte næste fase af projektet med 22 millioner kroner.

Teknologien har været testet på Amagerforbrænding gennem snart halvandet år, og i dag kører anlægget helt stabilt. Uorganisk affald kommer ind i den ene ende af anlægget, bliver kogt og får tilsat enzymer, hvorefter den organiske fraktion bliver flydende og kan separeres fra den faste fraktion. Det er genialt, eller som Amagerværkets direktør Ulla Röttger siger:

– REnescience repræsenterer et teknologi-spring i affaldsbehandlingen. Nu er det enzymerne, der sørger for sorteringen, og vi får dannet et nyt produkt, som kan bruges til flere for-



Principskitse af REnescience-anlægget.

Forsøgsanlægget hos Amagerforbrænding, der kan behandle omkring 1 tons affald i timen. Næste fase bliver etablering af et fuldskalaanlæg med en kapacitet på 8-12 tons affald i timen.



Foto: Torben Skøth/BioPress

- skellige ting, end de eksisterende behandlingsteknologier kan.

Det mest opsigtsvækkende er måske, at det ikke er nogen dyr teknologi. Det hele er faktisk ret lavteknologisk – selv enzymerne er billige, og i følge Erik Ravn Schmidt vil det være billigere at opføre og drive et RENescience-anlæg end et traditionelt forbrændingsanlæg.

Kommercielt anlæg

Den seneste bevilling fra EUDP skal blandt andet bruges til at forberede opførelsen af et kommercielt anlæg, der kan tages i brug i første kvartal 2013.

– Vi har aftalt med Amagerforbrænding, at vi nu skal have undersøgt, hvordan vi får bygget et fuldskalaanlæg, der kan håndtere 8-10 tons affald i timen. Det indebærer blandt andet, at vi skal have lavet en "vaske-maskine" til den faste del af affaldet, ligesom vi skal have lavet en række forsøg med genbrug og afbrænding af de faste fraktioner. Når det er på plads, har vi demonstreret hele konceptet, fortæller Erik Ravn Schmidt.

Hos DONG Energy er man overbevist om, at der er et betydeligt potentiale i miljøvenlig og effektiv affaldsbehandling. Derfor er RENescience ikke længere kun et forprojekt – det er også et selvstændigt selskab med Erik Ravn Schmidt som administrerende

direktør. Han skal i første omgang stå for at få stablet et fuldskalaanlæg på benene, og derefter skal han være ansvarlig for markedsføringen i såvel Danmark som udlandet.

Og den nyudnævnte direktør er ikke i tvivl om, at der er et enormt eksportpotentiale i teknologien. På globalt plan deponeres årligt 1,2 milliarder tons dagrenovation med det resultat, at metangassen siver op gennem atmosfæren. Hvis man i stedet udnytter gassen til energiproduktion, kan man ikke blot erstatte fossile brændsler – man får også sat en effektiv stopper for udslippet af metangas, der som drivhusgas er 20 gange værre end CO₂.

Fleksibel energiproduktion

I Danmark deponeres vi ikke længere husholdningsaffald på lossepladser. I stedet ryger langt hovedparten i forbrændingsanlæggene, hvilket er en bedre, men langt fra optimal løsning.

For det første bliver næringsstofferne ikke recirkuleret, og asken fra affaldsforbrænding indeholder tungmetaller og andre problematiske stoffer, der kræver særlige deponeringsanlæg.

For det andet er energiudnyttelsen fra affaldsforbrænding hverken særligt effektiv eller fleksibel. Elvirkningsgraden er kun på 20-25 procent, og værkerne kører grundlast, så produktionen spiller dårligt sammen med den stigende elproduktion fra vindmøllerne.

Ved i stedet at satse på en biologisk forgasning af den organiske fraktion får man mulighed for at recirkulere næringsstofferne til landbrugsjorden, og gassen kan bruges til kraftvarme eller sendes ud i naturgasnettet. Ved kraftvarme kan elvirkningsgraden komme op på 45-50 procent, og produktionen er superfleksibel, så det spiller fint sammen med det stigende antal vindmøller.

Materiale	Potentiale m ³ CH ₄ /ton VS	Omsætning procent	Udbytte i praksis m ³ CH ₄ /ton råvare
Gylle	250	50-60	15
Slagteriaffald	500	95	32
Kildesorteret affald	300	75	60
RENescience biovæske	476	85	120

Tabel 1. Gaspotentialet i forskellige typer biomasse. Bemærk, at biovæsken fra RENescience-anlægget indeholder cirka otte gange så meget gas som gylle, målt per ton råvare.

Fordele ved RENescience

- Fleksibel energiproduktion
- Høj elvirkningsgrad
- 99 % af biomassen udnyttes
- Recirkulering af næringsstoffer
- Genbrug af metal, glas etc.
- Begrænser udslippet af CO₂
- Ingen udgifter til kildesortering
- Billigere end affaldsforbrænding
- Ingen krav om kildesortering



Foto: Torben Skott/BioPress

Det centrale i anlægget er en roterende tromle, hvor der tilsættes enzymer til affaldet. Herefter kan den organiske del frasepareres og bruges til produktion af biogas. Affaldet indeholder 12 gange så meget gas som gylle, målt per ton råvare.

Pas på fosforen

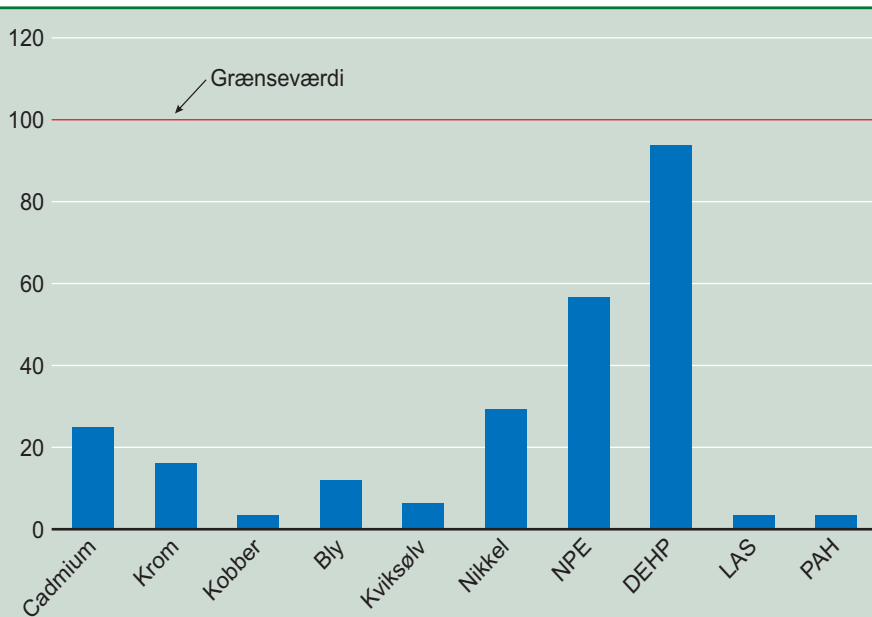
I de kommende år vil der formentlig komme langt mere fokus på at bringe næringsstofferne tilbage til landbrugsjorden. Det drejer sig ikke mindst om fosfor, der er et grundstof, som er helt afgørende for alle levende organismer. Uden fosfor vil der ikke være liv på jorden, så i den sammenhæng kan klimaproblematikken virke ligegyldig.

Nye tal viser, at der allerede om 20 år vil være mangel på rent fosfor, hvis vi fortsætter med at afbrænde organisk materiale med samme takt, som det sker i dag. Om yderligere 20 år vil Marokko sidde på de tilbageværende resurser, og efter år 2100 år kan de sidste kilder være udtømt.

Recirkulering af næringsstofferne er den eneste farbare vej fremad, og økonomisk set er det også en attraktiv løsning. Der er penge i fosfor – især hvis det kan koncentreres og eksporteres til de egne af verden, hvor det allerede i dag er en mangelvare.

Problemet med recirkulering af næringsstoffer vil typisk være, at der også tilbageføres en del stoffer, som kan skade miljøet. Forskerne har derfor løbende undersøgt mængden af miljøfremmede stoffer i den organiske fraktion fra REnaissance-anlægget, og heldigvis tyder alt på, at man kan overholde de gældende regler for området. Bortset fra DEHP (blødgøringsmiddel) ligger alle værdier et pænt stykke under de tilladte grænser, og for DEHP er der gode muligheder for at begrænse mængden via forskellige indgreb i processen.

– Vi har faktisk svært ved at få øje på nogle negative sider ved projektet. Det ser alt sammen meget lovende ud, siger en glad og optimistisk direktør for det nystiftede selskab REnaissance. ■



Figur 1. Indholdet af miljøfremmede stoffer i biovæsken fra REnaissance. Det er kun blødgøringsmidlet DEHP, der er tæt på grænsen, men her er der gode muligheder for at justere niveauet via forskellige indgreb i processen.

Ny metode til bestemmelse af gaspotentialiet i biomasse

Forskere ved Syddansk og Aarhus Universitet er langt fremme med at udvikle en hurtig og effektiv metode til at bestemme biogaspotentialiet i gylle og energiafgrøder. Metoden tager udgangspunkt i den viden, der foreligger om måling af foderværdi i afgrøder og foder til køer.

Jin Mi Triolo, Sven G. Sommer & Henrik B. Møller

Der ligger en stor udfordring i at gennemføre Klimakommissionens ambitiøse plan om udfasning af fossil energi i 2050. Kommissionen peger blandt andet på, at bioenergi skal bidrage med 20-40 procent af energiforbruget i 2050, og der skal mere fokus på biogas, hvor det i dag kun er cirka ti procent af potentialiet, der bliver udnyttet.

Andre planer peger i samme retning. I regeringens Grøn Vækst er målet således, at mindst 40 procent af husdyrgødningen skal anvendes til produktion af biogas. Det stiller store krav til biogasproducenterne om at sikre en stabil og høj gasproduktion.

De tilgængelige mængder og kvaliteten af biomassen vil normalt variere hen over året, og i den forbindelse vil bedre information om biomassens energipotential kunne sikre en højere og mere stabil gasproduktion. Det er baggrunden for, at forskere ved Syddansk og Aarhus Universitet igennem længere tid har arbejdet på at udvikle en hurtig og præcis metode til bestemmelse af biomassens gaspotentialie.

Gaspotentialiet

I dag bestemmes gaspotentialiet ved at pumpe biomassen ind i en reaktortank, der først bliver tømt, når der ikke længere produceres gas. Det kaldes for "batch-udrødning" og er en både dyr og tidskrævende metode, lige-

som det også indebærer en vis usikkerhed, da der findes forskellige former for "batch-udrødning".

Den nye metode tager udgangspunkt i den viden, der foreligger om måling af foderværdi i afgrøder og foder til køer. De drøvtyggende køer omsætter nemlig afgrøderne ved processer, som i høj grad minder om det, der foregår i et biogasanlæg.

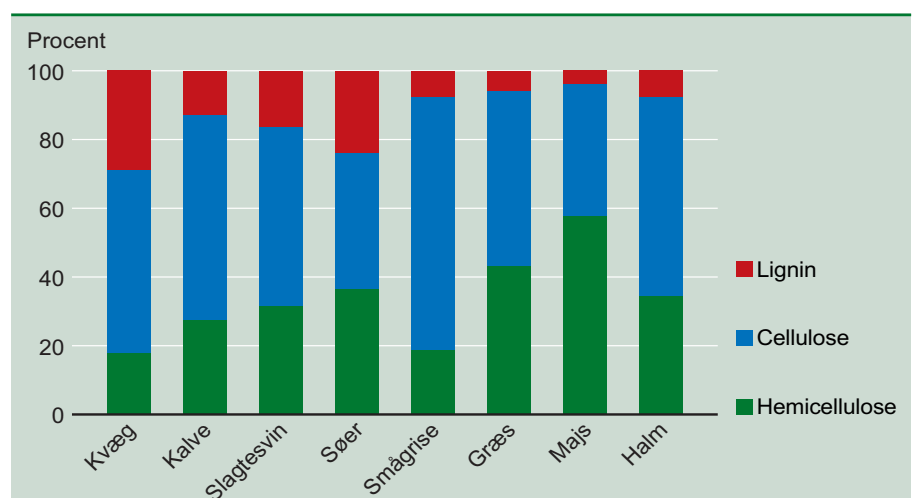
Med metoden kan man på kort tid bestemme indholdet af fiberfraktioner, der indeholder lignin, hemicellulose og cellulose. Ideen er, at man med kendskab til fibrenes sammensætning også vil kunne bestemme gaspotentialiet.

Lignocellulose udgør en betydelig del af alle grønne planter og er det mest udbredte biologiske materiale

på jorden. Lignocellulose er en fælles betegnelse for cellulose, hemicellulose og lignin. I plantens cellevæg danner de en tæt kemisk struktur, som skaber en stærk modstandskraft over for sygdom og skadevoldere, men det kan samtidig gøre det vanskeligt at omsætte planterne i et biogasanlæg (se figur 1).

Målinger af ligninindholdet viser, at der er store variationer i både husdyrgødning og afgrøder. For husdyrgødning varierer indholdet af lignocellulose i intervallet 7 – 80 procent af det organiske stof. Det laveste indhold findes i gylle fra smågrise, men kvæggylle har det højeste indhold (se figur 2).

Når indholdet af lignin er høj i kvæggylle, skyldes det, at kvæg fodres med fiberholdige afgrøder, og at kvæg er



Figur 1. Procentvis fordeling af hemicellulose, cellulose og lignin i lignocellulose.

Kvæggylle har et forholdsvist højt indhold af lignin, som er svært at omsætte i et biogasanlæg.

Cellulose og hemicellulose

I vores studier har vi også set på relationen mellem biogaspotential og cellulose. Her viste statistikken, at cellulose havde en effekt på gasudbyttet, men at modellen var rigtig dårlig. Der var ingen klar relation mellem gaspotential og indholdet af hemicellulose, der indeholder C5 kulhydrater, som er vanskeligt omsættelige.

For en sikkerheds skyld prøvede vi også at udvikle en model, hvor lignin, cellulose og hemicellulose indgik. Det gav en mindre forbedring af metoden, men det var stadig ikke godt nok.

Resultatet bekræfter, at lignin er nøglen til at udvikle en metode til bestemmelse af biogaspotential af forskellige typer biomasse.

Jin Mi Triolo er Ph.d.-studerende ved Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi på Syddansk Universitet, e-mail jmt@kbm.sdu.dk.

Sven G. Sommer er professor ved Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi på Syddansk Universitet, e-mail sgs@kbm.sdu.dk.

Henrik B. Møller er seniorforsker ved Institut for Biosystemteknologi på Århus Universitet, e-mail HenikB.Moller@agrsci.dk. ■



Foto: Torben Skøtt/BioPress

gode til at nedbryde cellulose og hemicellulose, således af lignin bliver opkoncentreret.

I energiafgrøder varierer koncentrationen af lignocellulose mellem 62 og 86 procent. Græs har det laveste indhold, efterfulgt af majs, mens den største koncentration findes i strå.

Lignin

I arbejdet med at udvikle en model, som kan beregne biogaspotential, undersøgte vi relationen mellem gaspotential og biomassens indhold af forskellige fraktioner af lignocellulose.

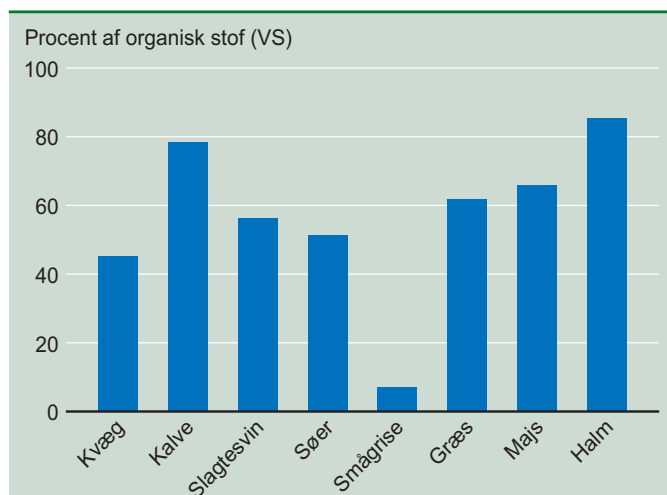
Det viste sig, at gaspotential bedst kunne beregnes ved at kende biomassens indhold af lignin. For afgrøder var der en fejlmargen på 7,4 procent, mens den for gylle var på 9,1 procent.

Beregningerne viste, at biogasproduktionen blev mere påvirket af lignin

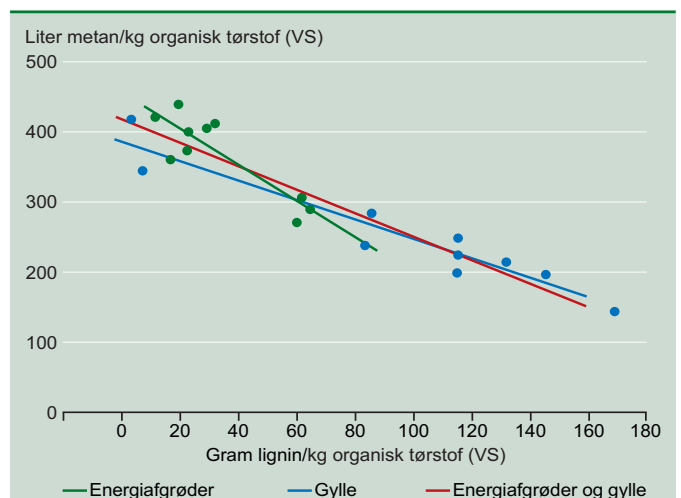
i afgrøder end i gylle. Ved stigende ligninindhold i afgrøder faldt gasproduktionen med en faktor 2,6, hver gang ligninkoncentrationen steg med én enhed, mens der kun var tale om et fald på 1,4 for gylle. Det skyldes primært, at ligninindholdet er intakt i afgrøderne, mens den er mere eller mindre nedbrudt i gylle.

I modellen, der kan benyttes til en blanding af afgrøder og gylle, er der en pæn relation mellem gaspotential og koncentrationen af lignin. Imidlertid er den kombinerede model ikke så præcis, som når vi vurderer de to kategorier individuelt.

Målet med vores fremtidige studier er at kunne måle nedbrydning af lignocellulose. En sådan målemetode vil have stor betydning, når der skal udvikles nye forbehandlingsmetoder, der kan optimere gasproduktionen fra forskellige typer biomasse.



Figur 2. Indholdet af lignocellulose i gylle og i energiafgrøder.



Figur 3. Lignins indvirkning på gaspotential i gylle og energiafgrøder.

Kvælstof kan kvæle produktionen af biogas



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Selv moderate mængder ammoniak kan medføre en betydelig reduktion af biogasproduktionen. Det kan blive noget af en udfordring i de kommende år, hvor anlæggene kommer til at bruge en stigende mængde dybstrøelse, fast gødning og kløvergræs for at øge gasproduktionen.

Henrik B. Møller og Sutaryo Sutaryo

Det har længe været kendt, at kvælstof er et vigtigt næringsstof i biogasprocessen, men at for høje koncentrationer kan hæmme dannelsen af metan. Der hersker imidlertid stadig usikkerhed om, hvordan hæmningen udarter sig, hvilket niveau af ammoniak der er hæmmende, og hvilke muligheder der er for at reducere mængden af kvælstof.

Tidligere undersøgelser har vist, at biogasprocessen bliver hæmmet ved alle pH værdier, når ammoniumkoncentrationen overstiger 3 gram/liter biomasse. Det er imidlertid vigtigt at understrege, at hæmningen ikke relaterer sig til den samlede ammoniumkoncentration, men til koncentratio-

Biogasanlægget i Blåhøj er et af de anlæg, hvor indholdet af ammoniak ligger over den grænse, der betegnes som stærk hæmning, men det kompenseres man for ved at have en lang opholdstid i reaktoren .

nen af fri ammoniak, der påvirkes af både ammoniumkoncentrationen, temperaturen og pH værdien. En koncentration af fri ammoniak på kun 0,9 gram/liter vil i mange tilfælde kunne reducere gasudbyttet til omkring det halve ved termofile forhold.

Reaktoren kan tilvænnes

På Det Jorbrugsvidenskabelige Fakultet under Aarhus Universitet er der i

Fakta om hæmning

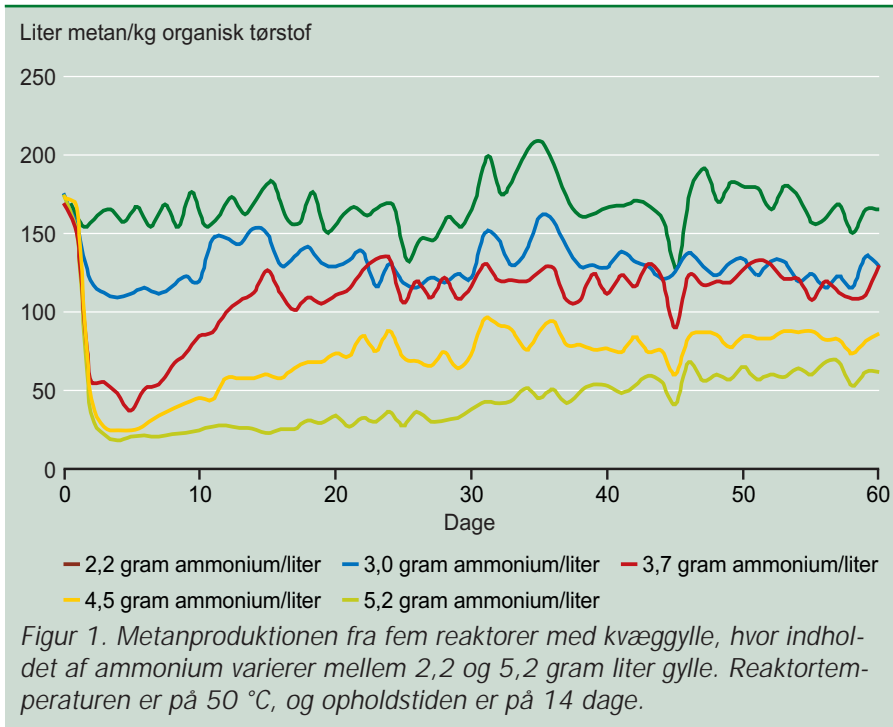
Det er i princippet ikke det totale indhold af ammonium i biomassen, men andelen af fri ammoniak, der kan hæmme processen i et biogasanlæg. En koncentration af fri ammoniak på kun 0,9 gram/liter vil i mange tilfælde kunne reducere gasudbyttet til omkring det halve ved termofile forhold.

Den fri ammoniak er meget afhængig af temperatur og pH, og det er derfor muligt at undgå hæmning ved at anvende en lavere temperatur i biogasreaktoren.

det seneste år udført en række forsøg for at belyse ammoniaks betydning for biogasudbyttet. Forsøgene, der er udført med støtte fra EUDP, viser, at det i høj grad er en problematik, som skal tages alvorligt.

I figur 1 er metanudbyttet vist for fem reaktorer, der tilføres kvæggylle med forskelligt indhold af ammonium. Heraf fremgår det tydeligt, at det højere kvælstofindhold efter kort tid reducerer gasudbyttet i forhold til referenceanlægget, der har et ammoniumindhold på 2,2 gram/liter. Det viser sig dog også, at processen med tiden "vænner" sig til det højere ammoniumindhold, således at forskellen bliver mindre med tiden. Der er dog stadig efter to måneder en betydelig forskel, selv ved moderate stigninger i mængden af ammoniak.

I figur 2 er metanudbyttet angivet som funktion af koncentrationen af henholdsvis total ammonium og fri ammoniak. Det antages, at der ikke er hæmning i referencereaktoren, der har et ammoniumindhold på 2,2 gram/liter, svarende til 0,6 gram fri ammoniak/liter.



Som det fremgår af figuren, falder udbyttet til 80 procent af niveauet i en reaktor uden hæmning, hvis indholdet af ammonium øges til 3 gram/liter, og udbyttet halveres, hvis niveauet øges til 4,5 gram/liter. Ved endnu højere niveauer reduceres udbyttet markant, og til sidst går processen næsten i stå.

Det ser imidlertid ud til, at der sjældent sker et totalt nedbrud, før koncentrationen bliver meget høj, men det må forventes, at processen er

langt mere følsom over for andre faktorer, der kan få processen til at gå i stå.

Praktisk betydning

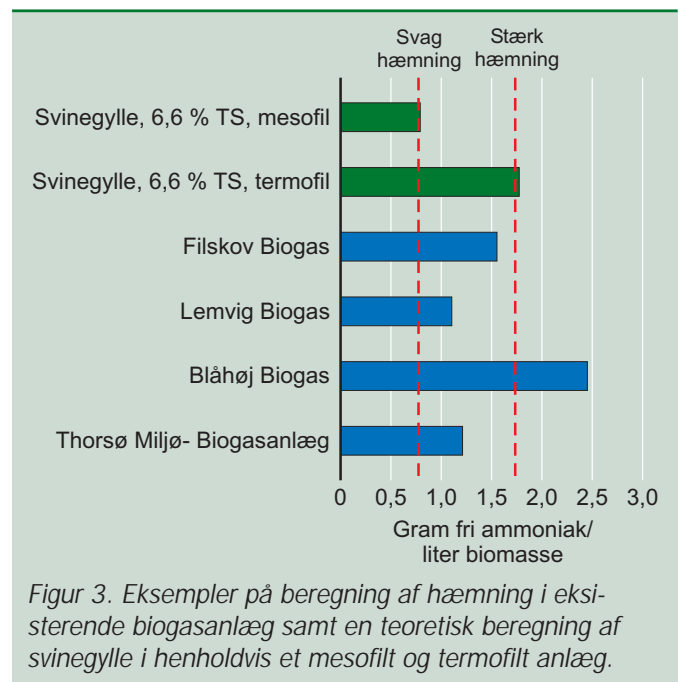
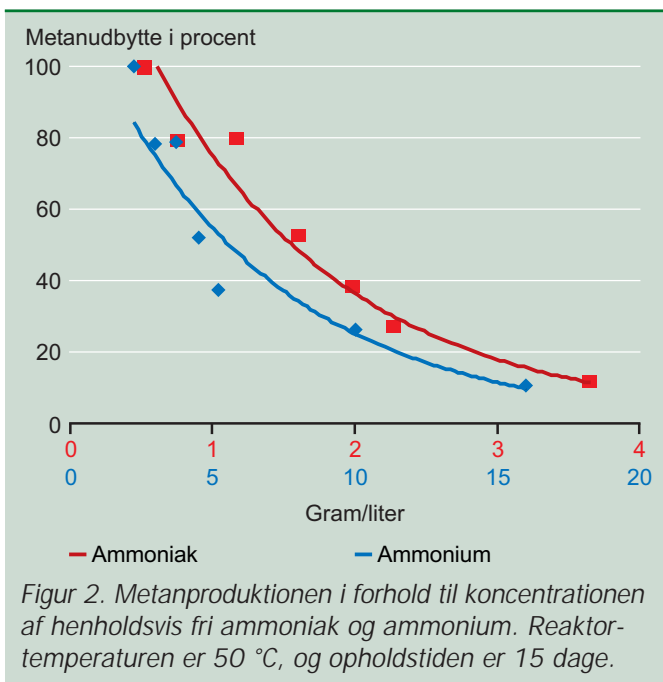
Men gasudbyttet afhænger ikke kun af hvor meget fri ammoniak, der er til stede. Det afhænger også af, hvordan anlægget drives, herunder hvor lang opholdstiden er, om reaktorerne er koblet i serie eller parallelt, og hvor effektiv gasopsamlingen er i efterlagret.

I figur 3 ses den fri ammoniak-koncentration for nogle udvalgte anlæg. Heraf fremgår det, at alle anlæg ligger over grænsen for hæmning, og anlægget i Blåhøj er endda over den grænse, der betegnes som stærk hæmning.

Alle anlæg kompenserer dog for den høje ammoniak-koncentration ved at have en relativt lang opholdstid, enten i reaktoren eller i lagertanken. I tilfældet med Blåhøj er der en lang opholdstid i den primære reaktor, hvilket sandsynligvis kompenserer for hæmningen, og i Filskov kompenseres den meget korte opholdstid i første trin ved en lang opholdstid og gasopsamling i efterlageret.

I fremtiden må vi dog forvente, at anlæggene tilføres biomasse med mere kvælstof på grund af vandbesparelser i staldene og reduktion af ammoniakfordampningen ved køling, tilsætning af syre med videre. Dertil kommer, at tilførsel af gyllefibre, dybstrøelse og kløvergræs vil medføre en yderligere risiko for hæmning med ammoniak. Som det fremgår af figur 3, vil der være en overhængende risiko for hæmning, hvis landmændene begynder at levere gylle fra slagtesvin med et tørstofindhold på 6,6 procent. Og det vil ske, uden der er foretaget foranstaltninger, som skal reducere ammoniakfordampningen fra staldene.

fortsættes på side 11 ►



Halmforgasning i stor skala

Forgasningsanlægget i Kalundborg, der ifølge DONG Energy kan revolutionere brugen af biomasse på kraftværker.

Anders Dan Boisen ved opstartsfe-
sten, som den blev kaldt. Bag den be-
tegnelse gemmer der sig et ønske om
at udskyde den formelle indvielse til
engang i efteråret, hvor anlægget ef-
ter planen skal begynde at levere gas
til Asnæsværket. Indtil da står den på
indkøring og forsøg med forskellige ty-
per biobrændsler.

Fra LT-CFB til Pyroneer

Historien om forgasningsanlægget går
tilbage til 1996, hvor ingeniør Peder
Stoholm udførte de første spæde for-
søg på DTU. Dengang blev konceptet
kaldt for LT-CFB, der er en forkortelse
for Lav Temperatur Cirkulerende Fluid
Bed, men i dag, hvor DONG Energy
gerne vil markedsføre teknologien,
har man valgt det mere mundrette
navn Pyroneer.

I de første år blev projektet støttet
af Energistyrelsens Energiforsknings-
program, men siden år 2000 er det
især Energinet.dk, der har støttet ud-
viklingen gennem en række projekter,
som blandt andet har drejet sig om
opskalering og test af forskellige
brændselstyper.

- Vi har fulgt den fra den var helt
lille, og nu står den her som en stor
teenager. I de kommende år skal den
måske have rettet et par småfejl, men
sådan er det med teenagerne, og vi
glæder os til, at den bliver voksen,
sagde forskningskoordinator Steen
Vestervang ved idriftsættelsen.

Han betegnede forløbet som et
skoleeksempel på, hvordan der er
skabt en god forbindelse mellem uni-
versiteternes forskning og den kommer-
cielle verden: Det starter på universi-
terne, bliver videreudviklet i en spin-

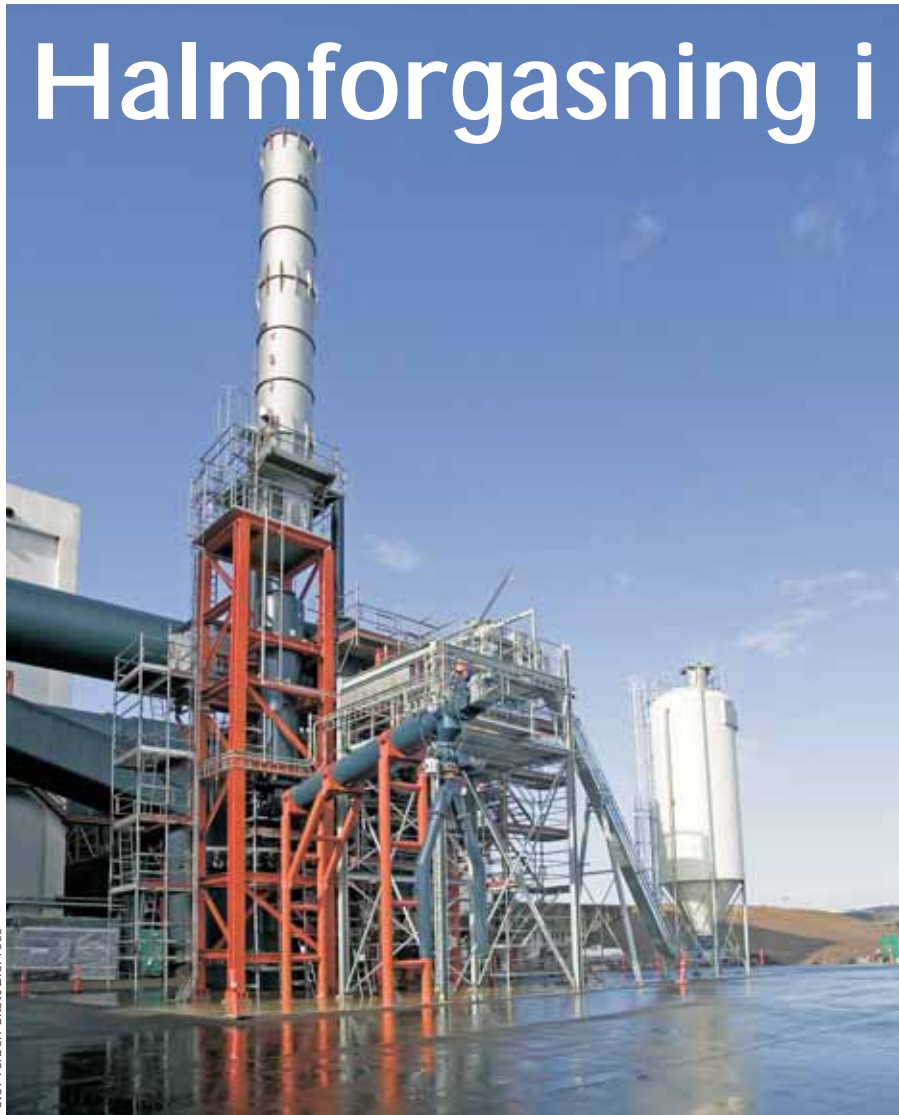


Foto: Torben Skøtt/BioPress

**DONG Energy er nu begyndt at
fyre op under et stort demonstra-
tionsanlæg i Kalundborg, der skal
omdanne de mere genstridige
biobrændsler som halm og gylle-
fibre til gas.**

Af Torben Skøtt

- Denne teknologi kan revolutionere
brugen af biomasse på kraftværker,
både herhjemme og i udlandet. Vi er i
DONG Energy stolte over at være nået
så langt, at vi kan åbne et egentligt
demonstrationsanlæg, siger Thomas
Dalsgaard, Senior Vice President og
chef for forretningsområdet New Bio
Solutions i DONG Energy.

Anlægget, der er på 6 MW, blev for
nylig sat i drift ved Asnæsværket i Ka-
lundborg. Her skal det i de kommende
år demonstrere, hvordan de mere be-
sværlige biobrændsler som halm og

gødningsfibre kan omdannes til gas
og fyres direkte ind i kraftværkerne
som erstatning for kul. Teknologien,
der er udviklet af Peder Stoholm, først
på DTU og senere i selskabet Danish
Fluid Bed Technology, er nu overtaget
af DONG Energy, der ser store per-
spektiver i at bringe biomassen på
gasform, inden den fyres af på kraft-
værkerne. Derved undgår man at få
en række problematiske stoffer ind i
kedlerne, og man får ført næringsstof-
ferne tilbage til landbrugsjorden.

- Det her er en proces i balance.
De næringsstoffer, der ville have givet
os problemer i en kedel, bliver ført ud
med asken, så de kan føres tilbage til
landbrugsjorden - og det endda i en
form, som lettere kan optages af plan-
terne. Det bliver der gevaldig meget
brug for i fremtiden - ikke mindst
hvad angår fosfor, sagde den forret-
ningsansvarlige i DONG Energy Power

off virksomhed og ender i en større organisation, der kan gøre teknologien kommerciel tilgængelig.

Fleksibilitet i højsædet

Energinet.dk's engagement i projektet skyldes ikke mindst, at det passer rigtig godt ind i selskabets strategi med at få etableret et fleksibelt energisystem.

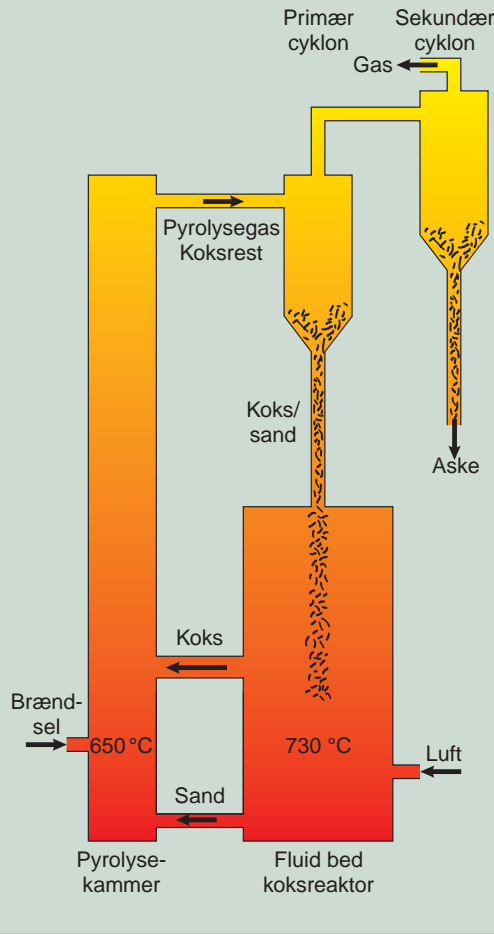
– I dag er fleksibilitet et nøgleord.

Biomasse er en begrænset resurse, så vi skal have anlæg, der kan udnytte de mere problematiske brændsels typer, og vi skal have anlæg, der kan spille sammen med den svingende elproduktion fra sol og vind, fortalte Steen Vestervang.

Forgasningsteknologien, der nu skal vise sit værd i Kalundborg, er i årenes løb blev testet godt og grundigt med forskellige typer biomasse, så på det område, bliver der næppe problemer med fleksibiliteten.

Gassen er dog ganske tjæreholdig, så i første omgang egner den sig primært til kraftværkskedler. DONG Energy har imidlertid planer om at lave forsøg med gasrensning, og falder det heldigt ud, åbner det op for helt nye perspektiver med motordrift og leverancer til naturgasnettet. ■

Sådan fungerer Pioneer forgasseren



En fluid-bed forgasser indeholder betydelige mængder porøst materiale – i dette tilfælde sand, der “svæver” rundt i anlægget og sikrer, at brændslet hele tiden har den rette temperatur, så der ikke dannes slagger.

I starten cirkulerer brændslet rundt mellem pyrolysekammeret, cyklonen og koks-kammeret. Til sidst er partiklerne blevet forgasset og er nu så lette, at de bliver revet med røggassen til den anden cyklon, der fungerer som gasrensning.

I koksreaktoren tilsættes der luft i begrænsede mængder, så der sker en forbrænding af koks, der kan sikre den nødvendige varmetilførsel til anlægget. Sandet, der cirkulerer rundt i systemet, sørger for at varmen transporteres over i pyrolysekammeret.

Fortsat fra side 9

Den mest enkle løsning går ud på at sænke temperaturen, så anlægget overgår til mesofil drift, men der findes også andre metoder til at fjerne ammoniak – enten før eller under processen.

Før processen kan det gøres ved at tilsætte base og efterfølgende opsam-

le syren. Denne proces fungerer bedst ved høje temperaturer, og ved trykkogning er det muligt at fjerne betydelige mængder ammoniak. Ved Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet har et system med ammoniakstripping i processen i mindre skala været afprøvet, men teknologien er endnu ikke færdigudviklet og klar til at blive brugt i fuld skala.

Henrik B. Møller er seniorforsker ved Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, e-mail henrikb.moller@agrsci.dk.

Sutaryo Sutaryo er ph.d studerende ved Aarhus Universitet, e-mail sutaryo.sutaryo@agrsci.dk. ■

Anlæg	Reaktortemperatur	Opholdstid i reaktor	Opholdstid i lager	pH i reaktor	Total kvælstof	Total ammonium	Fri ammoniak	Konklusion
Lemvig	52,5	23 + 3	0	8,12	4,90	3,00	0,93	Svag eller ingen hæmning
Thorsø	51,5	13-14	7	8,20	4,62	2,87	1,01	Moderat hæmning med op til 20 procent reduktion
Filskov	52,0	7,8	30	8,21	5,49	3,74	1,31	Moderat hæmning, men der kompenseres
Blåhøj	52,0	26-28	11	8,50	6,02	3,98	2,04	Stærk hæmning op til 50 procent, men der kompenseres

Tabel 1. Eksempler på driftsforhold på udvalgte biogasanlæg. I Filskov bliver der kompenseret for hæmningen ved en lang opholdstid i det overdækkede lager. Det bliver der også i Blåhøj, men her har man også valgt seriedrift og en lang opholdstid i reaktortankene for at kompensere for en meget stærk hæmning på op til 50 procent.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Halm i biogasanlæg

Hidtil er halm primært blevet anvendt til energiproduktion via simpel afbrænding, men noget tyder på, at man på sigt skal se sig om efter andre modeller. Produktion af biogas kan være en af løsningerne, hvor man får en fleksibel energianvendelse, recirkulering af næringsstoffer og en mere frugtbar jord.

Af Torben Skøtt

Kraftvarmeanlæg baseret på halm er en dansk specialitet, som vi har grund til at være stolte af. Siden 1980'erne er der brugt betydelige forskningsmidler på at udvikle en teknologi, der gør det muligt at bruge halm på kulfyrede værker og etablere rene halmfyrede kraftvarmeanlæg. Derved har halmen kunnet spille en vigtig rolle i bestræbelserne på at sikre en CO₂-neutral energiforsyning, og det er en udvikling, som har vakt opsigt i udlandet.

For nylig har DONG Energy imidlertid annonceret, at de vil reducere anvendelsen af halm og i stedet satse på importerede træpiller på de kulfyrede kraftværker. Begrundelsen er blandt andet, at halmen er et besværligt brændsel, og at det er langt nem-

Biogasanlægget i Spørring nord for Århus er begyndt at blande halm i gyllen.

mere at skifte kullene ud med træpiller end med halm.

Med DONG's udmelding er der således lagt op til en diskussion om, hvordan halmen bedst kan indgå i den fremtidige energiforsyning og spørgsmålet er, om halmen ikke kan gøre lige så meget gavn mange andre steder som i kraftværkskedler?

For eksempel kan termisk forgasning af halm, som nu bliver testet i stor skala i Kalundborg, meget vel vise sig at blive en værdig afløser til afbrænding i kraftværkernes kedelanlæg. Anlægget kan udover halm håndtere en lang række problematiske biobrændsler, gassen kan bruges på eksisterende kraftværker og næringsstofferne kan via asken føres tilbage til landbruget (se artiklen på side 10).

Kulstof og næringsstoffer

En anden og måske lige så oplagt mulighed er at bruge halmen i biogasanlæggene. Energiudbyttet ligger ganske vist kun på cirka 60 procent af det udbytte, man kan opnå ved afbrænding, men gassen har langt flere anvendelsesmuligheder, og næringsstofferne bliver ført tilbage til landbruksjorden sammen med det kulstof, som ikke blev omsat i anlægget.

– Der er flere argumenter for, at biogas kan være den bedste løsning, siger seniorforsker Uffe Jørgensen fra Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø på Århus Universitet. Han understreger dog samtidig, at der ikke findes nogen gennemgribende analyse af problematikken, men kan sagtens pege på en række fordele ved en biologisk forgasning af halm:

– Man kan godt have den hypotese, at jordens kulstofpulje vil være den samme, uanset om halmen først har været igennem et biogasanlæg eller bliver pløjet ned umiddelbart efter høst. De er jo kun de letomsættelige dele af kulstoffet, der bliver omsat i biogasprocessen, og de vil næppe kunne påvirke kulstofpuljen, forklarer Uffe Jørgensen.

Beregninger viser, at når man fjerner et tons halm fra marken, fjerner man samtidig en mængde kulstof, der svarer til en CO₂-udledning på 210 kg. Til gengæld sker der også en mindre emission af lattergas, så samlet set vil der være et øget udslip af CO₂ på 179 kg, hver gang man fjerner et ton halm fra marken. Det tæller med i klimaregnskabet.

Ud over en gavnlig effekt på klimaregnskabet har organisk stof i jorden

også en positiv indvirkning på jordens frugtbarhed. Det er vanskeligt at sætte tal på, men det handler blandt andet om jordens evne til at holde på vand og næringsstoffer.

Et andet plus ved bioforgasning drejer sig om recirkulering af næringsstoffer. Ved afbrænding i kedelanlæg sker der kun en delvis tilbageførsel af næringsstofferne via asken, hvorimod biogasanlægget kan sikre, at blandt andet fosfor, kvælstof og ikke mindst kalium bliver recirkuleret. Ydermere sker der en omdannelse af kvælstoffet i biogasanlægget, så det lettere kan optages af planterne, og det minimerer risikoen for udvaskning.

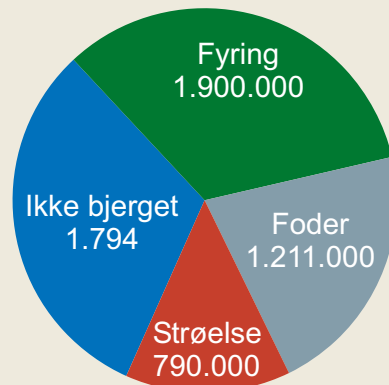
Fleksibel energiproduktion

I et biogasanlæg omdannes halmen til gas, der ofte bliver brugt i mindre motoranlæg til produktion af el og varme. Elvirkningsgraden er typisk på omkring 40 procent eller noget højere end ved de halmfyrede værker, hvor en virkningsgrad på 20-30 procent er mere normal.

Biogasanlæggene har ydermere den fordel, at de hurtigt kan regulere effekten op og ned og således bidrage til den fleksibilitet, der er nødvendig for at kunne indpasse en større mængde vindkraft i det danske el-system.

Og endelig er der muligheden for at opgradere biogassen, så den kan sendes ud i naturgasnettet og bruges til transportformål. Biogas er således en langt mere fleksibel energiform end den varme, man kan opnå ved simpel afbrænding, og det kan måske i virke-

Resurser og forbrug af halm



Ifølge Danmarks Statistik blev der i 2009 brugt 1,9 millioner tons halm til energiformål. Lidt under halvdelen blev brugt til produktion af kraftvarme, men resten gik til opvarmning. En stor del af den mængde halm på knap 1,8 millioner, som ikke blev bjerget, vil være vanskeligt at udnytte, men der vil formentlig være et overskud på knap 1 millioner tons, som for eksempel kan bruges til energiformål.

ligheden opveje det lavere energiudbytte.

Synergieffekter

Med et vandindhold på under 20 procent kan halm med rette betegnes som et tørt brændsel, og derfor har det været forholdsvis nemt at bruge til opvarmningsformål i såvel individuelle gårdanlæg som på fjernvarmeværker. På kraftværker har det til gengæld givet en del problemer, da halmens indhold af klor og alkali kan forårsage tæring ved høje temperaturer i kedelanlæggene. Problemerne var især udbredt på de første anlæg, men efterhånden er det lykkedes at opnå en forholdsvis stabil drift – selv ved temperaturer på over 500 grader, som er nødvendige for at opnå en høj elvirkningsgrad.

I et biogasanlæg kan man som nævnt ikke forvente det samme energioutput som ved afbrænding, men i

forhold til gylle er der et betydeligt energiindhold i halm. Forsøg på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet i Foulum har således vist, at metanproduktionen kan komme op på 150 m³/ton halm, hvor en blanding af svine- og kvæggylle kun giver 12-13 m³/ton.

Nye undersøgelser viser endvidere, at der opstår en synergieffekt, når halmen udrådnes sammen med gylle. Det er blandt andet blevet påvist af civilingeniør Lars Ellegaard fra BWSC, ligesom en række praktiske forsøg peger i samme retning.

Halm kan således være oplagt som supplerende råvare til de mange biogasanlæg, der har svært ved at skaffe industriaffald, og som kæmper med et alt for lavt tørstofindhold i den tynde svinegylle. Det er billigere end majs og andre energiafgrøder, og i mange tilfælde vil det kunne skaffes billigt eller helt gratis fra hestestutterier og andre ►



Foto: Torben Skott

Fugtigt og ødelagt halm er oplagt som råvare til biogasanlæg.



Foto: Eurotec Biomass

Halmen blandes op med lidt vand og gylle i pilotanlægget inden det føres ned i fortanken ved hjælp af en snegl.

Daimler: Brintbiler bliver snart billigere end elbiler

Der går ikke mange år, før det vil være dyrere at købe en elbil end en brintbil, lyder beskeden fra bilproducenten Daimler, der selv planlægger at sende et firecifret antal brintbiler på markedet om to til tre år.

Elbilernes dage som det billigste alternativ til benzin- og dieslbiler er snart talte. I hvert fald hvis man spørger direktøren for Daimlers afdeling for Miljørigtig kørsel og fremtidig mobilitet, Herbert Kohler:

– Vi forventer, at brintbiler i 2015 ikke vil være dyrere end en hybridbil, der kører på diesel og matcher Euro 6-emissionstandarden, siger Kohler til Automotive News Europe og uddyber, at prisen for en elbil for bare få år siden var 1.500 euro per kilowatttime, mens den inden for kort tid vil ramme 400 euro. Dog forventer han et endnu større prisfald for brintbiler, så de om mindre end fem år koster endnu mindre end elbilen.

Og det er da også derfor, at Daimler, som producerer Mercedes biler, netop nu arbejder på højtryk for at få brintbiler ud at køre. Inden for tre år planlægger bilproducenten at sende et firecifret antal brintbiler på markedet. Og infrastrukturen skal nok være klar, mener Kohler:



Foto: Mercedes-Benz

Ifølge Daimler vil brintbiler i 2015 koste nogenlunde det samme som en hybridbil, der kører på diesel og matcher Euro 6-emissionstandarden.

– Jeg forventer, at der vil være et netværk af 1.000 brinttankstationer i Tyskland på mellemlang sigt. Det vil til den tid være muligt at finde frem til en tankstation inden for en radius af 30 kilometer.

Sascha Simon, afdelingsdirektør hos Mercedes-Benz, er lige så optimistisk som Herbert Kohler, når det kommer til brint.

– Vi tror på, det er den eneste teknologi, der er i stand til fuldt ud at stoppe efterspørgslen efter fossile brændstoffer, siger han til plugincars.com og henviser til Daimlers 14 milliarder kroner store investering i brændselscelleteknologi indtil nu.

Selvom Daimler fokuserer intenst på brint, udelukker dette ifølge Sascha Simon dog ikke elbilen; men for brugerne kan have for høje forventninger til den batteridrevne bil, advarer han:

– Elbilerne er gode, hvis du ikke har lange distancer. Men hvis du bor i en forstad med langt til arbejde, eller hvis du skal transportere tungt materiale rundt, så er elbilen et forkert valg, siger Sascha Simon.

Kilder:

www.hydrogenlink.net

www.autonews.com

www.plugincars.com

► steder, hvor man har overskud af "brugt" halm.

Håndtering

Halm er dog ikke nemt at håndtere på de eksisterende biogasanlæg, og det er formentlig den afgørende årsag til, at det aldrig er blevet udbredt. Biogasanlæggene er beregnet til pumpbare råvarer i form af gylle og flydende industriaffald, så halmen skal først findeles, inden den kan pumpes ind i reaktortankene.

Et af de firmaer, som har arbejdet med problematikken, er Eurotec Biomass i Århus. Med støtte fra Væksthus Midtjylland har de udviklet en indfoder til halm, som er blevet testet på et biogasanlæg i Spørring nord for Århus.

– Halmstrå indeholder ilt, og da ilt hæmmer biogasprocessen og giver anledning til tæring, har vi udformet indfoderen som en lille reaktor, hvor man udnytter ilten til at forbehandle halmen. Vi lader ganske enkelt bakterierne æde både ilt og svovlbrinte, så der ikke er nogen korrosionsrisiko, når halmen føres ind i reaktoren, forklarer Niels Østergaard fra Eurotec Biomass.

På biogasanlægget i Spørring har man efterfølgende installeret et stationært anlæg til halmhåndtering, og for tiden føder man omkring 30 m³ halm ind i reaktoren om dagen.

– Det er "brugt" halm, vi får fra ride-skoler omkring Århus. Halmen må gerne være lidt fugtig og være begyndt at rådne. Det virker som en slags forbe-

handling, fortæller direktør for biogasanlægget, Arne Jensen.

Endnu er erfaringerne fra Spørring og andre biogasanlæg sparsomme, så Arne Jensen er spændt på, hvordan det kommer til at udvikle sig i praksis – både med hensyn til gasproduktion, men også om man får problemer med flydelag i reaktoren.

Sammen med tre andre biogasanlæg deltager anlægget i Spørring i et EUDP projekt under ledelse af Fødevareøkonomisk Institut på Københavns Universitet. Her vil man blandt andet undersøge mulighederne for at optimere og regulere energiproduktion ved hjælp af restprodukter og energiafgrøder. Projektet bliver afsluttet ved udgangen af 2012. ■

Halm gennem tiderne

- Halm bliver primært brugt i landbruget til foder og strøelse.
- 1956** — En gruppe landmænd tager initiativ til at opføre en cellulosefabrik i Fredericia, hvor halmen kan forarbejdes og sælges til papirfabrikkerne som cellulose. Fabrikken fungerede frem til slutningen af 80'erne, hvor den blev lukket på grund af miljøproblemer.
- 1974** — Mange landmænd begynder at installere små primitive halmfyr, ofte med en virkningsgrad på 30-40 procent. I dag er fyrene langt mere effektive, og det er ikke usædvanligt, at virkningsgraden er oppe på 80-90 procent.
- 1980** — Fjernvarmeværkerne begynder at investere i halmfyrede kedler til erstatning for olie og kul. I dag er der omkring 55 halmværker i drift.
- 1989** — Det første halmfyrede kraftvarmeværk bliver taget i brug i Haslev på Sydsjælland. I dag er der 11 kraftvarmeværker, der helt eller delvist bruger halm som brændsel.
- 1991** — BIORAF etableres i Åkirkeby på Bornholm. Her bliver der blandt andet forsket i, hvordan man kan bruge halm til fremstilling af papir og spånplader.
- 1995** — Forskere på DTU og Risø begynder at arbejde med, hvordan halm og andre restprodukter kan bruges til fremstilling af bioethanol, og i dag er Danmark med helt fremme, når det drejer sig om 2. generations bioethanol.
- 1996** — Forskere på DTU udfører forsøg med termisk forgasning af halm. En række succesfulde pilotanlæg viser, at teknologien kan fungere i praksis.
- 2004** — Energi E2 indvier en fabrik i Køge, der på årsbasis kan producere 130.000 tons halmpiller og 180.000 tons træpiller.
- 2009** — I Kalundborg indvier Inbicon et af verdens største demonstrationsanlæg til 2. generations bioethanol, hvor råvarerne er halm.
- 2011** — DONG Energy indvier et 6 MW demonstrationsanlæg til forgasning af halm. Gassen skal erstatte kul på Asnæsværket i Kalundborg.
- Biogasanlæg begynder at bruge halm som supplement til husdyrgødning.



Foto: Torben Skott/BioPress
Halmfyr på landejendom ved Århus.



Foto: Torben Skott/BioPress
Halmfyret fjernvarmeværk i Thisted



Foto: Torben Skott/BioPress
Halmfyret kraftvarmeværk i Masnedø.



Foto: Torben Skott/BioPress
Anlæg til halmforgasning i Kalundborg.

Danske brændselsceller er i verdensklasse

En målrettet forskningsindsats er baggrunden for, at Danmark i dag har en unik position, når det drejer sig om produktion af brændselsceller. Vi er med helt fremme, og hele værdikæden fra forskning til fremstilling af de færdige produkter er inden for landets grænser.

Af Torben Skøtt

Mange opfatter fortsat brændselsceller som en teknologi, der ligger mange år ud i fremtiden, men ifølge lektor Jens Oluf Jensen fra DTU Kemi så ligger fremtiden lige om hjørnet.

Og det er vel at mærke en fremtid, som Danmark kommer til at tage aktivt del i. Som et af de få lande i verden har vi styr på hele værdikæden – fra grundforskning og fremstilling af de enkelte delkomponenter til produktion af færdige systemløsninger, der kan indpasses i biler og boliger.

På DTU Kemi kan forskerne blandt andet tage en del af æren for, at danske virksomheder er med helt fremme, når det drejer sig om produktion af de såkaldte HT-PEM celler. Det er en videreudvikling af PEM cellerne, der blev kendt under Apollo-programmet i 1960'erne, men til forskel fra de traditionelle brændselsceller kan de nye typer bruge andre brændsler end ren brint. Det kan blive en genvej til brint-samfundet, fordi man kan komme i gang her og nu – for eksempel ved at bruge metanol, der kan købes overalt i verden og håndteres på samme måde som benzin og diesel.

For få år siden var Danmark ellers ved at blive hægtet af udviklingen inden for området. Den ionledende membran, som cellen er bygget op omkring, er for HT-PEM's vedkommende baseret på en særlig polymer (plastmateriale), som kan tåle temperaturer på op til 400 °C. Den har oprindeligt været brugt til brandhæm-

mende dragter, men på et tidspunkt fandt amerikanske forskere ud af, at den også kunne bruges til brændselsceller, hvis den fik tilført fosforsyre. Det fik en gruppe forskere på DTU Kemi til at kaste sig over emnet, men der gik ikke lang tid, før det blev umuligt at skaffe de nødvendige materialer. Leverandøren af polymeren, Celanese, krævede nemlig, at DTU skulle skrive under på, at de ikke ville bruge materialerne til fremstilling af brændselsceller, hverken direkte eller indirekte.

Det vakte naturligvis både undren og harme hos forskerne på DTU Kemi, men heldigvis fik historien en lykkelig udgang.

Polymer brændselsceller

LT-PEM har været kendt siden 1960'erne og er bilindustriens foretrukne valg. Brændslet skal være helt ren brint, hvilket kræver en ny og dyr infrastruktur.

HT-PEM har været kendt siden 1995. Arbejdstemperaturen er højere end for LT-PEM, og der kan anvendes flere forskellige brændsler som for eksempel metanol, der konverteres til brint, inden det sendes ind i cellen.

DMFC er en afart af LT-PEM, hvor metanol kan sprøjtes direkte ind i cellen uden først at være konverteret til brint. Til gengæld er virkningsgraden lavere end for de andre polymer brændselsceller.

Vi er jo kemikere

– Vi er jo kemikere, så vi sagde til os selv: Det med at flytte rundt på nogle molekyler, det kan vi vel godt finde ud af, fortæller lektor på DTU Kemi, Jens Oluf Jensen med et glimt i øjet.

Som sagt så gjort. DTU lå heldigvis inde med et mindre lager af de nødvendige råvarer, så mens forskere arbejdede på højtryk med at udvikle nye materialer, kunne forskningen i HT-PEM cellerne fortsætte ufortrødent.

– I dag er vi glade for de problemer, vi i sin tid stødte ind i, for det betød, at vi selv kom i gang. Og de materialer vi kan levere i dag, er faktisk bedre end dem, vi i sin tid købte hos Celanese, forklarer lektoren på DTU Kemi.

Forskningen i HT-PEM førte på et tidspunkt til spin-off firmaet Danish Power Systems, som bor i lejede lokaler hos DTU Kemi. Firmaet udvikler og producerer de såkaldte MEA'er, der er den tekniske betegnelse for de enkelte celler. Hver MEA kan producere 20-50 W afhængig af størrelsen, og de sælges videre til firmaer, som samler dem i stakke, så de færdige moduler får den effekt, kunderne efterspørger.

– Det er ret unikt, at vi har hele værdikæden inden for landets grænser. Vi skal til lande som USA, Japan og Tyskland for at finde lignende kompetencer, og man kan roligt sige, at vi er med helt fremme, fortæller Jens Oluf Jensen, der jævnligt sender en venlig tanke til de mange forskningsprogrammer, som har støttet op om

projekterne på DTU. Det gælder ikke mindst EUDP og ForskEi, som Energi-net.dk administrerer.

Tre typer PEM

I dag findes der tre forskellige typer brændselsceller, der er baseret på polymer og som hver har deres fordele og ulemper. Danske forskere og virksomheder arbejder med alle tre typer, selv om vi ikke har nogen bilindustri til at drive udviklingen fremad.

Bilindustrien satser især på de oprindelige PEM celler, der har været arbejdet med siden 1960'erne. De kaldes også for LT-PEM, som står for Low Temperature Polymer Electrolyte Membrane. Arbejdstemperaturen er på lidt under 100 °C, så de kan hurtigt startes op, hvilket kan have stor betydning, når anlæggene skal bruges til for eksempel nødstrømsanlæg og biler.

Virkningsgraden for LT-PEM er på 50-60 procent, men da de kun kan køre på rent brint, kræver de en ny og dyr infrastruktur, ligesom bilerne skal udstyres med tryktanke, der kan opbevare brinten ved 700 bar.

LT-PEM indeholder en masse vand – ellers kan de ikke lede ioner. Det er derfor, temperaturen ikke må komme over 100 grader, for så koger vandet væk, forklarer Jens Oluf Jensen.

Hans kollega, Qingfeng Li, blev i 1995 opmærksom på, at amerikanske forskere havde erstattet vandet i en polymer-celle med fosforsyre. Det er ikke nær så flygtigt som vand, så derved blev det muligt at hæve temperaturen til knap 200 °C, og dermed var grundlaget skabt for de nye HT-PEM celler.

Den helt store fordel ved HT-PEM er, at de har en langt større tolerance over for urenheder i brændslet. Derved bliver det muligt at bruge flydende brændsler som metanol, der omformes til brint, umiddelbart før det ledes ind i cellen.

Endelig er der DMFC, der er en afart af LT-PEM. Her kan metanol sprøjtes direkte ind i cellen uden først at være konverteret til brint. Ulempen er en lavere virkningsgrad, men til for eksempel elektronik, hvor energiforbruget er minimalt, kan det være en udmærket løsning.

Fremtiden

Bilindustrien satser som nævnt massivt på LT-PEM på trods af de udfordringer, der vil være med opbevaring og distribution af brint.

Ifølge Jens Oluf Jensen kan der være flere forklaringer på bilindustriens skepsis over for de "nye" brændselsceller: Det tager lang tid at dokumentere, at HT-PEM er en lige så holdbar løsning som LT-PEM, og på lang sigt vil kulstof, der er en vigtig ingrediens i metanol være en begrænset resurse.

I fremtidens energisystem vil der være enorme mængder sol og vind, som skal konverteres til brint, og bortset fra omkostningerne ved at etablere en ny infrastruktur er der ikke så meget, der taler imod brintsamfundet, siger Jens Oluf Jensen og slutter:

– Men du får ikke mig til at lave en konklusion på, hvad der vinder på sigt. Der er rigtigt mange bud på, hvordan det kan udvikle sig, og det er umuligt at sige, hvilke teknologier, der vil være dominerende, når der ikke længere er fossile brændsler til rådighed. ■



Foto: Torben Skatt/BioPress

Prøvestand på DTU Kemi, hvor levetiden kan testes for 12 brændselsceller ad gangen.



Foto: Torben Skatt/BioPress

Lektor Oluf Jensen med en af de små brændselsceller, der bruges til test af levetiden.

Fra håndarbejde til masseproduktion

Danish Power Systems – en af Danmarks førende producenter af nøglekomponenter til brændselsceller – er nu parat til at tage det sidste skridt, så brændselscellerne kan blive hver mands eje. Virksomheden er på jagt efter nye partnere, så man kan droppe det nuværende håndarbejde og gå over til masseproduktion.

Af Torben Skøtt

Det er blevet lidt af en frase, at nu kommer det kommercielle gennembrud for brændselsceller – hvis ikke i år, så i hvert fald til næste år. Hos Danish Power Systems, der producerer nøglekomponenter til de nye HT-PEM celler, tør man da heller ikke sætte et bestemt årstal på, men at det er nært forestående, er man ikke i tvivl om.

– Flere af vores kunder regner med en vækst på 2-300 procent om året, og hvis det holder stik, går der ikke lang tid, før brændselscellerne for alvor bliver konkurrencedygtige, siger Thomas Steenberg, der er teknisk direktør i Danish Power Systems.

Han ser i første omgang et marked inden for forskellige niche-områder, hvor kunderne er villige til at betale ekstra for at undgå røg, støj og vibrationer fra en dieselgenerator. Strømforsyning til campingvogne, lystbåde og lastbiler kan være nogle af de konkrete anvendelsesmuligheder.

– Markedet bliver blandt andet drevet frem af forbud og begrænsninger. I USA bliver der om få år forbud mod, at lastbilerne må køre i tomgang for at trække køleanlæg og andet udstyr, og det kan være med til at skabe et volumen, så vi bliver bedre til at konkurrere med batteriløsningerne, siger direktøren.

Startede med batterier

Danish Power Systems udspringer af DTU. I 1994 tog tre af universitetets

medarbejde med speciale i batteriteknologi initiativ til at starte virksomheden med det formål at få en bedre kobling mellem forskning og industri.

Dengang havde Danmark en stærk position inden for forskning, udvikling og produktion af batterier, men i dag er det historie. Få år efter at Danish Power Systems var stiftet blev der nemlig lukket ned for forskningen, store batteriproducenter som Helsen blev solgt til udlandet, og hos Danish Power Systems valgte man i stedet at koncentrere kræfterne om de nye HT-PEM brændselsceller.

Virksomheden har i dag 12 medarbejdere, hvoraf de 10 er kemiingeniører, og det er primært teknologi- og produktionsudviklingen inden for de såkaldte MEA'er, der er fokus på.

En MEA består af en membran, omsluttet af en anode og en katode, og

det er hjertet i enhver brændselscelle. Det er her de kemiske reaktioner foregår, så der dannes el, varme og vand, når der tilføres brændsel og ilt.

– Vores mission er at lave de billigste og bedste MEA'er til HT-PEM cellerne, siger Thomas Steenberg, der vurderer, at netop den type brændselsceller står foran et gennembrud, fordi man ikke er afhængig af brint, men kan bruge flydende brændsler som metanol.

Nye partnere

I dag fremstiller Danish Power Systems et par hundrede MEA'er om ugen. De sælges videre til de firmaer, som laver stakke og færdige systemløsninger.

Produktionen er i vid udstrækning baseret på manuelt arbejde, og med den vækst, der er inden for området,



Teknisk direktør Thomas Steenberg demonstrerer, hvordan membraner til HT-PEM cellerne bliver støbt.

er tiden ved at være moden til en egentlig masseproduktion.

– Vi er kemikere, så vores styrke ligger inden for forskning og udvikling. Industriel produktion er ikke vores speciale. Derfor er vi nu på jagt efter nye partnere, der kan få produktionen op i en helt anden størrelsesorden, så en dag ender vi måske med at blive udviklingsafdeling i en større produktionsvirksomhed, siger Thomas Steenberg.

Danish Power Systems er for tiden med i et stort forskningsprojekt kaldet COBRA, der skal bane vejen for et kommercielt gennembrud for HT-PEM cellerne. Projektet ledes af Serenergy, der laver stakke og færdige systemløsninger, og derudover deltager forskere fra DTU og Aalborg Universitet. EUDP har støttet projektet med i alt 25 millioner kroner.

Effekten falder over tid

En brændselscelle indeholder ingen bevægelige dele. Derfor er der ikke noget mekanisk slid som i en forbrændingsmotor, men med tiden sker der en kemisk degenerering af cellerne.

De enkelte brændselsceller er samlet i stakke for at kunne levere en tilstrækkelig effekt, og det er sjældent en helt stak bliver ødelagt, men med tiden nedbrydes cellerne, så den samlede effekt falder. Hvor meget effekten skal falde, før det er rimeligt at kassere stakken afgøres af den enkelte kunde, men de fleste sætter en grænse ved 80 procent af den oprindelige effekt.

HT-PEM cellerne har ikke mange år på bagen, så det er begrænset, hvor mange erfaringer der er med levetiden. Ifølge Thomas Steenberg har man i Californien registreret levetider på op imod 20.000 timer for celler, der har været brugt til mikrokraftvarme, men det kan på ingen måder tages som udtryk for, at man generelt er oppe på det niveau.

– De gennemsnitlige levetider er nærmere på et par tusinde timer, men det afhænger meget af, hvordan de bliver brugt. Eksempelvis er der stor forskel på, om en brændselscelle bliver udsat for en jævn belastning eller sidder i en bil, hvor belastningen varierer, og der er mange start og stop.

– Tilsvarende spiller temperaturen en stor rolle. En lavere temperatur kan forlænge levetiden markant, men til gengæld stiger kravene til eventuelle urenheder i brændslet, så det er hele tiden en afvejning af, hvad der betyder mest, forklarer Thomas Steenberg.

Han vurderer, at man er tæt på en levetid på op imod 3.000 timer for en bil. Med en gennemsnitsfart på 50 kilometer i timen, svarer det til, at bilen kan køre 150.000 kilometer inden effekten er faldet til 80 procent af det oprindelige.

– Vi er tæt på det, forbrugere vil kræve, slutter en optimistisk Thomas Steenberg. ■



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Thomas Steenberg med en enkelt celle, der kan producere 50 watt.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Produktionschef Carina Therkelsen har netop lagt en MEA ind i en varmepresser.

Store bevillinger til brændselsceller

Med en bevilling på 25 millioner kroner fra EUDP-programmet skal et konsortium bestående af to virksomheder og to universiteter nu udvikle en lille, billig og effektiv HT-PEM celle på 5 kW.

Projektet, der går under navnet Cobra, var ét ud af seks brændselscelleprojekter, som for knap et år siden tilsammen løb med 90 ud af EUDP's pulje på 246 millioner kroner. Projektet blev kun overgået af Topsøe Fuel Cells, der fik knap 55 millioner kroner til markedsmodning af SOFC brændselsceller.

Bevillingerne afspejler, at brændselsceller er et høj prioriteret område, og det vækker international opmærksomhed, at et lille land som Danmark bruger forholdsvis store midler på forskning i netop denne teknologi.

Konsortiet bag Cobra består af:

- DTU Kemi (grundforskning inden for elektroder og membraner)
- Danish Power Systems (produktion af membraner)
- Serenergy (stakke og moduler)
- Aalborg Universitet (test og validering).



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Carina Therkelsen tjekker maskinen, der bruges til fremstilling af elektroder.

Brændeovn med saltlager

Miljøbelastningen fra en brændeovn kan reduceres markant, hvis ovnen bliver udstyret med et saltlager. Et kg salt kan nemlig optage lige så meget varme som 9 kg sten, og derved kan man lettere tilpasse effekten til det aktuelle varmebehov. Det viser erfaringerne fra et projekt, som Teknologisk Institut og Morsø Jernstøberi har udført for Miljøstyrelsen.

Af Uwe Zielke

I takt med at de større, primære kilder til luftforurening er kommet under kontrol, er der kommet mere fokus på de mindre, sekundære kilder. Her har det blandt andet vist sig, at halmfyrede gårdanlæg og brændefyrede anlæg til boligopvarmning udsender betydelige mængder uønskede stoffer til omgivelserne.

I begyndelsen var det især lugtgener, som var årsag til kritik af anlægene. Siden er der gennemført flere undersøgelser, som viser, at røgen indeholder en række sundhedsskadelige tjærestoffer (PAH'er) og partikler, herunder også mange fine partikler og ultrafine partikler.

En af årsagerne til udslippet af sundhedsskadelige stoffer er, at de fleste brændeovne afgiver for meget varme i forhold til boligens behov. De fleste brugere bliver derfor fristet til at skrue ned for luften, når der bliver for varmt i stuen, og nogle forsøger endda at "fyre over" om natten. Det resulterer i en ekstremt dårlig forbrænding med det resultat, at omgivelserne bliver forurenede.

For et halvt århundrede siden var det almindeligt at fyre i kakkellovne, som var store, tunge, murede ovne med lange røgtræk, der kunne holde på varmen natten over. I de koldere egne, længere mod nord i Finland, udviklede man ovne, som havde endnu bedre varmeakkumulerende egenskaber, de såkaldte masseovne. På en enkelt fyring kunne de holde en bolig

opvarmet i cirka et døgn, så der var ikke behov for at strække fyringsprocessen natten over. Masseovne af den type er imidlertid så dyre og pladskrævende, at de aldrig har fået større udbredelse i Danmark.

Sten eller salt

For nylig har Teknologisk Institut og Morsø Jernstøberi undersøgt, hvordan man kan kombinere fordelene fra den store, tunge masseovn med den lille, elegante brændeovn. Projektet, der er støttet af Miljøstyrelsen, kaldes "Slow Heat Release" brændeovnen, og som navnet antyder, går princippet ud på at kunne gemme en del af varmen til senere brug.

For at kunne løse den opgave gælder det om at finde et materiale, der

skifter form ved de temperaturer, som ovnen arbejder ved. Når for eksempel is bliver til vand, eller vand bliver til damp, kan det optage henholdsvis afgive betydelige mængder energi.

I det aktuelle projekt har vi valgt salthydrat – et harmløst salt der indeholder vand, og som smelter, når der fyres op i ovnen. Derved optager saltet en stor mængde varme, som først frigives, når saltet atter størkner. Ovnens vægt vil være markant lavere end for en masseovn, idet 130 kg salt kan optage og afgive lige så meget varme som 1.200 kg sten.

Problemer

Opgaven var dog ikke helt enkel. Den første forhindring, som skulle overvindes, var saltets dårlige varmelednings-evne. Kunsten består i at kunne fordele varmen så effektivt, at alt saltet smelter, men at der på den anden side ikke er noget af saltet, der begynder at koge.

Inden ovnen blev bygget hos Morsø Jernstøberi, blev der derfor gennemført en række forsøg med simple, åbne varmelagre for at opnå en større viden om salthydratets egenskaber og selve smelteprocessen.

Det viste sig hurtigt, at saltet leder varmen så dårligt, at der skulle gøres



Foto: Teknologisk Institut

Forsøgsopstillingen på Teknologisk Institut, hvor der er monteret et smeltevarmelager i hver sin side af brændekammeret.



Et kg salt, der henholdsvis smelter og størkner, kan lagre lige så meget varme som 9,2 kg sten. Udstyres en brændeovn med et saltlager vil ovnen kunne afgive varme i op til 20 timer efter sidste indfyring. Det viser forsøg som Teknologisk Institut og Morsø Jernstøberi har udført for Miljøstyrelsen.

noget ekstraordinært for at få processen til at fungere bare nogenlunde tilfredsstillende.

Samtidig med forsøgene arbejdede Teknologisk Institut på udvikling af nye, lukkede varmelagre, som kunne modsvare behovene, og efter endnu en serie forsøg fik vi systemet til at fungere.

Det anvendte salhydrat smelter ved 58 °C, og det kan opvarmes til lidt over vandets kogepunkt, afhængigt af trykket i beholderen.

Under forsøgene er ovnens og varmelagerets temperaturer løbende blevet målt for at finde ud af, hvor længe salhydratet holder på varmen. Så længe der fyres, er ovnen naturligvis

varmere end lageret, men efter sidste indfyring vil varmelageret på et tidspunkt blive varmere end ovnen.

Målinger viser, at tre timer og 40 minutter efter sidste indfyring har ovn og varmelager samme temperatur. Herefter afkøler ovnen hurtigere end varmelageret, og seks timer og 45 minutter efter sidste indfyring har vi den største temperaturdifferens. Den højeste temperatur på varmelageret er nu 54 °C, hvilket er 20 °C varmere end ovnen.

Cirka 20 timer efter sidste indfyring har ovn og varmelager samme temperatur. På det tidspunkt er alt salt størknet, og temperaturen nærmer sig omgivelsestemperaturen. Denne for-

sinkelse i afkølingsforløbet modsvarer de fleste brugeres behov, således at "natfyringer" kan undgås.

Færre partikler

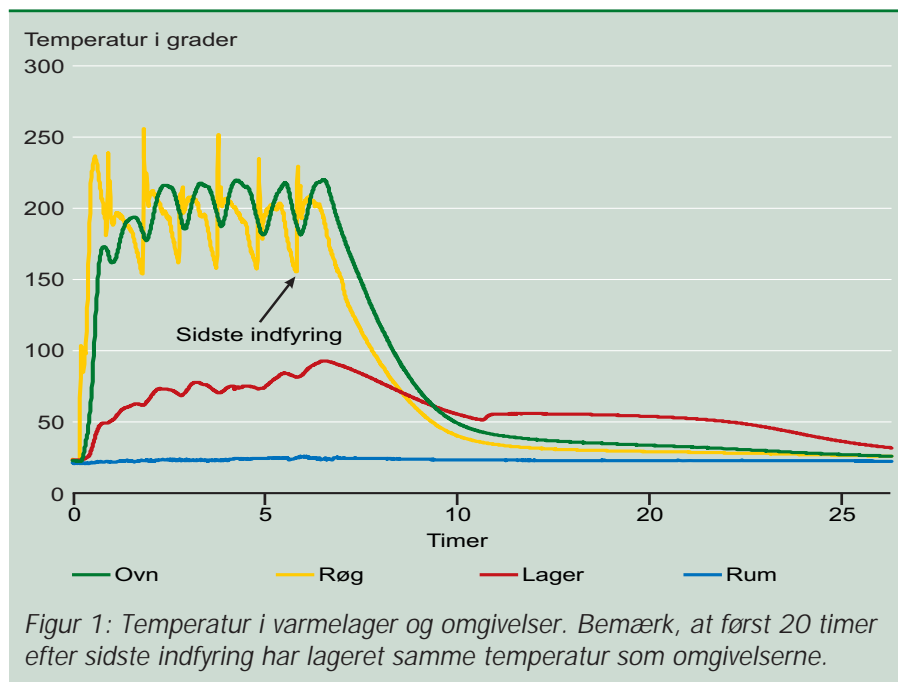
Den miljømæssige gevinst er også undersøgt i projektet, idet "normal fyring" er sammenlignet med "natfyring", hvor brugeren skruer ned for luften for at strække forbrændingsprocessen natten over.

Under optænding vil der typisk være et udslip af partikler på 300 mg/m³ røggas. Når ovnen er varm, vil udslippet falde til omkring 200 mg/m³ røggas, men ved "natfyring", hvor der skrues ned for luften, vil udslippet af partikler nå op på 1.300 mg/m³ røggas. Det er den situation, man kan undgå ved at udstyre brændeovnen med et varmelager.

Partiklerne er nærmere analyseret med henblik på deres størrelse. Målingerne viser, at partiklerne er ekstremt små. Der blev ikke fundet nogen partikler, som var større en 1 µm. Middeldiameteren ved optændingen var 160 nm og ved normal fyring 70 nm.

Projektet, der er støttet af Miljøstyrelsen, er endnu ikke endeligt afsluttet, men vi kan allerede nu konkludere, at princippet med at udstyre brændeovnen med et varmelager kan reducere udslippet af partikler markant.

Uwe Zielke er ingeniør og ansat på Center for Vedvarende Energi og Transport under Teknologisk Institut, e-mail uzi@teknologisk.dk ■



FORCE efterlyser problembiobrændsler

Slagging og fouling eller på godt dansk: dannelse af slagge og belægninger i kedlen er en af udfordringerne ved at fyre med faste biobrændsler. FORCE Technology vil nu have undersøgt sammenhængen mellem laboratorieanalyser og faktiske, konstaterede driftsproblemer.

Af *Susanne Westborg*

Det er velkendt, at anvendelse af hvedehalm, med et askeindhold på 4 – 5 procent, giver rige muligheder for både belægninger og sammensmeltning af aske i næsten enhver type anlæg. Det er også velkendt, at der ikke er nær så mange problemer med at fyre med træ, så længe mængden af bark, nåle, blade og andre urenheder er begrænset.

Men hvad med alle de nye biobrændsler? Den stigende efterspørgsel efter CO₂-neutrale brændsler bringer flere og flere typer biomasse på

banen: Pil, poppel, lyng, hamp, have/park-affald, majscolber samt korn eller risskaller for blot at nævne nogle af de mange nye kandidater. Kan man på basis af kendte analysemetoder forudsige risikoen for belægninger og sammensmeltning af aske ved disse biobrændsler, eller er der behov for helt nye og anderledes analysemetoder?

På FORCE's brændselslaboratorium har vi gennem mange år foretaget analyser af faste biobrændsler, og vi vil gerne kigge lidt nærmere på de mange nye biobrændsler, der er kommet på markedet.

Vi har derfor brug for prøvematerialer fra fuldskalaanlæg, hvor der er problemer med belægninger og slaggedannelse, forårsaget af helst mere atypiske biobrændsler. Vi er især på udkig efter "problemsæt" af materialer bestående af dels en prøve af det indfyrede brændsel, dels en prøve af selve problemet, som kan være sammensmeltet aske, belægninger eller en beskadiget anlægsdel. Hvis vi samtidig med materialerne får en

kort beskrivelse af problemet, anlægget og de aktuelle driftsforhold og må benytte oplysningerne i vores udredning, så sender vi uden beregning en prøvningsrapport og efterfølgende den samlede rapport for undersøgelsen.

For brændselsprøverne vil vi bestemme indholdet af vand, aske, grundstoffer som klor, svovl, kalium og silicium, samt "askens smelteforløb" efter standardmetoden. For prøver af slagge og belægninger bestemmes materialernes hovedbestanddele. Vi har desværre ikke et ubegrænset analysebudget, og ved rigtigt mange henvendelser vil vi prioritere de mest spændende brændsler og problemer. Prøvematerialer indsendes sammen med undersøgelsens prøveskema, som kan fås ved henvendelse til undertegnede.

Susanne Westborg er akademiingeniør med speciale i kemisk analyse hos FORCE Technology, e-mail swe@force.dk, ☎ 4326 7673. ■



Foto: Torben Skott/BioPress

Kan pil eller andre af de nye biobrændsler give anledning til belægninger og sammensmeltning af aske i fyringsanlæg? Det vil FORCE Technology gerne have undersøgt og efterlyser i den forbindelse prøver fra fuldskalaanlæg, hvor der er problemer.

Dansk opfinder af biomasseovn nomineret til EU-pris

Det Europæiske Patentkontor har nomineret Jens Dall Bentzen fra Dall Energy som årets opfinder i Europa. Han er indstillet til prisen for udviklingen af en såkaldt multibrændselsovn, hvor princippet er baseret på en kombination af forgasning og forbrænding. Det giver større fleksibilitet, lavere miljøudslip og en høj virkningsgrad.

Jens Dall Bentzen er én ud af tre nominerede til den europæiske opfinderpris "European Inventor Award 2011" for små og mellemstore virksomheder. Det er første gang, en dansk ingeniør er nomineret i den kategori.

Baggrunden for nomineringen er et nyt forbrændingskoncept til biomasse, der er udviklet med støtte fra Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram.

– Ovnene er designet til at brænde forskellige biobrændsler som træflis eller affald med et minimalt udslip af skadelige stoffer, og den kan håndtere både tørt og vådt brændsel, fortæller Jens Dall Bentzen.

Ved at kombinere de bedste egenskaber fra forgasning og forbrænding er det lykkedes at konstruere en ovn, der er meget fleksibel, og hvor udslippet af NO_x, CO og støvpartikler er mindre end fra et traditionelt ristefyret anlæg.

I en traditionel kedel blæses forbrændingsluften nemlig ind med et relativt højt tryk for at udligne tryktabet over risten, men det betyder samtidig, at der bliver hvirvlet en masse støv op. I den nye ovn er brændkammeret udformet som i et forgasningsanlæg, hvor de brændbare gasser bevæger sig langsomt op gennem flisen, og det giver langt mindre støv.

Bogense har købt anlægget

En prototype af ovnen blev testet i december 2009, og allerede i maj 2010 blev den første kontrakt indgået med Bogense Fjernvarme. Her står der nu



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Jens Dall Bentzen ved det nye 8 MW anlæg, som er under indkøring hos Bogense Fjernvarme. Til højre på billedet ses toppen af ovnen og til venstre er det kedlen, hvor varmen overføres til fjernvarmenettet.

en 8 MW ovn, som er ved at blive indkørt. Brændslet er i første omgang skovflis, men senere er det planen, at der også skal fyres med affald fra haver og parkanlæg.

– Det brændsel, der ryger ind i ovnen, skal have et vandindhold på omkring 60 procent, men det sikrer vi ved hjælp af et befugtningsanlæg, som er indbygget i ovnen, forklarer Jens Dall Bentzen.

Brændselsfleksibiliteten bliver et af de helt store salgargumenter over for fjernvarmeværkerne. De har tidligere været låst fast til et bestemt brændsel, afhængigt af kedeltype, men nu kan de i langt højere grad selv vælge de brændsler, der er attraktive.

Prismæssigt vil ovnen også være fuldt ud konkurrencedygtig med traditionelle anlæg til biobrændsler. I mange tilfælde vil man kunne undvære en cyklon til røggrensning, ligesom man typisk vil kunne spare en separat kedel til sommerdrift. Dertil kommer, at udgifterne til vedligeholdelse kan holdes på et minimum, da der ikke er nogen bevægelige dele i ovnen

Prototypen og ovnen i Bogense er bygget i samarbejde med SEM Stålin-

dustri, Weiss A/S, Arkikon Arkitekter, Skatek samt Gasification Denmark.

Stort tillykke

Nomineringen af Jens Dall Bentzen til EU's opfinderpris vækker glæde hos såvel klima- og energiministeren som EUDP's formand.

– Jeg vil ønske Jens Dall Bentzen tillykke med den flotte nominering som årets opfinder i Europa. Projektet er et godt eksempel på, at danske virksomheder er helt i front, når det gælder om skabe nye innovative løsninger på et problem, som er aktuelt over hele verden, siger klima- og energiminister Lykke Friis.

– Det er et langt og vedvarende træk at udvikle nye teknologier så langt, at de kan bringes på markedet. Nomineringen viser, at det er lykkedes i dette tilfælde. Vi er fra EUDP's side glade for at have bidraget til dette gode resultat ved at støtte den første demonstration af teknologien, lyder det fra Torkil Bentzen, der er bestyrelsesformand for EUDP.

Læs mere på www.dallenergy.com

Nye materialer til PCFC brændselsceller

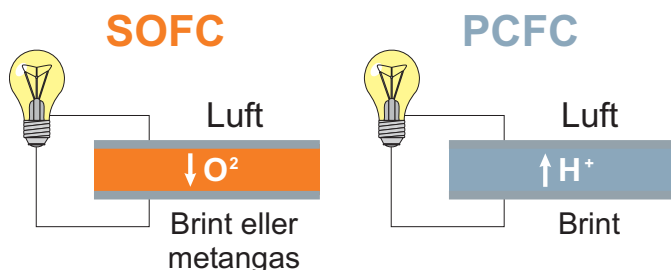
Forskere på Risø DTU er langt fremme med udviklingen af en ny type brændselscelle kaldet PCFC. Cellen har mange lighedspunkter med SOFC, men er baseret på transport af brintioner for at opnå en højere effektivitet.

I projektet er der arbejdet med udvikling af materialer til en ny type brændselscelle kaldet PCFC. Det står for Protonic Ceramic Fuel Cells og betragtes i dag som et spændende alternativ til SOFC cellerne, som Risø DTU har udviklet med stor succes i samarbejde med blandt andet Topsoe Fuel Cells A/S.

De to typer brændselsceller har mange lighedspunkter, men i SOFC er det iltioner, der vandrer gennem cellen, mens det i PCFC er brintioner, som vandrer den modsatte vej. Det har blandt andet den fordel, at vandet fra forbrændingen af brint ledes væk fra cellen sammen med overskuddet af luft, og det kan forbedre virkningsgraden med omkring ti procent.

I projektet har forskerne fundet nye materialer, der er mere modstandsdygtige over for både CO₂ og svovl end tidligere anvendte materialer, ligesom det også er lykkedes at reducere produktionsomkostningerne. De nye materialer kan bruges til at forbedre såvel PCFC som SOFC brændselscellen.

Arbejdet med udvikling af materialer til brændselsceller fortsætter i et nyt projekt kaldet "Next generation fuel cell". Projektet, der er et led i et stort internationalt projekt, støttes af Det Strategiske Forskningsråd med en bevilling på 1,8 millioner kroner i perioden 2010-2013.



I SOFC brændselscellen er det iltioner, der vandrer gennem cellen, mens det i PCFC er brintioner. Det har blandt andet den fordel, at vandet fra forbrændingen af brint ledes væk fra cellen sammen med overskuddet af luft, og det kan forbedre virkningsgraden med omkring ti procent.

Titel:	Højtemperatur proton- og blandede ledere til brug i brændselsceller og H ₂ separationsmembraner
Ansvarlig:	Risø DTU, Nikolaos Bonanos, ✉ nibo@risoe.dtu.dk ☎ 4677 5748
Sagsnr.:	ENMI-2104-07-0058
Tilskud fra:	DSF
Tilskud:	1.500.000 kroner

Nye materialer til SOFC brændselsceller

Det er nu lykkedes for forskerne at finde alternativer til de keramiske materialer i SOFC brændselsceller. Det giver helt nye perspektiver i forhold til prisen og den mekaniske robusthed, ligesom det er et betydningsfuldt skridt i retning af at få kommercialiseret teknologien.



Foto: Topsoe Fuel Cell

Topsoe Fuel Cells nye testcenter i Kongens Lyngby.

Brændselsceller er en af fremtidens energiteknologier, som gør det muligt at lave brændsel direkte om til strøm uden at benytte bevægelige dele som for eksempel en generator. Det giver høj effektivitet, lavt CO₂-udslip og lang levetid, da mekanisk slid kan undgås.

Hos Topsoe Fuel Cell udvikles såkaldte høj-temperatur brændselsceller (SOFC), der har den fordel, at de kan anvende eksisterende brændsler som for eksempel biogas, forgasset biomasse og naturgas, mens de fleste andre brændselsceller kun kan anvende rent brint som brændstof.

Hidtil har det været nødvendigt at bruge keramiske materialer i cellerne for at kunne modstå de høje temperaturer på omkring 800 °C. I nærværende forskningsprojekt er der imidlertid blevet udviklet nogle af verdens første høj-temperatur brændselsceller på en stålplatform. Det giver helt nye perspektiver i forhold til prisen og den mekaniske robusthed, ligesom det er et betydningsfuldt skridt i retning af at få kommercialiseret teknologien.

Projektet er gennemført i samarbejde med blandt andet Risø DTU, og Topsoe Fuel Cell fortsætter nu med udvikling og demonstration af teknologien. Det sker sammen med både danske og europæiske partnere i projekter, der er støttet af blandt andet Højteknologifonden og EU.

For nyligt fik en af forskerne på projektet, Trine Klemensøe, en pris som "årets unge forsker" for sit arbejde med at udvikle nye materialer til SOFC brændselsceller.

Titel:	Brændselsceller med høj ydeevne
Ansvarlig:	Topsoe Fuel Cell A/S, Helge Holm-Larsen, ✉ hhl@topsoe.dk, ☎ 4527 2168
Sagsnr.:	HTF-003-2005-1
Tilskud fra:	Højteknologifonden
Tilskud:	30.000.000 kroner

Dansk mikrokraftvarme er på vej mod fase 3

Anden fase af det ambitiøse projekt med at installere små anlæg til el- og varmeproduktion i almindelige boliger er nu afsluttet, og anlæggene er ved at blive erstattet af nye fase 3 anlæg, der også kører på brint.

Projektet Dansk Mikrokraftvarme udvikler og tester brændselsceller i mikrokraftvarmeanlæg til boliger. Mikrokraftvarmeanlæggene producerer både strøm og varme og udnytter derfor energien mere effektivt end naturgas- og oliefyr. De energieffektive anlæg kan inden for få år betyde markant lavere CO₂-udledning fra individuelt opvarmede boliger både herhjemme og i udlandet. Og teknologien tegner allerede nu til at skabe flere tusinde vidensarbejdspladser på dansk jord.

Nærværende projekt omhandler fase 2, hvor fem husstande med hver sit brændselscelleanlæg har produceret varme og el til husstanden. Brændslet til anlæggene er brint, der leveres via et brintnet fra landsbyens elektrolyseanlæg.

Anlæggene er nu ved at blive erstattet af nye fase 3 anlæg, der også kører på brint. De er mere effektive, kompakte, billigere at producere og forventes at få en mere stabil drift.

Fase 2 handler også om installation af fem brændselscelleanlæg i Sønderborg, hvor brændslet er naturgas. Denne del af projektet er forsinket og endnu ikke afsluttet. Seneste udfordringer i Sønderborg knytter sig til den svingende gaskvalitet i importeret naturgas sydfra. Fase 2 i Sønderborg forventes gennemført i foråret 2011 og vil umiddelbart derefter blive fulgt op af fase 3.

Det samlede projekt varer frem til udgangen af 2012, hvor ialt 100 mikrokraftvarmeanlæg med brændselsceller vil have været i drift hos almindelige forbrugere. Driftserfaringer, brugeroplevelser og virkningsgrader vil blive nøje analyseret.

Titel:	Dansk mikrokraftvarme baseret på brændselsceller, fase 2
Ansvarlig:	SEAS-NVE, Kristina Fløche Juelsgaard, ✉ kfj@seas-nve.dk, ☎ 5158 0749
Sagsnr.:	ENS-33033-0151
Tilskud fra:	EFP
Tilskud:	21.900.000 kroner

Bedre og mere holdbare PEM brændselsceller

De såkaldte MEA'er, der er hjertet i en brændselscelle, er blevet mere holdbare. Det er resultaterne af et projekt, hvor man har anvendt avancerede nanostrukturer som bærematerialer og ved at legere platin med andre metaller.

Projektet var et samarbejdsprojekt mellem universiteter og forskningsinstitutioner i de nordiske lande under N-INNER programmet og blev støttet af de nationale forskningsråd. Delta-gerne var:

- VTT Technical Research Centre of Finland
- Aalto University – Finland
- Sintef – Norge
- Norwegian University of Science and Technology (NTNU)
- Royal Institute of Technology (KTH) – Sverige
- University of Southern Denmark (SDU).

Projektets formål var en forbedring af levetiden for MEA'er. MEA står for Membrane Electrode Assemblies og er selve "hjertet" i en PEM-brændselscelle. Den består af en ionledende membran og en katalysator på hver side af membranen.

I projektet er der udviklet bedre og mere holdbare materialer til fremstilling af MEA'er. Det er sket ved anvendelse af avancerede nanostrukturer som bærematerialer og ved at legere platin med andre metaller.

Som et resultat af projektet er der opnået en forbedring af levetiden for MEA'er med en faktor fem under realistiske driftsbetingelser.

Titel:	Syntese og holdbarhed af CNT baserede MEA'er for PEM brændselsceller
Ansvarlig:	Syddansk Universitet. Kemisk Institut, Eivind Skou, ✉ ems@kbm.sdu.dk, ☎ 6550 2540
Sagsnr.:	ENMI-2104-07-0057
Tilskud fra:	DSF
Tilskud:	1.962.000 kroner

IEA Hydrogen Implementing Agreement

Projektet har omfattet dansk deltagelse i IEA Hydrogen Implementing Agreement (HIA) for derved at koordinere den danske og den internationale F&U indsats på områderne: brintproduktion, brintlagring og brintanvendelse.



Foto: IEA/HIA Annual Report

Test af afskærmning mod brintflammer. Arbejdet udføres af Hydrogen Safety Laboratory i England

De løbende HIA aktiviteter er: Igangsættelse af nye internationale arbejdsgrupper, formidling af resultater fra igangværende og afsluttede projekter, samt koordinering af hydrogenarbejdet med andre nationale og internationale interessenter på området.

Endelig har HIA været medarrangør af workshoppen Hydrogen and the Developing World, som blev afholdt for Black Sea Economic Cooperation i samarbejde med UNIDO-ICHET, der hører under FN.

En særlig indsats i 2010 har været etableringen af et tæt samarbejde med IEA-sekretariatet i Paris om den globale tilgængelighed af brint, hvilket er forankret i projektet Global Hydrogen Systems Analysis.

Ved en høring om Hydrogen i US Congress fik HIA lejlighed til at præsentere samarbejdet og eksempler på medlemmernes programmer. I den forbindelse fik det danske Partnerskab for Brint og Brændselsceller lejlighed til at præsentere sit arbejde.

HIA har siden 2006 haft selvstændigt kontor og sekretariat i Washington, hvor ikke mindre end 23 lande og internationale organisationer deltager i samarbejdet. Der er dansk deltagelse i fem af de ti arbejdsgrupper.

Yderligere oplysninger om arbejdet i HIA kan findes på www.ieahia.org og www.h2-info.dk.

Titel: IEA Hydrogen dk-deltagelse – Implementing Agreement

Ansvarlig: Dansk Gasteknisk Center, Jan Jensen, [✉ jkj@dgc.dk](mailto:jkj@dgc.dk), ☎ 2016 9600

Sagsnr.: ENS-64009-0254

Tilskud fra: EUDP

Tilskud: 235.000 kroner

IEA Bioenergy Agreement – Task 33

Energistyrelsen støtter løbende den danske deltagelse i de forskellige grupper under IEA Bioenergy Agreement. Nærværende projekt omhandler dansk repræsentation i Task 33, der handler om forgasning af biomasse.

Undervejs i projektet er der sammen med Energistyrelsen arbejdet med overordnede overvejelser om økonomi og berettigelse for forgasning som teknologi til småskala-kraftvarme på faste biobrændsler.

Det vigtigste udbytte fra projektet var præsentationer og konklusioner fra en international conference afholdt i København 7. oktober 2010. Ved den lejlighed lykkedes det at præsentere et godt overblik over teknologier til rådighed for mindre kraftvarmeanlæg, baseret på såvel forbrænding som forgasning af biomasse.

En vigtig konklusion fra konferencen er, at der fortsat er et betydeligt behov for at reducere investeringer og driftsomkostninger, eftervisse stabil drift og forbedre virkningsgraden, før småskalateknologier kan blive en kommerciel succes.

Titel: IEA Bioenergy Agreement; Task Thermal Gasification of Biomass.

Ansvarlig: FORCE Technology, Anders Evald
[✉ aev@force.dk](mailto:aev@force.dk), ☎ 7215 7750

Sagsnr.: ENS-33032-0109

Tilskud fra: EFP

Tilskud: 160.000 kroner



Foto: Torben Skott/BioPress

Der er fortsat et betydeligt behov for at forbedre økonomien og sikre stabil drift, hvis småskalateknologier som forgasning skal blive en kommerciel succes. Billedet er fra Skive Fjernvarmes forgasningsanlæg med direktør Benno Jørgensen foran forgasseren.

Højere virkningsgrad med trinopdelt forgasning

Et ekstra trin i forgasningsprocessen kan være en effektiv metode til at få omsat den resterende mængde kulstof og dermed øge gasgeneratorens virkningsgrad. Det viser de seneste erfaringer fra BioSynergis pilotanlæg hos Græsted Fjernvarme.

Projektet havde til formål at få optimeret tørreanlægget til brændselsflis, samt få opsamlet driftserfaringer fra det samlede anlæg gennem et halvt år. Ud fra teoretiske betragtninger er de potentielle muligheder for forbedring af tørreprocessen blevet vurderet. Mulighederne for at inddrage røggassens fugtighed som styringsparameter er undersøgt, men efter et par simple målinger blev det konkluderet, at den mest relevante ændring var tætning af anlægget for at minimere risikoen for, at der trænger kold luft ind til brændslet.

Efter at have fundet årsagen til utæthederne er der blevet konstrueret et nyt brændselsindløb til tørreanlægget, ligesom den oprindelige, utætte cellesluse er blevet erstattet med et nyt spjæld. Begge ændringer har medført en betydelig forbedring af tørreanlægget.

Driftserfaringerne fra anlægsdriften viste med tydelighed, at energitabet fra trækullet i asken var væsentligt større end ønskeligt. Mængden betød, at håndteringen og bortskaffelsen af trækul i sig selv udgjorde en væsentlig driftsomkostning.

I slutningen af projektet er der på den baggrund blevet gennemført et lovende forsøg med indbygning af et ekstra trin i forgasningsprocessen. Det ser ud til at være en effektiv metode til at omsætte restkulstoffet til brændbar gas og dermed øge gasgeneratorens virkningsgrad. Arbejdet med reduktion af trækulproduktionen fortsætter nu i nyt projekt, støttet af Energinet.dk (ForskEI-10635).

Titel:	Trinopdelt forgasning. Erfaringsindhentning og optimering.
Ansvarlig:	Biosynergi Proces ApS, Henrik Houmann Jakobsen, ✉ hhj@biosynergi.dk, ☎ 4586 1430
Sagsnr.:	FORSKEL-10131
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	1.400.000 kroner



Foto: Biosynergi Proces

Spjæld og røggaskanalen blev ændret i forbindelse med installationen af det nye brændselsindløb til tørreanlægget.

Fuldskala demonstration af trinopdelt forgasning

Det trinopdelte forgasningsanlæg i Græsted i Nordsjælland har et langt vellykket udviklingsforløb bag sig. Det er baggrunden for, at der nu bliver etableret et fuldskala demonstrationsanlæg i Hillerød, som skal sættes i drift i 2012.

“Dødens Dal” er en hyppigt anvendt metafor for den sidste barriere for det udviklingsforløb, der fører projekter med kommercielt potentiale ud på det tidlige markedsstadium med fuldskala demonstration af teknologien. At få en helt ny energiteknologi bragt det sidste skridt ind på markedet kræver betydelig offentlig og privat kapital i forening.

BioSynergi Proces' kraftvarmesystem har et langt vellykket udviklingsforløb bag sig. Udviklingen er sket med støtte fra ForskEI's og Energistyrelsens F&U programmer til en række projekter, der er gennemført på et lille pilotanlæg hos Græsted Fjernvarme. Pilotanlægget er blevet brugt til at udvikle forgasningsteknologien i detaljer og indhente værdifulde driftserfaringer med kraftvarmeproduktion på brændselsflis.

Nærværende projekt har sigtet på at videreudvikle teknikken samt etablere en organisatorisk og finansiel model, der kan sikre, at teknologien kommer ud på markedet. I projektet er der således blevet færdigudviklet, og ikke mindst gennemført, en 3. parts finansieringsmodel af samarbejdspartneren EBO Consult A/S. Derudover er der udarbejdet en komplet projektering og design af et demonstrationsanlæg med en effekt på 300 kW_{el} og 700 kW varme. Det er fire gange mere end pilotanlægget hos Græsted Fjernvarme kan præstere.

Organisationsmodellen har omfattet en grundig vurdering og valg af den mest hensigtsmæssige selskabsform. Herefter blev der i september 2010 iværksat et offentligt annonceret udbud af aktier i et nydannet bioforgasningselskab. Aktieudbudet blev fuldttegnet i december 2010, så selskabet nu kan investere i demonstrationsanlægget. Til udviklingen og etableringen af anlægget er desuden opnået tilsagn om støtte fra Energistyrelsens EUDP program.

Projektet har således resulteret i at et fuldskala demonstrationsanlæg med bioforgasningsteknik til brændselsflis nu bliver etableret og sat i drift i 2012. Bioforgasningsselskabet har indgået aftale om levering af varme til Hillerød Forsyning, mens elproduktionen bliver leveret ud på elnettet.

Titel:	Forberedelse til fuldskala demonstration af trinopdelt forgasningsanlæg
Ansvarlig:	Biosynergi Proces ApS, Henrik Houmann Jakobsen, ✉ hhj@biosynergi.dk, ☎ 4586 1430
Sagsnr.:	FORSKEL-10025
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	3.000.000 kroner

Biogas fra energiafgrøder

Mange biogasanlæg er i de senere år blevet alt for afhængige af let omsætteligt affald, så der er behov for at finde alternativer til det attraktive industriaffald – især hvis der skal være økonomi i de mange nye biogasanlæg, som regeringen har lagt op til i Grøn Vækst.

I nærværende projekt er biogaspotentialer for pil, elefantgræs, hvedehalm og majsstængler blevet undersøgt. Laboratorietest viser, at pil har det laveste potentiale på 150 ml metan/gram organisk tørstof efterfulgt af hvedehalm, elefantgræs og majsstængler med henholdsvis 260-, 268- og 399 ml metan/gram organisk tørstof.

Forsøg med forbehandling af biomassen ved hjælp af våd-oxidation viste, at det kunne være med til at frigøre en større del af sukkerindholdet. Det fik imidlertid metanpotentialet til at falde med undtagelse af pil, hvor potentialet blev øget med 80 procent. Energimæssigt set vil det gøre det rentabelt at bruge vådoxidation til pil.

Der blev endvidere udført forsøg med ensilering af biomassen i perioder på mellem én og fem måneder. Her viste resultaterne, at vægten af pil og elefantgræs blev reduceret med henholdsvis to og tre procent over en periode på fem måneder. Metanpotentialer for elefantgræs var stort set uændret, mens potentialer for pil blev forbedret med 20 procent.

Samrådning af svinegylle og forskellige afgrøder viser, at forholdet mellem kulstof og kvælstof kan have stor betydning for gasproduktionen. Et kontinuert forsøg viste således, at et højere kvælstofindhold i gyllen kan øge metanudbyttet og reaktorens produktivitet markant.

Titel:	Biogasfremstilling fra energiafgrøder
Ansvarlig:	Risø DTU, Afdelingen for Biosystemer, Jens Ejbye Schmidt, ✉ jeej@risoe.dtu.dk ☎ 4677 4195
Sagsnr.:	ENMI-2104-04-0002
Tilskud fra:	DSF
Tilskud:	2.000.000 kroner



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Manglen på letomsætteligt affald har øget interessen for at kunne tilføre biogasanlæggene energiafgrøder og restprodukter fra landbruget. Billedet er fra Hashøj Biogasanlæg, der får tilført storkøkkenaffald fra København.

Styring af biogasreaktorer

Det er realistisk at øge biogasanlæggenes produktivitet med op til ti procent gennem bedre overvågning og styring af processen. Det bekræfter et nyt projekt, som Teknologisk Institut, Århus Universitet og biogasleverandøren Xergi står bag.



Foto: Teknologisk Institut

Forsøg med overvågning og styring af biogasprocessen på Teknologisk Institut.

I samarbejde med Aarhus Universitet og Xergi A/S har Teknologisk Institut undersøgt forskellige løsninger til overvågning og styring af biogasreaktorer. I projektet har parterne dokumenteret, hvordan processen kan overvåges og optimeres i et pilotanlæg, der er forsynet med traditionelle overvågningssystemer samt nye og hidtil ikke anvendte systemer.

I dag måler mange biogasanlæg mængden af flygtige fedtsyrer ved manuelt at udtage prøver af biomassen og efterfølgende lave de nødvendige analyser. Det kan gøre det lettere at styre processen, men metoden er både kostbar og langsom, så i visse tilfælde kan det være for sent at gribe ind, når resultaterne først foreligger.

Det vil være realistisk at øge produktiviteten med op til ti procent gennem bedre overvågning og styring af processen, men der findes endnu ikke noget enkelt og pålideligt system, som kan klare opgaven. Den mest enkle løsning består i at måle gassens sammensætning, men det er en usikker metode, da forholdene ændrer sig langsomt i forhold til, hvad der sker i reaktoren. Det mest optimale er at måle ændringer i biomassen, men det er en vanskelig opgave, da mange af de stoffer, som skal registreres, findes i meget små koncentrationer.

Projektet har ikke desto mindre givet en række værdifulde informationer om, hvordan biogasprocessen kan overvåges med de eksisterende teknologier. De opnåede resultater vil således danne grundlag for udvikling af nye overvågnings- og styresystemer til gavn for både nye og eksisterende biogasanlæg.

Titel:	Realtids styring af biogasreaktorer
Ansvarlig:	Teknologisk Institut, Allan K. Poulsen, ✉ akp@teknologisk.dk, ☎ 7220 1824
Sagsnr.:	FORSKEL-10078
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	2.875 .000 kroner

Hæmning af biogasprocessen

I takt med at biogasanlæggene bruger øgede mængder energifgrøder, dybstrøelse og fast gødning, stiger risikoen for, at processen bliver hæmmet af et højt ammoniakindhold. Løsningen kan bestå i at forlænge opholdstiden, sænke temperaturen eller fjerne ammoniak fra reaktoren.



Foto: Torben Skott/BioPress

Længere opholdstid i reaktortanke eller lagertanke med gasopsamling reducerer risikoen for hæmning.

Det er velkendt, at kvælstof er et vigtigt næringsstof i biogasprocessen, men at for høje koncentrationer kan hæmme dannelsen af metan. På Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet under Aarhus Universitet har man derfor udført en række forsøg for at belyse ammoniaks betydning for biogasudbyttet.

Resultaterne viser blandt andet, at biogasudbyttet halveres, hvis indholdet af ammonium fordobles fra 2,2 gram/liter til 4,5 gram/liter biomasse. Ved endnu højere niveauer falder udbyttet markant, men det ser dog ud til, at der sjældent sker et totalt nedbrud, før koncentrationen bliver meget høj.

Risikoen for hæmning stiger i takt med, at anlæggene tilføres biomasse med mere kvælstof på grund af vandbesparelser i staldene og reduktion af ammoniakfordampningen ved køling, tilsætning af syre med videre. Dertil kommer, at tilførsel af gyllefibre, dybstrøelse og kløvergræs vil medføre en yderligere risiko for hæmning med ammoniak.

De mest enkle løsninger går ud på at sænke temperaturen eller forlænge opholdstiden. Derudover er der udført forsøg med ammoniakstripping i mindre skala, men teknologien er endnu ikke færdigudviklet.

Projektet er nærmere omtalt i artiklen på side 8.

Titel:	Forøget biogas produktion ved kvælstoffjernelse fra reaktorer
Ansvarlig:	Aarhus Universitet, Institut for Jordbrugsteknik, Henrik B. Møller, ✉ henrikb.moller@agrsci.dk, ☎ 8999 1936
Sagsnr.:	ENS-64009-0020
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	850.000 kroner

IEA Bioenergy – Task 37

Projektet har omfattet dansk deltagelse i IEA Bioenergy Task 37. Via samarbejde, informationsudveksling og fælles analyser har projektet bidraget til tilvejebringelse af et beslutningsgrundlag for IEA medlemslandene inden for området biogas og lossepladsgas.

Det Internationale Energi Agentur er organiseret i en række samarbejdsaftaler, som er åbne for medlemslandenes deltagelse. Danmarks deltagelse og det faglige arbejde inden for Task 37 er varetaget af Syddansk Universitet siden 1997. Hovedformålet er at indsamle, opdatere, formidle og udveksle viden og informationer om biogas fra anaerob udrådning.

Arbejdet udføres for at fremme anvendelsen af biogas til energiproduktion og transportformål, samt sikre en større anvendelse af afgasset biomasse som organisk gødning i landbruget. Der bliver sat fokus på anvendelige anaerobe udrådningsteknologier, markedsudvikling, forbedring af produktkvaliteten samt miljøforbedringer. Resultaterne bliver formidlet blandt medlemmerne af Task 37 og til alle andre, der har interesse for biogas. Det sker via brochurer, rapporter, artikler i diverse medier og på internetadressen www.iea-biogas.net.



Foto: IEA Task 37

Waste to Energy anlæg uden for Wien, som medlemmerne af Task 37 besøgte i 2009.

Titel:	IEA Renewable Energy Technologies, Bioenergy Agreement Task 37: Energy from biogas and landfill gas
Ansvarlig:	Syddansk Universitet, Teodorita Al Seadi, ✉ tas@kbn.sdu.dk, ☎ 6550 4168
Sagsnr.:	ENS-63011-0022
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	446.000 kroner

BornBioFuel på vej til at blive realiseret

Biogasol har nu afsluttet første fase af det ambitiøse projekt om produktion af bioethanol ud fra halm. Næste fase bliver opførelse af et demonstrationsanlæg på Bornholm, som EUDP har sponsoreret med 78 millioner kroner.

BioGasol har under BornBioFuel 1 projektet fra 2008-2011 udviklet teknologier til forbehandling og C5 fermentering inden for fremstilling af 2. generations bioethanol. Under forbehandling bliver biomassen opsplittet i de tre hovedbestanddele: cellulose, hemicellulose og lignin. Næste trin er C5 fermenteringen, hvor de korte og svært omsættelige sukkerkæder bliver omsat. De udgør 30-40 procent af sukkerindholdet i biomassen, så det er af stor betydning for konceptet, at de kan indgå i produktionen af bioethanol.

Udviklingen af forbehandlingen er baseret på resultaterne fra Maxifuel-anlægget på DTU i perioden 2006-2008 og bringer teknologien fra forsøgsstadiet til et industrielt niveau. I projektet blev der indledningsvist foretaget en analyse med henblik på kommerialisering i et semi-industrielt demonstrationsanlæg på Bornholm. Denne analyse førte til udvikling af et kontinuerligt reaktorsystem, der bygger på en række unikke løsninger, som der er søgt patenter på. Der er under projektet blevet fremstillet to reaktorsystemer med kapaciteter på henholdsvis 50 og 500 kg biomasse i timen. Næste trin er et anlæg til 4.000 kg i timen, som forventes at stå klart i år under BornBioFuel 2 projektet.

BioGasols C5 fermentering er baseret på en særlig genmodificeret mikroorganisme, der kun lever ved en temperatur på cirka 70 grader uden tilstedeværelse af ilt. Mikroorganismen er blevet

optimeret til at producere mere end 0,4 gram ethanol/gram sukker og mere end 1 gram ethanol/liter reaktorvolumen i timen. Ud over forsøg og optimering i laboratoriemiljø er der under BornBioFuel 1 projektet etableret to reaktorsystemer med et aktivt reaktorvolumen på henholdsvis 250 liter og 2,5 m³.

Projektets tekniske målsætninger blev opfyldt i efteråret 2010, hvilket førte til frigivelse af 78,2 millioner til næste fase af projektet kaldet BornBioFuel 2. Dette projekt har til formål at videreudvikle og opskalere teknologierne samt etablere et demonstrationsanlæg med en kapacitet på fem millioner liter ethanol om året.

Anlæg til forbehandling af biomasse bliver nu markedsført under navnet Carbofrac™ og C5 fermenteringen under navnet Pentoferm™. Biogasol lægger således op til, at projektets resultater skal munde ud i en eksport af dansk teknologi inden for 2. generations bioethanol.

Titel: BornBioFuel: Et fuldt integreret 2. generation bioethanol demonstrationsanlæg på Bornholm baseret på MAXIFuels konceptet. Fase 1.

Ansvarlig: BioGasol ApS, Rune Skovgaard,
✉ rsp@biogasol.com, ☎ 4525 9289

Sagsnr.: ENS-33033-0285

Tilskud fra: EFP

Tilskud: 27.500.000 kroner

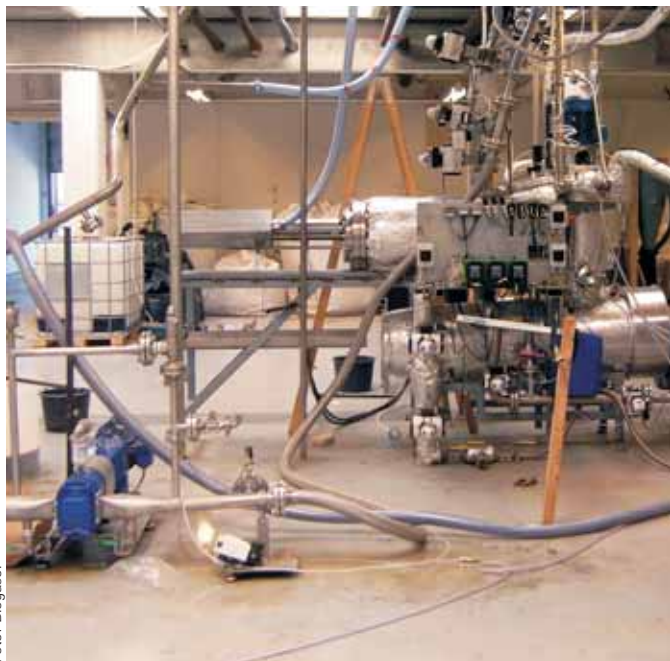


Foto: Biogasol

Pilotanlæg til forbehandling af forskellige typer biomasse som halm, bagasse og hvedeskaller.



Foto: Biogasol

Forbehandlingsanlæg til 500 kg biomasse i timen, der nu markedsføres under navnet Carbofrac™ 50.

Højeffektive affaldsforbrændingsovne

Gennem årtiers forskning og udvikling er det lykkedes at hæve elvirkningsgraden for de biomassefyrede anlæg til over 40 procent. Nu er det affaldsanlæggenes tur, hvor det normalt kun er 20-25 procent af energien, der bliver omsat til el.



Foto: Torben Skott/BioPress

Der er store perspektiver i at forbedre elvirkningsgraden på de affaldsfyrede kraftvarmeværker.

Nærværende projekt er et forstudie, der har haft til formål at undersøge og dokumentere potentialet i at binde flygtige elementer som K, Na, S, og Cl via interaktioner med askedannede elementer som Al, Si, Ca, Mg og Ti direkte i brændselslaget. Det vil give lavere koncentrationer af korrosive komponenter på overhederrørene i kedlen, og derved vil det være muligt at øge temperaturen og hæve elvirkningsgraden.

Baseret på tidligere studier af frigivelse af flygtige elementer fra biomasse og et antal velkarakteriserede affaldsfraktioner er det dokumenteret, at indbinding i brændselslaget absolut er en mulighed.

En anden mulig måde at beskytte overhederne på er den såkaldte slag-tap overheder, hvor man bevidst bygger et tykt lag slagge op på overhederne, så den beskytter mod korrosion. Det har vist sig overordentligt effektivt i halmfyrede kedler, men aske fra affaldsforbrænding indeholder store mængder sulfat og adskiller sig således fra halmaske, hvor silikat er dominerende.

Projektet har vist, at der er store perspektiver i teknologien, men at der er behov for yderligere undersøgelser, før affaldsforbrændingsanlæg kan udstyres med slag-tap overhedere.

Titel:	Forstudie – næste generation af højeffektive affaldsforbrændingsovne
Ansvarlig:	DTU Kemiteknik, Flemming Frandsen, ✉ ff@kt.dtu.dk, ☎ 4525 2883
Sagsnr.:	FORSKEL-10487
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	500.000 kroner

Fugtig luft giver højere virkningsgrad

Fugtig luft kan øge virkningsgraden for biomassefyrede varmeværker, men der sker ikke en reduktion af kvælstofoxider, som visse undersøgelser peger på.

Befugtning af forbrændingsluft kombineret med røggaskondensering er en teknologi, der kan øge virkningsgraden for biomassefyrede varmeværker. Det er blevet eftervist på anlæg i Sverige og Finland, og nogle anlæg oplyser endvidere, at der også sker en reduktion af kvælstofoxider (NO_x), mens andre anlæg oplyser, at der ikke er nogen effekt.

I nærværende projekt har Dall Energy og FORCE technology undersøgt NO_x-emissionen ved befugtning af forbrændingsluft i såvel teori som praksis. De praktiske forsøg er udført på Dall Energys pilotanlæg, der er opført med støtte fra EUDP. Der er kørt forsøg med varierende luftbefugtning, og FORCE Technology har foretaget CFD modelleringer af pilotanlægget.

Resultaterne viser, at NO_x-emissionen i de praktiske forsøg var på omkring 100 ppm, uanset om der blev anvendt luftbefugtning eller ej. CFD modellerne viste heller ikke tegn på, at befugtet forbrændingsluft har en væsentlig betydning for emissionen af NO_x. Det skal hertil siges, at den anvendte model var relativt simpel, og at der er ved at blive udviklet en bedre model.

Titel:	Optimering af biomassefyrede varmeværker ved opfugtning af forbrændingsluft
Ansvarlig:	Dall Energy, Jens Dall Bentzen, ✉ jdb@dallenergy.com, ☎ 2987 2222
Sagsnr.:	ENS-33033-0089
Tilskud fra:	EFP
Tilskud:	400.000 kroner



Foto: Dall Energy

Dall Energys biomasseovn med befugtninganlæg.

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

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

Ansvarshavende redaktør:
Journalist Torben Skøtt

ISSN: 1904-6960

Produktion:

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

Forsidefoto:

Spørring Biogasanlæg
Torben Skøtt/BioPress

Oplag: 4.000 stk.

Tryk:

CS Grafisk. Bladet er trykt på svanemærket offset papir.

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

Næste nummer:

– udkommer medio juni 2011.
Deadline for redaktionelt stof er den 16. maj 2011.

16 millioner til nyt biogas-koncept

Arkivfoto: Torben Skøtt/BioPress



Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram støtter en ny biogasanlæg i Ringkøbing-Skjern med 16 millioner kroner.

Der er tale om et helt nyt koncept for biogas, den såkaldte "Ringkøbing Skjern-model", hvor store gårde producerer biogas lokalt og sender gasen gennem et transmissionsnet til det lokale kraftvarmeværk og andre store gaskunder. EUDP støtter første etape, hvor 35 kilometer rør skal forbinde fem store gårdbiogasanlæg med Skjern Fjernvarmeværk.

EUDP støtter desuden udviklingen af en ny type gårdanlæg, hvor der ikke bliver brugt biogas til opvarmning af reaktortankene. Det skal give en bedre energiøkonomi og sikre en større gasleverance til fjernvarmeværket. Nyt software skal desuden gøre det let at styre anlægget.

De to projekter skal bidrage til at opfylde Ringkøbing-Skjern Kommunes vision om at blive selvforsynende med vedvarende energi i 2020. For at nå det mål skal 80 procent af gyllen fra området anvendes til fremstilling af biogas.

– Med de nye gårdbiogasanlæg maksimeres gasleverancerne til nettet og omkostningerne minimeres. Det er en økonomisk fordel for landmanden. Samtidig bliver næringsstofferne på gården, hvor de kan bruges som gødning i en håndterbar og miljøvenlig form, siger Klaus Høgh, ComBigaS, der leder projektet om gårdanlæggene.

Projektleder Lars Byberg, Bioenergi Vest, forventer at den viden og teknologi, der opbygges i projektet, vil kunne sælges både i Danmark og udlandet. Men også for lokalområdet vil projektet få stor betydning:

– Et transmissionsnet, der binder mange leverandører og aftagere sammen, giver forsyningssikkerhed og gør det nemmere at finde aftagere til gasen og at tilrettelægge produktionen, så den modsvarer variationerne i forbruget. Samtidig undgås tunge landevejstransporter med gylle, siger Lars Byberg, Bioenergi Vest, der er ansvarlig for projektet om det nye gasnet.

Projektet om gårdbiogasanlæg har et samlet budget på 12,6 millioner kroner, mens der er afsat 23,5 millioner til gasnettet. Støtten fra EUDP er på henholdsvis 6,3 og 10 millioner kroner.

TS