



Europas største  
forgasningsanlæg 3

Den tjærefri og den  
ultimate forgasser 4

Dødens gab 5

Stabil drift efter  
ti års indkøring 6

Forgasning af besvær-  
lige biobrændsler 8

Ud med naturgas  
– ind med flisgas 10

Forskning skal blive  
til forretning 13

Fjern stanken – kom  
en alge i tanken 14

Skal vi droppe  
biobrændstofferne? 16

## Fokus på forgasning af biomasse

Forskning i Bioenergi sætter i dette nummer fokus på forgasningsteknologien – et område hvor Danmark har gjort sig internationalt bemærket, men hvor vi fortsat mangler det afgørende gennembrud.

*Af Torben Skøtt*

Det går umådeligt langsomt. Så enkelt kan det siges, hvis man med få ord skal beskrive udviklingen af forgasningsanlæg til biomasse.

Op gennem 90'erne havde mange ellers forhåbninger om, at forgasning af biomasse kunne blive det nye vindmølleeventyr, og i Energistyrelsen havde man på et tidspunkt planer om, at omkring 100 mindre fjernvarmeværker skulle omstilles til biomassefyrede kraftvarmeværker, hovedsagelig baseret på forgasningsteknologien. Forgasningsanlæggene er nemlig langt mere effektive end traditionelle damp turbineanlæg, når det drejer sig om at få omstillet mindre fjernvarmeværker til kraftvarme.

Planerne i Energistyrelsen blev fulgt op af et såkaldt opfølgingsprogram for

biomassebaseret kraftvarme, anlæggene fik særlige el-afregningsregler, der blev oprettet puljer med anlægstilskud, ligesom der blev givet tilskud til en række forsknings- og udviklingsprojekter.

I dag kan det konstateres, at vi er meget langt fra at nå de mål, der blev opstillet i 90'erne. Et enkelt anlæg i Harbøre har været i stabil drift gennem en årrække, to anlæg er under opførelse i henholdsvis Skive og Gjøl, mens et anlæg i Høgild ved Herning blev skrottet i 2003.

I betragtning af, at der formentlig er brugt et sted mellem 300 og 400 millioner kroner til forskning og udvikling er det tankevækkende, at kun et enkelt anlæg har kunnet demonstrere en stabil drift gennem en årrække.

Men hvad er det, der er gået galt? Er det grundlæggende set en håbløs teknologi, er forskerne uduelige, er det virksomhederne, der ikke kan finde ud af det, eller er det politikerne, der ikke forstår at skabe de nødvendige rammebetingelser?

### Markedet mangler

Spørger man de forskellige aktører inden for branchen får man langt fra no-

▶ get entydigt svar, men en ting går igen, uanset hvem man spørger: Teknisk set er vi nået langt. Vi er på mange måder førende i verden, men vi mangler et marked for at kunne få den sidste del af udviklingen med.

– Danske forskere har været i stand til at præsentere nogle af de mest epokegørende resultater inden for forgasningsteknologien, men vi bruger det ikke til noget. Det gør udlandet derimod, fortæller lektor Ulrik Henriksen fra Danmarks Tekniske Universitet, hvor han blandt andet har stået bag udviklingen af Viking-forgasseren.

Hos de virksomheder, som skal videreudvikle og bygge anlæggene er frustrationerne også til at få øje på:

– Jeg er dødtræt af det her område, og jeg har besluttet, at jeg fremover kun vil beskæftige mig med anlæg, hvor jeg kan se et marked mindst ti år frem i tiden, siger Thomas Koch. Som indehaver af virksomheden TK Energi, der blandt andet bygger forgasningsanlæg, har han problemerne tæt inde på livet, og han lægger ikke fingre imellem, når han skal beskrive den danske indsats på området:

– Det er spild af penge at udvikle ny teknologi, hvis der ikke er et marked – det giver ingen mening. Vi får aldrig fundet ud af, hvem der har en teknologi, der kan fungere i praksis, og hvem der blot taler om det.

– Der er alt for meget fup og svindele i den her branche. Alt for mange påstår, at de har et utal af forgassere i drift rundt om i verden, men når man

*Alt for mange påstår, at de har et utal af forgassere i drift rundt om i verden, men når man besøger dem, er der stort set intet, der fungerer, siger Thomas Koch fra TK Energi (til højre). Til venstre på billedet er det ingeniør Lars Sabro.*

## Forskning i Bioenergi

– vil fremover kun udkomme fire gange om året i stedet for som i dag seks gange om året. Til gengæld vil de enkelte numre blive mere omfattende, og der vil udkomme flere temanumre.

Deadline for de kommende numre er den 15. august, 15. november, 15. februar og 15. maj. Bladet er ude hos abonnenterne cirka fire uger efter deadline.

**BioPress**  
☎ 8617 8507  
[www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

besøger dem, er der stort set intet, der fungerer, siger Thomas Koch.

### Vi tror på det

Hos Energistyrelsen er man langt fra villig til at droppe forgasningsteknologien. Ifølge Henrik Flyver Christiansen, der har stået for styrelsens opfølgingsprogram for biomassebaseret kraftvarme har anlæggene nogle klare fordele frem for de traditionelle dampbaserede anlæg:

– De er supereffektive, fleksible og så er de i stand til at udnytte mange forskellige typer biomasse. Som eksempel nævner han, at der i dag udføres lovende forsøg med afgasning af spildevandsslam, ligesom man for længst har demonstreret at trykim-

prægneret træ, hønsemøg og gødningsfibre kan laves om til brændbar gas.

– Men det vigtigste er den fleksibilitet, som værkerne repræsenterer. Det er tvingende nødvendigt, at vi får skabt et mere fleksibelt elsystem for at kunne indpasse stadig større mængder el fra sol, vind og bølgekraft, siger Henrik Flyver Christiansen.

Hos Energinet.dk, der igennem en årrække har bevilget betydelige beløb til udvikling af forgasningsanlæg, er man heller ikke parat til at skrotte teknologien.

– Vi tror på, at forgasningsanlæg kan blive et forretningsområde inden for en overskuelig fremtid, siger programkoordinator Lise Nielson fra Energinet.dk, der igennem årenes løb har bevilget et betydeligt beløb til udvikling af teknologien. Hun begrundet det blandt andet med, at ansøgerne er blevet bedre til at tiltrække private investorer, men erkender samtidig, at det kan være svært at vurdere, hvilke projekter, der har de største perspektiver.

– I dag er der kamp om biomassen, så det er især interessant at få udviklet anlæg, der kan udnytte de mere problematiske former for biomasse, siger Lise Nielson og fortsætter:

– Derudover støtter vi projekter med anlæg, der kan producere en ren gas, som kan bruges i en gasmotor. Det er et område, hvor Danmark er langt fremme, og hvor vi er tæt på at nå målet om fuldt kommercielle anlæg. ■



Foto: Torben Skott/BioPress



## Europas største forgasningsanlæg

**I Skive er man nu gået i gang med de første testkørsler af et stort forgasningsanlæg, der fremover skal forsyne byens borgere med el og fjernvarme. Anlægget, der har kostet 185 millioner kroner, har fået et samlet anlægstilskud på 35 millioner fra Energistyrelsen, EU og USA.**

*Af Torben Skøtt*

Skive har fået et nyt vartegn – et forgasningsanlæg i mega-størrelsen, som på årsbasis skal omdanne 30.000 tons træpiller til brændbar gas. Midt i juni blev der for første gang fyldt brændsel på forgasseren, og går alt efter planen, vil anlægget blive koblet på elnettet inden årets udgang.

Anlægget er et såkaldt fluid bed anlæg, leveret af det finsk/amerikanske firma Carbona, der har en betydelig erfaring med etablering af dens slags anlæg. Der er således tale om kendt teknologi, hvad angår selve forgasningsdelen, men rensning af gassen, så den kan bruges i en motor, er kun afprøvet på et mindre forsøgsanlæg hos den finske forskningsinstitu-

tion VTT. Derfor har man også valgt kun at installere én af de i alt tre motorer, som anlægget på sigt skal understyres med.

– Vi tager én ting af gangen, fortæller Benno Jørgensen, der er direktør for Skive Fjernvarme.

– Første fase bliver indkøring af forgasseren, så vi kan få gang i varmeproduktionen til den kommende fyringssæson. Derefter går vi i gang med at installere gasrensningen og motoranlægget. Det skulle gerne være på plads inden årets udgang, og når det er afprøvet, kan vi få bestilt de sidste to motorer, siger Benno Jørgensen. Han er på den ene side meget fortrøstningsfuld, men erkender samtidig, at man næppe får et tocifret millionbeløb i støtte, hvis der ikke er problemer af nogen art.

En fluid bed forgasser er meget velegnet til store anlæg, men da gassen indeholder en del tjære, kan den ikke umiddelbart anvendes i en motor. Tjæreindholdet er dog normalt på under en procent eller markant mindre end fra en modstrømsforgasser. Da brændslet samtidig er tørt, er der stort set ingen kondens, så man und-

går de problemer med spildevand, der kendetegner en modstrømsforgasser.

I Skive skal gassen renses i en katalysator, hvor tjærestofferne populært sagt omdannes til uskadelige stoffer, som kan tilføres motoren sammen med gassen. Princippet er velkendt, men erfaringerne med anlæg i den størrelse er begrænsede, ligesom det er usikkert, hvor store vedligeholdelsesomkostninger fjernvarmeværket kan forvente.

– Vi ved, at VTT i Finland har testet en mindre udgave af katalysatoren i 3.600 timer uden at kunne konstatere belægninger eller andre former for driftsproblemer, fortæller Benno Jørgensen. Han forventer ikke, at driftsudgifterne bliver større end for et almindeligt posefilter eller hvad man i øvrigt har af udstyr til røgrensning på et moderne fjernvarmeværk.

Anlægget i Skive har kostet 185 millioner kroner. Energistyrelsen har bidraget med 11 millioner kroner, EU har givet 12 millioner, og det amerikanske energiministerium har ligeledes støttet projektet med 12 millioner. Det er første gang, at USA på den måde støtter et energiprojekt i EU. ■

# Den tjærefri forgasser – og den ultimative forgasser

Tjærefri forgasning er en dansk specialitet udviklet på Halmfortet på Danmarks Tekniske Universitet. Her har man også udført en række vellykkede forsøg med afgasning af halm og husdyrgødning, og nu vil forskerne gerne udvikle den ultimative forgasser – et anlæg, der groft sagt kan forgasse hvad som helst og bruges til hvad som helst.

*Af Torben Skøtt*

Det er ikke svært at lave biomasse om til gas, og det er i øvrigt heller ikke nogen ny opfindelse. Kunsten består i at producere en gas, der er så ren, at den kan bruges som motorbrændstof. En motor kan nemlig kobles til en el-generator, og så har man et lille, men meget effektivt, kraftvarmeværk.

– Fidusen ved forgasning er, at man får en høj elvirkningsgrad selv ved meget små anlæg. Det giver bedre mulighed for at udnytte spildvarmen i et fjernvarmenet, ligesom man bedre kan udnytte de lokale biomasseressourcer.

Ordene kommer fra lektor Ulrik Henriksen, der til dagligt har sin gang på det såkaldte Halmfort på Danmarks Tekniske Universitet. Her har han sammen med studerende og andre forskere gjort sig internationalt bemærket inden for udvikling af forgasningsteknologien og i særdeles inden for anlæg, der kan producere en ren, tjærefri gas.

Halmfortet hører under Institut for Mekanik, Energi og Konstruktion, hvor det har sin helt egen status. Her er en blanding af skurvogne, laboratorier, værksteder, kaffemaskiner og diverse Storm-P opfindelser med til at skabe det miljø, der skal til, for at ideerne kan blomstre og ikke mindst skabe resultater i praksis.

Et af de mest kendte anlæg, der er udviklet på Halmfortet, er Viking-

forgasseren. Her fik forskerne for første gang demonstreret, at med den rette teknologi kan våd skovflis omsættes til tjærefri gas i en såkaldt to-trins proces. Selv om der er tale om et mindre forsøgsanlæg med en indfyret effekt på kun 70 kW, er elvirkningsgraden målt til 25 procent, hvilket må betegnes som yderst tilfredsstillende.

– Vikingforgasseren har fortsat verdensrekorden i elvirkningsgrad for anlæg i den størrelsesorden, fortæller Ulrik Henriksen. Han forventer at virkningsgraden kan nå op på over 35 procent, når anlægget bliver opskaleret til en indfyret effekt på omkring 1 MW.

## Forgasning og brændselsceller

– Men man kan formentlig komme helt op på omkring 50 procent i elvirkningsgrad ved at omsætte gassen i brændselsceller, supplerer Jesper Ahrenfeldt, der netop har afsluttet sit Ph.d.-studie på Halmfortet. Brændselscellerne har været længe undervejs, men nu ser det endelig ud til, at en kommerciel anvendelse i større stil er inden for rækkevidde.

– Forskningen inden for brændselsceller har hidtil været koncentreret

om at finde de rigtige materialer, men nu handler det primært om at forbedre holdbarheden og få prisen ned, siger Jesper Ahrenfeldt.

En brændselscelle er en elektrokemisk enhed, der er i stand til at konvertere eksempelvis gas til elektricitet uden en forudgående forbrænding og uden brug af bevægelige dele. Opfindelsen stammer helt tilbage fra 1839, men det var først i forbindelse med NASA's rumforskningsprogram, at cellerne blev anvendt i større stil. Forskerne har store forventninger til, at brændselsceller bliver fremtidens små elværker, fordi der grundlæggende set er tale om et meget enkelt princip, baseret på elektrolyse.

## Den ultimative forgasser

På Halmfortet vil Ulrik Henriksen gerne i gang med at udvikle den ultimative forgasser, som han kalder den.

– I samarbejde med Halmfortet har Peder Stoholm fra Danish Fluid Bed Technology udviklet en forgasser, der groft sagt kan forgasse hvad som helst (se artiklen side 8). Vi har et anlæg, hvor gassen kan bruges til el, varme, flydende brændstoffer eller hvad man nu har brug for. Ideen går ud på at

## Sådan virker Viking-forgasseren

I Viking-forgasseren er processen opdelt i to trin: pyrolyse og koks-forgasning. Den fugtige skovflis føres ind i pyrolysereaktoren, hvor en kraftig opvarmning fordampner vandet og derefter udskiller en koksfraktion og en tjæreholdig gas. Imellem de to reaktorer tilsættes luft, hvorved tjærestofferne bliver nedbrudt. Når produkterne herfra ledes gennem koksreaktoren omsættes koksen til gas. Efterfølgende bliver gassen kølet ned ved hjælp af en varmeveksler og sodpartiklerne bliver opsamlet i et almindeligt posefilter.

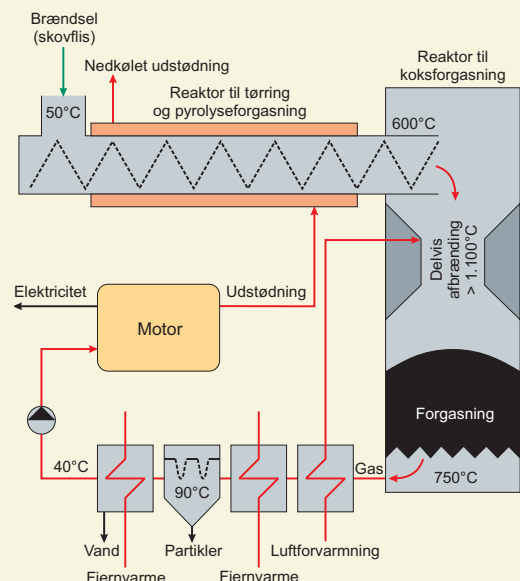




Foto: Torben Skott/BioPress

*Ulrik Henriksen ved Viking-forgasens motoranlæg. Anlægget har verdensrekord i effektiv elproduktion.*

kombinere det bedste fra de to anlæg, så vi får skabt den ultimative forgasser – et anlæg der stort set kan forgasse hvad som helst og bruges til hvad som helst, forklarer Ulrik Henriksen.

Halmfortet søgte, allerede i efteråret 2006 om midler til at udvikle den ultimative forgasser, men fik afslag. Det har ikke just styrket moralen i forskergruppen, der selv anser projektet for at være et af de mest perspektivrige, der er udtænkt på stedet.

– Jeg tror ikke, de bevilgende myndigheder forstår ideen, og de har muligvis ikke tillid til, at vi vil kunne gennemføre projektet med succes. Det er selvfølgelig frustrerende, for vi er nogle af dem, der internationalt set ved mest om forgasning, siger Ulrik Henriksen og fortsætter:

– Der er en tendens til, at man primært bevilger penge til det, politikerne er optaget af her og nu. I øjeblikket er det biobrændstoffer, og derfor får de hovedparten af midlerne.

– Man må bare ikke glemme, at den forskning vi lever af i dag, blev gennemført i Poul Schlütters regeringstid, og den forskning vi laver i dag vil først få betydning den dag, Anders Fogh Rasmussen er gået på pension. Derfor skal man tænke sig godt om, når man afviser forskningsprojekter som kunne bringe Danmark helt i front, siger Ulrik Henriksen. ■

## Dødens gab

**Blandt små og mellemstore teknologivirksomheder har der udviklet sig et nyt begreb kaldet “dødens gab” – en kritisk fase som ikke mindst virksomheder, der arbejder med forgasningsanlæg frygter.**

“Dødens gab” dækker over den proces, som virksomhederne står over for, når de har udviklet en bestemt teknologi og skal have etableret det første demonstrationsanlæg. Mens det måske har været forholdsvist enkelt at få støtte til udvikling af selve teknologien, kan det vise sig at blive overordentlig vanskeligt, at få finansieret det første anlæg, som skal demonstrere teknikken i lidt større skala.

Det mest oplagte er at søge EU om støtte til et demonstrationsanlæg, men her er reglen, at støtten højst kan andrage 50 procent af anlægsudgifterne. Den resterende halvdel skal således finansieres ad anden vej, og det er ikke nogen nem opgave. I Danmark er det næsten umuligt at finde kapital til den del af projektet, da investorerne primært er interesseret i teknologier, som er klar til at komme ud på markedet, og hvor risikoen for tekniske problemer er minimale.

---

**” Der er uhyggelig lang vej fra at få et pilotanlæg til at fungere og kunne aflevere et fuldt kommercielt anlæg til en bygherre.**

---

En af de virksomheder, der nærmer sig den kritiske fase er BioSynenergi Proces, der har haft succes med at udvikle et forgasningsanlæg, som producerer en ren gas, der kan bruges i et motoranlæg. Et mindre forsøgsanlæg har rundet de første 1.200 driftstimer, og næste fase er etablering af et anlæg med en effekt på 300 kW eller cirka fire gange så meget, som det nuværende anlæg kan præstere.

– Det kræver rigtig mange penge at komme fra det niveau, vi arbejder med nu til at bygge fuldt kommercielle anlæg, siger Henrik Houmann Ja-

kobsen, der er direktør for BioSynenergi Proces.

– Vi har en filosofi om, at man ikke skal forcere udviklingen ved at springe et par led over for hurtigt at komme ud på markedet. Opskalering tager tid og er kostbar, fordi komponenterne løbende skal videreudvikles og rettes til.

BioSynenergi Proces har i de senere år oplevet en betydelig interesse fra udlandet, men uden et hjemmemarked har eksporten lange udsigter.

– Vi kan ikke eksportere anlæg, før vi har etableret de første 5-10 anlæg i Danmark, siger Henrik Houmann Jakobsen. Han ærgrer sig over, at politikerne ikke får skabt de nødvendige rammebetingelser og henviser til, at danske vindmøllefabrikanter aldrig var kommet til at dominere verdensmarkedet, hvis ikke de havde haft et solidt hjemmemarked i starten.

### Halvdelen i reserve

– Der er uhyggelig lang vej fra at få et pilotanlæg til at fungere og kunne aflevere et fuldt kommercielt anlæg til en bygherre, fortæller Ole Kristensen. Han er i dag ansat som teknisk chef hos Kommunekemi, men var udviklingschef hos Vølund i de år virksomheden stod bag opførelsen og indkøringen af et forgasningsanlæg til Harboøre Varmeværk.

– Kunden tager jo telefonen og ringer til leverandøren, hver gang der er et problem. Det koster rigtig mange penge, og derfor skal man have mindst halvdelen af udviklingsmidlerne tilbage i reserve, når man starter anlægget op første gang, siger Ole Kristensen.

Vølund er i dag en del af Babcock & Wilcox Vølund koncernen med en årlig omsætning på over 700 millioner kroner, så her vil uforudsete udviklingsomkostninger til et forgasningsanlæg næppe kunne ryste koncernen.

Men den slags virksomheder er der ikke mange af i Danmark, og slet ikke når det drejer sig om udvikling af ny teknologi inden for energiområdet. Her er det især små og mellemstore virksomheder, der præger området, og de mangler ofte den kapital der skal til for at følge projekterne til dørs. ■



Foto: Torben Skøtt/BioPress

## Stabil drift efter ti års indkøring

Det tog fire år at få forgasseren til at fungere optimalt, tre år at få anlægget til at producere el, og yderligere tre år inden problemerne med spildevandet var løst. Men nu fungerer det som det skal, og i dag er forgasningsanlægget i Harboøre det anlæg i verden, der har flest driftstimer bag sig.

*Af Torben Skøtt*

– Det er i høj grad Vølunds fortjeneste, at vi til sidst fik brikkerne til at falde på plads, siger Jørgen Snebjerg, der er driftsleder på Harboøre Varmeværk. Sammen med makkeren Kim Jensen har han været med til at skille anlægget ad gang på gang, og de to driftsfolk ved om nogen, at ét er teori – noget andet er praksis.

Historien om forgasningsanlægget i Harboøre går helt tilbage til 1993, hvor varmemærket indgik en kontrakt med Vølund om levering af et forgasningsanlæg til skovflis. Kontrakten indebar, at Vølund skulle eje og drive anlægget, indtil teknikken fungerede optimalt, og at varmeprisen ikke måtte overstige produktionsomkostningerne på et velfungerende kedelanlæg.

Den første kontrakt var tre-årig, for ingen havde på det tidspunkt fan-

tasi til at forestille sig, at det kunne tage mere end tre år at få løst børnesygdommene og få optimeret driften.

– Virkeligheden viste sig, at blive noget anderledes. Der var problemer med indfødningsystemet og anlægget stoppede ustandselig til på grund af det høje tjæreindhold i gassen, fortæller Jørgen Snebjerg. Han husker tydeligt de år, og lægger ikke skjul på, at Vølund ved flere lejligheder var tæt på at smide håndklædet i ringen,

skrotte forgasseren og installere et traditionelt kedelanlæg i stedet.

Men sådan kom det ikke til at gå – heldigvis. For med 100.000 driftstimer, er anlægget i Harboøre det forgasningsanlæg i verden, der i dag har flest driftstimer bag sig. Det er noget, der bliver lagt mærke til rundt om i verden, og Vølund har da også efterfølgende været i stand til at indgå licensaftaler med virksomheder i blandt andet Japan og Tyskland.

Efter tre problematiske år blev store dele af anlægget bygget om i 1996, og fra da af begyndte det at gå fremad. Efter endnu en indkøringsperiode kunne man konstatere, at forgasseren nu var mindst lige så driftssikker som en almindelig ristefyret kedel, og selv om det endelige mål var at producere både el og varme, havde anlægget bevist sin berettigelse, også til ren varmeproduktion.

Til forskel fra en kedel er der nemlig tale om et yderst fleksibelt anlæg. Det kan lynhurtigt lukkes ned og startes op igen, effekten kan reguleres fra 10 til 100 procent, og andelen af uforbrændte dele i røggassen er langt mindre end for et ristefyret anlæg.

### Gasrensning

Efter at forgasseren havde bevist sit værd gik Vølund, med støtte fra Energestyrelsen, i gang med det næste sto-



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Jørgen Snebjerg (til venstre) og Kim Jensen med forgasseren i baggrunden. Øverst til venstre ses rørføringen til indfødnings af flis.*

re projekt: At få udviklet et system til gasrensning, så man i stedet for ren varmeproduktion kunne begynde at producere både el og varme i et motor-generatoranlæg.

Jørgen og Kim kan mange historier fra den periode. Som dengang et norsk firma skulle installere et såkaldt RO-anlæg til rensning af spildevand, men efter få timers drift måtte erkende, at alle membraner i anlægget var ødelagt.

– De tog det nu meget pænt, selvom det kostede dem omkring tre millioner kroner, siger Kim. Han kender ikke det nøjagtige tal for, hvor mange penge der er blevet brugt på anlægget i årenes løb, men anslår, at det formentlig ligger et sted mellem 150 og 200 millioner kroner.

– Alene katalysatoren, som var det første forsøg på at rense gassen, kostede omkring 10 millioner kroner, og jeg vil tro, at Energistyrelsen i alt har bevilget 70 – 80 millioner til udvikling af anlægget, forklarer Kim.

Efter talrige ombygninger og forsøg med forskellige teknikker, lykkedes det omsider i 2003 at få etableret et komplet anlæg, som siden da, har kørt helt stabilt.

En af de store udfordringer har været genanvendelse af de store mængder spildevand og tjære, som fremkommer, når gassen renses. Brændslet indeholder op til 50 procent vand, der genfindes som vanddamp i gassen, og



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Driftsleder Jørgen Snebjerg demonstrerer, hvor lidt aske, der kommer ud af forgasseren. Ved normalt drift ligger askeprocenten på cirka 0,6 procent.*

## Informationsmøde om energiforskningsprogrammerne

**Onsdag den 15. august 2007 klokken 9.30 – 16.00**  
**Trinity Hotel og Conferencecenter**  
**Gl. Færgevej 30, Snoghøj, Fredericia**

Arrangør: EUDP ved Energistyrelsen  
 ELFORSK ved Dansk Energi - Net  
 EnMi ved Det Strategiske Forskningsråd  
 ForskEL ved Energinet.dk

Tilmelding: Karen Marie Dinesen • kmd@energinet.dk • 7622 4509  
 senest den 1. august 2007

Program: www.ens.dk • elforsk.dk • www.fist.dk • www.energinet.dk

derudover er der et betydeligt indhold af tjære, som skal frasepareres for ikke at beskadige motoren. Det har ført til en proces, hvor man ved hjælp af to gaskølere og et elektrofilter fraseparerer det tjæreholdige vand. Herefter fordampes vandet ved hjælp af varme fra gasmotorens udstødning, og tjæren kan nu bruges til spids- og reservelast i oliekedlen. Alternativt kunne trættjæren sælges som træbeskyttelsesmiddel, hvilket den har vist sig at være fortrinlig til. På årsbasis bliver der produceret omkring 350 tons tjære, så det er en ganske betydelig mængde energi, der her er tale om.

Efter at vandet er fordampet bliver det varmet op til omkring 600 grader, hvorefter vanddampene bliver brændt af i en reaktor. Det lyder umiddelbart som en meget energikrævende proces, men da der efter reaktoren er monteret en kondensator, som genvinder energiindholdet i dampen, bliver der stort set ikke brugt energi til processen.

### Fortsat Vølunds anlæg

For en udenforstående kan opbygningen af Harboøre-anlægget virke overordentlig kompliceret, men for Jørgen og Kim er det hele meget enkelt.

– Princippet i for eksempel gasrensningen er ikke så kompliceret endda. Det handler i bund og grund om fordampning, afbrænding og kondensering, og der er ingen bevægelige dele, der kræver vedligeholdelse, forklarer Kim. Han medgiver dog, at det kan se lidt uoverskueligt ud, men forklarer det med, at der er tale om et demonstrationsanlæg, som er blevet udviklet hen ad vejen.

– Vi ved at det anlæg, der er bygget i Japan på licens, er udstyret med en lidt anden form for vandrensning, fortæller Jørgen. Han vurderer, at det er et af de områder, hvor der er brug for yderligere forskning, og har selv flere ideer til, hvordan systemet kan forenkles.

Anlægget i Harboøre er aldrig blevet afleveret til fjernvarmeselskabet, så det er fortsat Vølund, der står for driften. Teknisk set fungerer det ganske vist som det skal, men økonomien kan endnu ikke måle sig med et traditionelt flisfyret kedelanlæg.

– Men vi er tæt på, og kunne vi bare få en lidt højere elpris, ville økonomien hænge sammen, forklarer Jørgen og tilføjer, at med de elpriser, man har i for eksempel Tyskland og Italien, ville det være en rigtig god forretning. ■



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Anlægget til rensning af spildevand. For en udenforstående ser det kompliceret ud, men for makkerparret Jørgen og Kim er det hele meget enkelt.*

I dag er det ikke blot muligt at omdanne skovflis og tørt træ til gas. Selv de mere genstridige former for biomasse som halm og husdyrgødning kan forgasses. Det viser erfaringerne fra en række forsøg udført på Danmarks Tekniske Universitet. Teknologien rummer store perspektiver, men de danske afgiftsregler og krav om at affaldsanlæg skal hvile i sig selv gør det overordentlig vanskeligt at få etableret de første fuldskalaanlæg.



Foto: Jørgen Schytte

## Forgasning af besværlige biobrændsler

Af Peder Stoholm

Inden for kraftværksbranchen er det velkendt, at den såkaldte cirkulerende fluid bed (CFB) forgasser kan benyttes som et forfyr til kraftværkskedler. På den måde kan asken holdes ude af fyrrummet, og det giver mulighed for at udnytte en lang række forskellige biobrændsler, uden at der opstår kraftige og korrosive belægninger i kedlen. Systemet kan for eksempel benyttes til samfyring af biomasse og affald i eksisterende kulkedler, da de forskellige typer aske holdes adskilt og dermed kan genbruges hver for sig.

Traditionelle CFB forgassere forudsætter dog typisk temperaturer på 850 – 900 °C, og derved er der stor risiko for, at asken smelter, når der anvendes biomasse fra landbruget, ligesom høje koncentrationer af fordampede askekomponenter kan give problemer, når gassen afkøles og renses.

Hos Danish Fluid Bed Technology ApS har vi i en årrække arbejdet på at udvikle en mere brændselsfleksibel variant af CFB-forgasseren. Konceptet blev første gang testet i form af et lille 50 kW anlæg på Danmarks Tekniske Universitet i år 2000, og tre år senere blev der etableret et 500 kW anlæg, der kan forgasse op til fire tons brændsel i døgnet. Senest er der designet et demonstrationsanlæg på 6

MW og gennemført økonomiberegninger for anlæg op til 12 MW.

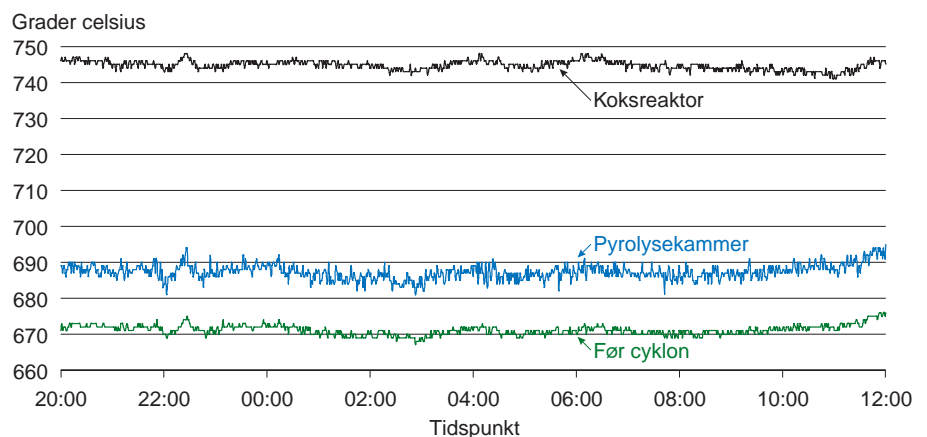
Desværre har vi endnu ikke kunnet etablere et demonstrationsanlæg, men vi holder gryden i kog gennem fortsat optimering og afprøvning samt gennemførelse af en række aktiviteter, der forhåbentlig kan føre til opførelse af et anlæg på 5 – 15 MW. Arbejdet støttes af Energinet.dk med fire millioner kroner i perioden 2007 – 2008.

### Konceptet

Den nye forgasser, har fået det ”meget” mundrette navn LT-CFB. Det står for **Lav Temperatur Cirkulerende Fluid Bed**. Ligesom i en traditionel CFB-forgasser føres biomassen ind i

et reaktionskammer, hvor det hurtigt varmes op ved hjælp af sand- og askepartikler, der cirkulerer rundt i anlægget. I LT-CFB forgasseren har vi dog gjort det primære reaktionskammer mindre og sænket temperaturen, idet hensigten er at opnå en hurtig pyrolyse og ikke den mere tidskrævende forgasning af koks. Da der ikke er ilt til stede, bryder biomassen ikke i brand, men omdannes til cirka 80 procent pyrolysegas og 20 procent koks. Kokspartiklerne bliver forgasset ved tilførsel af luft og eventuel vanddamp i en særskilt koksreaktor.

I koksreaktoren er hastigheden meget lavere end i en almindelig CFB-forgasser og blandt andet derfor opnår



Figur 1. Temperaturer målt under det seneste flere døgn lange 500 kW forsøg med gødningsfibre fra biogasfællsanlægget ved Fangel. Over en afsluttende periode på 16 timer varierer koksreaktorens temperatur kun  $\pm 3$  °C.



kokspartiklerne en længere opholdstid. Det er hovedårsagen til, at koksen kan omsættes ved en lavere temperatur. Derved bliver det muligt at udnytte de mere problematiske former for biomasse, som ofte har et højt indhold af saltet KCl, der i sin rene form smelter ved 773 °C.

En yderligere fordel opnås ved at lede koksgassen ind gennem den øverste del af det koldere pyrolyse-kammer. Derved afkøles gassen så meget, at blandt andet KCl stort set kun findes på fast form og efterfølgende kan separeres fra i en cyklon eller fjernes via bundasken.

Forsøgene med forgasseren har blandt andet vist en nærmest ekstrem grad af driftsstabilitet og derved undgår man de problemer, som kan opstå, hvis temperaturen pludselig stiger og asken begynder at smelte (se figur 1).

### Gødning som brændsel

Den store fordel ved LT-CFB forgasseren er, at den tilsyneladende er i stand til at forgasse stort set alle former for biomasse. Den er endnu ikke kommet til kort over for nogen af de brændsler, der er blevet testet, hvilket blandt andet omfatter træpiller, to vanskelige halmtyper, hønsegødning og fire forskellige typer gødningsfibre fra landbrug og biogasanlæg.

Fibre fra husdyrgødning er blot én af mange mulige brændselstyper, men her er perspektiverne særligt store. Energiproduktionspotentialet er på niveau med halm, og mange landmænd og biogasanlæg er interesseret i at afhænde fibrene gratis for at få løst problemerne med overskydende fosfor. Derved kan selv mindre LT-CFB-anlæg blive rentable. De seneste beregninger viser, at et 12 MW anlæg vil kunne producere el til cirka 35 øre/kWh inklusive udgifter til afhentning og tørring af fibrene. Forudsætningen er blandt andet, at der ikke skal betales affaldsafgift, og at der kan opnås en betaling på 100 kroner for hvert ton CO<sub>2</sub>, anlægget fortrænger.

Der er også gode muligheder for at udnytte næringsstofferne i asken. Nyttiggørelse til produktion af kunstgødning er oplagt, men meget tyder på, at asken også kan spredes direkte på landbrugsjord uden at grænseværdierne for PAH og tungmetaller overskrides.

### Demonstration og eksport

Økonomien i et forgasningsanlæg opført i tilknytning til et kraftværk vil formentlig være omtrent den samme som for et gødningsfyret anlæg, hvis der i stedet benyttes restprodukter fra fødevarerindustrien, organiske fraktioner af husholdningsaffald eller spildevandsslam.

Anlæg til træ, halm, energiafgrøder og tilsvarende dyre biobrændsler er derimod kun interessante for elværkerne for anlæg på over 50 MW. En så kraftig opskalering af 500 kW anlægget er imidlertid risikabel, så i første omgang er det primært mindre anlæg til billige brændsler, der er interessante.

I udlandet findes der også mange andre lavværdige og fyringsteknisk vanskelige brændsler som for eksempel rishalm og -skaller samt bomuldsaffald. I dag udnyttes kun en ubetydelig del af disse brændsler, og der er således et stort potentiale for at eksportere LT-CFB teknologien til områder med store biomasseressourcer.

### Danske barrierer

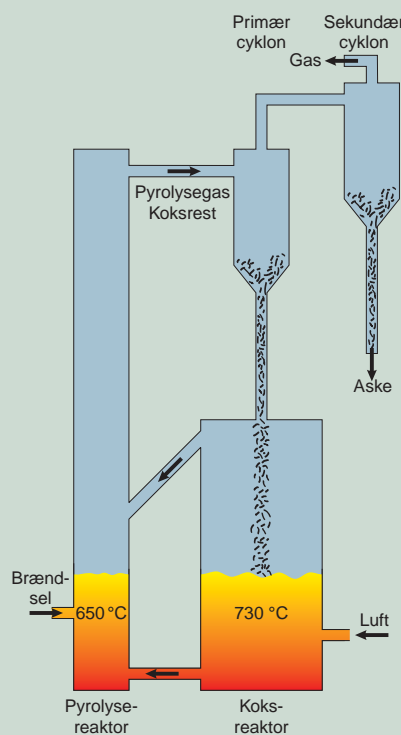
På grundlag af de overbevisende forsøgsresultater og de nævnte perspek-

tiver har et kraftværksplaceret demonstrationsanlæg til samfyring med gødningsfibre længe været et primært mål. Husdyrgødning er imidlertid ikke omfattet af biomassebekendtgørelsen, og derfor skal der som hovedregel betales affaldsafgift. Regeringen har dog fjernet afgiften for fibre fra biogasanlæg, men mængderne herfra er foreløbigt for små. For eksempel vil et 12 MW anlæg skulle tilføres tørstof fra omkring halvdelen af de cirka 150.000 ton fibre, som årligt kan separeres på de danske biogasanlæg.

Situationen er fastlåst, for så længe det er et problem at afsætte de meget fosforholdige fibre, bliver der næppe bygget flere biogasanlæg, og uden tilstrækkelige mængder fibre bliver det svært at etablere forgasningsanlæg. For at løse denne gordiske knude bør der også gives afgiftsfritagelse til rå gødning – i det mindste i en passende årrække.

Husdyrgødningens formelle status som affald betyder endvidere, at kraftværket vil blive pålagt den såkaldte "hvile-i-sig-selv" økonomi. Anlægget må altså ikke give overskud, og er således uinteressant for en kommerciel ejer.

## Sådan fungerer forgasseren



Findelt brændsel tilføres i bunden af pyrolyse-kammeret, hvor det opvarmes til cirka 650°C. Da der ikke er ilt til stede, bryder halmen ikke i brand, men omdannes i stedet til 80 procent pyrolysegas og 20 procent koks. En strøm af cirkulerende sandpartikler river kokspartiklerne med sig, hvorefter de udskilles af en primærcyklon og recirkuleres til bunden af pyrolyse-kammeret via en reaktor, der omdanner koksen til gas.

Ved forgasning af koksdelene i et separat kammer er det muligt at holde procestemperaturerne lave, så asken ikke smelter. Derved kan asken, inklusive alkaliske og fosfor, skilles fra, så man får en gas, der ikke forårsager belægninger og korrosion. Den næringsrige asken kan efterfølgende genbruges som gødning og formentlig også til produktion af handelsgødning.

De nævnte barrierer synes paradoksale set i lyset af politikernes voksende enighed om behovet for:

- substituering af fossile brændsler med CO<sub>2</sub> neutrale brændsler,
- et konkurrencedygtigt og bæredygtigt landbrugserhverv,
- øget indsats i forhold til de voksende vandmiljøproblemer,
- flere biogasanlæg,
- øget eksport af dansk energi- og miljøteknologi.

I en fremtid med mindre elproduktion baseret på fossile brændsler og en større andel fra sol og vind er der behov for et fleksibelt elsystem. Her vil LT-CFB forgasseren være et oplagt valg, da den hurtigt kan stoppes og genstartes, ligesom belastningen kan ændres løbende.

Forgasseren er velisoleret, så temperaturniveauet i anlægget vil ikke falde nævneværdigt i løbet af en nat – især ikke hvis der er tale om store anlæg. Derfor kan opstart til for eksempel 100 procent last opnås på få sekunder ved at tilsætte luft og dernæst brændsel. Hvis muligheden for varm genstart ønskes opretholdt i ugevis, kræver det formentlig kun 1 – 2 timers daglig drift i tidsrum, hvor effekten kan nyttiggøres.

### Andre anvendelser

LT-CFB forgasseren producerer en varm tjæreholdig gas, som også kan anvendes til for eksempel Stirlingmotorer, medens anvendelser til gasmotorer, gasturbiner, brændselsceller og kold rørføring kræver yderlige gasrensning. Forgasseren vil formentlig også kunne benyttes til produktion af bioolie og syntesegas, men indtil videre fokuserer vi på effektiv og regulerbar produktion af el og varme.

Udviklingsindsatsen er gennemført i samarbejde med primært Biomasseforgasningsgruppen på Danmarks Tekniske Universitet, FORCE Technology, Anhydro A/S og DONG Energy. Arbejdet er siden år 2000 blevet støttet af Energiforskningsprogrammet og PSO-programmet, der administreres af Energinet.dk.

*Peder Stoholm er direktør for Danish Fluid Bed Technology, e-mail: dfbt@catscience.dk*

## Ud med naturgas – ind med flisgas

Inden længe kan det lokale kraftvarmeværk i landsbyen Gjør vest for Aalborg begynde at producere el og varme på basis af forgasningsgas. Anlægget er det første kommercielle anlæg i Danmark, der kan levere en tjærefri gas, som kan bruges på et eksisterende naturgasfyret værk.

*Af Torben Skøtt*

– Grundlæggende set er det et godt anlæg. Det er jeg ikke i tvivl om, men jeg er bange for, at vi får problemer, hvis der bliver for mange “børnesygdomme”, og indkøringen af anlægget trækker ud.

Ordene kommer fra Calle Østergaard, administrerende direktør for Troll Company og medlem af bestyrelsen for Gjør Private Kraftvarmeværk i Nordjylland, hvor teknikerne i disse dage er ved at lægge sidste hånd på et forgasningsanlæg til skovflis. Oprindeligt skulle anlægget have stået færdigt i efteråret 2005, men nu satser man på, at det bliver klar til den kommende fyringssæson.

Anlægget er leveret af TK Energi, og hverken leverandøren, bygherren eller de rådgivere, der har været involveret i projektet lægger skjul på, at det har været rigtig mange sten på ve-

jen siden de første aftaler blev underskrevet for snart fem år siden.

Det er dels et EU-projekt, dels et projekt støttet af Energistyrelsen og dels et kommercielt projekt. Det består af en lang række forskellige delkontrakter, hvor det kan være svært at bevare overblikket. At samarbejdet mellem bygherren og den oprindelige rådgiver på projektet samtidig endte med en voldgiftssag har bestemt ikke gjort forløbet lettere.

### Hvem har ansvaret

Bestyrelsen for kraftvarmeværket i Gjør har for nylig været på studietur til forgasningsanlægget i Harboøre, og Calle Østergaard lægger ikke skjul på, at han godt kan blive lidt misundelig på den aftale folkene i Harboøre har med leverandøren af anlægget. Her er det klart defineret, at leverandøren har det fulde ansvar, og anlægget først skal overdrages til fjernvarmeværket den dag, varmeprisen er på niveau med prisen fra et flisfyret kedelanlæg.

– Da vi i sin tid gik ind i projektet troede vi oprigtig på, at der var tale om et færdigudviklet anlæg, hvor vi blot skulle trykke på startknappen. I dag er vi godt klar over, at helt så enkelt bliver det nok ikke, siger Calle Østergaard.

Og på det punkt giver direktøren for TK Energi, Thomas Koch, ham ret:

– Når man får over syv millioner kroner i støtte til et anlæg, så er det



*Driftsleder Torben Brand Andersen ved kranen, der forsyner såvel forgasser som kedel med skovflis.*

naturligvis fordi, der ikke er tale om et fuldt kommercielt anlæg. Vi har testet teknologien på vores eget forsøgsanlæg og et mindre anlæg, som vi har leveret til Hitachi i Japan, men det er første gang vi bygger anlæg i den størrelsesorden. Det giver naturligvis nogle indkøringsproblemer, og det burde rådgiverne have forklaret bestyrelsen i Gjøel.

### Tjærefri forgasning

Gjøel har i dag et naturgasfyret kraftvarmeværk, der leverer el til det offentlige net og forsyner 325 husstande i byen med fjernvarme. Oprindeligt var det planen, at man ville opføre et stort biogasanlæg for på den måde at få billigere og mere miljøvenlig fjernvarme, men ingen ville være nabo til et anlæg, hvor råvarerne i høj grad skulle bestå af gødning fra de mange minkfarme i området.

I stedet faldt valget på et forgasningsanlæg til skovflis, men til forskel fra anlægget i Harboøre er der tale om et anlæg, hvor tjærekomponenterne bliver omsat i selve forgasseren. Derved kan man undgå at etablere et særskilt anlæg til gasrensning, og det har stor betydning for såvel anlægsomkostningerne som udgifterne til drift og vedligeholdelse.

– Tjærefri forgasning er mulig, når man opdeler processen i flere trin, forklarer Mads Nielsen fra TK Energi.

– I første trin opvarmes brændslet til 500 – 600 grader ved tilsætning af luft. Her foregår den såkaldte pyrolyse, hvor træflisen omdannes til koks og tjæreholdig gas. I næste trin tilsættes yderligere luft, hvorved temperaturen stiger til 1.200 – 1.300 grader.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Den tjærefri flisforgasser, der er "hjerteret" i det nye anlæg. Til venstre er det Mads Nielsen fra TK Energi og til højre driftsleder Torben Brand Andersen.*

Herefter passerer den varme gas en koksbed, hvor gassen afkøles til cirka 750 grader samtidig med at kokspartiklerne omsættes. Derved undgår man at installere kostbart udstyr til gasrensning, men kan nøjes med en gaskøler og et posefilter til at fjerne de resterende sodpartikler, forklarer Mads Nielsen.

Tjærefri forgasning er en dansk specialitet, udviklet på Danmarks Tekniske Universitet. TK Energi har videreudviklet processen, ligesom både Weiss og BioSynergi Proces i dag

arbejder med hver deres udgaver af tjærefri forgasningsanlæg.

### Flisgas og flisvarme

Forgasseren fra TK Energi er placeret i en helt ny bygning få hundrede meter fra det eksisterende naturgasfyrede anlæg. En placering i umiddelbar tilknytning til den eksisterende bygning havde været mere optimalt, men det ville kommunen ikke give tilladelse til. Ud over forgasser og flislager rummer den nye bygning også et traditionelt kedelanlæg til reserve- og spidslast.

På kraftvarmeværket går teknikerne snart i gang med at ombygge den ene af de to naturgasmotorer, så den fremover kan køre på forgasningsgas. Viser det sig senere hen, at der er gas til mere end en motor, vil begge motorer blive omstillet til forgasningsgas.

– Vores håb er, at anlægget kan levere tilstrækkelig med gas, så vi helt kan undgå naturgassen. Det vil være en klar fordel, hvis vi fremover kun skal bruge flis, siger Arne Nielsen, der er formand for Gjøel kraftvarmeværk.

Forgasningsanlægget inklusive bygninger, fliskedel og lager har, ifølge Arne Nielsen, kostet 13 – 14 millioner kroner. EU bidrager med 3,2 millioner kroner, Energistyrelsen har ydet et tilskud på 4,2 millioner og Energinet.dk 1,9 millioner kroner. Ifølge Thomas Koch løber det samlede projekt dog op i cirka 30 millioner, når man medregner de udgifter, der er gået til udvikling af anlægget.

Går alt efter planen vil de første testkørsler med forgasningsgas blive foretaget i løbet af juli eller august måned. ■



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Det eksisterende naturgasfyrede kraftvarmeværk, hvor den ene af de to motorer nu bliver bygget om til forgasningsgas.*



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Den nye anlæg, få hundrede meter fra det eksisterende kraftvarmeværk, indeholder forgasser, fliskedel og flislager.*

## Nyttige adresser

### Produktion og salg

**Babcock & Wilcox Vølund** udvikler og sælger forgasningsanlæg på licens. Har blandt andet opført anlægget i Harboøre (se artiklen på side 6) og sælger i dag anlæg på licens.

[www.volund.dk](http://www.volund.dk) • ☎ 7614 3400.

**BioSynergi Proces ApS** udvikler og markedsfører den såkaldte Open Core forgasser, der producerer en tjærefri gas på basis af skovflis. Virksomheden har et demonstrationsanlæg i Græsted i Nordsjælland.

[www.biosynergi.dk](http://www.biosynergi.dk) • ☎ 4586 1430.

**Stirling Danmark** udvikler og markedsfører en mindre modstrømsforgasser i forbindelse med virksomhedens salg af stirling motorer, der er det primære forretningsområde. Fir-

maet har et mindre demonstrationsanlæg i Ansager i Sønderjylland.

[www.stirling.dk](http://www.stirling.dk) • ☎ 4525 9370.

**TK Energi AS** udvikler og markedsfører forskellige typer forgasningsanlæg, herunder en to-trins forgasser, der producerer en tjærefri gas. Virksomheden har blandt andet solgt et anlæg til Japan og er ved at lægge sidste hånd på et anlæg til landsbyen Gjøel i Nordjylland (se artiklen på side 10).

[www.tke.dk](http://www.tke.dk) • ☎ 4618 9000.

**Weiss A/S** er i færd med at opskalere Viking-forgasseren, der er udviklet på Danmarks Tekniske Universitet. Det første anlæg, der bliver ti gange større end Viking-forgasseren, vil blive testet i løbet af efteråret 2007.

[www.weiss-as.dk](http://www.weiss-as.dk) • ☎ 9652 0445.

### Forskning og rådgivning

**COWI A/S** har gennemført en række projekter om forgasning og samarbejder blandt andet med Danmark Tekniske Universitet og Weiss A/S.

[www.cowi.dk](http://www.cowi.dk) • ☎ 4597 2211.

**Danmarks Tekniske Universitet** har gennemført talrige projekter inden for forgasning og har blandt andet udviklet Viking-forgasseren (se artiklen på side 4).

[www.et.mek.dtu.dk](http://www.et.mek.dtu.dk) • ☎ 4525 4122.

**Force Technology** har gennemført en række projekter om forgasning og samarbejder med blandt andet TK Energi A/S. Firmaet er for tiden rådgiver for Gjøel Private Kraftvarmeværk (se artiklen på side 10).

[www.forcetechnology.com](http://www.forcetechnology.com)  
☎ 4326 7000.

### Anlæg

**Gjøel Private Kraftvarmeværk** indvier om få måneder et nyt forgasningsanlæg, leveret af TK Energi (se artiklen på side 10). Driften af anlægget bliver indtil videre varetaget af Nyfors, der har hovedkontor i Brønderslev.

[www.nyfors.dk](http://www.nyfors.dk) • ☎ 9882 1311.

**Harboøre Fjernvarme** har siden 1993 haft et forgasningsanlæg til skovflis. Anlægget der består af en modstrømsforgasser med tilhørende gasrensning, har over 100.000 driftstimer (se artiklen på side 6).

☎ 9783 5200.

**Skive Fjernvarme** indvier om få måneder Europas største forgasning, leveret af det finsk/amerikanske firma Carbona Oy. Der er tale om en såkaldt fluid bed forgasser til træpiller, der producerer en tjæreholdig gas, som efterfølgende renses i et katalysatoranlæg. Anlægget forventes at blive koblet på elnettet inden udgangen af 2007.

[www.skivefjernvarme.dk](http://www.skivefjernvarme.dk) • ☎ 9752 0966.

## Græsted-anlægget i stabil drift

**Forgasningsanlægget hos Græsted Fjernvarme i Nordsjælland er nu i stabil drift med 1.400 driftstimer bag sig.**

– De har lige ringet fra anlægget og sagt, at jeg godt kan købe den næste kage, siger Henrik Houmann Jakobsen, der er direktør for BioSynergi Proces, som udvikler forgasningsanlæg. Firmaets forsøgsanlæg i Græsted i Nordsjælland havde netop rundet 1.400 driftstimer, da vi ringede til direktøren, og den slags begivenheder skal traditionen tro fejres med kaffe og kage.

Anlægget i Græsted er placeret hos det lokale fjernvarmeværk, som aftager varmen, mens strømmen sendes ud på det offentlige elnet. Der er tale om en såkaldt Open Core forgasser, hvor brændselspåfyldningen i toppen kan være åben under drift. Brændslet er skovflis, som ved hjælp af udstødningsvarmen fra motoren bliver tørret til et vandindhold på omkring 20 procent. Derved kan man undgå en dyr og kompliceret gasrensning.

BioSynergi Proces har for nylig fået tre millioner kroner af Energinet.dk



*Et kik ned i forgasseren i Græsted.*

til et projekt, som dels handler om at forbedre og forenkle det eksisterende forsøgsanlæg, dels skal være med til at danne grundlag for opførelsen af det første kommercielle anlæg.

– En del af bevillingen er øremærket til en økonomisk rådgiver, som skal hjælpe os med at finde investorer til et nyt og større anlæg. Tanken er, at investorerne skal eje og drive anlægget og afsætte varmen til et fjernvarmeværk, siger Henrik Houmann Jakobsen. Han regner med, at det nye anlæg får en el-effekt på 300 kW eller cirka fire gange som meget som anlægget i Græsted. TS

# Forskning skal blive til forretning

Fremover vil en del af ansøgerne til PSO-ordningen få mulighed for at indsende forretningsplaner for deres projekter. Målet er, at færre projekter kommer til at samle støv på hylderne, men i stedet tager skridtet fuldt ud og bliver til forretning.

Af *Torben Skøtt*

Hvert år yder Energinet.dk tilskud på 130 millioner kroner til forskning og udvikling inden for miljøvenlig elproduktion. For at forøge det kommercielle udbytte af disse PSO-midler, forstærker Energinet.dk i den kommende ansøgningsrunde indsatsen for at nå markedet for de projekter, der har potentiale til det.

– Vi giver ansøgerne mulighed for at redegøre for, hvordan de vil nå de potentialer, de ser for deres projekt. Derefter vil vi støtte op med mulighed for at yde PSO-støtte til at lave detaljerede forretningsplaner som en del af projektet, siger programkoordinator Lise Nielson fra Energinet.dk.

Ved at supplere ansøgningernes tekniske indhold med forretningsplaner og kommercielle målsætninger forventer Energinet.dk, at færre projekter ender med at samle støv på hylderne og i stedet tager skridtet fuldt ud og bliver til forretning. Et mål er at se flere nye opstartsvirksomheder og spin-outs fra universiteter og virksomheder, et andet er at tiltrække andre former for finansiering, for eksempel venturekapital.

For projekter, der har et kommercielt sigte, vil Energinet.dk bede ansøgerne om at skitsere hvilke produkter eller ydelser, der forventes af teknologiuudviklingen, samt hvilke kunder og markeder man vil angribe. Ansøgerne vil også skulle identificere de væsentligste styrker og største udfordringer på vejen mod kommerciel succes.

## 1st Mile

Søren Houmøller fra firmaet 1st Mile har assisteret Energinet.dk med at indføre de kommercielle kriterier til det kommende udbud. Han har tidli-



*Søren Houmøller fra firmaet 1st Mile har assisteret Energinet.dk med at indføre de kommercielle kriterier til det kommende udbud.*

gere været direktør for ventureselskabet EGJ Udvikling og har blandt andet gennemført investeringer i selskabet Stirling, som producerer kraftvarmeanlæg på biomasse.

– Det er helt afgørende, at den forretningsmæssige udvikling tænkes sammen med den tekniske udvikling og at de to forløber side om side, hvis man vil skabe en kommerciel succes. Derfor er det første skridt, at vi beder ansøgerne skitsere den forretningsmæssige udvikling, de forventer at stå overfor, forklarer Søren Houmøller.

Energinet.dk lægger stor vægt på, at ansøgerne opfatter initiativet som en hjælp til at komme i mål, når målet

er at skabe en forretning. Derfor har Energinet.dk også bedt Søren Houmøller udarbejde en skabelon til forretningsplanerne.

– Det er en mulighed, man kan vælge at benytte, men man kan også bruge sit eget format. Mange har forretningsplaner i forvejen, og de skal selvfølgelig ikke besværes med nye skabeloner, siger Lise Nielson, som i øvrigt ikke ser problemer omkring fortrolighed med forretningsplanerne, idet Energinet.dk og ansøger kan lave særskilte aftaler om publicering.

Ikke alle projekter har et kommercielt sigte. Når det drejer sig om for eksempel grundforskning, løsning af anlægsspecifikke problemer og standardiseringsarbejde er det ikke relevant at lave forretningsplaner.

Søren Houmøller ser det som fuldstændigt afgørende, at vi i Danmark bliver bedre til at koble teknologi og forretning sammen.

– Man hører ofte, at vi skal skabe et nyt vindmølleeventyr på andre, nye teknologier. Men den model kan ikke bruges i dag eller kopieres direkte over på andre teknologiformer. Spillereglerne er ændret, siger Søren Houmøller, som påpeger, at investorer i Silicon Valley alene i 3. kvartal af 2006 investerede for 300 millioner dollars venturekapital i energi- og miljøteknologi. I den samme periode var det tilsvarende tal for Danmark cirka 50 millioner kroner eller blot 3 – 4 procent af niveauet i Silicon Valley.

– Hvis Danmark skal skabe nye eksporteventyr og finde fremtidens vindteknologier til gavn for miljø og forsyningssikkerhed, er vi simpelthen nødt til at blive bedre til innovation og til at tiltrække eksternt kapital fra for eksempel ventureselskaber. Det er ikke nok at finansiere den tekniske forskning og udvikling. De andre spænder rigtigt mange heste for, og det er naivt at tro, at vi kan fastholde en førerposition, hvis ikke vi bliver bedre til at flytte fokus fra teknologi til produkt og organisationsformen fra projekt til virksomhed. Vi skal ikke kun tænke teknologi, men også marked, økonomi og ledelse, siger Søren Houmøller. ■

## 1st Mile

1st Mile knytter forskning og udvikling indenfor nye energi- og miljøteknologier sammen med kapital. Firmaet, der er stiftet af Søren Houmøller, finder business cases til investorer og kapital til opstartsvirksomheder, samt assisterer forskningsprogrammer med at skabe kommerciel succes på teknologi.

www.1stMile.dk  
☎ 40 44 67 14

# Fjern stanken – kom en alge i tanken

Alger i form af blandt andet søsalat indeholder betydelige mængder biomasse, der blandt andet kan bruges til produktion af biobrændstoffer. Mens man i det traditionelle landbrug kun kan høste cirka 10 tons tørstof per hektar, vil søsalat kunne bidrage med op til 500 tons per hektar. Samtidig vil man kunne fjerne stanken fra mange fjorde og lukkede vandområder ved at høste de naturlige forekomster af alger og søsalat.

Af Torben Skøtt

Kampen om de tilgængelige biomasseressourcer er skærpet markant gennem de senere år. Produktionen af biobrændstoffer lægger beslag på stadig større arealer, og flere og flere lande får øjnene op for, at biomasse kan yde et væsentligt bidrag til produktionen af el og varme.

Den stigende efterspørgsel på biomasse er dog langt fra uproblematisk. Priserne på blandt andet majs og korn er steget markant gennem det seneste års tid, og det kan føre til alvorlig fødevaremangel og fattigdom advarer FN i en ny rapport. Alene i USA gik en tredjedel af den samlede majshøst i 2006 til fremstilling af ethanol, og mange lande er i færd med at rydde enorme skovarealer for at kunne bruge områderne til produktion af palmeolie.

Men nu er forskerne gået i gang med at kikke på alternative former for biomasse til energiformål. Det fortalte Michael Bo Rasmussen fra Danmarks Miljøundersøgelser om på en konference i Industriens Hus midt i maj:

– Der er et betydeligt potentiale i den såkaldte marine biomasse, forklarede Bo Rasmussen på konferencen, der var arrangeret af VE-Net. Han var især optaget af forskellige alger som for eksempel søsalat, men nævnte at man i princippet kan bruge alt levende fra havet, blot det indeholder organisk bundet kulstof.



Foto: Michael Bo Rasmussen, DMU

*Søsalat og andre former for alger er et stort problem for havmiljøet og badegæsterne her i sommervarmen. Ifølge Danmarks Miljøundersøgelser vil man på årsbasis kunne høste mellem 80.000 og 100.000 tons søsalat, der blandt andet vil kunne bruges til produktion af biobrændstoffer.*

I praksis er der dog en række krav, som skal være opfyldt. For det første skal det være etisk forsvarligt. Det går naturligvis ikke at putte en hval i et biogasanlæg eller lave ethanol ud fra babysæler. Der skal primært være tale om non food produkter med en høj vækstrate og et betydeligt energiindhold i form af for eksempel kulhydrater eller fedtsyrer, og så skal der helst være tale om arter som er lette at dyrke og håndtere.



Foto: Peter Bordo Christensen, DMU

*Værsgo – så er der serveret. Søsalat skulle efter sigende smage udmærket, men i første omgang er det primært til produktion af bioenergi, salatbladene tænkes anvendt.*

## Søsalat

Ud fra de kriterier tyder meget på, at søsalat vil være oplagt som fremtidens energiforbruger. De grønne salatblade forekommer naturligt i de danske farvande, fordobler deres vægt i løbet af 3 – 4 dage og vokser fint, selv om de bliver revet i stykker og driver rundt i vandet.

Søsalat og andre former for alger bliver normalt betragtet som et problem for havmiljøet og ikke mindst for sommerens badegæster. Alene derfor kan det være en god ide at høste de naturlige forekomster, som i de danske farvande skønsmæssigt andrager 80.000 til 100.000 tons om året. Det vil give et bedre havmiljø, bedre strande og fjerne stanken fra mange fjorde og lukkede vandområder eller som Michael Bo Rasmussen udtrykte det på konferencen: Fjern stanken – put en alge i tanken.

– Rundt om i verden findes der forskellige maskiner, som kan bruges til at høste søsalat i naturen. Andre steder, som for eksempel i Italien, har man brugt fiskenet til at opsamle salatbladene for ikke at genere badegæsterne, men det er et område, hvor erfaringerne er begrænsede, og hvor der er behov for yderligere udvikling, fortalte Michael Bo Rasmussen.

## Brug gylle og kuldioxid

Søsalat kan dyrkes og høstes hele året, men produktionen toppes naturligvis om sommeren. Væksten afhænger især af lyset, temperaturen, næringsstoffer i form af kvælstof og fosfor samt mængden af kuldioxid i vandet.

Forskerne ved Danmarks Miljøundersøgelser har igennem de seneste 20 år studeret søsalat, men det er først for nylig, man er blevet opmærksom på, at der kan produceres enorme mængder biomasse under de rette betingelser. Når der tilføres gylle, stiger væksten markant, og de seneste laboratorieforsøg tyder på, at produktionen kan forøges med en faktor ti ved at tilsætte kuldioxid.

Det vil imidlertid kræve, at produktionen foregår i lukkede bassiner, hvor tilførslen af gylle og kuldioxid nøje kan afpasses efter, hvor meget planterne kan optage. Umiddelbart lyder det måske som en dyr løsning, men i betragtning af, at man både kan producere bioenergi, aftage kuldioxid fra kraftværkernes røggas og løse et problem for landbrug med overskydende gylle, kan det måske gå hen og blive en helt god forretning.

For det er ikke små mængder, der er tale om. Ifølge Michael Bo Rasmussen vil der ved en produktion på 1.000 tons alger være behov for syv millioner liter gylle og mellem 1.500 og 3.000 tons CO<sub>2</sub>. På samme måde er det heller ikke små mængder biomasse, der kan produceres. Et forsøg

tigt skøn peger på et udbytte mellem 200 og 500 tons biomasse per hektar, alt afhængig af om det lykkes at udnytte CO<sub>2</sub>-udslippet fra kraftværkerne. Det er noget helt andet end at dyrke energiafgrøder på landbrugsjord, hvor man normalt regner med 10 tons tørstof/hektar som et pænt udbytte.

## Udvikling

Michael Bo Rasmussen lægger ikke skjul på, at forskningen endnu befinder sig på et tidligt stadie, og der er behov for et betydeligt udviklingsarbejde før de første fuldskalaanlæg kan etableres.

– Vi skal have forbedret høstmøtoderne, og vi skal have undersøgt nærmere, hvordan væksten kan fremmes mest muligt og hvordan vi får optimeret indholdet af kulhydrater i algerne, forklarer Michael Bo Rasmussen og fortsætter.

– Vi ved, at gylle og kuldioxid fremmer væksten, men vi er for eksempel ikke klar over, om den mængde CO<sub>2</sub>, vi kan få fra kraftværkerne, først skal renses eller om det kan bruges direkte i bassinerne.

Endelig er der spørgsmålet om, hvordan algerne bedst udnyttes til energiformål. Op til 60 procent af tørvægten består af kulhydrater, heraf en betydelig mængde glukose, som er meget letomsætteligt. Søsalat vil derfor være meget velegnet til produktion af bioethanol eventuelt kombineret med produktion af biogas. ■

## Stor sejr til øko-bil



**De studerende på Danmarks Tekniske Universitet vandt igen i år en stribe priser ved Shells væddeløb for økobiler i Sydfrankrig.**

Ikke mindre end tre priser gik til DTU Dynamo, der i år kørte på brændstoffet DME, som blandt andet kan fremstilles ved hjælp af biomasse. Bilen vandt førsteprisen i klassen for bybiler med forbrændingsmotor, prisen for den mest miljøvenlige bil med mindst CO<sub>2</sub> udslip, samt en pris for at køre på DME som bedste alternativ til diesel.

Kategorien bybiler består af køretøjer, der minder om almindelige biler. I år var reglerne lavet om for at gøre klassen mere virkelighedstro. Blandt andet skulle bilerne parkere tre gange under løbet for så at starte igen, men selv med denne udfordring kørte DTU Dynamo hele 306 kilometer på en liter DME.

Men de studerende havde også en anden bil med i væddeløbet: DTU Innovator, der kører på brint, og som præsterede at køre ikke mindre end hvad der svarer til 1.617 kilometer på en liter benzin. Bilen var dog ramt af en serie uheld, men på løbet sidste dag lykkedes det at opnå en 7. plads.

De to biler er bygget af studerende på Institut for Mekanik, Energi og Konstruktion, med Lektor Jesper Schramm som vejleder. De studerende vil nu arbejde videre med at forbedre bilerne og håber at have bygget en rigtig bil inden for de næste to til tre år.

Kilde: [www.dtu.dk](http://www.dtu.dk) ■



Foto: Torben Skott/BioPress

Laboratorieforsøg tyder på, at produktionen af søsalat kan forøges med en faktor ti ved at tilsætte kuldioxid fra kraftværkernes røggas. Ved en produktion på 1.000 tons alger vil der være behov for mellem 1.500 og 3.000 tons CO<sub>2</sub>. Derudover vil der kunne aftages omkring syv millioner liter gylle fra landbruget.

**Fib** – Forskning i Bioenergi udgives med støtte fra Energiforskningsprogrammet, der administreres af Energistyrelsen. Nyhedsbrevet, der er gratis, udkommer fire gange om året i en dansk og en engelsk udgave. Begge udgaver kan downloades fra Internettet på adressen [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

**Den danske version** af nyhedsbrevet findes endvidere i en trykt version, der kan rekvireres hos BioPress, telefon 8617 8507, e-mail [biopress@biopress.dk](mailto:biopress@biopress.dk).

**Ansvarshavende redaktør:**  
Journalist Torben Skøtt

**ISSN:** 1604-6331

**Produktion:**  
BioPress  
Vestre Skovvej 8  
8240 Risskov  
Telefon 8617 8507  
E-mail: [biopress@biopress.dk](mailto:biopress@biopress.dk)  
Hjemmeside: [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

**Forsidefoto:**  
Torben Skøtt/BioPress og Peter Bondo Christensen, DMU.

**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 september 2007. Deadline for redaktionelt stof er den 15. august 2007.

## Skal vi droppe biobrændstofferne?



Arkivfoto: Torben Skøtt/BioPress

**Nyt fire-årigt forskningsprojekt skal være med til klarlægge fordele og ulemper ved biobrændstoffer. Projektet, der har fået 21 millioner kroner i tilskud fra Det Strategiske Forskningsråd, har deltagere fra syv af de førende forskningsinstitutioner i Danmark.**

Først var det ikke synderlig interessant. Så blev det nærmest genialt at bruge biobrændstoffer, men derefter kom alle skeptikerne med deres advarsler om stigende fødevarerpriser, fattigdom og ressourcepild. I dag står der vel nærmest uafgjort mellem tilhængere og modstandere af biobrændstoffer, men ét er sikkert: Befolkningen og politikerne har utrolig svært ved at gennemskue, hvad der er op og ned i den debat og hvilke forskere, der er mest troværdige.

Det skal et nyt forskningsprojekt nu være med til at råde bod på. Det Strategiske Forskningsråd har bevilget ikke mindre end 21 millioner kroner til et fireårigt projekt om, hvordan vi kan indrette fremtidens energisystemer, herunder hvordan vi får løst transportsektorens energibehov mest effektivt.

– Vi skal analysere, hvordan vi når frem til et energisystem, som er 100 procent baseret på vedvarende energi,

fortæller professor Henrik Lund fra Aalborg Universitet, der skal stå for ledelsen af det ambitiøse projekt.

– Vores overordnede mål er en sammenhængende analyse af energisystemet, men vi vil især sætte fokus på elnettet, livscyklusanalyser, energimarkedet og transportsektoren, forklarer Henrik Lund. Til hvert område er der tilknyttet en række eksperter og inden for transportområdet deltager et par af de mere markante personer i debatten om biobrændstoffer. Det drejer sig blandt andet om lektor Henrik Wenzel, der mener, man holder befolkningen for nar ved at præsentere biobrændstofferne som en løsning på transportsektorens problemer. På tilhængersiden finder man professor Claus Felby, som ser store perspektiver i 2. generations bioethanol og som mener, vi bør bruge biobrændstoffer her og nu.

Henrik Lund er selv lidt mere pragmatisk i sin holdning til biobrændstoffer:

– Jeg mener, vi bliver nødt til at satse bredt, men på lang sigt tror jeg elbiler vil være den mest effektive løsning. Indtil da kan det være fornuftigt at bruge såvel biobrændstoffer som gas i transportsektoren, siger Henrik Lund. ■