

### Forbedrede SOFC brændselsceller

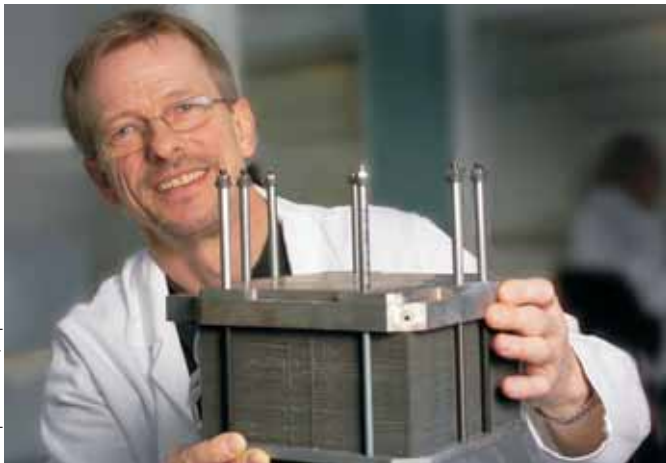


foto: poul møller, topsoe

Cliver Klitholm fra Topsoe Fuel Cell med en stak SOFC brændselsceller.

**Titel:** Forbedrede SOFC stakke: effektæthed, holdbarhed og modularitet

**Ansvarlig:** Topsoe Fuel Cell A/S, Rasmus Barfod, e-mail: raba@topsoe.dk, ☎ 45272330

**Tilskud:** PSO – 12.723.000 kroner

SOFC-brændselsceller hører til de såkaldte højtemperatur brændselsceller, der typisk arbejder ved temperaturer fra 600 til 900 °C. Anlæggene er kendetegnet ved en høj virkningsgrad og stor brændselsfleksibilitet. Det er dog nødvendigt med yderligere forbedringer og reduktion af omkostningerne for at bringe teknologien fra et udviklings- og forskningsniveau op til et kommercielt niveau.

Projektet fokuserer på brændselsceller til kraftvarmeanlæg med naturgas som brændsel. Effekten varierer fra 1 kW op til 50 kW, hvor høj elvirkningsgrad er den primære drivkraft for de store anlæg. Brændselsceller til disse anlæg er kendetegnet ved en lang levetid på op mod 7 år med kontinuert drift for en enkelt stak. Da systemerne er på vej væk fra laboratorierne og ud i den virkelige verden, har der især været fokuseret på robustheden og holdbarheden af et system under realistiske driftsbetingelser. Derudover har projektet fokuseret på at udvikle koncepter, der er baseret på moduler, da det er vigtigt for at kunne bygge store anlæg.

Driften af brændselscelleanlæg vil typisk variere i løbet af en dag og i løbet af et år. Det betyder i praksis, at temperaturfordelingen over brændselscellerne varierer meget, og det kan have stor indflydelse på holdbarheden af det samlede system. Effekten af disse driftsforhold er undersøgt ved at kombinere elektrisk test af brændselscellestakke med modellering af termomekaniske spændinger. Et eksempel på kombinationen af test og modellering har været en undersøgelse af sammenhængen mellem mekaniske spændinger i de keramiske brændselsceller og sandsynligheden for, at der opstår revner i keramikken.

I projektet har vi vist, at der kun sker en meget begrænset degradering af brændselscellerne, selv om den elektriske belastning varierer fra 0 til 125 procent. Samtidig har vi vist, at stakkene af brændselsceller gentagne gange kan tåle at blive udsat for opvarmning og afkøling uden risiko for revnedannelse, og med ganske få forbedringer vil det endda være muligt at forbedre systemet yderligere.

### Hybridkøretøjer og tankstationer til brint

**Titel:** LINK2009. Udvikling og afprøvning af 2. generation brændselscelle hybridkøretøjer og brinttankstationer

**Ansvarlig:** H2 Logic A/S, Mikael Sloth, e-mail: ms@h2logic.com, ☎ 9627 5602

**Tilskud:** EUDP – 5.000.000 kroner

LINK2009 er organiseret som et samarbejde mellem 24 forskellige aktører bestående af virksomheder, videninstitutioner og offentlige myndigheder. EUDP projektet har finansieret fase 1 af projektet, der indeholder udvikling af 2. generations brændselscelle teknologi, tankstationer til brint samt planlægning og sikring af projektets fase 2. Midler til fase 2 blev bevilget af EUDP i sommeren 2009.

I projektet er det lykkedes at udvikle en bybil og et arbejdskøretøj, baseret på 2. generations teknologi inden for brændselsceller. De opstillede målsætninger for pris og energieffektivitet er nået i fase 1, mens den efterfølgende demonstration og test af levetiden vil blive afprøvet i fase 2.

Virkningsgraden for bybilen med brændselsceller er målt i laboratorium til 42 og 48 procent ved en effekt på henholdsvis 10 og 2 kW. Det er et pænt stykke over det oprindelige mål om en virkningsgrad på 40 procent. Ved hjælp af forenklinger og nye komponenter er det endvidere lykkedes at halvere prisen til 4.500 euro/kW inklusive et brintlager med et tryk på 700 bar. Dermed er målsætningen for prisen på det samlede køretøj nået, hvilket har dannet grundlag for budgettering af demonstrationskøretøjerne i fase 2. Foruden demonstration af 9 stk. køretøjer i fase 1, er 8 stk. køretøjer allerede sat i drift i København.

I starten af 2009 stod tankstationen klar, og her blev bilerne for første gang tanket på under tre minutter ved et tryk på 350 bar. Senere på året blev der etableret en tankstation i København i forbindelse med klimatopmødet, og der er udviklet et transportabelt modul, der kan anvendes til såvel produktion som tankning af brint.

Tankstationen vil inden for de nærmeste år blive ombygget til et tryk på 700 bar og køling af brinten under optankning. Opgraderingen af anlægget vil ske for at tiltrække bilproducenterne og for at kunne opfylde den nye internationale standard for påfyldning af brint på køretøjer.



foto: h2logic

Brintbil og tankstation i København. Tankstationen blev oprindeligt designet til at kunne levere et tryk på 300 bar, men er senere opgraderet til et tryk på 700 bar.

### Gasrensning fra LT-CFB forgasser

**Titel:** Tjærefjernelse fra lav temperatur forgassere

**Ansvarlig:** Dall Energy ApS, Jens Dall Bentzen,  
e-mail: jdb@dallenergy.com, © 2987 2222

**Tilskud:** PSO – 3.100.000 kroner

Projektet er en del af et større ERANET-projekt med titlen "Tar removal from low-temperature gasifiers". Dall Energy har stået for den danske del af projektet i samarbejde med Risø DTU, Danish Fluid Bed Technology og Anhydro, der har specialiseret sig i udstyr til inddampning og tørring.

Forgasningsanlæg, der arbejder ved temperaturer på under 800 °C, har den fordel, at de kan afgasse biomasse som halm og husdyrgødning med et lavt askesmeltepunkt. Gassen indeholder betydelige mængder tjære og er således ikke velegnet til motordrift. Til gengæld vil den kunne anvendes direkte i kulfyrede kraftværkskedler, ligesom den vil kunne bruges i gas- og oliefyrede kedler, hvis gassen bliver kølet ned til cirka 250 °C. Det har hidtil været anset som lidt af en udfordring, fordi der kan være en risiko for, at tjæren kondenserer og stopper anlægget til.

I projektet er to metoder til køling af gassen blevet undersøgt:

1. Luftkøling via en varmeveksler, hvor den indblæste luft er forvarmet til en temperatur over tjærens dugpunkt.
2. Fordampningskøling, hvor vanddråber sprøjtes ind i gassen. Når dråberne kommer i kontakt med den varme gas, fordamper vandet, og gassen køles til omkring 250 °C.

Forsøg udført på DTU viste, at begge gaskølere fungerede godt.

For at gassen kan bruges i en olie- eller gaskedel, vil det endvidere være nødvendigt at rense gassen for partikler. I projektet har man derfor undersøgt, om et posefilter med en temperatur over tjærens dugpunkt kan benyttes, og det viste sig at være tilstrækkeligt til at sikre en god gaskvalitet.

Link til slutrapport: [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl).

Link til film om projektet: [www.dallenergy.com](http://www.dallenergy.com).



foto: dall energy

Seniorforsker Jesper Ahrenfeldt fra Risø DTU overvåger et forsøg med gaskøling, hvor vanddråber sprøjtes ind i gassen. Når dråberne kommer i kontakt med den varme gas, fordamper vandet, og gassen køles til omkring 250 °C.

### Bioraffinaderi – produktion af brændstof og kemikalier

**Titel:** The bio/catalytic refinery

**Ansvarlig:** DTU Kemiteknik, Rasmus Fehrmann, e-mail:  
rf@kemi.dtu.dk, © 4525 2389

**Tilskud:** ENMI – 10.000.000 kroner

Projektet har haft til formål at afsøge mulighederne for at producere transportbrændstoffer fra biomasse ved en kombination af katalysatorer, enzymer og bakteriekulturer.

I projektet har DTU Kemiteknik primært varetaget studier af den katalytiske omdannelse af bioethanol til brint. DTU Systembiologi har bidraget med udvikling og evaluering af forskellige fermenteringssystemer, og Novozymes A/S har fokuseret på enzymatisk hydrolyse af biomassen.

Resultaterne peger på en række lovende muligheder for at omdanne biomasse til brændstoffer og kemikalier ved at kombinere anvendelsen af katalysatorer, enzymer og bakteriekulturer. Især kemikalier i form af eddikesyre, eddikesyremethylester og mælkesyre forventes at blive et vigtigt "plattformmolekyle" i et fremtidigt biomasseraffinaderi, der vil kunne producere plastmaterialer og kemikalier i stor skala. De mest lovende fund vil blive videreudviklet i industrielt regi.

### Millionstøtte til Inbicon

**EU-Kommissionen har for nylig bevilget 68 millioner kroner til DONGs datterselskab Inbicon, der arbejder med udvikling af processer til fremstilling af bioethanol.**

Støtten gives til et bestemt projekt på Inbicons anlæg i Kalundborg, det såkaldte Kacelle-projekt, der står for Kalundborg Cellulosic Ethanol Project. Projektet fokuserer på at optimere produktionsprocessen i demonstrationsanlægget og derved reducere omkostningerne til fremstilling af ethanol. Det skal blandt andet ske ved at reducere forbruget af energi og enzymer samt forbedre anlæggets kapacitet, så produktionen kan blive sat i vejret.

– Vi er taknemmelige for, at EU-Kommissionen med sin visionære støtte har gjort det muligt for os at stå med en teknologi, som er solid nok til, at vi kan eksportere den til hele verden. Samarbejdet mellem Kommissionen og branchen giver samtidig de europæiske virksomheder en fordel i det nye vækstområde inden for raffinering af biomasse, siger Niels Henriksen, administrerende direktør for Inbicon i en pressemeddelelse.

Partnerne i Kacelle-projektet består af seks organisationer – alle med individuelle kompetencer inden for biomasse, enzymer eller ethanol. Fra Danmark deltager Inbicon, Statoil og KU-Life. Derudover deltager Royal DSM fra Holland, German Biomass Research Centre i Tyskland, samt University of Minho i Portugal.

Inbicons demonstrationsanlæg i Kalundborg kan behandle 30.000 tons halm om året. Det bliver omsat til 5,4 millioner liter bioethanol, 13.000 tons brændselspiller og godt 11.000 tons foder. EUDP har støttet opførelsen af anlægget med 77 millioner kroner, og EU's 7. rammeprogram støtter nu demonstrationsfasen med 68 millioner.

TS

### LT-CFB demonstrationsanlæg

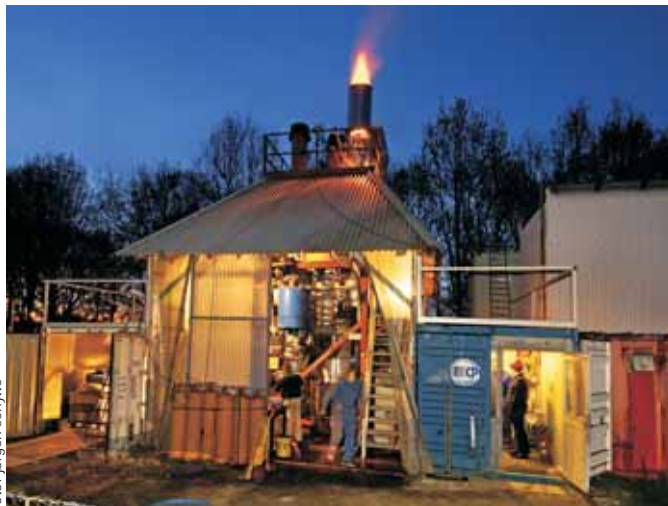


foto: jørgen schytte

Forsøg med 500 kW LT-CFB-forgasser på DTU.

Titel:	LT-CFB demonstrations anlæg – fase 1
Ansvarlig:	DONG Energy Power A/S, Rasmus Glar Nielsen, e-mail: ragni@dongenergy.dk, © 9955 2447
Tilskud:	3.200.000 kroner

Projektet har haft til formål at designe et demonstrationsanlæg med en såkaldt LT-CFB forgasser, hvor biomassen omsættes til gas ved en forholdsvis lav temperatur. Derved kan man fraseparere de aggressive stoffer som alkali og klorid og således udnytte den mere problematiske biomasse, der ikke er velegnet til afbrænding i kedelanlæg.

Teknologien er baseret på tre forsøgsanlæg, placeret på DTU, samt viden og erfaringer opbygget over en tiårig periode. Her har man blandt andet testet forskellige typer brændsler som halm, tørret husdyrgødning og afgasset biomasse fra biogasanlæg. Ingen af brændslerne har givet anledning til problemer, og processen har vist sig at være stabil og let at styre.

Demonstrationsanlægget vil blive opført i tilknytning til Asnæsværkets blok 2 i Kalundborg og skal efter planen være klar til drift i foråret 2011. Den indfyrede effekt bliver på 6 MW, eller væsentligt mere end forsøgsanlæggene, hvor effekten har varieret fra 50 til 500 kW. Næste skridt bliver et fuldskala-anlæg med en effekt på 50-100 MW.

Forgasningen af biomassen vil foregå ved en temperatur på omkring 750 °C, hvorved 90-95 procent af brændværdien omdannes til brændbar gas og et tørt askeprodukt. Gassen vil blive brændt af på Asnæsværkets blok 2 til erstatning for kul. Der vil således blive produceret el og varme med en høj virkningsgrad på basis af et CO<sub>2</sub>-neutralt brændsel til en meget lav pris – især hvis der bliver tale om gyllefibre fra landbruget.

Asken fra forgasningsanlægget vil blive holdt ude af kraftværkskedlen og vil derfor ikke give anledning til problemer med korrosion og belægninger. Kulasken fra kedlen vil fortsat kunne benyttes til produktion af cement, og næringsstofferne i asken fra forgasseren vil blive opkoncentreret, så det kan benyttes til gødningsformål.

Demonstrationsprojektet løber over knap fire år og har et samlet budget på 90 millioner kroner. Energinet.dk har ydet et samlet tilskud til projektet på 35 millioner kroner.

### Konkurrencen mellem fødevarer og energi

Titel:	Effektive og ikke-forvridende biobrændstof politikker
Ansvarlig:	COWI A/S, Henrik Duer, e-mail: hdu@cowi.dk, © 4597 2215
Tilskud:	EFP – 340.000 kroner

Projektet er en del af et større EU-projekt med titlen: Elobio – Effective and low-disturbing biofuel policies. Her har formålet været at identificere forskellige virkemidler, der kan begrænse biobrændstoffernes utilsigtede virkninger på fødevarer- og fodermarkederne.

Resultaterne viser, at en markant stigning i anvendelsen af biobrændstoffer kan indebære mærkbare effekter på fødevarerpriser og levevilkår for de fattigste befolkningsgrupper. I fremtiden vil der således være behov for tiltag, som modvirker disse tendenser. Det kan være fremme af landbrugets produktivitet og anvendelse af biomasse, der ikke konkurrerer med fødevarersektoren, herunder biomasse der dyrkes på marginale jorde. For at det skal kunne lade sig gøre, er det nødvendigt at udvikle 2. generations teknologier, hvor produktionen af biobrændstoffer er baseret på råstoffer som træ, cellulose og affald.

Det er således muligt at reducere konkurrencen mellem produktionen af fødevarer og biobrændstoffer, men i fremtiden vil der kunne forventes øget konkurrence fra den del af energisektoren, som producerer el og varme. Strategier, der kombinerer produktionen af biobrændstoffer med kraftvarme, vil mindske denne konkurrence, ligesom der vil være behov for øget og bæredygtig produktion af træ og anden biomasse. En effektiv politik på det område og konsekvenser heraf er vurderet gennem modelanalyser og diskuteret med centrale aktører på flere workshops. COWI har været ansvarlig for defineringen af de forskellige politikker og for konsultationer med aktørerne.



foto: torben skott/biopress

En markant stigning i anvendelsen af biobrændstoffer kan indebære mærkbare effekter på fødevarerpriser og levevilkår for de fattigste befolkningsgrupper.

**PEM brændselscellers holdbarhed**

Titel: Quantify and improve PEM fuel cell durability

Ansvarlig: IRD Fuels Cells A/S, Laila Grahl-Madsen, e-mail: lgm@ird.dk, © 6363 3000

Tilskud: PSO – 6.983.000 kroner

Projektet har haft til formål at opnå indsigt i de mekanismer, der begrænser levetiden af PEM brændselsceller for på den måde at kunne forbedre holdbarheden. Det langsigtede mål er en levetid på 40.000 driftstimer for PEM brændselsceller, hvor status i dag er under en fjerdedel heraf.

Følgende tre typer af PEM brændselsceller har indgået i undersøgelserne: LT-PEM, HT-PEM og DMFC, der kan anvende metanol som brændsel. Arbejdet har vist, at levetiden er begrænset af mange faktorer i et komplekst samspil. Under ideelle driftsbetingelser dominerer en række kemiske degraderingsmekanismer, samt i LT-PEM & DMFC tab af evnen til at håndtere vand på væskeform. Disse nedbrydningsmekanismer foregår relativt langsomt og er som oftest overskygget af mere fatale effekter, der skyldes u hensigtsmæssige driftsforhold.

Undersøgelserne er udført som materialeforskning på henholdsvis enkeltceller og stakke af brændselsceller. Der er desuden udført en række analyser af ødelagte brændselsceller for at opnå et mere sammenhængende billede af påvirkningerne. Projektresultaterne er offentliggjort på konferencer og ved publicering i en række internationale tidsskrifter.

IRD Fuel Cells har sammen med Syddansk Universitet gennemført studierne på LT-PEM og DMFC, medens Danmarks Tekniske Universitet har koncentreret sig om HT-PEM teknologien.

## Sverige vil bygge metanolanlæg til tre milliarder kroner

**Selskabet VärmlandsMetanol AB har planer om at opføre verdens første kommercielle forgasningsanlæg, der skal producere metanol ud fra træ.**

Det er den svenske miljøforkæmper Björn Gillberg, der har taget initiativ til projektet. Han er stærkt kritisk over for den svenske produktion af bioethanol, der er baseret på landbrugsafgrøder, og mener, at Sverige i stedet bør satse på de enorme træressourcer, som landet råder over.

Fabrikken er budgetteret til at koste tre milliarder svenske kroner. Produktionen bliver på 375.000 liter metanol i døgnet, og derudover vil anlægget være i stand til at forsyne byen Hagfors i Värmland med fjernvarme.

VärmlandsMetanol AB har 800 aktionærer og er nu gået i gang med at søge om miljøtilladelse til anlægget. Går alt efter planen, kan byggeriet gå i gang i løbet af foråret 2011, og efter tre år skulle anlægget gerne være klar til produktion.

Metanol kan både bruges som brændstof til forbrændingsmotorer og til brændselsceller.

Læs mere på [www.varmlandsmetanol.se](http://www.varmlandsmetanol.se).

**Luftforurening fra brændefyring – WOODUSE**

foto: torben skottbiopress

Titel: Residential wood combustion and the interaction between technology, user and environment (WOODUSE)

Ansvarlig: Danmarks Miljøundersøgelser, Helge Rørdam Olesen, e-mail: hro@dmu.dk, © 4630 1151

Tilskud: ENMI – 5.000.000 kroner

WOODUSE er et omfattende forskningsprogram, der har dækket mange aspekter omkring forurening fra brændefyring. Projektet har haft fokus på partikler og partiklernes sundhedsmæssige effekter, men emnet er behandlet bredt – fra samfundspåvirkninger over udslip, forureningsniveauer i udeluft og indeluft til studier af de helbredsmæssige effekter og muligheder for at begrænse udslippet.

I løbet af projektet er der gennemført en række undersøgelser vedrørende helbredseffekter af partikler fra brænderøg.

Sociologiske og økonomiske faktorer af betydning for valg af brændeovn er undersøgt. Det er blandt andet sket gennem interviews, som har haft til formål at klarlægge, hvordan man kan påvirke folk til at fyre rigtigt eller købe en mere miljøvenlig brændeovn.

Der er gennemført en omfattende målekampagne i Slagslunde i Nordsjælland, hvor en betragtelig del af husene har brændeovne. Brugerne af brændeovnene er blevet udspurgt om deres fyrvaner, og der er udført målinger indenfor og udenfor i huse med og uden brændeovn. Resultaterne fra målekampagnen er kombineret med modelberegninger og har tilvejebragt et forbedret grundlag for kortlægning af brændeovnes bidrag til luftforureningen.

Projektet har resulteret i en række publikationer, som for størstedelens vedkommende kan downloades fra projektets hjemmeside <http://wooduse.dmu.dk>. Der foreligger blandt andet en dansksproget rapport af bred interesse, som kan udgøre et nyttigt baggrundsdokument i debatten om luftforurening fra brændeovne.