13. årgang
Nummer 57
September 2016

# FiB

Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller

## Bakterier kan lave brint og kuldioxid om til metangas

Frivillig ordning skal hindre metantab fra biogasanlæg

Sådan optimeres produktionen af bioenergi

Kan halm brænde rent?

Oversigt over afsluttede projekter bagerst i bladet

BioPress
✆ 4051 8507
www.biopress.dk

Foto: BioPress

Biogas • side 3

Foto: BioPress

Katalysatorer • side 10

Arkivfoto

Halm • side 14

Foto: Dansk Gasteknisk Center

Afsluttede projekter • side 25

## Elektronisk nyhedsbrev

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

www.biopress.dk

## Artikler


3. Frivillig ordning skal hindre metantab fra biogasanlæg
6. Bedre metoder til måling af metanudslip efterlyses
7. København dropper DONGs affaldsraffinaderi
8. Værdien af biogas er andet end kroner og ører
10. Bakterier kan lave brint og kuldioxid om til metangas
12. Sådan optimeres produktionen af bioenergi
14. Kan halm brænde rent?
16. JUST EAT tester methanoldrevet brændselscellebil
18. Nyt forskningscenter vil finde en genvej til grøn olie
20. Gas – også i fremtiden
21 Fabrikker til 2G bioethanol står stille det meste af tiden
22. Kort nyt
28 Er brintbilen for dyr?


## Afsluttede projekter


25. Mere bæredygtig biomasse
26. Gasnettet som fremtidens lager for vedvarende energi
26. Røggasfilter til halmkedler
27. Intelligente og effektive brændeovne
27. Fremstilling af SOFC- og SOEC-celler

Arkivfoto: BioPress

# Frivillig ordning skal hindre metantab fra biogasanlæg

**Biogasanlæg kan give anledning til udslip af metangas, men det er usikkert hvor store mængder, der reelt slipper ud i atmosfæren. Biogasbranchen etablerer nu en frivillig ordning, der skal klarlægge problemets omfang og reducere tabet af metangas.**

*Af Torben Skøtt*

Danske biogasanlæg udleder i enkelte tilfælde alt for meget metangas til omgivelserne. Et måleprogram, som Dansk Gasteknisk Center har udført for Energistyrelsens Biogas Task Force, viser således, at seks udvalgte biogasanlæg tabte mellem 1,1 og 3,3 procent af den årlige gasproduktion til omgivelserne.

Hvis anlæggene tilmed opgraderer biogassen til naturgaskvalitet, kan tabene blive endnu større. Målinger fra et overbelastet opgraderingsanlæg viste således et tab på 20 kg metan i timen. Det svarer til et tab på 2,7 procent af den producerede mængde metangas.

Men opgraderingsanlæg behøver slet ikke at have et nævneværdigt metantab. Et andet opgraderingsanlæg, som var med i måleprogrammet, havde et metanudslip på kun 0,1 procent. Her var der tale om et aminbaseret anlæg, der arbejder trykløst, og som derfor er kendt for at have et meget lavt metanudslip. Det handler altså om at vælge den rigtige teknologi og sikre, at anlægget ikke bliver overbelastet.

Metangas hører til blandt de mere aggressive drivhusgasser. Tidligere mente man, at metangas var 25 gange værre for klimaet end $CO_2$, men nyere undersøgelser peger på, at der er en faktor 34 til forskel på $CO_2$ og metangas.

Beregninger fra et tidligere projekt viser, at hvis ni procent af metanproduktionen slipper ud i atmosfæren, er der ikke længere nogen klimagevinst ved at etablere biogasanlæg. Der er således en betydelig gevinst ved at begrænse udslippet af metangas, ligesom biogasanlæggene kan se frem til en betragtelig merindtægt, hvis de får reduceret tabene. Måleprogrammet fra Dansk Gasteknisk center viser således, at et enkelt anlæg mistede over 1,6 millioner kroner om året, fordi tabet var helt oppe på 13 kg metan i timen.

## Stor usikkerhed

Tallene over biogasanlæggenes metanudslip skal dog tages med et stort forbehold. Samme dag som et firma målte et tab fra et opgraderingsanlæg på 20 kg metan i timen, målte et andet firma på samme an- ▶

*Der er stor forskel på metanudslippet fra forskellige typer opgraderingsanlæg. Aminanlægget fra Ammongas på billedet ligger i den lave ende med et udslip på kun 0,1 procent.*

Foto: Torben Skøtt/BioPress

læg. Her nåede man frem til et samlet tab fra både opgraderings- og biogasanlæg på 13 kg metan i timen.

– Det er meget svært at måle, hvor meget metangas biogasanlæggene reelt slipper ud i atmosfæren, fortæller projektchef Torben Kvist fra Dansk Gasteknisk Center. Dels er det svært at måle det samlede tab fra anlægget, og det man måler én dag, kan se helt anderledes ud dagen efter.

Som eksempel nævner Torben Kvist, at hvis man måler på en fortank en varm sommerdag, hvor biomassen har ligget i længere tid, vil der være et markant større udslip af metangas, end hvis der netop er fyldt frisk biomasse i tanken.

En anden usikkerhed stammer fra de metoder, der bliver brugt, når metantabet skal registreres. De firmaer, der har målt på seks biogasanlæg for Dansk Gasteknisk Center, anvender forskellige metoder, og meget tyder på, at det også spiller en afgørende rolle.

Om det er tidspunktet, målemetoden eller noget helt andet, der giver anledning til de store udsving, kan være vanskeligt at afgøre, men det er tankevækkende, at metantabet fra det samme anlæg kan variere fra 0,29 til 8,20 procent af den samlede produktion (se tabel 1).

## Her slipper gassen ud

Målerapporten fra Dansk Gasteknisk Center viser, at langt hovedparten af metantabene stammer fra fire kilder: Det er en åben efterlagertank, en fortank, en miksertank og et opgraderingsanlæg. Cirka 80 procent af det samlede tab fra 57 fundne utætheder kan henføres til disse fire kilder.

Den væsentligste kilde til metantab er udsugningen fra især fortanke. Herfra stammer godt 60 procent af det samlede tab. Problemet kan løses ved at lede udsugningsluften igennem en såkaldt incinerator, hvor metanen bliver oxideret til $CO_2$. Derved reduceres klimaeffekten til kun tre procent af effekten ved metanudslip.

En anden væsentlig kilde er trykventiler, der skal sikre anlægget mod for højt tryk. De udgør cirka 14 procent af det samlede tab, når man ser bort fra tabet fra det overbelastede opgraderingsanlæg.

> ***„Det er fint, at branchen har taget initiativ til den her ordning. Hvis de ikke selv kan løse problemet, må vi have det offentlige ind over, men det kommer i anden række. Lad os nu først se, hvordan den frivillige ordning kommer til at fungere.***
>
> *Professor Jørgen E. Olesen*

## Frivillig ordning

Biogasbranchen har siden de første målinger af metantab blev tilgængelige i efteråret 2014 haft en tæt dialog med Energistyrelsens Biogas Taskforce om, hvordan tabene kan minimeres. Emnet har været på alle møder i biogasbranchen siden da, og det har ført til, at man nu etablerer en frivillig ordning, som skal:

- hjælpe det enkelte anlæg med at minimere metantab
- optimere biogasproduktionens klimaregnskab og dokumentere branchens indsats
- etablere et bedre datagrundlag med hensyn til faktiske tab fra danske biogasanlæg.

Ordningen indebærer, at anlæggene skal definere en rutine for egenkontrol og gennemføre den minimum hver anden måned. Desuden skal anlæggene lade et eksternt firma kvantificere udslip fra anlægget. For store anlæg skal det ske minimum hvert andet år, og hver tredje år for små anlæg.

Energi-, forsynings- og klimaminister Lars Chr. Lilleholt hilser den nye ordning velkommen og udtaler i den forbindelse:

– Biogasbranchen fortjener stor ros for den systematiske indsats for at minimere metanudslippet fra biogasanlæg, som de nu går i gang med. Vi støtter biogas, fordi vi har brug for en grøn gas i stedet for naturgas, og fordi vi skal have nedbragt drivhusgasudledningen i landbruget. Det forudsætter naturligvis, at anlæggene er tætte. Jeg har stor tiltro til, at en frivillig ordning i brancheregi er det, der skal til for at sikre dette. Jeg vil opfordre alle anlæg til at tilmelde sig ordningen.

Også professor Jørgen E. Olesen, der i pressen er blevet citeret for at kalde det fuldstændig forrykt, at man ikke straks indfører tvungen kontrol, hilser den nye ordning velkommen:

– Det er fint, at branchen har taget initiativ til den her ordning. Hvis de ikke selv kan løse problemet, må vi have det offentlige ind over, men det kommer i anden række. Lad os nu først se, hvordan den frivillige ordning kommer til at fungere, siger Jørgen E. Olesen.

Og sekretariatschef i Brancheforeningen for Biogas, Bruno Sander Nielsen, er overbevist om, at anlæggene nok skal få taget hånd om problemet:

– De har jo en klar økonomisk interesse i at minimere deres tab, og alle, der arbejder med biogas, er udmærket godt klar over, at vi har brug for politisk opbakning. Derfor vil vi selvfølgelig arbejde hårdt på, at biogasanlæggene bidrager med den størst mulige klimagevinst, siger Bruno Sander Nielsen. ■

| Anlæg | Firma | Metantab | Mistet indtjening |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 0,25 % | 60.000 kr. |
| 1 | 3 | 0,84 % | 201.000 kr. |
| 1 | 3 | 2,40 % | 578.000 kr. |
| 2 | 1 | 0,27 % | 8.000 kr. |
| 3 | 1 | 0,29 % | 29.000 kr. |
| 3 | 2 | 2,40 % | 244.000 kr. |
| 3 | 3 | 8,20 % | 821.000 kr. |
| 4 | 1 | 4,00 % | 69.000 kr. |
| 5 | 1 | 5,20 % | 1.671.000 kr. |
| 5 | 3 | 2,40 % | 767.000 kr. |
| 6 | 1 | 1,40 % | 360.000 kr. |
| 6 | 2 | 3,70 % | 936.000 kr. |
| 6 | 3 | 3,30 % | 815.000 kr. |

*Oversigt over målte metantab i procent og mistet årlig indtjening. Mistet indtjening er baseret på årlig produktion oplyst af anlæggene. Kilde: Dansk Gasteknisk Center.*

## Sådan undgår du, at anlægget lækker gas

Ved en undersøgelse af danske biogasanlæg blev der registreret metantab fra en lagertank, to fortanke og et overbelastet opgraderingsanlæg, men der slap også metan ud ved ventiler og fra ventilation fra bygninger og kompressorer. Den gode nyhed er, at det er relativt nemt og billigt at reducere udslippene væsentligt eller i bedste fald helt undgå metanudslip. Som anlægsejer/driftsleder kan man selv afhjælpe problemet ved at:

- gennemføre lækagesøgning på anlægget, gerne med hjælp fra specialister.
- undgå opvarmning af biomassen i fortank, medmindre tanken er tæt og udstyret med gasopsamling.
- vurdere om gastab fra fortanke eller lagertanke kan nyttiggøres eller mindskes ved reduktion af volumen.
- vælge opgraderingsanlæg, hvor leverandøren kan garantere et lavt metantab.
- undgå at overbelaste opgraderingsanlæg, baseret på vandskrubber.
- vurdere om trykniveauer i systemet kan reduceres. Det giver mindre lækagetab og færre aktiveringer af trykventiler.
- gennemføre lækagesøgning ved reparationer eller stille krav om dette til reparatør.

## Metanudslip fra rå og afgasset biomasse

**Svensk studie viser, at afgasset biomasse kan øge udslippet af metangas, hvis man ikke bruger lagertanke med fast overdækning og gasopsamling. Problemet er især stort for anlæg med kort opholdstid.**

Det er ikke kun den danske biogasbranche, der har fokus på risikoen for metanudslip fra biogasanlæg. Forskere fra det svenske institut for jordbrugs- og miljøteknik JTI har for nylig set nærmere på, hvad man kan gøre for at reducere udslippet af metangas fra både rå og afgasset biomasse.

I en artikel på JTI's hjemmeside peger forskerne blandt andet på, at der kan være store fordele ved at forlænge opholdstiden og benytte biogasanlæg, hvor processen er opdelt i to trin. Målinger fra sommermånederne viser således, at udledningen af metangas fra afgasset husdyrgødning blev reduceret med 30 procent, når opholdstiden blev forlænget fra 30 til 50 dage og processen blev opdelt i to trin.

Det laveste udslip af metangas kom fra rå husdyrgødning, hvilket hænger sammen med, at metanbakterierne fortsætter med at være aktive i sommermånederne – selv efter 50 dages udrådning. Det fortæller, hvor vigtigt det er at bruge lagertanke med fast overdækning og gasopsamling. I laboratoriet viste forsøg, at udslippet af metan fra rå og afgasset biomasse var helt minimalt, når temperaturen kom ned på omkring 10 °C.

Biomasse kan også give anledning til udslip af lattergas, der som klimagas er næsten 300 gange værre end $CO_2$. Forsøg hos JTI viser, at der stort set ikke er noget udslip af lattergas fra afgasset biomasse, mens der fra den rå biomasse blev registreret et udslip efter en opholdstid på omkring 65 dage i lagertanken.

*Læs mere på www.jti.se.*

# Bedre metoder til måling af metanudslip efterlyses

**I praksis er det overordentlig vanskeligt at registrere de forskellige kilder til udledning af drivhusgasser fra landbruget, og det gør det svært at demonstrere effekten ved en ændret praksis. Forskere sætter nu fokus på denne udfordring.**

EU-kommissionen har pålagt dansk landbrug en markant reduktion i udledningen af drivhusgasser, men i dag er det ikke muligt at kvantificere metanudledningen fra husdyrgødning. Det skriver DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug på sin hjemmeside.

– Konkret er udfordringen, at nedbrydningsprocessen går i gang, så snart gødningen forlader dyret i stalden, siger seniorforsker Søren O. Petersen fra DCA og uddyber:

– Gødningen opsamles over en periode på op til en måned, hvor der udledes både metan og kuldioxid. Men dyrene i stalden er selv en kilde til de to gasser, og i praksis kan udledninger fra dyr og gødning ikke adskilles.

Forskere ved DCA har for nylig beskrevet en ny metode til måling af drivhusgasser, som man nu har søgt om EU-midler til at videreudvikle. Metoden er baseret på målinger i laboratoriet af metanproduktionen i gylle fra stalde, hvorefter man ud fra en simpel model beregner den daglige udledning af drivhusgas.

## Brug gyllen til biogas

Metan er næst efter kuldioxid den vigtigste kilde til udledning af drivhusgasser fra landbruget, og fra staldanlæg og lagre er metan den vigtigste kilde. På kvægbedrifter kommer hovedparten af metan fra dyrenes fordøjelse, mens gødningen på svinebedrifter er den vigtigste kilde. Eftersom metan har en kort levetid i atmosfæren sammenlignet med andre drivhusgasser, vil en reduktion i udslippet af metangas på kort sigt være en særlig effektiv metode til at begrænse klimabelastningen.

Både metan og kuldioxid indeholder kulstof fra det organiske materiale i gødningen, som nedbrydes. Det har stor betydning for gødningens biogaspotentiale, som jo netop er baseret på nedbrydning af organisk stof i gødningen. En hurtigere levering af gylle til biogasanlæg vil derfor øge produktionen af biogas, der kan erstatte fossilt brændstof, samtidig med at metanemissionen fra stalden reduceres markant. Der er således en betydelig synenergieffekt ved at sikre, at gyllen så hurtigt som muligt bliver brugt til produktion af biogas.

Andre metoder til reduktion af drivhusgasser fra stalde er gylleforsuring. Her er det primære formål at reducere udledningen af ammoniak, men metoden medfører også et fald i udledningen af drivhusgasser. *TS*

*Læs mere på dca.au.dk hvor der findes et link til artiklen "Estimation of methane emissions from slurry pits below pig and cattle confinements".*

## BIORESOURCE

**Seminar på Aarhus Universitet**
**Tirsdag den 22. november 2016, kl. 9.30 – 16**

Med udgangspunkt i BIORESOURCE-projektet (se side 4-5) vil vi diskutere, hvordan vi bedst får en effektiv og bæredygtig produktion af både fødevarer og bioenergi, samtidigt med at vi reducerer nitratudvaskningen og udslippet af drivhusgasser. På seminariet vil der være oplæg om:

- Integreret produktion af bioenergi og landbrugsprodukter.
- Scenarier for optimal udnyttelse af biomasse i et fossilfrit energisystem.
- En samlet analyse af potentialet for øget biomasseforsyning i Danmark.
- Hvordan udnyttes biomasse bedst i det samlede energisystem?
- Hvilke dyrkningssystemer giver bedst ressourceudnyttelse?
- Potentialet for samproduktion af bioenergi og protein i græsser.
- Potentialer og barrierer for pile- og poppelflis i eksisterende kraftvarmeforsyning.
- Nettoeffekten på klimaet af forskellige biomassekæder til 2G ethanol?
- Analyse i et LCA-perspektiv.

**Læs mere på www.bioresource.dk**
**Tilmelding på auws.au.dk/Bioresource**

# København dropper DONGs affaldsraffinaderi

**Københavnerne skal fremover selv sortere deres affald, så den organiske del kan bruges til biogas. Kommunen tror ikke længere på, at DONGs REnescience-teknologi er fremtidens løsning til behandling af husholdningsaffald.**

*Af Torben Skøtt*

Det så ellers meget lovende ud, da DONG Energy i december 2009 indviede et pilotanlæg til behandling af husholdningsaffald hos Amager Ressourcecenter. Dengang pegede alt på, at den såkaldte REnescience-teknologi, uden de store problemer, kunne udskille den organiske fraktion i husholdningsaffald, så den kunne bruges til biogas og gødning. Systemet var endvidere designet til, at plast- og metalfraktioner kunne genbruges, mens restfraktionen kunne bruges som brændsel. Beregninger pegede tilmed på, at teknologien var fuldt ud konkurrencedygtig med affaldsforbrænding.

I marts 2014 besluttede Teknik- og Miljøudvalget i Københavns Kommune på den baggrund, at man ville satse på REnescience-teknologien. Kommunen reserverede i den forbindelse 160 millioner kroner til et nyt udviklingsanlæg på Avedøre Holme og gik i gang med at udarbejde et beslutningsgrundlag med henblik på at etablere et fuldskalaanlæg.

## Manglende genbrug

Efterfølgende har det imidlertid vist sig, at det ikke er helt så enkelt med central sortering af husholdningsaffald, som resultaterne fra pilotanlægget på Amager kunne indikere. Den organiske restfraktion, der skal ud på landbrugsjorden, indeholder for mange tungmetaller, plastfraktionen er for beskidt til at kunne genbruges, og det har vist sig at være langt dyrere at behandle affaldet end først antaget.

Eksempelvis regnede man i 2014 med, at det ville koste 460 kroner at behandle et ton husholdningsaffald på et REnescience-anlæg, men i dag vurderer Dong Energy, at prisen kommer op på 830-1.150 kroner per ton – altså 80-150 procent mere end oprindelig forudsat.

På samme måde har det vist sig, at i hver fjerde prøve af afgasset biomasse fra et REnescience-anlæg var grænseværdierne for blødgører og tungmetaller overskredet med op til 84 procent. Det har gjort det nødvendigt at sende den organiske restfraktion til forbrænding, og det harmonerer ikke særlig godt med Københavns Kommunes vision om, at 45 procent af husholdningsaffaldet skal genanvendes i 2018.

## Kildesortering

Alt i alt har det betydet, at Københavns Kommune nu har valgt at droppe REnescience-teknologien og i stedet indføre kildesortering hos borgerne. Beslutningen betyder, at alle københavnere som udgangspunkt skal sortere deres affald, men mangel på plads i små baggårde vil formentlig betyde, at ti procent af københavnerne bliver fritaget for ordningen.

Beslutningen betyder samtidig, at DONG Energy må vinke farvel til de 160 millioner kroner, som Københavns Kommune havde afsat til et udviklingsanlæg på Avedøre Holme.

Udviklingen af REnescience-teknologien er gennem årene blevet støttet af EUDP og Energinet.dk. Efter at københavnerne har sagt nej til at bruge teknologien, kan det være svært at få øje på, hvem der ellers kunne tænkes at etablere et produktionsanlæg i Danmark.

Første fuldskalaanlæg bliver indviet i Northwich i England i 2017. DONG Energi har investeret 600 millioner kroner i anlægget og skal selv stå for den daglige drift. Anlægget får en kapacitet på 120.000 tons affald om året, svarende til affaldet fra knap 110.000 husstande.

Arkivfoto: BioPress

*REnescience-anlægget hos Amager Ressourcecenter.*

# Værdien af biogas er andet end kroner og ører

## Biogasanlæg er mere end blot $CO_2$-neutral energi, miljø og jobskabelse. Det er ofte de bløde værdier, der driver ildsjælene, giver lokal opbakning samt goodwill og anerkendelse.

*Af Jesper Bandsholm, Knud Tybirk og Trine Balskilde Stoltenborg*

Etablering af et biogasanlæg udfordrer ofte lokalområdet, men ved at inddrage alle aspekter – herunder de bløde værdier – bliver det lettere at skabe opbakning til et projekt, der kan skabe lokale vækstmuligheder.

Den traditionelle forretningsplan med etableringsomkostninger, biomassebehov og afsætningsmuligheder skal stå skarpt. Men hvis man går et skridt videre og anskuer biogassen ud fra et bredere perspektiv, får man et stærkere og mere bæredygtigt projekt.

Det handler om at skabe en forståelse for, at biogasanlægget er et fælles projekt, der kan give et bedre miljø, skabe erhvervsudvikling og nye arbejdspladser. Der er omdrejningspunktet for den gode historie og den gode mavefornemmelse. Man bør tænke i totalværdi og ikke blot i kroner og øre.

### Fokus på de bløde værdier

Et biogasprojekt omfatter mindst fire aspekter, der skal regnes med i den samfundsmæssige værdi. Det drejer sig om:

**Blå** Erhvervsudvikling, finansiering, branding, omtale, partnerskab.

**Rød** Den gode historie, stolthed, jobskabelse, fællesskab.

**Grøn** Jordens frugtbarhed, næring, miljø og klima.

**Grå** Teknik, teknologi, infrastruktur, fysiske rammer.

De røde værdier går ofte forud for de blå: finansiering findes måske kun, fordi der er en god historie, som driver ildsjælene og skaber opbakning i lokalsamfundet. De blå værdier er helt afhængige af de grå og de grønne for at skabe jobs lokalt. Dermed kan de røde værdier – som er relativt luftige begreber – skabe grundlag for mere hårde og håndgribelige værdier som øget omsætning, nye jobs, tilflytning til øen med videre.

Biogas er et fremragende eksempel på, at nogle erhvervstyper kan bidrage lokalt på mange niveauer - socialt- miljø- og erhvervsmæssigt. Specielt de to førstnævnte bliver ofte negligeret i diskussionerne over Excel regnearkene. Hvis man i stedet anskuer sin forretningsmodel i et større perspektiv, åbnes der op for samarbejdsmuligheder og skæve relationer, som kan blive afgørende for processen og resultatet.

Arkivfoto: BioPress

*Etablering af biogasanlæg er et fælles projekt, der kan give et bedre miljø, skabe erhvervsudvikling og nye arbejdspladser. Der er omdrejningspunktet for den gode historie og den gode mavefornemmelse.*

Foto: Knud Tybirk

Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Samsø-færgen Prinsesse Isabella, der sejler på flydende metangas. I dag hentes metangassen i Holland, men på Samsø arbejdes der på at etablere et biogasanlæg, der kan forsyne færgen med lokalt produceret biogas fra 2018. På billedet til højre er en medarbejder fra rederiet i færd med at fylde gas på færgen.*

## Samsø som eksempel

På Samsø arbejdes der på at etablere et biogasanlæg, der kan levere flydende metangas til færgen, som i dag sejler på naturgas.

Ud fra en snæver økonomisk betragtning hænger det ikke sammen, men Samsø tror på, at humlebien kan flyve. Der skal ikke kun tænkes i Excel regneark, men også hvad det kommer til at betyde på et lokalt og kommunalt plan. En situation Samsø er tvunget til som ø, men hvis eksempel kan spredes til fastlandet.

I dag er produktionen af biogas baseret på kendt teknologi, men på Samsø er biomasseressourcerne begrænset af øens størrelse og husdyrhold. Så man skal fra starten tænke i alternative løsninger for at få et standardanlæg til at producere den nødvendige mængde gas, og det kræver, at alle aktører er motiverede. Befolkningen skal også være indstillet på, at der kan være gener i form af blandt andet ekstra trafik, men at det er værd at tage med af hensyn til øens udvikling som en miljøvenlig grøn ø, der er selvforsynende med vedvarende energi.

Der kan være stærke værdier i at vise, at Samsø kan og vil stå sammen og løfte opgaven på øen – og fortælle den historie højt. Så kommer investorerne, fordi det er en god historie at koble sig på. Derved kommer også de lokale jobs til maskinmesteren og hans familie, der flytter til øen med tre skolesøgende børn og et beskatningsgrundlag.

> ***"Biogas er et fremragende eksempel på, at nogle erhvervstyper kan bidrage lokalt på mange niveauer - socialt-miljø- og erhvervsmæssigt.***

Det giver mening og en fornemmelse af sammenhæng, som er lettere at identificere på en ø, hvor andre værdier end kroner og øre spiller en mærkbar rolle.

## Ikke kun biogas

Laks og grisefarme samt slagterier bliver lettere at udvikle med et biogasanlæg i baglommen.

Når der etableres et biogasanlæg på Samsø, giver det mulighed for at udvikle alternative forretningsmodeller inden for cirkulær bioøkonomi. I forvejen kan Samsø tilbyde et bæredygtigt afsæt og et brand, hvor det at etablere en laksefarm vil kunne lægge sig op ad biogasanlægget. Forretningsmodellen for en sådan farm kan nemt udvides og skabe indtægtskilder fra biologiske restprodukter – slam fra bassiner og slagteaffald kan bruges til produktion af biogas og levere værdifuld gødning til landbruget. En markant forbedring af forretningsmodellen og et erhvervsbidrag til Samsø.

*Jesper Bandsholm er forskningsassistent ved Aarhus Universitet, Campus Herning, e-mail bandsholm@btech.au.dk.*

*Knud Tybirk er projektleder ved Samsø Kommune, e-mail aukt@samsoe.dk.*

*Trine Balskilde Stoltenborg er projektleder ved EnergiAkademiet, e-mail tbs@energiakademiet.dk.*

Interreg
Öresund-Kattegat-Skagerrak
European Regional Development Fund
EUROPEAN UNION
BioGas2020

# Bakterier kan lave brint og kuldioxid om til metangas

*Af Torben Skøtt*

Omkring 60 gæster fra hele verden var sidst i juni samlet på Renseanlæg Avedøre til indvielsen af et helt særligt opgraderingsanlæg til biogas kaldet BioCat. Bag anlægget står det amerikanske firma Electrochaea, der med støtte fra Energinet.dk og i samarbejde med en række danske og udenlandske virksomheder har udviklet en teknologi, hvor bakterier opgraderer biogas til naturgaskvalitet.

I dag bliver stort set alle nye biogasanlæg koblet til naturgasnettet, og det betyder, at de skal udstyres med opgraderingsanlæg, så man får hævet metanindholdet fra cirka 60 til knap 100 procent. I praksis foregår det ved, at de 35-40 procent af biogassen, som består af $CO_2$, bliver smidt ud i atmosfæren. Det fungerer fint, men det er ikke nogen særlig god løsning. $CO_2$ er som bekendt en drivhusgas og kulstofindholdet (C) vil med fordel kunne anvendes til produktion af brændstof, der blandt andet kan bruges i transportsektoren.

Og det er lige præcis, hvad det nye opgraderingsanlæg hos Avedøre Renseanlæg skal demonstrere. Ved hjælp af bakterier, der producerer metan, når de får tilført kuldioxid og brint, bliver biogassen opgraderet til 98-99 procent rent metan. Derved kan gassen distribueres, lagres og bruges på samme måde som den fossile naturgas, der blandt andet kommer fra Nordsøen.

## International interesse

Brinten til processen stammer fra et elektrolyseanlæg, som henter energi fra den stadigt stigende elproduktion fra sol og vind. Anlægget kan aftage en effekt på ikke mindre end 1 MW, og det giver mulighed for at skrue op for brintproduktionen i de perioder, hvor der er billig vindmøllestrøm på markedet.

Man får således skabt en fornuftig kobling mellem Danmarks rigelige mængder vindkraft og produktion af grøn gas til det danske naturgasnet. Sammentænkning er helt nødvendig, når man skal skabe balance i et energisystem, der i stigende grad bliver baseret på vedvarende energi. Det er baggrunden for, at Energinet.dk har støttet projektet med knap 28 millioner kroner.

Og det er bestemt ikke kun Danmark, der har fået øje på perspektiverne i at kunne lagre strøm fra vindmøller og solceller som grøn gas. En livlig summen på engelsk, tysk og fransk under indvielsen af anlægget vidnede om, at her er der tale om et projekt, som vækker international opmærksomhed – ikke kun blandt forskere, men også blandt kraftværksfolk, energiplanlæggere og bilindustrien.

Audi er således med i projektet, fordi man ser store perspektiver i at kunne producere grøn gas til de omkring halvanden million biler, der hvert år ruller ud fra den tyske bilproducents fabrikker. Audi er overbevist om, at vi langt ud i fremtiden bliver nødt til at have transportbrændstoffer baseret på kulbrinter – elbiler gør det ikke alene. Det kan være en udmærket løsning til personbiler, men det tager formentlig omkring 20 år, før bilparken er kommet over på el, og det er kun halvdelen af transportsektorens energi-

Foto: Torben Skøtt/BioPress

**En lille encellet mikroorganisme, der lever af kuldioxid og brint, kan blive en billig og effektiv metode til opgradering af biogas. Teknikken, der er støttet af Energinet.dk, bliver nu testet i større skala hos Biofos, der renser spildevand for 15 kommuner i Storkøbenhavn.**

forbrug, der kan dækkes på den måde. Den anden halvdel går til den tunge transport som fly, lastbiler og skibe, og her vil kulbrinter fortsat spille en dominerende rolle.

### Robuste bakterier

De bakterier, archaea, som benyttes i BioCat-anlægget er encellede mikroorganismer, som kun er synlige under mikroskop. De hører til blandt de første levende organismer på jorden og kan ofte findes under meget ekstreme miljøforhold, men findes også hos dyr og mennesker. De lever udelukkende af at omdanne kuldioxid og brint til metan, og da de samtidig er meget hårdføre, er det oplagt at bruge dem til opgradering af biogas.

Electrochaeas anlæg er baseret på studier udført af professor Laurens Mets på University of Chicago i perioden 2006-2010. Her fandt han frem til en særlig stamme af archaea, der er robust, har en høj metanproduktion og er let at opformere.

Med støtte fra EUDP blev teknologien testet på et mindre forsøgsanlæg på AU-Foulum i 2012 og 2013. Erfaringerne herfra viste blandt andet, at bakterierne kan tilpasse sig store udsving i tilførslen af brint, så man kan skrue op og ned for brintproduktionen i takt med, at der er mere eller mindre vindmølleström på markedet.

### Fakta

BioCat-anlægget på Renseanlæg Avedøre er udviklet af det amerikanske firma Electrochaea i samarbejde med:

- NEAS ENERGY A/S
- HMN Naturgas I/S
- Biofos
- Audi
- Insero Business Service A/S

Avedøre Renseanlæg hører under Biofos, der renser spildevand for 15 kommuner i Storkøbenhavn. Energinet.dk har støttet projektet med knap 28 millioner kroner gennem ForskEL-programmet. I 2012 og 2013 blev teknologien med støttet fra EUDP testet på et mindre forsøgsanlæg på AU-Foulum.

Processen med at omdanne kuldioxid og brint til metan foregår i en særskilt reaktor, hvor temperaturen er på knap 60 °C.

### Økonomien halter

Med de nuværende rammevilkår, hvor der er afgift på den mængde el, der bruges til produktion af brint, er der ikke økonomi i BioCat-teknologien. Afgifterne skal væk, og der skal være samme tilskud til metaniseret biogas som biogas fra husdyrgødning, før det begynder at ligne noget.

Electrochaea er i øjeblikket ved at undersøge markedsmulighederne rundt om i verden. Ifølge administrerende direktør i Electrochaea, Mich Hein, tyder meget på, at Danmark, Tyskland, Holland, Japan og Island hører til de lande, hvor teknologien er tættest på at kunne få et kommercielt gennembrud.

*Læs mere på www.electrochaea.com.*

# Sådan optimeres produktionen af bioenergi

**Produktionen af biomasse i Danmarks kan øges markant, og hvis vi gør det rigtigt, kan det reducere Danmarks udslip af drivhusgasser med op til 21 procent. Et nyt studie viser, hvordan vi bedst får optimeret produktionen af bæredygtig biomasse til energisektoren.**

*Af Uffe Jørgensen*

BIORESOURCE projektet har analyseret mulighederne for at øge biomasseproduktionen samtidig med at emissionerne til miljøet reduceres. Projektet har desuden undersøgt hvilke konverteringsruter for biomasse til energi, der er mest optimale, således at biomassen integreres bedst muligt i det samlede energisystem.

En interessant biomasseafgrøde er elefantgræs, fordi den med den såkaldte C4 fotosyntese kan omsætte solens energi til biomasse mere effektivt end C3. Men C4 fotosyntese er mere kuldefølsom end den gængse C3 fotosyntese, så projektet har screenet en samling af genotyper indsamlet i Sydøstasien for fotosyntesens kuldetolerance. Selvom den allerede mest udbredte genotype (M. x giganteus) var blandt de mest kuldetolerante, blev der dog fundet enkelte genotyper med bedre produktivitet ved 10-15 °C, som jo er almindelige temperaturer i en dansk sommer. Disse genotyper er blevet udnyttet til nye krydsninger, som nu evalueres.

## Billigere etablering

En dyr og til tider usikker etablering har været en markant hindring for mere omfattende plantning af elefantgræs. Firmaet Vitroform har derfor i projektet arbejdet med at udvikle billige og levedygtige in-vitro planter, der forventes at kunne halvere etableringsomkostningerne for elefantgræs. Det er delvist lykkedes, men kræver yderligere optimering og evaluering, inden teknikken kan markedsføres i større omfang. Sidst i projektet har Vitroform oprettet en filial i Ukraine, hvor der er særligt gode betingelser for vækst i elefantgræs og udnyttelse af den nye teknik til produktion af små planter.

> ***“Firmaet Vitroform har derfor i projektet arbejdet med at udvikle billige og levedygtige in-vitro planter, der forventes at kunne halvere etableringsomkostningerne for elefantgræs.***

## Pil og poppel

Pil og poppel er blevet testet i markforsøg på en række danske og sydsvenske lokaliteter. Det har givet værdifuld viden om sorternes egnethed på tværs af jordtyper og klimaforhold. For poppel har det desværre vist sig, at de italienske sorter, som er blevet plantet i stort omfang i de seneste år, klarer sig meget dårligt i Danmark. Men der er andre sorter, som er interessante alternativer til pil. Poppel er dog markant mest produktiv i mellemlang omdrift (gerne 20-25 år), mens pil er mere egnet til kort omdrift (3-4 år).

Miljøeffekter af pile- og poppelproduktion ved forskellig gødskningspraksis er blevet undersøgt på flere jordtyper. Som oftest kvitterer pil produktionsmæssigt for gødskning, mens poppel ikke ser ud til at have noget særligt behov for gødskning. Og ved de optimale gødningsniveauer for produktion er udvaskningen af nitrat meget lav og ikke meget forskellig fra udvaskningen fra skov og naturarealer.

## Lagring af kulstof

Det antages normalt, at dyrkning af flerårige energiafgrøder vil bidrage med en betydelig lagring af kulstof i jorden. De seneste undersøgelser viser dog, at det ikke altid er tilfældet – effekten kan være meget begrænset.

I BIORESOURCE gennemførtes en grundig analyse af 26 marker med pil og poppel, hvor indholdet af kulstof blev sammenlignet med nabomarker med enårige landbrugsafgrøder. Resultaterne viste, at i marker med flerårige afgrøder var der et øget kulstofindhold i de øverste 10 cm efter op til omkring 30 år efter omlægningen.

Undersøgelsen kom frem til, at ændringerne i gennemsnit var på 180 kg kulstof per hektar per år efter omlægningen. Til sammenligning var den samlede mængde kulstof 30-35 tons per hektar i de øverste 10 cm.

Foto: Toprben Skøtt/BioPress

*Forsøg med dyrkning af energiafgrøder ved AU-Foulum.*

## Biogas eller ethanol

Grundige omsætningsanalyser for elefantgræs høstet grønt eller modent, og forbehandlet ved brug af forskellige metoder, omfattede også sammenligninger af biogasudbytte og sukkerudbytte til etanolproduktion.

Ved tidlig høst af grønt græs var omsætteligheden til biogas størst, mens hydrotermisk forbehandling efterfulgt af enzymatisk hydrolyse gav omtrent samme sukkerudbytte for alle høsttidspunkter og var mere effektiv end biogas ved høst af modent græs. En screening af 23 genotypers omsættelighed til sukker viste betydelig variation med op til 60 procent højere udbytte end den gængse genotype M. x giganteus.

## Udbytter

Ved hjælp af BioCro-modellen er variationen i pile- og elefantgræsudbyttet for hele Danmark blevet modelleret med klimadata for perioden 1990-2010. Resultaterne viste stor sammenhæng mellem udbytte og jordbundstype, under den antagelse at afgrøderne ikke blev vandet.

Det gennemsnitlige årlige pileudbytte blev beregnet til cirka 12 tons tørstof/hektar, mens udbyttet var cirka 10 tons/hektar for forårshøstet elefantgræs. Under antagelse af cirka 1/3 udbyttereduktion ved forårshøst var det gennemsnitlige efterårsudbytte af grønt elefantgræs 15 ton/hektar. Som det fremgår af figuren, er der stor variation i det forventede udbytte, alt efter hvor i landet man befinder sig, og det vil være muligt at opnå betydeligt større udbytter på de mest egnede lokaliteter.

## Reduktion af drivhusgasser

Novozymes har udviklet et regnearksbaseret værktøj til at vurdere påvirkningen af drivhusgasemissioner i et livscyklusperspektiv, når elefantgræs omdannes til etanol og el.

I det værst tænkelige scenarie, hvor elefantgræs antages at fortrænge dansk hvedeproduktion med heraf følgende indirekte arealændringer (iLUC), vil direkte fortrængning af benzin med etanol medføre en drivhusgasreduktion på 83-94 procent afhængigt af høsttidspunktet for elefantgræs, hvilket påvirker kulstofbindingen i jorden. Det er baseret på såkaldt konsekvens-LCA (markedsbaseret livscyklusvurdering).

Benytter man i stedet den LCA-metode, som anvises i EU's VE-direktiv (energi-allokering) anslås drivhusgasreduktionen i forhold til benzin at være på 73-95 procent. Mindre justeringer af analysen pågår stadig.

## +10 millioner tons planen

Den samlede effekt på klimaet af at producere og udnytte mere biomasse blev beregnet med udgangspunkt i scenarier formuleret i +10 millioner tons planen. Her antages omlægninger i landbrugsproduktionen, som ikke vil ændre den nuværende fødevareproduktion væsentligt. Derfor forventes der ikke nogen iLUC. Til gengæld beregnedes en markant reduktion af Danmarks samlede drivhusgasemission på mellem 13 og 21 procent – afhængigt af hvilke scenarier, der implementeres.

Selvom der i scenarierne udnyttes op til 10 millioner tons mere biomasse fra land- og skovbrug til bioraffinering og energiudnyttelse, blev der kun beregnet ganske små nettoændringer af drivhusgasudledningen fra produktionen. Det skyldtes ændringer i kulstofindholdet i jorden samt emissioner af metan og lattergas. Den store samlede effekt skyldes således primært fortrængning af fossil energi i energisektoren.

*Uffe Jørgensen er seniorforsker ved Institut for Agroøkologi på Aarhus Universitet, e-mail uffe.jorgensen@agro.au.dk.*

*Læs mere på www.bioresource.dk og på side 25, hvor der findes en kort omtale af projektet med data for økonomi, deltagere m.v.*

# Kan HALM brænde rent?

Foto: Jørgen Pedersen, AgroTech.

**EU vil stramme kravene til biomassekedler, og det kan blive et stort problem – ikke mindst for producenter af mindre halmkedler. Ny teknologi kan være en del af løsningen, men myndighederne bør samtidig se på, om kravene kan gradueres i forhold til kedeleffekt, afstanden til naboer, og hvilke partikler røggassen indeholder.**

*Af Jørgen Pedersen og Bodil Engberg Pallesen*

En af de helt store udfordringer for producenter af halmkedler er at begrænse emissionen af askepartikler med røggassen. EU's miljømyndigheder mener, at partikeludledningen skal ned, da røggas fra biomassefyrede anlæg er en væsentlig kilde til luftforurening – især i nærmiljøet. Derfor varsler myndighederne nu en revision af den velkendte standard EN303-5, som regulerer luftforureningen fra biomassefyrede kedler på op til 3 MW.

Udspillet har indtil nu været, at fra januar 2018 skal partikeludledningen fra biomasseanlæg ned på under 60 mg aske per kubikmeter røggas. Intet er dog fastlagt endnu, men alt tyder på, at producenterne af halmkedler får overordentlig svært ved at leve op til det krav.

Der findes ganske vist teknologier, som kan klare opgaven. Det velkendte posefilter er således i stand til at filtrere røggas, så emissionen at askepartikler er meget lav, men filtrene er dyre i både installation og i drift, så det er ikke en realistisk løsning til mindre halmanlæg med en effekt på under 1 MW.

## HighTech filtersystem

Producenterne af halmkedler udfolder lige nu ihærdige bestræbelser på at konstruere og optimere kedler

*Foto til venstre: ORC-Halmkedel fra Maskinfabrikken Faust, udstyret med et nyudviklet High-Tech røggasfilter. Røggassen er kun svagt synlig og indeholder meget få sodpartikler.*

og filtre, så røggassen kan blive så ren som muligt, og et nyligt afsluttet EUDP-projekt viser, at ny teknologi kan være en del af løsningen.

Bag projektet står Maskinfabrikken Faust, der i samarbejde med Teknologisk Institut Agrotech har udviklet et relativt billigt hightech røggasfilter til halmkedler.

Målinger af partikelindholdet i røggassen fra det testede filter viste, at partikelindholdet med halm af rimelig kvalitet kom ned på 200 mg per kubikmeter røggas – altså et stykke fra målet på 60 mg.

I projektet indgik også visuel bedømmelse af røgfanen fra skorstenen og de anvendte analysefiltre fra målingerne. Begge dele indikerede, at den anvendte halmkedel med det integrerede filtersystem var i stand til at rense røggassen effektivt i forhold til ældre filtersystemer. Røgfanen var næsten usynlig, selv i klart vejr, og der var ikke sodpartikler på analysefiltrene.

Det lave indhold af aske i røggassen bestod primært af salte, som er naturlige bestanddele i halmen. Det er dog kun en lille del af saltene, som bæres med røggassen ud i det fri – langt hovedparten tilbageholdes i asken som partikler.

## Halm er ikke bare halm

Projektet viste endvidere, at røggassens indhold af askepartikler varierer meget med halmarten. Halm er nemlig ikke bare halm. Kvaliteten afhænger af, hvilken afgrøde det stammer fra, hvor det er bjærget, hvilket år det er høstet, og om det har fået regn, efter det er modnet.

Visse halmtyper er således særlig problematiske, når det handler om udslippet af partikler, mens andre halmtyper brænder næsten rent. Der er dog aldrig udført en systematisk udredning om sammenhængen mellem halmbrændslers oprindelse, deres kemiske sammensætning og udledning af partikler fra kedelanlæg med forskellige filtersystemer.

Behovet for en sådan undersøgelse er stort. Med en velunderbygget klassificering af halm vil det være muligt at udvælge de gode halmtyper til brændsel, og samtidig sortere de ringeste typer fra, så de kun benyttes på store anlæg, hvor der foretages effektiv rensning af røggassen. Klassificering kan således ses som et tiltag til at sikre lavest mulig partikelemission fra anlæg med en effekt på op til 1-3 MW.

## Forskel på partikler

Producenter af halmkedler udfolder lige nu ihærdige bestræbelser på at konstruere og optimere kedler og filtre, så røggassen kan blive så ren som muligt, men de når næppe i mål alene. Myndighederne bør samtidig se på, om de 60 mg per $m^3$ røggas er et realistisk krav, ligesom man bør overveje, om kravene kan gradueres i forhold til kedeleffekt, afstanden til naboer og hvilke partikler røggassen indeholder.

I dag ser myndighederne kun på den samlede mængde af partikler, men partikler kan både være naturligt forekomne salte, og det kan være sod, som dannes ved ufuldstændig forbrænding. Det er klart, at sodpartikler i røgen er sundhedsskadelige, mens naturligt forekomne salte er forholdsvis harmløse.

I dag afhænger kravene til biomassefyrede anlæg af, om anlægget ligger i landzone eller byzone. Imidlertid er afstanden til naboer nok det vigtigste parameter for, om naboerne oplever gener fra kedelanlægget – uanset om det ligger i land- eller byzone.

## Halm er grøn energi

Producenter af halmfyrede kedler er meget interesseret i at udvikle anlæg, som kan overholde myndighedernes krav til partikelemission. Men det er ikke kun producenternes overlevelse, der er på spil. Den grønne omstilling bliver også påvirket negativt, hvis der ikke udvikles kedler, som kan sikre en fornuftig anvendelse af halm til energiproduktion.

Med de rette tiltag og et velvilligt samarbejde mellem kedelproducenter og myndigheder vil der kunne skabes løsninger, så halm fortsat kan være et miljørigtigt brændsel.

Der foregår i øjeblikket drøftelser mellem kedelbranchen og myndighederne om revision af EN303-5. Parterne finder forhåbentlig frem til krav, som er realistiske og kan sikre en bæredygtig energiproduktion fra halm – også fremover.

*Jørgen Pedersen er konsulent hos Teknologisk Institut AgroTech, e-mail jope@teknologisk.dk.*

*Bodil Engberg Pallesen er seniorspecialist hos Teknologisk Institut AgroTech, e-mail bdp@teknologisk.dk.*

## Sverige fører inden for VE til transport

**En sjettedel af al brændstof til transportsektoren i Sverige består nu af biobrændstoffer. Dermed er Sverige det land i Europa, der er længst fremme med at gøre transporten $CO_2$-neutral.**

Mens anvendelsen af biobrændstoffer til transportsektoren i Danmark ligger nogenlunde konstant på 5,5 procent, bliver der løbende solgt mere og mere biobrændstof i Sverige. På det seneste har der især været en betydelig vækst inden for salget af biodiesel, ligesom salget af bioethanol E85 er steget markant efter et betydeligt dyk i 2015, hvor ændrede afgifter fik reduceret salget med 40 procent i forhold til året før.

I første halvdel af 2016 blev der brugt 7,3 TWh biobrændstoffer i Sverige. Det er 16,6 procent af energiforbruget i transportsektoren, og meget tyder på, at det vil stige yderligere i andet halvår af 2016. Den 1. august blev afgifterne nemlig lempet, så det nu er billigere at køre på bioethanol E85 end på benzin. *TS*

*Læs mere på www.svebio.se.*

# JUST EAT tester methanol-drevet brændselscellebil

## Europas første indregistrerede methanoldrevne brændselscellebil ruller nu ud på de danske veje. De næste par måneder skal bilen bringe mad ud i Aalborg for Just Eat.

*Af Torben Skøtt*

Udefra ligner den en ganske almindelig Fiat 500, men kigger man nærmere efter, finder man hurtigt ud af, at bilen ikke har mange lighedspunkter med den model, vi normalt ser i gadebilledet

For det første er benzinmotoren skiftet ud med eldrevet af slagsen, der er en kraftig batteripakke, og som noget ganske særligt er der brændselsceller, der får energi fra en tank med methanol. Som ren elbil har en Fiat 500 en rækkevidde på sølle 100 kilometer, men med brændselscellerne når rækkevidden op på omkring 800 kilometer. Skal man endnu længere omkring, tager det ikke mange minutter at fylde tanken op med methanol, så i princippet har man samme rækkevidde, som med benzin- og dieselbiler.

Det kræver dog, at man har styr på, hvor man kan købe methanol, for i dag er det ikke noget, almindelige tankstationer ligger inde med. Indtil videre er der kun én tankstation i Danmark, der har en stander til methanol, men hvis methanoldrevne biler bliver et almindeligt syn på vejene, tager det næppe lang tid at få etableret et landsdækkende net af forhandlere. Det er ikke vanskeligere, end dengang tankstationerne skulle have både have blyholdig og blyfri benzin i standerne.

### Støttet af EUDP

Bilen er et led i et projekt med det ikke særligt mundrette navn Modular Energy Carrier Concept, som EUDP har støttet med knap 8 millioner kroner. Ideen går ud på at udvikle et brændselscellemodul til batteribiler, så rækkevidden bliver udvidet fra få hundrede kilometer til omkring 800 kilometer. Udgangspunktet har været en opbygget Fiat 500, men i princippet vil konceptet kun tilpasses langt de fleste elbiler.

I løbet af det seneste år har bilen løbende været på gaden for at få testet teknikken – nu skal bilen stå sin sande test blandt helt almindelige brugere.

– Vi vil sikre, at teknologien matcher kundernes behov og interesser. Derfor gennemfører vi nu et "Living-Lab setup", hvor vi tester, at teknologien fungerer i en hverdag og i al slags trafik, fortæller projektleder, Jens Christian Lodberg Høj fra Insero. Han har ledet projektet i samarbejde med Serenergy, der har leveret brændselscellerne og ECOmove, der arbejder med udvikling af klimavenlige køretøjer.

*“Kina er et meget interessant marked. Allerede i dag dækker methanol ti procent af kinesernes transportbehov, de har titusindvis af elbusser, og der er kommet meget fokus på at nedbringe forureningen i byerne. Det er her, vi har de store muligheder.*

*Kommerciel chef Mads Friis Jensen*

## HT-PEM eller LT-PEM

Rækkeviddeforlængeren er baseret på brændselsceller af typen HT-PEM, der arbejder ved en temperatur på omkring 150 ºC i modsætning til LT-PEM, der i dag bruges i stort set alle brændselscellebiler, og som kan nøjes med en temperatur på omkring 75 ºC.

Den højere temperatur har både fordele og ulemper. Den helt store fordel er, at HT-PEM er langt mindre følsom overfor urenheder i brændstoffet, og det gør, at man kan bruge et flydende brændstof som methanol, der konverteres til brint i bilen. Man kan altså genanvende den eksisterende infrastruktur for flydende brændsler og lagre energi i en simpel brændstofstank, som man kender det fra benzin- og dieselbiler.

Ulempen ved HT-PEM er først og fremmest, at det tager omkring 15 minutter inden brændselscellen er varm nok til at levere tilstrækkelig effekt til elmotoren. Det problem kan naturligvis løses ved at have en batteripakke, men det bliver en relativ dyr løsning, når bilen både skal udstyres med batterier, brændselsceller og en reformer, der kan konvertere methanol til brint. Det trækker dog i den rigtige retning, at batterikapaciteten naturligvis kan reduceres, når den kun skal bruges ved koldstart.

Der er således en del fordele ved methanol, så når bilindustrien næsten udelukkende satser på LT-PEM, hænger det først og fremmest sammen med, at det er den teknologi, der kom først på markedet. Det mener i hvert fald kommerciel chef hos Serenergy, Mads Friis Jensen:

– Når bilindustrien ikke har fået øjnene op for methanol og HT-PEM, er det fordi, deres udvikling startede i 90'erne. Da de gik i gang med at udvikle biler til brændselsceller var der reelt kun én teknologi, som kunne bruges, nemlig LT-PEM. Den teknologi har de brugt 25 år på at forfine og markedsføre, og det gør det overordentlig vanskeligt at skifte spor, nu hvor der er kommet andre teknologier på markedet.

En enkelt af de store bilproducenter, nemlig Nissan, har dog valgt at gå deres helt egen vej, så de satser hverken på brint eller methanol. Bilen skal derimod køre på bioethanol og udstyres med en speciel type SOFC brændselsceller, der kræver en arbejdstemperatur på omkring 800 ºC, så her bliver der virkelig brug for batterierne, når bilen er kold.

Nissan forventer at sende deres brændselscellebil på markedet i 2020. Den er i første omgang tiltænkt Brasilien, der har en vidt forgrenet net af tankstationer til bioethanol.

## En udfordring

Mads Friis Jensen er helt på det rene med, at det kan være en stor udfordring at få bilindustrien til at sætte methanoldrevne brændselscellebiler i masseproduktion. Derfor satser Serenergy i første omgang på at ombygge varevogne og ikke mindst busser.

– Med methanol og brændselsceller kan brændstofudgifterne reduceres med omkring 30 procent. Det betyder måske ikke så meget for den private forbruger, men hvis man bruger mange millioner kroner om året på brændstof, bliver det pludselig meget interessant. Det er noget, der vækker interesse – ikke mindst inden for den kollektive transport, pointerer Mads Friis Jensen.

Og når det handler om storforbrugere, kommer man ikke uden om Kina, der både har elbusser, methanol og et veludbygget system til offentlig transport.

– Kina er et meget interessant marked. Allerede i dag dækker methanol ti procent af kinesernes transportbehov, de har titusindvis af elbusser, og der er kommet meget fokus på at nedbringe forureningen i byerne. Det er her, vi har de store muligheder, slutter Mads Friis Jensen.

*Læs mere om methanoldrevne brændselsceller på www.serenergy.com.*

# Nyt forskningscenter vil finde en genvej til grøn olie

**Et nyt forskningscenter på DTU skal finde løsninger på, hvordan vi bedst konverterer energi fra sol og vind til kemikalier og brændstof til den tunge transport. Målet er, at vi på den måde kan omdanne solens energi 20 gange mere effektivt til brændstof, end vi kan med energiafgrøder.**

*Af Torben Skøtt*

Med 150 millioner kroner i ryggen fra VILLUM FONDEN har en gruppe af verdens førende forskere fået mulighed for at etablere et center på DTU, der skal finde nye metoder til fremstilling af brændstoffer og kemikalier uden brug af fossil energi. Centret blev indviet den 10. august af uddannelses- og forskningsminister Ulla Tørnæs.

– Forskning i nye løsninger inden for brændstoffer og energi er en vigtig brik i arbejdet med at nå regeringens grønne ambitioner. Det er centralt, at vi samarbejder på tværs af grænser – både mellem offentlige videninstitutioner og private virksomheder og mellem lande. Det nye center på DTU er et flot eksempel på det, og jeg er meget glad for den store bevilling fra Villum Fonden, sagde Ulla Tørnæs ved indvielsen.

VILLUM Center for the Science of Sustainable Fuels and Chemicals, som det officielt hedder, bliver ledet af professor Ib Chorkendorff. Han har samlet et team af internationalt førende forskere fra DTU, Stanford University, Københavns Universitet og Syddansk Universitet, der tidligere har arbejdet sammen om forskning inden for energi og brændselsstoffer.

Det nye forskningscenter er opstået på baggrund af VILLUM FONDENS jubilæumsbevilling på 150 millioner kroner og er fondens største forskningsbevilling nogensinde. Håbet med bevillingen er at kunne bidrage til den langsigtede beskyttelse af jordens klima og miljø – uden at skulle skære drastisk i det energiforbrug, vores samfund bygger på i dag.

Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Til venstre: Uddannelses- og forskningsminister Ulla Tørnæs.*

*Til højre: Professor på DTU Fysik Ib Chorkendorff der skal lede det nye center.*

## Den perfekte katalysator

Omdrejningspunktet for det nye center bliver udvikling af nye katalysatorer, der populært sagt kan konvertere sol og vind til lagerstabile brændstoffer og kemikalier.

Problemet er nemlig ikke mangel på energi. Vi får masser af energi fra solen, som vi kan bruge til at producere el og varme, men vi har brug for kulbrinter til kemikalier og flydende brændstoffer, der kan bruges til den tunge transport. Derudover skal vi blive bedre til at lagre energien for at kunne skabe balance i energisystemet eller som Ib Chorkendorff udtrykte det ved

Foto: Torben Skøtt/BioPress

indvielsen: "If we want to have fun after four – we must learn how to store."

I dag produceres der verden over store mængder flydende og gasformige brændstoffer, baseret på biomasse. Det er relativt simpelt at omsætte biomasse til for eksempel biogas eller biodiesel, men det er ikke en særlig effektiv metode, når det handler om at få mest mulig energi ud af solen.

– Med biomasse kan vi få 0,4 watt ud af en kvadratmeter. Bruger vi vind kan vi få 4 watt ud af samme areal og med solceller kan vi nå op på 18 watt. Tænk over det næste gang I kører forbi en mark med biomasse, sagde Ib Chorkendorff ved indvielsen.

Han lagde ikke skjul på, at el naturligvis kommer til at dække en større og større del af vores energiforbrug, men der vil stadig være behov for at kunne lagre og bruge energi i form af molekyler – batterier kan ikke klare det alene.

> *"Vi kan altid flytte rundt på molekylerne. Det handler om at kunne fremstille den perfekte katalysator: Den skal have en høj virkningsgrad, lang levetid og være baseret på materialer, som vi har rigeligt af.*

### Vi kan altid flytte molekyler

Indvielsen af det nye center bød på indlæg fra flere forskere, der arbejder med forskellige indgange til, hvordan man kan konvertere én energiform til en anden.

Det er velkendt, at vand kan spaltes i ilt og brint ved hjælp af el, som vi kan få rigeligt af fra sol og vind. Efterfølgende kan brintatomer og kulstofatomer fra for eksempel $CO_2$ omdannes til metangas i en katalytisk proces, og vil man hellere have et flydende brændstof kan metangassen konverteres til for eksempel syntetisk benzin.

– Vi kan altid flytte rundt på molekylerne. Det handler om at kunne fremstille den perfekte katalysator: Den skal have en høj virkningsgrad, lang levetid og være baseret på materialer, som vi har rigeligt af, forklarede Ib Chorkendorff.

Umiddelbart lyder det enkelt, og kemisk katalyse har da også været kendt siden 1800-tallet. Den store udfordring er fortsat at finde de helt perfekte katalysatorer, og det er lidt som at bore efter olie.

– Vi ved godt, at der ikke er nogen garanti for resultater, men vi er villige til at løbe risikoen, sagde bestyrelsesformand Jens Kann-Rasmussen fra Villum Fonden ved indvielsen.

### De næste otte år

Bevillingen fra VILLUM FONDEN på 150 millioner kroner skal fordeles over de kommende otte år, men derudover er der naturligvis mulighed for, at centeret kan supplere med bevillinger fra andre fonde og forskningsprogrammer. Centrets forskning vil ske igennem seks delprojekter, der har forskellige faglige tilgange og dermed supplerer hinanden i arbejdet med at forbedre katalysatorer.

– Jeg skal være dirigenten, og jeg vil sørge for, at det bliver en blanding af teori og eksperimenter. Derudover vil jeg lægge vægt på, at vi også får uddannet næste generation af forskere, siger Ib Chorkendorff og fortsætter:

– Jeg har en drøm om, at vi med arbejdet i det nye center når et forskningsmæssigt gennembrud. Det ville for eksempel være fantastisk, hvis vi lykkes med at udvikle teknologien, så det bliver muligt ved hjælp af solceller at høste 20 gange så meget energi på et givent areal i form af for eksempel ethanol, sammenlignet med hvad man kan med energiafgrøder. Eller at finde en erstatning for flybrændstof, så man kan flyve uden anvendelse af fossile brændsler.

# Solcelle kan lave brint med en virkningsgrad på 14 procent

**Schweiziske forskere har udviklet en teknik, så solenergi kan omdannes direkte til brint. Et anlæg på 12-14 m² vil på årsbasis kunne fremstille tilstrækkeligt med brint til 10.000 kilometers kørsel i en brintbil.**

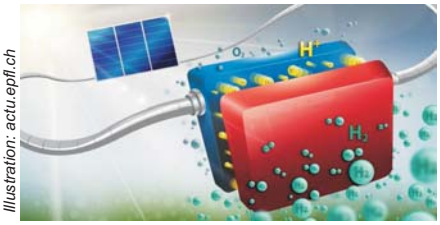


Illustration: actu.epfl.ch

Det er forskere ved det tekniske universitet EPFL og den schweiziske forskningsinstitution CSEM, der har fremstillet en prototype på et kombineret solcelle/elektrolysemodul, som kan omdanne solens stråler direkte til brint. Ifølge forskerne bliver der ikke brugt dyre ædelmetaller til fremstilling af anlægget, og systemet er i det store og hele baseret på gennemprøvede og effektive komponenter fra industrien.

Modulet har indtil videre været i drift i mere end 100 timer. Virkningsgraden er på 14,2 procent, og det betyder, at et anlæg på 12-14 m² på årsbasis vil kunne producere tilstrækkeligt med brint til 10.000 kilometers kørsel i en brintbil. Det skriver EPFL på sin hjemmeside.

– Når vi taler virkningsgrad for anlæg uden brug af ædelmetaller er der tale om en verdensrekord, og det er også et anlæg, der giver en høj grad af stabilitet, siger Christophe Ballif, der er en af forskerne bag projektet.

Han suppleres af Jan-Willem Schüttauf fra CSEM, der betegner systemet som unikt, fordi det er billigt samtidig med, at det har en høj virkningsgrad og en lang levetid. Teknologien er nemlig baseret på krystallinske silicium-celler, der tegner sig for omkring 90 procent af markedet for solpaneler, og er kendt for at have en levetid på over 25 år.

*Kilde: actu.epfl.ch.*

# GAS – også i fremtiden

**Forskningsprojektet FutureGas skal i de kommende fire år være med til at sikre en bedre integration af gas i Danmarks energiforsyning til gavn for klimaet. DTU Management Engineering og 17 partnere fra både industri, universiteter og offentlige institutioner er med i projektet.**

*Af Tejs Laustsen Jensen*

Gas er en central del af det danske energisystem, men den grønne omstilling og forandringerne i energisystemet betyder, at gassens rolle i det danske energilandsskab ændrer sig. Men gas er fortsat vigtigt, og derfor skal et nyt stort projekt med støtte fra Innovationsfonden klarlægge, hvordan vi bedst muligt indretter fremtidens gassystem i samspil med det samlede energisystem.

Hver dag har både industri og borgere glæde og gavn af energien fra gasnettet, og gasnettet og de to tilknyttede gaslagre tjener samtidig som energilagre af stor betydning for forsyningssikkerheden. Men som resten af energilandsskabet er også gassektoren under forandring. Selvom gas er blandt de reneste fossile brændsler, skal der også her ske en omlægning til et kommende $CO_2$-neutralt energisystem, hvor naturgassen på sigt fases ud.

## Hold fast i gasstrukturen

Det kan dog betale sig at holde fast i både gas og gasinfrastruktur. Gassystemet rummer rigtig mange muligheder, og grønne gasser som brint og biogas er både herhjemme og internationalt i kraftig vækst. Samtidig giver gas som bekendt unikke muligheder for lagring af energi. En egenskab, der bliver stadigt vigtigere i en fremtid, hvor de vedvarende energikilder skal udgøre en støt stigende del af det samlede energiforbrug. Men hvis vi skal sikre den optimale udnyttelse af gassen – alene og i samspil med de øvrige dele af energisystemet, skal vi tilegne os ny viden, nye kompetencer og forske mere i den mest optimale indretning af gassystemet.

## FutureGas

Det er baggrunden for, at en lang række centrale aktører fra gasbranchen og forskningsverdenen, under ledelse af DTU Management Engineering, er gået sammen i projektet FutureGas, der er støttet af Innovationsfonden. Projektet skal forske i hele forsyningskæden for gassystemet, herunder hvordan gas fremadrettet integreres optimalt i det samlede energisystem og spiller sammen med el, varme og ikke mindst transportsektoren. Her er ikke mindst udviklingen af den grønne del af gassektoren, og potentialet i øget energilagring, vigtige fokuspunkter.

Det er af endog meget stor betydning for både klimamålsætninger, det danske energisystem og for danske arbejdspladser og dansk erhvervsliv, at vi har den viden og de kompetencer, der skal til for at udvikle gassektoren i fremtiden. Ikke mindst derfor er FutureGas-projektet et vigtigt bidrag til ikke bare gassektoren, men til hele energisektoren.

*Tejs Laustsen Jensen er direktør i Partnerskabet for brint og brændselsceller, e-mail tlj@hydrogennet.dk.*

Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Der er god grund til at holde fast i både gas og gasinfrastruktur. Grønne gasser som brint og biogas kan dække en betydelig del af transportsektorens energibehov, og gaslagrene giver unikke muligheder for lagring af energi.*

# Fabrikker til 2G bioethanol står stille det meste af tiden

**Det er ikke kun italienerne, der har svært ved at få deres anlæg til fremstilling af 2G bioethanol i stabil drift. De brasilianske 2G-fabrikker er kun i drift i fem procent af tiden, viser en ny rapport over Brasiliens ethanolproduktion.**

Crescentino-anlægget i Norditalien, der er Europas eneste fabrik til fremstilling af 2G bioethanol, har gevaldig svært ved at nå målet om at producere 50 millioner liter bioethanol om året, og det fik for nylig Novozymes til at nedskrive sin andel af fabrikken til nul – en afskrivning på ikke mindre 650 millioner kroner. Den danske enzymproducent måtte efter en længere indkøringsperiode konstatere, at anlægget kun kunne producere omkring 30 procent af den budgetterede mængde ethanol, og at markedet slet ikke havde udviklet sig som forventet.

Hos verdens anden største producent af bioethanol, Brasilien, går det heller ikke for godt med at producere ethanol på basis af cellulose. Landet har tre sådanne fabrikker med en samlet produktionskapacitet på 127 millioner liter, men industrien forventer, at de kun vil levere 6 millioner liter 2G bioethanol i år og lidt mere i 2017. Det svarer til, at den mængde bioethanol, der bliver sendt ud fra fabrikkerne, kun udgør 5-6 procent produktionskapaciteten.

Tallene fremgår af den seneste årsrapport over ethanolindustrien som Brasilien har indsendt til USDA Foreign Agriculture Service. Heraf kan man også se, at landet forventer at producere 30 milliarder liter bioethanol i 2016, hvoraf omkring 93 procent går til transportsektoren.

Produktionen foregår på 383 fabrikker, som producerer bioethanol på basis af sukkerrør. Den samlede produktionskapacitet er på omkring 40 milliarder liter om året, og i år forventes omkring 75 procent af kapaciteten således at blive udnyttet.

I Brasilien er fabrikkerne til 2G bioethanol opført i tilknytning til de anlæg, der producerer ethanol på basis af sukkerrør, så man på den måde kan få udnyttet hele sukkerrørsplanten. Med fuld udnyttelse af kapaciteten på 2G-anlæggene vil man på den måde kunne øge produktionen af bioethanol med omkring 50 procent uden at lægge beslag på mere landbrugsjord. *TS*

*Rapporten om Brasilien ethanolproduktion kan hentes her.*

*Kilde: www.ethanolproducer.com.*

Foto: www.granbio.com

*2G bioethanolanlægget Bioflex I, opført af GranBio i 2014. Det ligger cirka 55 kilometer fra havnebyen Maceió på Brasiliens vestkyst.*

## Beslutning om dansk fabrik til halmethanol udskudt i tre år

**Konsortiet bag Maabjerg Energy Center har bedt Energistyrelsen om at få udsat fristen for opstart af danmarks første fabrik til fremstilling af halmethanol.**

Konsortiet fik i sommeren 2014 tilsagn om 293 millioner kroner i støtte fra EU, men beslutningen om et dansk iblandingskrav og hvordan man skal finansiere anlægget har trukket ud. Det har for nylig fået folkene bag det milliarddyre projekt til at søge Energistyrelsen om udsættelse, skriver Energy Supply.

– Det er sådan, at vi helt konkret har anmodet Energistyrelsen om at få forlænget vores frist hos EU Kommissionen fra 1. juli 2017 til 1. juli 2020. Vi mener, at det er nødvendigt med den her tre års forlængelse, forklarer Søren Holm Pedersen fra Vestforsyning til Energy Supply.

I maj måned stod det klart, at et flertal i Folketinget vil stille krav om, at 0,9 procent af energiforbruget til transport skal dækkes med avancerede biobrændstoffer. Hvis der udelukkende bliver tale om halmbaseret bioethanol betyder det, at der skal blandes 2,5 procent halmethanol i benzinen fra 2020.

Dermed er én af de helt store hurdler for opførelse af fabrikken ryddet af vejen. Tilbage står finansieringen, hvor der er et udestående behov på omkring 2,1 milliarder kroner. Her vil Maabjerg Energy Center have ændret varmeforsyningsloven, så de to konsortiepartnerne Vestforsyning og Struer Forsyning kan få lov til at investere i fabrikken, der vil få status af demonstrationsanlæg.

Hele anlægget vil koste 3,1 milliarder kroner, men i dag råder konsortiet over en egenkapital på 230 millioner kroner og eksisterende realkreditlån på cirka 800 millioner kroner. *TS*

## Brintdrevet truck med megalang rækkevidde

**Amerikanske Nikola Motor Company forventer at kunne sende selskabets første brintdrevne lastbil på gaden til december. Den får imponerende 1.000 hestekræfter og en rækkevidde på op mod 1.900 kilometer.**

Lastbilen med modelbetegnelsen Nikola One skulle oprindeligt have været en eldrevet hybrid med et 320 kWh stort batteri og en gasturbine til at oplade batteriet for på den måde sikre en tilstrækkelig lang rækkevidde. Den version vil stadig blive tilbudt lande, hvor der ikke er brinttankstationer, men Nikola Motor Company satser nu primært på brintdrevne brændselsceller og har i den forbindelse planer om at etablere 50 brinttankstationer i USA og Canada frem mod 2020.

Nikola Motor Company har en vision om, at der ikke må være emissioner, hverken fra produktion af lastbilerne eller når de er ude på landevejene. Derfor vil selskabet bygge en række solfarme på hver 100 MW, hvor der skal fremstilles brint via elektrolyse.

Sammenlignet med danske forhold bliver det lidt af en monstertruck, Nikola sender på gaden. Herhjemme har de største lastbiler til eksport en effekt på omkring 500 hestekræfter. Nikola One får 1.000 hestekræfter under hjælmen, og det er endda en halvering i forhold til den første eldrevne model med batterier og gasturbine.

*Kilde: nikolamotor.com/one.*

## Sønderjyske busser skal køre på biogas

**Fra juni 2017 skal den kollektive trafik i Sønderborg Kommune køre på $CO_2$-neutral biogas, og der arbejdes på højtryk på at etablere et biogasanlæg, så gassen kan produceres lokalt.**

Leverancen af den grønne biogas har været i udbud og skal leveres af Nature Energy, der også står for at opføre selve tankanlægget til kommunens nye gasbusser. Det bliver etableret på Rønsdam i Ragebøl, hvor der også kan tankes klimavenlig biogas på andre køretøjer, herunder renovationsbiler, hjemmeplejebiler, lastbiler med videre. Offentlig adgang gør, at også private gasbilister får mulighed for at køre grønt og klimavenligt.

Og biogassen skal selvfølgelig produceres lokalt. Derfor arbejdes der for tiden på højtryk med at skabe opbakning til etablering af et stort biogasanlæg i Blans mellem Sønderborg og Aabenraa.

Vejtransporten står for 27 procent af $CO_2$-udledningen i Sønderborg Kommune. Det er derfor et stort skridt på vejen mod visionen om et $CO_2$-neutralt Sønderborg i 2029, når den kollektive trafik fra sommeren 2017 kører på biogas. Ved omlægningen fra diesel til biogas reduceres $CO_2$-udledningen fra kommunens busser med cirka 2.700 ton $CO_2$ om året.

*Kilde: www.ufm.dk.*

## Kartofler kan ikke lide biochar

**Opbygning af jordens kulstofpulje er et plus for klimaregnskabet og de fleste afgrøder, men når det handler om kartofler kan effekten være negativ.**

En række undersøgelser har vist, at tilsætning af biochar til jorden kan øge jordens frugtbarhed, forbedre planternes udnyttelse af næringsstoffer, forbedre jordens vandbindingskapacitet, øge afgrødernes udbytte og reducere udledningen af drivhusgasser.

Men hvis man er kartoffelavler kan man godt få armene ned. Biochar og kartofler passer ikke særlig godt sammen – i hvert fald ikke, hvis man også vil spare på vandkontoen. Det viser forskning fra Aarhus Universitet.

Biochar eller biokul er betegnelsen for det kulstofholdige produkt, der er tilbage, når biomasse omdannes til gas og olie i en termisk proces. Hvis man populært sagt skruer ned for energiproduktionen, kan en større del af kulstoffet føres tilbage til landbrugsjorden og på den måde reducere udslippet af klimagasser.

Tidligere forsøg har vist, at især vinterhvede har godt af at få tilført biochar, men hvis det handler om kartofler kan der altså have en negativ effekt – især hvis jorden er gødsket med fosfor eller udsat for tørke.

*Kilde: dca.au.dk.*

Foto: Nikola Motor Company

*Nikola One med batterier og brintdrevne brændselsceller får en rækkevidde på op imod 1.900 kilometer. Lastbilen kommer på gaden til december.*

## Fremtidens ubåde bruger brændselsceller

**Den amerikanske flåde og General Motors tester for tiden ubemandede ubåde med brændselsceller. Det giver længere rækkevidde og en mere konstant effekt end ved batteridrift.**

Det er Naval Research Laboratory der sammen med GM tester en miniubåd med brændselsceller på Naval Surface Warfare Center i Carderock, ikke langt fra Washington.

– Vores forsøg viser, at brændselsceller kan blive en "game changer" inden for ubemandede ubåde, siger Frank Herr fra Ocean Battlespace Sensing. Han begrunder det med, at brændselsceller er omkostningseffektive, driftssikre og kan levere et højt energioutput. Dertil kommer, at brændselsceller er en miljøvenlig teknologi, der kan reducere forbruget af fossile brændsler, reducere klimabelastningen og gøre det muligt at lagre energi fra sol og vind. Endelig er det et stor plus for flåden, at påfyldning af brint til brændselscellerne kan klares på få minutter.

*Kilde: media.gm.com.*

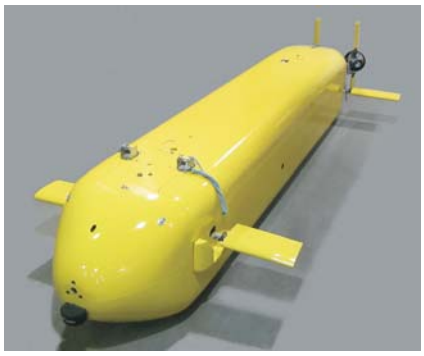


Foto: Office of Naval Research

*Små ubemandede ubåde kan med fordele blive drevet frem af brændselsceller, viser forsøg som den amerikanske flåde og GM står bag.*

## Fuld fart på opførelsen af REnescience-anlæg

**Håndværkere og teknikere på DONG Energy's byggeplads i Northwich i England arbejder på højtryk på at færdiggøre verdens første fuldskala REnescience-anlæg.**

Anlægget, der skal være klar til drift i begyndelsen af 2017, bliver det første af sin art i verden, der er i stand til at opdele husholdningsaffald i forskellige fraktioner, så man kan udvinde biogas af den organiske del, mens andre fraktioner kan genbruges eller anvendes som brændsel.

– Alle de anaerobe biogastanke, hvor det organiske stof bliver nedbrudt, er nu blevet opført. Derudover er både biogasfaklen og skorstenen til gasmotorerne på plads nu, og arbejdet med at etablere betonsokler til rørsystemerne er også godt i gang, fortæller projektleder Flemming Ravnholt Kanstrup fra DONG Energy.

DONG Energy vil finansiere, bygge og drive anlægget i det nordvestlige England og undersøger samtidig mulighederne for at opføre lignende anlæg andre steder i verden.

Udviklingen af REnescience-teknologien er støttet af EUDP og Energinet.dk.

*Kilde: www.ufm.dk.*

Foto: DONG Energy

*REnescience-anlægget i Northwich i England, der skal være klar til drift i begyndelsen af 2017.*

## Bedre og billigere brændselsceller på vej

**Forskere ved Washington State University har udviklet et nyt nanomateriale, der kan forbedre effektiviteten og sænke omkostningerne ved fremstilling af brændselsceller.**

I dag bruges ædelmetaller som platin til fremstilling af brændselsceller, og det er en af de største barrierer for at skabe et større kommercielt gennembrud. Ifølge Wikipedia er platin 30 gange så sjældent som guld og koster omkring 50 procent mere end guld. Det presser prisen på brændselsceller i vejret, og det sætter en naturlig grænse for, hvor mange brændselsceller der kan produceres.

Ved Washington State University er det imidlertid lykkedes en forskergruppe under ledelse af professor Yuehe Lin at reducere mængden af ædelmetaller markant. Det skriver universitetet på sin hjemmeside.

Gennembruddet kom, da man fandt ud af at bruge metalbaserede aerogeler til fremstilling af brændselsceller. Aerogeler består for 92 procent vedkommende af luft. De er meget porøse, har et stort overfladeareal, hvilket gør dem velegnede som katalysatorer i elektroderne på en brændselscelle.

Oprindelig tog det tre dage at fremstille aerogelerne, men nu er det lykkedes at få produktionstiden ned på kun seks timer, og det er en stor fordel, når aerosolerne skal indgå i en masseproduktion.

*Kilde: news.wsu.edu.*

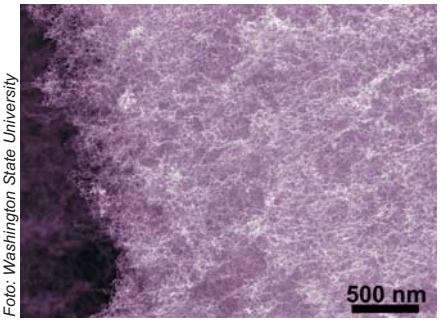



Foto: Washington State University

*Metalbaserede aerogeler på nanoskala er meget porøse og har et stort overfladeareal.*

## Ti nye brintbusser til Korsør

**En EU-bevilling på 17,3 millioner kroner til ti nye brintbusser i Korsør har for alvor sat Danmark på verdenskortet, som et land hvor brint er på vej til at spille en afgørende rolle inden for transport.**

EU-bevillingen til brintprojektet, der fysisk er placeret i Korsør, er unikt, da det er den eneste bevilling, der er givet til et nordisk land inden for grøn omstilling af tung trafik med brint. Det skriver Energy Supply.

– Vi kan næsten ikke få armene ned, for det er stort. Det betyder, at EU har godkendt vores projekt, der er udviklet sammen med Slagelse Kommune og energiforsyningsselskabet SK Forsyning A/S, siger David Drachmann-Sunne, direktør for energiprojektvirksomheden EUE ApS, der har stået for ansøgningen.

Projektet i Korsør er af EU udvalgt sammen med otte andre europæiske byer. I alt er der tale om 140 brintbusser, der i de kommende år skal ud at køre på de europæiske veje.

Danmark har i dag ti tankstationer til brint, og dermed har halvdelen af befolkningen mindre end 15 kilometer til en brinttankstation. Det er det mest fintmaskede net af brinttankstationer i verden.

*Kilde: www.energy-supply.dk og www.brintbiler.dk.*

## Bogense er billigst med fjernvarme på Fyn

**Beboerne i Bogense på Fyn kan glæde sig over, at de har Fyns billigste fjernvarmepris. En væsentlig årsag til den lave varmepris er, at det er borgernes haveaffald, der bliver brugt som brændsel.**

Varmeprisen er i år på 375 kroner per MWh inklusive moms, og dermed er værket det billigste på Fyn. En væsentlig årsag til at varmeprisen er kommet ned på det niveau er samarbejdet mellem Bogense Forsyningsselskab og Nordfyns Kommune. Borgernes haveaffald, der læsses af på de kommunale genbrugsstationer i Bogense og Otterup, ender nemlig som brændsel i varmeværkets biomasseovn.

Det kan lade sig gøre, fordi varmeværket i 2012 investerede i en såkaldt multibrændselsovn, udviklet af Dall Energy. Projektet blev støttet af EUDP, da ovnen var den første af sin art, og der var tale om helt nye principper, hvor man populært sagt kombinerer de bedste egenskaber fra forgasning og forbrænding. Derved får man en ovn, der er miljøvenlig, effektiv, og meget fleksibel hvad angår brændselsvalg. Selv ved lav belastning har ovnen en høj virkningsgrad, og det gør, at man kan undgå at investere i en "sommerkedel".

*Kilde: www.fyens.dk og www.danskfjernvarme.dk.*

## 50 procent mere biogas fra spildevandsslam

**Sidst i august var der officiel indvielse af Billund BioRefinerys såkaldte Exelys-anlæg, der kan øge biogasproduktionen fra spildevandsslam og andet organisk affald med 50 procent.**

Hos Billund BioRefinery tænkes alle ressourcerne sammen i én samlet behandling af husholdningsaffald, organisk industriaffald, spildevandsslam samt gylle og andet organisk affald. På den måde kan der optimeres til det helt rigtige mix, som giver den mest effektive udnyttelse af biomassen.

Hjertet i Billund BioRefinery er en patenteret teknologi kaldet Exelys – en biogasproces, hvor der indgår termisk elektrolyse, og som er i stand til at øge produktionen af biogas med op til 50 procent. Samtidig reduceres slammængden med 30 procent, og det gør affald til en værdifuld, lokal råvare.

Billund BioRefinery udvikles i samarbejde mellem Billund Vand og miljøkoncernen Krüger, der har udviklet Exelys-teknologien sammen med en række andre teknologier, som Billund BioRefinery har taget i brug.

Exelys-anlægget blev officielt indviet den 30. august af Venstres naturordfører og medlem af Miljø- og Fødevareudvalget, Anni Matthiesen.

*Kilde: www.billundbiorefinery.dk.*

# Dall Energy vil have gang i eksporten

**Dall Energy har modtaget 370.000 kroner i støtte fra EU til at udvikle en forretningsmodel, så virksomheden for alvor kan komme ud på eksportmarkederne. I den nærmeste fremtid forhandles der om nye ordrer til blandt andet Frankrig og Guatemala.**

Det er en særlig ordning for små og mellemstore virksomheder under Horizon 2020, der har bevilget 50.000 euro til Dall Energy. Pengene skal bruges på at udvikle en forretningsmodel og udarbejde en ansøgning til næste fase, hvor Dall Energy søger om et større millionbeløb til et konkret projekt i udlandet.

– Lige nu forhandler vi med en fransk energikoncern, Dalkia, der leverer energianlæg til både fjernvarmesektoren og industrien. De har forskellige projekter i udsigt, hvor det vil være oplagt at bruge vores ovn, der udmærker sig ved lav miljøbelastning og et fleksibelt brændselsvalg, fortæller direktør i Dall Energy, Jens Dall Bentzen.

Et af projekterne i Frankrig handler om at bruge røggassen fra Dall Energys multibrændselsovn til tørring i keramikindustrien, mens et andet projekt drejer sig om at bruge forbehandlet husholdningsaffald til energiproduktion.

Ud over Horizon 2020-projektet har Dall Energy travlt med en række andre projekter: Der er en god dialog med flere danske virksomheder, der har fået øje på de mange kvaliteter ved multibrændselsovnen, og hvis alt går vel, kan der blive tale om stort projekt i Guatemala, hvor der skal opføres hele fem energianlæg.

Udviklingen af Dall Energys teknologi er blevet støttet af EUDP.

Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Sønderborg Fjernvarme fik i 2015 installeret en multibrændselsovn fra Dall Energy. Ovnen er en kombination af et forgasningsanlæg og en traditionel ovn, og det giver mulighed for at bruge billige brændsler som blandt andet haveaffald samtidig med, at miljøbelastningen reduceres.*

# Mere bæredygtig biomasse

**Et nyt studie viser, hvordan vi bedst får øget produktionen af bæredygtig biomasse og får bioenergien integreret i energisystemet. Gør vi det rigtigt, kan det reducere Danmarks udslip af drivhusgasser med op til 21 procent.**

Foto: AU Foulum

Projektet har analyseret mulighederne for at øge biomasseproduktionen samtidig med at emissionerne til miljøet reduceres, og derudover er det blevet undersøgt, hvordan bioenergien bedst integreres i det samlede energisystem. Der er især fokuseret på flerårige afgrøder som pil, poppel og elefantgræs, hvoraf sidstnævnte er særlig interessant, da den med den såkaldte C4 fotosyntese er meget effektiv til at omdanne solens energi til biomasse.

I projektet er der udviklet en metode, der kan halvere etableringsomkostningerne for elefantgræs, men der er behov for yderligere optimering, inden teknikken kan markedsføres. Pil og poppel er blevet testet i markforsøg på en række danske og sydsvenske lokaliteter, og det er blevet undersøgt, hvordan afgrøderne påvirker jordens kulstofpulje.

Der er foretaget en række analyser af energiudbyttet ved at bruge elefantgræs til produktion af enten biogas eller ethanol, og Novozymes har udviklet et værktøj, der kan vurdere klimaeffekten ved at bruge elefantgræs til fremstilling af ethanol og el.

Den samlede effekt på klimaet ved at bruge mere biomasse til energiformål er beregnet med udgangspunkt i scenarier formuleret i +10 millioner tons planen. Her viser beregningerne en markant reduktion af Danmarks samlede drivhusgasemission på mellem 13 og 21 procent.

Aarhus Universitet har været projektleder, og derudover har der været deltagelse fra DONG Energy, University of Illinois, Novozymes, Københavns Universitet, Dalgasgroup og Vitroform.

| | |
|---|---|
| Titel: | BIORESOURCE – Forøgelse af biomasseresourcen, dens kvalitet og bæredygtighed |
| Kontakt: | Aarhus Universitet, Jørgen E. Olesen, ✆ 8715 7778, ✉ jeo@agro.au.dk |
| Sagsnr.: | 0603-00458B |
| Tilskud fra: | Innovationsfonden |
| Tilskud: | 17.600.000 kroner |

# Gasnettet som fremtidens lager for vedvarende energi

**Det danske naturgasnet har potentiale til at kunne transportere og lagre store mængder vedvarende energi i form brint eller anden grøn gas. Der er imidlertid behov for demonstrationsprojekter, der kan afklare hvor store mængder grøn gas, der i praksis kan tilsættes gasnettet.**

I projektet har der især været fokus på, hvor store mængder brint der kan blandes i naturgassen, uden det giver problemer for gassystemet og gasapparaterne. Derudover er der designet et demonstrationsprojekt, men det er ikke etableret i nærværende projekt. Resultaterne fra projektet er formidlet i én samlerapport og ikke mindre end 11 underrapporter.

Gassystemet i Danmark transporterer lige så meget energi som elsystemet og giver samtidig mulighed for at lagre store mængder energi i to underjordiske lagre, der er beliggende i henholdsvis Nordjylland og på Sjælland. Her kan der lagres energi, svarende til Danmarks naturgasforbrug i 3-6 måneder afhængigt af årstiden. Det danske gasnet er stort set landsdækkende og vurderes at have en restlevetid på 50-100 år.

Danmark står altså i den unikke situation at have et relativt nyt og velfungerende gassystem, som kan anvendes til både transport og lager af grønne gasser i form af brint, biogas og **forgasningsgas**. Der er imidlertid behov for idriftsættelse af test- og demonstrationsprojekter, der kan afklare hvor store mængder brint, der kan tilsættes naturgasnettet, uden det giver problemer med gasnettet og installationerne ude hos den enkelte bruger.

Foto: Dansk Gasteknisk Center

*Test af naturgasrør til transport af brint hos Dansk Gasteknisk Center i Hørsholm.*

| | |
|---|---|
| Titel: | Fremtidens lager for vedvarende energi |
| Kontakt: | Dansk Gasteknisk Center,<br>Niels Bjarne K. Rasmussen,<br>✆ 2147 1752, ✉ nbr@dgc.dk |
| Sagsnr.: | ENS 64013-0587 |
| Tilskud fra: | EUDP |
| Tilskud: | 840.000 kroner |

# Røggasfilter til halmkedler

**Nyudviklet filter til mindre halmkedler reducerer udslippet af partikler markant, men der er stadig et stykke vej til målet om maksimalt 60 mg partikler per m$^3$ røggas, som forventes at blive et krav fra januar 2018.**

Foto: Jørgen Pedersen, AgroTech

Det forventes, at EU vil stramme kravene til udslip af partikler fra biomassekedler, så der maksimalt må udledes 60 mg partikler per m$^3$ røggas. For halmfyrede anlæg vil det kræve udvikling af helt nye filtre, hvis det fortsat skal være muligt at sælge mindre kedler til halm. Til større anlæg kan de velkendte posefiltre anvendes, men de er dyre i både installation og drift, så det er ikke en realistisk løsning til kedler med en effekt på under cirka 1 MW.

I nærværende EUDP-projekt er der udviklet et nyt high-tech røggasfilter, der er markant billigere end et posefilter. Målinger og visuel vurdering af røgfanen viser, at filteret er i stand til at rense røgen effektivt i forhold til ældre anlæg, men det er ikke lykkedes at komme længere ned end 200 mg partikler per kubikmeter røggas – altså et stykke fra de kommende krav, som træder i kraft den 1. januar 2018.

Der er dog ikke kun filtre, der kan være med til at reducere de sundhedsskadelige konsekvenser af halmfyring. Hvis der udvikles et system til klassificering af halm, og der kun anvendes kvalitetshalm i mindre anlæg, vil det give en mærkbar reduktion i mængden af partikler. På samme måde vil det være gavnligt, hvis man får opdelt partikler i sod, der er sundhedsskadelige og naturlige salte, der er forholdsvis harmløse. Endelig vil fastlæggelse af en bestemt afstand til nærmeste naboer kunne reducere generne ved halmfyring i stedet for i dag, hvor man blot ser på, om anlægget er placeret i land- eller byzone.

| | |
|---|---|
| Titel: | Energieffektivt high-tech røggasfilter til biomassekedler |
| Kontakt: | Teknologisk Institut, Bodil E. Pallesen,<br>✆ 7220 3281, ✉ bdp@teknologisk.dk |
| Sagsnr.: | ENS 64013-0135 |
| Tilskud fra: | EUDP |
| Tilskud: | 2.820.000 kroner |

# Intelligente og effektive brændeovne

**Gamle brændeovne og dårlige fyringsvaner kan bidrage til lugtgener og forurening med sundhedsfarlige partikler. Dette projekt mellem HWAM A/S og DTU Kemiteknik har bidraget til udvikling af den første digitalt styrede brændeovn, der nu er på markedet.**

Hovedbestanddelene i den digitalt styrede brændeovn (IHS-ovnen) er en moderne brændeovn med tilførsel af tre luftstrømme og et procesovervågningssystem. De motorregulerede luftspjæld reguleres individuelt gennem forbrændingsforløbet af et dataprogram ud fra målinger af temperatur og iltkoncentrationen i røggassen.

Udviklingen af det digitale styringssystem er baseret på et stort antal målinger og forsøg hos HWAM A/S og DTU Kemiteknik. I den første projektperiode blev grundlaget for de anvendte algoritmer lagt og sammenhængen mellem procesparameter, virkningsgrad og emission af en række luftforurenende stoffer undersøgt. De indledende forsøg i laboratorierne viste meget lovende resultater og en række målinger hos private brændeovnsbrugere blev gennemført. Her blev der både målt, når brugerne anvendte deres eksisterende brændeovne og efterfølgende en prototype af den nye IHS-ovn.

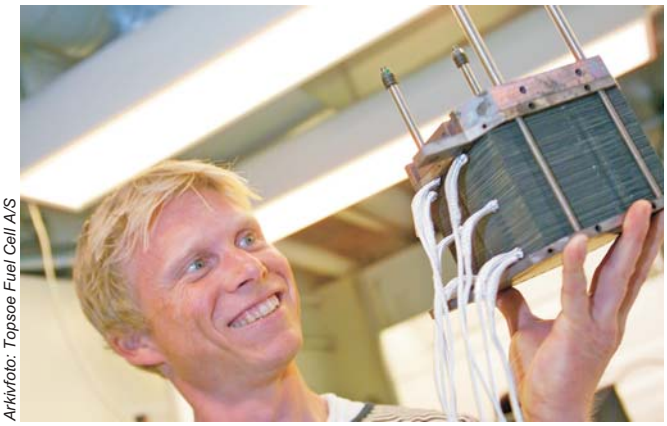
Feltforsøgene verificererede de gode resultater der var opnået i laboratoriet – også hos private brændeovnsbrugere blev der observeret en meget stabil forbrænding med høj virkningsgrad og lave emissioner af CO. IHS-brændeovnen i dag har stor succes hos de private ejere, da de oplever stor komfort og mindre brændeforbrug med den nye teknologi. Ovnen er for nylig blevet nomineret til DI Prisen 2016.

Foto: HWAM A/S

| | |
|---|---|
| Titel: | Intelligente og effektive brændeovne |
| Kontakt: | DTU Kemiteknik, Jytte Boll Illerup<br>✆ 4525 2954, ✉ jbi@kt.dtu.dk |
| Sagsnr.: | ENS 64010-0063 |
| Tilskud fra: | EUDP |
| Tilskud: | 6.600.000 kroner |

# Fremstilling af SOFC- og SOEC-celler

**Projektet havde oprindelig til formål at udvikle SOFC-teknologien, men undervejs i projektet blev fokus ændret til SOEC-elektrolyse. Der er opnået betydeligt fremskridt i forhold til fremstilling af celler og stakke, og teknologien er dermed kommet tættere på markedet.**



Arkivfoto: Topsoe Fuel Cell A/S

Oprindeligt sigtede projektet på at udvikle og teste SOFC-brændselscelleteknologien til mikrokraftvarme og større generatoranlæg. Undervejs i forløbet lukkede projektlede-rvirksomheden Topsoe Fuel Cell A/S imidlertid. Projektet fortsatte herefter med et ændret fokus og med DTU som projektleder og Haldor Topsøe A/S som ny deltager. Den del af projektet som vedrørte udvikling og demonstration af mikrokraftvarme og moduler til større generatoranlæg udgik i den forbindelse af projektet. Udviklingen af celler og stakke fortsatte med det mål at anvende teknologien til SOEC-elektrolyse, hvor processen bliver vendt om, så der i stedet for el produceres brint.

I projektet er der opnået betydeligt fremskridt i forhold til fremstilling af SOFC- og SOEC-celler og -stakke. I lyset af de lovende resultater er SOFC- og SOEC-teknologien kommet tættere på markedet. I den sidste del af projektet er der gennemført en vellykket teknologioverførsel fra SOFC til SOEC, og det har vist sig tydeligt, at resultaterne kan bruges til anvendelser inden for SOEC-elektrolyse og samtidig også til den videre forskning og udvikling på området. På et kortere sigte vil resultaterne fra projektet blive anvendt af Haldor Topsøe A/S til kommercialisering af SOEC-teknologien.

| | |
|---|---|
| Titel: | SOFC Accelereret – Udvikling der fremskynder større demonstrationer |
| Kontakt: | Topsoe Full Cell,<br>Christoffer Graae Greisen,<br>✆ 45 27 20 00, ✉ chgg@topsoe.dk |
| Sagsnr.: | ENS 64012-0225 |
| Tilskud fra: | EUDP |
| Tilskud: | 13.800.000 kroner |

POST PP DANMARK
Magasinpost SMP
ID nr. 46710

**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.

**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
Strandskadevej 7
8250 Egå
Telefon 4051 8507
E-mail: biopress@biopress.dk
Hjemmeside: www.biopress.dk

**Forsidefoto:** BioCat-anlægget på Avedøre Renseanlæg. Foto: Torben Skøtt.

**Oplag:** 3.200 stk.

**Tryk:**
CS Grafisk. Bladet er trykt på svanemærket offset papir.

**Næste nummer:**
– udkommer medio december 2016. Deadline for redaktionelt stof er den 15. november 2016.

Energiteknologisk udvikling og demonstration

Foto: insideevs.com

# Er brintbilen for dyr?

**Hyundai planlægger at sende en ny brintbil på gaden i 2018 til en pris på omkring 53.000 US dollar. Det er markant billigere end den nuværende model.**

De fleste tænker: Den ser dyr ud, når de ser en brintbil på de danske veje. Og ganske rigtig: Den er dyr, men den er faktisk ikke dyrere end en tilsvarende model til benzin eller diesel.

Det fortalte salgschef for Hyundai i Danmark, Søren Møller Pedersen, på brintbiler.dk's første årsdag den 14. september i Provianthuset på Christiansborg:

– Vores brintbil koster i Danmark knap en halv million kroner, og det er ikke mere, end hvad en tilsvarende model med forbrændingsmotor og samme udstyr koster, sagde Søren Møller Pedersen.

Når det kan lade sig gøre, skyldes det dels det danske afgiftssystem, hvor brintbiler er fritaget for afgift, mens tunge benzin- og dieselbiler er brandbeskattet, dels at bilproducenterne formentlig sætter penge til, hver gang de sælger en brintbil.

Hyundai ix35 er verdens første serieproducerede brintbil. Senere er Toyota og Honda kommet til, men Hyundai er med knap 600 eksemplarer fortsat den bilproducent, der har flest brintbiler på vejene.

I 2018 planlægger Hyundai at kunne sende en ny brintbil på gaden til en pris på omkring 53.000 US dollar, svarende til godt 350.000 kroner. Det skriver The Korea Herald.

Bilproducenten bliver bakket op af den sydkoreanske regering, der har som mål, at der skal være 10.000 brintbiler på de sydkoreanske veje i 2020. Regeringen overvejer i øjeblikket at yde et tilskud på 45 procent, så landets indbyggere kan erhverve den nye brintbil fra Hyundai for omkring 29.000 US dollar.

Ud over den nye personbil til brint forventer Hyundai inden længe at sætte en brintbus i produktion.

I Danmark er der i dag indregistreret 70 brintbiler. Når tallet ikke er højere skyldes det formentlig et begrænset udvalg af modeller og et begrænset antal tankstationer til brint. Danmark har i dag ti tankstationer til brint, men skal man videre rundt i Europa kniber det mere – især hvis man skal langt sydpå eller nordpå. I Europa er i alt 101 tankstationer til brint, heraf 67 der kan levere et tryk på 700 bar. *TS*