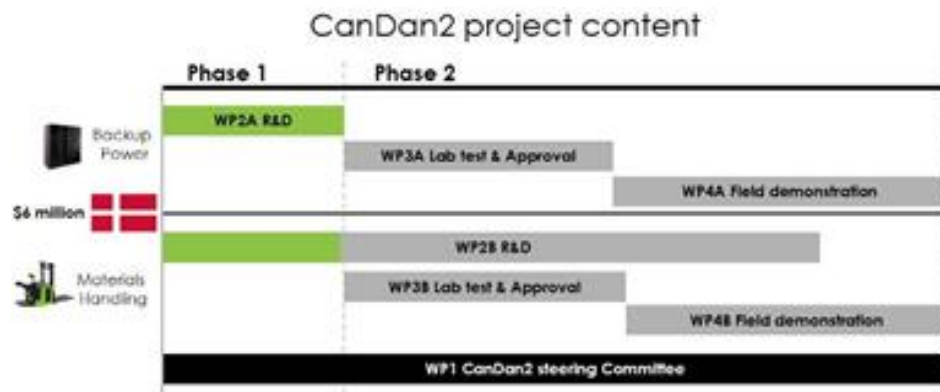


## 1. Summary

CanDan 2 Phase 2 is the second phase of a research and demonstration project for fuel cell backup power systems and fuel cell powered material handling equipment. It is following up on CanDan 2 Phase 1 where the first research was conducted on both system types.



In the Backup Power segment the fuel cell units have been developed, certified and delivered. A total of 32 fuel cell backup power systems have been delivered for EnergiMidt and in operation since early 2011. Following this project EnergiMidt has purchased another 31 systems in order to make a full transition from battery backup to fuel cell backup in their entire broadband network.

Aalborg University has been supporting both product segments with experiments, diagnostic methods and theoretical calculations during the project but also ongoing afterwards in other projects. The results of the research at Aalborg University have been presented at conferences in Vancouver and Amsterdam.

In the material handling segment a 10 kW fuel cell system has been fully integrated in the fork lift truck, Dantruck 3000 Power Hydrogen. The result was a much more commercially mature product than expected from the beginning of the project, but the project has also taken a much more ambitious effort than initially expected. The result is a finished 2,5T fork lift truck which was presented at the CE-mat fair in April 2011.

A spin off from the CanDan activities has been the merger of Dantherm Power and Danfoss fuel cell activities in early 2010 and the following investment in the merged company by Ballard Power system from Canada. This has evolved into a much closer collaboration with a very strong setup on technology, components and market access.



The ambitions of a follow up CanDan3 project with large scale demonstration have not been fulfilled yet as neither Denmark nor Canada have had any public support available for large scale demonstration and market introduction.



## 2. Indledning

---

### Baggrund

CanDan 2, fase II-projektet er en fortsættelse af en række CanDan-projekter, som i CanDan 2, fase I mundede ud i demonstration af både nichetransport og nødstrømssystemer (UPS) i såvel Danmark som Canada. I denne fase II var målet at udvikle en efterfølgende generation af begge systemtyper og gennemgå såvel test som certificering samt udrulning af systemer i større antal i praktiske anvendelser.

Dette projekt er i udgangspunktet meget ambitiøst og kan betegnes som en meget vigtig milepæl for brændselscelleteknologiens gennembrud i virkelige anvendelser indenfor de to nichesegmenter, der fokuseres på i dette projekt.

---

### Mål for projektet

Målene for projektet blev defineret som:

- Gennemføre F & U på 2. generations brændselscellesystemer til nødstrømsforsyning og gaffeltrucks, og støtte brint fyldestationer og infrastruktur, baseret på indhøstede erfaringer fra 1. generations F & U og pilot test i CanDan 1.
  - Udføre storstilet demonstration i Canada og Danmark i begyndelsen af 2009 af de udviklede brændselscellesystemer med 500 kW nødstrømssystemer og 50-60 gaffeltrucks i drift hos slutbrugere i de to lande.
  - Nedbryde hindringerne for storskala-demonstration i 2010 gennem at systematisere kundetilpasninger og dyre aktiviteter, såsom certificering og sikkerhedsgodkendelse for begge typer af brændselscellesystemer, og herunder støtte brint-infrastruktur.
  - Sikre fortsættelse af CanDan-samarbejdet og sigte mod et CanDan3-projekt med storskala-demonstration i 2010 og fremadrettet ved at sikre fortsat grænseoverskridende bilateralt samarbejde mellem brændselscelle-sektoren i både Danmark og Canada, samt sikre etablering af den nødvendige støtte og de nødvendige rammebetingelser for en kommerciel introduktion i de to lande.
- 

### Slutrapportering

I denne slutrapport berøres først projektets organisering i afsnit 3. Eftersom projektet er opdelt i 2 produktspor, er det valgt at opdele den tekniske afrapportering i to dele. Først rapporteres på aktiviteterne indenfor nødstrømssystemer, også betegnet UPS, i afsnit 4 – 7, og derpå rapporteres der på nichetransport i afsnit 8 - 10.

Til slut perspektiveres projektets resultater gennem en beskrivelse af efterfølgende aktiviteter og resultater i afsnit 11.

---



### 3. Organisering af projektet

---

#### Organisering

Projektet har i lighed med tidligere CanDan-projekter været opdelt i to produktspor, indenfor hvilke de to systemintegrator virksomheder, H2Logic og Dantherm Power hver især har været drivende for aktiviteterne.

Dantherm Power har været overordnet projektleder og har forestået kontakten til EUDP, samt organiseret projektmøder og sikret afrapportering. H2Logic har forestået aktiviteterne indenfor gaffeltrucks i samarbejde med DanTrucks (ikke projektdeltager), Danfoss, Aalborg Universitet og Grundfos. Der har ligeledes været tæt samarbejde med Ballard på den canadiske side af projektet.

Såvel aktiviteter som rapportering har været drevet af H2Logic, men synergier indenfor såvel anvendelse af brændselscellestakke som udvikling af styring og effektelektronik har været til gavn for nødstrømssegmentet.

Dantherm Power har forestået aktiviteterne indenfor nødstrømssystemer (UPS) i samarbejde med EnergiMidt, Aalborg Universitet og Danfoss. Der har ligeledes været tæt samarbejde med Ballard i Canada, og undervejs i projektet fusionerede Dantherm og Danfoss deres aktiviteter og fik Ballard ind som hovedinvestor. CanDan-samarbejdet var stærkt medvirkende til dannelsen af Dantherm Power med nye investorer i januar 2010. Såvel aktiviteter som rapportering har været drevet af Dantherm Power, men synergier indenfor såvel anvendelse af brændselscellestakke som udvikling af styring og effektelektronik har været til gavn for aktiviteterne indenfor gaffeltrucks.

Aalborg Universitet (AAU) har bidraget til projektet indenfor de forskningsfaglige aspekter, og har udført eksperimenter, udarbejdet diagnosemetoder og udført teoretiske beregninger. AAU har ligeledes været udførende på publicering af resultater fra projektet. De første serier eksperimenter udført på cellestakke blev præsenteret på *Hydrogen and Fuel Cell HFC2011* konference i Vancouver. Impedans analysator blev indkøbt, og en ny forsøgopstilling er bygget. En anden serie eksperimenter er gennemført, hvor en enkeltcelle blev karakteriseret inden for et fugtighedsinterval fra 10% til 90%, med konstant temperatur (26 °C). Denne serie eksperimenter er beskrevet i artiklen "Estimation of Membrane Hydration Status for Standby Proton Exchange Membrane Fuel Cell Systems by Impedance Measurement: First Results on Cell Characterization," som er accepteret blev præsenteret ved den internationale konference "33. *International Conference on Telecommunications Energy*" i Amsterdam i oktober 2011.

Undervejs i projektforsløbet har der været behov for ændringer, som er blevet

besluttet i styregruppen og afstemt samt godkendt hos EUDP-Sekretariatet. Gennem projektets løbetid blev den generelle økonomiske situation væsentligt ændret på grund af finanskrisen. Dette medførte, at der på den canadiske side generelt blev skåret væsentligt i såvel den nationale som den provinsielle støtte til forskning, udvikling og demonstration. Dette betød, at den canadiske finansiering og indsats i projektet blev minimeret. Dette blev meddelt EUDP-Sekretariatet, og projektet blev besluttet videreført med fokus på den danske indsats.

Som følge af finanskrisen blev såvel Danfoss som Dantherm nødt til at begrænse investeringerne i brændselscelleteknologien med henblik på at sikre kerneforretningen i disse virksomheder. Danfoss og Dantherm fusionerede derfor deres brændselscelleaktiviteter i Dantherm Power, og søgte efter nye investorer i 2009.

---

*Fortsættes på næste side*

### 3. Organisering af projektet, fortsat

---

**Organisering**  
(fortsat)

I denne situation trådte Ballard Power Systems til med finansiering af Dantherm Power i januar 2010 som en direkte effekt af CanDan-samarbejdets succes med offentligt-privat samarbejde mellem Danmark og Canada, samt Dantherm Power's succes med udvikling af brændselscellesystemer. Dantherm Power er i dag Ballard's brohoved i Europa, og systemintegratoren indenfor mindre stationære brændselscellesystemer med god adgang til komponenter, montage og marked via Danfoss' og Dantherm's fortsatte investering i selskabet.

---

---

---

---



## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A)

---

### Indledning

Udviklingen af 2. generations UPS-brændselscellesystemer tog udgangspunkt i de tekniske krav fra EnergiMidt, som har været en af Danthem Power's absolut vigtigste kunder, tekniske sparringspartner og projektdeltager i CanDan-projekterne.

Intentionen var oprindeligt at udvikle et dedikeret 10 kW brændselscellebaseret nødstrømssystem, men efter en række markedsanalyser og en analyse af EnergiMidt's behov blev det besluttet at udvikle 5 kW byggeblokke, som kunne anvendes som både 5 kW og 10 kW systemer.

Der blev fra starten taget udgangspunkt i, at systemerne skulle kunne monteres indendørs i EnergiMidt's teknikhuse i 19" racks men også med mulighed for integration i egne udendørs kabinetter.

Efter analyse af certificeringsmæssige og sikkerhedsmæssige aspekter blev det besluttet at forberede brintforsyningen for udendørs montage.

I det følgende beskrives nødstrømssystemerne, som er blevet udviklet i dette projekt.

---

### Brændselscellemodulet

Brændselscellemodulet drives på brint fra brintflasker. Før brændselscellemodulet er trykket på brændstofforsyningen reduceret fra ca. 250bar ned til et indgangstryk på 500mbar. Brinten omdannes til elektroner i brændselscellen, og gennem modulets effektelektronik omdannes effekten til et fast spændingsniveau på 48V, som leveres til den elektronik, som har behov for nødstrømsforsyning.

Brændselscellemodulet har en maksimal udgangseffekt på 5kW og er opbygget modulært således at det er muligt at forbinde flere moduler parallelt. Denne modularitet gør det muligt at bruge enheden til at levere nødstrøm op til en effekt på over 150kW.

Brændselscellemodulet er opdelt i to forskellige fysiske undermoduler. Det ene er til brændselscellen; under dette findes elektronikboksen; og under denne er der mulighed for at montere et modul til at sikre opstart uden batterier.

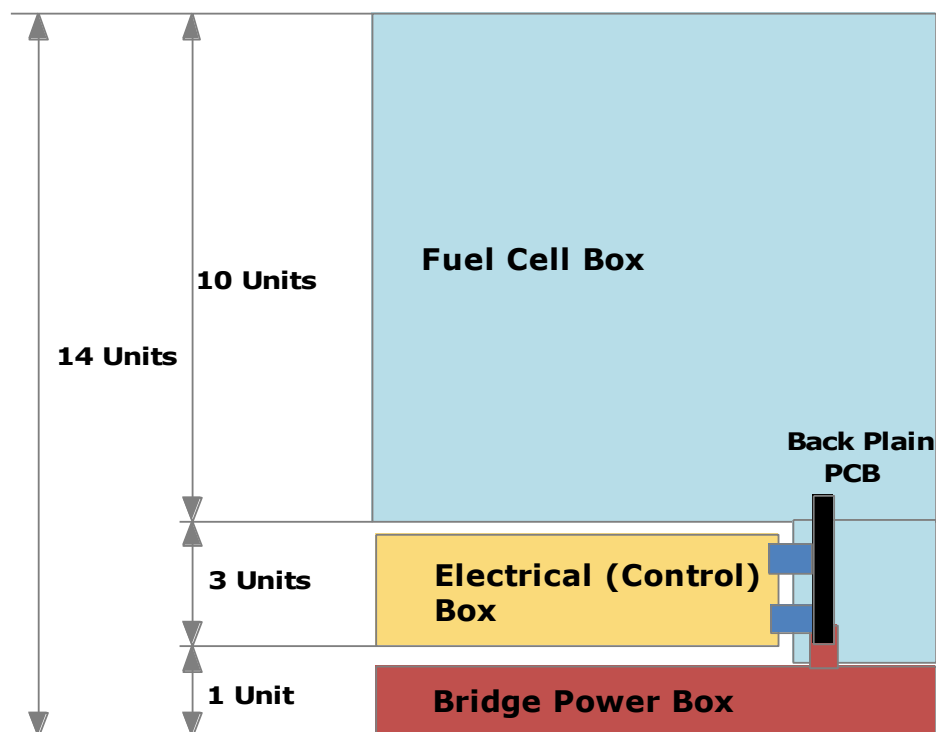
---

*Fortsættes på næste side*

## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

### Brændselscelle- modulet (fortsat)

Det samlede system er forberedt til 19" rack-montering.



Produktet er opdelt i forskellige versioner i denne beskrivelse:

1. DBX: er den billigste version, som skal forbindes sammen med batterier for at sikre opstarten.
2. DIB: er en DBX-enhed med tilkøb af et opstartsmodul, som består af superkapacitorer, der er i stand til at forsyne både lasten og brændselscellemodulet med effekt i de første 20 sekunder efter et strømudfald, indtil brændselscellen opnår maksimal ydelse efter en hurtig opstart.

### Brændselscellen

Brændselscellestakken er kernekomponenten i brændselscellemodulet. Det er en luftkølet brændselscellestak, hvilket betyder, at varme opstået ved el-produktion fjernes med den omgivende luft, som tvinges gennem stakken ved en ventilator. Hele luftstrømmen passerer på katodesiden af MEA (Membrane Electrode Assembly) og skaber kølingen.

*Fortsættes på næste side*



## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

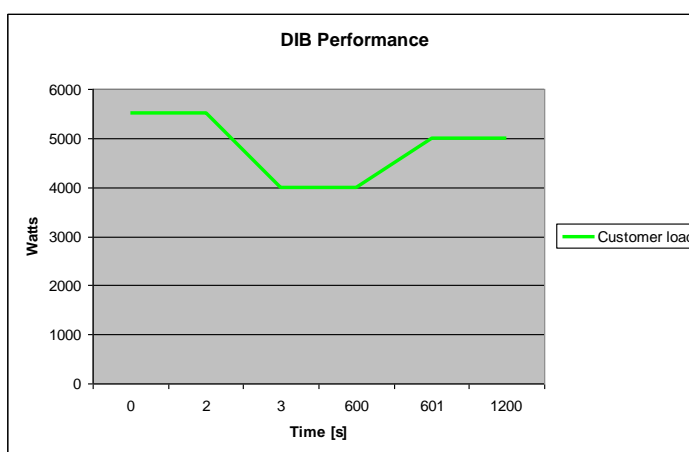
### Brændselscellen (fortsat)

Ved lav ydelse trækkes 100 gange så meget luft gennem stakken, som anvendes til selve processen, og ved maksimale temperaturer trækkes omkring 200 gange så meget. Udtrykket for forholdet mellem luft til brændstof kaldes støkiometri. Der anvendes således en overstøkiometrisk proces til at køle brændselscellestakken.

Denne type brændselscelle kræver ikke en separat befugter, hvilket gør produktet væsentligt mere simpelt end de fleste andre brændselscelleløsninger.

At drive brændselscellen med stort luftoverskud og uden befugter kræver meget intensivt kendskab til fugtigheden i brændselscellen under forskellige driftsbetingelser. Her er der via CanDan-projektet skabt et langvarigt samarbejde mellem AAU, Dantherm Power og Ballard, som fokuserer på såvel eksperimentel tilgang via impedans spektroskopi som teoretiske beregninger. Dette arbejde pågår direkte i 2 EU-projekter og delvist i et netop godkendt EUDP projekt (EXC-CELL, 64012-0117). Indenfor dette felt findes der fortsat et stort potentiale for at optimere løsningerne og gøre disse mere robuste efter afslutningen af CanDan 2 Fase 2 projektet.

Til et 5kW brændselscellemodul anvendes 2 stakke, der hver har en maksimal ydelse på 2,7 kW. De 2,7 kW opnås ved at anvende en stak med 67 celler. Målet er at kunne levere 5kW til kunden fra første sekund efter et strømudfald. Der arbejdes derfor med midlertidig effekt fra enten batterier i parallel med et DBX5000 brændselscellemodul eller med et tilkøb af en enhed bestående af superkondensatorer, kaldet DIB5000. Opstartssekvensen er illustreret her:

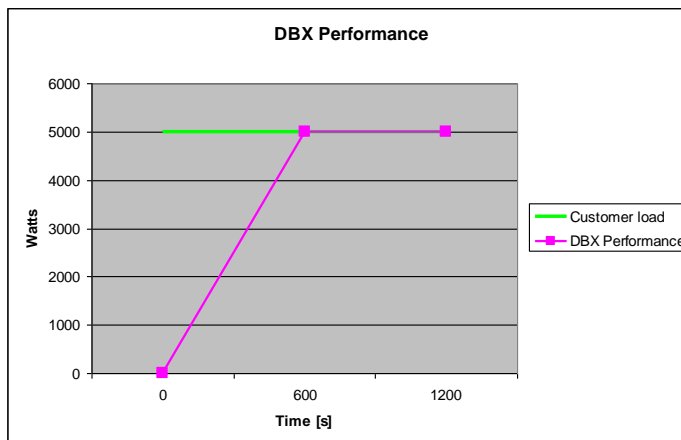


Figur 1: Customer load curve only based on the DIB 5000

*Fortsættes på næste side*

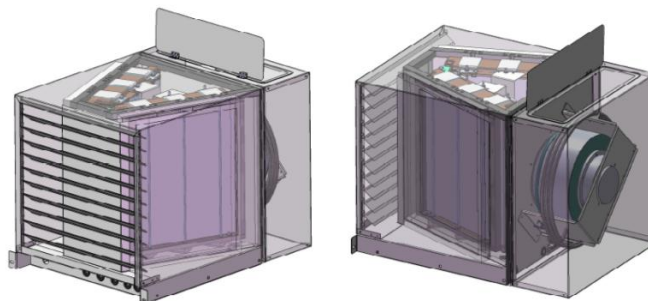
## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

### Brændselscellen (fortsat)



Figur 2: Customer load curve based on the DBX with battery support

Der er monteret 2 brændselscellestakke i et DBX5000-modul, og disse deles om en ventilator. Den interne konstruktion er vist her:



Figur 3: illustration af intern opbygning af brændselscellemodul

Det færdige modul er afbilledet her:



Billede 1: Færdigproducerede brændselscellemoduler

## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

**Brændsel** Systemet er designet til at køre på brint af industriel kvalitet 3.5 (99,95%). Brinten kan leveres normalt på trykflasker fra leverandører af industriel gas, såsom Strandmøllen, Air Liquide, Linde og Air Products. Flere af disse leverandører er repræsenteret globalt, og brint er til rådighed næsten overalt.

**Filter** Mellem luftindtaget og brændselscellestakken findes et panel filter. Filteret er et F9-filter og designet til at holde hele systemets levetid. Afhængigt af hvor mange timer modulet har været i drift, og hvor det geografisk er installeret, kan det anbefales at skifte filter hvert 5. år. Der vil dog også blive sendt en advarsel via fjernovervågningen, hvis luftmodstanden i filteret bliver for høj. Funktionen af filteret er at fjerne partikler, således at luftkvaliteten ikke skader stakken. Grænseværdierne for luftkvalitet er angivet her:

Description	Specification
<b>Chemical</b>	
Sulfur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	0.01 ppm
Nitrogen Monoxide (NO)	0.025 ppm
Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> )	0.05 ppm
Volatile Organic Compounds (e.g. Benzene C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , Toluene C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )	0.008 ppm
Hydrogen Sulfide	0.04 ppm
Ammonia	0.01 ppm
Ozone	1 ppm
Carbon Monoxide	5 ppm
Carbon Dioxide	1% vol
<b>Particulate</b>	
Airborne Particles	
Coarse Particles (PM 10)	90 µg/m <sup>3</sup>
Fine Particles (PM 2.5)	15 µg/m <sup>3</sup>

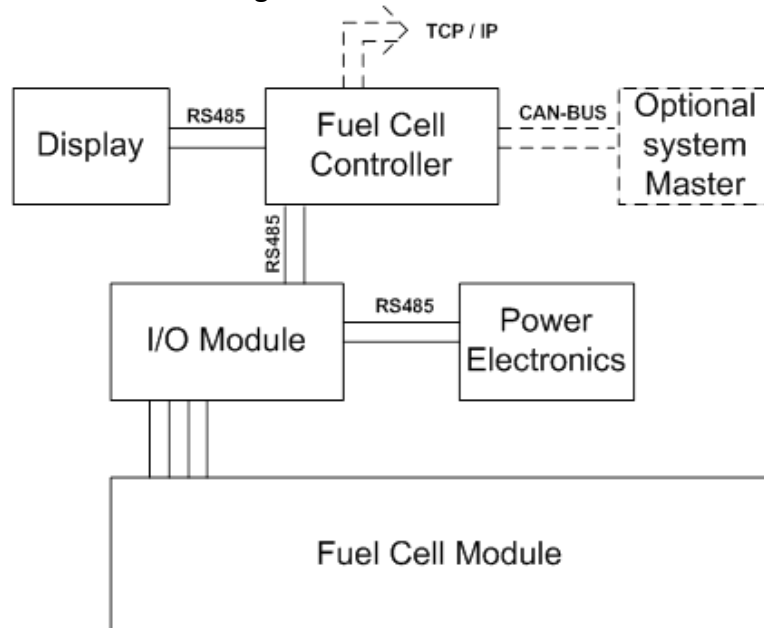
Figur 4: Grænseværdi for luftkvalitet

**Ventilator** Ventilatoren er valgt som "backward curved"-ventilator. Denne konstruktion har en meget trykstabil karakteristisk. Den samme type ventilator er blevet anvendt i både DIB2000-produkt samt 100kW-system til HARP, som var en del af CanDan1-projektet.

*Fortsættes på næste side*

## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

**Elektronikboks** Den elektriske arkitektur er opbygget med en række separate moduler/printkort af hensyn til fremadrettet fleksibilitet i designet. Den grundlæggende arkitektur er skitseret på nedenstående figur. Den består af Fuel Cell Controller (FCC), Effektelektronik (Power Electronics) i form af DCDC omformere, IO-moduler, display, samt mulighed for tilslutning af en Master til at styre sammenkobling af flere brændselscellemoduler. Hvis der er behov for anden udgangsspænding end de specificerede 48V DC, kan der tilkøbes ekstra moduler til DC-AC konvertering, m.v. Hvis der ønskes kommunikation med brændselscellesystemet via andre protokoller end den specificerede TCP/IP, kan der tilkøbes øvrige kommunikationsmoduler.



Figur 5: Elektronikboksens arkitektur

Elektronikboksen er designet med elektriske (power) og elektroniske (kommunikation) forbindelser i frontpanelet, som det ses her:



Billede 2: Færdigproduceret elektronikboks

Fortsættes på næste side

## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

### Elektronikboks (fortsat)

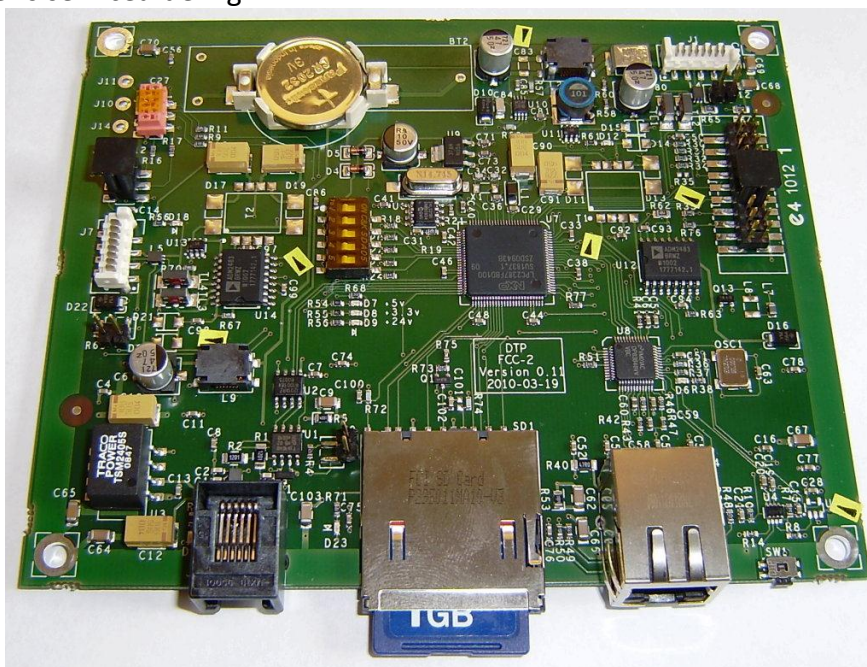
Tilslutning af brint er placeret i luftstrømmen for at sikre en sikker fjernelse af brint i tilfælde af lækage under drift.

Den separate opstartsenhed med superkapacitorer kan tilsluttes elektronikboksen for at opdatere modulet fra DBX til DIB-version.

Elektronikboksen i 5kW brændselscellesystemet er baseret på den modulære styringsplatform, som er illustreret på Figur 5. De enkelte printkort er beskrevet i det følgende:

FCC: Fuel Cell Controller.

FCC er kernen i styringen, hvor intelligensen ligger. Denne håndterer alle systemkomponenters funktionelle algoritmer og logik. I FCC'en findes et SD-hukommelseskort, hvorpå alle driftsdata opsamles, således at servicetekniker kan stille diagnose ved eventuelle advarsler eller fejl, og således at driftsdata bringes hjem til opbygning af erfaringsbasen. FCC'en er programmeret til at foretage en opstart hver anden måned med henblik på at motionere brændselscellen og med henblik på at sikre funktionaliteten. Hvis der opstår en advarsel eller fejl, sendes et signal til kundens kontrolcenter og Dantherm Power's serviceafdeling.



Billede 3: Fuel Cell Controller (FCC)

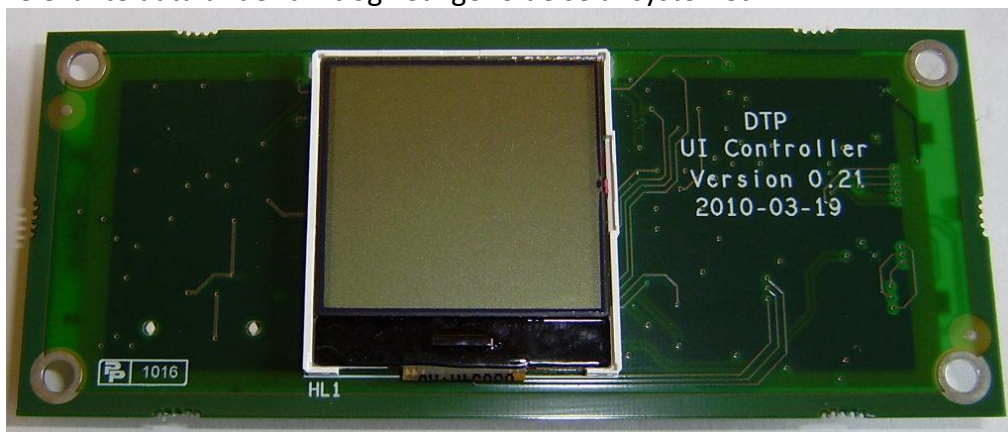
Fortsættes på næste side



## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

### Elektronikboks (fortsat)

UI: User Interface. Brugergrænsefladen består af en LCD-skærm med valgfri knapper og menu-system. Brugergrænsefladen præsenterer brugeren for relevante data under drift og vedligeholdelse af systemet.



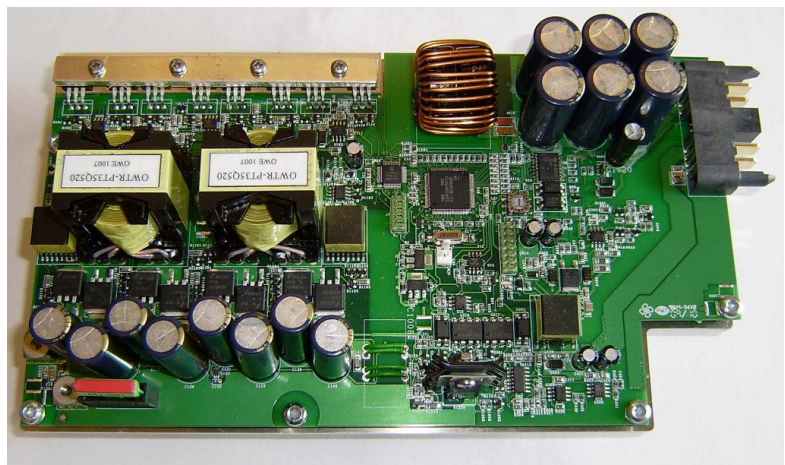
Billede 4: User Interface (UI)

IOM: Input Output Modul. Formålet med IOM er at håndtere alle analoge og digitale signaler i systemet, og gøre alle data til rådighed for FCC, som håndterer systemet kontrol.



Billede 5: Input Output Modul

DCDC: Denne DCDC omdanner udgangssignalet fra brændselscellen til en stabil spænding, f.eks. -48VDC.



Billede 6: DC/DC Converter

*Fortsættes på næste side*

## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

---

### Elektronikboks (fortsat)

Udformningen af kontrolsystemet har flere fordele sammenlignet med eksisterende IPSM-kontrolsystem:

- FCC har ingen I/O, som gør FCC til en generisk komponent, der kan anvendes til ethvert system - både backup og mikro.
- Den grundlæggende software til FCC kan bruges til alle fremtidige systemer, der giver mulighed for større software-genbrug mellem forskellige systemer
- Alle forskelle mellem systemerne sker via IOM og DCDC Converter
- Systemet indeholder flere mikroprocessorer (FCC, IOM, DCDC), hvilket giver mulighed for mere avancerede sikkerhedsfunktioner, der gør systemerne lettere at certificere
- PLC-baseret Master giver mulighed for fleksible løsninger til kommunikation, der kræves af kunder
- Alle systemkomponenter kommunikerer digitalt via RS485, let avanceret og fleksibel styring af de enkelte komponenter

---

*Fortsættes på næste side*



## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

---

### Bridge Power Boks

En separat enhed med superkondensatorer kan tilsluttes elektronikboksen for at opdatere modulet fra DBX til DIB version. Her vises superkondensatorerne i opstartsmodul (Bridge Power Boksen):



Billede 7: Superkondensatorer i Bridge Power boks

### Master

Masteren er en valgfri PLC-baseret enhed, der kan bruges i situationer, hvor kunden har specifikke krav til systemkommunikation, f.eks grafisk web interface eller forskellige kommunikationsprotokoller. Masteren kan også anvendes til styring af flere 5kW-systemer i paralleldrift.

*Fortsættes på næste side*

## 4. Udvikling af anden generation UPS brændselscellesystem (WP2A), fortsat

### System Specifikation

Data sheet 1/1			
DIB5000H48B & DBX5000H48B			
<b>Important Note</b>	Module can only operate with proper air interface module and hydrogen storage equipped with Dantherm Valve Block.		
<b>System capacity</b>			
Peak Backup output	W <sub>e</sub>	Max. 2 seconds with ultra caps	5500
Continuous Backup output	W <sub>e</sub>	Nominal Power (DIB)	5000 ( After 10-15 minutes)
		Nominal Power(DBX) Customer power after initial 2 seconds (DIB) sees. Figure 1.	5000 W 4000 Watts (The target is 5kW)
Voltage output	VDC	Can be fixed within (Range)	-48 (-45 to -55)
Voltage input	VAC	For standby operation	90 – 264 / 50-60 Hz
<b>Fuel</b>			
Hydrogen purity (H <sub>2</sub> )	%	Commercial grade 3.5	99,95
Output Pressure	Barg	Valve Block to Module	0,5
Consumption	Nm <sup>3</sup> /kWh	Average at max. load	0,95
<b>Physical</b>			
Ambient Temperature	°C	Operational @ 5kW(DBX)	-20 to +40
		Operational @ 5kW (DIB) With add-ons	-20 to +40 -45 to +55
Integration cabinet Temperature	°C	Operational (both models)	0 to +60
Storage Temperature	°C	Weather protected	-115
Cabinet dimensions	mm	H x W x D Fuel cell box	533,4 x 440 x 640
		H x W x D Electrical box	150 x 440 x 640
Weight	Kg	Stand alone module	TBD
Ingress Protection	IP-class	External to internal	55
		Internal	20
Air flow direction		Horizontal & Vertical	
Air flow	m <sup>3</sup> /h	External air duct	TBD
<b>Backup start up time</b>	time.	DIB	0 mS
		DBX supports battery after	10-15 min
Data sheet 2/2			
<b>Lifetime</b>	Hours	Operational hours	1000
<b>Startup/shutdown</b>	Cycles	Completed cycles	500
<b>Communication</b>			
Interface/system monitoring	-	NONE ( DBX)	Display
	-	All (DBX or DIB)	Per customer spec.
<b>Alarms</b>			
Voltage free Signals	-	Goes open on fault	6 dry contacts out & 6 dry inputs
Visual indication	-	Display	1
<b>Interface</b>			
DC	-	On front panel	120 A. Anderson
AC (only DIB version)	-	On front panel	IEC 320
Hydrogen	Inlet only	External valve-block is needed	8 mm Union

Figur 6: System Specifikation



## 5. UPS Laboratorietest og Certificering (WP3A)

### Læring ved myndigheds-godkendelse i forbindelse med CanDan

Da projektet startede i 2008 var installationsfasen en relativt ukendt del af Dantherms og også den danske brændselscelleindustri sfære. At installere et brændselscelleanlæg er som sådan ikke radikalt anderledes end at installere et "heat management system" eller et panel i en Telekom-site, men med brændselscellesystemet medfølger også oplagring og brug af gas. Gas skal behandles på en bestemt måde, og systemet er derfor omfattet af andre regler end en normal installation, hvor der for det meste kun skal tages højde for elektrotekniske udfordringer. Den type brændselscellesystemer, som er installeret på sitene i dette projekt, bruger alle oplagret hydrogen. Der er en langt strammere lovgivning for systemer, der bruger hydrogen, end der er for generatorer, der bruger fossile brændsler. Dette skyldes primært, at de kendte brændsler har været brugt i årtier og derfor er alment accepteret, og personsikkerhedsspørgsmål bliver sjældent eller aldrig rejst. Brugen af hydrogen som energibærer vil gennem et projekt som dette opnå en bredere accept og vil på sigt opleve den samme overvågenhed som andre brændsler.

### Certifikations-milepæl

**Milestone:** *Up to 15 UPS 10 systems with CE certification ready for demonstration in 2010.*

Denne milepæl kan deles op i forskellige underpunkter som identifikation af relevante standarder og direktiver, design i overensstemmelse med standarderne og verificering efter gældende lovgivningen.

De relevante standarder for systemerne er som følger:

Directive	Standard	Issued	Description
MD/LVD	EN 62282-3-1	2007	Fuel cell technologies - Part 3-1: Stationary fuel cell power systems - Safety
MD/LVD	EN 60204-1	2006	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
LVD	EN 60950-1	2008	Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements
MD	EN 13611	2008	Safety and control devices for gas burners and gas burning appliances - General requirements
MD	EN 60079-10	2003	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 10: Classification of hazardous areas
EMC	EN 61000-6-2	2005	Interpretation sheet of Clause 8 of EN 61000-6-2:2001 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments
EMC	EN 61000-6-4	2007	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments

Figur 7: System standarder

Fortsættes på næste side



## 5. UPS Laboratorietest og Certificering (WP3A), fortsat

---

### Certifikations-milepæl (fortsat)

Udover dette skal det nævnes, at systemcertificeringen er blevet til ved hjælp af en modulgodkendelse ifølge IEC 62282-2, som den canadiske partner i projektet har designet og verificeret brændselscellestakkene efter. De første standarder på listen (1-5) er primært relateret til systemet selv, mens EMC selvfølgelig også drejer sig om systemsikkerhed men også om at designe systemer til det miljø, som de sidder i og skal virke med.

### Design og udførelse

Gennem identifikationen af de lovgivningsmæssige barrierer, der er for systemer af denne type, har det været muligt at designe systemer og komponenter samt brugen af disse på en sådan måde, at det er tilpasset lovgivningen. Det har i sidste ende gjort det muligt at ibrugtage systemerne på lokalt, nationalt og internationalt plan. Selve verificeringen og certificeringen af systemerne ifølge den gældende lovgivning er blevet udført af en ekstern partner, som er internationalt anerkendt. Det har været en stor fordel for evolutionen af systemerne og de salgsmuligheder, der er opnået gennem den åbning af forskellige markeder, som en certificering, udover at være en nødvendighed, også er. Den nationale og herved også europæiske overensstemmelse med lovgivningen har direkte muliggjort en certificering i Nordamerika, som er nødvendig for at markedsføre og opstille systemer her.

---

### Inddragelse i S-605 og international standardisering

Gennem projektets forløb er Dantherm Power indtrådt i standardiseringsarbejdet i Danmark (standardiseringsgruppe s-605 ved Dansk Standard). Det blev åbenlyst gennem installationen af diverse systemer, at der var en generel mangel på standarder, som kunne guide og vejlede i forbindelse med installation og brug af brændselscellesystemer udenfor laboratorierne. Denne lovgivning var på udviklingsstadiet i begyndelsen af projektet, hvorfor det var en naturlig del at deltage i arbejdet med at ratificere (adoptere) den internationale lovgivning i Danmark, men herigennem også at deltage i udviklingen af denne. Dantherm Power har i en årrække været en del af S-605, og i den senere tid er også en anden af projektets partnere H2 Logic blevet medlem. Dantherm Power har det danske repræsentantskab i TC 105 (Technical Committee I IEC) arbejdsgrupperne. Dette gør bl.a., at Danmark og Dantherm Power er med helt fremme, hvor udviklingen sker men samtidig også er en aktiv del af den gruppe, som frembringer de standarder, der ender som harmoniserede og herved obligatoriske standarder i Europa og i resten af verden.

---

*Fortsættes på næste side*

## 5. UPS Laboratorietest og Certificering (WP3A), fortsat

---

**Inddragelse i S-605 og international standardisering (fortsat)**

Nødvendigheden og brugbarheden ved et sådant arbejde er gennem CanDan2 blevet synliggjort og vil fremover være en vigtig del af det arbejde, der til stadighed gør Dantherm Power til en ledende spiller på et verdensmarked i udvikling.

Dantherm Power og Ballard Power Systems har i slutningen 2012 indgået et samarbejde på standardiseringsområdet, som betyder, at man vil kunne opnå større indflydelse indenfor udviklingen af industriens standarder, som i fremtiden vil blive brugt af alle spillere indenfor brændselscelleindustrien. Det fælles repræsentantskab i relevante standardiseringsudvalg såsom Dansk Standard, Canadian Standards Association og IEC (International Electrotechnical Commission) gør, at man kan arbejde mere målrettet og hjælpe til at få udviklet standarder og lovgivning, der passer en industri i rivende udvikling.

---



## 6. UPS Demonstration (WP4A)

---

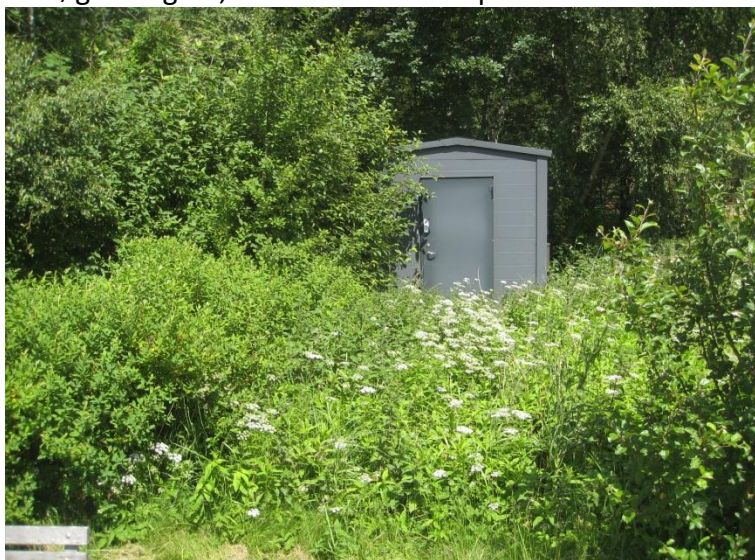
### Indledning

Milepælen for demonstration af nødstrømssystemer i Danmark var installation og drift af ca. 35 systemer hos EnergiMidt. Denne milepæl er nået i løbet af projektet med installation og drift af 32 systemer. Efterfølgende er yderligere 31 systemer blevet installeret hos EnergiMidt. Hele processen med at klargøre brændselscellesystemer til drift i virkelige installationer samt at klargøre installationsstederne til brændselscellesystemerne er yderst vigtig læring for på sigt at få succes med teknologien. I det følgende beskrives processen med installation og servicering af brændselscelleanlæg til nødstrøm hos EnergiMidt.

---

### Første besøg på sites

Når en site besøges første gang, kan det være en udfordring alene at få fysisk adgang til siten pga. placering i forhold til træer og buske, m.m. De fleste sites er placeret sådan, at de ikke er til gene for anden bebyggelse og eventuelle naboer, dvs. steder i naturen, hvor der ikke er den store trafik. Hvis siten ikke har været besøgt i lang tid, kan det se ud som på billedet her:



Billede 8: Eks. på site før installation af 5kW brændselscelleanlæg

På en site som denne er det nødvendigt at få slået græs for at komme hen til siten med bil og anlæg, der skal installeres. Der skal fældes træer og buske for at få plads til flaskeskab på siden af det eksisterende kabinet, og området omkring siten skal tilpasses, dvs. der skal køres sand på, lægges fliser, m.m.

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

### Første besøg på sites (fortsat)

Her ses et eksempel på en site placeret inde i en skov, hvor der er kørt sand på og klargjort til flisebelægning, så flaskeskabet kan monteres ordentligt:



Billede 9: Sand og flisebelægning før installation

### Udvendig klargøring af 5kW sites

Andre sites er placeret på en parkeringsplads eller andet asfalteret område i eksempelvis et industrikvarter eller lign. En typisk site er vist her:



Billede 10: En 5kW-site på P-plads før klargøring og installation

På en site som denne kræves der også en del forarbejde og klargøring udvendig på siden, før brændscelleanlægget kan installeres og startes op. Den eksisterende belægning skal fjernes, da det er nødvendigt, at grunden er nivelleret, inden der skal lægges fliser uden for døren, på det sted hvor flaskelageret skal stå.

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

Udvendig  
klargøring af  
5kW sites  
(fortsat)

Flaskelageret skal stå i vatter ind mod det eksisterende kabinet:



Billede 11: Klargøring til montage af flaskelager

I henhold til den kontrakt, der er lavet ved afgivelse af ordren, så skal installationerne foregå på bestemte tidspunkter og være færdige til en aftalt tid. Så klargøringen er gjort i al slags vejr – billedet viser, hvordan et telt er slået op og monteret på den eksisterende site, så serviceteknikeren kan arbejde i ly for regnen:



Billede 12: Installation i regnvejr

Det er derudover også individuelt for hver site, hvad der skal laves af forarbejde og klargøring. Derfor er hver site besøgt før klargøringen for at få planlagt arbejdsgangen på hver site og få fastsat tid på, hvor lang tid installationen kommer til at tage.



## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

**Udvendig  
klargøring af  
5kW sites  
(fortsat)**

Her er et par andre eksempler på, hvordan en 5kW-site ser ud efter udvendig klargøring:



**Billede 13: Belægning klar til flaskeskab**



**Billede 14: Flaskeskab installeret (5kW site)**

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

### Udvendig klargøring af 5kW sites (fortsat)

Det kan være nødvendigt med alternative løsninger, hvis grundens niveau skal sænkes i forhold til det eksisterende. Her ses en løsning på, hvordan en niveauforskel kan løses.

Der er sket ændringer i løbet af projektets levetid, således at flaskeskabet i den nuværende installationsfase er blevet ændret konstruktionsmæssigt, sådan at det nu ikke skal "nedgraves" længere.

Det er en del af en udvikling i forhold til kundeønsker/installationsforhold.



Billede 15: Kant-finish foran installeret flaskeskab på 5kW site

### Indvendig klargøring af 5kW sites

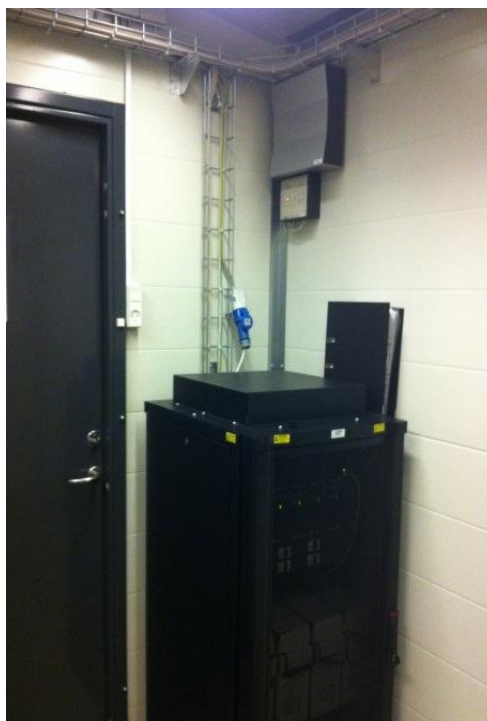
Når serviceteknikeren kommer for at klargøre sitene, står der allerede en UPS installation på hver site. Denne eksisterende UPS installation på sitene fjernes og erstattes af brændselscelleanlæg, som ses på næste side:

*Fortsættes på næste side*

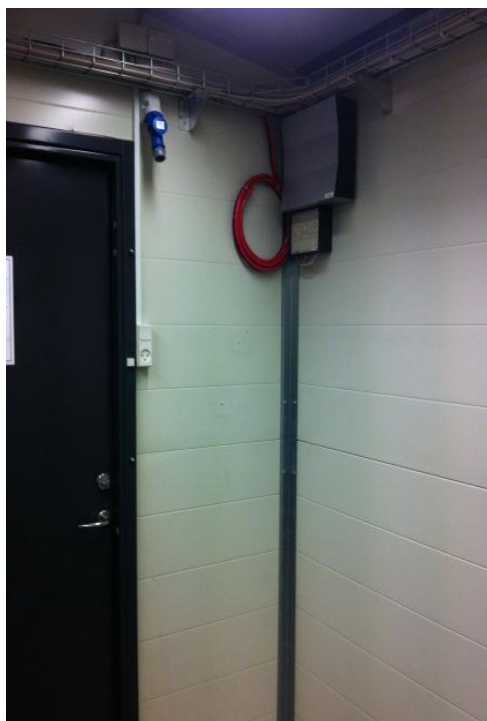
## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

Indvendig  
klargøring af  
5kW sites  
(fortsat)



Billede 16: Eksisterende UPS installation



Billede 17: UPS fjernet og plads klar til brændselscelleanlæg

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

### Indvendig klargøring af 5kW sites (fortsat)

Når UPS'en er taget væk, skal der gøres klar til brændselscelleanlægget. Der skal skæres et hul til luftindtag, og der sættes et rack op, som skal bære de forskellige moduler i anlægget. Billedet her er taget "igennem" rack'et, og viser hullet i væggen til luftindtag:



Billede 18: Klargøring inde i huset

Modulerne monteres i raket, kobles sammen og startes op i henhold til kontraktens aftalte opstartstid. Her ses det færdige rack med alle modulerne sat ind i rack'et:



Billede 19: Færdig-monterede moduler i rack

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

**Alarm-meldinger** Den færdige installation indeholder bl.a. en "Smart pack" (den lille grå boks på billedet), som samler alle alarmer fra det samlede system, og sender disse online direkte til kundens vagtcenter, som så skal reagere på alarmerne, alt efter hvad de fortæller dem:



Billede 20: Smart pack til opsamling af alarmer

### Udvendig klargøring af 10kW sites

På de 5 stk. 10kW sites, som er installeret i fase 1, har det været nødvendigt med lidt ekstra klargøring, idet der skulle monteres et dobbelt så stort flaskelager, samt forberedes til 2 stk. brændselscelleanlæg i ét rack indvendigt i huset. I bl.a. Gedved er der installeret et 10kW system, hvor klargøringen til installationen bl.a. indebar at bore huller i muren til luftindtag- og udblæsning. På udvendig side af huset er der monteret 2 stk. ventilblokke på siden af flaskelageret:



Billede 21: Opmærkning til procesluft afkast

*Fortsættes på næste side*



## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

Udvendig  
klargøring af  
10kW sites  
(fortsat)



Billede 22: Ventilblokke monteret på flaskeskab

Flaskelageret monteres umiddelbart op ad Ventilblokkene som det ses ovenfor. Her ses det færdigmonteret udvendigt på siden:



Billede 23: Flaskelager monteret med slanger og regulatorer

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

### Udvendig klargøring af 10kW sites (fortsat)

Her ses den færdige installation af flaskelager og ventilblokke på 10kW-siten i Gedved. Som en del af installationen er der gravet jord af på siden af huset, lagt fliser og monteret flaskelager med luftindtag- og udblæsning på siden:



Billede 24 Færdig udvendig installation i Gedved

Her er et andet eksempel på en klargjort site i Herning med monteret flaskeskab. Det er en 10kW site, hvor en del grus skulle køres på for at rette op på niveauforskelle rundt om huset, m.m.



Billede 25: 10kW site i Herning udvendigt klargjort

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

### Indvendig klargøring af 10kW sites

Det er, som med den udendørs klargøring, også lidt anderledes med klargøring og installation af 10kW sites inde i det eksisterende hus. Der skal bores to huller til procesluft-afkast, samt det skal sikres, at der i en backup situation kan tilføres tilstrækkelig luft til processen. Rack'et er (som det ses på billedet) en del højere (H:2200 mm.) end de racks, der bruges til et 5kW system. Ved siden af rack'et ses den distributionstavle, hvor 48V fra brændselscelleanlægget samles med den øvrige installation, også kaldt 48volt-bussen.



Billede 26: Indvendig klargøring på 10kW site



Billede 27: Komplet 10kW installation med distributionstavle

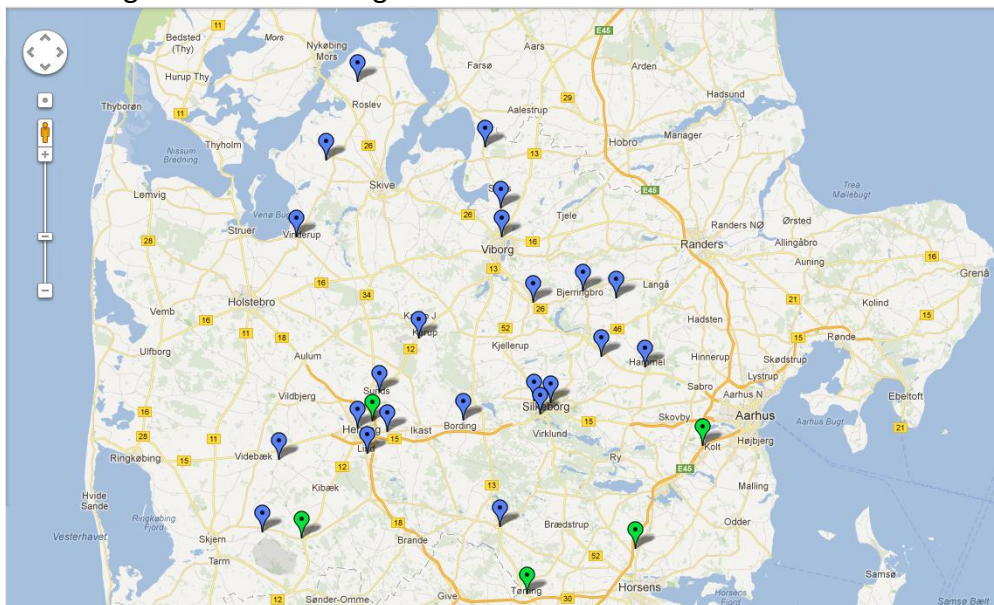
---

*Fortsættes på næste side*



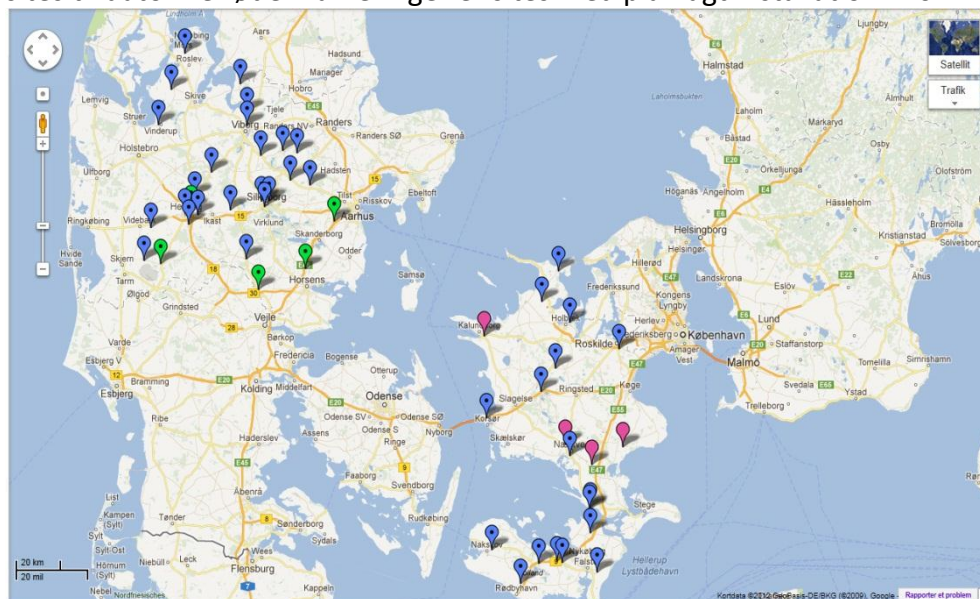
## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

**Placering af sites** På kortet her ses placering af Fase 1-3 sites i Midtjylland. De grønne markeringer er 10kW sites og de blå er 5kW sites:



Figur 8: Kort over Fase 1+2+3-installationer

Udover installationer i dette projekt, er der også installeret lignende anlæg for på Sjælland for SEAS-NVE. Se her for placering af alle fase 1-3 installerede sites til dato. De røde markeringer er sites med planlagt installation i 2012:



Figur 9: Kort over alle fase 1-3 5kW og 10kW-installationer i DK til dato

I Danmark er der til dato installeret yderligere 31 brændselscelleanlæg for EnergiMidt A/S i fase 0, 4 og 5.

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

**Servicekonceptet** Dantherm Power har indgået en serviceaftale med kunden, som indeholder alt der vedrører driften af Brændselscelleanlæggene.

Brændselscelleanlæggene er udviklet således, at løbende vedligehold er absolut minimal. Det er dog nødvendigt at skifte 1 stk. hydrogenflaske hvert andet år, og i den forbindelse laves der også et visuelt tjek af anlægget, samt en performancetest af stakken (selve brændselscellen).

Hvis der i mellemtiden er kommet en software-opdatering til brændselscelleanlægget, bliver disse installeret og testet i samme ombæring.

Aftalen dækker et 24/7-udkald samt levering af hydrogen til selvtest. I det komplette anlæg samles alle alarmer og fejltilstande i ét modul (Smartpack'en) – hertil kommer også evt. alarm fra køleanlægget. Disse alarmer sendes direkte til kundens Vagtcenter, hvorfra Dantherm Power tilkaldes.

Hydrogenlageret opbygges efter kundens ønskede backup-tid på siden, og afhænger af, hvor lang responstid kunden ønsker at have til en servicepartner i forb. med strømudfald. I dette tilfælde er hydrogenlageret opbygget med 3 flasker på 5kW sites:

Flaske nr. 1 er tilkoblet "lager 1" til ventilblokken – brændselscelleanlægget tømmer altid dette lager først, og det er herfra H<sub>2</sub> bruges til selvtest. Når "lager 1" er tom, sendes der en "warning" til vagtcenteret, og et servicebesøg (Dantherm Power) planlægges.

Flaske nr. 2 er tilkoblet "lager 2" til ventilblokken – det er herfra kundens ønskede backup-tid beregnes sammen med "lager 3". Når "lager 2" løber tom, sendes der en "Alarm" til vagtcenteret, og en servicetekniker (Dantherm Power) tilkaldes.

Flaske nr. 3 er tilkoblet "lager 3" til ventilblokken. I en backup-situation, kører anlægget nu på den sidste hydrogen, og en servicetekniker er stærkt påkrævet for at holde siden kørende. Kunden har i dette tilfælde ønsket minimum 4 timers backup på siden – det kan anlægget opfylde med "lager 2&3" ved fuld last (5kW).

Alarmer opsamles på 2 niveauer:

1. Warning = brændselscelleanlægget fungerer, som det skal, men der skal planlægges et servicebesøg.
  - høj eller lav temperatur i eller omkring stack, eller
  - Hydrogen lager nr.1 tom

---

*Fortsættes på næste side*

## 6. UPS Demonstration (WP4A), fortsat

---

**Servicekonceptet**  
(fortsat)

2. Alarm = Brændselscelle anlægget er ude af drift, servicetekniker besøg påkrævet.
  - For høj/lav temperatur i eller omkring stack
  - Hydrogen lager nr. 2 eller 3 tom
  - Dårlig performance på en stack.
  - Fejl i H2 gas installation.

Dantherm Power A/S har indgået en landsdækkende aftale på flaskeleje med Strandmøllen og kan derfor tilbyde alle kunder en fordelagtig pris på leje af gasflaskerne. Denne del er også en ydelse kunderne tager imod, så de har en samlet aftale på hele konceptet.

---



## 7. UPS Driftsdata og pålidelighed

---

### Driftsdata

Første nødstrømssystemer blev idriftsat i marts 2011. Med udgangen af oktober 2012 har Dantherm Power installeret 54 nødstrømssystemer baseret på brændselscelleteknologien hos Energimidt. Disse enheder står i standby og har totalt set stået i standby i 520 måneder, hvorunder der har været gennemført ca. 250 start/-stop.

---

### Pålidelighed

Efter idriftsættelse har der samlet været gennemført 10 besøg på site for at undersøge advarsler eller udbedre fejl.

Fejlene, som har givet anledning til servicebesøg, fordeler sig som følger:

- 3 advarsler på grund af urenheder i ventilblokken fra brintforsyningen. Der er eftermonteret et filter for at undgå denne fejl fremadrettet.
- 3 advarsler på grund af forkert justering af trykregulatoren på brintforsyningen. Regulatoren er justeret fra underleverandøren, så der er indført indgangskontrol på disse regulatorer for at undgå denne type fejl fremadrettet.
- 3 fejl på FCC printet, som er relateret til fejl fra underleverandørens indkøring af loddeproces. Dette er sidenhen rettet hos underleverandøren.
- 1 fejl på back plane-printet, som skyldes fejlmonteret modstand. Der er iværksat korrigerende handling hos underleverandør med henblik på at hindre dette fremadrettet.

Samtlige advarsler og fejl er fundet under selvtest via fjernovervågning og er straks udbedret. Der har ikke været fejl, som har påvirket driften af enhederne.

Under udviklingsprojektet har der været gennemført pålidelighedstests i laboratorierne hos såvel Dantherm Power som Ballard.

Ballard har haft 2 enheder i drift gennem 4 måneder med daglig gennemsnitligt 5 start/-stop pr. dag. Dantherm Power har sideløbende haft yderligere 3 enheder i kontinuerlig drift i 4 måneder med varierende last. Der er undervejs i testforløbet konstateret 4 fejl, som har givet anledning til fejlmeddelelser efter længere tids drift.

- 1 fejl skyldtes urenheder i ventilblok, som er forebygget ved at montere filter før ventilblokken.
  - 3 fejl skyldtes uhensigtsmæssigheder i software programmeringen. Disse 3 uhensigtsmæssigheder er rettet, og software er opdateret på alle systemer.
- 

*Fortsættes på næste side*

## 7. UPS Driftsdata og pålidelighed, fortsat

---

### **Pålidelighed** (fortsat)

Der har ikke været konstateret fejl eller problemer med selve brændselscellestakkene i hverken de 54 enheder, som er installeret hos Energimidt eller på de 5 systemer, som har gennemgået pålidelighedstests. Alle konstaterede fejl og advarsler relaterer sig til elektronikken eller komponenter i brintforsyningen. Enhver erfaring med advarsler og fejl har givet anledning til korrigerende handling, hvormed produktet nu kan betegnes som særdeles pålideligt. Såvel selvtest hver anden måned på alle anlæg hos EnergiMidt som laboratorietests fortsætter for at opsamle mest mulig erfaring med driften af disse systemer.

---

## 8. Udvikling af anden generations brændselscellesystem til gaffeltrucks (WP2B)

---

### Indledning

Igennem de 4 år, hvor CanDanII projektet i fase 1 og 2 har kørt, har H2 Logic fokuseret strategien indenfor brændselscellesystemer til 'materials handling' markant. Efter lange kommerialiseringstudier er brændselsceller til klasse 3 gaffeltrucks fravalgt. I dette segment konkurrerer brændselsceller med batterier, og det vurderes urealistisk, at brændselsceller kan konkurrere med batterier på CAPEX og OPEX indenfor de næste 3-4 år. Derimod er forretningspotentialt i klasse1 gaffeltrucks blevet bekræftet igennem projektperioden. Brændselsceller kan være et reelt alternativ til gaffeltrucks, der i dag bruger LPG og diesel som brændstof. En brintgaffeltruck er dyrere i CAPEX men billigere i OPEX grundet en effektivitet på brændselscellen på ~50% sammenlignet med 15-25% i en forbrændingsmotor.

Midt i projektperioden har H2 Logic opbygget et samarbejde med Dantruck A/S, dansk gaffeltruck producent. Fokus blev på dette tidspunkt indsnævret til at lave 10kW brændselscellesystemet, så det passede 100 % i Dantruck 3000 og samtidig giver en performance (acceleration, topfart og løftehastighed), der er bedre en batteri-gaffeltrucks.

---

### Dantruck

Dantruck har lavet en variant af Dantruck 3000, der er skræddersyet til brændselscelledrift. Forbrændingsmotoren er taget ud af køretøjet og erstattet af en elektrisk drivaksel og elektrisk hydraulik system. Kontravægten er ændret for at gøre plads til brinttank og restvarme fra brændselscellen, som bruges til opvarmning af kabinen. Billederne herunder viser en del af processen hos Dantruck:



Billede 28: Dantruck 3000 efter forbrændingsmotor er taget ud af køretøj

*Fortsættes på næste side*



## 8. Udvikling af anden generations brændselscellesystem til gaffeltrucks (WP2B), fortsat

---

### Dantruck (fortsat)



Billede 29: Dantruck 3000 Power Hydrogen under opbygning

Fra Dantruck står det ganske klart, at opgaven i konvertering af Dantruck 3000 til el-drift og forberedelse til brint har været en større opgave end først antaget, men resultaterne var gode. Gaffeltruck-branchen og dermed også Dantruck blev hårdt ramt af finanskrisen, hvilket resulterede i en væsentlig reduktion i bemanning, og afledte deraf forsinkelser på arbejdet med brintgaffeltrucken undervejs i projektet. Efterfølgende er Dantruck gået konkurs.

---

### H2 Logic

H2 Logic har udviklet 10kW brændselscellesystem i projektet. Systemet er baseret på Ballard Mk9 V4 brændselscelle. Der er valgt at anvende en 110celle brændselscelle, der kan levere max-effekt på ca. 22kW. Brændselscellen køres ved lavere driftspunkt, hvilket resulterer i en højere systemvirkningsgrad, indirekte længere levetid og dermed bedre driftsøkonomi. Set ud fra total cost of ownership, så giver 1% bedre virkningsgrad en reduktion af de samlede driftsomkostninger over hele brændselscellens levetid på kr. ~30-50.000kr.

Brændselscellesystemet er opdelt i 5 moduler. Det er gjort ud fra hensyn til montage i Dantruck 3000 men også ud fra sikkerhed og produktionsvenlighed. Opdeling i moduler afskærer hydrogen-komponenter fra elektronik-komponenter og simplificerer sikkerhedssystemerne. H2 Logic har udviklet stakmodul som en del af CanDanII projektet. Antallet af komponenter er reduceret markant. Dette har haft en væsentlig ønsket effekt på støjreduktionen af systemet.

---

*Fortsættes på næste side*

## 8. Udvikling af anden generations brændselscellesystem til gaffeltrucks (WP2B), fortsat

---

**H2 Logic (fortsat)** Certificeret støjmåling er ikke lavet, men H2 Logics egen støjmåling fra brændselscellen (målt 1meter fra gaffeltrucken) viser ~50 db, når brændselscellen kører 10kW.  
Støj fra brændselscellen er lavere end el-motor og hydraulik.  
Brændselscellesystemet har en effektivitet på ~50% tank to battery. (BoL, @ 10kW)  
Brændselscellesystemet er CE dokumenteret og godkendt af TÜV Süd automotive.  
Levetid for brændselscellesystemet er ikke eftervist i CanDanII projektet.

Erfaringer fra sammenligning af laboratorie-test og real life tests har vist, at det er særdeles svært at simulere en troværdig levetidstest. I HyLift-Demo projektet bliver der lavet accelererede levetidstests og levetidstests ved intensive driftsmønstre, hvilket vil give et troværdigt billede brændselscellesystemets levetid. Brændselscellen har eftervist 10.000 timer i en gaffeltruck applikation, og kritiske komponenter som luftkompressor har ligeledes vist samme levetid.

Systemprisen for et 1stk 10kW FC-system (inklusive 350bar tank, hybridisering og FC system) er realiseret til 4.832€/kW inklusiv dækningsbidrag til H2 Logic. Da systemet kan levere op til 15kW kontinuerligt, så er 1 stk.-prisen 3.221€/kW. Ved produktion af 500stk, så er prisen estimeret til 3.024€/kW, men alene ved implementering af indkøbsaftaler med leverandører forventes denne pris at kunne reduceres yderligere. Ved en salgspris på 2.000€/kW er det eftervist igennem projektet, at FC system kan sælges kommercielt til Dantruck og andre gaffeltruck producenter, der kan sælge en brintgaffeltruck på kommercielle vilkår til en slutbruger.



Billede 30: Prototype Dantruck i H2 Logic værksted

---

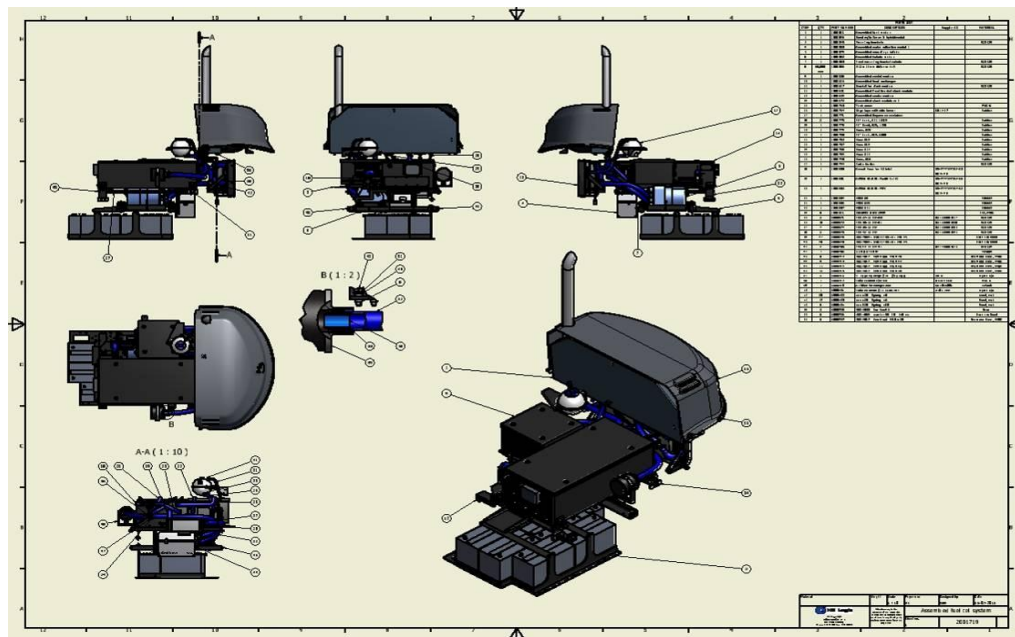
*Fortsættes på næste side*



## 8. Udvikling af anden generations brændselscellesystem til gaffeltrucks (WP2B), fortsat

**H2 Logic (fortsat)** H2 Logic har samlet erfaringer fra CanDan 2-projektet sammen med HyLift-C3 projektet støttet af HTF. Fra HyLift-C3 er der bl.a. udviklet en højeffektiv DC/DC konverter med 97,5% effektivitet og simuleringsmodel af brændselscellen, hvilket har effektiviseret fintuning af driften af brændselscellen.

H2 Logic har i de sidste faser af CanDan 2-projektet og herefter brugt markante ressourcer på at færdiggøre dokumentation af brændselscellesystemet for at klargøre dette til en egentlig produktion. Herunder er vist samletegninger af det samlede brændselscellesystem som det er indbygget i Dantruck:



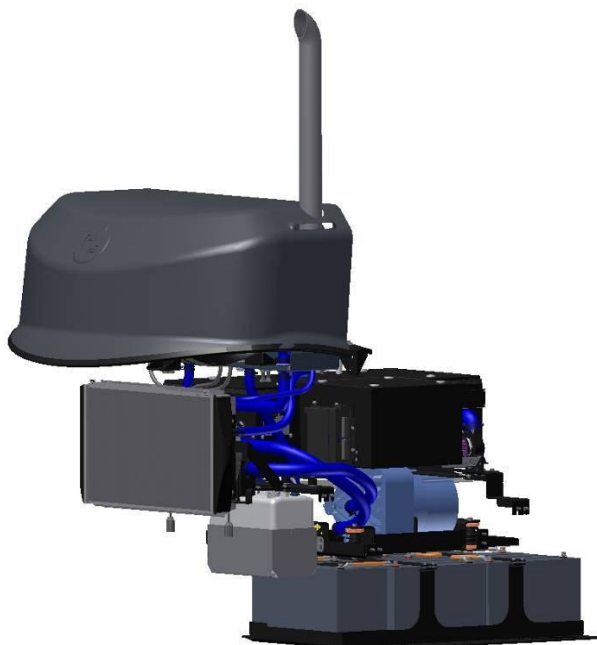
Figur 10: samlet brændselscellesystem til indbygning i Dantruck

Fortsættes på næste side

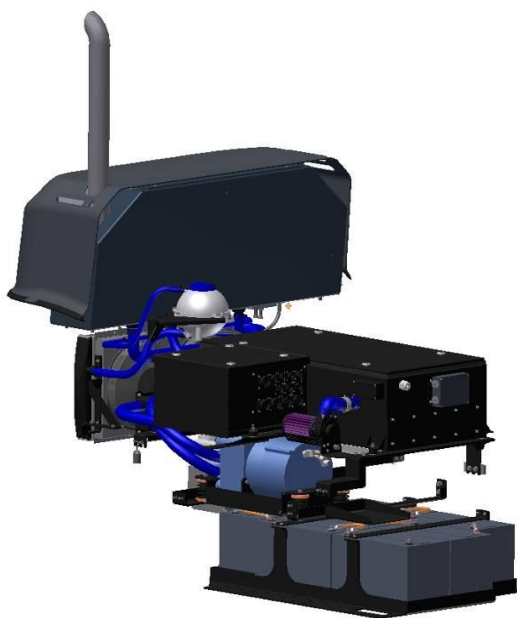
## 8. Udvikling af anden generations brændselscellesystem til gaffeltrucks (WP2B), fortsat

---

H2 Logic (fortsat)



Figur 11: samlet brændselscellesystem til indbygning i Dantruck



Figur 12: samlet brændselscellesystem til indbygning i Dantruck

---

## 9. Certificering og godkendelse af gaffeltrucks (WP3B)

---

### **Certificering**

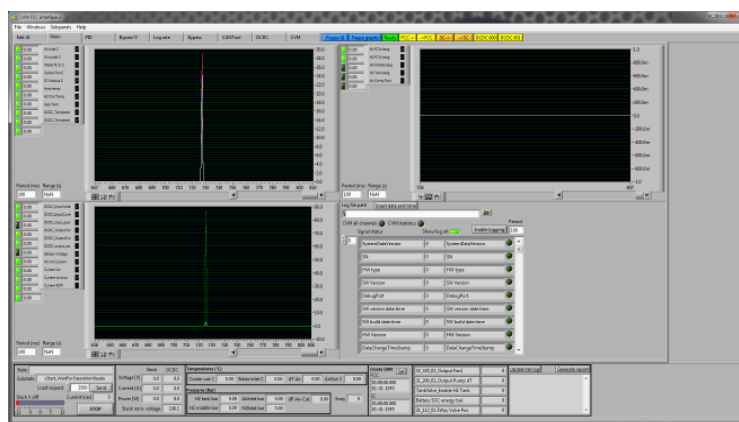
Brændselscellesystemet til gaffeltrucks er udviklet og dokumenteret i henhold til krav til certificering og sikkerhedsgodkendelse. Der kræves ikke en certificering af selve brændselscellesystemet. Det er gaffeltrucken, som skal certificeres med brændselscellesystemet monteret.

Grundet Dantruck's konkurs har det ikke været muligt at få slutproduktet CE-mærket. Disse aktiviteter er dog videreført i andre projekter med nye partnere baseret på den viden, som er opnået i CanDan-projektet.

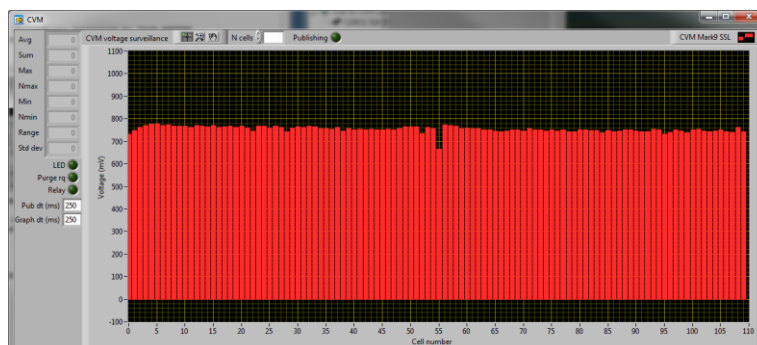
---

## 10. Demonstration af gaffeltrucks (WP4B)

**Service Interface** H2 Logic har igennem CanDan 2-projektet udviklet et avanceret service interface til brændselscellesystemet. Interfaces kan bruges til at overvåge driften af brændselscellen og ligeledes til fjernmonitorering, da der er indbygget et GSM-modem i hvert køretøj, og der således kan være 24/7-overvågning af køretøjerne. Der forventes indhentet en stor datamængde under drift af gaffeltruckene, hvilket direkte vil kunne anvendes til at forbedre performance i forhold til levetid, virkningsgrad og opstartstid, m.v.



Figur 13: service interface



Figur 14: CVM (Cell voltage monitoring)

**Demonstration** Det færdige produkt, Dantuck 3000 Power Hydrogen med integreret H2Drive fra H2 Logic er demonstreret i 30 enheder i HyLift-Demo projektet, og H2 Logic har arbejdet intensivt på at skabe et storskala EU demonstrationsprojekt, hvor 200 gaffeltruck m.v. vil blive demonstreret.

*Fortsættes på næste side*

## 10. Demonstration af gaffeltrucks (WP4B), fortsat

---

### Dantruck 3000 Power Hydrogen

Gaffeltrucken blev lanceret til CE-Mat messen i april 2011. CE-Mat er Europas største messe for materiel til intern transport (gaffeltrucks m.v.). Gaffeltrucken fik særdeles god modtagelse af potentielle kunder og konkurrenter. Her ses billeder af Dantruck 3000 Power Hydrogen på CE-mat messen:



Billede 31: Dantruck 3000 Power Hydrogen



Billede 32: Dantruck 3000 Power Hydrogen

---

*Fortsættes på næste side*

## 10. Demonstration af gaffeltrucks (WP4B), fortsat

---

### Dantruck 3000 Power Hydrogen (fortsat)



Billede 33: Dantruck 3000 Power Hydrogen

---





## 11. Efterfølgende aktiviteter

---

### Aktiviteter efter projektets afslutning

Efter projektets formelle afslutning er der, som nævnt tidligere i rapporten blevet installeret yderligere ca. 20 nødstrømssystemer hos EnergiMidt, således at hele EnergiMidt's bredbåndsnet nu er forsynet med brændselsceller til nødstrømsforsyning. Dette er for Dantherm Power en meget stor succes og tilkendegivelse fra EnergiMidt om, at de har fuld tillid til brændselscelleteknologien, og ser de store fordele i at anvende denne. Sideløbende med samarbejdet med EnergiMidt har SEAS-NVE også besluttet sig for at installere brændselsceller til nødstrømsforsyning i deres bredbåndsnet, og SEAS-NVE har indtil videre fået installeret 20 systemer. NRGi har ligeledes besluttet sig for en tilsvarende udrulning og vil få de første 10 systemer installeret inden udgangen af år 2012.

Siden begyndelse af finanskrisen i år 2008 har mulighederne for offentlig støtte i Canada været meget begrænsede, og det har ikke været muligt at fortsætte CanDan-projektet med offentlig canadisk støtte. I Danmark eksisterer der ikke støtteordninger, som kan hjælpe med markedsmodning og demonstration i større målestok. Det har derfor ikke været muligt at videreføre CanDan-projekterne frem mod en storskala-demonstration med offentlig støtte indenfor nødstrøm. Tiderne har ligeledes ikke begunstiget industriens investeringer i store demonstrationsprojekter og markedsmodningstiltag, hvorfor ambitionerne i en storskala-demo ikke er blevet realiseret. Med ovennævnte installationer hos bredbåndsoperatører i Danmark er der dog kommet godt gang i den kommercielle udrulning af brændselscellebaserede nødstrømssystemer, så på trods af at der ikke findes markedsmodningsordninger, må den rent kommercielle succes betragtes som meget positiv.

Partnerne bag CanDan-projekterne, herunder EUDP, har videreført teknologiudviklingen i efterfølgende projekter og er nået langt på denne front. Markedsføringen af produkterne er også fortsat og har i stor grad båret frugt, men salget på rent kommercielle betingelser mod etablerede teknologier under finanskrisen har medvirket til væsentlig langsommere markedsindtrængning og væsentlig mindre vækst, end ambitionerne tilsagde.

Intensivt samarbejde mellem Ballard og henholdsvis H2Logic og Dantherm Power er fortsat efter CanDan 2-projektet. Samarbejdet mellem AAU og Ballard er efterfølgende intensiveret, idet AAU's kompetencer indenfor befugtning af membraner og diagnostik er meget vigtige kompetencer i forbindelse med at bygge anvende stakke under mere krævende forhold samt i mere optimerede løsninger.

---