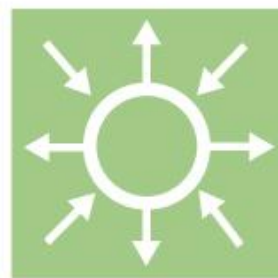




Teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2008

Elforsk rapport 09:09



Bengt Ridell, Mohsen Assadi, Hans Pohl,
Lars Sjunnesson, Lars Avellan, Göran Lindbergh,
Carina Lagergren, Rakel Wreland Lindström, Lars
Hedström, Maria Saxe, Markku Rissanen, Aiken-Xuan
Liu, Eva Fontes, Anders Lundblad och Emelie Wennstam

April 2009

Teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2008

Elforsk rapport 09:09

Bengt Ridell, Mohsen Assadi, Hans Pohl,
Lars Sjunnesson, Lars Avellan, Göran Lindbergh,
Carina Lagergren, Rakel Wreland Lindström, Lars
Hedström, Maria Saxe, Markku Rissanen, Aiken-Xuan
Liu, Eva Fontes, Anders Lundblad och Emelie Wennstam

April 2009

Förord

För att hålla Elforsks intressenter uppdaterade med vad som sker inom bränslecellsområdet har ett teknikbevakningsprojekt genomförts även under 2009. Målet med projektet har varit att samla och sprida information bland Elforsks intressenter om den senaste utvecklingen inom bränslecellsområdet med tyngdpunkt på bränsleflexibilitet, tillförlitlighet och system-aspekter. Projektresultaten skall utgöra underlag inför planerade fortsatta satsningar inom området.

I huvudsak har utvecklingen följts med utgångspunkt från IEA Implementing Agreement on Advanced Fuel Cells, men också genom bevakning av intressanta konferenser och aktiviteter inom området. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och genom medverkande företags egna insatser. Samtliga rapporter från projektet finns publicerade och nedladdningsbara på Elforsks hemsida med adress <http://www.branslecell.se>. Under Bilaga 1 ges också en sammanställning över andra pågående projekt inom bränslecellsområdet, som Energimyndigheten stödjer.

Styrgruppen för projektet, som också deltagit aktivt i projektgenomförandet, har haft följande ledamöter: Bernt Gustafsson Energimyndigheten, Göran Lindbergh KTH, Bengt Ridell Grontmij AB, Britt Marie Bertilsson MISTRA, Eva Fontes Sagentia Catella AB, Tord Torisson och Mohsen Assadi LTH, Bertil Nygren ABB Corporate Research, Lars Wrangensten och Bertil Wahlund Elforsk AB, Tommy Fröberg FMV, Lars Sjunnesson EON Sverige AB, Per Carlson och Tobias Bogeskär Göteborg Energi AB, Magnus Stenwall Umeå Energi AB, Magnus Karlström Vätgas Sverige, Lars Avellan Swerea IVF och Peter Lund Helsingfors Tekniska Högskola. Elforsk framför ett stort tack till styrgruppen för värdefulla insatser.

Författarnas synpunkter och kommentarer i rapporten kan ibland vara personliga vilket gör att de inte nödvändigtvis överstämmer med Elforsks eller Energimyndighetens åsikter inom området.

En fortsättning av teknikbevakningsprojektet är planerad för 2009.

Stockholm i april 2009

Bertil Wahlund och Lars Wrangensten

Elforsk AB

Programområde El- och Värmeproduktion

Sammanfattning

Teknikbevakningen av bränslecellsområdet under 2008 genomfördes i flera fall genom att aktivt delta i pågående aktiviteter inom de olika Annexen inom Implementing Agreement IEA Advanced Fuel Cells. Dessutom har den stora årliga internationella konferensen Fuel Cell Seminar och EU-aktiviteter inom området följts och bevakats.

En av de uppenbara trenderna är att förnybara bränslen speciellt biogas blir allt viktigare vid en kommersiell introduktion av stationära bränsleceller. Det finns MCFC i kommersiell storlek och teknik som använder biogas som bränsle i Tyskland, USA och Japan. Naturgasen är inte längre första valet eftersom drivkrafterna i de stora länderna USA, Japan och Tyskland kräver inhemskt producerade bränslen.

På det stationära området görs det olika vägval främst beroende på drivkrafterna i olika länder. I USA börjar SECA programmet (utvecklingsprogram SOFC) mer och mer att fokusera på stora multi-MW SOFC som komponenter i kolkraftverk. Det skissas till och med på bränsleceller i 100 MW-klass. I Europa, främst i Tyskland och i Japan är det överraskande stort fokus på små kraftvärmeanläggningar för småhus och mindre byggnader. Det byggs fabriker idag för att tillverka stora volymer av denna typ av bränslecellsanläggningar. Bränsleceller i storleksordningen från ca 100 kWe och upp till MW-klass främst avsedd för biobränsle kan vara de mest intressanta för Sverige. Det återstår dock fortfarande flera frågor, främst tillverkningskostnaderna och livslängden för bränslecellerna, som fortfarande måste lösas innan stationära bränsleceller kan bli konkurrenskraftiga.

För framdrivning av fordon återstår en del tills bränslecellstekniken är kommersiellt mogen - livslängd och kostnader är två av nyckelfrågorna, och det dröjer nog flera år tills fordonen blir kommersiellt tillgängliga i stor skala. Bortåt 500 demonstrationsfordon är emellertid i drift runtom i världen. I princip alla bränslecellsfordon använder ombordlagrad vätgas som bränsle, vilket kräver en utbyggd infrastruktur för vätgas. Bränsleceller för produktion av el som hjälpkraft (APU, auxiliary power unit) kan ligga närmare ett marknadsgenombrott. Det är av särskilt intresse för tillverkare av tunga fordon. Den allmänt stora satsningen på eldrift i olika former gynnar i huvudsak utvecklingen av bränslecellsfordon då merparten av komponenterna är gemensamma. I ett långsiktigt perspektiv kan bränsleceller ersätta förbränningsmotorn i laddhybridbilar.

Den teknik som ligger runt hörnet och som med stor sannolikhet kommer att synas mer och mer som kommersiella produkter är små portabla bränsleceller. De kan snabbt bli kommersiella eftersom de konkurrerar med batterier och har potential att nå långt högre energidensiteter än vad som är möjligt för Li-jon-batterier.

Det är nödvändigt att vi i Sverige kan vara med och bevaka och tillgodogöra oss vad som sker på forskningsfronten. Med den nuvarande finansieringsnivån är det dock inte möjligt för svenska forskare att delta i eller flytta forskningsfronten framåt. Bränsleceller förekommer flitigt i media och speciellt i tekniska tidskrifter på populär nivå. Det gör att studenter på tekniska

högskolor starkt efterfrågar kunskap om bränsleceller. Det är också viktigt att kunna förmedla sakliginformation till samhället och allmänheten.

Det skulle vara av stor nytta för olika aktörers målinriktade insatser att en långsiktig strategi för verksamheten inom bränslecellsområdet utarbetas i samarbete mellan finansiärer såsom Energimyndigheten och Elforsk och olika aktörer i Sverige. För Sveriges del bör svenska myndigheter stimulera till ett ökat intresse för bränsleceller hos lämpliga delar av näringslivet genom att uppmuntra till ett strategiskt samarbete.

Summary

The surveillance of fuel cell technology was within this project performed by active participation in the different Annexes of Implementing Agreement IEA Advanced fuel cells. The annual event Fuel Cell Seminar and EU activities have also been followed up.

One obvious trend is that renewables, and specially bio fuels, become more important by a commercial introduction of stationary fuel cells.

There are today MCFC:s in commercial size fuelled by bio gas in Germany, USA and Japan. The first choice is not any longer natural gas in the big countries USA, Japan and Germany depending on the driving forces to use domestic produced fuels.

For stationary use there are different alternatives road maps in different countries depending on the existing driving forces. In the United States the SECA research program have more and bigger MW-scale SOFC:s in focus as components in coal fired power plants. There is even an outline plan for a 100 MW fuel cell class. In Europe, mostly in Germany, and Japan small cogeneration plants for family houses and smaller facilities are in focus. Factories are built to manufacture big volumes of these types of fuel cell plants. For Sweden fuel cells using biofuels from about 100 kWe up to 1 MWe are judged to be most interesting. However, several questions must be solved before stationary fuel cells are fully competitive, most important are the manufacturing costs and the stack lifetime.

Within the transportation area, some development still remains before fuel cells are commercially available; lifetime and cost are still the key issues. However, there are today almost 500 demonstration vehicles in operation around the world. Nearly all fuel cell vehicles are using on board stored hydrogen as fuel demanding a hydrogen gas infrastructure to be built. Fuel cells as APU:s (auxiliary power units) may lay closer to a market break through. It is a specific industrial application for vehicles that might be of interest for the Swedish truck industry. The great development within electricity vehicles in different forms, benefits at large the development of fuel cell vehicles as the majority of the components are the same. In a long-term perspective, fuel cells can replace the combustion engine in electric hybrid vehicles.

The technology, available around the corner, will probably be portable fuel cell applications to be seen more and more in commercial products. These applications can rapidly be commercial than they are a competitor to Li-ion batteries and can achieve much higher energy density compared to what is possible for batteries.

It is necessary that we in Sweden will follow up and utilise the information coming out from the research front line. Based on the prevailing research financing resources it is not possible for Swedish researcher to participate in or move the research front line forward within the fuel cell area. Fuel cells are often in media focus especially in popular technical magazines. Hence there is a demand for information and knowledge's from students at universities. It is also important to supply the community and public with facts and objective information.

A common long-term strategy and plan for the coming research activities between the Swedish state energy Board, Elforsk and different companies in Sweden would be beneficial and of great importance. Swedish authorities are recommended to stimulate an increasing interest for fuels cells among appropriate parts of trade and industry by encourage a strategic collaboration within the fuel cell area.

Överväganden och förslag till fortsatt arbete

Teknikbevakningsprojektet år 2008 får ses som ett övervintringsprojekt till dess att tiden är mogen för att också i Sverige starta ett samarbetsinitiativ mellan finansierande myndigheter, forskare, industrin och övriga aktörer. Det är då viktigt att enas om ett program som är lämpligt för Sverige och svenska förhållanden. Målen för ett sådant program bör i första hand anpassas efter bränslecellsteknikens möjliga fördelar i Sverige och för svensk exportindustri.

Det kan vara

- miljömålen, minskning av utsläpp av växthusgaser, minimala emissioner
- energieffektivisering
- att med hög verkningsgrad utnyttja lokalt producerade förnybara bränslen
- stödja svensk exportindustri med att utveckla produkter för en stor global exportmarknad

Det skulle vara av stor nytta för olika aktörers målinriktade insatser att en strategi för verksamheten inom bränslecellsområdet utarbetas i samarbete mellan finansiärer såsom Energimyndigheten och Elforsk och olika aktörer i Sverige. Det kan göras på liknande sätt som i Danmark eller något annat land. Det innebär även att en långsiktig satsning på forskning på högskolenivå liknande den som fanns till och med 2005 återupptas. Många av de forskare som tog examen inom programmet är aktiva inom bränslecellsområdet och arbetar i svensk eller utländsk industri med bränslecellsteknik. En strategi bör uppmuntra till att industrin och andra aktörer investerar i demonstrationsanläggningar i samarbete med statliga finansiärer. Det kan vara viktigt för Sverige att svenska myndigheter försöker väcka intresset för bränsleceller hos lämpliga delar av näringslivet i Sverige genom att uppmuntra till ett strategiskt samarbete involverande industri, högskolor och staten.

Innehåll

1	Bakgrund till projektet	1
1.1	Vision och mål	1
1.2	Teknik- och tillämpningsområden	1
1.3	Finansiärer	1
2	IEA Advanced Fuel Cells och Sveriges medverkan	2
2.1	Beskrivning av IEA AFC Implementing Agreement samt de olika annexen och var Sverige deltar	2
2.1.1	IEA Advanced Fuel Cells 2008	2
2.1.2	Annex XIX Stationära bränsleceller	4
2.1.3	Det nya stationära annexet i det kommande Implementing Agreement 2009 – 2013	5
2.1.4	Möten IEA AFC	5
3	EU:s program för bränsleceller, FCH JTI	7
3.1	Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative, FCH JTI	7
3.1.1	FCH JTI:s principer, organisation och program	8
3.1.2	Governing Board	8
3.2	Industrigruppen, New IG	9
3.3	Forskningsgruppen N.ERGHY	9
3.4	HyRamp, Regioner i Europa	10
3.5	Program	10
3.6	Utlysningar för projektansökningar	12
4	Fuel Cell Seminar 2008	14
4.1	Sammanfattande intryck från FCS 2008	14
4.2	Högtemperaturbränsleceller	15
4.3	Olika användningsområden för bränsleceller	19
4.3.1	Bränsleceller för småhus	19
4.3.2	Avloppsreningsverk	20
4.3.3	Militära bränsleceller	20
4.4	Lågtemperaturbränsleceller	21
4.5	Vätgas för bränsleceller	22
4.5.1	US/DOE Hydrogen program	22
4.5.2	EU projektet Roads2Hycom	22
4.6	Andra presentationer	22
4.6.1	Nytt investeringsstöd för bränsleceller i USA, ITC Investment Tax Credit for Fuel Cell Technology	23
4.7	Women in Fuel cells, ett nytt nätverk	23
5	Polymera bränsleceller (PEFC)	25
5.1	Beskrivning av tekniken	25
5.2	Teknikbevakning under 2008	25
5.2.1	Komponentutveckling	26
5.2.2	Systemutveckling	27
5.2.3	Kommersiell utveckling under 2008	28
5.3	Framtida svenska satsningar	28
6	Stationära smältkarbonatbränsleceller (MCFC)	30
6.1	Beskrivning av tekniken	30
6.2	Teknikbevakningen under 2008	30
6.3	Framtida utveckling	32

7	Stationära fastoxidbränsleceller (SOFC)	33
7.1	Beskrivning av tekniken	33
7.2	Teknikbevakning 2008	36
7.3	Framtida utveckling	37
8	Portabla tillämpningar för bränslecelltekniken	40
8.1	Teknikbevakningen under 2008	40
8.2	Framtida utveckling FoU och marknad	43
8.2.1	Potentiell marknad för portabel elektronik	43
8.2.2	Sladdlösa laddare – marknadens drivkrafter och tillgängliga produkter	43
9	Traktionära tillämpningar för bränslecelltekniken	44
9.1	Beskrivning av tillämpningsområdet	44
9.2	Teknikbevakningen under 2008	45
9.3	Framtida utveckling	47
10	Vätgas som energibärare	49
10.1	IEA Hydrogen Task 18 Integrated Systems Evaluation	49
10.1.1	IEA Hydrogen Task 18	50
10.1.2	Aktiviteter inom Task 18	51
10.1.3	EU HY-CO Era-net	51
10.2	Konferensbevakning av WHEC 2008 17 th World Hydrogen Energy Conference	51
10.2.1	Trender	52
11	Bränsleceller i Kina	54
11.1	Aktiviteter i Kina inom bränslecellsområdet och framtidsplaner	55
12	Underlag för satsning på marknadsnära FOU för bränsleceller	56
12.1	Enkät och workshop	56
13	Sammanfattande slutsatser och framtiden	58
13.1	Överblick	58
13.2	Teknikbevakningsprojektet 2008	59
13.3	Förslag till fortsatt verksamhet	60
14	Referenser	62

Bilagor

- Bilaga 1 Sammanställning pågående projekt inom Bränslecellsområdet (med stöd i kronor från Energimyndigheten)

1 Bakgrund till projektet

1.1 Vision och mål

Den långsiktiga visionen med teknikbevakning inom bränslecellsområdet är att samla in kunskaper och underlag och identifiera kunskapsluckor inför en framtida satsning så att bränsleceller som drivs med förnyelsebara bränslen kan implementeras i det svenska energisystemet.

Målen med teknikbevakningsprojektet för 2008 har varit att

- ge Energimyndigheten underlag till framtida aktiviteter på området
- sprida information bland Elforsks intressenter, högskolor och näringslivsintressenter om den senaste utvecklingen inom bränslecellsområdet med tyngdpunkt på bränsleflexibilitet, tillförlitlighet samt systemaspekter
- visa var dvs. i vilka applikationer som bränsleceller passar in i det svenska energisystemet.

1.2 Teknik- och tillämpningsområden

Bevakningsprojektet genomfördes i huvudsak genom att bevaka pågående aktiviteter inom de olika Annexen under IEA:s program IEA Advanced Fuel Cells 2004-2008. Dessutom har den stora årliga internationella konferensen Fuel Cell Seminar, EU-aktiviteter inom området och bränslecellsutvecklingen i Kina följts och bevakats.

Projektet har indelats i följande teknik- och tillämpningsområden:

- Stationära polymera bränsleceller (PEFC eller PEMFC)
- Smältkarbonatbränsleceller (MCFC)
- Fastoxidbränsleceller (SOFC)
- Portabla tillämpningar av bränslecelltekniken
- Traktionära tillämpningar av bränslecelltekniken
- Tänkbara applikationer

1.3 Finansiärer

Projektet har finansierats av Energimyndigheten och av EON Sverige AB, ABB Corporate Research och Vätgas Sverige som medverkat med egna insatser.

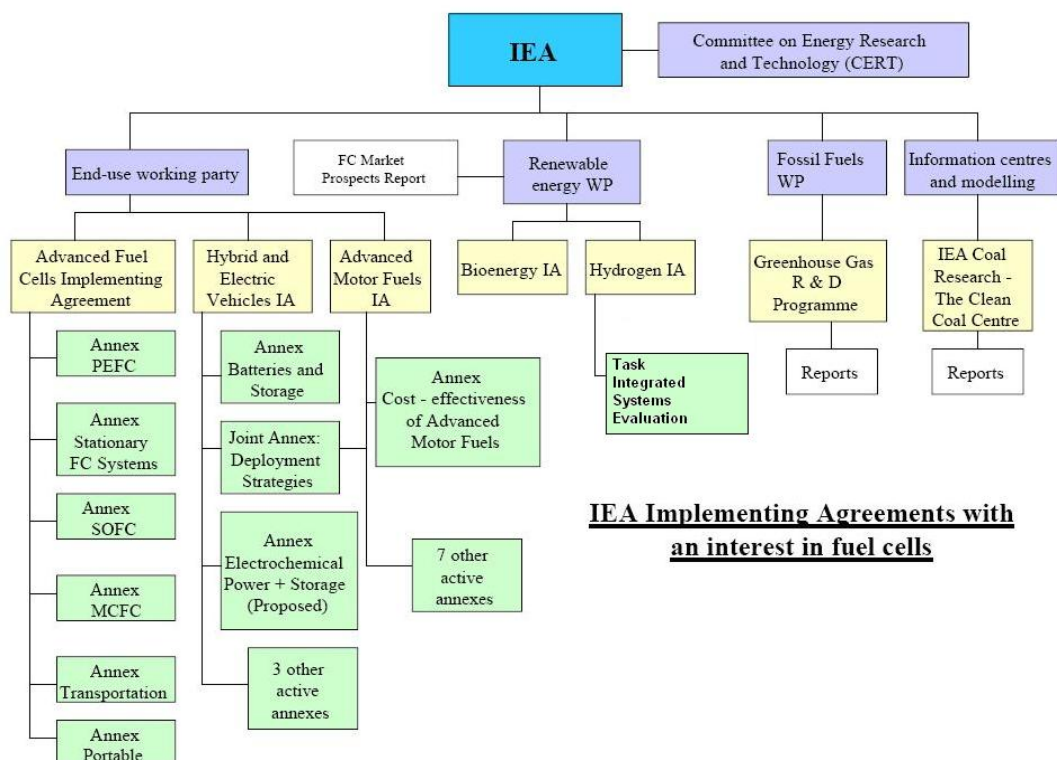
2 IEA Advanced Fuel Cells och Sveriges medverkan

2.1 Beskrivning av IEA AFC Implementing Agreement samt de olika annexen och var Sverige deltar.

2.1.1 IEA Advanced Fuel Cells 2008

IEA, International Energy Agency, är en OECD organisation som bildades efter oljekriserna på 70-talet. IEAs syfte är bland annat har att motverka uppkomsten av nya oljekriser samt att effektivisera användning av energi och finna alternativ till fossila bränslen. IEA har i sin forskningsdel flera så kallade Working Party där olika Implementing Agreement ingår. Det är nätverk av experter, användare, finansiärer och andra aktörer som bildar arbetsgrupper inom olika energiområden.

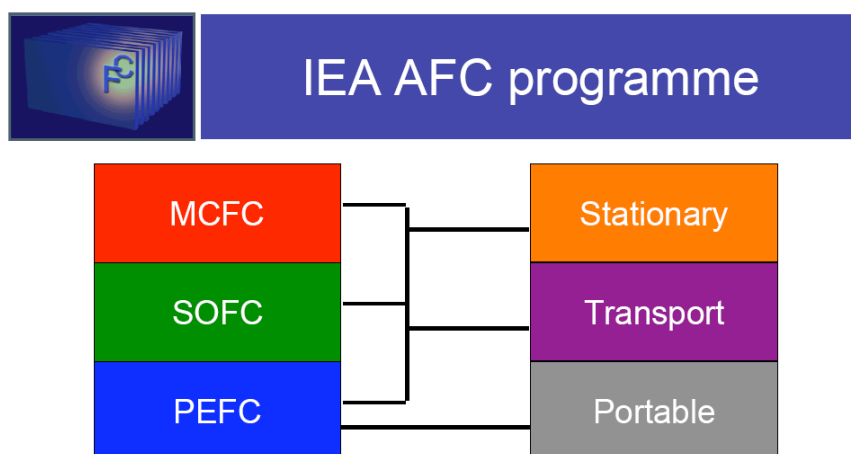
IEA Advanced Fuel Cells är ett Implementing Agreement, en internationell grupp som behandlar frågor kring bränsleceller.



Detta organisationsschema olika Implementing Agreement som kommer i kontakt med bränsleceller. Längst till vänster finns IEA Advanced Fuel Cells med tillhörande Annex.

Sverige har genom Lars Sjunnesson, E.ON Sverige AB ordförandeskapet i ExCo, Executivekommiteén för IEA Advanced Fuel Cells. Det pågående Implementing Agreement löper under åren 2004 – 2008 och avslutades därmed under året. Det innebär att det nu tas fram en slutrapport för perioden samtidigt som det nya Implementing Agreement, preliminärt i en ny 5 års-period, 2009 – 2013, skall planeras och beslutas.

Inom IEA Advanced Fuel Cells Implementing Agreement finns sex olika Annex.



De tre Annexen till vänster MCFC, SOFC och PEFC är teknikorienterade och studerar i första hand frågor kring material, cell- och stackutveckling. Annexen till höger stationära, transport och portabla bränsleceller är användarorienterade och studerar främst användar- och marknadsfrågor

De olika Annexen och med Operating Agent, (ordförande) och officiella svenska deltagare

		Operating Agent	Svensk deltagare
Annex XIV	PEFC	Argonne NL, USA	Lars Pettersson, KTH
Annex XVII	MCFC	Kist, Korea	Göran Lindbergh, KTH
Annex XVIII	SOFC	VTT, Finland	Mohsen Assadi, LTH
Annex XIX	Stationary	Grontmij/E.ON Sverige	Bengt Ridell, Grontmij AB
Annex XX	Transport	ECN, Nederländerna	Azra Selimovic, Volvo
Annex XXI	Portable	FZJ, Tyskland	Eva Fontes, Catella

2.1.2 Annex XIX Stationära bränsleceller

Sverige och Bengt Ridell, Grontmij AB är Operating Agent, Ordförande, för Annex XIX stationära bränsleceller. Det finns deltagare från 13 länder i Annex XIX.

- | | |
|---|-----------------------------|
| – Tyskland, FZJ Jülich, MTU Onsite Energy | – Schweiz, Thoma & Renz |
| – Japan, NEDO | – Danmark, Haldor Topsø A/S |
| – USA, Sandia National Laboratory, EPRI, Department of Energy | – Nederländerna, ECN |
| – Sverige, Grontmij AB, E.ON Sverige AB | – Australien, CFCL |
| – Italien, ENEA | – Finland, VTT, Wärtsilä |
| – Frankrike, EdF, | – Belgien, VITO |
| – Österrike Austrian Energy Agency | |
| – Energie AG Oberösterreich | |

Annex XIX har som huvuduppgift att studera frågor som skall underlätta införandet av stationära bränsleceller i olika länders energisystem samt att studera den tekniska utvecklingen och marknaden för bränsleceller. Det görs till exempel genom att beskriva de olika möjligheter som finns för stationära bränsleceller att introduceras på en kommersiell marknad och att identifiera olika användningsområden speciellt de som tidigt kan bli konkurrenskraftiga och de som kan komma att få stora marknadsvolymer.

Stora delar av arbetet görs ofta av subtaskledarna men alla deltagare är aktiva genom att vara aktiva på expertmöten och genom att besvara de olika frågeformulär som tas fram. Frågeformulären beskriver i regel olika möjligheterna och förutsättningarna i de enskilda länderna.

Annex XIX innehåller fem olika subtasks, arbetsområden, som leds av olika subtaskledare.

- Subtask 1 Market Outlook, Schweiz
- Subtask 2 Effect of large number of fuel cells, Japan
- Subtask 3 Fuels for stationary fuel cells, Tyskland
- Subtask 4 Balance of Plant, Finland
- Subtask 5 Market and technology status, USA och Sverige

Från arbetet i Annex XIX kan nämnas att,

- i Subtask 1 studeras förutsättningarna i olika länder och regioner att introducera bränsleceller på marknaden. Det är stor skillnad på energipriser och användarmönster av el, värme och kyla.
- i Subtask 2 har det stora demonstrationsprogrammet i Japan, med idag över 3000 bränsleceller, studerats i detalj. Flera olika nya standards har tagits fram för att undvika problem med elkvalité och för att bemästra säkerhetsfrågor. Inom Annex XIX har också styrningen av bränslecellerna som är kraftvärmeanläggningar diskuterats.
- i Subtask 3 har olika typer av bränslen lämpliga för stationära bränsleceller studerats speciellt lokalt producerade förnybara bränslen. Det är ett stort och mycket viktigt område för stationära bränsleceller. Bränsleceller har relativt hög verkningsgrad också för mindre

anläggningar och har därför en viktig marknad i till exempel rötgasanläggningar som speciellt studeras.

- idag är en tredjedel av kostnaden för en bränslecellsanläggning relaterade till själva stacken, två tredjedelar är kringutrustning. Det är därför oerhört viktigt att även kostnaderna för kringutrustning minskar väsentligt vid en industriell produktion av bränsleceller. Vilka möjligheter det finns att göra detta studeras i Subtask 4.
- i Subtask 5 presenteras och diskuteras de senaste nyheterna, teknikstatus, FoU och demonstrationsprogram inom området stationära bränsleceller. Det ger en snabb och bra tillgång till nyheter inom området som kan bedömas och diskuteras bland experter.

2.1.3 Det nya stationära annexet i det kommande Implementing Agreement 2009 – 2013

I det nya Implementing Agreement kommer flera av de nuvarande Annexen att förstås men med till viss del nya inriktningar. Det förslag som just nu förbereds innehåller följande subtasks

- Fuel for fuel cells, en fortsättning av Subtask 3 men med större koncentration på förnybara bränslen speciellt rötning och förgasning av biomassa. I första hand biomassa som är avfallsprodukter från jordbruks, skogsbruks- eller livsmedelsindustrin. Två delstudier kommer att göras: *avfall till vätgas* och *tillgång på överskottsvätgas från industrin*.
- Bränsleceller i småhus och mindre byggnader, det finns idag flera olika projekt planerade och även signerade kontrakt för leverans av 10 000-tals mindre bränsleceller avsedda för användning i byggnader. Andra frågor som kommer att tas upp i detta Subtask är frågor kring tri-generation med bränsleceller el, värme och kyla och användning även i större byggnader.
- Det gamla Subtask 4 som behandlade kringutrustning kommer att fortsätta. Denna gång kommer bland annat utvecklingen av kringutrustning till olika demonstrationsprojekt att studeras
- Ett nytt Subtask som kommer att ledas av Sandia National Lab, USA är att analysera drift och kontroll strategier för olika typer av system och tekniker. Idag utvecklas och används denna typ av modeller av Sandia och Annexet kommer bland annat att diskutera och utvärdera indata och resultat till olika simuleringar.
- Uppföljning av teknikstatus, genom att studera demonstrationsprojekt.

2.1.4 Möten IEA AFC

ExCo, Exekutivkommittén håller två möten årligen då presenteras statusrapporter från de olika Annexen samt frågor som är gemensamma för hela Implementing Agreement. Under 2008 hölls följande möten

- Tokyo, Japan den 25 februari 2008 i anslutning Japan Fuel Cell Expo
- Phoenix, Arizona, USA den 27 oktober, 2008 i anslutning till Fuel Cell Seminar

Under 2009 planeras två möten i ExCo,

- Istanbul, Turkiet den 15-16 april

- Preliminärt 26-27 november i Köpenhamn, Danmark

Inom Annex XIX, stationära bränsleceller, arrangeras två expertmöten varje år. Under 2008 hölls följande möten,

- 10-11 mars, 2008 i Esbo, Finland, värd för mötet var VTT
- 2-3 oktober, 2008 i Venedig, Italien värd för mötet var ENEA

Under 2009 planeras två expertmöten,

- 26-27 mars, 2008 Österrike i Wien och Güssing, värd för mötet är Austrian Energy Agency
- 16 november i samband med konferensen Fuel Cell Seminar 2009 i Palm Springs, Kalifornien, USA

3 EU:s program för bränsleceller, FCH JTI

I maj 2008 godkände EU:s ministerråd förslaget till ett Fuel Cell Hydrogen Joint Technology Initiative, FCH JTI. Programmets omfattning är i storleksordningen 1000 M€ varav 470 M€ är finansierat av EU-kommissionen. Den resterande delen är privata medel från företag och institut i Europa. Denna finansiering är ingen dramatisk ökning från tidigare EU-finansiering inom området, men nu är syftet att programmet skall styras mer av industrin. Det kommer att bli inriktat på produktutveckling och demonstrationsprojekt och skall pågå under åren 2008 – 2013.

EU har finansierat FoU och demonstrationer av bränsleceller i Europa under 20 års tid. Nu har det tagits ett nytt initiativ främst motiverat av att bränslecellerna anses ha kommit närmre en marknadsintroduktion och att konkurrenskraften för den europeiska industrin skall förbättras och säkras. Trycket på Europa från andra regioner, främst USA och Japan, är stort eftersom de sedan flera år har haft betydligt större direkt stöd till industrin för finansiering av forskning och utveckling av bränsleceller än Europa.

Medlen från EC till FCH JTI tas från budgeten inom FP7, det sjunde ramprogrammet, och all verksamhet inom området bränsleceller och vätgas som energibärare kommer nu att styras via FCH JTI. Det har tidigare gjort två särskilda utlysningar i FP7 inom området bränsleceller och vätgas innan JTI startades. Dessa båda utlysningar var helt avsedda för långsiktig forskning, materialutveckling och nya typer av bränslecellsteknik eftersom de inte kommer att få något större utrymme inom FCH JTI.

3.1 Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative, FCH JTI

Bränsleceller anses nu av EU-kommissionen ha kommit närmare en marknadsintroduktion, och därför vill EU-kommissionen förbättra och säkra konkurrenskraften för den europeiska industrin. Under 2008 startades därför det nya programmet Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative, FCH JTI. Det är ett så kallat Public-Private Partnership där en industrigrupp och EU-kommissionen delar på finansiering och ansvar för verksamheten. Avsikten är att industrin skall få ett betydligt större inflytande över verksamheten genom utformning av utlysningar och även vid val projekt, och industrin kommer därigenom även att få ett betydligt större ansvar. Trycket på EU från andra regioner främst USA och Japan är stort eftersom de sedan flera år har haft betydligt större direkt stöd till industrin för finansiering av forskning och utveckling av bränsleceller.

Officiellt så startade FCH JTI sin verksamhet den 29 maj 2008 genom ett beslut i ministerrådet. JTI skall i sin nuvarande form vara i kraft under åren 2008 – 2013. Den totala omfattningen av programmet är ca 1000 M€, därav hälften från industrin. Sverige har varit aktiva i planeringen av verksamheten genom deltagande i styrgrupper och arbetsgrupper organiserade av EU-kommissionen.

3.1.1 FCH JTI:s principer, organisation och program

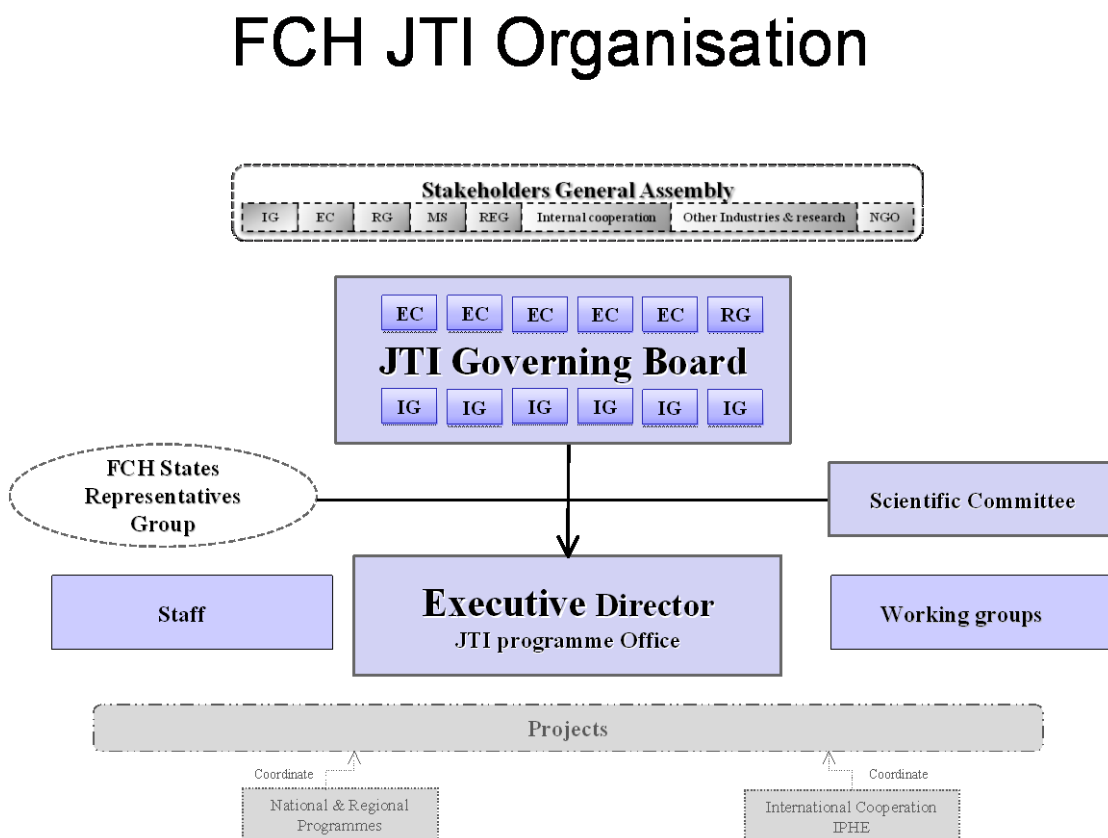
Syftet att bilda ett JTI för bränsleceller och vätgas som energibärare är bland annat att,

- Etablera och genomföra en långsiktig strategi för Europa inom området
- Underlätta samarbetet mellan industrin och forskningsvärlden
- Koncentrerad och målinriktad forskning
- Koordinera marknadsintroduktionen och den marknadsrelaterade forskningen
- Underlätta samarbetet mellan EU, nationella och regionala program

Kostnaderna för administrationen av FCH JTI finansieras tillsammans av EU-kommissionen, Industrigruppen och Forskningsgruppen. Figur 1 beskriver organisation av FCH JTI.

3.1.2 Governing Board

JTI är ett public-private-partnership där från början EU-kommissionen skulle ha 50 % och en Industrigrupp 50 % av inflytande och finansiering. Eftersom forskningsinstitut och universitet i Europa har tidigare finansierat en stor del av sin forskning via medel från EU-kommissionen och även kommer att medverka i projekten i JTI så har EU-kommissionen upplåtit en sina platser i Styrelsen JTI Governing Board till en forskningsgrupp.



Figur 1. Organisation av Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative

JTI **Governing Board**, som beslutar om verksamheten, består av 12 medlemmar, 5 från EU-kommissionen, 1 från Forskningsgruppen och 6 från Industrigruppen. Den dagliga verksamheten kommer att skötas JTI Programme Office som kommer att ledas av en Executive Director. Denna verksamhet sköts idag av en interim ledning utsedd av EU-kommissionen men den permanenta organisationen skall enligt planerna bildas under våren 2009.

FCH **States Representatives Group** består av representanter från alla medlemsländerna inom EU. Dessa representanter skall utses från departement eller verksamheter direkt underlydande departementen, för Sveriges del Energimyndigheten. En annan grupp är en **Scientific Committee** som skall bestå av ledande forskare och liknande internationellt erkända personer som kan ge råd åt Governing Board. Från Sverige är Lars Sjunnesson, E.ON, invald.

En gång om året skall det arrangeras en öppen konferens, ett så kallat Stakeholder's **General Assembly**, där JTIs verksamhet presenteras och diskuteras. Denna konferens är öppen för alla, och även för intressenter som inte är med i någon av FCH JTIs organisationer.

3.2 Industrigruppen, New IG

NEWIG, Industrigruppens huvuduppgifter är att

- Representera och tillvarata sina medlemmars intressen i JTI Governing Board,
- Nominera och välja representanter i FCH JTI Governing Board
- Finansiera NewIGs del av driftskostnaderna av JTI Programme Office genom att ta in medlemsavgifter

Industrigruppen består av drygt 60 företag från 16 olika länder, från Sverige deltar idag E.ON Sverige och Volvo. Detaljerad information om NewIG finns på deras websida www.fchindustry-jti.eu.

3.3 Forskningsgruppen N.ERGHY

När FCH JTI planerades så fanns det från början ingen plats för forskningsinstitutet och universitetet i den tänkta organisationen. Det blev därför starka protester mot detta förhållande eftersom en stor del av forskarvärldens finansiering inom området bränsleceller och vätgas har kommit via EU-projekt.

Det ansågs dock väldigt viktigt att forskarvärlden har ett inflytande över utformningen av JTI. Industrigruppen och EU-kommissionen är fortfarande starkt beroende av forskning för att kunna utveckla och kommersialisera tekniken. Det beslutades att det skulle bildas en forskningsgrupp, Research Group eller som acronym N.ERGHY. Forskningsgruppen har fått en plats i Governing Board på bekostnad av EU-kommissionen.

Forskningsgruppen består idag av drygt 50 medlemmar från de flesta länderna i EU17, men Sverige och Irland är dock ännu inte representerade i forskningsgruppen.

För mer information se <https://www.hfpeurope.org/hfp/research-news>

3.4 HyRamp, Regioner i Europa

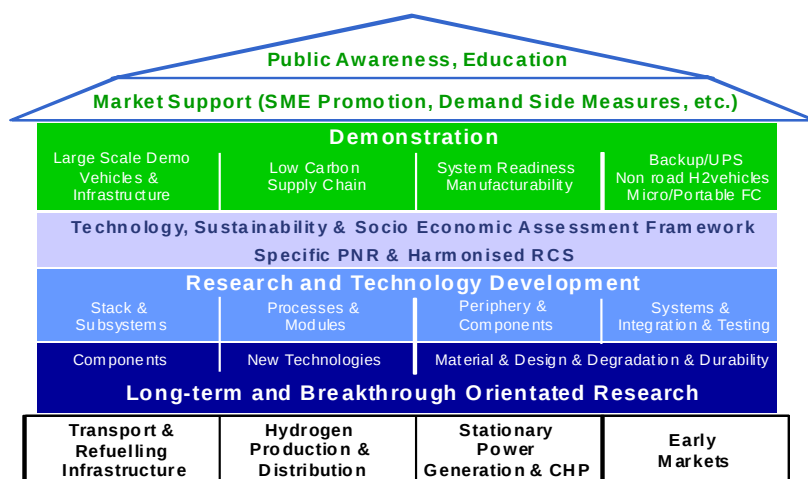
HyRaMP, the European Regions and Municipalities Partnership for Hydrogen and Fuel bildades i April 2008. HyRamps syfte är att tillvarata olika regioners intressen och representera dem för att få ett inflytande och kunna påverka och vara med att utforma verksamheten i FCH JTI.

En representant från Vätgas Sverige sitter med i HyRamps styrelse och representerar de skandinaviska länderna.

HyRamp har ingen rösträtt eller något officiellt inflytande på verksamheten inom FCH JTI. För mer information se, www.hy-ramp.eu

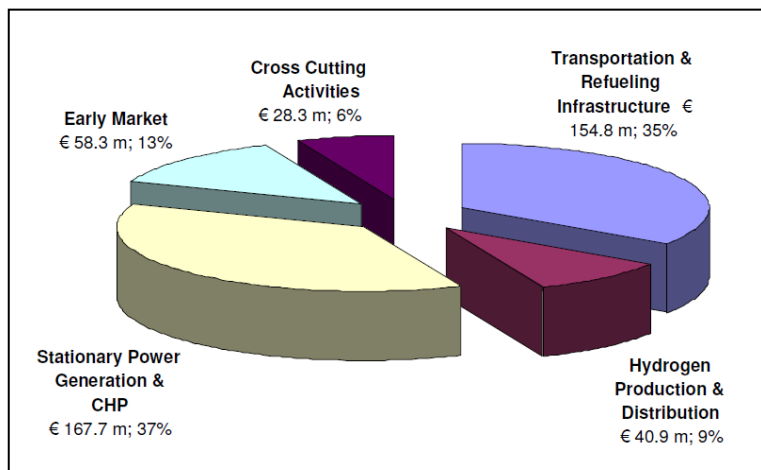
3.5 Program

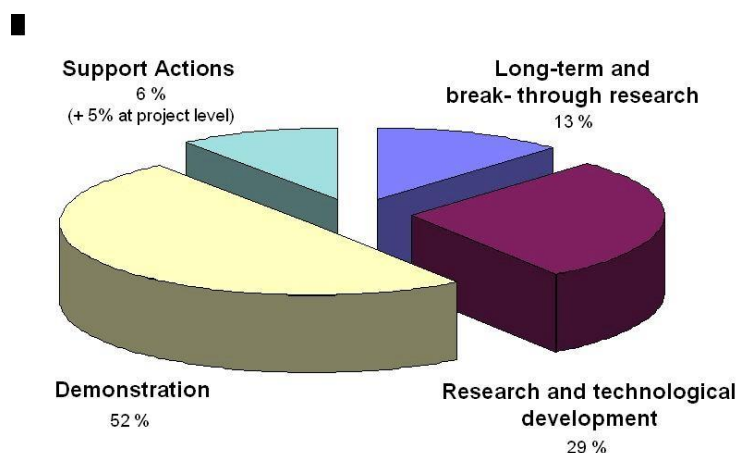
Programmet för FCH JTI för hela perioden 2008-2013 är beskrivet i MAIP, Multi Annual Implementation Plan. Detaljerna för varje utlysning bestäms och beskrivs årligen i AIP, Annual Implementation Plan.



Figur 2. MAIP

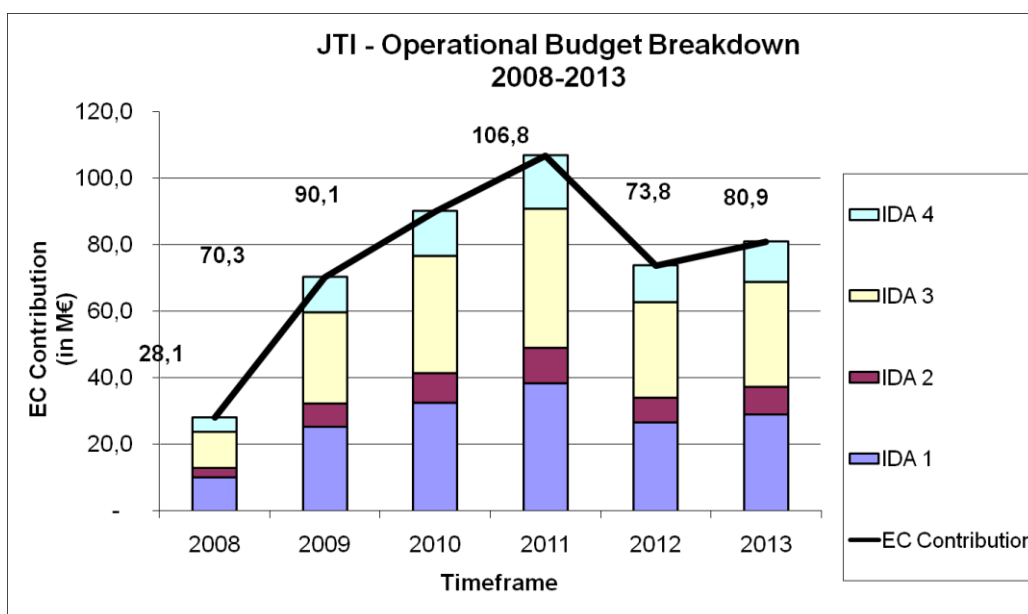
Nederst i figuren är de fyra olika tillämpningsområden och uppåt beskrivs strukturen hur dessa skall utvecklas i JTI. Stationary systems och Transport & Refuelling är de största områdena.





Figur 3 och 4. Förslag till fördelning av typ av projekt

Som framgår av bilden ovan så kommer de stora demonstrationsprojekten att få hög prioritet inom FCH JTI men även långsiktig forskning kommer att finnas med.



Figur 5. Fördelning av medel under åren 2008 – 2013

Förklaring till figuren:

IDA1= Transport and Refuelling **IDA2**= Hydrogen Production and Distribution
IDA3= Stationary power and CHP **IDA4**= Early Markets and RCS

En del av målen och visionerna med FCH JTI projekten under åren fram till och med 2013 är

- Det skall startas stora så kallade light-house projects till exempelvis stora demonstrationer av bil- och bussflottor med flera hundra vätgasdrivna fordon och en utbyggd fungerad infrastruktur för dessa.

- Ett ökat samarbete för utveckling av kritiska material till stackar för bränsleceller och utveckling av kringkomponenter för bränslecellssystem
- Utveckling av förnybar uthållig produktion av vätgas, lagring och distribution
- Demonstration och utveckling av back-up power, UPS och portabla kraftsystem
- Demonstration och marknadsintroduktion av bränslecellsdrivna truckar och annan materialhanteringsutrustning, där bränsleceller kan ersätta tunga batterisystem

En del av de detaljerade målen uppsatta i MAIP

Transport och Infrastruktur

År 2010 minst 10 personbilar drivna med bränsleceller med en nyuppförd infrastruktur med kapacitet för 50 fordon samt upp till 20 bränslecellsdrivna bussar på tre olika lokaliseringar med motsvarande infrastruktur.

År 2015 500 personbilar och ytterligare tre lokaliseringar med infrastruktur för vätgas samt 500 bussar på 10 nya lokaliseringar
Systemkostnaderna för bränsleceller till personbilar skall vid massproduktion vara högst 100€/kW och ha en livslängd på minst 5000 timmar.

Vätgasproduktion och distribution

År 2010 uppfylla de krav som demonstrationsprojekten skapar

År 2015 10-20 % av vätgasproduktionen skall vara förnybar och helt fri från kol. Kostnaderna för producerad vätgas en skall vara mindre än 5 €/kg

Stationära system och kraftvärme

År 2010 3-7 MWe ny kapacitet skall vara installerade i en förkommersiell demonstrationsfas

År 2015 ytterligare 100 MWe bränsleceller skall vara installerade i Europa och kostnaderna för nya bränslecellssystem skall var 5000 – 6000 €/kWe för små micro-CHP (1-5 kWe) och 1500 –2500 €/kWe för större kommersiella och industriella bränslecellssystem (> 100kWe)

Early Markets, portabla system

År 2010 totalt skall det finnas 10000 enheter ute på marknaden varav minst 6000 st är nyförsäljning

År 2015, 50000 nya enheter skall finnas på marknaden

3.6 Utlysningar för projektansökningar

FCH JTI skall årligen göra en utlysning för projektansökningar. Utlysningen skall följa Annual Implementation Plan, AIP, som fastställs varje år av Governing Board i samförstånd mellan Industrigruppen, Forskningsgruppen och EU-kommissionen. Detaljerna för utlysningen justeras i regel efter önskemål från JTIs medlemmar, men skall i huvudsak följa MAIP.

Den första utlysningen annonserades den 8 oktober 2008 med deadline för ansökningar den 15 januari 2008. Nästa utlysning är planerad till våren 2009. Då blir volymen väsentligt större, preliminärt 90 M€ i finansiering från EC.

Utllysningarna publiceras på EU-kommissionen websida CORDIS. Detaljerna för utlysningarna finns på länken <http://cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm>

En del av reglerna för projektansökningar

- Det skall vara minst tre deltagande företag eller institut i projektet från olika medlemsstater eller associerade länder. Detta gäller inte mindre så kallade Support Actions
- Minst ett företag eller institut i varje projektansökan skall tillhöra Industrigruppen eller Forskningsgruppen
- Alla juridiska personer kan delta i projekten
- Företag som kommer från länder som inte är med EU eller associerade länder kan i regel inte få finansiering av JTI men de får delta i projekten.

4 Fuel Cell Seminar 2008

Det 24e Fuel Cell Seminar arrangerades denna gång i Phoenix, Arizona, USA den 28-30 oktober 2008 med temat *Fuel Cells for a Greener World*. Bevakningen omfattar främst stationära bränsleceller.

Det svenska deltagandet i FCS 2008 var ganska stort jämfört med tidigare år. Ett 15-tal svenskar från E.ON Sverige, Grontmij, Energimyndigheten, Catator, FMV, Fuel Cell Technology Sverige, Morphic, Sandvik, KTH, LTH var med på konferensen. Sverige hade fyra presentationer. Presentationerna gjordes av

- Lars Sjunnesson, E.ON Sverige som hade en key-note presentation med en internationell utblick bland annat IEA och EUs nya JTI program samt den internationella utvecklingen av bränsleceller och konkurrerande tekniker
- Micahel Sluisky, Sandvik som presenterades Sandviks teknik att belägga metaller och möjligheterna att använda dem i bränslecellsstackar
- Lars Hedström, KTH som presenterade erfarenheterna från projektet i Hammarby Sjöstad, där en SOFC från Acumentrics använder biogas som bränsle
- Morphics företag CellImpact presenterade sin tillverknings teknik av bipolära plattor

I utställningen hade Sandvik och Morphic olika montrar.

Programmet och flera av presentationerna finns på Fuel Cell Seminars hemsida www.fuelcellseminar.com

4.1 Sammanfattande intryck från FCS 2008

Generellt kan sägas att många presentationer höll en hög teknisk nivå och hög kvalitet, och det fanns en hel del intressanta nyheter. Den tidigare hypen, de överdrivet optimistiska utfästelserna, var nästan borta denna gång. Det talades en hel del om biobränslen men i USA är det kol som är det viktigaste bränslet för den närmaste framtiden. Kol är för USA ett sk Freedom Fuel, och med det menas att det finns i stora mängder inom USA och det minskar beroendet av importerade bränslen.

- Det säljs många bränsleceller nu. MCFC-försäljningen har tagit fart. Det har tecknats kontrakt för 10000-tals små stationära bränsleceller både PEFC och SOFC i Asien och också Europa. Portabla bränsleceller säljs i stora mängder för bland annat militärt ändamål. Det går att beställa PAFC igen.
- PEFC-bränsleceller som inte är nätanslutna utan konkurrerar mot blybatterier kommer inom kort att bli helt konkurrenskraftiga enligt flera bedömare. Användningen har ökat starkt. Det är till exempel som användning i stället för batterier till truckar och andra fordon som används inomhus till exempel för materialhantering.

- Försäljning och installationer av MCFC-anläggningar har ökat kraftigt. Priset för en ny anläggning i USA i 250 kWe-klass är ca 3000 USD/kWe. Fuel Cell Energy har levererat 68 MW MCFC anläggningar och har en orderstock på 48 MWe.
- Idatech gjorde imponerande presentation med offgrid power supply med PEFC-bränsleceller som används längs större vägar och järnvägar i områden långt från de stora elnäten
- Det stora japanska programmet för bränsleceller (PEFC och SOFC) till småhus har fortsatt och idag är över 3000 stationära bränsleceller installerade i Japan. De statliga subventionerna av dessa bränsleceller har minskat kraftigt och kommer att upphöra eller omformas 2009 då programmet skall gå in i en kommersiell fas.
- Det talades mycket om kraftvärme även av amerikanska aktörer. Det har det inte gjorts i samma utsträckning tidigare men även i USA inses det att det är viktigt att effektivisera energianvändningen
- I USA är begreppet Freedom Fuel viktigt och då ses kol som det dominerande framtida bränslet för stationära bränsleceller kompletterat med lokalt producerade biobränslen. Det anordnades en speciell workshop och presentationer vid Fuel Cell Seminar som beskrev DCFC, Direct Carbon Fuel Cells. Den nya stora delen av SECA-programmet har nu bytt namn till SECA Coal Based program.
- Ett subventionssystem för investeringar i bränsleceller introducerades nyligen i USA det kommer att gälla till och med år 2016
- Antalet utställare har ökat men det är mest underleverantörer till bränslecellstillverkarna.
- Women in Fuel Cells, ett nytt initiativ för att samla kvinnor som arbetar inom bränslecellsbranschen och föröka locka fler dit.

En sammanställning redovisades av inskickat material till konferensen för att ge en ledtråd om rådande trender. Av inskickade artiklar handlar 50 % om PEFC, 24 % om SOFC/MCFC och 9 % om DMFC (Metanol FC). USA, Korea, Japan och Tyskland var de länder som var mest representerade bland artiklarna.

4.2 Högtemperaturbränsleceller

SECA-programmet

Det ursprungliga syftet med SECA-programmet, The Solid State Energy Conversion Alliance, som startades 1999, var att utveckla SOFC-tekniken så att konkurrenskraftiga bränsleceller kan vara färdiga för marknaden år 2012. Programmet finansieras av US/DOE tillsammans med de deltagande företagen.

SECA-programmet är numera uppdelat tre huvuddelar

- Cost reduction program, med mål att ta fram SOFC-system till en kostnad av max 400 USD/kWe vid massproduktion av 50 000 enheter per år. Sex olika industrigrupper medverkar i detta.
- SECA Coal based program, med syftet att till år 2015 utveckla 5 MWe bränsleceller som använder syngas från kolförgasning som bränsle. Dessa bränsleceller skall senare kunna användas som en komponent i

större högeffektiva kolkraftverk. Idag är tre olika företag anslutna till detta program

- SECA Core technology program vars syfte är att hjälpa industrierna med att utveckla tekniken. De flesta medlemmarna är forskningsinstitut och universitet i USA

Mer detaljerad information SECA-programmet finns på websidan, <http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/fuelcells/seca/>

Department of Energys SECA Program: 2008 Progress and Plans

Under 2009 har DOE reserverat 60 miljoner dollar för SECA-programmet och medlen kommer att fördelas på ca 40-60 projekt. Det stora målet idag med SECA är att få fram effektivare och renare energiomvandlare som kan använda kol som bränsle i syfte att kunna utnyttja USA:s inhemska kolresurser. DOE ser en marknad på ca 10 GW årligen. Ett sidospår som de också tror på är APU, Auxiliary Power Unit, för tyngre fordon där marknaden beräknas vara ca 1 GW årligen.

DOE planerar att utveckla och bygga en 5 MW pilotanläggning som skall stå klar 2015. Därefter skall beslut om någon större satsning tas om en större satsning skall göras

Ytterligare en fördel för bränslecellstekniken i "clean coal" sammanhang är att det behövs mycket mindre vatten för att avskilja koldioxiden från avgaserna. Målen vad gäller kostnader är att SOFC-tekniken skall komma ner i 100 USD/kW på stacknivå och 400 USD/kW på systemnivå år 2012. Dessa kostnader beräknas vid en volym på minst 50 000 enheter per år.

Versa Power, Solid Oxide Fuel Cells Systems

Versa Power är ett kanadensiskt bolag som ägs av Fuel Cell Energy i USA som i huvudsak tillverkar MCFC.

Versa Power har utvecklat en 10 kW-stack som nu skall byggas in i större enheter, 3*10 kW. Då skall de också köra dem utanför laboratoriets värmeugnar. Versa Powers bränsleceller klarar i dagsläget 20 kallstarter, sk thermal cycling. En mindre stack har varit i drift i 5000 timmar med en degradering på mindre än 0,4 % under labbförhållanden. För deras 10 kW stack så har ca 1,8 % i degradering av elverkningsgraden per 1000 timmar uppmätts.

Delphi's SOFC Technology Development for Transportation and Stationary Applications

Delphi utvecklar främst APU för lastbilar. En stark drivkraft för APU:er är den nya lagstiftning som är på gång för att reglera hur mycket lastbilarna får köras på tomgång. Deras nuvarande stackdesign har celler på 105 cm², men de siktar på att skala upp till 350 cm² per cell eller mer.

Delphi vill ha en tillräckligt hög effektdensitet för att kunna tillåta en förgiftning av ca 15 ppm svavel i bränslet. På så sätt kan de ta bort svavelfällan för det ingående bränslet och förenkla systemet.

Delphi jobbar också på att ta fram nya reformrar för diesel. Den nuvarande reformen av CPOx-typ, catalytic partial oxidation, har för låg verkningsgrad. Ångreformering är bättre och då kan de också använda vattnet från anodsidan. Alla reformrar måste dock klara att starta i CPOx läge eftersom de då inte har vatten från SOFCn.

Delphis APU är 79 liter stor och ger 800 W. Transienter hanteras av bilens batterier. SOFCn klarar av att möta laständringar men mycket långsammare. Målet är ett system som väger 144 kg. Verkningsgraden har hittills legat på ca 15 %, men de siktar på mellan 25 % till 35 %. Delphi har räknat fram att de behöver en drifttid på 25 000 timmar för APU-tillämpningen.

Progress in Acumentrics Fuel Cell Program

Acumentrics tillverkar SOFC med tubulära celler. Anoden finns på insidan av tuben där bränslet förs in.

Acumentrics redovisade resultat från användning av JP-8 bränsle (jetbränsle) i 1000 h i en 1 kW-stack. I Acumentrics bränsleceller kan flytande bränsle användas, och de har kört på propan i 5000 timmar i Exit Glacier Visitors Center i Alaska med en effekt av ca 1,2 kW. I Cuyahoga Valley National Park i Ohio har Acumentrics en anläggning som har gett stabila värden på drifttider under 5000 timmar.

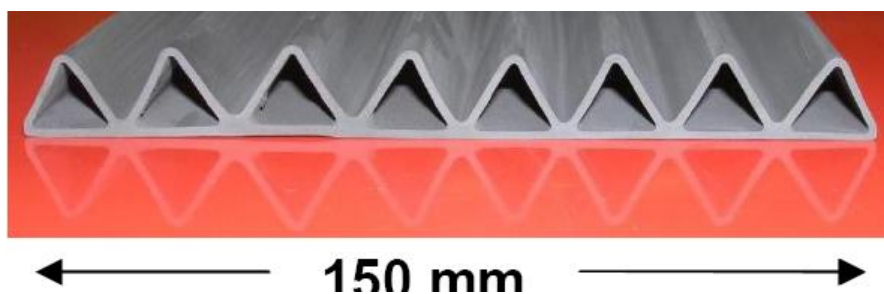
Deras testenheter som de har haft med i SECA-programmet på 5 kWe har haft en degradering på 3,3 % / 1000 timmar och den har varit i drift i 10 500 timmar.

Acumentrics utvecklar nu en ny 1 kWe-modell, en MicroCHP, för den europeiska marknaden. De har hittills byggt 3 stycken som testas i Italien. Det tar 30 minuter att starta bränslecellen, och 1 timme för att kyla ner den från drifttemperatur till 200°C. De har väsentligt bättre kraftdensitet än de tidigare enheterna. Anläggningarna är konstruerade så att de kan hängas på en vägg.

Siemens SOFC

Siemens, tidigare Siemens-Westinghouse, presenterade sin gamla cylindriska tub diameter 22 mm och längd 1500 mm som sin arbetshäst. Detta är en teknik som Westinghouse har använt i mer än 10 år! De nämnde inte alls något om försöken med de så kallade HPD modellerna, de platta tuberna. I stället presenterades Delta-8 cellen som Siemens framtid.

En stack med 6 st Delta8 celler på totalt 3,2 kWe väger ca 20 kg. Siemens har gjort en test med en 14 kWe stack i 1000 timmar med bra resultat.



Figur 6. Siemens Delta8 SOFC-cell

Det är denna design som kommer att ligga till grund för Siemens medverkan i SECA Coal Based program. Där skall de ta fram en stack på 5 MWe till år 2015 och visionen är att de senare skall tillverka en 100 MWe stack som använder förgasat kol som bränsle.

Nästa steg för Siemens är att bygga en anläggning på 250 kWe med en atmosfärisk stack, som kommer att vara ett byggblock för större stackar. Siemens kommer även att testa trycksatta stackar och de väntas ha högre verkningsgrad, väsentligt över 50 %.

Status of the Solid Oxide Fuel Cell System Development at Wärtsilä

Wärtsiläs WFC20 SOFC 20 kWe Alfa-enhet har körts i 1096 timmar, dock inte helt problemfritt. Wärtsilä bygger nu en SOFC med biogas från en soptipp som bränsle. Anläggningen kommer att vara placerad intill Wärtsiläs egen tillverkningsanläggning, utanför Esbo i Finland, så det blir ett viktigt demonstrationsprojekt.

Wärtsilä tror att biogas är den första stora marknaden för stationära tillämpningar, sedan marina applikationer och sist CHP för hus etc. De tycker att SOFC har en fördel eftersom de i alla fall i teorin kan köra på väldigt låga metanhalter. Wärtsilä tror att bränsleceller blir konkurrenskraftiga vid 3000 €/kW och att de kan nå en massmarknad vid 1500 €/kW.

I en speciell presentation beskrev Wärtsilä de krav som ställs på all utrustning som skall installeras ombord ett större fartyg. All utrustning skall klara ett fritt fall på 20 cm. I en annan presentation av en bränslecell ombord på en segelbåt hade krafter på upp till 6 G uppmätts.

Mitsubishi SOFC

Mitsubishi i Japan utvecklar tubulära SOFC-stackar. Tekniken är liknande som Acumentrics med bränslet, anoden, på tubens insida och katoden på utsidan till skillnad från Siemens som gör tvärtom.

Tubernas arbetstemperatur är 900°C och de är 1 500 mm långa, vilket är relativt stort, och varje tub har en effekt på ca 150 We. Bränslecellen har demonstrerats bland annat i en 40 kWe-anläggning. I ett projekt finansierat av NEDO har en 200 kW-stack projekterats med en ansluten mikroturbin, och systemets verkningsgrad är då beräknad till över 50 %.

MTU MCFC ny modell HM320

MTU har bildat ett nytt bolag för sin MCFC-tillverkning, MTU Onsite Energy. De har utvecklat en ny design i stället för Hot Module. Den nya designen har 50 % större effekt men är bara 25 % dyrare att tillverka än den gamla Hot Module.

MTU presenterade flera av anläggningarna som är i drift idag. De använder olika sorters bränslen, och vanligast är naturgas men även olika former av biogas, kolgas och metanol används. Idag är den förväntade livslängden för en stack mer än 40 000 driftstimmar.

Bland exemplen som presenterades fanns en MCFC-anläggning i Tyskland där likström användes för att ladda ett batterisystem i en telekomanläggning. Anläggningen har varit i drift i 25 000 timmar. MCFC används också för reservkraft i flera sjukhus i Tyskland. Anläggningen i sjukhuset i Bad Berka har varit i drift i 35 000 timmar.

MTU deltar i projektet Fellowship tillsammans med Wärtsilä, Eidesvik, Vik-Sandvik med syfte att testa en 400 kW-anläggning ombord fartyget Viking-Lady. Bränslecellen kommer att installeras på fartyget i maj 2009.

4.3 Olika användningsområden för bränsleceller

4.3.1 Bränsleceller för småhus

Det var flera olika presentationer som beskrev användning av bränsleceller i småhus. Detta är ett populärt användningsområde eftersom det är små bränsleceller; relativt enkla att tillverka och tacksamma att demonstrera. Det är en viss status att kunna tillverka sin egen el men det är svårt att se ekonomin i konceptet speciellt för europeiska förhållanden där det finns tillgång till ett stabilt elnät. Bränslecellerna kommer enbart att vara i drift ett fåtal timmar per dygn med en ojämn belastning som inte är idealisk för en stationär bränslecell.

Japan New Energy Foundation

Det stora japanska programmet för bränsleceller i småhus avslutades i sin nuvarande form under 2008. Mer än 3000 bränsleceller har installerats i enfamiljshus i Japan. Programmet har varit mycket lyckat på många sätt, och kanske främst med att kostnaden för bränslecellerna har sjunkit kraftigt under projektets gång från 7,7 MYEN år 2005 till 4,8 MYEN år 2008 (1 MYEN motsvarar ca 80 000 SEK). Det är nu meningen att bränslecellerna av denna typ skall vara kommersiella från år 2009 och de räknar med en kraftigt ökande försäljning. Någon typ av kompensering till slutkunden blir det troligtvis annars är det svårt att hur det skall fungera.

Bränslecellerna styrs av värmebehovet. Det gör att de producerar väldigt lite el på sommaren ca 10 kWh när behovet är 25 kWh per dygn. Bränslecellerna har en effekt på 1 kWe, verkningsgrad ca 30 % och systemets livstid är ca 2 år. Leverantörer är Toshiba, Panasonic, Ebara-Ballard, Sanyo och Toyota. De flesta använder naturgas eller LPG som bränsle, men det finns dock 300 st som använder fotogen som bränsle. Mer info www.nef.or.jp

Danmark

Danmark kommer under de närmaste åren att genomföra fälttester med 100 st bränsleceller i småhus. Det kommer att bli en blandning av PEFC-, HT-PEFC- och SOFC-tekniker. Bränslet kommer också att variera mellan vätgas från förnybar energi och naturgas och eventuellt biogas. Stackarna kommer att levereras av Topsö Fuel Cells och IRD. Systemen byggs av Dantherm. Den huvudsakliga finansieringen sker genom det statliga danska programmet för vätgas och bränsleceller.

DATA center

Ett datorcenter har stora krav på leveranssäkerhet av el och back-up system för UPS (uninterrupted power supply) är nödvändiga. I vissa delar av sydvästra och nordöstra USA är det ofta problem med leveranssäkerheten av el. Därför är behovet av UPS stort. Detsamma gäller på många andra ställen till exempel i Indien där intresset för bränsleceller som UPS nu är mycket stort.

Verizon data center i Garden City, New York State, presenterades och de har ett elbehov av 2,5 MW och en bränslecellsanläggning för reservkraft på 1,4 MWe. Reservkraftsanläggningen består av 7 st UTC PAFC och 3 st ICE naturgasmotorer. Ett strömavbrott kostar centret 1 MUSD per minut.

4.3.2 Avloppsreningsverk

Det finns idag många bränslecellsanläggningar som använder biogas från anaerobisk rötning som bränsle. De flesta är MCFC men även PAFC har använts under flera år och enstaka SOFC.

Det finns ca 17 000 avloppsreningsverk i USA. 615 av dessa har anaerobiska rötningsskammare och rötar slam för produktion av biogas. En referens från Tulane city, New Orleans, Louisiana, presenterades. Den har 3 st MCFC DFC300 som har varit i drift i 23 000 timmar med goda erfarenheter.

Fraunhofer Institutet i Tyskland presenterade möjligheterna att använda biogas från avloppsreningsverk. De betonade problemet med siloxaner som kan sätta igen katalysatorerna. Siloxanerna är ett känt problem i motorer som använder biogas vid avloppsreningsverk. De finns dock flera olika tekniker att rena biogasen från siloxaner, exempelvis kolfilter eller kylning av gasen.

4.3.3 Militära bränsleceller

Militära applikationer har varit pådrivande för utveckling och kommersialisering av bränsleceller eftersom militären i olika länder finansierar många olika FoU projekt och kraven på hållbarhet och tillgänglighet är höga.

Små bärbara bränsleceller har testats på fältet av soldater. Erfarenheterna av dessa portbala bränsleceller från US Army presenterades av CERDEC, Communications-Electronics Research, Development and Engineering Center. <http://www.cerdec.army.mil/index.asp>

Under 2008 har **Mexico National Guard** testat 20 st Plug Power Gencore enheter som back-up power vid olika platser och under olika förhållanden i Mexico. Försöken har varit lyckade och i ett fall fick bränslecellen verkligen komma till sin rätt vid ett skarpt strömbrott på en militär flygplats.

Användning av **Siemens PEFC bränsleceller i tyska Ubåtar** redovisades som mycket lyckat. Det finns idag 6 st Ubåtar i drift med 8*34 kWe-bränsleceller från Siemens. Den låga signaturen med liten värmeavgång och tyst gång framhålls som en stor fördel. Tyska varvet HDW har nu fått order om ytterligare fyra ubåtar som skall förses med bränsleceller.

Vätgasen lagras i metallhydrider placerade utanför tryckskrovet, medan syrgasen tas från LOX-tankar som förser Ubåten med hela sitt syrebehov.

Mer information finns på www.bmvg.bund.de

Ceramatec presenterade en **obemannad undervattensfarkost** som använder en SOFC för framdrift. JP-10 används som bränsle och arbetstemperaturen är 800°C, och allt får plats i en 21 tums tub. Verkningsgraden är viktig eftersom även syre måste finnas med i en LOX-tub.

Protonex presenterade bränsleceller som driver små obemannade flygplan, och små obemannade fordon. Båda dessa användningsområden kräver bränsleceller med effekt i storleksordningen 200 W. Protonex arbetar både med PEFC och med SOFC. www.protonex.com

4.4 Lågtemperaturbränsleceller

The US/DOE fuel cell subprogram

DOE har satt upp målen för PEFC-system i transportsektorn: att en bränslecell på 80 kW inte skall kosta mer än 45 USD/kW år 2010 och 30 USD/kW år 2015, och att hållbarheten skall vara 5000 timmar både 2010 och 2015. Detta är under antagandet att det är en massproduktion på 500 000 stackar per år. Enligt en sådan beräkning ligger priset på PEFC idag på 73 USD/kW. DOE studerar möjligheterna att minska katalysatormängden genom att använda en kärna av ett billigt material och sen belägga dessa med ett tunt lager av platina.

Idatech

Idatech fick stor uppmärksamhet under konferensen mest för den stora ordern till Indien på 10 000 bränslecellsanläggningar med option på 30 000 st. Stackarna PEFC kommer att levereras av Ballard och anläggningarna med kringutrustning av Idatech.

Idatech hade också en mycket intressant presentation av sina leveranser av APU enheter för användning utanför elnätet. Denna marknad är stor i USA där det på många ställen kan vara långt till ett stabilt elnät. De visade exempel på utrustning längs motorvägar och järnvägar där bränsleceller användes för elförsörjningen. Idatech använder sig främst av metanol som bränsle. Bränsleceller med metanol har testats vid så låga temperaturer som minus 20°C.

Ballard

Ballard började med att påpeka att det varit ganska tyst från Ballard under några år. Detta har berott på att Ballard har omstrukturerat företaget och utvärderat vad de ska satsa på. Från och med 2008 har Ballard valt att dra sig ur fordonsmarknaden och istället satsa på närliggande nischmarknader. Ballard har även beslutat att inte själva jobba med slutanvändarmarknaden utan sälja sina produkter till företag som bygger in deras system i slutprodukter.

Ballard har idag ca 500 anställda och en försäljning på 67 MUSD som väntas öka med 155 MUSD under 2008

Växande marknader som nämndes är:

- Gaffeltruckar (materials handling) där bränsleceller erbjuder snabb laddning och utökad drifttid jämfört med dagens batteriteknik. Det går att undvika den prestandasänkning som sker med batterier en stund innan laddning krävs (långsammare respons m.m.). Av den totala marknaden 1.5 miljarder USD/år uppskattar Ballard att 40-50 % är en möjlig marknad för bränsleceller.
- Back-up system är en marknad med ökande behov. Av den totala marknaden 2 miljarder USD/år uppskattar Ballard att 30-40 % är en möjlig marknad för bränsleceller. Bränsleceller erbjuder enligt Ballard fördelar så som utmärkt tillförlitlighet vid start och högre tolerans mot höga temperaturer.
- Småskalig kraftvärme är en växande marknad i framförallt Japan, där 1,8 miljoner japanska hem ses som möjlig marknad. Även Tyskland, Danmark och Korea ses som intressanta marknader för småskalig kraftvärme.

Fuji PAFC

Fuji har under många år testat 100 kWe PAFC-anläggningar i Japan. FUJI kommer nu att lansera modellen FP100-H på exportmarknaden under 2009. Det går redan nu att beställa en bränslecell från Fuji; mer information finns på websidan www.fesys.co.jp

4.5 Vätgas för bränsleceller

4.5.1 US/DOE Hydrogen program

DOE gav en kort beskrivning historiken för bränslecellsforskningen i USA. DOE jobbar fortfarande mot målen som är satta i EAct (Energy Policy Act) 2005, se http://www.epa.gov/oust/fedlaws/publ_109-058.pdf

Arbetet med bränsleceller och vätgas samordnas nu under *Hydrogen and Fuel Cells Interagency Task Force (ITF)* se http://www.hydrogen.gov/interagency_task_force.html

För att påskynda utvecklingen, främst genom att sänka produktionskostnaderna, är DOE:s planer att i fortsättningen köpa 2000 enheter per år. Under 2008 har DOE investerat i ett 100-tal vätgas-bränslecellssystem för gaffeltruckar och back-up power system.

4.5.2 EU projektet Roads2Hycom

Roads 2HyCom utvärderar och bevakar vätgas- och bränslecellsprojekt i Europa. Projektet har 29 deltagare från 16 olika länder i Europa. Hittills har de gett ut två handböcker och andra dokument som går att ladda ner från <http://www.roads2hy.com/>.

Roads2HyComs har även skapat en "Hydrogen and Fuel Cell Wikipedia" som skall fungera som en on-line databas med information om state-of-the-art av vätgas relaterad teknik (till exempel produktion, lagring och bränsleceller).

4.6 Andra presentationer

Direct Carbon Fuel Cells, DCFC

Att använda kol som bränsle för bränsleceller är ett starkt prioriterat område i USA. Det anordnades en speciell workshop i ämnet under måndagen före FCS.

Bland annat så har DOE SECA-programmet Coal Based Program. Ett annat spår är att utnyttja kolet direkt i anoden som bränsle till en bränslecell DCFC, vilket det finns flera olika tekniker för.

Teknikerna är i detalj beskrivna i två rapporter från EPRI som går att ladda ner från EPRI:s hemsida

www.epri.com (Nr 1016170 , skriven april 2008; Nr 1013362, skriven 2006)

Sandvik Precoated materials

Sandvik presenterade materialet Sandvik Sanergy TH HT, ett ferritiskt kromstål som är utvecklat för att kunna användas som interconnector för SOFC. Kromförgiftning är ett stort problem för SOFC stackar men genom en beläggning, coating, så undviks detta problem. Materialet har testats i

samarbete med Topsö Fuel Cells med mycket gott resultat. Stacken arbetar vid 750°C. Sandvik är med i EU-projekt METSOFC för att ta fram metalliska material för SOFC. Sandvik hade också en monter i utställningen.

4.6.1 Nytt investeringsstöd för bränsleceller i USA, ITC Investment Tax Credit for Fuel Cell Technology

Ett nytt investeringsstöd för bränsleceller infördes i USA den 3 oktober 2008. Stödet fungerar som en skattereduktion det vill säga mottagaren måste betala skatt i USA för att kunna utnyttja stödet.

- Bränslecellsanläggningarna måste ha en elverkningsgrad på minst 30 % och en effekt på minst 0,5 kWe. Det gäller för alla typer av bränsleceller även industriell utrustning till exempel truckar.
- För företag är stödet det lägsta beloppet av 30 % av investeringskostnaden och 3000 USD/kWe.
- För privatpersoner är stödet det lägsta beloppet av 30 % av investeringskostnaden eller 1000 USD/kWe.

4.7 Women in Fuel cells, ett nytt nätverk



Ett nätverk för kvinnor i bränslecellsbranschen – behövs det?

Det var en av frågorna som diskuterades när Women in Fuel Cells hade sitt första möte under Fuel Cell Seminar i Phoenix. Initiativtagarna till gruppen är: Jennifer Gangi från Fuel Cells 2000, Kay (Katheene) Larsson från Alternative Energy Education Association och Erin Lane från Plug Power.

Dr. Deirdre Meldrum, som är en av få kvinnliga rektorer för tekniska universitet i USA, inledde mötet med att presentera ett samarbete med bland annat Society of Women in Engineering (SWE) och hur de på Arizona State University jobbar för att få fler kvinnliga studenter. Hon poängterade vikten av att uppnå genusbalans. En välbalanserad grupp bestående av både män och kvinnor är viktigt för att få fram bra produkter och processer. Idag är bränslecellsbranschen i större uträkning dominerad av män än andra liknande områden för framtida energitekniker.

Bristen på kvinnor i bränslecellsbranschen beror mycket på den låga andelen kvinnor i ingenjörsyrken i allmänhet. Det är viktigt att marknadsföra bränslecellstekniken bland kvinnliga studenter. Dessutom är bränslecellsbranschen en relativt ny och växande bransch där man har möjlighet att påverka i ett tidigt skede.

Förslag på möjliga fortsättningar och aktiviteter var bland annat att fortsätta hålla lunchmöten på konferenser, föra fram framgångsrika kvinnor inom branschen mer, upprätta en databas med kvinnor och dess kompetenser samt att försöka ha minst en kvinnlig deltagare organisationskommittéerna för bränslecellskonferenser.

Arbetet med Women in Fuel Cells har bara börjat så alla synpunkter är välkomna. Det går att kontakta gruppen per email womeninfuelcells-subscribe@yahoogroups.com eller via gruppens hemsida <http://tech.groups.yahoo.com/group/Womeninfuelcells/>

Referat från mötet finns på <http://www.nuvera.com/blog/2008/10/31/bringing-balance-women-in-fuel-cells-first-meeting/>

5 Polymera bränsleceller (PEFC)

5.1 Beskrivning av tekniken

Polymerelektrolytbränslecellen (förkortas vanligtvis med PEFC, men även PEM, PEMFC och SPFC används) har en elektrolyt av polymer som leder protoner. Jonledningsförmågan beror av temperatur och vattenhalt. Elektrodena består vanligtvis av nanopartiklar av platina eller platinallegeringar fördelade på en ledande porös bärare, typiskt kimrök (carbon black). Strukturen ger en hög totalyta och ett effektivt utnyttjande av katalysatorn. Bränslegasen och den bildade vattenången tillförs eller leds bort via kanaler i den bipolära plattan och distribueras till och från elektroden via ett gasdiffusionsskikt. De enskilda cellerna integreras i en bränslecellsstack, eller stapel. Varje enskild cell arbetar vid 0,7-0,8 V, och med strömtätheter på 0,5-2 A/cm², vilket ger praktiska effekttätheter på över 1 W/cm².

På grund av fuktighetsberoendet i membranen arbetar polymerelektrolytbränslecellen vid låga temperaturer, från rumstemperatur upp till knappa 100°C, men med vissa membrantyper kan den arbeta ända upp till 200°C. På katodsidan används syrgas eller luft som bildar vattenånga. Som anodbränsle används oftast ren vätgas som bildar protoner, men även alkoholer eller andra enkla kolväten förekommer som bränsle och förbränns då till koldioxid. Vanligast kolvätebränsle är metanol som används i den så kallade Direkt Metanol bränslecellen (DMFC). Verkningsgraden för förbränningen av kolväten är lägre än för vätgas i bränslecellen bl.a. beroende på bildning av biprodukter. Ett alternativt sätt för att generera elektrisk kraft från ett kolvätebränsle är att bränslet innan det når bränslecellen först reformeras till en vätgasrik gasblandning. Med hjälp av rätt reformeringssystem kan en PEFC drivas av i stort sett vilket kolvätebaserat bränsle som helst. De bränslen som oftast diskuteras i samband med stationära PEFC-system är natur- och biogas, men även flytande bränslen kan reformeras. Exempelvis utvecklar svenska Powercell AB, ägt av AB Volvo ett bränslecellsystem för hjälpkraft ombord på tunga fordon (Auxiliary Power Units) där en PEFC-stack integrerad med en reformer drivs av diesel. Bränsleceller kan också integreras i olika industriella processer.

Vätgasbaserade system designade för framdrift av fordon är runt 100 kW el och har "tank-to-wheel"-verkningsgrader på upp till 60 %. Elverkningsgraden hos reformatbränslecellen ligger runt 30 % och med värmekten inkluderad blir totalverkningsgraden ca 70-80 %.

5.2 Teknikbevakning under 2008

Den mest omfattande utvecklingen av PEFC sker inom eller för fordonsindustrin, med fokus på framdrift med vätgas som bränsle. Höga krav på lång livstid har lett till att allt mer intresse och forskningsresurser riktas på bränslecellernas uthållighet. För PEFC ligger fokus på katalysatorns och dess bärarens kemiska och fysiska stabilitet, membranets styrka och hållbarhet och de bipolära plattornas beständighet och design. Kopplat till detta finns även strävanden att komma fram till mer enhetliga provnings- och åldringsprocedurer. Även nya material vad gäller, katalysatorer, bärare,

membran och bipolära plattor undersöks. Nedan följer en mer detaljerad genomgång av trender och utveckling under 2008.

5.2.1 Komponentutveckling

Elektrodena - Katalysatorer och bärare

Platinabaserade katalysatorer är kostsamma; idag används omkring 0.5 g Pt/kW i katoden (IONPOWER, GORE, m fl) vilket motsvarar en kostnad på ca. 100 kr/kW. Därför bedrivs aktiv forskning globalt på att hitta alternativa, billigare, och helst mer aktiva, katalysatorer.

Den aktiva katalysatorytan per volymsenhet ökas med minskad storlek av nanopartiklarna. Emellertid är nanopartiklar under 3 nm i diameter instabila och bildar större agglomerat vid långvarig drift.

Platinaanvändningen kan också minskas med legering med annan metall. Ökad aktivitet för den relativa långsamma syrgasreduktionsreaktionen (ORR) har visats med bl a PtCrNi, PtCo, och PtAu. På anodsidan används idag också ren platina eller Pt-legeringar. Särskilt i metanolbränslecellen och reformatbränslecellen, där bränslet inte är ren vätgas, används typiskt PtRu som har högre tolerans för föroreningar, såsom kolmonoxid. En risk med legeringar är att legeringsämnet löses ut vid drift och kan ge påföljande problem med metalljoner i membranet. Å andra sidan har aktuell forskning visat att nanopartiklar som har ett tunt platinaskal runt en kärna av en Pt legering eller annan metall, så kallad "coreshell structure" kan ha en högre aktivitet än ren platina eller Pt-legeringen.

En begränsande faktor för lång livslängd är att både katalysatorpartiklarna och kolbärarmaterialet tenderar att korrodera, i synnerhet vid start- och avstängningsprocesser och under olika driftsbetingelser som hög fuktighet och hög temperatur. Detta är främst ett problem på katodsidan. Därför pågår också forskning för att få fram mer korrosionsbeständiga bärarmaterial. Ett hett forskningsområde är alternativa bärarmaterial som kolnanotuber och -fibrer samt blandningar mellan oxider av titan eller volfram och kol som tros förbättra stabiliteten. Färska forskning pekar på att oxiderna också har en positiv inverkan på aktiviteten.

Membran

Membranutvecklingen går i två riktningar; dels uppmärksammas membranets stabilitet och dels utvecklas nya membrantyper som skall klara högre temperaturer och låga vattenhalter. Högtemperaturmembran är särskilt önskvärdt i reformat- eller metanolbränslecellen eftersom toleransen för föroreningar ökar med temperaturen och på så vis skulle reformeringen och reningsprocesserna kunna förenklas. Dessutom skulle en högre temperatur underlätta kylningen av stacken.

Nedbrytningen av membranen visas i försämrade protonledningsförmåga, gaspermeabilitet och mekanisk stabilitet beroende på åldring, uttorkning, föroreningar etc. Hålbildning "pine holes" i membranet kan orsaka kortslutning och slutet för cellen. Väteperoxid är känt som en viktig nedbrytande faktor och olika strategier för att förhindra peroxidbildning undersöks. Membranen testas i ökande utsträckning i dynamiska förhållanden, så som varierande fuktighet, temperatur och effektuttag. För att öka den mekaniska stabiliteten utvecklas membran baserade på olika oorganiska kompositmaterial eller porösa polymerfyllda strukturer. Ett ökat

intresse har också visats de fundamentala aspekterna kring membranets mikrostruktur och dess transportegenskaper för att förstå degraderingsproblem på makronivå.

Fortfarande dominerar florerade sulfonerade membran av typen Nafion men högttemperatur-MEA:or och hela stackar finns kommersiellt tillgängligt. Drift vid negativa temperaturer och låga fuktigheter är en utmaning då membranen bygger på vatten som protontransportsmedium. Fosforsyra-dopade membran (PBI) fungerar vid höga temperaturer men kommer till korta vid temperaturer under 120 °C. Framsteg har gjorts inom system, där protontransporten är anknuten till fosforsyra.

Gasdiffusionsskikt (GDL) och Bipolära plattor (BPP)

Förutom att fördela bränslegasen över elektroderna och leda strömmen är gasdiffusionsskiktet mycket viktigt för vattenhanteringen i cellen. Åldring av GDL:et försämrar vattentransporten vilket kan bero på upplösning av det hydrofoba lagret som förhindrar att bildat vatten stannar i cellen. Elektronledningen blir bättre vid högt tryck men högre tryck ger minskad porositet och sämre vattenhantering. Intensiv forskning pågår om celldesign för att få bästa tänkbara prestanda. De bipolära plattorna, som leder gasen och strömmen samt tillför kyla till stacken, tillverkas av grafit, kolbaserade kompositmaterial eller rostfritt stål. Rostfritt stål är lättarbetat och starkt men är korrosionsbenäget och har hög resistans på grund av sin skyddande oxidfilm. För bättre ledningsförmåga utvecklas beläggningar baserade på kol eller ädelmetall. Flera svenska producenter har visat intresse för tillverkning av de bipolära plattorna.

5.2.2 Systemutveckling

Nedbrytningsprocesserna är svåra att studera då de i många fall är sammansatta och påverkar komponenterna olika, beroende både på materialen och på driftsförhållandena. Till exempel ger högre fuktighet och temperatur högre prestanda och ledningsförmåga i membranet men också ökad gaspermeabilitet, som leder till väteperoxidbildning, samt ökad hastighet för korrosionsprocesserna i elektroderna. Det är sålunda viktigt med studier av hela systemet för att optimera driftsförhållandena i fråga om aktivitet kontra livslängd samt finna gemensamma accelererade provningsmetoder för att testa användbarheten av olika celler, stackar och system. Målet för 2010-2015 är 5 000 h (7,5 månader) för traktionära bränsleceller och 40 000 h (4,6 år) för stationära. Servicetiden för de PEM-bränslecellstackar som gått längst idag är 26 000 h i labb (GORE) och 2000 h i en Mercedes-buss (oktober 2008).

Större intresse riktas också på inverkan av föroreningar på livslängd och prestanda, både i katod- och anodbränslet, dvs luftföroreningar och rester från reformering, och föroreningar från de bipolära plattorna.

Tester på bränslecellsfordon visar att mer än hälften av haverierna beror på fel i kringutrustning, vibrationer och användarfel vilket pekar på att mycket finns att göra på systemutvecklingen. Det mer komplicerade reformatbränsle-cellssystemet är också i en utvecklingsfas för att finna tekniska helhetslösningar.

5.2.3 Kommersiell utveckling under 2008

Endas några få företag tillverkar uppskalade PEFC-system för stora stationära bränsleceller (>10 kW), som annars domineras av MCFC och SOFC. Exempel är Hydrogenics och NedStack i Nederländerna som tillverkar system upp till 30 kW respektive 100 kW och drivs med vätgas.

Däremot dominerar PEFC till mer än 90 % marknaden för små stationära bränsleceller <10 kW. Utvecklingen har gått mot två huvudtyper; hembränslecellen för bostäder (residential CHP) och avbrottsfri kraft sk UPSer (Uninterrupted Power Supplies) t ex för telecomstationer. Enligt prognosen torde det finnas ca 9000 enheter i drift i världen 2008. Hembränslecellen är vanligast men efter Katrinakatastrofen märks en ökad efterfrågan på backup-el med utökad drifttid varpå marknaden för UPS har ökat markant. Drygt hälften av de små stationära enheterna är tillverkade i Nordamerika och Japan har andraplatsen med ca en fjärdedel av marknaden. Tyskland har målsättningen att år 2020 producera 72 000 1- 5 kW hemenheter för en kostnad av 1 700 €/kW. Amerikanska Altery massproducerar UPSer av PEFC-typ för tele- och datacentraler. Det Svenska Cellkraft AB tillverkar också stationära bränsleceller av PEFC-typ med kapaciteter upp till 2 kW bl. a. för telecomstationer.

En annan viktig nischmarknad där PEFC 2008 gjort ett genombrott är små APUer för fritidsmarknaden, husbilar och båtar. Dessa bränsleceller bygger på DMFC-tekniken och tillverkas av tyska bolaget SFC Smart Fuel Cells. Även utvecklingen av PEFC för mindre fordon som mopeder, scooters, lagertruckar och elektriska rullstolar har ökat under året. Bränslecellsdrivna fordon spås ha en stor fördel framför de batteridrivna fordonen eftersom ingen laddningstid behövs.

5.3 Framtida svenska satsningar

Mistras bränslecellsprogram är det största pågående nationella forskningsprogrammet inom området PEFC. Programmet startades 1997, och är nu inne i sin tredje projektperiod som löper från 2007 fram till slutet av 2009. Programmet engagerar dels forskargrupper vid LTH, Chalmers och KTH, dels ett halvdussin företag. Som en fortsättning på Mistra-programmet pågår nu tillsammans med Energimyndighetens och Elforsks program för stationära bränsleceller planeringen av ett kompetenscentrum för bränsleceller på nationell nivå med start 2010. Energimyndigheten finansierar redan PEFC-bränslecellsprojekt inom "Energisystem i vägfordon", som löper fram till utgången 2010. Inriktningen är mot hjälpkraftssystem i fordon för AB Volvo/Powercell AB. De APUer (Auxiliary Power Units) som utvecklas är system på 5-10 kW med integrerad reformering av diesel. Svenska universitet är också aktiva i olika EU-projekt och nätverk, samt i Nordisk Energiforsknings program. Genom Nordiska Ministerrådet planeras forskningsprogram där bränslecells forskning ingår som en del av ett större energiförsörjningsprogram.

Däremot saknas ett nationellt program i Sverige för utvecklingen av PEFC för stationär kraftvärmeproduktion, trots att området växer globalt. PEFC-system kan drivas med de flesta typer av bränslen, även förnybara bränslen såsom t ex biogas, och är inte beroende av ren vätgas. Lokal kraftvärmeproduktion med elverkningsgrader upp mot 40 % förväntas nås då systemkostnaderna har sjunkit och livslängden förbättrats vid kommersialisering.

Bränslecellstekniken skulle därigenom kunna bli en viktig länk i ett flexibelt svenskt energisystem uppbyggt kring förnyelsebara bränslen. En förutsättning är dock att det framöver initieras nya nationella forskningsprogram för den stationära bränslecellsutvecklingen så väl som för fortsatt kompetensutveckling och utbildning av kompetenta personer på högskolorna. Tiden är mogen för nya demonstrationsprojekt med PEFC-system som drivs med förnybara bränslen.

6 Stationära smältkarbonat-bränsleceller (MCFC)

Stora satsningar under flera decennier har gjort smältkarbonatbränslecellen till en av de mest utvecklade bränslecellsteknikerna idag. Ett flertal anläggningar är i drift runtom i världen och nya startas hela tiden. Det har installerats mer än 100 system och totalt är ca 70 MWe installerat. Systemens storlek varierar då MCFC oftast byggs i moduler på några hundra kW. Generellt sett ligger storleken på de färdiga systemen från 250 kW_e upp till några MW_e och ska därför jämföras med mindre kraftvärmeanläggningar. Driftstider på flera år har uppnåtts av olika aktörer. CRIEPI i Japan har kört en singelcell med en kontinuerlig last på 200 mA/cm² under mer än 68 000 h, medan MTU Onsite Energy (fd. CFC-solutions, Tyskland) och Fuel Cell Energy (USA) har kört flera system på konstant last (minst 120 mA/cm²) över 30 000 timmar.

Ett ökande antal system används för förnybara bränslen, främst rötgas från kommunala reningsanläggningar. I dessa system kan den värme som också produceras i bränslecellen tas tillvara för förvärmning av det material som skall rötas.

Trots en ganska mogen teknik så finns det fortfarande en del områden som behöver utforskas och utvecklas vidare. Exempel på sådana områden är frågor kring nedbrytningen av några av cellkomponenterna och cellernas prestandaförbättring.

6.1 Beskrivning av tekniken

Smältkarbonatbränslecellen (MCFC) är en högttemperaturbränslecell där de elektrokemiska reaktionerna sker på nickelbaserade elektroder i närvaro av en blandning av smälta karbonater, såsom litium-, kalium- och natriumkarbonat. Den höga driftstemperaturen (runt 650°C) möjliggör oxidering av både gas- och vätskeformiga kolväten, kolmonoxid och vätgas utan användning av ädelmetallkatalysatorer. MCFC är således mycket flexibel när det gäller valet av bränsle, så länge bränslet har en låg svavelhalt (<1 ppm). På katoden används syre direkt ur luften, samt koldioxid recirkulerad från anodens utlopp. MCFC-stacken har en elverkningsgrad på 50 %. Anläggningens elverkningsgrad kan ökas till 65 % genom tillkoppling av en gasturbin, och en totalverkningsgrad på 90 %.

6.2 Teknikbevakningen under 2008

Fuel Cell Energy

- Totalt 68 MW installerat i ca 60 anläggningar på 45 platser.
- En total produktion på 250 GWh.
- Marknadsför fyra olika produkter: 300kW, 1.2 MW resp 2.4 MW + hybrid. Elverkningsgraden för dessa är 47 %.
- Systemen körs på propan, naturgas, kolgas, och rötgas.

- Internreforming av bränslet.
- 13 anläggningar som går på biogas

MTU Onsite Energy

- Ett drygt tiotal anläggningar i drift runtom i världen.
- Köper stackar från FCE, men siktar på egen produktion.
- MTU Onsite Energy har den hittills längsta drifttiden för en stack, drygt 37 000 h.
- Ny modell av HotModule®, HM 320, med en effekt på 363 kW el och 250 kW värme.
- Eleffektökning på 50 %, men prishöjning på 25 %.
- Stor satsning på biogas.

Ansaldo Fuel cells

- Egen tillverkning av cellkomponenter.
- Ett tiotal demonstrationer.
- Individuellt anpassade system.
- Naturgas, rötgas, deponigas, förgasad biomassa, marint diesel.
- Drifttider på mer än 15 000 h för enskild stack.
- Två nya stackmodeller på 200 kW under år 2008.
- Avtal med ENEL om produktion av ett system för generering av el, värme och kyla (klart mitten 2009).

Ansaldo Fuel Cells undersöker möjligheten att återanvända sina MCFC-stackar som koldioxidavskiljare, vilket ger dem en något kortare drifttid som kraftproducerande enheter, men möjliggör användning under en totalt längre tid.

Problem att lösa

Bränslecellens livslängd är prioriterad och utveckling av materialen i de olika aktiva komponenterna är fortfarande en nyckelfråga. Dock har fälttester på närmare 40000 h visat att risken för nickelkortsutslutning (katod), samt förändring i elektrodernas morfologi är betydligt mindre än vad som tidigare antagits. Korrosion är inte heller längre ett stort problem, då nya mer avancerade material används i komponenterna. Katodens stabilitet är dock fortfarande något som bör undersökas närmare. Detta är forskning som aktörerna inom området är överens om kan ske på universitet, då katoden och dess material är generell för tekniken.

Kostnaden för systemen är fortfarande en nyckelfråga. Dock går även här utvecklingen åt rätt håll. MTUs nya modell levererar 50 % mer effekt till en kostnadsökning på 25 %. FCE anger en elproduktions kostnad för sina system på 15 US cent (inkl. kapital, underhåll och bränsle) och säger sig kunna minska denna med 25-30 % när årsproduktionen nu ökas till 50 MW.

6.3 Framtida utveckling

MCFC-tekniken har utvecklats under lång tid och en mängd fleråriga fälttester med stora system har framgångsrikt genomförts. Idag finns bränslecellssystem som varit i drift i drygt 37 000 h och inget talar för att inte målet på 40 000 h skall uppnås.

Flera av företagen har under det gångna året utvecklat och installerat nya MCFC-system för en rad olika tillämpningar. En av teknikens stora fördelar är flexibiliteten i valet av bränsle. Särskilt intressanta verkar tillämpningar mot olika typer av biogas (rötgas, deponigas, förgasad biomassa) samt system för co- och tri-generation vara. I dessa tillämpningar har man oftast redan bränslet närvarande i anläggningen och också värme som produceras i bränslecellen bidrar till hela anläggningens verkningsgrad.

Många av företagen satsar stora pengar på att under kommande år utöka sin produktionskapacitet och komma igång med serieproduktion. Särskilt aggressiv satsning görs i Syd-Korea där man lägger stora resurser på att öka användningen av bränsleceller generellt i samhället, samt att få igång en inhemsk bränslecellsproduktion. Dessa satsningar ligger i linje med landets nationella satsningar på förnyelsebar energi och ett hållbart samhälle.

Delvis på grund av smältkarbonatbränslecellens mognad sker idag forskning och utveckling kring MCFC-tekniken till stor del på företagen som är verksamma inom området. Fortfarande sker dock tex utveckling av nya material i samarbete med olika universitet och forskningsinstitut. Den forskning som bedrivs idag syftar främst till att begränsa de olika cellkomponenternas degradering, samt att minska produktionskostnaderna. Fuel Cell Energy anger inför nästa år en elproduktionskostnad på 15 US cent/kWh, inkl. underhåll-, kapital- och bränslekostnader, och menar dessutom att denna kommer att kunna minska ytterligare med 25-30% då man når en årsproduktion på 50 MW.

Sammanfattningsvis kan sägas att hela området smältkarbonatbränsleceller, och aktörer däri, kännetecknas av optimism och framtidstro:

- Fuel Cell Energy har idag en produktionskapacitet på 50 MW per år. Denna skall till år 2010 öka till 100 MW.
- MTU planerar för system på upp till 2 MW inom några år. 10 M€ investeras för utbyggnad av produktionsenheter. Serieproduktion planeras till 2009/2010.
- Korea satsar på egen tillverkning av MCFC och en ökad användning av bränsleceller inom landet.
- Ansaldo's mål är industriell produktion och kommersialisering på medellång sikt.
- Fortsatt stort intresse för användning av MCFC där möjliga bränslen redan finns tillgängliga (deponier, livsmedelsproduktion, rötningsanläggningar etc). FCE har redan idag 13 anläggningar med biogasdrift, varav 9 st finns vid spillvattenanläggningar.
- MCFC passar utmärkt för svenska förhållanden eftersom de kan köras med många olika typer av förnybara bränslen.

7 Stationära fastoxidbränsleceller (SOFC)

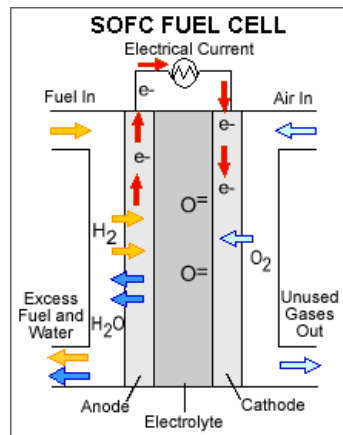
Bränsleceller har stor potential att nå hög elverkningsgrad vid mycket låga emissioner och detta även i småskaliga anläggningar. Detta gör bränslecellen till stark kandidat för småskalig kraftvärmeproduktion i den avreglerade energimarknaden. En annan viktig fördel, som är specifik för högtemperaturbränsleceller och i synnerhet fastoxidbränsleceller (SOFC), är deras bränsleflexibilitet. Högtemperaturbränslecellernas bränsleflexibilitet är en direkt följd av deras inre bränslereformeringsförmåga, vilket gör dem till lämpliga energiomvandlingstekniker med biogas som bränsle.

Institutionen för Energivetenskaper, vid Lunds Universitet, har under ett flertal år bedrivit forskning inom fastoxidbränslecellteknikområdet finansierad av STEM, EU och kraftföretaget EON. Bränslecellforskningen på institutionen har varit fokuserad på stationära tillämpningar för samtidig el- och värmeproduktion, d.v.s. kraftvärme. Forskargruppen har ett starkt internationellt nätverk.

Ett validerat simuleringsprogram skrivet i programmeringsspråket Fortran har utvecklats vid avdelningen för kraftverksteknik. Programmet är baserat på finita volymmetoden, och används för detaljerad SOFC-modellering och simulering. Programmet som har validerats i samarbete med internationella partner, kan simulera såväl stationära som dynamiska driftförhållande. Ett annat modelleringsverktyg baserat på Computational Fluid Dynamic (CFD) har utvecklats vid avdelningen för värmeöverföring. Verktöget kan användas för detaljerade studier på reformer och SOFC-stackar, så väl som för simulering av olika fenomen inom lågtemperatur bränsleceller. Verktögen kommer att testas och vidareutvecklas i samarbete med Universitetet i Stavanger i Norge, där ett nytt fyraårigt projekt för långtidstestning av SOFC med såväl naturgas som biogas startades vid årsskiftet 2008/2009.

7.1 Beskrivning av tekniken

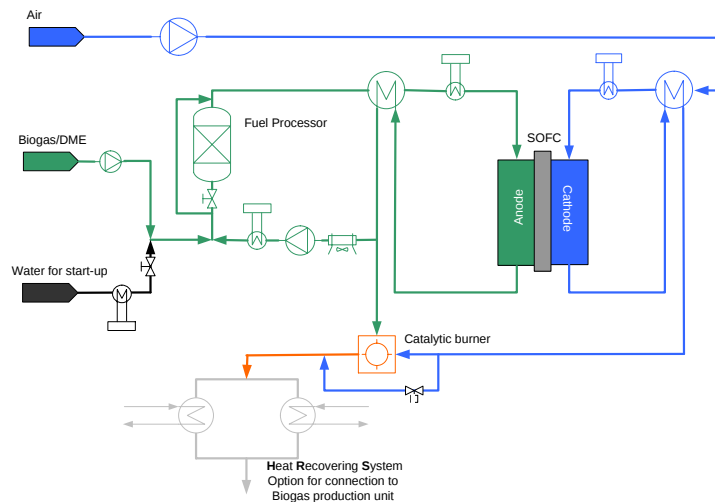
Bränsleceller har stor potential att nå hög elverkningsgrad vid mycket låga emissioner och detta även i småskaliga anläggningar. Fastoxidbränsleceller, SOFC, erbjuder dessutom stor bränsleflexibilitet och kan användas med såväl naturgas som biogas. SOFC består av anod, katod och fastoxidelektrolyt. Syre i luften joniseras vid katoden och transporteras genom elektrolyten. Vid reaktion med vätgas på anodsidan frigörs elektroner och värme samtidigt som vattenånga bildas. Figur 7 visar funktionssättet hos SOFC.



Figur 7. Funktionssättet hos fastoxidbränslecell

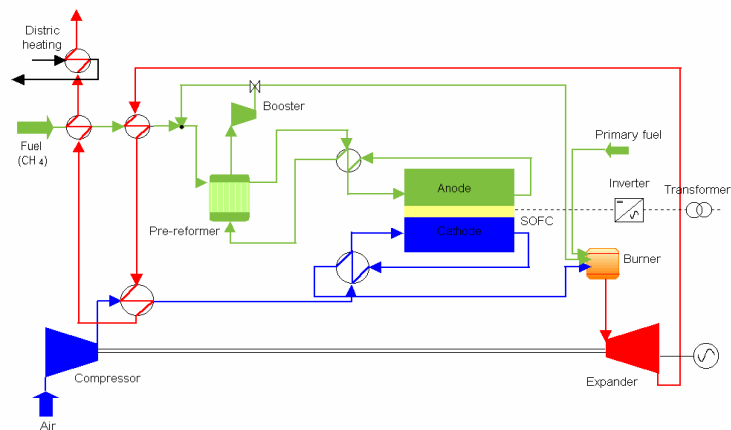
Bränslecellsstacken kan arbeta antingen vid atmosfärstryck eller i trycksatt tillstånd, då i kombination med en gasturbin (hybrid plant).

Figur 8 visar exempel på standardutförande för atmosfäriskt bränslecellssystem. Som det framgår av figuren, krävs ett antal komponenter (balance of plant components BoP) och kringutrustning för att få SOFC-systemet att fungera.



Figur 8. Atmosfäriskt SOFC-system för samtidig el- och värmeproduktion (CHP)

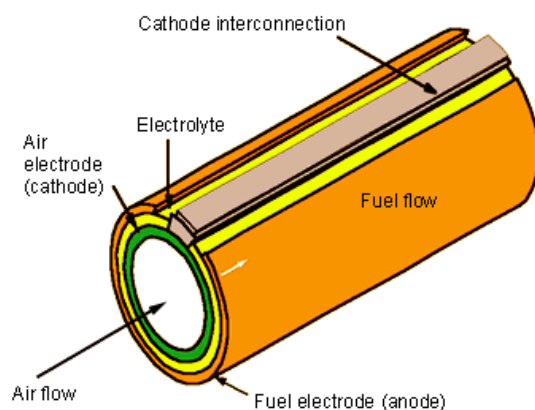
SOFC-systemets effekttäthet och verkningsgrad kan förbättras genom trycksättning. Därför har hybridkonceptet, där SOFC trycksätts med hjälp av en gasturbin, utvecklats. Figur 9 visar schematiskt hybridsystemets uppbyggnad.



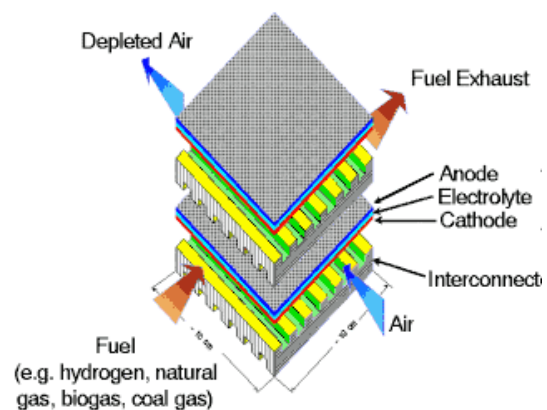
Figur 9. Hybridsystem med SOFC och gasturbin

Den senaste utvecklingstrenden för hybrida anläggningar är att värmeväxlare och fläktar byts ut mot ejektorer som kombinerar dessa funktioner, för att minimera investeringskostnaderna.

Det finns två huvudgrupper av SOFC-design, tubformiga och plana bränsleceller. Båda har för- och nackdelar. En viktig fördel med tubdesign är enklare tätning jämfört med plana bränsleceller. Nackdelen med tubdesign är dess övre gräns gällande systemstorlek och dess högre produktionskostnad. Plana celler är svårare att täta men mer flexibla när det gäller systemstorlek. Figur 10 och 11 nedan visar den principiella uppbyggnaden av tubformade, resp. plana celler.



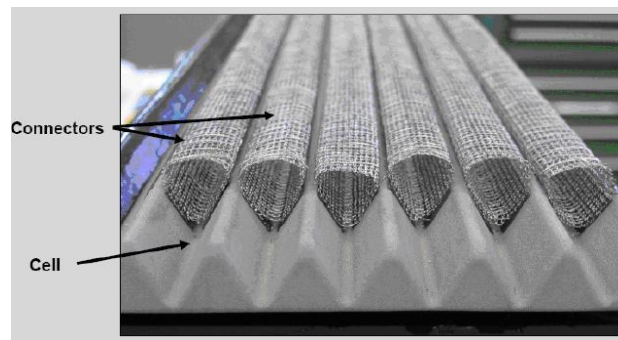
Figur 10. Tubformig SOFC



Figur 11. Plan SOFC

Den senast presenterade designen från Siemens kombinerar tubformade och plana celler i en ny design som kallas för "Delta"-utförande.

Figur 12 visar Delta 8-konstruktionen med dess metalliska interconnect.



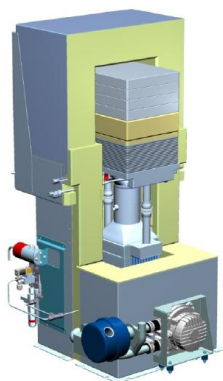
Figur 12. Metallisk interconnect

7.2 Teknikbevakning 2008

Forskning och utveckling inom SOFC-området har fokuserats dels på utveckling av mellantemperaturceller (intermediate temperature SOFC) för reducering av kostnaden, och dels på långtidstester för att öka tillförlitligheten för tekniken och därmed underlätta kommersialiseringen. Testresultat från enheter på 5 kW till 250 kW rapporterades under 2008-års bränslecellkonferenser. Dessa demonstrationsprojekt avser visa den låga komponentdegraderingen och stora bränsleflexibiliteten hos SOFC system.

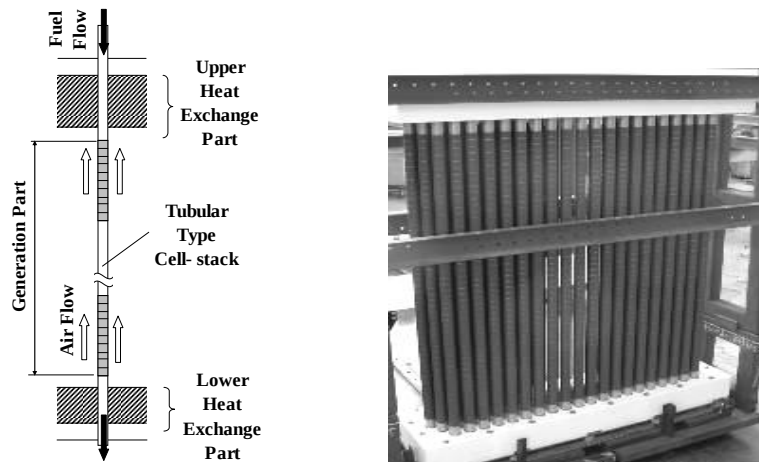
Det rapporteras om långtidstester med småskaliga anläggningar som arbetar vid atmosfärstryck, där tanken är att skala upp anläggningseffekten genom integrering av flera mindre enheter. Man har dock stött på problem som härstammar från ojämn flödesfördelning mellan delsystemen.

Den Australiensiska tillverkaren CFCL har satsat på att höja verkningsgraden för små enheter på 2kW och rapporterar om en order på 50 000 enheter till NOUN i Tyskland och Nederländerna. Figur 13 visar den konceptuella lösningen för CFCLs enheter.



Figur 13. CFCLs 2 kW anläggning med elverkningsgrad på 50 %

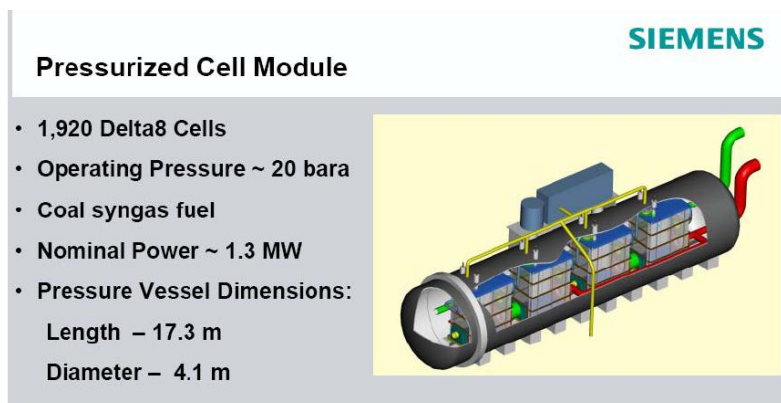
För trycksatta anläggningar rapporterar Mitsubishi Heavy Industri (MHI) om framgångsrik demonstration av en 40 kW gasturbin integrerad med en 200 kW SOFC stack. MHIs koncept är baserat på tubformade bränsleceller som integreras till 50kW moduler som sedan kopplas samman och trycksätts i ett tryckkärl. MHI projektet ingår i det stora Japanska forskningsprogrammet "Cool Earth". Figur 14 visar stacken och en skiss över hybridssystemet.



Figur 14. MHIs bränslecellselement och sammansatta celler i moduler

Förutom MHI i Japan arbetar Rolls Royce och Siemens med utveckling av hybridssystem.

Siemens arbetar med ett trycksatt system som ska drivas med gas från kolförgasning. Detta projekt är en del av det amerikanska SECA-projektet. Figur 15 visar Siemens konceptuella design.



Figur 15. Syngasdriven SOFC-koncept från Siemens

7.3 Framtida utveckling

De största hindren för kommersialisering av SOFC-tekniken är hög kostnad och relativ snabb degradering. Hög arbetstemperatur (800-1000°C) anses vara förklaringen till både hög produktionskostnad och snabb degradering, speciellt i SOFC med metallisk interconnect. Även om hög arbetstemperatur leder till lägre internförluster och därmed högre verkningsgrad samt större bränsleflexibilitet (internreformering), anses termisk degradering orsakad av sintring och oxidation av bränslecellmaterialet vara den viktigaste orsaken till den snabba prestandaförlusten hos högtemperatur bränsleceller.

Hög arbetstemperatur i SOFC-systemet kräver både dyrare högtemperaturmaterial för själva cellen och dyr kringutrustning (BoP). Därför kommer forsknings- och utvecklingsarbetet inom SOFC-området att riktas mot reducering av arbetstemperaturen till ca 650°C. Det finns dock företag

som Rolls Royce (RR) i England, MHI i Japan och Prototech i Norge som håller fast vid högttemperaturceller. RR och MHI fokuserar utvecklingsarbetet på hybridanläggningar bestående av gasturbin och SOFC-stack, och är därför beroende av hög arbetstemperatur i stacken.

Prototech i Norge fortsätter arbetet med högttemperatur SOFC med keramisk interconnect eftersom deras tester visar livslängd och prestanda för dessa celler är högre än konkurrerande mellantemperatur celler med metallisk interconnect.

Forsknings- och utvecklingsarbete som riktas mot reducering av SOFCs arbetstemperatur kan sammanfattas enligt nedan:

Reducerad arbetstemperatur resulterar i följande fördelar:

- Lägre degraderingshastighet
- Lägre korrosionshastighet, speciellt för interconnect-material
- Minskad spänning, orsakad av skillnader i termisk expansionskoefficient hos cell- och stack-komponenter
- Användning av billigare tätningsmaterial
- Användning av billigare metalliska komponenter
- Kraftig kostnadsreduktion för systemkomponenter (BoP)

Utveckling av nya cellgeometrier som plana tuber (Rolls Royce) och triangulära rör (Siemens) är senaste nytt inom SOFC-utvecklingen.

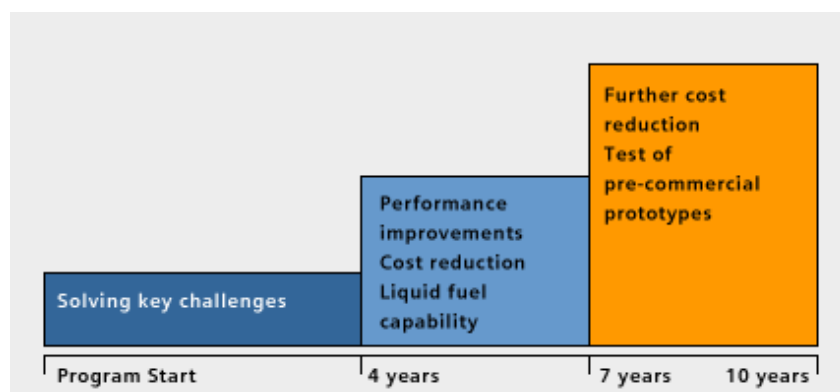
Uppskalning av SOFC-tekniken har visat sig vara svårt. Detta beror främst på ojämn fördelning av luft och bränsleflöde genom stacken och över enskilda celler. Ojämn flödesfördelning leder till ojämn temperaturfördelning över cellerna och därmed termiska spänningar som leder till mekanisk utmattnings och sprickbildning. Det pågår intensiv test- och utvecklingsarbete på olika håll i världen för att lösa uppskalningsproblemen.

Ett omfattande forsknings- och utvecklingsprogram i USA, SECA, har tre fokusområden för SOFC, nämligen reducering av tillverkningskostnaden för SOFC-anläggningar, utveckling av stora SOFC anläggningar som drivs med syngas från kolförgasning och samarbete mellan universitet, forskningsinstitut och industri för utveckling av SOFC teknologin.

Övriga deltagare i SECA förutom Siemens är Fuel Cell Energy - Versa Power, Delphi, Acumentrics och Cummins.

Programmet genomförs i tre faser över 10 år. I slutet av varje fas kommer en prototyp av SOFC system av storleksordningen 3-10 kW testas. Målsättningen är att kunna producera bränslecell för 400 USD/kW.

Figur 16 nedan visar programmets upplägg:



Figur 16. SECA-programmets tidsplan

I Japan har man hundratals små enheter i drift som kraftvärmeapplikationer (CHP). Resultat från långtidstest med dessa enheter kommer att spela en viktig roll i den fortsatta satsningen på småskaliga SOFC-baserade CHP anläggningar.

Som det har nämnts tidigare pågår utvecklingsarbete inom "Cool Earth" programmet i Japan som syftar till utveckling av trycksatta hybridanläggningar med gasturbin och SOFC. Den teoretisk framräknade elverkningsgraden för hybridanläggningar är mer än 10 % enheter högre än atmosfäriska "stand alone" system.

I Sydkorea arbetar man parallellt med atmosfäriska och trycksatta system, men rapportering om utvecklingsarbetet har varit mycket begränsad under 2008.

Den Australiensiska bränslecellssatsningen har fokuserats på förbättring av elverkningsgraden för små SOFC enheter (2 kW) och förlängning av deras livslängd. Genom att demonstrera bättre prestanda och längre livslängd, hoppas man kunna skapa en marknad för småskalig CHP i landet och i Europa.

8 Portabla tillämpningar för bränslecelltekniken

Portabla bränsleceller eller mikrobränsleceller som de ofta kallas definieras vanligtvis av att effekten är lägre än 250 W. I spannet upp till 250 W ryms emellertid flera vitt skilda applikationer och tekniska utmaningar.

Portabla bränsleceller från 1-10 W har möjliga tillämpningar i handburen elektronik, trådlösa sensorer, trådlösa nätverk och mindre effektkrävande utrustning för fritidsliv som t ex cykellampor och huvudlampor etc. De tekniska utmaningar som finns här handlar framförallt om kostnad, miniatyrisering, hur värmeavvisning/kylning skall ske, stabilitet/livslängd samt bränsleinfrastrukturen - hur skall konsumenten "tanka" sin bränslecell?

Medelstora, portabla bränsleceller mellan 10-50 W har möjliga tillämpningar i bärbar militär utrustning, större portabel elektronik som DVD-spelare, videokameror, och bärbara datorer (både för direkt kraft och för laddning av integrerade batterier), för att driva räddningsutrustning och som reservkraft, samt för att ersätta en del stationär kraft (APU). Även här finns utmaningar med kostnad, miniatyrisering och värmeavvisningen.

Större portabla bränsleceller på 50-250 W kan fylla funktioner i bl a militär utrustning för t ex laddning av batterier, i räddningsutrustning och inom sjukvården. Bränslecellerna ersätter även fjärrkraft och portabel kraft samt kan strömförsörja mindre obemannade fordon. För den här typen av ersättningsprodukter är kostnadsaspekten viktig, t ex för material och ingående systemkomponenter.

8.1 Teknikbevakningen under 2008

I teknikbevakningsrapporten har totalt 31 stycken renodlade mikrobränslecellsföretag analyserats. Därtill har 14 stycken större elektronikföretag verksamma inom bränslecellsutveckling studerats.

De tre främsta teknologierna för portabla bränslecellsystem är polymer-elektrolytbränsleceller (PEFC), direktmetanolbränsleceller (DMFC) och fastoxidbränsleceller (SOFC).

De mikrobränsleceller som har sålts och funnits tillgängliga på marknaden fram till idag har varit av PEFC- och DMFC-typ och har främst använts i begränsad omfattning i nischapplikationer såsom leksaker, militära tillämpningar, utbildning och nöd/reservkraft. Dessa applikationer är viktiga för små bolag för att motivera och finansiera satsningar i ett tidigt skede, men det är den potentiella marknaden inom portabel elektronik som förklarar varför flera stora elektronikföretag sedan lång tid tillbaka har satsat stora resurser på utveckling av mikrobränsleceller.

Bland de större konsumentelektronikföretagen utgör bränsleceller av DMFC-typ det dominerande teknologivalet. Marknaden för bränsleceller inom portabel elektronik är till att börja med som extern laddare. Det finns idag flera produkter på marknaden. Först i nästa fas, när miniatyrisering och effekttäthet tagit ytterligare ett rejält steg framåt, kommer

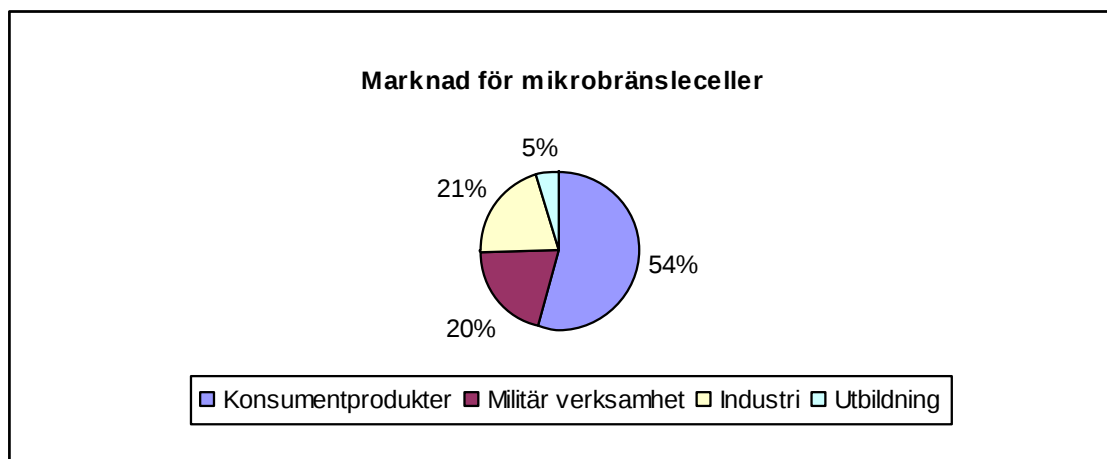
mikrobränslecellerna att driva de portabla elektronikprodukterna direkt och då ofta i hybridssystem med ett batteri för att bättre klara av uppstart och effekttoppar. Vår bedömning är att det fortfarande kommer att dröja flera år innan mikrobränsleceller är redo att introduceras på bred front som primärströmkälla för datorer och mobiltelefoner.

De renodlade bränslecellsföretagen har kategoriserats utifrån marknadssegment:

- Konsumentelektronik
 - Portabel elektronik: mobiltelefoner, bärbara datorer, mediaspelare, etc.
 - Fritid: friluftsutrustning, camping, leksaker, etc.
- Militär verksamhet: ersätter batterier, till portabel utrustning, övervakningssystem, etc.
- Industri: medicinsk utrustning, räddningsutrustning, reservkraft, etc.
- Utbildning: hobbyverksamhet och i utbildningssyfte

Marknadsfördelningen för de renodlade mikrobränslecellsföretagen är 45 % konsumentprodukter, varav 28 % utgör portabel elektronik och 17 % är företag som tillverkar produkter för fritidsändamål. Industriapplikationer utgör 26 % av den totala marknaden och den militära verksamheten 23 %. Minst satsas det på utbildning som bara utgör 6 % för alla de renodlade mikrobränslecellsföretagen.

Den totala marknadsfördelningen för samtliga bolag som arbetar med bränsleceller visas i Figur 17. Marknaden domineras av konsumentprodukter med inriktning mot portabel elektronik.



Figur 17. Marknadsfördelningen för bolag som arbetar med bränsleceller

De renodlade mikrobränslecellsföretagen som analyserats är verksamma inom de områden som redogörs för i tabell 1.

FÖRETAG	KONSUMENTELEKTRONIK -Portabel eller Fritid	MILITÄR VERKSAMHET	INDUSTRI	UTBILDNING
Adaptive Materials		X	X	
Angstrom Power	X			
Antig Technologies	X	X	X	
Cellkraft			X	
CMR Fuel Cell	X			
CyVolt	X			
EnerFuel		X		
H2-Economy	X		X	
Heliocentris			X	X
Horizon	X	X	X	X
h-tech			X	X
Hydrocell		X	X	
IdaTech		X	X	
INI Power	X	X	X	
Intelligent Energy		X		
Jadoo Power		X	X	
Kurita Water Industires	X			
Liliputian Systems	X			
Medis Technologies	X	X		
MTI MicroFuelCells	X	X		
MyFC	X			
NanoDynamics		X	X	
Neah Power	X	X	X	
Paxitech	X	X		X
Power Air Corporation	X	X	X	
Protonex	X	X	X	
SFC Smart Fuel Cell	X	X	X	
SRE		X	X	
Tekion	X	X		
UltraCell	X	X	X	
Voller Energy	X	X	X	

8.2 Framtida utveckling FoU och marknad

Publicerade forskningsarbeten med anknytning till portabla bränsleceller i effektstorleken <25W, fokuseras främst på vätgasmatade PEFC, PEFC med bränslereformer samt direktmetanolbränsleceller. Vätgasmatade PEFC är den bränslecellsteknologi som uppvisar högst elverkningsgrad och enklast systemdesign. Den stora utmaningen är att finna en effektiv vätgaslagringsteknik. Utöver vätgaslagringstekniken så utvärderas olika material som bipolära plattor samt olika flödeskanaldesigner med målet att optimera bränslecellens prestanda.

Direktmetanolbränslecellens största utmaning är att lösa problematiken med att en del av metanolen som förs in som bränsle vid anoden diffunderar över membranet och reagerar med syret vid katoden. Metanoldiffusionen över membranet leder till både självurladdning och sänkning av katodpotentialen och därmed till att den uttagbara spänningen vid en given ström sänks.

8.2.1 Potentiell marknad för portabel elektronik

Om marknaden för bränsleceller tar fart är potentialen närmast gigantisk. Både antalet användare och antalet användningsområden är enormt många. Om försäljningen av bränsleceller tar fart och en väletablerad infrastruktur byggs upp kommer kostnaden för bränslecellerna att minska.

I en undersökning genomförd av Viaspace beräknar man att så mycket som 22 % av alla bärbara datorer kommer att drivas av mikrobränsleceller i framtiden. Med 2008 års data skulle detta innebära att över 22 miljoner bärbara datorer drivas av bränsleceller.

8.2.2 Sladdlösa laddare – marknadens drivkrafter och tillgängliga produkter

Det som driver marknaden för extrakraft till bärbara datorer och mobiltelefoner är huvudsakligen behovet av ökad flexibilitet och mobilitet. Detta gör att fler bärbara datorer säljs idag än stationära. Spridningen av trådlösa nätverk i olika inomhus- och utomhuslokaler driver också på denna utveckling. Dessutom pågår en konvergens mellan bärbara datorer och mobiltelefoner och som gör att fler funktionaliteter adderas och enheterna används mer intensivt och kräver högre effekter under längre tid.

Tabell 2. Bärbara sladdlösa laddare – en jämförelse

Typ av laddare	Nät-laddare	4 st AA alkaliska batterier	Energi-to-go (Energizer)	24/7Power Pack (NaBH ₄ , Medis)	Vätgas-bränsle-cell (NaBH ₄ , MCell)
Laddningskostnad (USD/Wh)	0,01	0,33	0,50	0,75	0,1
Storlek (cc/Wh)	---	10	3-4	10	2-3
Laddningstid (h)	1	3	3	3	1-3

Källa: US DOE & USFCC Fuel Cells Meeting, 4/26/2007, Jerry Hallmark, Motorola Labs

9 Traktionära tillämpningar för bränslecelltekniken

Drivkrafterna för användning av bränsleceller i vägfordon är flera, bland annat hög verkningsgrad i relation till nuvarande explosionsmotorer, god primärenergiflexibilitet samt låga emissioner av farliga ämnen samt buller. Vätgasdrivna PEFC-celler dominerar kraftigt som lösning på det traktionära området. För hjälpsystem (APU) utvecklas två olika lösningar, antingen fastoxidbränsleceller eller PEFC-celler i kombination med en diesel-till-vätgas reformer.

Vätgasbilar har under året erhållit en standard för ett europeiskt typgodkännande. Introduktionsplaner för bränslecellsfordon visar att olika fossila och icke-fossila primärenergibärare bör kombineras under en övergångsperiod beroende av nationella eller regionala förutsättningar. Vidare bedöms offentliga insatser som viktiga för att skynda på övergången.

På fordonsområdet har Honda nu startat begränsad serieproduktion av bränslecellsdrivna bilar. Volkswagen är förmodligen den tillverkare i Europa som tydligast förändrat sin position och framstår nu som ordentligt engagerad i utvecklingen av bränslecellsfordon.

I Tyskland har en omfattande satsning på vätgas och bränsleceller beslutats. Det handlar om cirka 1,4 miljarder Euro över tio år till forskning, utveckling och demonstration. Spindeln i nätet för denna storsatsning är den nybildade organisationen NOW. Drygt hälften av medlen planeras gå till transportsatsningar och det är också biltillverkarna som var bland de främsta pådrivarna för att satsningen skulle komma till stånd. Inom ramen för Clean Energy Partnership har traktionärt relaterade lösningar demonstrerats och projektet fortsätter nu i en utvidgad fas där Berlin samverkar med Hamburg.

Analysen av utvecklingen pekar på att bränslecellsfordon fortsatt är att räkna med som mål för teknikutvecklingen. Den stora uppmärksamhet som under senare tid ägnats batteriebilar och plug-in hybrider bedöms vara bra även för fordon med bränsleceller, inte minst då många av de tekniska komponenterna och systemen är gemensamma. Svensk bilindustri ägnar inte bränsleceller nämnvärd uppmärksamhet varför andra aktörer måste driva kompetensutvecklingen inom området i Sverige. Situationen är förmodligen en aning bättre inom kraftindustrin i Sverige, även om det främst är i Tyskland som de stora aktörerna ägnar sig åt vätgas och bränsleceller.

I jämförelse med rapporteringen 2007 konstateras dels att antalet nya konceptuella eller mer produktionsmogna bränslecellsfordonsmodeller har varit begränsat under året, dels att flera stora satsningar på vätgas och bränsleceller har beslutats inom EU, Tyskland och andra grannländer. Dessa har till stor del inriktning mot transporttillämpningar.

9.1 Beskrivning av tillämpningsområdet

I nuläget är det bränsleceller av typen proton exchange membrane (PEM eller PEFC) som gäller för traktionära tillämpningar och då gärna med hög arbets-

temperatur (kallas då ibland HTFC). Hög temperatur är i detta skede cirka 120 grader Celsius. Dessutom gäller att fordonen utöver bränsleceller även har batterier, de är således hybrider. Många typer av hybridlösningar provas, från tillämpningar där batterierna endast används för att reducera den dynamiska belastningen på bränslecellerna och ta tillvara bromsenergi till s.k. plug-in hybrider där batterierna laddas i vägguttaget och bränslecellerna tillsammans med vätgasen kan ge extra räckvidd.

För APU är det två alternativ som utvecklas, fastoxidbränsleceller (SOFC) och PEFC. Då det är klart fördelaktigt att slippa ett extra bränsle för APU:n bör således lösningen baserad på PEFC kompletteras med en reformer som producerar vätgas från diesel. SOFC är mindre beroende av en sådan extra reformer.

På drivmedelssidan gäller vätgas, i första hand gasformig sådan under högt tryck. Idag är trycket 350 bar den gällande standarden, men 700 bar blir allt vanligare.

Viktiga aktörer

Inom området traktionära bränsleceller är det främst fordonstillverkarna som satsar stora resurser på forskning och utveckling. Merparten av de stora tillverkarna har numera 'egna' bränslecellssystem, vilket skiljer sig från hur det var för några år sedan då exempelvis Ballards bränsleceller fanns i flera olika biltillverkares konceptfordon.

Drivmedelsleverantörer kommer att bli viktiga. I nuläget är flera olika aktörsgrupper inblandade, från traditionella oljebolag via annan processindustri till kraftbolagen.

Den offentliga sidan anses ha en viktig roll i allt som har med fordonsindustri att göra för närvarande; en viktig uppgift är att skapa regelverk som gynnar en sund utveckling på bilmarknaden. I flera av de scenarier för en övergång till ett vätgassamhälle, betonas den offentliga roll som finansiär av forskning och utveckling samt bidragsgivare under den relativt långa fas som krävs tills bränslecellsfordon i kraft av teknikutveckling och skaleffekter blivit ekonomiskt konkurrenskraftiga.

9.2 Teknikbevakningen under 2008

Tekniskt kan konstateras att utvecklingen inom flera huvudområden går snabbt men att det alltså förmodligen återstår en del tills bränslecellsbilar kan introduceras storskaligt på marknaden. Livslängd för bränslecellsstacken hör tillsammans med kostnaden till de frågor som på kort sikt anses utmanande.

Europeisk bilindustri efterfrågar, att döma av EUCAR:s prioriteringar inför sjunde ramprogrammet, i ökande grad forskning och utveckling inom bränslecellsområdet. Svensk bränslecells forskning är blygsam i relation till bilindustrins nationella betydelse och vad som satsas i andra bilindustriellt viktiga länder.

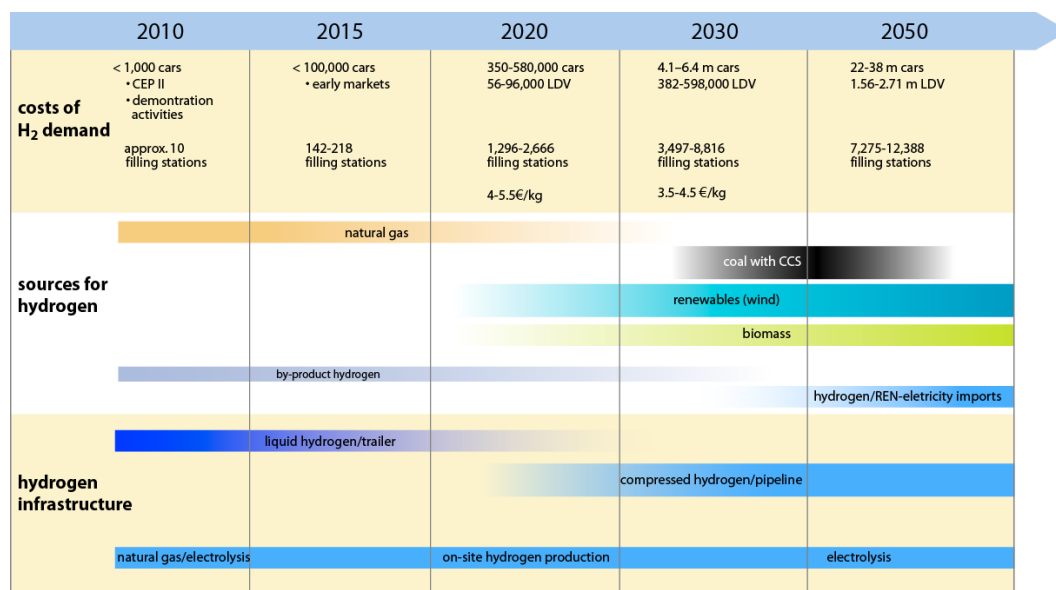
En rad demonstrationsprojekt med vätgasdrivna fordon pågår och det finns uppskattningsvis ett par hundra tankstationer för vätgas globalt. Flera introduktionsplaner har gjorts, exempelvis:

USA. Med tre olika scenarier för vätgasdrivna bränslecellsfordons genomslag på marknaden fram till 2025 redovisas hur infrastrukturen kan byggas upp

enligt ett sk lighthouse concept med inledningsvis ett fåtal platser med tankinfrastruktur och därefter en utbyggnad kring dessa och samtidigt en ökning av antalet platser.

EU HyWays. Tio EU-länder bedömde inom detta EU-projekt hur ökad vätgasanvändning kan ske och vilken påverkan på miljö och ekonomi som det får. För transporter bedöms en minskning av koldioxid om mer än 50 procent till 2050 som möjlig. Många produktionsmetoder för vätgasen är med i mixen, från kol och kärnkraft (i en del av länderna) till vind och sol.

Tyskland. GermanHy har många likheter med EU HyWays och redovisar ganska detaljerat för hur landet skulle kunna tillverka och distribuera vätgas till fordon, jämför Figur 18.



Figur 18: Vätgasintroduktion i Tyskland

Intressant skillnad vid en jämförelse med Sverige är att ökad användning av andra fossila bränslen som kol och naturgas inte verkar ses som direkt problematiskt utan snarare som en naturlig del i en gradvis utveckling mot ett klimatanpassat samhälle. Noteras bör dock att det åtminstone i kolfallet oftast handlar om lösningar med koldioxidavskiljning och -lagring.

I Norge och Danmark inom ramen för HyNor respektive Hydrogen Link Denmark öppnas tankstationer för vätgas med planen att inledningsvis täcka utvalda vägsträckor. Även Sverige finns med i planen både geografiskt och organisationiskt genom Scandinavian Hydrogen Highway Partnership.

Fordon

I linje med det som förespeglades förra året har också ett antal fordon kommit ut på vägarna, främst från Honda och GM. Således var i juli cirka 70 av de 100 GM **Chevrolet Equinox** Fuel Cell bilarna utplacerade i New York och Los Angeles inom programmet Driveway.

Några dussin **Honda FCX Clarity** leasas också ut under 2008 i USA och Japan med sikte på att inom tre år ska ungefär 200 rulla på vägarna. Provkörningsrapporter indikerar en förbrukning motsvarande cirka 0,32 liter bensin per mil.

Toyota har presenterat en 'advanced' version av sin FCHV, vilken främst skiljer genom längre räckvidd (760 km), tack vare en annan typ av tank på 700 bar och förbättrad verkningsgrad i fordonet.



B-klass F-Cell i Sverige

Mercedes-Benz har vintertestat sin B-klass F-cell i Sverige. B-klassen ska tillverkas i liten skala med start sommaren 2010. Räckvidd per tank uppges till 400 km och förbrukningen motsvarar 0,29 liter diesel per mil. Mer än hundra Daimler F-Cell rullar i dagsläget på olika platser i världen.

Volkswagen visade i november 2008 tre bränslecells-bilar med litet olika komponenter. Mest avancerad och senast i raden är en Tiguan HyMotion, Bilen är utrustad med en 80 kW bränslecellsstack av högttemperaturtyp **HT-PEFC**, egenutvecklad av VW.

Ford förlänger sina tester med de 30 Focus FC som redan rullat sammantaget 865 000 miles utan större behov av underhåll.

Hyundais konceptbil i-Blue Fuel Cell Electric Vehicle visades i Chicago i början av året. Den har utvecklats i Japan och använder Hyundais egna bränslecellsstack om 100 kW.

Bussar har genom CUTE-projekt och annat varit viktiga testplattformar och demonstratorer för vätgas och bränsleceller. Under året har dock inga nya fordonstyper introducerats men bland trenderna återfinns att mindre bussar där bränslecellsstackar från lätta fordon används, ibland i par, får ökad uppmärksamhet. Trenden är också att energieffektivare hybridiserade bränslecellsbussar håller på att utvecklas.

9.3 Framtida utveckling

I flertalet biltillverkares utvecklingsutsikter finns bränslecellsbilar som det hägrande målet. När de på allvar kommer att kunna konkurrera med bilar drivna på annat sätt varierar dock beroende på tillverkare. Siffrorna i EU:s 'introduktionsplaner' är ambitiösa och det kan finnas anledning att misstänka att det snarare är det politiska systemet än realistiska bedömningar som har lett till sådana siffror.

I Tyskland är Vattenfall ordentligt engagerat i aktiviteter med bränslecellsfordon. Företaget har haft ett fordon i första fasen av Clean Energy Partnership och det kommer att ha två i fas två, en F-Cell B-klass från Mercedes-Benz och en BMW. Vidare medverkar Vattenfall i vätgasproduktionen genom byggande och drift av en elektrolysör för vätgasdrivna bussar i Hamburg. Det är också beslutat att bygga en ny tankstation i Hamburg för bussar och personbilar. Vattenfall står för halva finansieringen.

Infrastrukturellt har våra grannländer gjort en del satsningar. Vidare har flera scenarier för introduktion av bränslecellsfordon och vätgas tecknats. Ganska genomgående så dröjer det minst en handfull år tills fordon i större antal kommer ut på vägarna och det indikeras att offentligt engagemang krävs för att påskynda teknikskiftet.

Rapporteringen från USA visar i en del fall att plug-in hybrider prioriteras upp i förhållande till bränslecellsfordon. Detta med hänvisning till genombrott på batteriområdet. Ökade satsningar på elektrifiering och hybridisering av fordon betonas förhållandevis samfällt i hela världen. Samtidigt kan vi konstatera att under 2008 har två långsiktiga och stora satsningar i Europa på vätgas och bränsleceller beslutats, dels JTI:n hydrogen and fuel cells, dels Tysklands nationella innovationsprogram för vätgas och bränsleceller. Båda avser i stor utsträckning traktionära tillämpningar. Sammantaget verkar bilden av vätgasdrivna bränslecellsfordon som mål för teknikutvecklingen stå kvar orubbad.

10 Vätgas som energibärare

10.1 IEA Hydrogen Task 18 Integrated Systems Evaluation

IEA Hydrogen är ett av de första Implementing Agreement inom IEA och har funnits i drygt 30 år. Task 1, 2 och 3 startade redan 1977. Totalt har 26 olika task startats. De Task som pågår för närvarande syns i tabellen nedan.

CURRENT		
Task 18	Integrated Systems Evaluation	2004-2006
Task 19	Hydrogen Safety	2004-2007
Task 21	Biohydrogen	2005-2008
Task 22	Fundamental and Applied Hydrogen Storage Materials Development	2006-2009
Task 23	Small-scale Reformers for On-Site Hydrogen Supply SSR for Hydrogen	2006-2009
Task 24	Wind Energy and Hydrogen Integration	2006-2009
Task 25	High Temperature Production of Hydrogen	2007-2009
Task 26	Advanced Materials for Hydrogen Waterphotolysis	2008
Task 27	Near-Market Routes to Hydrogen by Co-utilisation of Biomass as a Renewable Energy Source with Fossil Fuels	2007
FUTURE		
	Hydrogen Infrastructure and Mass Storage	In definition

Sverige deltar i Task 18, Task 21, Task 22, Task 23 och Task 25. Svensk representant i Exekutivkommittén, ExCo, är Lars Vallander från Energi-myndigheten. De Tasks som tidigare har avslutats framgår av tabellen nedan.

COMPLETED		
Task 1	Thermochemical Production	1977-1988
Task 2	High Temperature Reactors	1977-1979
Task 3	Assessment of Potential Future Markets	1977-1980
Task 4	Electrolytic Production	1979-1988
Task 5	Solid Oxide Water Electrolysis	1979-1983
Task 6	Photocatalytic Water Electrolysis	1979-1988
Task 7	Storage, Conversion and Safety	1983-1992
Task 8	Technical and Economic Assessment of Hydrogen	1986-1990
Task 9	Hydrogen Production	1988-1993
Task 10	Photoproduction of Hydrogen	1995-1998
Task 11	Integrated Systems	1995-1998
Task 12	Metal Hydrides for Hydrogen Storage	1995-2000
Task 13	Design and Optimization	1999-2001
Task 14	Photoelectrolytic Production	1999-2004
Task 15	Photobiological Production	1999-2004
Task 16	Hydrogen from Carbon-Containing Materials	2002-2005
Task 17	Solid and Liquid State Storage	2001-2006
Task 20	Hydrogen From Waterphotolysis	2004-2007

Det finns även en stor verksamhet med gemensamma projekt där olika task kan vara med. IEA Hydrogen har 22 medlemsländer där ibland Sverige. Verksamheten finns noggrant beskriven på hemsidan www.ieahia.org

Av speciellt intresse är de Case Studies som är genomförda. Det är olika demonstrationsprojekt inom vätgasområdet som är beskrivna i detalj och i vissa fall noggrant utvärderade. Rapporterna finns på hemsidan eller direkt på länken <http://www.ieahia.org/page.php?s=d&p=casestudies>

Det finns också flera publicerade tekniska rapporter som beskriver olika delar av vätgasområdet till exempel produktion, lagring och användning. På hemsidan finns även rapporter som beskriver den framtida marknaden, säkerhetsfrågor och miljöaspekter.

10.1.1 IEA Hydrogen Task 18

Task 18 Integrated System Evaluation startade år 2004 och skulle ha avslutats 2006 men det blev förlängt till och med 2009. I samband med förlängningen så utökades Task 18 med ytterligare ett subtask, totalt tre.

Task 18 leds av USA, Susan Schoenung en fristående konsult som finansieras av Department of Energy. Sverige har genom Sydkraft, CarlBro och numera Grontmij deltagit i Task 18 sedan starten 2004. Den svenska verksamheten är helt finansierad av Energimyndigheten via Elforsk.

Syfte med Task 18 är att samla och analysera information om hur vätgas kan introduceras i samhället. Speciellt studeras aktiviteter inom området i de olika medlemsländerna exempelvis road maps och forskningsprogram. Inom IEA Hydrogen har tidigare i Task 13 och nu även i Task 18 olika modeller utvecklats som kan användas för att analysera system med vätgasteknik; dessa modeller har använts i flera fall för att analysera demonstrationsprojekt. En uppgift är också att ta lärdom av slutsatserna från demonstrationsprojekten inför kommande beslut.

I Task 18 finns tre olika Subtask

- Subtask A: Information Base Development, i princip en databas över forskningsprogram, road maps och teknik. Databasen är ganska omfattande och den finns att tillgå på Task 18 hemsida.
- Subtask B: Demonstration Project Evaluation, uppföljning och utvärdering av demonstrationsprojekt i de olika medlemsländerna. Från Sverige har E.ON Sverige och Malmö lokaltrafiks vätgas och Hythaneprojekt studerats.
- Subtask C: Synthesis and Learning, här har de olika projekten analyserats mer i detalj och olika erfarenheter tagits till vara.

Task 18 har en publik webbsida där större delen av alla databaserna finns att tillgå för allmänheten, mer än 600 olika dokument

<http://iea-hia-annex18.sharepointsite.net/Public/layouts/viewlists.aspx>

Flera av delrapporterna presenteras vid internationella vätgaskonferenser i första hand WHEC, World Hydrogen Energy Conference. Bland annat har jämförelser mellan olika tekniker för vätgastankstationer presenterats. Malmö-anläggningen ingick där som ett exempel.

10.1.2 Aktiviteter inom Task 18

Under 2008 hölls två expertmöten. Vårmetet var i Aten, Grekland. Då gjordes även ett studiebesök vid CRES EU-finansierade vätgasanläggning utanför Aten där bland annat system med vätgasproduktion från vindkraft testas.

Höstmötet hölls den 15 – 17 september i Köpenhamn och Malmö. Studiebesök gjordes på Lolland där det har byggts ett mindre vätgasnät som förbinder flera hus som har vätgasdrivna bränsleceller. Malmös vätgasanläggning med elektrolysör, lager och tankstation visades av E.ON Sverige. I samband med besöket presenterade LTH sina försök med vätgasmotorer. Vid tillfället fanns en vätgasdriven Toyota Prius tillgänglig för testkörning.

Under 2009 planeras två expertmöten samt ett antal telefonkonferenser. Vårmetet kommer att hållas i början av maj i Norge där bland annat vätgasstationen i Porsgrunn kommer att besökas.

Höstmötet som är avslutningsmötet i Task 18 kommer att hållas i USA förmodligen i Kalifornien.

10.1.3 EU HY-CO Era-net

EU projektet HY-CO, HYdrogen COordination project, syftet är att samordna forskningsprogram i olika länder och försöka starta gemensamma projekt. Under HY-CO projektets gång lanserades fem olika transnationella projektutlysningar. Sverige som inte har något speciellt vätgasprogram har inte kunnat vara aktiva i denna verksamhet.

Verksamheten inom HY-CO har varit svår att koordinera och projektet avslutades definitivt under 2008. Ett stort skäl till detta var starten av EU FCH JTI, Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative, där all EU finansierad verksamhet inom området skall samlas.

I uppdraget från Energimyndigheten ingick att bevaka avslutningen av HY-CO och dess eventuella fortsättning. HY-CO leddes av FZJ Jülich i Tyskland. Flera länder ville fortsätta verksamheten men Tyskland ville inte längre leda projektet och det fanns ingen annan som var villig att ta över.

10.2 Konferensbevakning av WHEC 2008 17th World Hydrogen Energy Conference

World Hydrogen Energy Conference är den enda världsomspännande konferensen inom vätgasområdet och arrangerades i år för sjuttonde gången. Inriktningen på WHEC har en vetenskaplig prägel, men i takt med att teknologierna närmare sig kommersialisering har även ämnen som policy, riskkapital och demonstrationer lyfts in på agendan. I år gick alltså konferensen av stapeln i Brisbane och drygt 600 personer från 44 länder samlades för att ta del av 180 presentationer och 248 posters samt mingla med kollegor.

Tydligast budskap kom från europeiska kommissionen och Tyskland - tekniken är mogen för att accelerera dess marknadsintroduktion genom privat-offentliga samarbeten och kraftfulla ekonomiska incitament. Genom bildandet av FCH-JTI och tilldelningen av dess budget om ca 1 miljard euro över sju år framstår Europa ha tagit politiska ledarrollen på den internationella arenan. Detta intryck stärks ytterligare då Tyskland pekat ut

vätgas som det lämpligaste fordonsbränslet och sätter tillsammans med tysk industri 1,4 miljarder euro under de närmaste 10 åren. Från fordonsindustrin rapporterades från Daimler att de idag har 100 bränslecellsfordon i trafik. De kommer att leverera ytterligare 100 – 200 stycken fram till 2010 och sedan 1 000 - 2 000 stycken fram till 2013. Daimlers representant avslutande sin presentation med en vädjan: Bygg infrastruktur för våra fordon nu!

Några av de trender som annars kunde skönjas var att debatten om vätgaslagring blossar upp igen då BMW håller fast vid flytande väte, låginblandning av vätgas i metan (hytan) vinner terräng som en bro till ren vätgasanvändning, snabbt ökande aktiviteter inom utbildning av barn och ungdomar inom vätgasområdet. Den stora kommersiella bubblaren just nu är stationära tillämpningar på isolerade platser, exempelvis på öar, i fjällvärlden eller i öknar. Goda nyheter för svenska företag som Morphic och Cellkraft!

Anmärkningsvärt var att relativt lite nämndes om portabla och stationära tillämpningar - områden som bedöms ligga närmre ett kommersiellt genombrott än vätgas som fordonsbränsle. Nästa WHEC arrangeras i Essen, Tyskland, år 2010, och arrangörerna gjorde det mycket tydligt att de inte håller tillbaka några resurser för att göra WHEC 2010 till det största och bästa konferensen någonsin.

10.2.1 Trender

Bland alla presentationer, posters, montrar och i diskussionerna mellan kollegorna i branschen kunde ett antal trender skönjas.

Vätgassamhället

Ingen pratar längre om vätgassamhället. Istället pratar man om vätgasekonomin eller "vätgas i ekonomin". Tyngdpunkten ligger nu mer på hur vätgas rent praktiskt ska introduceras snarare än på varför det är en bra idé över huvud taget. En tolkning är att denna förflyttning av retoriken återspeglar en mer mogen och verklighetsförankrad bransch.

Fordon

Att framtidens personbilar har en elektrisk drivlina betraktas numera som ett faktum. Intressant vid konferensen var att många talare lyfte fram laddhybrider med vätgasdrivna bränsleceller som det koncept som har bäst förutsättningar att lyckas kommersiellt inom överskådlig tid.

Lagring

Debatten om vätgaslagring blossar upp igen då BMW håller fast vid flytande väte emedan alla övriga fordonstillverkare väljer trycksatt.

Intressant att nämna, även om det inte kan sägas vara en trend, var att geologisk lagring av vätgas dök upp ett par gånger till diskussion. Detta framstår som ett mycket intressant alternativ för stora mängder vätgas som förtjänar mer uppmärksamhet. Lagring i metallhydrider och andra fasta material anses dock inte ha gjort några större framsteg, men förhoppningarna kvarstår.

Hytan

Under de år som återstår innan elektriska fordon (batterier och/eller bränsleceller) finns tillgängliga i stor skala och till konkurrenskraftiga priser, kliver metandrivna fordon där vätgas låginblandas i fordonsgasen (s.k.

hytan), fram som en intressant övergångsteknologi. Detta i synnerhet i de länder som redan har investerat i tankstationer och fordon för metan.

11 Bränsleceller i Kina

En rapport har tagits fram som ger en översikt av bränslecellsområdet i Kina med historik, utvecklingen till dags dato, situation och status idag med fokus på industri, tillverkare och leverantörer, andra organisationer, applikationer, utveckling och trender.

Vid en jämförelse med grannländerna Japan och Korea är Kina fortfarande några steg bakom inom bränslecellsområdet. Kina har gjort en del framsteg inom transportområdet. Inom detta område ger den kinesiska regeringen många forsknings- och projektbidrag. År 2008 genomfördes en hel del demonstrationsprojekt med bussar och bilar, några i samband med de olympiska spelen.

Fortfarande är aktiviteterna i huvudsak drivna av olika forskningsorganisationer, men några kommersiella företag har börjat att dyka upp. Utvecklingen är beroende av bidrag från regeringen men investeringar har gjorts från buss-, bil- och motorcykel-/mopedtillverkare.

Företagen och organisationerna som kan mäta sig med omvärlden är huvudsakligen forskningsorganisationer som Tsinghua University, Tongji University och Dalian Institute of Chemical Physics samt några fordonstillverkare såsom Shanghai Volkswagen. Många av de kinesiska organisationerna som CAS (Chinese Academy of Science) har samarbete med företag utomlands för att förbättra sin kunskap och snabba på utvecklingen i Kina inom området.

Inom det portabla och stationära bränslecellområdet och applikationerna där så pågår inte lika mycket aktivitet som inom transportområdet med demonstrationer. Mediebevakningen är också liten. Dock med positionen som Kina har som en stor tillverkare inom batteriområdet för portabla applikationer och utrustningar, har dessa företag och vissa forskningsorganisationer aktiviteter också inom bränslecellsområdet, men detta rapporteras inte i så stor omfattning. Beträffande stationära applikationer och större effekter så finns det inte så många demonstrationer fram till idag. Med tanke på bränsleceller så finns det inga större planer på massintroduktion för stationärt bruk eller CHP. Ett visst arbete bedrivs kring MCFC och SOFC inom effektområdet 5-50 kW.

Ambitionerna inom transportområdet är höga och stöd med finansiering finns från den kinesiska regeringen för att bli av med oljeberoendet och för att vidta åtgärder mot den kraftigt förorenade luften i de större städerna, där antalet bilar ökar dramatiskt.

Med beaktande av dessa fakta kring föroreningar och utmaningarna för att lösa situationen, antalet bilar som ökar varje dag, oljeberoendet, den ekonomiska utvecklingen, den snabba industrialiseringen, ca 1,3 miljarder människor så finns ett stort behov av att lösa energisituationen. Det kan bli så att Kina blir den första nationen i världen där vätgasteknologier hittar sitt första stora kommersiella användande.

11.1 Aktiviteter i Kina inom bränslecellsområdet och framtidsplaner

I Kina finns det fyra huvudregioner som fokuserar på FoU av olika tekniker för bränsleceller

- Beijing: Fuel Cell City Buses
- Shanghai: Fuel Cell Car & Fuel Cell Industry
- Guangdong: Stationary Fuel Cell & Fuel Cell Industry
- Dalian: Fuel Cell R&D & Fuel Cell Industry

Många internationella företag ser en stor marknad i Kina för sina bränsleceller och system. De ser möjligheter att göra investeringar och speciellt kan nämnas

- Hydrogenics: hjälpte till med utvecklingen av den första bränslecellsbilen och uppbyggnaden av det första test laboratoriet för bränsleceller
- Samsung: etablerade ett samarbetslab. med Dalian Inst. of Chem. Phy. inom FC FoU
- DaimlerChrysler: leverantör till UNDP/GEF China Demo Project, 3 FC bussar i Beijing, 2005
- BP: leverantör till UNDP/GEF China Demo Project, "H2Refueling Facility"
- GM: undertecknade ett samarbetsavtal med Shanghai Auto inom bränslecellsfordon
- Volkswagen: undertecknade ett samarbetsavtal med Tongji University inom bränslecellsfordon
- UTC: installerade ett 200kW PAFC system (stationärt) i Guangdong provinsen

Det kan också nämnas att år 2000 byggde Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences en 30 kWe PEFC-stack. Sedan dess har Dalian fortsatt arbeta med FoU inom området och räknas idag som det ledande institutet i Kina.

I Shanghai lanseras ett program för att demonstrera 100 bränslecellsfordon till World Expo år 2010 och nästa steg är att ha 1000 st bränslecellsfordon på vägarna inom ytterligare två år. I Shanghai har infrastrukturen för vätgas börjat byggas ut in för World Expo. De finns fyra industrier i Shanghai området som kommer att förse tankstationerna med vätgas.

Det finns bara enstaka demonstrationsprojekt idag inom det stationära området. Kol är det dominerande bränslet för elproduktion men vind- och solenergi håller på att introduceras. Det finns inga officiella planer på att massintroducera bränsleceller. Det planeras en del projekt för MCFC- och SOFC-system för mindre nät och som back-up.

12 Underlag för satsning på marknadsnära FOU för bränsleceller

Sverige har historiskt av flera skäl främst satsat på bränslecells forskning vid de tekniska högskolorna. De svenska satsningarna har även lockat en ganska begränsad skara industriella intressenter. Bränsleceller har också vid flera tillfällen demonstrerats som kraftvärmeanläggningar ute på fältet.

För Elforsks engagemang i denna typ av verksamhet så är det primära att identifiera och värdera möjligheter med nya tekniker och att bidra med finansiering till utveckling av nya produktionsslag som är av intresse för kraftindustrin (i första hand stationära anläggningar samt intressanta nisch tillämpningar). Ett viktigt delmål för Elforsk är också att stödja högskoleforskning för att bidra till kompetensutvecklingen. Elforsk är i många fall engagerade i långsiktiga program inom exempelvis materialforskningen där man samverkar med en rad industriföretag och högskolor.

Delprojektet avsåg att:

- Skapa ett underlag lämpat för beslutsberedning kring en ökad satsning på mer marknadsnära bränslecellsaktiviteter i framtiden
- Samla önskemål från svenska aktörer
- Bredda intressentbasen

I första hand har stationära applikationer behandlats, men även traktionära har berörts.

12.1 Enkät och workshop

En enkät skickades ut till 86 aktiva/intresserade inom bränslecellsområdet i Sverige, varav 76 affärsdrivande organisationer och 10 forskare.

Resultaten från enkäten presenterades på en workshop i Stockholm fredagen den 12 december 2008. Workshopen samlade 43 deltagare med god spridning mellan gamla och nya aktörer, forskare och industri.

Bland resultaten kan nämnas

- Internationell bevakning har högts prioritet
- Nätverksträffar i olika former är mycket viktigt. Det kan vara i form av workshops, nätverksträffar eller seminarier.
- Andra möjliga arbetsformer kan vara Nyhetsforum. En nyhetsbevakning kopplad till en snabb, men insiktsfull analys som riktar sig mot hela bränslecellsområdet. Som komplement till nyhetsbrev kan informationen läggas upp på en nyhetssida där läsarna även kan ge sina kommentarer. Detta kan kombineras med ett diskussionsforum och förslagsvis en faktasamling, i stil med Wikipedia.
- Tidningsartiklar är viktiga för områdets acceptans bland potentiella nya aktörer, politiker och allmänheten.

En önskvärd utveckling inför framtiden kan vara att skapa ett större samlat program, ett nationellt centrum för bränsleceller i Sverige. Ett nationellt centrum avses till stor del bygga på konstellationen från Elforsks stationära program för bränsleceller och Mistra-programmet. Det antas locka industrier som attraheras av långsiktiga åtaganden och djup forskning. Spridningen till andra aktörer förväntas främst ske genom dessa industriers behov av samarbeten med underleverantörer och eventuella aktörer senare i supply chain.

Ett centrums uppgifter kan till exempel vara att driva och/eller samordna demonstrationsprojekt och teknikbevakning.

13 Sammanfattande slutsatser och framtiden

13.1 Överblick

Det finns ett starkt växande internationellt behov av att kunna producera el med lokalt producerade bränslen med en hög verkningsgrad och minimal miljöpåverkan. Bränsleceller bedöms ha en potential för att kunna användas för sådana tillämpningar. I dagsläget är dock tekniken inte kommersiellt tillgänglig. Det krävs stora forsknings- och utvecklingsinsatser med offentlig finansiering för att detta skall kunna bli möjligt. Eftersom de kommersiella drivkrafterna i det korta perspektivet är svaga måste regeringar och andra publika organisationer ta initiativ med att starta och finansiera forskningsprogram för bränsleceller. Detta görs nu i en accelererande takt i till exempel Nordamerika, Japan, Tyskland och även inom EU och våra nordiska grannländer.

Det kraftigt ökande globala intresset för bränslecellsteknik har ingen motsvarighet idag i Sverige. Under år 2007 investerades det i storleksordningen minst 2000 MUSD (ca 15 Mdr SEK) i FoU och demonstrationsanläggningar av bränslecellsteknik, av publika och privata medel. Många länder även våra nordiska grannländer har speciella program som är samfinansierade av staten och näringslivet för att utveckla bränslecellsteknik. En stor del av investeringarna i FoU inom bränslecellsområdet är fortfarande kraftigt subventionerad men i flera länder och inom EU med det nya JTI-initiativet så kommer även stora mängder privat kapital in i bränslecellsindustrin.

De uppenbara trenderna inom bränslecellsområdet är för stationära bränsleceller att förnybara bränslen speciellt biobränsle blir allt viktigare vid en kommersiell introduktion av stationära bränsleceller. Det finns MCFC i kommersiell storlek som använder biogas som bränsle i Tyskland, USA och Japan. Naturgasen är inte längre första valet eftersom drivkrafterna i de stora länderna USA, Japan och Tyskland kräver inhemskt producerade bränslen och då räcker naturgasen inte till. Miljöfaktorerna och utsläpp av växthusgaser är också en mycket stor drivkraft och då är bränslecellen på grund av sin höga verkningsgrad också för mindre anläggningar en mycket intressant teknik.

För framdrivning av fordon återstår en del tills bränslecellstekniken är kommersiellt mogen - livslängd och kostnader är två av nyckelfrågorna, och det dröjer nog flera år tills fordonen blir kommersiellt tillgängliga i stor skala. Bortåt 500 demonstrationsfordon är emellertid i drift runtom i världen. I princip alla bränslecellsfordon använder ombordlagrad vätgas som bränsle, vilket kräver en utbyggd infrastruktur för vätgas. Bränsleceller för produktion av el som hjälpkraft (APU, auxiliary power unit) kan ligga närmare ett marknadsgenombrott. Det är av särskilt intresse för tillverkare av tunga fordon. Den allmänt stora satsningen på eldrift i olika former gynnar i huvudsak utvecklingen av bränslecellsfordon då merparten av komponenterna är gemensamma. I ett långsiktigt perspektiv kan bränsleceller ersätta förbränningsmotorn i laddhybridbilar.

Den teknik som ligger runt hörnet och som med stor sannolikhet kommer att synas mer och mer som kommersiella produkter är små portabla bränsleceller. De kan snabbt bli kommersiella eftersom de konkurrerar med batterier som är klart underlägsna bränslecellerna i avseende på kapacitet och prestanda.

På det stationära området är bilden fortfarande ganska spridd främst beroende på olika behov i olika länder. I USA börjar SECA-programmet mer och mer att fokusera på stora multi-MW SOFC som komponenter i kolkraftverk. Det skissas till och med på bränsleceller i 100 MW-klass. I Europa främst i Tyskland och i Japan är det överraskande stort fokus på små kraftvärmeanläggningar för småhus och mindre byggnader. Det byggs fabriker idag för att tillverka stora volymer av denna typ av bränslecellsanläggningar. Bränsleceller i storleksordningen från ca 100 kW och upp till MW-klass främst avsedda för biobränsle, kan vara de mest intressanta. De konkurrerande gasmotorerna som används vid rötningsanläggningar har betydligt sämre prestanda och inte samma goda miljöegenskaper (NO_x, Buller mm). Det återstår dock fortfarande flera frågor som fortfarande måste lösas innan stationära bränsleceller kan bli fullt konkurrenskraftiga det gäller främst tillverkningskostnaderna och livstiden för bränslecellerna.

13.2 Teknikbevakningsprojektet 2008

För att försöka hålla intressenterna uppdaterade med vad som sker inom bränslecellsområdet har ett teknikbevakningsprojekt genomförts under 2008.

Målen med projektet har varit att

- ge Energimyndigheten underlag till framtida aktiviteter på området
- sprida information bland Elforsks intressenter, högskolor och näringslivsintressenter om den senaste utvecklingen inom bränslecellsområdet med tyngdpunkt på bränsleflexibilitet, tillförlitlighet samt systemaspekter
- visa var dvs. i vilka applikationer som bränsleceller passar in i det svenska energisystemet.

I huvudsak har utvecklingen följts med utgångspunkt från IEA Implementing Agreement on Advanced Fuel Cells men också genom bevakning av intressanta konferenser och aktiviteter inom området. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och genom medverkande företags egna insatser.

Teknikbevakningsprojektet genomfördes i huvudsak genom att i flera fall aktivt delta i pågående aktiviteter inom de olika Annexen under IEA Advanced Fuel Cells 2004-2008. Dessutom har den stora årliga internationella konferensen Fuel Cell Seminar, EU-aktiviteter inom området och bränslecellsutvecklingen i Kina följts och bevakats.

Teknikbevakningsprojektet har bekräftat att det finns ett stort ökande internationellt intresse av att använda stationära bränsleceller med olika typer av biobränslen som bränslen. Det är en teknik där Sverige med ett stort kunnande och lång erfarenhet i ett internationellt perspektiv har mycket att erbjuda i till exempel EU-projekt och verksamheten inom IEA Advanced Fuel Cells. Forskare på KTH och LTH har stor kunskap som fortfarande är

internationellt intressant inom speciellt MCFC och SOFC som är viktig för användning av förnybara bränslen för bränsleceller

Det är viktigt att medverka i internationella verksamheter för att få information direkt från ledande aktörer finansiärer, tillverkare, forskare och användare av bränsleceller. På så sätt kan vi bättre bedöma teknikens status och användbarhet i Sverige. Sverige är aktiva inom IEA AFC men Sverige har numera en låg profil i EU:s verksamhet inom bränslecellsområdet. EON Sverige och Volvo är fortfarande de enda svenska företagen som har anmält sitt intresse i JTI, Joint Technology Initiative, som förmodligen kommer att styra EU:s verksamhet inom bränslecellsområdet.

Det finns fortfarande stora möjligheter för svensk industri att agera på den globala bränslecellsmarknaden som tillverkare och leverantör av bränsleceller, system, material komponenter mm. Teknikbevakningsprojektet kan då vara till stor hjälp för dem som behöver tillgång till lättillgänglig och väl uppdaterad information om olika delar av bränslecellsområdet. Projektet är också mycket viktigt för dem som är aktiva eftersom det utgör en oumbärlig möjlighet till att upprätthålla nätverk och få tillgång till tidig information inom området. Teknikbevakningsprojektet är trots allt bara ett litet instrument jämfört med ett strategiskt program på nationell nivå som har tagits fram i många länder.

Det finns ännu inte några riktigt starka företag i Sverige som har ambitionen att bli stora aktörer på en internationell marknad. Det finns dock flera företag som har utvecklat en bra teknik och som kan komma att expandera i framtiden till exempel Volvo Powercell, Cellkraft, Opcon, Morphic, myFC och några till.

Det löpande Teknikbevakningsprojektet som finansieras av Energi-myndigheten är en kraftig reduktion av en tidigare verksamhet och är ett bra instrument för en kortare övervintring. Det är nödvändigt att vi i Sverige kan vara med och bevaka och i viss mån tillgodogöra oss vad som sker på forskningsfronten. Det är viktigt att den uppbyggda kunskapen på våra högskolor och universitet kan bevaras. Bränsleceller förekommer flitigt i media och speciellt i tekniska tidskrifter på populär nivå vilket gör att studenter på tekniska högskolor starkt efterfrågar kunskap om bränsleceller. Det är också viktigt att kunna förmedla väl avvägd information till samhället och allmänheten.

13.3 Förslag till fortsatt verksamhet

Ett nytt teknikbevakningsprojekt år 2009 får ses som ett övervintringsprojekt till dess att tiden är mogen för att också i Sverige starta ett samarbetsinitiativ mellan finansierande myndigheter, forskare, industrin och övriga aktörer. Det är då viktigt att enas om ett program som är lämpligt för Sverige och svenska förhållanden. Målen för ett sådant program bör i första hand anpassas efter bränslecellsteknikens möjliga fördelar i Sverige och för svensk exportindustri.

Det kan vara

- miljömålen, minskning av utsläpp av växthusgaser, minimala emissioner
- energieffektivisering
- att med hög verkningsgrad utnyttja lokalt producerade förnybara bränslen
- stödja svensk exportindustri med att utveckla produkter för en stor global exportmarknad

Det skulle vara av stor nytta för olika aktörers målinriktade insatser att en strategi för verksamheten inom bränslecellsområdet utarbetas i samarbete mellan finansiärer såsom Energimyndigheten och Elforsk och olika aktörer i Sverige. Det kan göras på liknande sätt som i Danmark eller något annat land. Det innebär även att en långsiktig satsning på forskning på högskolenivå liknande den som fanns till och med 2005 återupptas. Många av de forskare som tog examen inom programmet är aktiva inom bränslecellsområdet och arbetar i svensk eller utländsk industri med bränslecellsteknik. En strategi bör uppmuntra till att industrin och andra aktörer investerar i demonstrationsanläggningar i samarbete med statliga finansiärer. Det kan vara viktigt för Sverige att svenska myndigheter försöker väcka intresset för bränsleceller hos lämpliga delar av näringslivet i Sverige genom att uppmuntra till ett strategiskt samarbete involverande industri, högskolor och staten.

För närvarande pågår diskussioner mellan aktörerna bakom Mistra-programmet bränsleceller i vägfordon och det stationära programmet med målet ett gemensamt Nationellt centrum för bränsleceller med start 2010.

14 Referenser

Samtliga delrapporter enligt nedan finns publicerade och nedladdningsbara på teknikbevakningsprogrammets webbsida med adressen <http://www.branslecell.se>

1. EU program bränsleceller, 09:15, Bengt Ridell, Grontmij AB.
2. Fuel Cell Seminar 2008, 09:18, Bengt Ridell, Grontmij AB, Lars Hedström, Maria Saxe och Göran Lindbergh, KTH.
3. Teknikbevakning av stationära smältkarbonatbränsleceller (MCFC) 2008, Carina Lagergren, Göran Lindbergh, KTH.
4. Teknikbevakning av polymera bränsleceller (PEMFC) 2008, Göran Lindbergh, Rakel Wreland Lindström, KTH.
5. Teknikbevakning av stationära fastoxidbränsleceller (SOFC) 2008, 09:35, Mohsen Assadi, LTH
6. Teknikbevakning av portabla tillämpningar för bränslecellstekniken 2008, 09:39, Eva Fontes, Sagentia Catella, Anders Lundblad, Emelie Wennstam, myFC
7. Teknikbevakning av traktionära bränsleceller 2008, 09:10, Hans Pohl.
8. Fuel Cells in China 2008, 09:16, Aiken-Xuan Liu, Markku Rissanen, ABB Corporate Research.
9. 17th World Hydrogen Energy Conference WHEC 2008, 09:17, Sven Wolf, Vätgas Sverige
10. Underlag för satsning på mer marknadsnära bränslecells-FOU, 09:36, Lars Avellán, Swerea IVF (ej nedladdningsbar)

Sammanställning pågående projekt inom Bränslecellsområdet (med stöd i kronor från Energimyndigheten)

(Uppdaterad 2009-01-15)

Projekt-nr (Energimyndigheten)	Projekttitel	Genomförande organisation	Proj.ledare /Doktorand	Budgeterat stöd från Energimyndigheten 2006	Budgeterat stöd från Energimyndigheten 2007	Budgeterat stöd från Energimyndigheten 2008	Budgeterat stöd från Energimyndigheten 2009	Budgeterat stöd från Energimyndigheten 2010	Budgeterat stöd från Energimyndigheten Totalt	Energimyndighetens stödandel i projektet %
Teknikbevakning Stationära bränsleceller										
30576-2	Teknikbevakning Stationära bränslecellområdet under 2007	Elforsk	Lars Wrangsten			2 025 000			2 025 000	63%
Teknikupphandling										
20305-1	Teknikupphandling och utvärdering av bränsleceller för småskalig el- och värmegenerering	Stockholm Stad	Bengt Ridell, Grontmij AB	1 000 000	970 000	175 000	555 000		3 700 000	23%
Programmet Energisystem i Vägfordon (EIV)										
21711-2	Katalytisk dieselreformeringsprocess för APU-system i tunga lastbilar	KTH	Marita Nilsson		1 512 000	290 000	318 000		2 120 000	100%
21737-2	Selektiva membran för effektiv vätgasproduktion genom ångreforming	Luleå Tekniska Universitet	Jonas Lindmark		1 165 000	275 000	250 000		1 690 000	100%
30726-1	Nästa generations värmeintegrerade bränslereformer för fordonstillämpningar	KTH	Lars J. Pettersson			1 200 000	1 200 000	1 200 000	3 600 000	100%
30768-1	Elektrokemisk undersökning av anoder och membran i högttemperatur-PEMFC	KTH	Göran Lindbergh			1 000 000	1 000 000	997 000	2 997 000	100%
30761-1	Membran och anoder för högttemperatur-PEMFC	LTH	Patric Jannasch				592 000	811 000	1 403 000	100%

Miljöinriktad Fordonsforskning inom Programrådet för fordonforskning (PFF)										
31120-1	Utveckling av kosteffektiva FC-stackar anpassade för massproduktion	PowerCell Övriga medverkande: Permascand	Andreas Bodén			3 600 000			3 600 000	36%
31123-1	Optimerad design och analys av bipolära flödesplattor för bränsleceller och jämförelse av tillverkningsteknologier för masstillverkning	Svensk Verktygsteknik. Övriga medverkande: Cell Impact, Saab, Permascand, Sandvik, Outokumpu	Roger Andersson			500 000	500 000		1 000 000	26%
Enskilda projekt										
21953-2	Nya material för bränsleceller (jonledare för SOFC)	Uppsala Universitet	Börje Johansson	1 042 500	1 650 000	1 650 000			4 842 500	64%
Enskilda projekt bedömda i samverkan med Vetenskapsrådet										
30945-1	Innovativa högttemperatur- och blandade protonledare för bränsleceller och H ₂ -separationsmembran	Chalmers Tekniska Högskola AB	Sten Eriksson			783 000	803 250	851 850	2 438 100	100%
30446-1	Protonledande jonvätskor för bränsleceller	Chalmers Tekniska Högskola AB	Per Jacobsson		700 000	700 000	700 000		2 100 000	100%
30976-1	Syntes och livslängd av cellkomponenter i polymerelektrolytbränsleceller (Nanoduramea)	KTH	Göran Lindbergh			827 700	827 700	827 700	2 483 100	100%
Affärsutvecklingsprojekt										
30616-1	Start av bränslecell	Cellkraft AB	Anders Ocklind		750 000	750 000			1 500 000	40%
30263-1	Projektsamarbeten kring konkurrenskraftiga bränsleceller	Gett Fuel Cells International AB	Richard Ljungberg		2 000 000 (Lån)				2 000 000	37%

Summa:

37 498 700