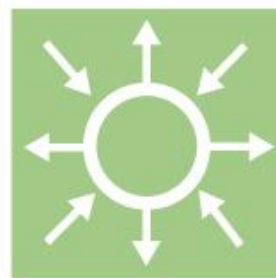


Teknikbevakning av portabla tillämpningar för bränslecellstekniken 2008

Elforsk rapport 09:39



Eva Fontes, Anders Lundblad, Emelie Wennstam,

Mars 2009

Teknikbevakning av portabla tillämpningar för bränslecellstekniken för 2008

Elforsk rapport 09:39

Förord

Denna rapport är framtagen inom projektet Teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2008 (Elforsk projektnummer 2539). Rapportens huvudsakliga slutsatser presenteras i en slutrapport för hela teknikbevakningsprojektet (Elforsk rapport 09:09).

Projektet har till största delen finansierats av Energimyndigheten. EON Sverige, ABB Corporate Research och Vätgas Sverige har bidragit med egeninsatser.

Stockholm mars 2009

Bertil Wahlund

Programområde EI- och värmeproduktion

Sammanfattning

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 batterier, i räddningsutrustning och inom sjukvården, som extra kraft i t ex båt och husbil, i mindre elektriska fordon såsom rullstolar och mopeder, i små fjällstationer eller annan fjärrkraft och i mindre obemannade farkoster. För den här typen av ersättningsprodukter är kostnadsaspekten viktig, t ex för material och ingående systemkomponenter.

I den här teknikbevakningsrapporten har totalt 31 stycken renodlade mikrobränslecells företag analyserats. Därtill har 14 stycken större elektronikföretag verksamma inom bränslecellsutveckling studerats.

De tre främsta teknologierna för portabla bränslecellsystem är polymerelektrolytbränsleceller (PEMFC), direktmetanolbränsleceller (DMFC) och fastoxidbränsleceller (SOFC).

De mikrobränsleceller som har sålts och funnits tillgängliga på marknaden fram till idag har varit av PEMFC- 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 effektoppar. 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.

Summary

The definition of portable fuel cells, or micro fuel cells as they are often called, is usually that its nominal power is below 250 W. There are, however, several widely separated applications and technical challenges in the span up to 250 W.

Portable fuel cells from 1-10 W have potential applications in hand held electronics, wireless sensors, wireless networks and less power demanding equipment for outdoor life such as bicycle lamps, head lamps etc. The technical challenges involved here are mainly about cost, miniaturizing, dealing with heat rejection/cooling, stability/life and the fuel cell infrastructure – how shall the user “fill” his/her fuel cell?

Medium-sized, portable fuel cells between 10-50 W have potential applications in portable military equipment, larger portable electronics such as DVD players, camcorders and laptops (both for direct power and for charging of integrated batteries), to operate rescue equipment and as reserve power, and to replace some stationary power (APU). Also in this area challenges lie in cost, miniaturizing and heat rejection.

Larger portable fuel cells of 50-250 W can for example be used in military equipment for charging of batteries, in rescue equipment and medical treatments, in boats and mobile homes, in small electric vehicles (manned or unmanned) and for remote power. In this type of replacement products the cost aspect is important, e g for material and system components.

In this technique survey report we have analysed in total 31 pure micro fuel cell companies. In addition, we have also studied 14 larger electronic companies active in the fuel cell development.

The three main technologies for portable fuel cell systems are Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC), Direct Methanol Fuel Cells (DMFC) and Solid Oxide Fuel Cells (SOFC),

Micro fuel cells that have been sold and have been available on the market up till today have been of the PEMFC and DMFC type and have mainly been used, to a limited extent, in niche applications such as toys, military applications, education and emergency/reserve power. Those applications are important for small companies to motivate and finance ventures at an early stage, but it is the potential market in portable electronics that explains why several large electronics companies for a long time have put large resources in the development of micro fuel cells.

Among the larger consumer electronics companies the dominant technology choice is fuel cells of the DMFC type. The market for fuel cells in portable electronics is to start with as external chargers. There are several such products on the market today. It is not until the next phase, when miniaturizing and power density have been further improved, that the micro fuel cells will supply the portable electronic products directly, and then often in hybrid systems with a battery as back up to better cope with start up and power peaks. There will be several years before the micro fuel cells are ready to be introduced on a wide front as the primary power source for computers and mobile phones.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Vad är en bränslecell?.....	1
1.2	Bränslen	1
1.3	Effekt- och tillämpningsområden för portabla bränsleceller	2
2	Aktivitet och trender på dagens marknad	4
2.1	Marknadssegment och val av teknologi	4
2.1.1	Konsumentelektronik	6
2.1.2	Militär verksamhet	8
2.1.3	Industri	10
2.1.4	Utbildning	10
2.2	Geografisk fördelning.....	10
3	Potentiell framtida världsmarknad för dagens teknologi	12
3.1	Bakgrund	12
3.2	Portabel elektronik - marknadsöversikt	12
3.3	Potentiell marknad för portabel elektronik	13
3.4	Sladdlösa laddare – marknadens drivkrafter och tillgängliga produkter ..	15
4	Direktmetanolbränslecellen	16
5	Standardisering och lagstiftning	18
1	Appendix – företag och produkter	19
1.1	Renodlade mikrobränslecellsföretag.....	19
1.1.1	Adaptive Materials Inc. Teknik: SOFC	19
1.1.2	Angstrom Power Inc. Teknik: PEMFC	19
1.1.3	Antig Technology Teknik: DMFC.....	19
1.1.4	Cellkraft Teknik: PEMFC.....	19
1.1.5	CMR Fuel Cell Teknik: DMFC.....	19
1.1.6	CyVolt Teknik: AEM.....	20
1.1.7	EnerFuel Teknik: högttempererad PEMFC.....	20
1.1.8	H2-Economy Teknik: PEMFC.....	20
1.1.9	Heliocentris Teknik: PEMFC	20
1.1.10	Horizon Fuel Cell Technologies Teknik: PEMFC.....	20
1.1.11	h-tec Teknik: PEMFC	21
1.1.12	Hydrocell Oy Teknik: AFC	21
1.1.13	IdaTech Teknik: PEMFC	21
1.1.14	INI Power Systems Teknik: DMFC	22
1.1.15	Intelligent Energy Teknik: PEMFC	22
1.1.16	Jadoo Power Systems Teknik: PEMFC	22
1.1.17	Kurita Water Industries Teknik: DMFC (CMFC).....	22
1.1.18	Lilliputian Systems Teknik: SOFC.....	22
1.1.19	Medis Technologies Teknik: DLFC	23
1.1.20	MTI MicroFuelCells Teknik: DMFC.....	23
1.1.21	myFC Teknik: PEMFC	23
1.1.22	NanoDynamics Teknik: SOFC	23
1.1.23	Neah Power Systems Teknik: DMFC	23
1.1.24	Paxi Tech Teknik: PEMFC	24
1.1.25	Power Air Corporation Teknik: ZAFC.....	24
1.1.26	Protonex Teknik: SOFC, PEMFC	24
1.1.27	SFC Smart Fuel Cell Teknik: DMFC.....	24

1.1.28	SRE Teknik: PEMFC.....	24
1.1.29	Tekion Teknik: FAFC	24
1.1.30	UltraCell Corporation Teknik: högtemp. PEMFC (RMFC)	25
1.1.31	Voller Energy Group Teknik: PEMFC	25
1.1.32	*Millennium Cell och Gecko Energy Technologies*	25
1.2	Stora elektronikföretag med bränslecellsutveckling	25
1.2.1	Casio Teknik: PEMFC.....	25
1.2.2	Hitachi Teknik: DMFC	25
1.2.3	KDDI Teknik: DMFC	26
1.2.4	LG Chem Teknik: DMFC.....	26
1.2.5	Motorola Teknik: DMFC	26
1.2.6	Matsushita Electric Industrial Teknik: DMFC	26
1.2.7	NEC Teknik: DMFC	26
1.2.8	NTT DoCoMo Teknik: DMFC, PEMFC	26
1.2.9	Samsung Teknik: DMFC, PEMFC	26
1.2.10	Seiko Teknik: PEMFC.....	26
1.2.11	Sharp Teknik: DMFC	27
1.2.12	Sony Teknik: DMFC.....	27
1.2.13	STMicroelectronics Teknik: PEMFC	27
1.2.14	Toshiba Teknik: DMFC.....	27
1.3	Bränsleföretag (några exempel).....	27
1.3.1	Alvatec.....	27
1.3.2	Bio Coke Lab Co Ltd.	27
1.3.3	DMFCC	28
1.3.4	Hydrodevice Co Ltd.	28
1.3.5	JSW	28
1.3.6	BIC corporation	28

1 Inledning

1.1 Vad är en bränslecell?

Ett bränslecellssystem består av en bränslecell och en bränsletank. Energimängden hos bränslecellssystemet bestäms av tankens storlek och typen av bränsle medan storleken och typen av bränslecell, samt bränsleflödet, avgör vilken elektrisk effekt systemet kan leverera.

Det finns ett flertal olika typer av bränsleceller. Skillnaderna ligger främst i vilken typ av elektrolyt som används i bränslecellen. De tre främsta huvudteknologierna för portabla bränslecellssystem är polymerelektrolytbränsleceller (PEMFC), direktmetanolbränsleceller (DMFC) och fastoxidbränsleceller (SOFC).

PEMFC drivs med ren vätgas och har en vätejonledande polymer som elektrolyt. Jonledningsförmågan är beroende av att polymeren fuktas med vatten, som produceras i cellen. Jonledningsförmågan är hög redan vid relativt låga temperaturer, vilket medger arbetstemperaturer på 20-80 °C för cellen. PEMFC finns även som så kallade högtemperatur PEMFC med driftstemperaturer på 120 – 180 °C vilket medför mindre känslighet mot föroreningar i bränslet och enklare reglering av bland annat fuktighet och temperatur. DMFC har också ett polymert membran som leder vätejoner men kan matas direkt med en metanol/vattenblandning. SOFC använder O_2^- -joner som laddningsbärare i en fast keramisk elektrolyt. Arbetstemperaturen är mycket hög, över 600°C.

Separata teknikbevakningsrapporter finns tillgängliga för PEMFC och SOFC. DMFC-tekniken beskrivs närmare i kapitel 4 i denna rapport.

1.2 Bränslen

Det är bränslets höga energidensitet som kan göra bränslecellssystem konkurrenskraftiga mot batterier. För portabla tillämpningar finns ett flertal olika bränslealternativ.

Metanol som är vätskeformigt i rumstemperatur sågs länge som det mest troliga framtida bränslet för små bränslecellssystem, men har under senare år fått konkurrens av andra alternativ. Till fördelarna hos metanol hör den höga energidensiteten. Bland nackdelar kan nämnas bränslets giftighet och brandfarlighet.

Önskar man i stället driva cellen med ren vätgas finns det några olika alternativ. Ett bygger på att det är möjligt att lagra vätgas inuti vissa metaller. Under tryck kan man få väteatomer att vandra in och placera sig i utrymmet mellan de större metallatomerna varvid en så kallad metallhydrid skapas. Metallhydriden kan sedan laddas ur genom att sänka trycket. En liten metallhydridkapsel blir alltså närmast att likna vid en liten trycksatt gasbehållare. I- och urladdning kan ske många gånger. Väteatomer i en metallhydrid kan lagras tätare än i ren gas- eller vätskeform. Detta ger relativt högt energiinnehåll räknat på bränslebehållarens volym, men vikten

hos metallen resulterar i lägre energiinnehåll räknat på bränslebehållarens vikt.

I stället för att lagra vätgas i ren form kan man i stället generera vätgas efter effektbehov. Alkalimetaller är t ex kända för att i ren form reagera våldsamt med vatten och bilda vätgas. Genom att legera t ex litium med en mindre aktiv metall som aluminium kan man få en förening som lämpar sig för att producera vätgas i en mikroreaktor. Man styr då antingen tillförseln av metall eller vatten för att svara mot bränslecellens behov av vätgas.

Ett annat bränslealternativ är natriumborhydrid, NaBH_4 , som kan användas antingen direkt i en alkalisk bränslecell, DBFC, eller för att generera vätgas genom katalytisk sönderdelning i en liten reaktor. Vätgasen används då sedan vanligen i en PEMFC. NaBH_4 i ren form är en fast förening, oftast i form av ett vitt pulver. Som bränsle för bränslecellssystem används föreningen oftast i lösning.

Man kan även generera vätgas från metanol i en s k reformer. Det kan dock vara svårt att få den genererade gasen helt ren från kolmonoxid som förgiftar katalysatorn och sänker bränslecellprestandan om den genererade vätgasen matas in i en PEMFC. Högtemperatur-PEMFC är mindre känsliga för föroreningar och har därför bättre förutsättningar att matas med vätgas från reformer.

1.3 Effekt- och tillämpningsområden för portabla bränsleceller

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. Därför kan man dela in effektområdet i små ($>1\text{--}10\text{ W}$), medelstora ($10\text{--}50\text{ W}$), och större ($50\text{--}250\text{ W}$) portabla bränsleceller.

Portabla bränsleceller från $1\text{--}10\text{ W}$ 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 hur värmeavvisning/kylning skall ske. I den lilla elektroniken finns inget utrymme för aktiva kylanordningar (fläktar). Fokus ligger på att göra cellen så liten som möjligt för att lättare kunna integrera produkten i önskad teknik. Andra problem som ännu inte är lösta är stabilitet/livslängd samt bränsleinfrastrukturen – hur konsumenten skall "tanka" sin bränslecell.

Medelstora, portabla bränsleceller mellan $10\text{--}50\text{ W}$ 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. I dagsläget fokuserar FoU-arbetet på miniatyrisering av systemkomponenter med bättre integrationsmöjligheter, samtidigt som man vill öka effektiviteten.

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, som extra kraft i t ex båt och husbil, i mindre elektriska fordon såsom rullstolar och mopeder, i små fjällstationer eller annan fjärrkraft och i mindre obemannade farkoster. För den här typen av ersättningsprodukter är kostnadsaspekten viktig, t ex för material och ingående systemkomponenter. FoU-arbetet inriktas bland annat på att förbättra MEA (membrane-electrode assembly) samt att tillverka effektivare katalysatorskikt för att spara in på dyra material så som platina, både vid katoden och vid anoden.

2 Aktivitet och trender på dagens marknad

2.1 Marknadssegment och val av teknologi

I det här avsnittet analyseras bolag som är verksamma inom bränslecellsutveckling av produkter med effekter upp till 250 W. En närmare beskrivning över de företag som analyserats återfinns i Appendix 1. Totalt har 31 stycken renodlade mikrobränslecells företag analyserats. 14 stycken större elektronikföretag verksamma inom bränslecellsutveckling har fått en kortare beskrivning. Trots att det finns flertalet aktiva mikrobränslecells företag är det endast ett fåtal som har produkter till försäljning (t ex Horizon Fuel Cell Technologies, Smart Fuel Cells och Medis Technologies). Jämfört med batterier är bränslecellsmarknaden fortfarande mycket liten.

På grund av den finansiella kris och lågkonjunktur som just nu råder är det hög risk att flera av de analyserade företagen på listan försvinner inom kort. Det bör dock tilläggas att det finns ett ökat intresse för tekniker som är miljövänliga och förnyelsebara (cleantech), något som flera mikrobränslecellskoncept får draghjälp av.

Liksom i andra bränslecellstillämpningar finns det för portabla bränsleceller en lång historia av utfästelser från renodlade mikrobränslecells företag och stora elektronikföretag om årtal för planerade markandsintroduktioner som gång efter annan inte har infriats. Det ska man ha i beaktande när man analyserar företagens planerade lanseringar i Appendix 1.

De renodlade bränslecells företagen 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

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

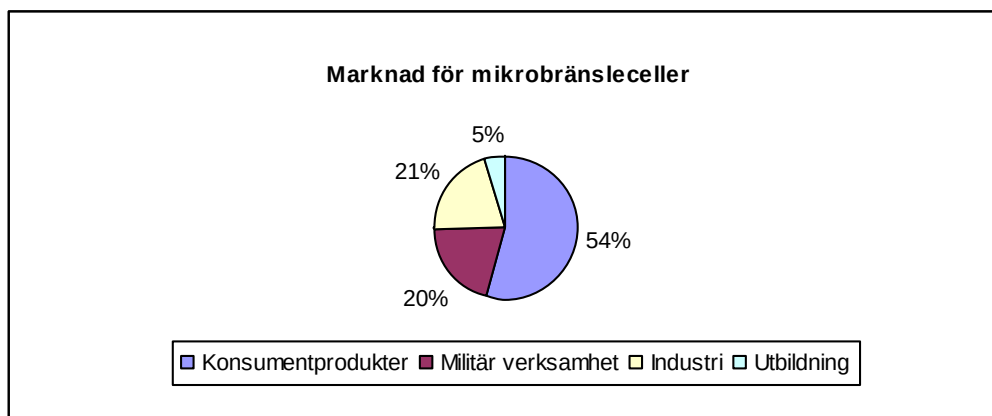
Tabell 1 Renodlade mikrobränslecells företag

FÖRETAG	KONSUMENTELEKTRONIK <i>-Portabel eller Fritid</i>	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	

Marknadsfördelningen för de renodlade mikrobränslecells företagen 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 mikrobränslecells företagen.

Samtliga av de 14 analyserade elektronikföretagen tillverkar mikrobränsleceller för portabel elektronik. Medan de andra bolagen enbart riktar in sig på konsumentelektronik producerar Motorola även sina produkter för militära tillämpningar och för civilförsvar.

Den totala marknadsfördelningen för samtliga bolag som arbetar med bränsleceller visas i figur 1. Marknaden domineras av konsumentprodukter med inriktning mot portabel elektronik.



Figur 1 Marknad för mikrobränsleceller. Här ingår alla analyserade företag som har bränslecellsutveckling.

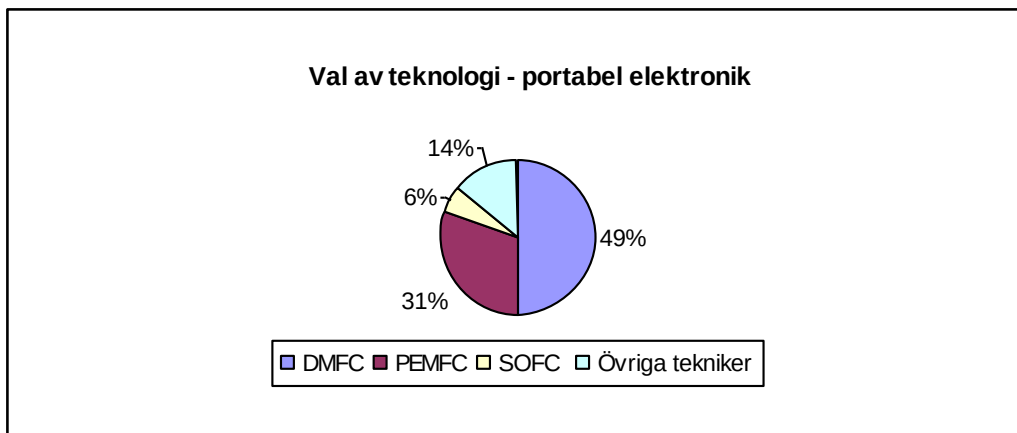
Totalt sett utgör konsumentprodukter hela 54% av den totala marknaden, varav 34% är portabel elektronik och 20% är bränsleceller för fritids ändamål. Bara 5% av alla de analyserade mikrobränslecells företag utvecklar produkter för utbildning.

2.1.1 Konsumentelektronik

I den här rapporten har konsumentelektronik delats in i två kategorier, portabel elektronik och fritid. Med portabel elektronik menas bl a videokameror, mediaspelare (MP3, DVD etc.), mobiltelefoner och bärbara datorer. Under kategorin fritid finns diverse konsumentprodukter, allt från leksaker och ficklampor till reservkraft för friluftsliv, båtar och bilar. Potential finns även i belysning, skyltning och elektroniska displayer.

Marknaden har inletts med bränsleceller i form av externa laddare till den portabla elektroniken t ex Medis. I nästa fas kommer bränslecellerna placeras direkt i den portabla elektroniken, troligtvis i någon form av hybridssystem (bränslecell + batteri). Angstrom Power har redan testat en fullt integrerad bränslecell (Angstrom's Micro Hydrogen™) i en Motorola MOTOSLVR L17

mobiltelefon. Motorola uppger att resultatet blev en fördubblad taltid mot nuvarande Li-jon batteri. Toshiba har kommit mycket långt i sin utveckling av bränsleceller för portabel elektronik. I figur 2 visas samtliga bolags val av teknologi för portabel elektronik.

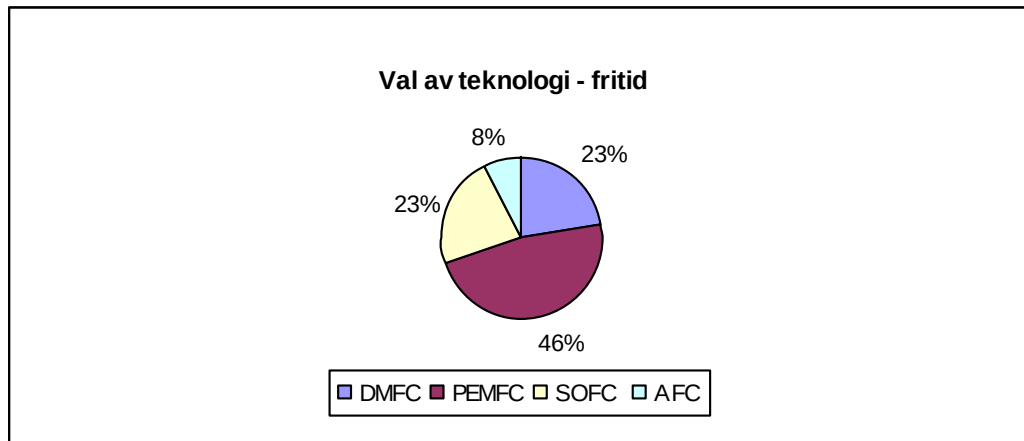


Figur 2 Val av teknologi för portabel elektronik. Här ingår alla analyserade företag som har bränslecellsutveckling.

Bränsleceller av DMFC typ utgör det dominerande teknologivalet för portabel elektronik, framförallt bland de större elektronikföretagen. I kategorin övriga tekniker ingår högtemperatur PEMFC, glycerin bränslecell (AEM), "direct liquid fuel cell" (DLFC), "zinc air fuel cell" (ZAFC), även känd som zink/luft batteri, och "formic acid fuel cell" (FAFC).

Bränsleceller kan komma att användas vid många typer av fritidssysselsättningar som klättring, camping och fotvandring. Ett exempel på detta är företaget PaxiTech som bl a har tagit fram bränslecellsdrivna cykellampor och pannlampor som lämpar sig för klättring och besök i grottor. Bränslecellerna kan även komma att få stor användning som reservkraft i båten och husbilen, vilket SFC Smart Fuel Cell tagit fram ett flertal produkter för.

Även leksaksbranschen tar till sig av mikrobränslecellsutvecklingen. Horizon är en av aktörerna som har kommit långt inom leksaksbranschen. På Hannover Fair 2008 presenterade Horizon den senaste generationens leksaksbil, H2Go, som är bränslecellsdriven. En tillhörande tankstation finns att köpa. I figur 3 visas teknologivalet bland fritidsprodukter. För fritidsliv är fördelningen över tekniker relativt jämn. Dock är det enbart 8 % som använder sig av alkaliska bränsleceller.



Figur 3 Val av teknologi. Här ingår alla analyserade företag som har bränslecellsutveckling.

2.1.2 Militär verksamhet

För militärer i fält erbjuder portabla bränsleceller en möjlighet till väsentligt minskad vikt vid längre uppdrag jämfört med dagens batterier. Varje år satsar militären stora summor pengar på mikrobränslecells forskning, något som har hjälpt ett flertal bränslecellsutvecklingsföretag som parallellt har siktet på den civila marknaden, med nödvändig finansiering.

Ultracells "XX25" och SFC Smart Fuel Cells "Jenny" tillhör de mest avancerade militära, portabla bränslecellsprodukterna. Tillverkarnas produktspecifikationer finns presenterade i Figur 4.

Adaptive Materials som utvecklar bränsleceller för militär verksamhet uppger att man i september 2008 avslutade lyckade tester av deras hybridsystem för små robotar. Roboten "PackBot" är en hybrid mellan Adaptiv Materials SOFC-system och ett litiumbatteri.

EnerFuel har ett färdigutvecklat övervakningssystem, "EnerOptix Remote Surveillance System". Kameran drivs av ett hybridsystem som består av en bränslecell, ett Li-jon batteri och en solpanel.

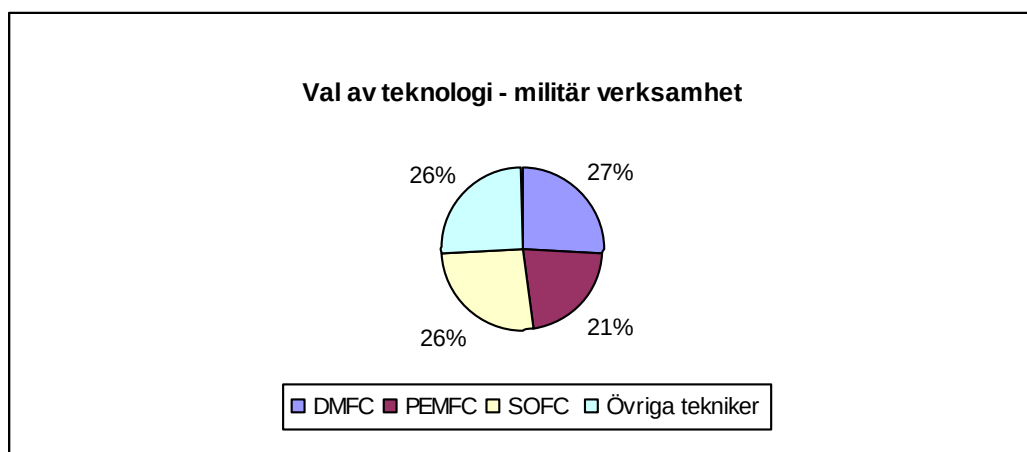
Jadoo arbetar just nu med "Delta II", en radio som drivs med bränsleceller för militärer ute på fält. Radion väger lite mer än 8 kg vilket kan ställas i relation till tidigare batteridrivna apparater som vägde upp mot 36 kg. Kostnaden per watt som levereras är dessutom halverad. Här demonstreras alltså flera klara fördelar med bränslecellsteknologin gentemot batterier.



System	Fuel Cell Type	Fuel	Power Source			Fuel			System Specifications				
			Power (W)	Volume (L)	Mass (kg)	Volume (L)	Mass (kg)	Energy Output (Whr)	Run Time, h	Specific Power (W/kg)	Power Density (W/L)	Energy Density (Whr/kg)	Energy Density (Whr/L)
SFC JENNY	DMFC	Methanol	25	2.8	1.3	0.6	0.36	480	19	15.1	7.4	289.2	141.2
EFOY 1600-M5	DMFC	Methanol	65	24.00	7.3	7.8	4.3	4,500	69	5.6	2.0	387.9	141.5
EFOY 1600-M10	DMFC	Methanol	65	24.00	7.3	14.00	8.4	9,100	140	4.1	1.7	579.6	239.5
EFOY 1600-M28	DMFC	Methanol	65	24.00	7.3	41.5	24.00	25,200	388	2.1	1.0	805.1	384.7
Ultra-Cell XX25	Indirect PEM	Methanol-Water	25	1.48	1.24	0.24*	0.131	166	7	18.2	16.9	121.1	112.2

Figur 4 Produktspecifikationer för några utvalda metanoldrivna bränsleceller. Källa: The Electrochemical Society Interface, Winter 2008.

I figur 5 visas vilken teknologi företagen valt att satsa på för militär verksamhet. Det finns inget tydligt val av teknologi utan fördelningen mellan DMFC, PEMFC och SOFC är mycket jämn. Under övriga tekniker samlas högtemperatur PEMFC, DLFC, ZAFC och FAFC.



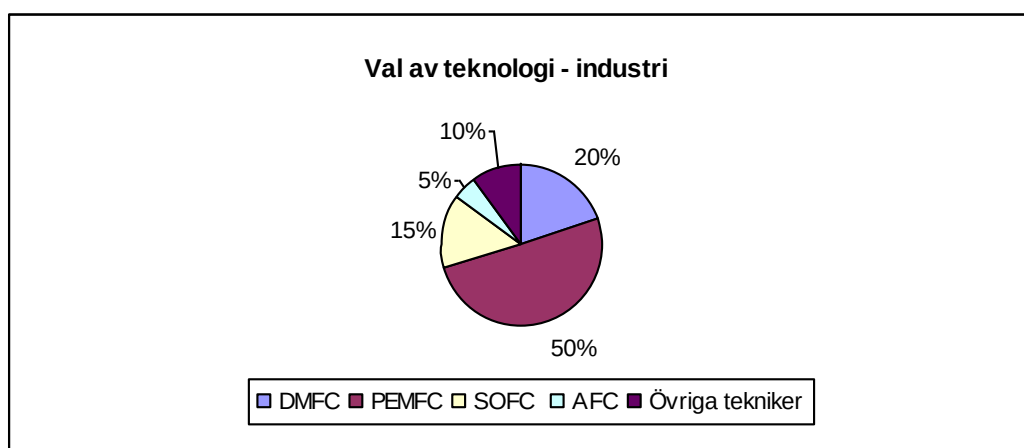
Figur 5 Val av teknologi för militär verksamhet. Här ingår alla analyserade företag som har bränslecellsutveckling.

2.1.3 Industri

Marknadssegmentet industri omfattar områden som räddningstjänsten, sjukvård och industriverksamhet i t ex fabriker, antingen för uppladdning av batterier eller som reservkraft integrerat i utrustningen. Bränsleceller kan även användas till utrustning som är belägen långt ifrån det fasta elnät, som vid vägarbeten.

IdaTech har utvecklat ett reservkraftssystem, "iGen™", som kan generera upp till 250 W. Systemet används för uppladdning av batterier och drivs med metanol som reformeras till vätgas.

I figur 6 visas teknologivalet för industritillämpningar vilket domineras av PEMFC. Övriga tekniker innefattar högtemperatur PEMFC, AFC och ZAFC.



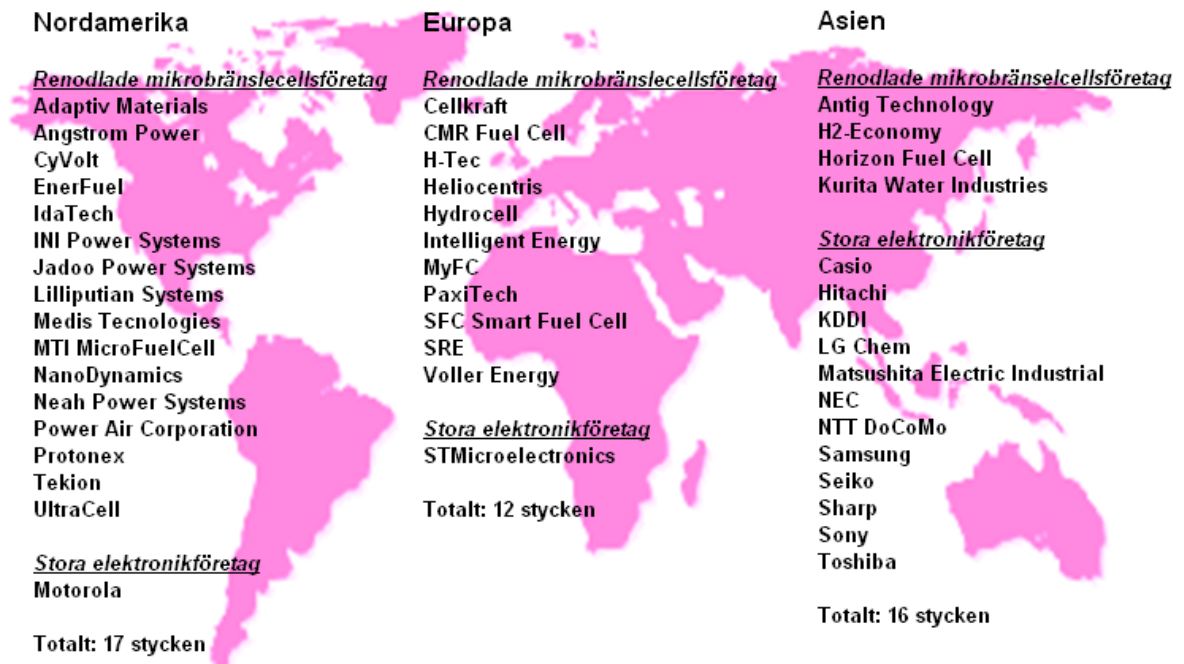
Figur 6 Val av teknologi för industritillämpningar. Här ingår alla analyserade företag som har bränslecellsutveckling.

2.1.4 Utbildning

Mikrobränsleceller för utbildning produceras oftast som "utbildningskit" för lärare, studenter och ingenjörer som vill bekanta sig med tekniken. Tekniken som används är helt övervägande av PEMFC-typ. I den här rapporten har enbart fyra bolag som tillverkar bränsleceller för utbildning behandlats. På marknaden finns idag fler bolag som säljer "utbildningskit" i samarbete med bränslecells företag. Ett exempel på detta är Kenis, ett japanskt företag med fokus på demonstrationsbränsleceller och bränslecellsdrivna leksaker.

2.2 Geografisk fördelning

Av de totalt 45 bolag som analyserats är 17 verksamma på den amerikanska marknaden, 12 på den europeiska marknaden och 16 i Asien, se figur 7.



Figur 7 Huvudkontor för mikrobränslecellsföretag i världen.

I Asien kommer de flesta bolagen från Japan där huvuddelen av mikrobränslecellsforskningen bedrivs av de stora elektronikbolagen.

Marknaden för mikrobränsleceller har stor potential i utvecklingsländer. Dessa länder har i många fall inte en välfungerande infrastruktur. Som ett exempel kan man i Afrika få stor användning för bränsleceller som reservkraft, inom medicinska applikationer och vid telemetri (trådlös överföring av mätdata).

3 Potentiell framtida världsmarknad för dagens teknologi

3.1 Bakgrund

De mikrobränsleceller som har sålts och funnits tillgängliga på marknaden fram till idag 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.

Denna marknadsutblick är främst fokuserad på portabel elektronik och den potentiella bränslecellsmarknad som detta segment genererar. Den största drivkraften inom marknaden för portabel elektronik är det som på engelska kallas "The Power Gap Problem". Med power gap menas att det finns en efterfrågan hos konsumenterna i fråga om driftstid som inte dagens produkter kan uppfylla med befintliga strömkällor. Det här illustreras idag tydligast hos de bärbara datorer som säljs. Vanligtvis är driftstiden i urkopplat läge från nätet begränsat till 2-4 timmar. En annan stark drivkraft inom marknaden för portabel elektronik är mobiltelefonernas ökande funktionalitet med alltmer avancerade kommunikationsmöjligheter som ökar effektbehovet och därmed gör att mobiltelefonernas driftstid förkortas.

3.2 Portabel elektronik - marknadsöversikt

Marknaden för bränsleceller inom portabel elektronik är till att börja med (första generationen) som extern laddare. Först i nästa fas kommer mikrobränslecellerna att driva de portabla elektronikprodukterna direkt och då ofta i hybridssystem (bränsleceller + batteri), för att bättre klara av uppstart och effekttoppar. I analysen nedan behandlas portabel elektronik och externa laddare separat.

- **Marknad för portabel elektronik.** Marknaden för portabel elektronik kan delas in i stillbildskameror (14%), videokameror (5%), mediaspelare (MP3, DVD, etc) (10%), mobiltelefoner (46%) och bärbara datorer (25% inklusive handdatorer). Effekt och drifttid (energibehovet) varierar mellan olika tillämpningar.
- **Marknad för laddare till portabel elektronik.** Till varje elektronikprodukt som drivs av laddningsbara batterier behövs även en laddare, vars storlek i princip är proportionell mot batteriets storlek (alla laddningar bör hinna ske inom några timmar). Effektbehovet för laddare till elektronikkomponenter ligger således mellan 2 och 5 W för kameror, mediaspelare och mobiltelefoner medan laddare till videokameror och bärbara datorer kan behöva uppemot 20 W.

3.3 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. Detta leder till att priset på produkterna sänks och bränslecellerna blir mer konkurrenskraftiga gentemot andra tekniker.

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.

Försäljningssiffror för portabel elektronik som mobiltelefoner, bärbara datorer och PDAs förväntas totalt sett fördubblas inom några år. Enligt en undersökning från 2007 av Frost & Sullivan växte den globala portabla elektronikbranschen i genomsnitt med 22% år 2006, se tabell 2.

Tabell 2 Undersökning utförd av Frost & Sullivan 2007. Försäljningsvolym och tillväxthastighet år 2006.

Marknad	Försäljningsvolym – världen	Tillväxtshastighet 2006
Mobiltelefoner och PDA	980 miljoner enheter	31%
Bärbara datorer	102 miljoner enheter	19%
Digitalkameror	53 miljoner enheter	15%
Video kameror	17 miljoner enheter	3%
DVD spelare	11,2 miljoner enheter	32%
TV-spel	21 miljoner enheter	25%
MP3-spelare	182 miljoner enheter	32%
Totalt (tillväxthastighet 2006):		22%

Den potentiella marknaden för handburen elektronik som mobiltelefoner, smartphones och PDA beräknas år 2012 vara mer än 1,700 miljoner enheter med en genomsnittlig tillväxthastighet på 8,2%. Försäljningsvolymen och tillväxthastigheten beskrivs i tabell 3.

Tabell 3 Marknad för handburen elektronik (mobiltelefoner, smartphone och PDA). Källa: Frost & Sullivan 2007.

År	Försäljningsvolym – världen	Tillväxthastighet
2006	980 miljoner enheter	-
2007	1146,6 miljoner enheter	17%
2008	1295,7 miljoner enheter	13%
2009	1420,3 miljoner enheter	9,6%
2010	1541,1 miljoner enheter	8,5%
2011	1635,8 miljoner enheter	6,1%
2012	1701,9 miljoner enheter	4%
Totalt (tillväxthastighet 2007-2012):		8,2%

För bärbara datorer förutspås tillväxthastigheten bli i genomsnitt 20,1% fram till år 2012. Det innebär en potentiell marknad på 302 miljoner enheter år 2012. I tabell 4 visas den prognostiserade marknadstillväxten för bärbara datorer.

Tabell 4 Marknad för handburen elektronik (bärbara datorer). Källa: Frost & Sullivan 2007.

År	Försäljningsvolym – världen	Tillväxthastighet
2006	102 miljoner enheter	-
2007	121 miljoner enheter	18,6%
2008	144 miljoner enheter	19%
2009	172 miljoner enheter	19,4%
2010	206 miljoner enheter	19,8%
2011	248 miljoner enheter	20,4%
2012	302 miljoner enheter	21,8%
Totalt (tillväxthastighet 2007-2012):		20,1%

Marknaden för MP3-spelare prognostiseras år 2012 att vara 340 miljoner enheter med en genomsnittlig tillväxthastighet på 11,5% mellan år 2007 och år 2012. I tabell 5 visas försäljningsvolymen för MP3-spelare fram till år 2012.

Tabell 5 Marknad för handburen elektronik (MP3-spelare). Källa: Frost & Sullivan 2007.

År	Försäljningsvolym – världen	Tillväxtshastighet
2006	182 miljoner enheter	-
2007	197 miljoner enheter	8,2%
2008	216 miljoner enheter	9,6%
2009	239 miljoner enheter	10,6%
2010	266 miljoner enheter	11,3%
2011	300 miljoner enheter	12,8%
2012	340 miljoner enheter	13,3%
Totalt (tillväxthastighet 2007-2012):		11,5%

3.4 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.

Det finns idag ett antal sladdlösa laddare på marknaden. En jämförelse över olika engångsladdare på den amerikanska marknaden visar att bränslecellsladdare med natriumborhydrid, kan bli 3-5 gånger billigare än batterialternativen och 2-5 gånger mindre i storlek, se tabell 6 nedan.

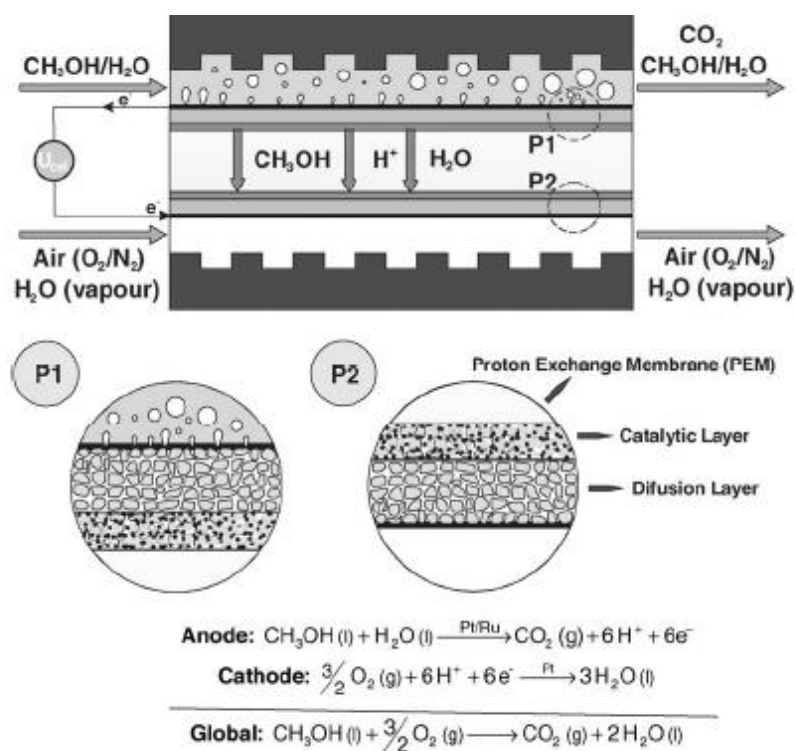
Tabell 6. Bärbara sladdlösa laddare – en jämförelse

Typ av laddare	Nät-laddare	4 st AA alkaliska batterier	Energi-to-go (Energizer)	24/7 Power 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

4 Direktmetanolbränslecellen

Direktmetanolbränslecellen (DMFC) är liksom PEMFC en lågtemperaturbränslecell med en polymermebranelektrolyt. Den stora skillnaden är att DMFC kan matas med en metanol/vattenblandning medan en PEMFC kräver vätgas som bränsle. I figur 8 nedan visas en principskiss över en DMFC. Vid anoden reagerar metanol och vatten och bildar koldioxid och vätejoner. Vätejonerna leds genom membranet och reagerar med syre till vatten vid katoden.



Figur 8. Principskiss över en direktmetanolbränslecell. Källa: Silva et al., J. of Power Sources 145 (2005) 485-494

DMFC är en relativt ung bränslecellsteknik. De första cellerna med Nafion-membran demonstrerades först 1992 av Jet Propulsion Laboratory, Giner och University of Southern California. Under 2000-talet har nästan all DMFC-verksamhet varit fokuserad på system i effektklassen <250 W. Anledningen till detta är att DMFC-cellens begränsade effekttäthet som typiskt ligger på <50 mW/cm² vilket är väsentligt lägre än PEMFC som typiskt ligger på >1 W/cm² i effektintensiva tillämpningar som fordon. DMFC kräver mycket högre mängd katalysator än PEMFC och en uppskalning i effekt blir därför mycket kostsammare.

Att höja effekttätheten och att ta miniaturiseringen ett steg längre är DMFC teknikens främsta tekniska utmaningar. Internationell forsknings fokuseras främst på följande specifika frågeställningar:

- Lösa problematiken med s k metanol crossover, d v s. att en del av metanolen som förs in som bränsle vid anoden diffunderar över membranet och reagerar med syret vid katoden. Från ett energidensitetsperspektiv önskas en så hög koncentration på metanol/vattenlösningen som möjligt vid anoden. Dessvärre gäller att ju högre metanolkoncentrationen är desto större andel av metanolen diffunderar via membranet över till katoden. Metanoldiffusionen över membranet leder till både självurladdning och sänkning av katodpotentialen och därmed till att den uttagbara spänningen vid en given ström sänks. Ett sätt att komma runt problematiken med metanoldiffusionen över membranet är att utveckla nya typer av membranmaterial.
- Balansera värmeflöden. Värmebalansen i bränslecellen är starkt beroende av diffusionen av metanol över membranet eftersom bireaktionen mellan metanol och syre vid katoden genererar värme.
- Balansera vattenflöden. Systemlösningar tas fram för att leda över vattnet som produceras vid katoden till anoden för att på så sätt spä ut metanolen till önskvärd koncentration.
- Optimera katalysatormängden. På anoden används vanligtvis en platina/ruteniumkatalysator och på katoden används platina som katalysator.
- Förbättra tillförlitlighet och livslängd. Åldringsmekanismen för DMFC är fortfarande ett relativt outforskat område.
- Fortsätta miniaturiseringsprocessen. Här finns flera olika angreppssätt, bl a förenkling eller fullständig eliminering av värme, vätske- och gashanteringskomponenter. Detta kan göras genom att använda passiv tillförsel av metanol och att använda enskilda komponenter till flera syften. Ett annat alternativ är att bygga monopolära system och därmed slippa använda bipolära plattor. De flesta angreppssätten för miniaturisering leder i dagsläget till försämrade effekttäthet.

5 Standardisering och lagstiftning

IEC (International Electrotechnical Commission) bedriver internationellt standardiseringsarbete inom det elektrotekniska området. Den internationella kommittén IEC/TC 105 Fuel Cell Technologies bildades 1999 och har till uppgift att utveckla enhetliga internationella standarder för bränslecellsteknik i alla typer av tillämpningar. Det internationella standardiseringsarbetet inom IEC/TC 105 sker inom ramen för publikationen IEC 62282.

IEC/TC 105:s standardiseringsarbete kring mikrobränsleceller bedrivs inom tre arbetsgrupper med fokus på säkerhet, prestanda respektive kompatibilitet. Mikrobränsleceller definieras i det här sammanhanget som bränslecellsystem och bränslelager som man enkelt kan bära med sig, som levererar DC uteffekt till konsumentelektronik och vars nominella spänning och uteffekt inte överstiger 60 V DC respektive 240 W. Mikrobränslecellsystem antas bestå av:

- en mikrobränslecellseffektenhet
- en bränsleampull
- en vattenampull (valfri)
- en avfallsampull (valfri)

Standardiseringsarbetet kring mikrobränsleceller har mynnat ut i tre stycken dokument med varierande mognadsgrad:

- IEC 62282-6-1 Micro fuel cell power systems – Safety
- IEC 62282-6-2 Micro fuel cell power systems – Performance
- IEC 62282-6-3 Micro fuel cell power systems – Interchangeability

IEC 62282-6-1 fokuserar på konsumentssäkerhet och beskriver ett antal material- och konstruktionskrav för bränslecellsystemets olika komponenter samt en rad typtester. IEC 62282-6-2 definierar testmetoder för utvärdering av bränslecellsystemets prestanda. IEC 62282-6-2 behandlar kompatibilitet mellan bränsleampull, mikrobränslecelleffektenhet och den elektroniska utrustning som bränslecellen ska driva. Närmare beskrivningar av dessa tre dokument finns i 2007 års teknikbevakningsrapport.

ICAO (the International Civil Aviation Organisation) tillåter sedan 1 januari 2007 att passagerare tar ombord metanol på flygplan. Bränsleceller som ska tas ombord på kommersiella flygplan ska motsvara kraven som ställts upp i säkerhetsstandardiseringsdokumentet IEC 62282-6-1. Många länder, däribland Kanada, Japan, Kina och Storbritannien implementerade under 2007 ICAO:s regelverk i sina respektive nationella standarder. En viktig milstolpe under 2008 var att även amerikanska DOT meddelade att man ska harmonisera sin lagstiftning. I januari 2009 publicerades det amerikanska regelverket.

1 Appendix – företag och produkter

1.1 Renodlade mikrobränslecells företag

1.1.1 Adaptive Materials Inc. Teknik: SOFC

Adaptive Materials Inc. utvecklar SOFC-system som drivs med propan. Produkterna har effekter mellan 20 och 250 W. Bränslecellsystemen tillverkas huvudsakligen för militära styrkor (samarbete med Cerdec och DARPA) men även för räddningstjänsten och friluftsliv, såsom klättring och camping. Företaget är beläget i Ann Arbor MI, USA. I slutet på 2008 räknar bolaget med att börja sälja sina produkter "Amie25" och "Amie150".

Webbadress: www.adaptivematerials.com

1.1.2 Angstrom Power Inc. Teknik: PEMFC

Angstrom Power Inc. grundades 2001 i Vancouver, Canada. Företaget utvecklar kompletta bränsleceller med PEM-teknologi och satsar på handburen elektronik som mobiltelefoner, PDAs (Personal Digital Assistant) och MP3-spelare. De har också utvecklat en bränslecellsdriven ficklampa med en effekt på 1 W och som drivs med vätgas. Ficklampan har 24 h brinntid. Angstrom Power Inc har även utvecklat en 2 W USB laddare och en laddningsstation för metallhydridkapslar. På Consumer Electronics Show (CES) i januari 2008, presenterade Angstrom "EverOn™" vilket är en mikrobränslecell som skall kunna ersätta Li-jon batteriet i mobiltelefonen. Angstrom har utvecklat och i sex månader testat en fullt integrerad bränslecell (Angstroms "Micro Hydrogen™" plattform) i en mobiltelefon. Produktion i full skala beräknas ske under 2010.

Webbadress: www.angstrompower.com

1.1.3 Antig Technology Teknik: DMFC

Antig är baserat i Taiwan och har utvecklat ett antal nya systemlösningar de senaste åren, däribland 5 W "Blade" (för mobiltelefoner, PDAs och digitalkameror), 25 W "Cube" (för stationära applikationer) och 50 W "Brick" (för reservkraft och lättare elektriska fordon). Företagets kärnprodukt är "H2PowerChip™". Produkten säljs till systemtillverkare som sedan kan bygga in teknologin i sina egna produkter. I slutet på 2008 räknar Antig även med att kunna producera "white box solutions", d v s kompletta bränsleceller för företag som letar efter produkter att marknadsföra under sitt eget varumärke.

Webbadress: www.antig.com

1.1.4 Cellkraft Teknik: PEMFC

Cellkraft är svenskt bolag som grundades 2001. Företaget utvecklar bränsleceller i effektklassen 50-2000 W. Cellkraft har bl a demonstrerat sin teknologi för strömförsörjning till utrustning som är placerade långt ifrån stationära elnät och som reservkraft.

Webbadress: www.cellkraft.se

1.1.5 CMR Fuel Cell Teknik: DMFC

CMR Fuel Cell är ett brittiskt företag som utvecklar bränsleceller för portabel elektronik inom effektintervallet 5-50 W. CMR (Compact Mixed Reactant) använder sig av DMFC teknologi som går ut på att blanda de ingående

reaktanterna och använda membran med hög permeabilitet (med hål) och elektroder med selektiva katalysatorer. Detta medger förenklingar och stackdesign av systemet som helhet. Bolaget satsar i första hand på den asiatiska marknaden. I juli 2007 startades ett samarbete med Samsung SDI för produktion av DMFC systemen. CMR har även ett exklusivt samarbete med Xaar och Solvay som går ut på att massproducera fullständiga bränslecellsstacks. På Fuel Cell Expo i Tokyo, februari 2008, ställde CMR ut ett fungerande DMFC system. CMR visade upp en 25 W bränslecellsstack för bärbara datorer. I mars 2008 tillkännagavs ett samarbete med Acta för att accelerera utvecklingen av alkaliska bränsleceller. Bolaget meddelar även att de byggt upp ett samarbete med ett ledande asiatiskt ODM (original design manufactures). Syftet är att tillsammans ta fram ett hybridssystem som kombinerar batteriet i tekniken med en av CMRs bränsleceller (25 W). Under 2009 kommer CMR att leverera ett flertal prototyper med syftet att få en beställning av 10,000 DMFC system enheter.

Webbadress: www.cmrfuelcells.com

1.1.6 CyVolt

Teknik: AEM

CyVolt är ett bolag verksamt i Seattle. Företaget utvecklar bränsleceller för att ladda Li-jon batterier i handburen elektronik som mobiltelefoner, GPS-enheter, MP3-spelare och PDAs. Bolaget erbjuder även hybridlösningar som integrerar bränslecellen med nuvarande teknik. CyVolts bränslecellsteknik erbjuder ett flexibelt bränsleval och kan bl a drivas med glycerin som tillverkas från biodiesel.

Webbadress: www.cyvolt.com

1.1.7 EnerFuel

Teknik: högtempererad PEMFC

EnerFuel skapar alternativa energilösningar genom både hybrid och fristående bränsleceller, framförallt till militär verksamhet. Företaget är beläget i Florida. EnerFuel har utvecklat ett komplett övervakningssystem (EnerOptix) som drivs genom en 3-vägs hybrid: bränslecell, Li-jon batteri och solpanel.

Webbadress: www.enerfuel.com

1.1.8 H2-Economy

Teknik: PEMFC

H2-Economy grundades 2000 och har sitt huvudkontor i Armenien. Företaget producerar bränsleceller i området 1-500 W och har ett flertal produkter ute på marknaden som t ex kan köpas på Fuel Cell Store's hemsida. Produkterna säljs huvudsakligen till hobbyändamål eller som utbildningskit.

Webbadress: www.h2economy.com

1.1.9 Heliocentris

Teknik: PEMFC

Heliocentris grundades i Tyskland 1995. Bolaget fokuserar på produkter för utbildningsändamål och för universitetsbedriven forskning. Heliocentris har även produkter för reservkraft. Bolaget har redan sålt mer än 35,000 bränsleceller. Bränslecellerna varierar mellan 50 W och 16 kW och finns tillgängliga för beställning.

Webbadress: www.heliocentris.com/en

1.1.10 Horizon Fuel Cell Technologies

Teknik: PEMFC

Horizon utvecklar PEMFC system inom effektfönstret 0,3 W och 15 kW. Företaget är registrerat i Singapore men verksamheten bedrivs i Shanghai,

Kina. Horizon har en pågående utveckling inom flera tillämpningssegment, allt från leksaker och konsumentelektronik till obemannade flygplan och vätgasbilar. Bolaget har tidigare gjort en succé med vätgasdrivna leksaksbilar och en mindre vätgastankstation till denna. H-racer som den kallades såldes i mer än 10,000 exemplar. I januari 2008 tillkännagavs en ny strategisk samarbetspartner, Corgi International, för att utveckla en ny PEMFC-leksaksbil, "H2Go". Till leksaksbilen finns även denna gång en tankstation att köpa. I januari presenterades också en ny portabel generator "HydroPak", som kan leverera 25 W kontinuerligt och ge toppeffekter på 50 W. I augusti 2008 började Horizon att marknadsföra "Bio Energy Discovery Kit", vilket är en bränslecell som drivs på utspädd etanol (10 %).

Webbadress: www.horizonfuelcell.com

1.1.11 h-tec

Teknik: PEMFC

h-tec grundades 1997 i Lübeck, Tyskland, och har tagit fram bränsleceller för både utbildningändamål och industrin. Företaget letar just nu efter leverantörer att samarbeta med för att i framtiden kunna kommersialisera sina produkter. Just nu finns bara prototyper tillgängliga som PEM Fuel Cell System FCA30 vilket kan ge effekter upp till 100 W. Bolaget tillverkar även elektrolyssystem och riktar in sig på europeiska marknaden.

Webbadress: www.h-tec.com

1.1.12 Hydrocell Oy

Teknik: AFC

Hydrocell Oy är ett finskt bränslecellsföretag som grundades 1993. Företagets bränslecell baseras på en cylindrisk elektrod och elektrolyten består av en gel som Hydrocell själva har tagit fram. Gelelektrolyten möjliggör ett brett användningsområde då den är säker mot läckage. Hydrocell har utvecklat tre olika bränsleceller; "HC-100" som skall användas som extra energi till t ex båten och bilen, "HC-200" som bygger på AFC teknologin i kombination med ett CO₂-filter och HC-400 som också är tänkt som extra energi för portabel verksamhet.

Webbadress: www.hydrocell.fi

1.1.13 IdaTech

Teknik: PEMFC

IdaTech utvecklar integrerade bränslecellssystem för reservkraft och som ersättning för batterier och laddare. Bolaget grundades 1996 i Oregon, USA och fokuserar på PEMFC teknik, främst för militär verksamhet. IdaTechs bränslecellsteknik kan reformera bränslet, vilket gör valet flexibelt. IdaTech utvecklar bränsleceller med effekter från <100 W upp till 15 kW för olika användningsområden. Bolaget har skrivit ett kontrakt med U.S. Army's Communications Electronics Research Development and Engineering Center till ett värde av 2,55 miljoner USD för att utveckla en 3 kW bränslecellsgenerator. De har även distributionsavtal med tre företag i Latinamerika och Sydostasien och ett mångårigt avtal med Japanska partners. IdaTech har bl a utvecklat "ElectroGen™" och "iGen™ Fuel Cell Power Supply". "iGen™ Fuel Cell Power Supply" är en fullt integrerad bränslecell som genererar upp till 250 W för reservkraft.

Webbadress: www.idatech.com

1.1.14 INI Power Systems Teknik: DMFC

INI Power Systems har utvecklat metanoldrivna bränsleceller (10-250 W) framförallt för militär verksamhet men även för kommersiella behov. Företaget driver sin verksamhet i USA. INI Power Systems har beslutat sig för att kommersialisera sin patenterade produkt, "Direct Methanol Laminar Flow Fuel Cell" (LFFC®).

Webbadress: www.inipower.com

1.1.15 Intelligent Energy Teknik: PEMFC

Intelligent Energy har en vision om en renare framtid och skapar förnyelsebar energi till sina partners baserat på sin breda patenterade teknikportfölj. Bolaget grundades 2001 och är verksamt i Storbritannien och USA. IE har ett brett utbud av PEMFC bränsleceller och bränsletillförselsteknologier. Företaget producerar sina tekniska lösningar för framförallt militära tillämpningar.

Webbadress: www.intelligent-energy.com

1.1.16 Jadoo Power Systems Teknik: PEMFC

Jadoo grundades 2001 av Lee Arikara och Larry Bawden. År 2003 fick bolaget sin första finansiering och efter att de utvecklat en bränslecell av PEMFC-typ, utvecklade de även ett integrerat kraftsystem runt denna teknologi, där nyckelkomponenterna är patenterade. Jadoo arbetar i ett brett effektfönster mellan 20 W och 3 kW. Från början fokuserade Jadoo Power Systems på videokameror men breddade senare sitt fokus till räddningsutrustning, övervakningssystem och militära applikationer.

Webbadress: www.jadoopower.com

1.1.17 Kurita Water Industries Teknik: DMFC (CMFC)

Kurita Water Industries grundades 1949 i Tokyo, Japan. Bolaget har utvecklat en metod för att lagra metanol i fastform, "clathrate", därav namnet CMFC (Clathrate Methanol Fuel Cell). Den fasta formen medför att bränslecellen kan göras mindre. Fördelen med tekniken är också att den inte läcker lika lätt och att flampunkten ökar vilket leder till att säkerheten förbättras. Med denna teknik har Kurita utvecklat en mobiltelefonladdare. Bolaget arbetar även med tankstationer (vätgas) och stationära bränsleceller.

Webbadress: www.kurita.co.jp/english/

1.1.18 Lilliputian Systems Teknik: SOFC

Lilliputian Systems utvecklar mikrobränsleceller för konsumentelektronik som mobiltelefoner och laptops. Bolaget grundades i Boston och hoppas i framtiden kunna ersätta nuvarande batterier i portabel elektronik med sitt bränslecellssystem. Lilliputians bränslecellssystem (SOFC) drivs med butan. Bolaget har utvecklat en bränslecell stor som en tändsticksask och som kan ladda en smartphone via en USB kabel. Generatorns pris kommer att landa på runt 200-300 USD. Bränsletanken i sin tur kommer bara att kosta några dollar. Lilliputian hoppas att försäljning till detaljhandeln ska kunna starta under 2009.

Webbadress: www.lilliputiansystemsinc.com

1.1.19 Medis Technologies Teknik: DLFC

Medis Technologies grundades 1998 i USA. Företaget har utvecklat en "direct liquid fuel cell" som innehåller den aktiva kemikalien natriumborhydrid. Tekniken används redan av bolaget som tillverkar bränsleceller för konsumentelektronik. Under 2007 började företaget sälja "Medis 24-7 Power Pack" vilket är en bränslecellsdriven laddare till bl a mobiltelefoner och MP3-spelare. Produkten kommer att kommersialiseras i år. "Medis 24-7 Power Pack" (1 W) kan leverera upp till 30 h samtalstid i en mobiltelefon och 60-80 h speltid i en iPod. Under 2007 invigdes en fabrik i Galway, Irland för masstillverkning av produkten. Medis har även utvecklat bränslecellsprototyper med effekter upp till 20 W för både militära applikationer och konsumentelektronik.

Webbadress: www.medistechnologies.com

1.1.20 MTI MicroFuelCells Teknik: DMFC

MTI är amerikanskt företag som utforskar möjligheten att anpassa sin teknikplattform, "Mobion 1M", för militära tillämpningar som PDA, GPS och övervakningskameror. Man tänker sig även tillämpningar inom konsumentelektronik. I början på året byggdes pilotanläggningar i Albany, N.Y. och i juli 2008 inleddes ett samarbete med NeoSolar för att vidareutveckla och testa möjliga användningsområden för Mobion.

Webbadress: www.mtimicrofuelcells.com

1.1.21 myFC Teknik: PEMFC

myFC är ett svenskt företag som utvecklar tunna vätgasdrivna bränsleceller. Effektdensiteten på 300 mW/cm² hör till de högsta i branschen. I dagsläget finns prototyper utvecklade för 2-10 W, men inriktningen sker mot effektområdet 2-75 W. Bolagets teknologi är flexibel med avseende på bränsleförsörjningsteknik (dock alltid vätgas). Vid FC Expo 2008 i Japan har myFC presenterat en bränslecellsdriven laddare för mobiltelefoner (2,5 W).

Webbadress: www.myfc.se

1.1.22 NanoDynamics Teknik: SOFC

NanoDynamics grundades 2002 och har sitt huvudkontor i New York. Företaget utvecklar portabla SOFC system för militära och kommersiella behov. Bland företagets produkter finns "NDRevolution[®]50H" (50 W) och "Revolution[™] 60C" (60 W). Båda produkterna drivs på propan. NanoDynamics utvecklar även mindre portabla enheter på 15-20 W som drivs på butan.

Webbadress: www.nanodynamics.com

1.1.23 Neah Power Systems Teknik: DMFC

Neah Power Systems utvecklar mikrobränsleceller för bärbara datorer och för annan portabel kommunikationsutrustning. Fokus ligger på militär utrustning men man arbetar även med konsumentelektronik. Neah Power Systems metanoldrivna bränsleceller baseras på porösa kiselmaterial. Under 2007 demonstrerade företaget sin första prototyp.

Webbadress: www.neahpower.com

1.1.24 Paxi Tech**Teknik: PEMFC**

PaxiTech är ett franskt företag som grundades 2003. Bolaget utvecklar mikrobränsleceller för portabel elektronik med effektbehov på 1-100 W. Demonstration har gjorts av bl a en 6 W cykellampa, ett 1 W elstängsel och en 16 W DVD-spelare. PaxiTech bedriver även utveckling och produktion av MEAs.

Webbadress: www.paxitech.eu

1.1.25 Power Air Corporation**Teknik: ZAFC**

Power Air Corporation tillverkar skivluftränsleceller (kategoriseras oftast som batteriteknologi) för bl a mobila konsumentprodukter som mobiltelefoner och MP3-spelare, stationära lösningar som reservkraft samt för räddningsutrustning. Bolaget har sitt ursprung i Kalifornien. Power Air Corporations externa laddare, "ZPAC 40", kan leverera upp till 40 Wh.

Webbadress: www.poweraircorp.com

1.1.26 Protonex**Teknik: SOFC, PEMFC**

Protonex grundades 2000 och utvecklar bränsleceller inom effektområdet 10-1000 W. Bränslecellerna kan användas självständigt eller i hybrid med redan existerande teknik. Protonex har patenterat både sin SOFC- och PEMFC-teknologi. Företaget har utvecklat ett flertal produkter för militären men gör även kommersiella produkter för konsumenter. Huvudkontoret finns i Massachusetts nära Boston och utvecklingen sker i Colorado.

Webbadress: www.protonex.com

1.1.27 SFC Smart Fuel Cell**Teknik: DMFC**

SFC Smart Fuel Cells grundades 2000 i München, Tyskland. Det tyska företaget erbjuder bränsleceller för mobilen. Bolaget ökade sin försäljning under 2007 till 14,3 miljoner EUR gentemot 7 miljoner EUR året innan. Försäljningen ökade delvis på grund av att företagets "EFOY" bränslecellssystem antagits av 29 stycken husbilstillverkare. Bolaget har även skrivit kontrakt med tyska och amerikanska försvaret (samarbete med PM-SWAR, CERDEC, Natick, ARL och AFRL). SFC Smart Fuel Cell har även ett flertal andra produkter. "Jenny 600S" är en av bolagets produkter och levererar 25 W (252x171x74 mm, 1,7 kilo). Produkten används av militären för uppladdning av batterier till telefoner, datorer, m.m.

Webbadress: www.efoy.de

1.1.28 SRE**Teknik: PEMFC**

Portugisiska SRE fokuserar på utveckling, produktion och kommersialisering av PMFC i effektområdet 5 W till 1 kW. Bränslecellerna används för fritidsändamål och inom industrin. Företaget har ett flertal produkter. I produktserien "H-way" finns bl a HW-125 som levererar 100 W och som kan användas som reservkraft i båtar. Det finns även exempel på användning av H-125 vid temporära trafikljus.

Webbadress: www.sre-fc.com/sre/

1.1.29 Tekion**Teknik: FAFC**

Tekion är ett nordamerikanskt företag verksamt i Champaign, Illinois, Burnaby och Brittish Colombia. Bolaget grundades 2003 och integrerar sin

mikrobränslecellsteknik med uppladdningsbara batterier. Tanken är att produkten skall kunna placeras i mobiltelefoner. Bränslecellen drivs på myrsyra (formic acid fuel cell, FAFC), vilket medför ett antal designförenklingar i jämförelse med DMFC-teknologin, något som man menar gör det lättare att bygga in bränslecellen i portabel elektronik. Tekion har demonstrerat en prototyp, "Formira™ Power Pack". Bolaget har byggt upp samarbete med ett flertal OEM-tillverkare och funderar även på att börja samarbeta med militären.

Webbadress: www.tekion.com

1.1.30 UltraCell Corporation Teknik: högttemp. PEMFC (RMFC)
UltraCell grundades 2002 i Livermore, USA. Företaget utvecklar system byggda på vätgasdrivna PEM bränsleceller i kombination med ombordreformering av metanol. Produkterna tillverkas i huvudsak för den amerikanska militären för att ladda batterier. I februari tillkännagav bolaget att deras "XX25" bränslecell genomgått lyckade tester som genomförts av den amerikanska armén. Produkten finns att köpa på marknaden och kostar runt 5000 USD. XX25 levererar 25 W och ger en batteritid på 8 h när den tankas med 25 cL metanol.

Webbadress: www.ultracellpower.com

1.1.31 Voller Energy Group Teknik: PEMFC
Voller Energy Group grundades 2002 i England. Bolaget tillverkar bränsleceller för militären, telekomindustrin, marinen, byggindustrin och för fritidssysselsättningar. Bränslecellerna är av PEMFC-typ och har en avancerad reformeringsteknik vilket gör det möjligt att driva bränslecellerna på t ex propan, butan och LPG. Voller Energy befinner sig idag i ett svårt finansiellt läge.

Webbadress: www.voller-energy.com

1.1.32 *Millennium Cell och Gecko Energy Technologies*
Millennium Cell med sitt dotterbolag Gecko Energy Technologies tvingades på grund av finansiella skäl lägga ned sin verksamhet i maj 2008.

1.2 Stora elektronikföretag med bränslecellsutveckling

1.2.1 Casio Teknik: PEMFC
Casio utvecklar bränsleceller för konsumentelektronik som digitalkameror, PDA och bärbara datorer. Genom en mikroreaktor extraheras vätgas ur metanol, som sedan kan används i bränsleceller av PEMFC-typ. Man räknar med massproduktion tidigast 2010.

1.2.2 Hitachi Teknik: DMFC
Hitachi är ett japanskt elektronikföretag som även de utvecklar mikrobränsleceller för portabel elektronik. I juli 2006 visade bolaget upp en prototyp av en mobbilladdare, man har även kunna uppvisa 20 W enheter för bärbara datorer.

1.2.3 KDDI

Teknik: DMFC

KDDI är ett japanskt telekomföretag som sedan juli 2004 driver sin bränslecellsutveckling tillsammans med Toshiba och Hitachi. KDDI har tagit fram inbyggda hybrider bestående av en kompakt bränslecell med tillhörande tank, tillsammans med ett Li-jonbatteri i mobiltelefoner.

1.2.4 LG Chem

Teknik: DMFC

LG Chem är ett sydkoreanskt kemiföretag som utvecklar mikrobränsleceller för portabel elektronik. Bränslecellerna drivs på metanol. LG Chem har tagit fram olika prototyper på mellan 5 och 50 W. Bolaget räknar med att snart kunna kommersialisera produkter för mobiltelefoner och bärbara datorer.

1.2.5 Motorola

Teknik: DMFC

Motorola har utvecklat ett samarbete med IdaTech. Tanken är att IdaTechs ElectraGen(TM)5 XTR skall anpassas till Motorolas produkter. Bolaget samarbetar även med Angstrom. Samsung driver också egen forskning kring bränsleceller och man tittar på tillämpningar för militär utrustning och civilförsvär.

1.2.6 Matsushita Electric Industrial

Teknik: DMFC

Matsushita Electric Industrial startades i Osaka, Japan och äger bl a Panasonic och Technics. Koncernen utvecklar bränsleceller av DMFC-typ.

1.2.7 NEC

Teknik: DMFC

NEC har presenterat ett flertal bränslecellsprototyper för portabel elektronik. I år har företaget visat upp en designad (genomskinlig så att man kan se bränslet) mikrobränslecellslösning för mobiltelefoner (NEC Flask phone). En färdig produkt planeras vara framme inom kort.

1.2.8 NTT DoCoMo

Teknik: DMFC, PEMFC

Det japanska telekomföretaget NTT DoCoMo har tidigare demonstrerat DMFC-enheter tillsammans med Fujitsu och en liten 2 W PEMFC-enhet tillsammans med Aquafairy. DoCoMo har tagit fram prototyper på PEMFC som passar direkt i en mobiltelefon (42x80x13 mm, 104 g). De har även tagit fram tillbehör så att man kan fylla på bränsle.

1.2.9 Samsung

Teknik: DMFC, PEMFC

Samsung har utvecklat ett antal bränslecellsprototyper, dels genom egen utveckling men även tillsammans med andra externa partners. Utvecklingen sker kring portabel elektronik som bärbara datorer och mindre enheter ner till 1,5 W. Tidigare har prototyper som "Sense Q35" tagits fram för att driva bärbara datorer på metanol. Nu satsar företaget på att använda vatten som drivmedel. Genom att låta en metall reagera med vatten kan vätgas genereras. Deras teknik sägs kunna driva en mobiltelefon (med normal samtalstid) i fem dagar. En färdig produkt förväntas kunna vara klar till 2010.

1.2.10 Seiko

Teknik: PEMFC

Seiko har utvecklat bränsleceller från 3-50 W för portabel elektronik som bärbara datorer och digitalkameror. Bränslet består av natriumborhydrid som reformeras till vätgas.

1.2.11 Sharp

Teknik: DMFC

Sharp driver DMFC-utvecklingsprojekt och presenterade i maj 2008 en prototyp som genererar 0,3 W/cc, vilket är en hög energidensitet från en så liten yta. Tekniken skall användas till bl a mobiltelefoner, PDAs och bärbara datorer.

1.2.12 Sony

Teknik: DMFC

Sony har tagit fram bränslecellsprototyper för mobiltelefoner. Prototypen genererar ca 3 W och är ungefär 50x30 mm stor och drivs på metanol. Tekniken är en hybrid med ett litiumpolymerbatteri.

1.2.13 STMicroelectronics

Teknik: PEMFC

STMicroelectronics är ett företag som ursprungligen tillverkar halvledare. Bolaget har sitt huvudkontor i Genève, Schweiz. Bolaget har under året byggt upp ett samarbete med French Atomic Energy Agency (CEA) som skall vara i fyra år. Fokus ligger på bränslecellsutveckling för användning som laddare till batterier i mobiltelefoner. Tillsammans har de presenterat en vätgasdriven bränslecell för mobiltelefoner som levererar ca 150 mW/cm². Man räknar med att kommersialisera produkten i slutet av 2009 eller i början på 2010 och. I framtiden siktar bolaget på att ta fram produkter med effekttätheter på uppemot 1 W/cm². Det finns också planer på att bränslecellsystem som kan byggas in i mobiltelefoner. Dessa system skulle så även innehålla ett litet Li-jonbatteri.

1.2.14 Toshiba

Teknik: DMFC

Toshiba är ett japanskt elektronikföretag som kontinuerligt utvecklar DMFC för portabla elektronikprodukter för konsumenter. I februari 2007 presenterades bl a en hörlursprototyp med DMFC teknologi och en inbyggd metanoltank som enligt bolaget kunde spela musik i 10 h på 5 ml metanol. I maj 2008 meddelade Toshiba att man planerar att marknadsintroducera sina första bränslecellsprodukter i mars 2009 i form av mobiltelefon tillbehör för uppladdning av ett Li-jon batteri. Toshiba har även designat en metanolpåfyllningsflaska som skall passa till alla deras portabla alternativ, samma flaskor skall kunna användas i datorer, mobiltelefoner, osv.

1.3 Bränsleföretag (några exempel)

1.3.1 Alvatec

Alvatec utvecklar ombordlagring och försörjning av vätgas till PEM bränsleceller. Utgångspunkten är olika metallegeringar i pulverform som utvecklar vätgas genom att reagera med vatten.

Webbadress: www.alvatec.com

1.3.2 Bio Coke Lab Co Ltd.

Använder bl a magnesiumhydrid tillsammans med vatten för att generera vätgas.

Webbadress: www.biocokelab.com

1.3.3 DMFCC

Direct Methanol Fuel Cell Corporation (DMFCC, dotterföretag till Viaspace) inriktar sig på tillverkning av metanolbehållare för bränsleceller. Bland deras samarbetspartners kan nämnas Antig.

Webbadress: www.viaspace.com/dmfcc.php

1.3.4 Hydrodevice Co Ltd.

Utvecklar vätgasgenerator som baseras på hydrolys av ett föraktiverat aluminiumpulver.

Webbadress: www.hydro-device.com/en/

1.3.5 JSW

Japan Steel Works utvecklar metallhydridmaterialtankar för lagring av vätgas.

Webbadress: www.jsw.co.jp/en/

1.3.6 BIC corporation

BiC Corporation utvecklar bränslekapslar/vätgasgeneratorer baserade på NaBH_4 teknologi. BiC har ett samarbete med ST Microelectronics.

Webbadress: www.bicworld.com