

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>Teknikbevakning av bränslecellsområdet</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska -	
Universitet/högskola/företag <b>Chalmers</b>	Avdelning/institution <b>SHC, Signaler och System</b>
Adress <b>41296 Göteborg</b>	
Namn på projektledare <b>Elna Holmberg</b>	
Namn på ev övriga projektdeltagare <b>Bertil Wahlund</b>	
Nyckelord: 5-7 st <b>Bränsleceller, teknikbevakning, MCFC, SOFC, PEFC, transport, stationär</b>	

## Förord

I syfte att koordinera teknikbevakning, samt sammanställa, analysera och sprida information om utvecklingen inom bränslecellsområdet till svenska intressenter, främst fordonsindustrin, finansierar Energimyndigheten ett projekt ”Teknikbevakning av bränslecellsområdet”. Projektet genomförs under 2014-2016 inom Svenskt el- och hybridfordonscentrum (SHC)/Emobility centre under ledning av Energiforsk.

Styrgruppen för projektet har bestått av följande ledamöter: Anders Hedebjörn och Stefan Bohatsch Volvo Cars, Annika Ahlberg-Tidblad Scania, Azra Selimovic och Johan Svenningstorp AB Volvo, Bengt Ridell Sweco Energuide, Göran Lindbergh SHC/KTH, Peter Smeds/Magnus Lindgren Trafikverket, Elna Holmberg SHC och Bertil Wahlund Energiforsk.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	2
Summary .....	2
Inledning/Bakgrund .....	3
Genomförande .....	3
Resultat .....	5
Resultat till uppsatta mål.....	5
Identifiering av projekt .....	6
Workshop 1 .....	6
Workshop 2.....	6
Öppen inbjudan att inkomma med projekt .....	6
Genomförande av respektive projekt.....	7
Resultatspridning .....	7
Konferenser.....	7

Projektrapporter .....	7
Nyhetsbrev OmEV .....	7
Arrangemang av workshop om forskningsstrategier för bränsleceller och vätgas .....	7
Genomförda projekt .....	8
Sammanfattning av händelseutveckling inom bränslecellsområdet .....	8
Diskussion.....	9
Ekonomi.....	10
Publikationslista.....	10
Sammanfattningar av genomförda projekt .....	10
Bilagor .....	17

## Sammanfattning

I projektet har ett flertal delprojekt bedrivits, i syfte att analysera och sprida information om utvecklingen inom bränslecellsområdet till svenska intressenter, för att hålla dessa ajour om utvecklingen i området. I projektet har olika relevanta och särskilt definierade frågeställningar studerats och analyserats.

Händelseutvecklingen inom området har varit stark och bränslecellstekniken börjar bli allt mer kommersiell och konkurrenskraftig, särskilt i Japan, Korea och USA. Bränslecellsfordon introduceras på marknaden och inom det stationära området så fortsätter volymen av sålda bränsleceller att öka. Bränsleceller för reservkraft ökar märkbart och det finns 10 000 bränslecellsdrivna gaffeltruckar som använder vätgas som bränsle. Den kraftigt expanderade marknaden är fortfarande beroende av statliga stöd.

Resultat har spridits till intressenter genom Om EV-nyhetsbrev, styrgruppsmöten, rapporter och en årlig konferens.

## Summary

The project consists of two different parts: coordination of fuel cell research activities in Sweden and sub-projects in order to analyse and disseminate information on developments in fuel cells technology, undertaken to keep Swedish stakeholders abreast of developments in the area. The project has studied and analysed different relevant and specifically defined issues.

The development in the field has been strong and fuel cell technology is becoming more commercial and competitive, especially in Japan, Korea and the United States. Fuel cell vehicles has been introduced in the market during the project and within the stationary area the volume of solid fuel cells continues to increase. Fuel cells for backup power increases significantly and there are 10,000 fuel cell-powered forklifts that use hydrogen as fuel. The expanding market is still dependent on government support.

Results in the project have been disseminated to stakeholders through an EV newsletter, steering committee meetings, reports, and an annual conference.

## Inledning/Bakgrund

Omvärlds- och teknikbevakning inom bränslecellsområdet har pågått sedan mitten av 1990-talet i olika former och upplägg. Huvudsyftet har hela tiden varit att intressenterna skulle kunna hålla sig ajour med pågående utveckling såväl inom landet som internationellt, och på så sätt bibehålla kompetens och få ett underlag för framtida FoU-satsningar.

Sverige har en stark fordonsindustri och bränslecellers relevans och användning i fordonsapplikationer ökar internationellt. Dessutom finns det idag flera svenska företag som tillverkar bränsleceller, ingående komponenter och material och/eller system, varav några är viktiga underleverantörer till ledande internationella bränslecellsproducenter. Potentialen för större och medelstora svenska industrier att få en roll på en växande global exportmarknad för bränsleceller är stor.

Under den senaste projektperioden har teknikbevakningen finansierats via separata anslag och beslut, så som FFI, och direkt från teknikbevakningsprojektet. För att kunna hålla samman och koordinera bevakningen, organiserades koordineringen inom SHC enligt Energimyndighetens önskan.

Energimyndigheten är projektets enda finansiär. Projektet har pågått oktober 2013-december 2016.

## Genomförande

Teknikbevakning av bränsleceller har genomförts inom SHC som ett eget projekt. Projektet har drivits och samordnats av en projektledare/koordinator från Energiforsk.

Projektet har haft en styrgrupp med representanter från SHC, seniora universitetsforskare och relevanta industriparter. Denna grupp har prioriterat och relevansbedömt inkomna projektförslag samt beslutat vilka projekt som ska genomföras inom ramen för teknikbevakningsprojektet. Styrgruppen har haft 18 protokollförda möten.

Styrgruppen har bestått av följande ledamöter: Anders Hedebjörn och Stefan Bohatsch Volvo Cars, Annika Ahlberg-Tidblad Scania, Azra Selimovic och Johan Svenningstorp AB Volvo, Bengt Ridell Sweco Energuide, Göran Lindbergh SHC/KTH, Peter Smeds/Magnus Lindgren Trafikverket, Elna Holmberg SHC och Bertil Wahlund Energiforsk.

Till projektet har även en bredare gruppering, teknikgruppen för bränsleceller, kopplats. Teknikgruppen fokuserar på ämnesfrågorna för bränslecellsteknik. Den bredare grupperingen ska främja kunskapsutbytet för bränsleceller i Sverige som mellan fordonsrelaterade och stationära tekniker och tillämpningar. I teknikgruppen berörs även andra bränslecellstekniker som kan ha anknytning till fordonsområdet. Den bredare grupperingen har haft fyra protokollförda möten.

För att identifiera projekt har teknikbevakningen arrangerat två workshops hållit en öppen inbjudan för projektförslag. Resultat har spridits genom konferenser, Om EV-nyhetsbrev och projektrapporter samt till styrgrupp vis styrgruppsmöten.

Ytterligare en workshop i syfte att samla in information till Energimyndighetens strategiska planering av sina framtida forskningsinsatser inom området bränsleceller och vätgas, har arrangerats av teknikbevakningsprojektet i samarbete med Energimyndigheten.

Aktiviteter beskrivs under resultat nedan.

## Resultat

### Resultat till uppsatta mål

Projektets mål är att koordinera, sammanställa, analysera och sprida information om utvecklingen av bränslecellsområdet till svenska intressenter. Målen och resultaten är redovisade i tabellen nedan.

Mål	Resultat
Arrangera regelbundna möten, som t.ex. för-möten till EU/JU- och IEA- möten och andra informations-och diskussionsmöten där information från konferenser, artiklar mm avhandlas.	18 protokollförda styrgruppsmöten och fyra protokollförda möten i en bredare gruppering har arrangerats.
Arrangera ett årligt seminarium och upp till två mindre arbetsseminarier fokuserade på specifika frågeställningar för ökat kunskapsutbyte.	Ett årligt större bränslecellsseminarium har arrangerats, där delprojekten redovisats. Till seminarierna har även ett antal externa föredragshållare bjudits in. Studiebesök har arrangerats i samband med seminarierna på vätastankstation och bränslecellsbil, MyFC:s produktionsanläggning.  Två workshops har arrangerats i syfte att initiera, katalysera och identifiera projektförslag. Ytterligare en workshop har arrangerats tillsammans med Energimyndigheten i syfte att samla information till Energimyndighetens arbete med strategier inom vätgas- och bränslecellsområdet.
Initiera ett till två bevakningsprojekt/år inom fordonsrelaterad bränslecellsteknik och tillämpningar.	Totalt har sju bevakningsprojekt initierats och genomförts. Utöver detta har två projekt för deltagande i IEA genomförts.
Initiera en till två förstudier/år inom fordonsrelaterad bränslecellsteknik och tillämpningar.	Totalt har fem förstudier initierats och genomförts.
Samordna de delar som omfattar omvärlds- och teknikbevakning inom de bränslecellsprojekt som Energimyndigheten finansierar.	Det har genomförts på så sätt att utförarna inom bränslecellsprojekteten har skrivit nyhetsbrev till Om EV, presenterat resultat vid seminarier och möten.
Sammanställa årliga syntesrapporter.	Varje år har synteser sammanställts, totalt tre stycken.

Mer beskrivande information om vad och hur projektet genomförts finns nedan.

## Identifiering av projekt

Identifiering av projekt har dels skett genom två workshops där ett flertal olika aktörer inom bränslecellsutveckling och användning deltagit, och dels genom öppna inbjudningar att inkomma med projekt.

### *Workshop 1*

En workshop ("match making workshop") har hållits i syfte att identifiera nya projekt kring ett antal i förväg definierade frågeställningar, samt hitta lämpliga utförare till dessa. Workshopen hölls på KTH 20 maj. Följande frågeställningar behandlades:

1. Fuels and infrastructure
2. System solutions and environmental benefits
3. Fuel cell technology
4. Society and behaviour

Nio projektförslag presenterades och fem projekt valdes ut för beställning.

### *Workshop 2*

En workshop hölls i anslutning till 2014 års konferens den 27 november på KTH. Tre i förväg definierade frågeställningar diskuterades:

1. Materialbaserad lagring av vätgas (dvs i andra system än gastuber). Hur ser säkerhetsaspekterna ut, vilken energitäthet ger olika system, vilka möjligheter erbjuder dessa system och vilka tekniska aspekter finns.
2. Bränsleceller som räckviddsförlängare. Vilka demonstrationer har gjorts, vilken typ av fordon är lämpliga (exempelvis distributionsfordon?).
3. Kombinationslösningar. Nytänkande kring hur bränsleceller kan kombineras med andra motorer eller system, exempel bränsleceller – bensinmotor, bränsleceller-batteri. Hur ser verkningsgraden ut i kombinationslösningar? Bränsleeffektivitet. Emissionsdata.

Vid mötet utsågs en ansvarig per frågeställning, med uppdraget att få tillstånd en projektansökan i respektive fråga. Som resultat formulerades ett projekt kring frågeställningarna 2 och 3; Drivlinekonfigurationer med bränsleceller, ett projekt som också beställts.

### *Öppen inbjudan att inkomma med projekt*

Projektet har gått ut med två öppen inbjudan att inkomma med projekt, som behandlas löpande i projektets styrgrupp, och beställts efter godkännande.

## Genomförande av respektive projekt

Efter beslutad finansiering har respektive projekt arbetat självständigt. I några fall har projektet rapporterat till teknikbevakningen styrgrupp under projektets gång. Samtliga projekt har dock sammanfattat resultaten för styrgruppen i samband med att projektet avslutades och godkändes.

## Resultatspridning

### *Konferenser*

Teknikbevakningsprojektet har arrangerat tre konferenser. Vid respektive konferensen har beställda projekt, Bengt Ridell/Sweco och de två bränslecellsprojekten inom FFI (Chalmers och KTH) redovisat resultat. Externa föredragshållare har även bjudits in, exempelvis Volvo, Sandvik, Powercell och Plansee för att ge industriperspektivet. Drygt 60 deltagare vid respektive konferens.

- 2014: 27 november på KTH. Konferensen kombinerades med en workshop (workshop 2 ovan).
- 2105: 3 december på Arlanda. Konferensen avslutades med ett studiebesök på den nya vätgastankstationen på Arlanda och visning av Hyundais bränslecellsbil ix35 FCEV.
- 2106: 29 november i Stockholm. Konferensen avslutades med ett studiebesök hos myFC.

### *Projektrapporter*

Respektive projekt som finansierats via teknikbevakningsprojektet har resulterat i en slutrapport, se publikationslista nedan, som publiceras på Energiforsks resp SHCs hemsidor.

### *Nyhetsbrev OmEV*

Särskilt relevanta bränslecellsnyheter har publicerats via nyhetsbrevet OmEV, exempelvis konferensbevakningar, refererat av teknikbevakningens konferens, sammanfattning av rapporter. Nyhetsbrevets redaktionsråd har avgjort vad som har varit relevant.

## Arrangemang av workshop om forskningsstrategier för bränsleceller och vätgas

I samverkan med Energimyndigheten, arrangerade teknikbevakningsprojektet en workshop i syfte att samla in information till Energimyndighetens strategiarbete för planering av sina framtida forskningsinsatser inom området bränsleceller och vätgas. Ca 35 deltagare från myndigheter, akademi och industri, verksamma inom bränslecells- och vätgasområdet, deltog. Workshopen hölls hos Energiforsk.

### Genomförda projekt

Teknikbevakningsprojektet har beställt och genomfört följande projekt som avrapporterats i projektrapporter för respektive projekt

Left over hydrogen quality and cost, SP, Anna Alexandersson,	200 kkr
Teknikbevakning SOFC 2014, inkl IEA, Energivetenskaper, Lunds Universitet, Martin Andersson/Bengt Sundén,	130 kkr
Syntesrapport 2014 - teknik och omvärldsbevakning bränsleceller, Grontmij, Bengt Ridell	100 kkr
Direct Ethanol Fuel Cells, Libergreen, Helena Berg,	50 kkr
Kravställning på kraftelektronik, Powercell, Andreas Bodén	100 kkr
LCC FCV, Hans Pohl, Viktoriainstitutet	128,75 kkr
Syntesrapport 2015 - teknik och omvärldsbevakning bränsleceller, Grontmij, Bengt Ridell/Hans Pohl, Viktoria	100 kkr
Konferensbevakning FCS 2015, Grontmij Bengt Ridell	50 kkr
Tunga truckar inom processindustrin, TFK, Angelica Treiber	225 kkr
Teknikbevakning SOFC 2015-2016 inkl IEA, Energivetenskaper, Lunds Universitet, Martin Andersson/Bengt Sundén	220 kkr
Drivlinekonfigurationer, Hans Pohl Viktoria/Anders Grauers, Chalmers	300 kkr
Bränslecellsdrivna lastcyklar, MdH, Anders Lundblad	94,5 kkr
Bränslecellers konkurrenskraft, Hans Pohl, Viktoriainstitutet, mfl	300 kkr
Syntesrapport 2016 - teknik och omvärldsbevakning bränsleceller, Grontmij, Bengt Ridell/Hans Pohl, Viktoria	40 kkr
Can fuel cells become a mass produced option globally for heavy duty trucks 2030+? An exploratory study, Magnus Karlström, Chalmers	270 kkr

### Sammanfattning av händelseutveckling inom bränslecellsområdet

Bränslecellstekniken börjar bli allt mer kommersiell och konkurrenskraftig, särskilt i Japan, Korea och USA. I Europa är Tyskland det klart ledande landet inom området. EU fortsätter sin finansiering av EU FCH JU2 som pågår under åren 2014 – 2020 med en budget på 1 350 MEUR, där halva budgeten finansieras av näringslivet. Inriktningen har blivit mer marknadsnära och projekten skall syfta till utveckling på nivån TRL 3 och högre. Grundläggande forskning får vända sig till andra utlysningar inom H2020.



De bränslecellsfordon som introduceras på marknaden; Toyota Mirai, Hyundai ix35 och Honda Clarity har alla prestanda och komfort som är helt konkurrenskraftig med konventionella bilar. Det största hindret för en bred marknadsintroduktion är produktion och distribution av vätgas som fordonsbränsle.

Inom det stationära området så ökar volymen av sålda bränsleceller och det finns idag många anläggningar i multi-MW klass varav ca en tredjedel drivs med biogas. I Japan finns det mer än 150 000 installerade bränsleceller i merparten är PEFC men 11 000 är högtemperatur bränsleceller av SOFC-typ. De japanska företagen har nu stor erfarenhet av tillverkning, installation och drift och underhåll av bränsleceller, vilket har gjort att de har expanderat kraftigt på exportmarknaden, de har levererat stackar till de större projekten i Europa bland annat Enefield.

Bränsleceller för reservkraft ökar märkbart och i Nordamerika finns det i cirka 10 000 bränslecellsdrivna gaffeltruckar som använder vätgas som bränsle. Den kraftigt expanderade marknaden är fortfarande beroende av statliga stöd.

Ur svenskt perspektiv är bränslecellstekniken idag främst viktig för exportindustrin. Det finns flera aktiva svenska företag som är framgångsrika på exportmarknaden som Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact och även myFC. Det är viktigt att experter i Sverige är aktiva inom teknikbevakning av området för att stödja exportföretagen och för att kunna bedöma när en större bredare marknadsintroduktion av tekniken kan komma.

## Diskussion

En teknikbevakning gör det möjligt för aktörer att hålla sig ajour med teknik- och marknadsutvecklingen inom området.

Under projektets period har utvecklingen globalt varit stark och svenska företag har fått ett ökat intresse för bränsleceller och dess tillämpningar. Vidare har kopplingar och samarbete mellan akademien, konsulter och företag, framförallt fordonsföretagen utvecklats och stärkts. Bränsleceller har fått ökat fokus inom SHC/Emobility centre och blivit ett eget temaområde. Bevakningen och engagemangen från industrin har ökat möjligheten för intressenterna att påverka forsknings- och teknikbevakningsfrågornas inriktning. Projektet har utgjort en kontaktyta, ett forum, där olika bränslecellsaktörer både från utförarsidan och industrin, har kunnat mötas. Bland annat har mötet resulterat i bevakningsprojekt med särskilt intresse från industrin (bränslecellers konkurrenskraft, drivlinjer är två exempel). Industrin framhåller vikten av nätverkande, informationsspridning, objektivitet och realism, genom informationsinsamling följt av syntes och analys för att skapa en korrekt, realistisk och uppdaterad bild av teknikläget samt stödja utvecklingen av kunskapskapande samarbeten och nätverk.

Fordonsföretag lyfter dessutom att teknikbevakningsprojektet täcker bevakning på ett jättebra sätt. Gruppen lyckats med att samla relevanta forskningsaktörer på ett

bra sätt, och fordonsföretag är mycket engagerade. Gruppen är den mest relevanta och bedömningen är att plattformen är bra att verka utifrån.

Det är viktigt att fortsätta bevaka utvecklingen inom bränslecellsområdet och bredda till att omfatta alla applikationsområden eftersom svensk industri är aktiv i alla områden och den internationella utvecklingen är stark. Industrin har funnit det viktigt och relevant med objektiv, realistisk och uppdaterad bild av forsknings- och utvecklingsläget inom området.

## Ekonomi

En separat ekonomisk rapport skickas till myndigheten. Projektet har i princip gått som planerat. Projektet beviljades 3 831 000 kr och utfallet är 3 831 050 kr. Kostnaderna mellan olika kostnadsslag skiljer sig dock i vissa fall från den uppskattade fördelningen vid ansökan. Detta kommenteras i den ekonomiska redovisningen.

## Publikationslista

Samtliga studier och förstudier inom projektet redovisar sina resultat i en skriftlig rapport. Dessa finns publicerade och fritt nedladdningsbara på Energiforsks webbplats för bränslecellsbevakningen

<http://www.energiforsk.se/program/teknikbevakning-bransleceller>, i SHCs dokumentbibliotek

<https://secure.webforum.com/hybridfordonscentrum/doc/?dfRefID=148> och på SHC:s webbplats [www.hybridfordonscentrum.se](http://www.hybridfordonscentrum.se). Rapporterna har samman namn som projekten listade ovan.

## Sammanfattningar av genomförda projekt

### Syntesrapport – teknik och omvärldsbevakning bränsleceller

Energiforskrapport 2015:129

Denna rapport är en syntes och analys av olika aktuella svenska och internationella rapporter angående status för bränslecellsteknik. Om bränsleceller kommer att ha ett stort kommersiellt genombrott eller inte har diskuterats under lång tid. I vissa delar av världen förekommer redan nu flera betydande genombrott mot kommersialisering. I Japan finns sedan september 2014 mer än 100 000 stationära bränsleceller installerade i byggnader och globalt har flera tusen bränsleceller installerats i olika reservkraftsanläggningar. Ett annat viktigt växande område för bränsleceller är gaffeltruckar som nu överstiger 7000 i USA och Kanada. I USA använder många större företag bränsleceller i multi-MW klass för kraftvärme med biogas och som reservkraftanläggningar.

Transportsidan har ännu inte visat på några betydande volymökningar. Det beror på att de bränslecellsfordon, bilar och bussar, som har levererats främst är avsedda för demonstrationsprojekt. Här kommer vi med stor sannolikhet se en ökning under de kommande åren när större serier från Hyundai och Toyota och andra kommer ut på marknaden. Det finns också flera planerade projekt för bränslecellsbussar i Europa.

För Sverige är det viktigt att svenskt näringsliv får information och förutsättningar så att de tidigt kan delta på världsmarknaden och leverera produkter, kunskap och material till de olika marknader och leverantörer där tekniken utvecklas.

### **Technology review – Solid Oxide Fuel Cell**

Energiforskrapport 2015:136

Det är främst inom specifika nischmarknader, t.ex. lokal kraftgenerering till datacenter, småskalig kraftvärme för enskilda hushåll samt för militära ändamål där SOFC-system är tillgängliga i dag. Den framtida potentialen är stor inom nämnda områden och även för t.ex. distribuerad kraftgenerering i MW-skala samt för APUer (och i vissa fall även för framdrivning) i lastbilar och andra fordon.

Två projekt inom den europeiska forskningsfinansieringen fokuserar på SOFC "ombord" fordon, d.v.s. DESTA och SAFARI-projekten. Det svenska deltagandet består av Volvo, som har deltagit i DESTA. Exempel på fordonsföretag som arbetar med SOFC-utveckling är: AVL, Eberspächer och Elcogen i Europa, samt Delphi, Protonex och Ultra Electronics AMI i Nordamerika.

Det är intressant att jämföra utvecklingen av småskalig kraftvärme (särskilt i Japan) med APU marknaden, d.v.s. kommersialisering av PEMFC startade ca 5 år innan kommersialiseringen SOFC och en nischmarknad för SOFC uppstår när elverkningsgraden blir viktigare. En elverkningsgrad 10 procentenheter högre för ett SOFC-system jämfört med ett PEMFC-system kan förväntas. En elektrisk verkningsgrad på 60 % för ett SOFC-system (CFCL och ett system så litet som 1,5 kW) har uppnåtts jämfört med upp till 70 % i labb-skala. Dessa siffror för elverkningsgraden kan jämföras med dieselmotorn (för vägfordon), där en maximal verkningsgrad om 48 % (världsrekord är 54,4 %) för en optimal belastning är möjlig. Det bör noteras att både dieselmotorn och SOFC-systemet för framdrivning vinner betydande elverkningsgrad från en hybridisering, d.v.s. kan motorn eller bränslecellen arbeta på en optimal belastning och eventuellt överskott (eller brist) kan då lagras i batteriet.

Både Topsoe Fuel Cells och CFCL har nyligen avbrutit deras respektive SOFC verksamhet. Författarna ser detta som en följd av den ekonomiska "valley-of-death", d.v.s. produkten var där, men betydande ekonomiska resurser hade behövs för att få produkterna ut på marknaden.

NASA:s SOFC-forskning är mycket långt ifrån någon kommersiell tillämpning. Det är dock lovande för framtida produktutveckling av SOFC-teknologin att NASA tror på tekniken. På samma sätt är det för GEs SOFC-aktiviteter, som till

en början inte är ämnade för fordonsindustrin, men när en av världens största företag startar sin SOFC-forskning, är det klart att de tror starkt på teknologin.

## **DIRECT ETHANOL FUEL CELLS: ETHANOL FOR OUR FUTURE FUEL CELLS?**

Energiforskrappport 2015:137

Bränsleceller baserade på etanol som bränsle är en möjlig framtida teknologi för fordonsapplikationer. Den mest attraktiva tekniska bränslecellslösningen för fordon är baserad på direkt-etanolbränsleceller (DEFC) med alkaliska membran, AAEM, vilket möjliggör användandet av platina-fria katalysatorer. Även den potentiellt höga verkningsgraden gör DEFC-konceptet attraktivt, men avsaknaden av testade celler och prototyper för fordon gör att en viss skepsis inför konceptet existerar.

Syftet med denna förstudie var främst att kritiskt identifiera potentialen för DEFC:s och sammanställa 'state of the art' för teknologin ur ett fordonsperspektiv. Det finns era frågeställningar som bör klargöras för att teknologin ska kunna skalas upp för fordonsapplikationer; frågeställningar som framförallt rör material, cell och systemlösningar för DEFC i sig självt, men även med avseende på bränsle och jämförande studier med konkurrerande teknologier

## **Kostnadsutveckling för bränslecellsfordon**

Energiforskrappport 2015:166

Kostnaderna för att köpa, äga och använda bränslecellsfordon är avgörande för om denna elektrifierade fordonstyp ska ha en möjlighet på marknaden.

Den här rapporten ger en bra översikt av marknadsutvecklingen med fokus på de delar i fordonet som är unika för bränslecelldrivna fordon, det vill säga bränslecellssystemet och vätgastanken. Här skärskådas dussintalet kostnadsanalyser och i rapporten redogörs för en intervju med den biltillverkare som var först med ett större antal fordon på marknaden, nämligen Hyundai.

Resultaten visar att kostnaden för hela drivlinan varierar mellan 10 000 och 22 500 USD, om man antar att tillverkningsvolymen är stor. Det skulle betyda att kostnaden för ett fordon skulle ligga i spannet 21 000 – 33 500 USD.

Det visar sig också att när biltillverkarna med Hyundai, Toyota och Honda i spetsen nu börjar sälja bränslecellsfordon blir det allt svårare att göra kostnadsanalyser av det slag som har granskats här. Därför föreslås alternativa metoder som att bevaka prisutvecklingen på marknaden, att köpa in och plocka isär marknadsledande fordon eller att genomföra upphandlingar av hela fordon eller delsystem.

I en grov jämförelse mellan fordon som drivs med batterier respektive bränsleceller ligger kostnaden år 2020 ungefär lika vid en batteristorlek på 30 kWh.

### **ANALYSIS OF HYDROGEN QUALITY – According to standard ISO/DIS 14687-2**

Energiforskrappport 2015:177

Kvalitet på ren vätgas ställs enligt de två standarderna: ISO 14687-2 och ISO 14687-3.

Projektet valde att fokusera på standarden ISO 14687-2 då denna kräver högre renhet och har större krav på noggrannhet. Rapporten presenterar de mätmetoder som utvecklats för att kunna utföra mätningar enligt standarden. En utmaning var att denna standard har extremt låga detektionsnivåer, vilket gör att det krävs extrema åtgärder för att nå dessa gränser. I slutet av rapporten återfinns en kort diskussion om pris för vätgas sprunget ur industrins överskottsvätgas. Siffrorna är en fingervisning att det finns potential att sänka bränslekostnaden för bränslecellsbilar i Sverige.

### **Kravställning av kraftelektronik för användning av bränsleceller i elektriska fordon**

Energiforskrappport 2015:211

Vilken typ av högspänningsomvandlare behövs i framtidens bränslecellssystem hos elektriska fordon? Den här förstudien har tagit fram en teknisk specifikation för en högspänningsomvandlare, så kallad DC/DC, för att använda tillsammans med ett bränslecellssystem i elfordon.

Resultatet visar att specifikationen inte har egenskaper som gör den speciellt unik eller krånglig, ingående och utgående spänningsnivåer skiljer sig från de enheter som finns på marknaden och den hårdvara som är utvecklad för elbilar och laddhybrider. Denna kunskap är viktig för de som utvecklar bränslecellssystem för elektriska fordon, fordonsutvecklare och företag som utvecklar och tillverkar kraftelektronik.

### **SYNTESRAPPORT TEKNIK OCH OMVÄRLDSBEVAKNING BRÄNSLECELLER 2015**

Energiforskrappport 2016:285

I denna rapport beskrivs svenska bränslecellsprojekt med statlig finansiering. Redovisningen omfattar också den verksamhet som bedrivs inom International Energy Agency, IEA.

Tekniken för bränsleceller börjar bli allt mer kommersiell och konkurrenskraftig. De mest aktiva länderna är Japan, Korea, Tyskland och USA. Personbilar med bränsleceller på marknaden har prestanda och komfort som håller samma standard som konventionella bilar. Det är i dag märkena Toyota Mirai, Hyundai ix35 och Honda Clarity. Inom området stationära bränsleceller finns det nu många biogasdrivna anläggningar av klassen multimegawatt för kraftvärmeproduktion och mindre som reservkraftanläggningar. I Japan finns det drygt 150 000 småskaliga stationära bränsleceller installerade i bostäder. EU fortsätter att satsa stort på bränslecellsområdet, där forsknings- och demonstrationsprogrammet EU FCH JU2 pågår under åren 2014 – 2020 med en budget på 1 350 MEURO. Företag i Sverige som arbetar med bränsleceller idag är exempelvis Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact och myFC. Även fordonsindustrin visar ökande intresse.

Det är viktigt med teknikbevakning inom området för att stödja exportföretagen och för att kunna bedöma behoven av insatser inom forskning, utveckling och marknadsintroduktion.

### **Konferensbevakning av Fuel Cell Seminar 2015**

Energiforskrappport 2016:271

Fuel Cell Seminar är en årlig konferens arrangerad av Department of Energy i USA, som täcker hela bränslecellsområdet: teknik- och marknadsfrågor för transportsidan, stationära och portabla system. I år hölls den i Los Angeles den 16-18 november 2015.

Sverige hade ett flertal deltagare på konferensen som Sandvik, Impact coating, Cell Impact och AP & T från Ulricehamn. Sveriges stora intresse för bränslecellsteknik berör främst exportindustrin.

De tekniskt konkurrenskraftiga bränslecellsbilarna Hyundai och Toyota Mirai deltog och var tillgängliga för provkörning. Honda kommer under 2016 att introducera nya Honda Clarity. Det var förvånansvärt tyst från flera biltillverkare, Mercedes-Daimler, VW, BMW, Nissan, Audi m fl, som tidigare har aviserat att de utvecklar FCV. Tunga fordon drivna med vätgas berördes. De kommer i första hand att användas på hamnområden och för kortare landsvägstransporter.

Japan som är ledande av utveckling av små stationära system har cirka 140 000 bränslecellssystem installerade. De japanska stacktillverkarna Panasonic, Toshiba och AISIN har ingått flera samarbeten med systemtillverkare i Europa.

SECA, SOFC-programmet i USA, ska påbörja byggandet av 400 kWe SOFC-stackar, vilket kan bli ett stort steg framåt för SOFC-tekniken.

## **Potential för bränslecellsdrift av tunga truckar**

Energiforskrappport 2016:335

I denna förstudie har potentialen för bränslecellsdrift av tunga truckar inom processindustrin undersökts. Processindustrin står för en stor andel av koldioxidutsläppen i Sverige samtidigt som det inom processindustrin förekommer en omfattande samt energikrävande intern transport- och logistikverksamhet. Inom processindustrin genereras även stora mängder överskottsenergi i form av värme och ånga, samt olika gasfraktioner, däribland vätgas, som idag återanvänds i begränsad omfattning.

Förstudien indikerar att det finns potential att vid ett flertal processindustrier producera eller utvinna en tillräcklig mängd vätgas för att driva verksamhetens tunga truckar om dessa förses med elektrisk drivlina och bränsleceller. En övergång från dieseldrift till vätgasdrift uppskattas medföra en energibesparing på 30 % och en reducering av koldioxidutsläppen med 80 %. En utmaning inför en omställning från dieseldrift till vätgasdrift är att dagens tunga truckar och maskiner saknar elektrisk drivlina. Vidare bedöms investeringskostnaderna, främst för vätgastankanläggningar, utgöra ett hinder för en övergång till vätgasdrift.

## **Rapporter ej ännu publicerade**

### **Bränslecellsdrivna lastcyklar**

Energiforskrappport 2017:XXX

Denna förstudie undersöker om bränslecellsystem kan vara attraktiva för extrakraft till lastcyklar. Studien visar att behovet av öka lastcykelns räckvidd är litet, men att bränsleceller är intressanta för kafécyklar med behov av extraström eller för kyltransporter. Förstudien har resulterat i ett designförslag för en fyrhjulig lastcykel där ett bränslecellssystem har integrerats.

## **Technology review – Solid Oxide Fuel Cell**

Energiforskrappport 2017:XXX

Denna rapport beskriver nuvarande status samt nödvändig utveckling och nödvändiga genombrytningar som krävs för att SOFC (fastoxidbränslecellen) ska kunna bli relevant för fordonstillämpningar.

Den stora fördelen med SOFC är den höga elektriska verkningsgraden, 60 % (LHV) är möjligt för ett så litet system som 1,5 kW (Solid Power), vilket kan jämföras med 72,5 % (LHV) för ett 200 kW system som utvecklas hos SOFCMAN i Kina.

Antalet företag som utvecklar flera bränslecellstekniker parallellt ökat. Vidare demonstreras olika bränslecellstekniker parallellt i flera offentligt finansierade program. Antalet samarbeten i bränslecellsbranschen ökar stadigt, exempelvis samarbetar Panasonic och Viesmann, Toshiba med BDR Thermea och Aisin med Bosch. Daimler och Ford samarbetar genom deras joint-venture AFCC-Auto. Honda och GM utvecklar gemensamt bränsleceller. Honda samarbetar även med SOFC-utvecklaren Ceres Power. VW arbetar tillsammans med Ballard.

### **Drivlinekonfigurationer**

Energiforskrappport 2017:XXX

Dominerande drivlinelösning med bränsleceller fram till 2017 i bilar och bussar är hybrider, dvs. fordon som huvudsakligen drivs med el från vätgasdrivna bränsleceller med batteripaket som effektbuffert. Bränslecellsfordonen på marknaden är i breda kundsegment. Analysen i indikerar dock att det är troligt att kommande modeller primärt kommer att vara i de lyxigare segmenten.

Totalkostnadsanalysen för olika drivlinor visar på en karaktärsskillnad i hur kostnaden för bränslecellsfordon och batterifordon varierar i förhållande till dimensionerna räckvidd per tank och total körsträcka under fordonets livslängd. Det är tydligt att batteridrift är bäst när räckviddskraven är måttliga och den totala körsträckan är lång. Detta står i kontrast till gängse uppfattning som är att batteridrift är lämpligt för små fordon som inte kör så långt.

Förbränningsmotorfordonet med biodiesel är i kraft av sin låga investeringskostnad är attraktivast för tillämpningar med kort och måttlig körsträcka under fordonets livstid. Krävs lång total körsträcka och hyfsad räckvidd per tank (eller laddning) blir batterifordon med bränsleceller som räckviddsförlängare ekonomiskt attraktivast. Tillämpningsområdet sträcker sig ner till att tangera den stora bulken av personbilar idag, dvs. fordon som totalt körs cirka 20 000 mil och har en räckvidd på minst 50 mil. Detta resultat är i princip i linje med hur bränslecellsdrift brukar positioneras.

### **Bränslecellers konkurrenskraft**

Energiforskrappport 2017:XXX

Projektet adresserar förutsättningarna för drivlinor med bränsleceller att vara konkurrenskraftiga jämfört med andra drivlinealternativ. Resultatet av policystudien visar på stor skillnad mellan olika länders sätt att påverka fordonens egenskaper. Bland de specifika aspekterna för vätgasdrivna bränslecellsfordon analyseras regelverket för distribution, lagring och användning av vätgas med resultatet att utöver säkerhetsavstånd och liknande är begränsningarna normalt sett små.



Rent tekniskt noterar studien att det för kommersiella fordon ofta är mycket höga krav på räckvidd. En studie visar att tankvolymen för flytande vätgas måste vara cirka fyra gånger så stor som den för (bio)diesel för att lastbilen ska få samma räckvidd. Stadsbussar har under många år betonats som lämpliga för bränslecellsdrift. På senare tid har dock batterilösningar med frekvent laddning lyfts fram tack vare låg totalkostnad.

Fordonstillverkarnas agerande och teknikval diskuteras. Några biltillverkare (Hyundai, Toyota och Honda) har valt att tillverka och sälja fordon redan medan de andra stora tillverkarna avvaktar. Då flertalet stora tillverkare ingår i något av de samarbeten som finns kring bränslecellstekniken kan det vara ett sätt för övriga att begränsa risken utan att ta kostnaderna för marknadsintroduktion. En slutsats är att när de stora OEMerna gör bränslecellsbusar återanvänds systemen från personbilarna i stor utsträckning. En annan slutsats är att även om hybridlösningar med små effektbatterier än så länge är det som finns på vägarna så verkar andra lösningar med större externt laddbara batterier röna ökat intresse.

### **Syntesrapport 2016 – teknik och omvärldsbevakning bränsleceller**

Kommer att genomföras och redovisas under kommande etapp av projektet.

## **Bilagor**

Administrativ bilaga