

Vätgasens historia i Sverige
Aktörer och aktiviteter inom vätgas- och bränslecells-
området mellan 1960 och 2005

HANNA JÖNSSON

Institutionen för Energi och miljö
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2006

Vätgasens historia i Sverige

Aktörer och aktiviteter inom vätgas- och bränslecellsområdet mellan 1960 och 2005

HANNA JÖNSSON

© Hanna Jönsson, 2006

ESA-rapport 2006:1

ISSN 1404-8167

Institutionen för Energi och miljö
Avdelningen för Miljösystemanalys
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-412 96 GÖTEBORG

Telefon: +46 (0)31-772 1000

URL: <http://www.esa.chalmers.se>

Chalmers Reproservice
Göteborg 2006

Abstract

Higher oil prices, climate changes and problems with poor local air quality is leading to an intensified debate on alternative fuels. Hydrogen is one of them. In Sweden the history of hydrogen can be traced several decades back, but the different activities have until now never been surveyed and documented.

The objective of this study was to describe and raise awareness of activities and actors in the field of hydrogen and fuel cells in Sweden between 1960 and 2005, focusing on hydrogen as an alternative fuel for vehicles. Through historical studies of how new technologies have been perceived, considered, developed and introduced, new knowledge about the dynamics of that kind of processes can be created. A look back in time can help us notice that what is happening today, in many ways are steps in a process that started many decades ago. Hence, the lessons learnt from successful and “failed” projects can be transferred to the actors of current or future hydrogen projects or activities.

During the study, planned and completed activities have been identified and described, e.g. technology survey, research, development work, demonstrations and building of contact networks, together with involved actors and individuals. The investigation was based on literature studies and interviews with more than 25 persons that have been working in the field during the period.

The result of the study shows that the hydrogen history in Sweden is long and that there have been many activities during the years, even if the level of interest has varied. There was an interest in hydrogen vehicles already in the 60's when ASEA carried out a fuel cell R&D programme and was one of the leading companies in the world. The competence from ASEA was later transferred to the Royal Institute of Technology, which has been one of the key players in the history. The Swedish Government started to support hydrogen activities in 1975 when the first energy research programme started, as a result of the oil crisis. The main activities then were technology surveys, international collaboration and research projects. There has been research on both production and storage technologies, as well as the use of hydrogen in either vehicles with combustion engines or fuel cells. The first hydrogen fueled car was demonstrated in 1985 in Härnösand, on the initiative of a local entrepreneur. This was followed by initiatives in several other cities to demonstrate bus fleets for public transportation. The Government supported some

pre-studies, but none of the projects were realized. During the 70's and 80's the focus was on hydrogen powered combustion engines. The interest in fuel cell vehicles started to increase at the end of the 90's, as it did in many other countries. At that time some large fuel cell programmes were initiated, based on the Swedish competence that had been built up during many years of research. As a result two fuel cell companies were founded. The increased interest at this time also resulted in that demonstrations were planned in several cities, e.g. Sundsvall, Malmö, Göteborg, Visby, Stockholm and Karlstad. Two of the projects have been realized. The first was located to Malmö where the first Swedish hydrogen refueling station was inaugurated in 2003 and a hythane bus fleet has been demonstrated since then. The second was the CUTE-project in Stockholm where the first fuel cell busses were demonstrated during 2003-2005.

Some reflections can be made on the Swedish hydrogen history. (1) There have been activities in the field during at least 45 years. (2) Most of the activities can be characterized as technology studies or research, while there have not been so many demonstrations. (3) In most cases the first initiative to demonstrate vehicles have come from small local actors, while the majority of projects that have been realized have been strongly supported by large actors. (4) Several times there have been very high expectations from the project participants on the potential of hydrogen as an economically competitive fuel. These projects would probably have had a better chance of succeeding if smaller fleets had been investigated. (5) The amount of actors in the field has been limited and the most of them know each other. Therefore it might have been hard for new actors to enter the network. (6) The Swedish Government has on several occasions defined hydrogen as a fuel interesting only in a longer timeframe. That may have contributed to a situation where it has been difficult for the authorities and companies to make priorities and long term commitments.

Sammanfattning

Höjda oljepriser, hot om klimatförändringar och problem med lokala luftföroreningar bidrar till en ökad diskussion om alternativa drivmedel. Vätgas är ett av dem. I Sverige kan vätgasens historia spåras många årtionden tillbaka i tiden, men det har aldrig tidigare gjorts någon dokumenterad sammanställning av den verksamhet som har bedrivits under åren.

Syftet med studien har varit att kartlägga och öka kunskapen om aktiviteter och aktörer inom vätgas- och bränslecellsområdet i Sverige mellan 1960 och 2005, med fokus på vätgas som drivmedel för vägfordon. Genom att studera hur nya teknologier har betraktats, utvecklats och tillämpats samt skildra olika händelser i historien, går det att skapa lärdomar om dynamiken i den typen av utvecklingsprocesser. En historisk tillbakablick kan hjälpa oss se att det som sker i dag på flera sätt är steg på vägen i en process som sattes igång för 45 år sedan. Samtidigt kan lärdomar från lyckade och ”misslyckade” projekt överföras till aktörer som deltar i pågående och kommande vätgasprojekt och satsningar.

Kartläggningsarbetet har bestått av att identifiera och beskriva olika aktiviteter som har genomförts eller planerats t.ex. teknikbevakning, forskning, utveckling, demonstration och nätverksbyggande, samt de aktörsgrupper och individer som har varit involverade. Undersökningen har baserats på litteraturstudier och intervjuer med drygt 25 personer som har arbetat med frågor relaterade till vätgas och bränsleceller under perioden.

Resultatet visar att vätgasen har en lång historia i Sverige och att det har hänt en hel del under åren, även om intresset har varierat i styrka. Under 60-talet fanns ett intresse för vätgasdrivna fordon i samband med att ASEA genomförde ett stort bränslecellsprogram och var bland de främsta i världen inom området. Mycket av kompetensen från ASEA flyttades senare över till KTH, som varit en av flera nyckelaktörer i historia. De första statligt stödda vätgasprojekten startade 1975 när det första energiforskningsprogrammet inleddes som en följd av oljekrisen. Det rörde sig då om teknikbevakning, medverkan i internationella vätgassamarbeten och forskningsverksamhet. Forskningen har genom åren inriktats på såväl olika produktions- och lagringsmetoder som på användningen av vätgas i antingen motordrivna fordon eller bränslecellsfordon. 1985 demonstrerades den första vätgasbilen i Härnösand på initiativ från en lokal entreprenör. Det följdes av initiativ att demonstrera vätgasdrivna bussflottor för kollektivtrafik i bl.a. Karlstad, Uppsala och Sundsvall. I två av fallen beviljades statliga medel till förstudier men inget av projekten kom så långt att några fordon demonstrerades. Under 70- och

80-talet låg fokus på fordon med förbränningsmotorer. Det svenska intresset för bränslecellsfordon ökade i slutet av 90-talet, precis som i många andra länder. Då startades flera stora forskningsprogram upp. Det kunde ske tack vare att det fanns en beredskap och kompetens hos svenska aktörer, som byggts upp under många års forskning från 60-talet och framåt. Som ett resultat bildades bl.a. två svenska bränslecellstillverkare. Det ökade intresset följdes också av nya initiativ till demonstrationsprojekt i bl.a. Sundsvall, Malmö, Göteborg, Visby, Stockholm och Värmland. Två av projekten hade genomförts 2005. Det var Malmös hytanbussprojekt inom vilket den första svenska vätgastankstationen invigdes 2003 samt CUTE-projektet i Stockholm inom vilket de första bränslecellsbussarna demonstrerades 2003-2005.

Flera reflektioner har gjorts över händelser och trender i vätgasens historia i Sverige. (1) Det har hänt en hel del under de senaste 45 åren som varit relaterat till vätgas som drivmedel för vägfordon. (2) De flesta aktiviteter som ägt rum har haft karaktären av forskningsverksamhet och teknikbevakning, medan antalet demonstrationsprojekt varit lågt. Detta har troligtvis påverkat vätgasens position, eftersom demonstrationsprojekt är ett viktigt steg på vägen mellan forskning och marknadsintroduktion. (3) Det har oftast varit lokala mindre aktörer som tagit initiativ till demonstrationsprojekten, även om det i majoriteten av fallen med genomförda projekt funnits stora aktörer bakom projekten. (4) Vid flera tillfällen har projektdeltagarna haft väldigt höga förväntningar på vätgasens potential och kommersiella konkurrenskraft. Några av projekten skulle antagligen ha haft bättre förutsättning att lyckas om mindre fordonsflottor studerats. (5) Mängden aktörer som varit verksamma inom vätgas- och bränslecellsområdet under perioden har varit relativt begränsad, vilket bidragit till att de flesta känner varandra. Det kan ha försvårat för nya aktörer att komma in i nätverket. (6) Från statligt håll har vätgas upprepade gånger målats upp som ett alternativ som är aktuellt först på längre sikt. Det kan ha bidragit till att det varit svårt för myndigheter och företag att prioritera och våga satsa långsiktigt.

Förord

Rapporten du håller i din hand innehåller en skildring av den svenska historien om vätgas som drivmedel och energibärare. Under arbetets gång har jag flera gånger fått kommentaren att det inte borde ta så lång tid att sammanställa denna historia, eftersom det inte har hänt någonting. Men nu när rapporten är klar, kan jag berätta att det faktiskt har hänt en hel del.

Historieskildringen har genomförts inom ramen för ett forskningsprojekt på Chalmers. Syftet med det projektet var att studera utvecklingen av den svenska transport- och energisektorn samt att utarbeta ny metodik för värdering av teknikutvecklingsvägar. Inom projektet kartlades och analyserades den svenska historien om alternativa drivmedel för vägfordon. Projektledare var docent Björn Sandén vid avdelningen för Miljösystemanalys, Institutionen för Energi och miljö. Inom projektet ansvarade jag för den del som gick ut på att kartlägga aktörer och aktiviteter inom vätgas- och bränslecellsområdet. Huvuddelen av kartlägningsarbetet utfördes under perioden september 2004 till februari 2005. För att kunna färdigställa rapporten har arbetet därefter fortsatt under min nuvarande anställning som projektkoordinator för samverkansprojektet SamVäte i Väst som ETC Battery and FuelCells Sweden AB i Ale kommun är värd för.

Forskningsprojektet har finansierats av Statens Energimyndighet, Göteborgs Energis Forskningsstiftelse, CPM - Centrum för produktrelaterad miljöanalys och Chalmers Miljöinitiativ. SamVäte i Väst finansieras av Västra Götalandsregionens Miljönämnd. Jag vill rikta ett stort tack till samtliga finansiärer.

Jag vill också tacka alla som ställt upp i intervjuer och delat med sig av ”sin vätgashistoria”. Det har varit både spännande och inspirerande att ta del av era erfarenheter och jag tackar för all värdefull information och alla tips om projekt, litteratur och personer att kontakta.

Min förhoppning är att denna rapport kan bidra till att fler personer får kännedom om de projekt och andra vätgasaktiviteter som ägt rum i Sverige under åren. Därmed underlättas för dem som jobbar inom området i dag att lära av historien och dra nytta av det i pågående och kommande vätgasprojekt och satsningar. *Don't repeat old mistakes, make new ones!*

Göteborg, juni 2006

Hanna Jönsson

Förkortningar och begreppsförklaring

AFC	Alkalisk bränslecell där elektrolyten huvudsakligen består av kaliumhydroxid. Arbetstemperaturen är 50-200°C. AFC är den bränslecell som tidigt användes i amerikanska rymdfarkoster.
APU	Auxiliary Power Unit. Hjälpaggregat som producerar extra kraft till en annan energiomvandlare, till exempel till ett fläktsystem i en bil.
Bränslecell	En elektrokemisk energiomvandlare som kan användas för att omvandla vätgas eller annan energibärare till elektricitet och värme på ett effektivt sätt. När många celler seriekopplas för att höja effekten kallas det bränslecellstack. Det finns olika typer av bränsleceller med olika egenskaper. De brukar betecknas efter typ av elektrolyt och delas ibland in i låg- respektive högtemperaturbränsleceller.
DME	Dimetyleter, alternativt fordonsbränsle för dieselmotorer.
DMFC	Direktmetanolbränslecell. En variant av PEM-bränslecellen där metanol används direkt som bränsle utan att reformeras till vätgas. Arbetstemperaturen är 50-100°C. Troliga användningsområden är portabla datorer och mobiltelefoner.
EFN	Energiforskningsnämnden (1982-1990)
Energibärare	Ämne eller fysik process som används för att transportera eller lagra energi. Elektricitet är en energibärare eftersom omvandlingen till el i exempelvis ett vattenkraftverk möjliggör att vattenfallets energi kan transporteras och utnyttjas av avlägsna konsumenter. Andra exempel är kol, olja, naturgas och vätgas.
EU	Europeiska Unionen, bildades 1993 som en vidareutveckling av samarbetet inom Europeiska Gemenskaperna (EG).
FP	Framework Programme (ramprogram). Ramprogrammen är EU:s viktigaste kanal för fördelning av stöd till forskning.
H ₂	Kemisk beteckning för vätgas.
HFP	European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform (2003-). Rådgivande organ för EU:s satsningar inom vätgas och bränsleceller.
IEA	International Energy Agency (1974-). OECD-ländernas gemensamma organisation för energifrågor.

IVA	Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (1919-)
KFB	Kommunikationsforskningsberedningen (1993-2000)
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm
LTH	Lunds Tekniska Högskola
MCFC	Smältkarbonatbränslecell. Elektrolyt av smälta litium-, kalium- och natriumkarbonater. Högtemperaturbränslecell som arbetar vid ca 650°C.
MISTRA	Stiftelsen för miljöstrategisk forskning. MISTRA startades 1994 med medel från löntagarfonderna. Stiftelsen arbetar för en hållbar utveckling och investerar ca 200 miljoner kronor årligen i forskning.
NE	Nämnden för energiproduktionsforskning (1975-1983)
NUTEK	Närings- och teknikutvecklingsverket (1991-1998), Verket för Näringslivsutveckling (2001-)
PCFC	Fosforsyrabränslecell. Arbetstemperatur 150-200°C och elektrolyt av fosforsyra. Används i kommersiell drift.
PEMFC	Polymermembranbränslecell, även kallat PEFC (polymerlektrolytbränslecell). Den bränslecell som har lägst arbetstemperatur (cirka 80 grader) och en elektrolyt av polymermembran. Katalysatorn består av ädelmetallen platina. Den typ som fordonstillverkarna satsar mest på 2005.
RME	Rapsmetylester, alternativt fordonsbränsle för dieselmotorer.
SOFC	Fastoxidbränslecell. Fast elektrolyt av keramiskt material och en arbetstemperatur på uppåt 1000°C. Lämpar sig bäst för stationära tillämpningar.
STEM	Statens Energimyndighet (1998-)
STEV	Statens Energiverk (1983-1991)
STU	Styrelsen för Teknisk Utveckling (1968-1991)
TFB	Transportforskningsberedningen (1984-1993)
VINNOVA	Verket för Innovationssystem (2001-)
VTI	Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (1975-)

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Syfte och avgränsningar.....	2
1.2 Metod.....	4
1.3 Disposition.....	5
2. Svensk vätgashistoria – forskning, teknikbevakning och energipolitik.....	6
2.1 Starten för svensk vätgasforskning.....	7
2.2 Teknikbevakning och tillämpningsbedömningar under 1970- och 80-talet.....	8
2.3 IEAs vätgasverksamhet 1974-2005 och Sveriges deltagande.....	10
2.4 Teknikbevakning, forskning och energipolitik efter 1990.....	12
2.5 Forskning om produktion av vätgas.....	16
2.6 Forskning om lagring av vätgas.....	18
2.7 Forskning om vätgasdrivna motorfordon.....	20
2.8 EUs vätgasaktiviteter och Sveriges deltagande.....	21
3. Svensk bränslecellshistoria – forskning, teknikbevakning och näringslivsutveckling.....	23
3.1 Från ASEA på 60-talet till svenska bränslecellstillverkare 2005.....	23
3.1.1 Bränslecellsprogrammet på ASEA under 1960-talet.....	23
3.1.2 Forskningsprogram under 1990-talet.....	26
3.1.3 Forskningen på KTH, Chalmers och LTH.....	29
3.1.4 Svenska tillverkare av bränslecellsystem, komponenter och fordon.....	31
3.2 Stationära bränsleceller för elproduktion - Kraftbolagens historia.....	34
3.2.1 Demonstrationsprojekt under 1990-talet.....	35
3.2.2 Höskoleprogrammet för stationära bränsleceller.....	36
3.2.3 ABBs återkomst inom bränslecellsområdet.....	37
4. Demonstrationsprojekt med vätgasdrivna fordon.....	39
4.1 WELGAS-projektet i Härnösand 1985.....	39
4.2 Planer på vätgasdrivna bussar i Karlstad, Uppsala och Sundsvall.....	41
4.3 Projekt med vätgasdrivna fordonsflottor runt år 2000.....	44
4.3.1 Sveriges första bränslecellsbusar - CUTE-projektet i Stockholm.....	44
4.3.2 Tankstation och vätgasdrivna bussar i Malmö.....	45
4.3.3 Planer i Göteborg - Projektet ZEFIG 2002.....	47
4.3.4 Soldrivna vätgasbussar i Visby– nästan verklighet.....	48
4.3.5 Förstudien Vätgasväg längs Västkusten.....	49
5. Aktörer, föreningar och nätverk.....	51
6. Drivkrafter bakom utvecklingen i Sverige – en jämförelse med andra studier ...	54
7. Reflektioner och diskussion.....	59
Referenser.....	62
Bilaga 1 Förteckning över intervjuade personer.....	71

1. Inledning

Höjda oljepriser, hot om klimatförändringar och problem med lokala luftföroreningar bidrar till att diskussionen om hållbara energilösningar och alternativa drivmedel är högst aktuell i början av 2000-talet. Att använda vätgas som alternativt drivmedel är en av många möjligheter som diskuteras. Vätgas tros kunna spela en viktig roll framförallt när det gäller att genomföra en långsiktig och storskalig minskning av utsläppen av växthusgaser för att minska klimatpåverkan. Aktiviteter som syftar till att introducera användningen av vätgas som energibärare har intensifierats runt om i världen under de senaste åren. I dag sker stora satsningar på forskning, utveckling och demonstration i framförallt USA, Canada och Japan. De stora biltillverkarna har ambitionen att ha kommersiella bränslecells-bilar framme runt år 2012-2015 (Adamson och Crawley, 2006). Även inom EU pekas vätgas ut som ett prioriterat område (IEA, 2004).

Vätgas är en energibärare precis som elektricitet, vilket innebär att gasen kan utnyttjas för att transportera och lagra energi från exempelvis förnybara energikällor. Vätgasmolekylen består av två väteatomer och har den kemiska beteckningen H_2 . Väte är det lättaste och vanligaste grundämnet i universum. Vid rumstemperatur och normalt tryck är vätgas en gas. Vätgas kan användas som drivmedel i fordon, som bränsle för stationär energiförsörjning till byggnader eller för att försörja bärbara enheter som mobiltelefoner och datorer. Det som gör vätgas till en lämplig energibärare är att den kan framställas ur flera olika energiformer som till exempel biomassa, naturgas eller förnybara energikällor som sol och vind. I dag sker produktionen huvudsakligen från naturgas genom ångreformering. Vätgas kan också framställas genom elektrolys som innebär att vatten sönderdelas i syrgas och vätgas med hjälp av elektricitet, eller produceras via olika biologiska processer. Det största användningsområdet för vätgas i dag är som råvara för kemisk industri. Där har vätgas använts och hanterats i över 100 år.

Bränslecellen är en energiomvandlare som kan användas för att omvandla vätgas till elektricitet och värme på ett effektivt sätt med vatten som enda restprodukt. Inom transportsektorn kan vätgas användas som drivmedel antingen i konverterade förbränningsmotorer eller i bränsleceller som är kopplade till en elmotor. Det finns olika typer av bränsleceller som har olika egenskaper. PEM-bränsleceller (polymembranbränsleceller) har låg arbetstemperatur och är den typ som bilindustrin satsar mest på i dag (HFP, 2005; Adamson och Crawley, 2006).

Idén att använda vätgas som energibärare och drivmedel är inte ny. I Sverige kan vätgasens historia spåras många årtionden tillbaka i tiden. Ett tidigt exempel är en publikation från år 1929

där möjligheten att använda vätgas för att lagra elektrisk överskottsenergi från vattenkraft analyserades (Lawaczeck, 1929). Det dröjde dock till 1960-talet innan forskningen kring vätgas och bränsleceller satte igång i Sverige. Det skedde genom ett bränslecellsprogram på ASEA, numera ABB (Lindström, 1966). Sedan 1975, då det första svenska energiforskningsprogrammet startade, har statliga medel avsatts för vätgasforskning och teknikbevakning.

Genom att studera hur nya teknologier har betraktats, utvecklats och tillämpats under en tidsperiod, går det att skapa lärdomar om dynamiken i den typen av utvecklingsprocesser. Historiska studier kan underlätta förståelsen av den nuvarande situationen inom ett teknikområde, till exempel teknikens utbredning och olika aktörers förhållningssätt och agerande. Vidare finns det mycket att lära från det som inträffat, både från projekt som genomförts och från projekt som planerats men av olika anledningar inte blivit av. En historisk tillbakablick inom vätgasområdet kan hjälpa oss se att det som sker i Sverige i dag, på flera sätt är steg på vägen i en process som sattes igång för över 45 år sedan. Det finns källor som pekar på att händelser som inträffat tidigt i denna process ofta kommer i skymundan. Istället ligger fokus väldigt mycket på de senaste årens aktiviteter (Hultman och Saxe, 2005). Av den anledningen finns det ett värde i att titta längre tillbaka i tiden och försöka förstå sammanhangen. Det har aldrig tidigare gjorts någon dokumenterad sammanställning av de senaste decenniernas svenska vätgasverksamhet. Denna rapport fyller därmed ett tomrum genom att den beskriver *vätgasens historia i Sverige*, det vill säga aktiviteter och aktörer inom vätgas- och bränslecellsområdet mellan 1960 och 2005.

1.1 Syfte och avgränsningar

Kartläggningen syftar till att öka och sprida kunskapen om vad som hänt inom vätgasområdet i Sverige från 1960-talet till 2005, med fokus på vätgas som drivmedel för vägtransporter. Förhoppningen är att dagens aktörer inom området ska kunna dra värdefulla lärdomar från historien och att den överförda kunskapen kan komma till nytta i pågående och framtida vätgasprojekt och satsningar. Målsättningen har varit att identifiera och beskriva olika aktiviteter som har genomförts eller planerats samt olika aktörgrupper och individer som har varit involverade. Det har skett genom att följande frågeställningar besvarats:

- Vilken typ av aktiviteter har ägt rum (teknikbevakning, forskning, utveckling, demonstration, nätverksbyggande m.m.)?
- Varifrån har initiativet till de olika aktiviteterna kommit? Vilka aktörer har varit drivande (individer och/eller organisationer)? Hur har de agerat?

Målet har varit att täcka in de viktigaste händelserna och aktörerna i historien, men läsaren bör vara medveten om att det finns en risk att vissa aspekter omedvetet har tillskrivits för stor vikt, medan andra förbisetts.

Syftet har varit att skildra det som hänt, men det sker inte någon djupare analys av drivkrafterna bakom olika skeenden. På några ställen redogörs det för hur involverade individer eller organisationer har beskrivit drivkrafter och orsaker till det som hänt. Det kan till exempel ha varit influenser från händelser i omvärlden eller debatten om olika miljöproblem. I slutet av rapporten sker dessutom en jämförelse med andra studier som analyserat drivkrafterna i utvecklingen av alternativa drivmedel.

Fokus ligger på vätgas som fordonsbränsle. Eftersom vätgas snarare bör klassificeras som en energibärare än som ett drivmedel, har det dock varit svårt att helt avgränsa studien till fordonstillämpningar. Ofta har den forskning som bedrivits haft en koppling till både tillämpningar inom transportområdet och stationära applikationer. Därför har även viss verksamhet som inriktats på användningen av vätgas för stationär elproduktion tagits med. I takt med att bränslecellstekniken har utvecklats, pratas det allt oftare om kombinationen vätgas och bränsleceller. Det har resulterat i att vätgasens historia har en nära koppling till utvecklingen inom bränslecellsområdet. I de fall där det ansetts relevant tas därför några historiska spår upp som snarare fokuserar på bränsleceller än på vätgas.

Bland de aktiviteter som skildras ligger en viss tyngdpunkt på demonstrationsprojekt och förstudier inför demonstrationer. Det beror på att demonstrationsprojekt utgör ett betydelsefullt steg på vägen mellan forskning och marknadsintroduktion. Genom dessa projekt kan kritiska faktorer och barriärer identifieras som påverkar en tekniks framväxt och spridning, osäkerheten kring tekniken kan minska och legitimiteten öka. Intresset för demonstrationsprojekt motiveras också av att de involverar många olika aktörer, vilket gör dem till spännande och dynamiska studieobjekt (Jönsson, 2003).

Rapporten ger ingen fullständig redogörelse av hur mycket finansiella medel som satsats på de aktiviteter som ägt rum. I de fall uppgifter finns tillgängliga, presenteras de i anslutning till att respektive forskningsprogram eller projekt beskrivs. Belopp anges i den tidens penningvärde.

1.2 Metod

Kartläggningsarbetet har i huvudsak bestått av litteraturstudier och intervjuer. Urvalet av källmaterial har skett genom litteratursökningar och med hjälp av tips från litteraturen och från de personer jag kommit i kontakt med. Urvalsprocessen har därmed haft karaktären av att ”det ena har lett till det andra” och mängden källmaterial och antalet intervjuade personer har utökats under studiens gång.

Litteraturen som studerats har bland annat bestått av statliga utredningar, områdesöversikter, forskningsrapporter, programbeskrivningar, resultatredovisningar och diverse projektdokumentation (ansökningar, beslut, status- och slutrapporter samt utvärderingsrapporter). Information har också hämtats från föredrag på konferenser samt från relevanta företags och organisationers hemsidor.

Drygt 25 intervjuer har genomförts med personer som arbetar eller har arbetat med eller på olika sätt varit i kontakt med vätgas och bränslecellsfrågor under de senaste 45 åren. En förteckning över intervjuade personer och andra som bidragit med tips och upplysningar finns i Bilaga 1. Bland personerna finns projektledare, utredare, myndighetspersoner, forskare, programchefer, entreprenörer, representanter från kollektivtrafiken och konsulter. Med anledning av det specifika intresset för demonstrationsprojekt, är ett flertal personer som intervjuats före detta deltagare i något demonstrationsprojekt. Vid urvalet av personer har jag kunnat utnyttja att jag sedan tidigare har en kännedom om områdets aktörer, en kunskap som byggts upp under den tid jag arbetat i vätgasprojektet SamVäte i Väst.

De flesta intervjuerna har genomförts via telefon på grund av geografiska avstånd. Under intervjuerna har personerna fritt fått berätta ”sin” historia, varefter kompletterande frågor ställts. Valet att använda öppna frågor motiveras med att jag inte velat styra den svarande för mycket, samtidigt som ett av syftena med intervjuerna har varit att få fram information om aktiviteter som jag tidigare inte kände till.

Att använda intervjumaterial som källa kan vara problematiskt på flera sätt. Dels är det troligt att den intervjuades minne påverkas av tiden som gått sedan en viss händelse ägde rum. Dels är det möjligt att den intervjuades nuvarande befattning och relation till andra aktörer påverkar hur han eller hon väljer att framställa det inträffade. Problem kan också uppkomma som följd av att den som ställer frågorna, i detta fall jag själv, omedvetet tolkar svaren på ett visst sätt beroende på vad

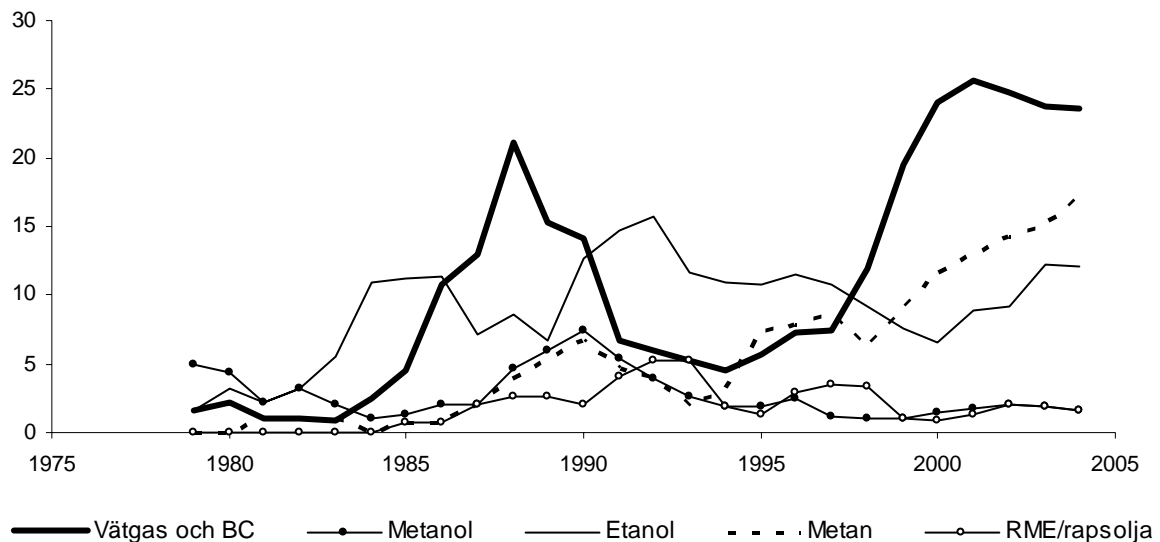
jag ”vill höra” och hur uppgifterna passar in med andra källor (Thurén, 1997). För att minimera den risken fördes anteckningar under samtliga intervjuer. Personerna som intervjuats har i efterhand haft möjlighet att kontrollera så att en korrekt tolkning har gjorts av det sagda. Det har minimerat risken för felaktiga tolkningar, men kan samtidigt ha ökat risken för att personerna i fråga har rekonstruerat det inträffade i efterhand så att det fått en mer logisk innebörd.

1.3 Disposition

Vätgasens historia i Sverige inleds i nästa kapitel med en beskrivning av teknikbevakning och forskning, stödd av statliga medel, från år 1975 och framåt. Kapitlet innehåller en presentation av områdena lagring, produktion och användning av vätgas i motordrivna fordon. Det skildrar även delar av svensk energipolitik samt Sveriges deltagande i internationella och europeiska vätgassammanhang. Därefter ger kapitel 3 en övergripande bild av svensk bränslecells forskning och utveckling genom åren. Beskrivningen är uppdelad i två spår. Det ena börjar med bränslecellsprogrammet på ASEA under 1960-talet, fortsätter till KTH (Kungliga Tekniska Högskolan) och de forskningsaktiviteter som följde där, går via de statliga bränslecellsprogram som startade runt år 2000 och avslutas med en beskrivning av två nybildade svenska bränslecells företag. Det andra spåret handlar om stationära bränsleceller för elproduktion och presenteras historien om kraftbolagens aktiviteter från mitten av 1980-talet och framåt. I samband med det sker en kort presentation av några demonstrationsprojekt med stationära anläggningar. I kapitel 4 berättas sedan historien om svenska demonstrationsprojekt för fordonstillämpningar. Omkring tio projekt som initierats på olika platser runt om i Sverige beskrivs, varav tre har lett ända till demonstrationsfasen. Varifrån kom initiativen till dessa projekt? Varför gick det som det gick? I kapitel 5 sker en övergripande skildring av teknikområdets aktörer, föreningar och nätverk. Därefter avslutas rapporten med att kartläggningens resultat jämförs med tidigare studier i kapitel 6. Slutligen presenterar kapitel 7 några egna reflektioner och en diskussion om vilka lärdomar som kan dras från historien.

2. Svensk vätgashistoria – forskning, teknikbevakning och energipolitik

Det svenska intresset för vätgas och bränsleceller har varierat under perioden från 1960 till 2005. I slutet av 60-talet fanns ett relativt stort intresse för bränsleceller, visar (Hultman och Saxe, 2005) i en diskursanalys av hur bilden av bränsleceller har framställts av media¹ och experter i Sverige. Därefter avtog intresset för att åter öka i början av 90-talet. En annan studie visar hur antalet artiklar om vätgas och bränsleceller varierat i svenska dagstidningar och tidskrifter från 1979 och framåt. Resultatet åskådliggörs i figur 1, där det går att se att antalet artiklar ökade från mitten av 80-talet. Efter en topp som inföll 1988 minskade det igen. Därefter skedde åter en markant ökning från omkring år 1997 (Sandén och Jonasson, 2005; Sandén och Jonasson, 2006). Även en tredje studie, som behandlar hur energipolitiken kring vätgas och bränsleceller sett ut mellan 1975 och 2000, pekar på att det skedde en förändring åren kring år 2000 som innebar att intresset ökade (Trewe, 2001).



Figur 1: Grafen visar antalet artiklar i svenska dagstidningar och tidskrifter där olika alternativa drivmedel förekommer. Resultatet baseras på sökningar i databasen Artikelsök i april 2005. (Eftersom det totala antalet artiklar i databasen har ökat med åren, har värdena viktats med antalet artiklar per år, 2004=1). Källa: (Sandén och Jonasson, 2005).

Uppmärksamheten i olika medier och den politiska aktiviteten kring en viss fråga, är två mått på hur verksamheten inom området varierat med åren. Ett tredje sätt är att studera hur mycket medel som avsatts till forskning och demonstration. Även om denna studie inte omfattar någon detaljerad kartläggning av detta, går det att se att under 70- och 80-talet så motsvarar de statliga

¹ Dagens Nyheter och Ny Teknik

forskningsmedlen som lades på vätgasområdet endast en väldigt liten andel av energiforskningsmedlen. Som ett exempel avsattes budgetåret 1985/86 3 miljoner kronor för vätgasforskning. Det kan jämföras med energiforskningsprogrammets totala budget som under treårsperioden 1984/85-1986/87 låg på drygt 1100 miljoner (Österberg, 1987). Anslagen ökade efter år 1998. Som ett exempel kan nämnas att de fyra svenska forskningsprogrammen för bränsleceller som pågår 2005 har en total budget på omkring 30 miljoner kronor. Räknar man in vätgasforskningsprogrammet, uppgår summan till omkring 45 miljoner (Karlström, 2005).

2.1 Starten för svensk vätgasforskning

Diskussionen om alternativa drivmedel tog fart i Sverige i samband med den första oljekrisen vintern 1973-1974 (Sandén och Jonasson, 2005). Strävan efter att minska beroendet av olja tillsammans med en ökad prioritet för energifrågor generellt ledde till att det första svenska energiforskningsprogrammet startade 1975. Sedan dess pågår en samlad energiforskning i Sverige. Från 1998 är det Statens energimyndighet (STEM) som är ansvarig myndighet för svensk energiforskning².

De svenska statligt initierade aktiviteterna inom vätgasområdet började i samband med det första energiforskningsprogrammet, varför historien om svensk vätgasforskning i denna rapport startar 1975. Strax innan dess hade en utredning gjorts på uppdrag av bilbranschen där förutsättningarna för olika framtida drivmedel undersöktes. Utredningen pekade ut metanol som det mest lovande alternativet efter år 1980. Vätgas fanns med i diskussionen och sågs som ett universalbränsle med potential att ersätta fossila bränslen inom transportsektorn, men bedömdes bli betydelsefullt först fram mot år 2000. Tills dess trodde man att det skulle kunna ha skapats ekonomiska förutsättningar för vätgas som drivmedel både för vägfordon och för luftfart. Den produktionsmetod som pekades ut som den mest lovande var att framställa vätgasen genom elektrolys med billig el från kärnkraft. Utredningen rekommenderade att användningen av vätgas

² Under åren har "energimyndigheten" bytt namn flera gånger. Före 1982/83 låg ansvaret på Nämnden för energiproduktionsforskning (NE) och Delegationen för energiforskning (DEF). Under 80-talet var det Energiforskningsnämnden (EFN), men även Statens energiverk (STEV) och Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) som gav stöd till energirelaterade aktiviteter. 1991 blev EFN en del av NUTEK (Närings- och Teknikutvecklingsverket) och 1998 bildades STEM. Även Transportforskningsberedningen (TFB) och efterföljande Kommunikationsforskningsberedningen (KFB) har gett stöd till projekt kring vätgas och bränsleceller, precis som VINNOVA (Verket för Innovationssystem).

skulle infogas i Sveriges långsiktiga energiplanering tillsammans med satsningarna på metanol (Walldén, 1975). Det som avsågs var vätgasdrift med förbränningsmotorer, inte bränsleceller. 1979 tillsattes Oljeersättningsdelegationen som stöttade åtgärder som syftade till att minska oljeberoendet. Även där förespråkades metanol. Andra alternativ som syntetisk diesel, vätgas och elfordon bedömdes inte bli aktuella förrän under 90-talet (Oljeersättningsdelegationen, 1980).

Forskning och utredningar om vätgas inom det svenska energiforskningsprogrammet under 1970- och 80-talet var en del av Teknikbevakningsprogrammet. De statliga insatserna bestod främst av stöd till omvärldsbevakning, tekniska översiktsrapporter samt medverkan i internationella sammanhang som IEAs vätgasprogram (International Energy Agency). Parallellt med det gav staten stöd till ett fåtal forskargrupper. Under 80-talet beviljades vid ett tillfälle statliga medel till demonstration av ett vätgasdrivet fordon och vid ett par tillfällen till förstudier för liknande projekt (Österberg, 1987). Dessa demonstrationsaktiviteter behandlas separat i kapitel 4.

2.2 Teknikbevakning och tillämpningsbedömningar under 1970- och 80-talet

En av de första översiktsrapporterna om vätgas som energibärare och drivmedel publicerades 1980 på uppdrag från det statliga energibolaget Vattenfall. Intresse för vätgas motiveras i rapporten med det ökade oljepriset. Innan dess fanns det inget projekt redovisat för vätgasdrift av fordon hos varken Styrelsen för teknisk utveckling (STU) eller Nämnden för energiforskning (NE) som var den tidens energimyndigheter. Vattenfall hade heller ingen verksamhet inom området. I rapporten redovisas beräkningar och förslag på hur de första prototypbilarna skulle introduceras samt hur vätgasförsörjningen skulle lösas. Det ges också förslag på FoU-aktiviteter inom Vattenfall (Pernestål, 1980).

Några år senare genomfördes, på uppdrag av STU, en kartläggning av vätgashantering i Sverige. Med vätgashantering avses användning, produktion och distribution av vätgas inom industri och andra verksamheter. I den ursprungliga ansatsen förutsåg utredarna en brist på vätgas inom svensk industri, men under arbetets gång blev det klart att det fanns ett betydande vätgasöverskott. När all konsumtion inom industrin täckts, återstod cirka 150 000 ton per år. Denna vätgas var en biprodukt från industriella processer och lokaliserad till stora industrianläggningar på några olika platser runt om i landet. Energiinnehållet i vätgasmängden motsvarade 3-5 % av bränslebehovet för den tidens svenska fordonsflotta. Att använda vätgasen som fordonsbränsle var ett av tre alternativ som föreslogs i rapporten. De andra två alternativen, som var de som förespråkades av utredarna, var att använda vätgasen som processgas i

metallurgiska processer alternativt som råvara vid produktion av ammoniak (Pernestål, Glas m.fl., 1982). Ett år senare kom en liknande kartläggning från EFN som uppskattade vätgasöverskottet till ungefär 130 000 ton per år och påpekade att den övervägande delen, 100 000 ton, användes som energigas för produktion av processvärme i industrierna (Österberg, 1987). Idén att använda överskottsvätgas som fordonsbränsle har återkommit många gånger under årens lopp, som vi kommer att se längre fram.

Även om vätgas inte sågs som ett troligt fordonsbränsle på kort sikt i början av 80-talet, gjordes ett par utredningar och översiktsrapporter som fokuserade på denna tillämpning. De fordonstyper som bedömdes vara lämpliga i ett tidigt skede för motorer konverterade till vätgasdrift var bland annat gaffeltruckar, gruvfordon, ismaskiner, bussar och bi-fuelbilar (Pernestål, 1983; Ljungqvist, 1985).

Det fanns relativt konkreta planer på att demonstrera vätgasdrivna gruvfordon i början av 80-talet. Anledningen var den flera år långa diskussionen om hur de höga föroreningshalterna i trånga gruvutrymmen skulle åtgärdas. Gruvbolagen lade stora resurser på avancerade ventilationssystem för att ventilera bort avgaserna från de dieseldrivna gruvfordonen (Pernestål, 1983). När LKAB, som är ett statligt bolag med verksamhet inom brytning och förädling av järnmalm i Kiruna och Malmberget, skulle utöka gruvdriften under tidigt 80-tal, väcktes intresset för att testa alternativa lösningar. Vätgasdrivna gruvfordon var ett av dem och med hjälp av finansiering från Arbetarskyddsfonden kunde en utredning göras. Den utfördes av en konsult på Svenska Utvecklings AB vid namn Kjell Pernestål. Det var han som några år tidigare anlits av Vattenfall när de beställde en översiktsrapport om vätgas. Pernestål berättar i efterhand att idén att undersöka vätgasdrift kom från honom efter att han varit i kontakt med en amerikansk tillverkare av gruvutrustning (Pernestål, 2005). Två koncept för vätgasdrift av gruvfordon utreddes. Det första var ett system där vätgasen producerades centralt med en elektrolysör för att sedan lagras i metallhydrider ombord på fordonet. Det andra var ett system där vätgasen framställdes ombord från förslagsvis metanol. Resultaten visar att kostnaderna för vätgasdrift var ekonomiskt konkurrenskraftiga under förutsättning att de rådande kostnaderna för ventilationen och andra miljöförbättrande åtgärder inkluderades i beräkningarna. Provdriften föreslogs ske i Kiruna i samarbete med Stiftelsen forskningsgruvan. Vattenfall uttryckte ett intresse för projektet i egenskap av elproducent (Pernestål, 1983). Det fanns dock ett visst motstånd från LKABs ledningen till planerna, minns Pernestål, men den huvudsakliga anledningen till att

projektplanerna avbröts var att han själv, som varit den drivande kraften, flyttade (Pernestål, 2005).

Förutom ovan nämnda utredningar beviljades statliga medel till ytterligare projekt avseende litteraturstudier och tillämpningsbedömningar och 1987 gav Energiforskningsnämnden (EFN) ut en omfattande områdesöversikt av utvecklingsläget för tekniken och aktiviteterna i Sverige (Österberg, 1987). Ämnesområden inom vilka aktiviteter stöttades av EFN var till exempel elektrolysörer, vätgastransport i pipelines och fotobiologisk väteproduktion. En kartläggning av vätgasledningar i Sverige 1984 visade att det fanns sex pipelines som alla var lokaliserade i närheten av kemiindustrier. Längden på dem varierade mellan en och tre km (Wallergård, 1984).

Teknikbevakningen fortsatte under andra delen av 80-talet och då kom stationära bränsleceller för elproduktion in i bilden. 1988 publicerade EFN tekniköversikten "Elframställning för framtiden" där bränsleceller var en av de tekniker som behandlades (Braun, 1988). Den delen av rapporten författades av professor Olle Lindström som har varit en betydelsefull person för bränslecellsutvecklingen i Sverige. Det var han som ledde bränslecellsprogrammet på ASEA under 60-talet, men det återkommer jag till i början av nästa kapitel. Intresset för vätgas och bränsleceller återfanns inte bara hos statligt ägda organisationer, utan även hos de icke statliga kraftbolagen. Det visas av att de beställde en vätgasutredning från VAST (Kraftverksföreningens Utvecklingsstiftelse) som var klar 1989 (Gröndalen, 1998).

Många av utredningarna under 70- och 80-talet utfördes av statliga Studsvik Energiteknik AB eller av konsulter på Svenska Utvecklingsbolaget AB och 3K Engineering (Österberg, 1987). Kjell Pernestål var en av de konsulter som specialiserade sig på vätgasområdet och som anlätades flitigt både under sin tid på Svenska Utvecklingsbolaget och på Studsvik.

2.3 IEAs vätgasverksamhet 1974-2005 och Sveriges deltagande

Som en följd av oljekrisen under 70-talet ökade det internationella intresset för frågor relaterade till energiförsörjning. Vätgas fanns med i bilden. 1974 bildades IEA (International Energy Agency) som är OECD³-ländernas gemensamma organ för energiforskning. Tre år senare startade det första vätgasprogrammet under namnet "IEA Hydrogen Implementing Agreement". Det ökade internationella intresset för vätgas visade sig också i att intresseorganisationen

³ Organisation for Economic Co-operation and Development. Internationell samarbetsorganisation för ekonomisk utveckling.

International Association for Hydrogen (IAHE) bildades 1974. IAHE är sedan dess huvudman för den vetenskapliga tidskriften International Journal of Hydrogen Energy och arrangerar för världskongressen World Hydrogen Energy Conference som äger rum vartannat år⁴.

IEAs vätgasprogrammet har under åren varit indelat i olika annex som varierat i inriktning och varaktighet. Exempel på inriktningar är produktion av vätgas, lagring, säkerhet respektive uppskattning av potentiella framtida marknader. Sverige gick med i programmet 1978 och agerade ordförandeland under perioden 1988-1991 genom STU, senare NUTEK. Under årens lopp har svenska aktörer medverkat i projekt inom flera av annexen. Ett exempel är en stor utredning från tidigt 80-tal som analyserade den framtida svenska marknaden för väte som energibärare. I rapporten utvärderades olika metoder för inhemsk storskalig produktion, lagring och transport av väte samt potentiella framtida tillämpningsmöjligheter. Med det som bakgrund utvärderades möjligheterna för en storskalig introduktion under tidsperioden 1985-2025 i tre olika scenarier (Carleson, 1982). Utredning genomfördes av Studsvik Energiteknik AB. I den översiktsrapport som EFN publicerade sex år senare, bedömdes dock IEA-studien som ”allt för optimistisk” (Österberg, 1987). Detta tyder på att den rådande situationen inom energiområdet och synen på vätgas förändrades under åren mellan oljekrisen och mitten på 80-talet då energiförsörjningssituationen hade stabiliserats.

I mitten av 80-talet låg tyngdpunkten av Sveriges IEA-verksamhet inom annexet för vätgaslagring. I Sverige fanns då två framgångsrika forskningsprogram; ett om storskalig lagring i underjordiska rum vid Chalmers i Göteborg och om metallhydrider vid Stockholms universitet⁵. De svenska insatserna motsvarade 5 % av annexets årliga omfattning på totalt 45 personår (Österberg, 1987). Ett tredje exempel på Sveriges medverkan i IEAs vätgasprogram är ett samarbete mellan EFN, Vattenfall och Uppsala Buss AB. Syftet med projektet som inleddes 1986, var att undersöka möjligheterna att använda vätgas som fordonsbränsle i stadsbussar⁶ (Pernestål, 1988).

Andelen länder som deltar i IEAs vätgasprogram har ökat med åren och 1996 deltog 23 av de 25 OECD-länderna. Programmet omfattade då omkring 200 delprojekt. 2003 bildades IEA Hydrogen Co-ordination Group som har till uppgift att koordinera vätgasrelaterad verksamhet

⁴ Mer information om IAHE finns på hemsidan <http://www.iahe.org>

⁵ Dessa forskningsprogram beskrivs i avsnitt 2.6.

⁶ Detta projekt presenteras mer ingående i avsnitt 4.2.

mellan deltagande länderna. Svenska organisationer deltog 2004 i fyra samarbeten som har koppling till vätgas och transportsektorn; IEA Hydrogen Production, IEA Advanced Fuel Cells, IEA Advanced Motor Fuels och IEA Hybrid and Electric Vehicle (IEA, 2004).

2.4 Teknikbevakning, forskning och energipolitik efter 1990

Som tidigare nämnts växte intresset för vätgas och bränsleceller i slutet av 1990-talet. En bidragande faktor var den ökade medvetenheten i Sverige om att utsläppen av växthusgaser, framförallt koldioxid från användningen av fossila bränslen, hotade att påverka det globala klimatet. En annan bidragande faktor var att utvecklingen utomlands accelererade i början av 90-talet, speciellt i Kalifornien. Där hade det så kallade nollemissionskravet satts upp som innebar att 2 % av alla nya personbilar och lätta lastbilar som producerades i delstaten under åren 1998-2000 skulle kunna köras utan några skadliga utsläpp från fordonen. Andelen skulle sedan ökas med åren. Detta drev i gång bränslecellsutvecklingen och förhoppningarna på teknikens möjligheter ökade. Det märktes bland annat av att EU satte upp mycket ambitiösa mål 1995 för forskning, utveckling och demonstrationsaktiviteter (Adamson, 2005).

Den internationella utvecklingen märktes även av i Sverige, bland annat inom El- och hybridfordonsprogrammet som genomfördes under ledning av Kommunikationsforskningsberedningen (KFB) med start 1993. Under programperioden 1993-2000 avsatte staten omkring 120 miljoner kronor till forskning, utveckling och demonstration. Drygt lika mycket bidrog näringslivet med. Fokus låg på batteri- och hybridfordon, men bränslecellsfordon var föremål för några av de studier som genomfördes, bland annat omvärldsbevakningsstudier. I slutrapporten år 2000 pekas bränsleceller ut som en trolig ersättare till batterier i rena eldrivna fordon på längre sikt. Det konstaterades också att det inte var många som trodde 1993 att teknikutvecklingen skulle gå så fort som den gjorde under 90-talet och att intresset för bränsleceller skulle öka så snabbt hos fordonsindustrin. Som ett resultat av El- och hybridfordonsprogrammet rekommenderades fortsatt noggrann bevakning av teknikfronten och marknadsutvecklingen (Rader-Olsson, 2000).

Ett annat tecken på att den internationella utvecklingen märktes av i Sverige var att IVA (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien) arrangerade ett symposium om vätgas och bränsleceller för fordonstillämpningar i Stockholm 1994. I inledningen pratades det om den betydelse kravet på nollemissionsfordon i Kalifornien hade haft för branschen. Under dagen presenterades bland annat Ballard Power Systems sitt projekt med bränslecellsbusar i Vancouver som de hänvisade

till som världens första fordon med ”nollemission”. Från Sverige föreläste Lars-Göran Rosengren, chef för Volvo Teknisk Utveckling. Hans inställning var att bränsleceller visserligen har många teoretiska fördelar men han ställde sig tveksam till att de skulle kunna bli kommersiellt konkurrenskraftiga. Bland de 85 deltagarna på konferensen fanns många av de personer som hade en central roll inom vätgas och bränsleceller i mitten av 90-talet i Sverige (IVA, 1994). Många av dem är fortfarande aktiva.

1999 anordnade IVA åter en internationell vätgaskonferens, denna gång tillsammans med MISTRA⁷ och H₂-forum⁸. Där konstaterades att det hade börjat röra på sig i omvärlden. Nästan varje vecka genomfördes en konferens på temat vätgas och bränsleceller någonstans i världen. Det började bli dags för Sverige att inse att det fanns ett kommersiellt intresse att bevaka. Nio av tio talare på IVAs konferens hade en positiv syn på vätgas och dess framtid (IVA, MISTRA m.fl., 2000).

Från politiskt håll verkar vätgas dock inte ha setts som ett realistiskt alternativ. I januari 1997 kom Alternativbränsleutredningen som hade genomförts på uppdrag av Miljödepartementet. En rad olika alternativa bränslen analyserades, men vätgas var inte ett av dem. Vätgasdrift nämns på ett enda ställe i utredningen och då som ett exempel på ”en ny teknik” som förhoppningsvis kommer i framtiden (Jonsson, 1997). Detta tyder på att vätgas och bränsleceller, trots den accelererande utvecklingen i omvärlden, inte sågs som ett realistiskt alternativ i Sverige. Senare anmärkte riksdagens Näringsutskott att vätgas borde adderas till handlingarna (Näringsutskottet, 1998/99). När Birger Schlaug (mp) ställde frågan om regeringen var beredd att komplettera utredningsmaterialet med en allsidig belysning av det alternativa drivmedlet vätgas, svarade miljöminister Anna Lindh att en av anledningarna till att vätgas inte behandlades, var att introduktionen av vätgasdrift bedömdes kunna bli möjlig först på längre sikt (Riksdagen, 1996/97). (Trewe, 2001) har studerat behandlingen av vätgas och bränsleceller inom svensk energipolitik. Första gången vätgasforskningen togs upp av en motion till riksdagen var 1977/78. Den har följts av ett antal motioner till riksdagen och frågor till ministrarna i regeringen under åren. Ett av de mer frekventa tillfällena var i samband med Alternativbränsleutredningen 1997.

⁷ Stiftelsen för miljöstrategisk forskning. MISTRA finansierar bland annat ett forskningsprogram om bränsleceller som beskrivs i avsnitt 3.1.2.

⁸ Ideell förening som bildades 1998. H₂-forum beskrivs närmare i kapitel 5.

Trots den avvaktande inställningen från regeringshåll, hade intresset för vätgas börjat vakna i Sverige. Året efter Alternativbränsleutredningen publicerade Elforsk en omfattande översiktsrapport. Det var ungefär 10 år efter EFNs stora områdesöversikt. Målgruppen var i första hand kraftindustrin. I rapporten framkommer att den statliga policyn 1998 var att finansiera forskningsprojekt av hög kvalitet och att delta i de internationella programmen inom området, vilket skedde genom NUTEK. Det påpekades dock att det saknades uppgifter om storleken på NUTEKs årliga finansieringen till vätgasaktiviteter (Gröndalen, 1998). Det vaknande intresset från kraftindustrin visades också genom att Sydkraft några år tidigare hade beställt en uppdaterad kartläggning av produktion och användning av vätgas i Sverige. NUTEK var med och finansierade den. Resultatet visade att mängden vätgas som hanterades i Sverige var ungefär den samma som i början av 80-talet det vill säga drygt 130 000 ton. Huvuddelen producerades inom den petrokemiska industrin, järn-stålindustrin och pappersindustrin. Över 60 % brändes för produktion av ånga och processvärme (Carlsson och Friede, 1997).

Det var vid denna tidpunkt, i slutet av 1990-talet, som vätgasbaserade energisystem blev ett eget forskningsområde i Sverige. Statens Energimyndighet (STEM) bildades 1998 och samtidigt började man ge stöd till vätgasbaserade energisystem. Där ingick områdena artificiell fotosyntes, fotobiologisk framställning av vätgas samt forskningsprogrammet för stationära bränsleceller. Inom vägfordonsområdet startade något år senare forskningsprogrammet "Energisystem i vägfordon" där bränsleceller ingår i ett av tre delprogram. År 2000 gick staten också in och finansierade Gröna Bilen, som är ett samverkansprogram mellan VINNOVA och fordonsindustrin för utveckling av mer miljöanpassade fordon. Även där finns bränsleceller med i ett delprogram. Ett tredje svenskt forskningsprogram som haft stor betydelse är det MISTRA-finansierade bränslecellsprogrammet som startade 1998 under ledning av Jungnercentrum på KTH i Stockholm. Dessa bränslecellsprogram presenteras mer ingående i nästa kapitel.

Vägverket tog fram en strategi för alternativa bränslen i vägtransportsektorn 2001, som inkluderar vätgas. Där förutspås att framtidens fordonsflotta kommer bestå av en mix av olika drivsystem och bränslen. Den strategi man föreslår innehåller ett scenario där vätgas tillsammans med alternativen metanol, DME och Fisher-Tropsch bör utredas. Vägverket betonar vikten av konsekventa och långsiktiga beslut från regering och myndigheter (Hådell, 2001). På Vägverkets uppdrag skrevs året därefter boken "Vätgas och bränsleceller – Ny energi för världen" (Macfie, 2002). Det är en populärvetenskaplig beskrivning av forskningsläget och vätgasens framtida

möjligheter i Sverige och internationellt. Boken används i dag som kurslitteratur inom högskolor och andra utbildningsorgan.

Vad gäller de svenska kommersiella aktörerna visade en kartläggning från Energimyndigheten 2000 att det endast fanns ett fåtal och bland dem inga större företag som ansågs vara betydande. Det konstaterades att det delvis berodde på att den svenska staten inte agerat med kraft inom området. Därför efterlystes tydliga riktlinjer och en långsiktighet i energipolitiken om läget skulle förändras. Utredarna trodde inte att Sverige skulle få någon stor roll inom branschen internationellt sett, möjligtvis kunde svenska företag bli underleverantör eller hitta framgång inom speciella nischområden (STEM, 2002).

Hösten 2005 finns det ingen nationell vätgasstrategi i Sverige, till skillnad från till exempel Norge och Danmark där sådana dokument tagits fram under de senare åren. I en jämförelse med exempelvis Norge går det också att se att de svenska statliga satsningarna inriktas mer mot bränsleceller än mot vätgas (Cropper, 2004; IEA, 2004).

Inför kommande satsningar på förnybara fordonsbränslen i Sverige, finns det mycket som talar för att vätgas kommer att klassificeras som tredje generationens drivmedel. Det innebär att det bedöms som ett realistiskt alternativ först om mer än 25 år. Klassificeringen är ett resultat av en svensk utredning som tillsattes för att föreslå nationella mål och strategier för en fortsatt introduktion av förnybara fordonsbränslen. Det skedde efter att EU kom med sitt biodrivmedelsdirektiv 2003, som ett resultat av den ökade debatten om klimatpåverkan. Direktivet innebär att medlemsländerna ska verka för att 2 % av sålda drivmedel 2005 ska vara biodrivmedel eller andra drivmedel baserade på förnybar energi. Andelen ska ha ökat till 5,75 % år 2010. I slutbetänkandet av den tillsatta svenska utredningen görs en uppdelning i tre olika generationers drivmedel. Första generationen är de som redan finns tillgängliga, till exempel biogas, etanol och RME. Till den andra generationen räknas de som framställs via förgasning av biomassa (dock inte vätgas) samt etanol från cellulosa. De bedöms komma att spela en allt större roll framöver och föreslås få huvuddelen av resurserna för forskning, utveckling och demonstration under perioden 2006-2010. Vätgas betecknas som tredje generationens drivmedel vilket innebär att det bedöms som ett realistiskt alternativ först på lång sikt (>25 år) (Sandebring, 2004). Liknande rekommendationer ges i Energimyndighetens FOKUS-rapport, där satsningar på andra generationens drivmedel föreslås prioriteras under pågående energiforskningsprogram som löper under perioden 2005-2011. Av betydelse för svensk energiforskning är även att

energiforskningsåret 2005 kommer att gå till historien som det år då anslagen mer än halverades. De direkta följderna blev att medlen inte räckte till nya satsningar och projekt eftersom stora delar av de finansiella medlen redan var uppbundna vid pågående projekt. Samtidigt riskerade forskare och doktorander att bli ofinansierade från och med 2005. I budgetpropositionen 2005/06:1 förslår dock regeringen att anslagen för 2006-2008 ska återställas till nivån som rådde innan 2005.

I återstoden av detta kapitel kommer aktiviteterna inom några specifika forskargrupper att beskrivas och därefter presenteras kort svenska aktörers medverkan i EU:s vätgassatsningar. Forskningsaktiviteterna presenteras uppdelat i produktion, lagring och användning av vätgas. Avsnittet om användning tar främst upp forskning kring förbränningsmotorer med vätgasdrift medan bränslecellsforskningen tas upp i nästa kapitel.

2.5 Forskning om produktion av vätgas

En stor del av den svenska forskningen kring produktion av vätgas har fokuserat på olika tekniker för vätgasframställning från solenergi. Ett exempel är biologisk vätgasproduktion där cyanobakterier (även kallade blågröna alger) omvandlar solens energi till vätgas. Forskningen går ut på att studera organismernas vätgasmetabolism och försöka öka verkningsgraden genom att modifiera arvsanlagen (DNA). Verkningsgraden är i dag endast några enstaka procent. Andra produktionsmetoder som det forskas på är solceller i kombination med en elektrolysör som omvandlar solet till vätgas på kemisk väg, fotoelektrokemiska solceller där det solljusinfångande materialet och elektroden är ett och samma samt artificiell fotosyntes som är ett försök att på konstgjord väg efterlikna växternas fotosyntes. Ytterligare forskningsområden är förgasning och reformering.

Forskningsområdet vätgasproduktion från solljus kan spåras tillbaka till 1976 då NE (Nämnden för Energiforskning) initierade de första förstudierna inom området solenergi. Redan då fanns en mycket bred fotokemisk kompetens i Sverige (Engström, 1984). Ett huvudområde var fotokemiska system för elgenerering och bränsleproduktion. 1979 inleddes forskning som var direkt inriktad på fotokemisk solenergiomvandling. Under 1980-talet bedrevs forskning kring fotokemisk produktion av vätgas vid Uppsala Universitet, Göteborgs Universitet, Chalmers och vid de tekniska högskolorna i Lund och Malmö (Österberg, 1987). I slutet av 1990-talet var verksamheten mest omfattande vid Uppsala Universitet och inkluderade områdena fotoelektrokemisk vätgasproduktion respektive biologisk vätgasproduktion (Gröndalen, 1998). Statliga medel har också lagts teknikbevakning inom området.

Det svenska forskningsprojektet om artificiell fotosyntes inleddes 1994 och bedrivs i dag av ett samarbetskonsortium bestående av forskargrupper från universiteten i Stockholm, Uppsala och Lund. Målet är att framställa ett komplex som likt växternas fotosyntes kan sönderdela vatten till syrgas och vätgas med hjälp av solljus. 2003 var omkring 30 forskare sysselsatta inom området. Då hade sammanlagt 12 personer disputerat inom konsortiet. Forskningen befinner sig fortfarande på grundforskningsnivå men har nått stora framgångar och i dag är de svenska forskargrupperna världsledande inom området (STEM, 2003). Mellan 1999 och 2003 avsattes 29,4 miljoner kronor för forskningen. Energimyndigheten (STEM) var huvudfinansiär (20,4 miljoner) och resten kom från Delegationen för energiforskning i Sydsverige (DESS), Teknikvetenskapliga forskningsrådet (TFR) samt Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse. För perioden 2003-2006 har medlen ökat till 50 miljoner (STEM, 2000). Sedan en tid tillbaka finns till konsortiet för artificiell fotosyntes knutet även en grupp som arbetar med biologiska processer för vätgasframställning. I början av 2005 blev det klart att EU stöder det europeiska nätverket som kallas Solar-H med 16 miljoner kronor. Solar-H koordineras av professor Stenbjörn Styring vid Uppsala Universitet.

Från STEMs sida sker sedan 2004 en stor satsning på tre svenska politanläggningar för produktion av biodrivmedel. Utgångspunkten är skogsråvara, i bemärkelsen rester från skogsbruk och skogsindustri. De tre försöksanläggningarna inriktas mot förgasning av biomassa i Värnamo, svartlutsförgasning i Piteå och produktion av etanol från skogsråvara i Örnsköldsvik. Bakgrunden är bland annat EU:s biodrivmedelsdirektiv från 2003. Som tidigare nämnts, förväntas andra generationens drivmedel, det vill säga drivmedel som framställs via förgasning av biomassa samt etanol från cellulosa, spela en viktig roll på medellång sikt (Sandebring, 2004). Även om vätgas inte omfattas av den definitionen, finns en koppling till produktion av vätgas i åtminstone ett av projekten. Det går under beteckningen CHRISGAS och startade i september 2004. CHRISGAS är ett EU-finansierat projekt som räknas som ett av över 60 vätgas- och bränslecellsprojekt som genomförs inom EUs sjätte ramprogram (FP6). Syftet är att demonstrera storskalig förgasning av biomassa i Värnamo och använda syrgas som förgasningsmedium. Den väterika syntesgasen som bildas ska främst användas för framställning av olika alternativa drivmedel såsom DME, metanol, Fischer-Tropschdiesel eller vätgas. Projektet sträcker sig över fem år. En del av medlen kommer att gå till att finansiera uppbyggnaden av Värnamo Växjö Biomass Gasification Center. Utgångspunkten är den pilotanläggning som Sydkraft (numera E.ON) uppfördes i Värnamo 1991 för trycksatt förgasning av biomassa för elproduktion. Då användes luft som förgasningsmedium. Anläggningen uppfördes efter att beslut tagits 1988 om att lägga ner två svenska kärnkraftverk samtidigt som vattenkraften inte skulle byggas ut mer. Kraftbolagen, däribland Sydkraft, sökte

därför efter nya effektiva sätt att producera elektricitet. Anläggningen i Värnamo blev den första av sitt slag i världen. Den var i drift fram till slutet av 90-talet, då den lades i malpåse efter ett lyckat demonstrationsprogram (Sjunnesson, 2005). Omkring år 2000 väcktes planerna på att åter börja använda anläggningen på något sätt. Påtryckningar kom från Växjö kommun som efter Riokonferensen 1992 och i enlighet med Agenda 21 beslutat att sätta upp målet att bli icke fossilberoende. Att använda Värnamoanläggningen för framställning av syntesgas för drivmedelsproduktion, var ett av de alternativ som utreddes (CHRISGAS, 2005). Hösten 2003 avsattes motsvarande 85 miljoner kronor inom EU:s FP6 för projektet och i januari 2004 beviljade STEM 75 miljoner kronor till Växjö Universitet för genomförande av projektet CHRISGAS. Dessutom kom övriga projektpartners in med drygt 40 miljoner kronor. De svenska parter som deltar är TPS Termiska Processer, KTH, Växjö Energi och Catator. Catator är ett mindre företag med säte i Lund. På senare år har de bland annat utvecklat en ultrakompakt vätgasreformer för småskalig produktion av vätgas. Utvecklingsarbetet har fått ekonomiskt stöd från Svenskt Gastekniskt Center (SGC) som administrerar medel från STEM till FoU-insatser inom gasområdet (SGC, 2004).

2.6 Forskning om lagring av vätgas

Lagringen av vätgas har varit föremål för forskning i Sverige sedan början av 60-talet. När bränslecellsprogrammet vid ASEA lades ner omkring år 1970, se avsnitt 3.1.1, var ett av argumenten att man inte såg någon kortsiktig lösning på lagringsfrågan (von Krusenstierna, 2004). I mitten av 80-talet var lagringen av vätgas en prioriterad fråga inom IEA och även i Sverige. Vid den tidpunkten låg Sverige i frontlinjen internationellt sett både när det gällde forskning kring vätgaslagring i metallhydrider och lagring i underjordiska rum (Österberg, 1987). Fortfarande år 2005 är avsaknaden av tillräckligt bra lagringsmetoder ett hinder för en ökad användning av vätgas som energibärare och inom MISTRAs bränslecellsprogram är detta en av fyra prioriterade forskningsfrågor (Johansson och Steen, 2005).

Fenomenet att metallegeringar som reagerar med vätgas bildar metallhydrider upptäcktes i slutet av 60-talet. Det rör sig om en reversibel process som möjliggör lagring under lång tid. Fördelen med att lagra vätgas i metallhydrider är att stora mängder vätgas kan lagras i en liten volym. De grundläggande forskningsgenombrotten skedde på 70- och 80-talet. Då använde Daimler-Benz metallhydridmoduler i ett flottförsök med ett tiotal vätgasdrivna fordon i Berlin (Jungmar och Noréus, 1986). Svenska forskare började följa utvecklingen i slutet av 1970-talet. Den forskare som längst varit aktiv inom området är Dag Noréus. Han var en av de svenskar som deltog i en

internationell konferens om metallhydrid 1978 i Schweiz. Noréus var från början verksam vid Reaktor fysik på KTH. 1983 gjorde han sin postdoc vid Daimler Benz inom ovan nämnda flottförsök. När han kom tillbaka till Sverige 1984 flyttade han till Stockholms Universitet, Institutionen för strukturkemi, och tog med sig sin forskargrupp dit (Noréus, 2005). Forskningen fick finansiella medel från Energiforskningsnämnden (EFN) under 80-talet, som även gav stöd till teknikbevakningsinsatser inom ramen för Långsiktig Energiforskning, delområdet Ny Teknik (Jungmar och Noréus, 1986). 1986 låg forskningen på metallhydrid för vätgaslagring i frontlinjen internationellt sett (Österberg, 1987). Under 80-talet startade även forskningsaktiviteter på Chalmers under ledning av Bengt Kasemo (Noréus, 2005).

Metallhydrid används även i batterier och det finns en nära koppling mellan dessa forskningsområden. Under början av 90-talet avtog intresset för vätgaslagring och forskningen kring metallhydrid fokuserade istället på batterier. Goda svenska forskningsresultat ledde bland annat till att batteriföretaget NiMe-Hydrid AB bildades 1993 i Mönsterås. Som mest sysselsattes 17 personer, varav en var Noréus. Under sista halvan av 90-talet förändrades dock läget inom batteribranschen. Utvecklingen gick snabbt i Japan och andra asiatiska länder och allt mer av verksamheten flyttade dit. I dag finns det i stort sett ingen europeisk batteriindustri kvar. År 2000 var man tvungen att lägga ner NiMe-Hydrid eftersom det var svårt att hitta en lämplig och tillräckligt stor marknad. I dag har forskningen inom metallhydrid för batterier avtagit i omfattning i Sverige. De senaste åren har istället metallhydrid för vätgaslagring åter fått mer uppmärksamhet i samband med att intresset för vätgas och bränsleceller ökat (Noréus, 2005). Det är exempelvis ett av delområdena inom MISTRAs bränslecellsprogram (Johansson och Steen, 2005). Forskning pågår vid Stockholm Universitet och Uppsala Universitet och stöds även av Energimyndigheten (Macfie, 2002). De svenska forskargrupperna deltar i nordiska och europeiska samarbeten och projekt. Det kan vara värt att notera att flera av de internationella kontakterna som är av betydelse 2005 började knytas redan 1978 på konferensen i Schweiz som omnämndes inledningsvis i detta avsnitt (Noréus, 2005).

En annan lagringsmetod som undersöktes i mitten av 1980-talet var lagring i underjordiska rum. De praktiska erfarenheterna från lagring av vätgas på detta sätt var då starkt begränsade, däremot fanns erfarenheter från lagring av till exempel naturgas i tömda gas- och oljereserver, akvifärer och utsprängda berggrum. Runt 1986 fanns i Sverige ett program av grundläggande forskningskaraktär som låg i frontlinjen internationellt sett kring storskalig lagring av vätgas i underjordiska rum. Kompetensen fanns vid Institutionen för geoteknik vid Chalmers Tekniska

Högskola samt hos Hagkonsult AB. Metoden omfattade både lagring av gas under tryck och flytande väte. Vid Chalmers var det Ulf Lindblom och hans medarbetare som studerade denna metod och även genomförde fältförsök (Österberg, 1987). Tester i fält lär ha planerats i tomma beredskapslager på Hisingen i Göteborg (Mellander, 2005). De senaste uppgifterna om denna forskning som hittats i litteratursökningen är från 1987. I Elforsks områdesöversikt från 1998 nämns inget, vilket tyder på att forskningen då avslutats.

2.7 Forskning om vätgasdrivna motorfordon

Att använda vätgas som drivmedel kan ske antingen med bränsleceller eller med konverterade förbränningsmotorer som energiomvandlare. Båda dessa teknikområden har varit föremål för svenska forskningsaktiviteter under åren. Under senare delen av 70-talet och första halvan av 80-talet diskuterades nästan uteslutande vätgas för motordrift (Ljungqvist, 1985). Forskning bedrevs då bland annat i den så kallade Sjöström-gruppen vid KTH på Institutionen för Kemisk teknologi. Forskargruppen konverterade motorer från Volvo och vätgasen uppvisade många goda egenskaper som bränsle för förbränningsmotorer. Ett doktorandprojekt genomfördes med målet att utveckla en metod för generering av vätgas ombord på fordonet för att sedan injiceras i motorn (Sjöström, 1980). Vätgasen producerades genom reformering av metanol, som vid den tidpunkten var det alternativa drivmedel man trodde mest på i Sverige (Sandén och Jonasson, 2005). Sjöström-gruppens arbete resulterade i ett system som bedömdes ha stor potential för energieffektiv drift av förbränningsmotorer med låga utsläpp (Sjöström, 1980). 1987 hade man lyckats öka verkningsgraden i motorn med cirka 30 % i försök (Österberg, 1987).

Under 90-talet ökade intresset för bränsleceller som en effektiv och miljövänlig energiomvandling, men aktiviteterna kring vätgasdrift av motorer har fortsatt parallellt både i Sverige och på olika håll runt om i världen. Sedan 2001 pågår forskning vid LTH (Lunds Tekniska Högskola) kring vätgasinblandning i naturgasmotorer. Verksamheten stöds av Energimyndigheten och motivet är att genom inblandning av vätgas öka förbränningshastigheten och därmed effektiviteten. Försök har gjorts med 8 % respektive 25 % vätgas. Forskargruppen är med i ett demonstrationsprojekt i Malmö där två gasbussar sedan 2003 drivs på naturgas med vätgasinblandning, även kallat hytan⁹. Resultaten visar att körbarheten för bussarna förbättrats samtidigt som utsläppen av koldioxid, kolväten och kolmonoxid minskat (Tunestål, 2005).

⁹ Demonstrationsprojektet i Malmö beskrivs i avsnitt 4.3.2.

2.8 EUs vätgasaktiviteter och Sveriges deltagande

Som nämnts flera gånger deltar många svenska forskargrupper i internationella samarbeten och projekt. I takt med att EU utvidgas blir det allt vanligare med europeiska samarbeten och EU-finansierade projekt inom vätgas- och bränslecellsområdet. EU och dess föregångare har, precis som många av sina medlemsländer, gett stöd till vätgasrelaterad forskning sedan oljekrisen på 70-talet. 1995 formulerades en ambitiös och optimistisk 10-årig bränslecellstrategi för forskning, utveckling och demonstration inom EU. Målet var att snabbt minska kostnaderna, men det nämndes ingenting om hur det skulle uppnås (Adamson, 2005). Programmet uppdaterades 1998 och målen blev då mer realistiska. Då integrerades frågor om hur kommersialiseringsprocessen skulle kunna stödjas i dokumentet och forskningen fokuserades på bränsleceller av typen PEM.

Sverige gick med i EU 1995 och svenska organisationer har under åren deltagit i många EU-finansierade projekt. En stor del av EU:s stöd till forskning och demonstration fördelas genom ramprogrammen (FP). Under det andra ramprogrammet (FP2) 1986-1990 fördelades motsvarande 72 miljoner svenska kronor till vätgas- och bränslecellsprojekt. Därefter har anslagen ökat för varje nytt ramprogram. Under FP5 som genomfördes 1998-2002 hade stödet ökat till närmare 1,2 miljarder kronor. Medlen fördelades mellan 70 olika projekt. Svenska företag och universitet deltog i cirka 25 % av dem (Europeiska Kommissionen, 2003). Inom FP6, som pågår 2003-2006, har anslagen till vätgasrelaterad forskning ökat ytterligare. Fram till och med år 2005 har 64 projekt beviljats EU-bidrag på totalt motsvarande 2,5 miljarder kronor. Utöver det läggs ett lika stort bidrag från privata sektorn och andra organisationer i Europa. Svenska företag, universitet och andra organisationer deltar i drygt 15 % av projekten och är projektkoordinator för två. Det är dels CHRISGAS-projektet, som beskrivits tidigare i detta avsnitt, dels HYTRAN som koordineras av Volvo Technology. Volvo Technology är med i drygt hälften av projekten med svenskt deltagande och är den svenska aktör som deltar i flest EU-finansierade projekt (Europeiska Kommissionen, 2004).

I oktober 2002 initierade Europeiska kommissionen en "High Level Group" för vätgas och bränsleceller¹⁰. Uppdraget var att formulera en gemensam vision om hur vätgas och bränsleceller kan bidra till ett mer hållbart energisystem i Europa. Två svenska representanter deltog i arbetet, båda från Sydkraft (Europeiska Kommissionen, 2003). Initiativet följdes av att "the European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform" (HFP) bildades 2003 för att accelerera utvecklingen och för att ge rekommendationer om hur satsningarna inom området ska prioriteras

¹⁰ The High Level Group for Hydrogen and Fuel Cells

under FP7 som startar 2007. Teknikplattformen för vätgas och bränsleceller var den första teknikplattformen som instiftades av Kommissionen. Arbetet inom HFP har bland annat resulterat i två centrala dokument; en strategisk forskningsagenda¹¹ och en spridningsstrategi¹². Kommissionen har samtidigt tagit initiativ till ett Joint Technology Initiativ (JTI) för vätgas och bränsleceller. Förenklat kan man säga att syftet med JTI är att kraftsamla genom att hitta nya samarbetsformer mellan EU-kommissionen och medlemsländernas näringsliv, forskare och myndigheter för forskning, demonstration och utveckling. I slutet av 2005 kunde europeiska organisationer anmäla sitt intresse för att delta i JTI. Omkring 120 anmälningar kom in. Två av dem kom från svenska organisationer; E.ON och ETC Battery and FuelCells Sweden AB (Wolf, 2005). JTI för vätgas och bränsleceller är ett av totalt sex JTI som kommissionen planerar för olika ämnesområden.

Under 2005 pågår ett par projekt som syftar till att förbereda inför vätgassatsningarna inom FP7 som ska genomföras 2007-2012. Ett av dem utförs av ett skandinaviskt konsortium som koordineras av svenska ÅF. Inom projektet, som ska vara klart i juli 2006 ska bland annat kriterier tas fram för hur urvalet av stora demonstrationsprojekt inom vätgas- och bränslecellsområdet ska ske, så kallade Lighthouse Projects. I konsortiet deltar även Volvo, Business Region Göteborg, KTH, Chalmers och ETC Battery and FuelCells Sweden tillsammans med norska Statoil och Hydro och holländska Faasen & Partners (Schaap, 2005).

¹¹ Strategic Research Agenda

¹² Deployment Strategy

3. Svensk bränslecellshistoria – forskning, teknikbevakning och näringslivsutveckling

Eftersom det finns en koppling mellan vätgas och bränsleceller, beskrivs i detta kapitel hur forskningen inom bränslecellsområdet har sett ut och utvecklats genom åren. En del av verksamheten som tas upp har en direkt koppling till användningen av vätgas som drivmedel, andra aktiviteter har det inte men har ändå bedömts relevanta att ta med. Beskrivningen är uppdelad i två spår. Det ena börjar vid bränslecellsprogrammet på ASEA på 1960-talet, fortsätter till KTH (Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm) och de forskningsaktiviteter som följde där, går via de tre statliga bränslecellsprogrammen som startade runt år 2000, för att sluta med en beskrivning av några företag som är aktiva i inom branschen 2005, däribland bränslecellstillverkarna Cellkraft och PowerCell. Det andra spåret handlar om stationära bränsleceller för elproduktion och presenterar bränslecellsaktiviteter på Sydkraft (senare E.ON) och andra kraftbolag från mitten av 1980-talet och framåt.

3.1 Från ASEA på 60-talet till svenska bränslecellstillverkare 2005

Bränsleceller är ingen ny teknik. Redan 1839 observerades fenomenet av den brittiske vetenskapsmannen William Grove och sedan dess har det pågått verksamhet inom området. Den första vätgasbilen byggdes i Frankrike 1917 som en följd av bristen på bränsle under första världskriget (Österberg, 1987). Aktiviteterna inom området intensifierades under andra delen av 1950-talet, främst i USA i samband med utvecklingen av bränsleceller för rymdprogrammet Apollo.

3.1.1 Bränslecellsprogrammet på ASEA under 1960-talet

I Sverige inleddes det första forskningsprogrammet om bränsleceller 1963. Det skedde på ASEA (i dag ABB) efter ett uppdrag från Marinen som syftade till att utveckla bränslecellbaserade drivsystem för u-båtar, med lång livslängd, hög effekt och effektiv bränslelagring. Bränslecellsprogrammet var en stor satsning som uppgick till flera tiotal miljoner kronor i den tidens penningvärde (Lindström, 1966). Bränslecellerna var av alkalisk typ (AFC) och drevs på vätgas och syrgas. Bränslecellsaktiviteterna vid ASEA var samtida med satsningarna inom det amerikanska rymdprogrammet och en del forskningsverksamhet genomfördes även i samarbete med amerikanska NASA. Vid den tidpunkten fanns det bara ett fåtal företag i världen med storskaliga bränslecellsprogram. ASEA var ett av dem och det enda som inriktade sig på ubåtsmaskinerier (Lindström, 1966). Företaget hade en lång tradition av verksamhet inom

ubåtsteknik och en marknad att försvara. Som mest sysselsatte bränslecellsprogrammet cirka 40 personer (von Krusenstierna, 2004).

En central person i denna historia är Olle Lindström. Han brukar av en del kallas för bränslecellens fader i Sverige. Lindström var den som hade ansvaret för bränslecellsverksamheten när programmet drog i gång i egenskap av chef för ASEAs centrallaboratorium. Innan Lindström började på ASEA hade han varit verksam på KTH där han doktorerade under tidigt 60-tal. Otto von Krusenstierna, som arbetade tillsammans med Lindström på ASEA, berättar att denne tidigt hade visat stort intresse för alternativa tekniker för elproduktion. Redan 1961 föreläste han om bränsleceller vid IVAs första bränslecellsymposium. Han lär också ha haft kontakt med Francis T Bacon som började utveckla bränsleceller redan på 1930-talet på universitetet i Cambridge. Bacon är mest känd för att han under 50-talet utvecklade "the Bacon Cell" som var en 5 kW väte-syrebränslecell utan katalysatorer av ädelmetall (Österberg, 1987; von Krusenstierna, 2004). Det är rimligt att tro att Lindströms personliga engagemang var en bidragande faktor till att intresset för bränsleceller väcktes på ASEA.

Projektet på ASEA resulterade i mitten av 60-talet i ett 200 kW prototypsystem som var störst i sitt slag i världen fram till 1976 (Braun, 1988). Även om fokus låg på tillämpningar för ubåtar, diskuterades idén att utveckla systemet för drift av motorfordon i stadstrafik samt för truckar och gruvfordon. Drivkraften för det tillämpningsområdet uppgavs vara att "erhålla en mer människovänlig stadsmiljö" (Lindström, 1966). Planerna kom dock aldrig så långt att någon demonstration av fordon kunde genomföras. När det gällde u-båtssystemen resulterade utvecklingsarbetet i en närmast industriell produktion av bränslecellselektroder och en ny typ av katalysator (von Krusenstierna, 2004). Men trots det och trots omfattande livslängdstester, kunde inte Marinens krav på systemet uppfyllas. Lindström lämnade ASEA 1968. Då var hela programmet i kris och kontraktet med Marinen hotade med miljoner i böter. ASEA var på väg att ge upp, men valde istället att ändra inriktning på programmet. Man bytte till en ny typ av elektrodteknik och en katalysator av ädelmetaller. Resultatet blev ett system som klarade en drifttid på 8000 h, vilket var världsrekord enligt USA-bedömare, och därmed hade Marinens krav på livslängd uppfyllts. De nya cellerna var alldeles för dyra för fordonsdrift, men bedömdes ha avgörande fördelar i slutna system eller på avlägsna platser till exempel i u-båtar, fyrar och fjällradiostationer. Planer fanns på att demonstrera ett 50 W system i en fyr i Stockholms skärgård (Grünbaum, Norhammar m.fl., 1969). Något år senare, 1972, utvecklades dock bränslecellverksamheten på ASEA. En bidragande anledning var att tekniken inte bedömdes

kunna bli ekonomiskt lönsam på kort sikt. Inom u-båtsområdet hade det parallellt skett en snabb utveckling av Stirlingmotorn som låg betydligt närmare en kommersialisering än bränsleceller för denna tillämpning. Samtidigt började den klassiska fyrtekniken, där bränslecellen skulle kunna ha använts, bli omodern (von Krusenstierna, 2004). Efter programmets slut blev bränsleceller närmare tabu på ASEA och senare även på ABB under många år (Nygren, 2004; Sylwan, 2005). Det var först i slutet av 90-talet som ABB åter aktivt visade intresse inom området genom att Bertil Nygren blev programchef för det MISTRA-finansierade programmet för batterier och bränsleceller som startade 1998.

Efter att Olle Lindström slutat på ASEA utsågs han 1968 till professor i Kemisk Teknologi vid KTH. Där inledde han bränslecellsaktiviteterna som sedan dess bedrivits mer eller mindre intensivt och involverat många forskare under åren. Mycket av den elektrokemiska kompetens som hade utvecklats på ASEA flyttades därmed över till KTH. En handfull personer som jobbat i bränslecellsprogrammet fortsatte istället till AGA Innovation som ägdes av Tudor. Även Lindström arbetade där parallellt med forskningen på KTH. På AGA utnyttjades kompetensen från ASEA i bland annat ett projekt som syftade till att utveckla ett metall-luft-batteri (en så kallad halvbränslecell) för eldrift av fordon, till exempel gruvfordon eller fordon för postdistribution. Projektet byggde vidare på den luftelektrodeknologi som utvecklats, men lades ner efter något år eftersom systemet blev för komplext och dyrt. En annan bidragande orsak till att projektet avslutades var att Kalmar verkstad beslutade lägga ned tillverkningen av postbilen Tjorven. Tjorven, som fanns med både bensin- och eldrift, var ett av de fordon där AGAs järn-luft-batteri var tänkt att sättas in. En del av personerna som arbetat med projektet på AGA fortsatte därefter till Svenska Utveckling AB som var ett statligt bolag med projektbaserad verksamhet inom områden som membranteknik, elektrokemiska celler och batterier. Minst tre personer som arbetade på Svenska Utvecklingsbolaget under 80-talet började senare med bränslecellsforskning och utveckling på KTH tillsammans med Olle Lindström. En av dem hade varit med redan under ASEAs bränslecellsprogram (Sylwan, 2005). Under sitt yrkesverksamma liv anlätades Lindström upprepade gånger av statliga myndigheter för utredningar om bränsleceller (Braun, 1988). Hans fascination för tekniken speglas bland annat i en artikelserie i fem delar med titeln "That incredible fuel cell" som publicerades i tidskriften Chemtec 1988-89 (Lindström, 1988/89).

3.1.2 Forskningsprogram under 1990-talet

Under 70- och 80-talet var intresset för bränsleceller för fordonstillämpningar relativt lågt i Sverige. Det internationella intresset ökade från mitten av 90-talet, bland annat på grund av utvecklingen i Kalifornien, och påverkade även aktiviteterna i Sverige. Under åren 1998-2000 startade tre olika nationella forskningsprogram där bränsleceller för fordonstillämpningar ingick som en del. Det var MISTRAs bränslecellsprogram samt programmen Energisystem i Vägfordon och Gröna Bilen. 1998 startade även ett program för stationära bränsleceller. Forskningsfrågor kring vätgas finns med i marginalen i dessa program, men är ingen huvudfråga. Tillsammans har dessa fyra program en budget på ca 30 miljoner kronor per år och involverar cirka 110 personer. Samtliga program avslutas någon gång mellan åren 2005 och 2007 (Karlström, 2005). Gemensamt för de tre delprogrammen som handlar om transporttillämpningar, är att de leds av Göran Johansson från Volvo Technology. Därmed sker en koordinering av all statligt finansierad programforskning på PEM-bränsleceller i Sverige (Johansson och Steen, 2005).

MISTRA är en stiftelse för miljöstrategisk forskning som bildades 1994 och som årligen fördelar cirka 200 miljoner kronor till miljöforskning. Medlen kommer från gamla löntagarfonder. Ett program som stöds av MISTRA är inriktat på elektrokemisk forskning (bränsleceller och batterier). Programmet genomförs inom ramen för Jungnercentrum med KTH som värd. Det första initiativet till detta program togs 1995. Då började forskare från olika högskolor i Sverige att diskutera hur de skulle kunna samarbeta. Bland de drivande personerna fanns Lena Thorell från Chalmers, Daniel Simonsson från KTH, Dag Noréus från Stockholms Universitet och Josh Thomas från Uppsala. Bakgrunden var att man såg ett behov av att öka samarbetet mellan olika forskargrupper samt mellan forskarna och industrin. Det fanns en stor kompetens på svenska högskolor och universitet, men resultaten kom sällan till nytta inom svenska företag, berättar Lars Öjefors som sedan starten 1998 varit styrelseordförande för programmet (Öjefors, 2005). Det första förslaget på programstrategi som togs fram, bedömdes dock inte attrahera industrin. Efter en omarbetning, i vilken bland annat Per Ekdunge från Volvo deltog, kunde programmet starta den 1 januari 1998 (Bertilsson, 2005; Öjefors, 2005).

Första fasen gick under namnet "Batterier och bränsleceller för en bättre miljö" och varade under fyra år fram till och med 2001. I fortsättningen av rapporten benämns det "MISTRA-programmet", eftersom MISTRA är den dominerande finansiären. Under de fyra första åren bidrog MISTRA med totalt omkring 60 miljoner kronor. Dessutom satsade de deltagande företagen tillsammans omkring 45 miljoner. Programdirektör från starten var Bertil Nygren från

ABB. Förutom ABB medverkade företagen Volvo, Ericsson, Höganäs, NiMe Hydrid, Kockums och Woxna Graphite. Utvecklingsarbetet skedde på KTH, Chalmers, LTH och universiteten i Stockholm och Uppsala. MISTRA-programmet var uppdelat i tre delprogram, varav ett fokuserade på PEM-bränsleceller medan de andra var inriktade på batterier (litiumpolymer- respektive nickelmetallhydridbatterier). Delprogrammet om bränsleceller leddes av Per Ekdunge från Volvo. Innan MISTRA-programmet startade fanns endast ett fåtal doktorander som forskade på PEM-bränsleceller i Sverige. Under programmets första fas ökade antalet till åtta stycken. Ett av de viktigaste resultaten från bränslecellsaktiviteterna under fas ett är att det utvecklades en bränslecell som visade väldigt bra resultat vid test och höll hög klass i en internationell jämförelse (Macfie, 2004). Denna tog Volvo senare patent på och bildade bränslecells företaget PowerCell.

Goda resultat från de första fyra åren ledde till att MISTRA beviljade cirka 40 miljoner kronor för en andra fas 2003-2006. En ändring har skett då denna fas endast omfattar bränsleceller. Anledningen är att läget inom batteribranschen har förändrats drastiskt. Utländska företag, främst japanska, har tagit över marknaden och den svenska batteriindustrin har köpts upp och försvunnit. Detta bidrog till att Ericsson, som främst hade intressen inom batteriområdet, lämnade MISTRA-programmet tillsammans med bland annat ABB. Göran Johansson från Volvo Technology tog över som programchef och fick till sin hjälp Bengt Steen, Chalmers, som är vice programchef. I årsrapporten från 2004 presenteras de deltagande företagen i andra fasen. Bland dem finns leverantörer av material (Woxna Graphite, Svenska Tanso, Outokumpu Stainless), tillverkare av komponenter (Morphic), hela stackar (Cellkraft, Volvo PowerCell) och användare (Volvo). Programmet har tre delar som inriktas mot att utveckla material och komponenter, sätta samman dessa i en stack samt att analysera hur bränsleceller kan introduceras och användas i samhället. Den stack som utvecklades under första fasen testas i fullskala under fas två (Johansson och Steen, 2005).

Sammanfattningsvis kan sägas att de viktigaste resultaten av MISTRAs bränslecellsprogram hittills är dels den ökade svenska kompetensen inom området, dels de patent som tagits och som i sin tur lett till att två svenska bränslecellstillverkande företag bildats; Cellkraft och PowerCell. Inom MISTRAs bränslecellsprogram har eller kommer ca 20 personer att ha doktorerat inom elektrokemi, bränsleceller och vätgas under perioden 2001-2006 (Karlström, 2005). Hösten 2005 pågår förberedelser för en tredje fas. Inriktningen denna gång ska vara ett demonstrationsprogram (Johansson, 2005). Det är ännu inte klart om MISTRA väljer att fortsätta stödja programmet.

Samma år som MISTRA gav klartecken för programmet ”Batterier och bränsleceller för en bättre miljö”, sa statsminister Göran Persson i sin regeringsförklaring den 6 oktober 1998 att regeringen ville utarbeta ett program för att utveckla miljövänliga bilar tillsammans med svensk bilindustri. Resultatet blev forskningsprogrammet Gröna Bilen som startade 2000 och är ett samverkansprogram mellan VINNOVA och de största svenska fordonstillverkarna AB Volvo, Volvo Cars, Saab Automobile och Scania. Den totala budgeten för programperioden 2000-2005 uppgår till 1,8 miljarder kronor varav 1,3 miljarder kommer från industrin. Inom Gröna Bilen finns ett delprogram om bränsleceller och hybridfordon som kallas FC/HEV (Fuel Cell Hybrid Electrical Vehicle). Göran Johansson, som deltog som representant för Volvo i förberedelserna för Gröna Bilen, blev senare programchef för den delen (Johansson, 2005). Delprogrammet omsätter under 2001-2007 omkring totalt 20 miljoner kronor (Karlström, 2005).

Det tredje bränslecellsprogrammet med inriktning mot fordonstillämpningar genomförs i Energimyndighetens (STEMs) regi inom ramen för programmet Energisystem i Vägfordon. Programmet inleddes 2000 och är samlande för STEMs insatser inom området effektivare vägtransporter. Det utgår från ett tidsperspektiv på 10 år framåt i tiden till skillnad från Gröna Bilen som utgår från ett mer kortsiktigt perspektiv och satsar på lösningar som ligger närmare dagens marknader. STEMs vision är att tillsammans med andra aktörers satsningar inom området nå fram till en teknik som möjliggör en reduktion av den genomsnittliga bränsleförbrukningen i nya personbilar med 50 % och för nya tyngre fordon med 20 %. Precis som inom MISTRA-programmet pågår 2005 den andra fasen av Energisystem i Vägfordon. Första fasen genomfördes under treårsperioden 2000-2003 och hade en total budget på omkring 100 miljoner kronor som fördelades på ett 30-tal projekt inom olika områden. Ett delområde, eller kluster som det kallas, heter FC/HEV och inriktas på hybrid- och bränslecellsfordon. 2004 startade den andra programperioden för Energisystem i Vägfordon och STEM avsatte 35 miljoner per år under en treårsperiod till olika projekt (STEM, 2004). Bränslecellsforskningen under andra perioden (2003-2006) har en budget på totalt 12 miljoner kronor och sysselsätter omkring 10 personer (Karlström, 2005). När STEM blev tvungen att göra en kraftig neddragning av forskningsanslagen 2005, drogs en del av stödet till bland annat bränslecellsprojekten in. Bland de bränslecellrelaterade aktiviteter som pågår 2005 finns endast ett minikluster kvar där man tittar på ett dieselreformersystem (Johansson, 2005).

3.1.3 Forskningen på KTH, Chalmers och LTH

Forskning inom bränslecellsområdet har ägt rum och äger rum på flera av landets tekniska högskolor och universitet. KTH i Stockholm (Kungliga Tekniska Högskolan) är en stor aktör. Flera av de personer som under åren arbetat med vätgas- och bränslecellrelaterade frågor i olika sammanhang runt om i Sverige, har en koppling till KTH. Många av dem har disputerat eller arbetat där. 2002 hade KTH omkring 30 doktorander inom området (Macfie, 2002). Den institution på KTH där bränslecellsforskningen bedrivs i dag heter Kemiteknik. Där ingår avdelningarna för kemisk teknologi, tillämpad elektrokemi, energiprocesser och kemisk reaktionsteknik. Forskningen på alkaliska bränsleceller (AFC), som både omfattar fordons- och stationära tillämpningar, drogs igång av Olle Lindström 1968 och var omfattande fram till cirka 1991. Därefter har den forskningen fortsatt i mindre skala (Lundblad, 2004/2005) och verksamheten utvidgades till att omfatta även smältkarbonatbränsleceller (MCFC), fastoxidbränsleceller (SOFC), metanolbränsleceller (DMFC) och polymermembranbränsleceller (PEMFC). Forskningen på PEM-celler startade under senare delen av 80-talet (Sylwan, 2005).

På avdelningen för tillämpad elektrokemi startade bränslecellsforskningen runt 1990/91 under ledning av Daniel Simonsson. Simonsson hade tagit över ansvaret för avdelningen i mitten av 80-talet. Det var han som startade upp forskningen på andra bränslecellstyper än den alkaliska. Simonsson var även, som tidigare nämnts, en av initiativtagarna till MISTRAs bränslecellsprogram. I dag är det Göran Lindbergh som är professor på tillämpad elektrokemi. Han var Simonssons första doktorand och tog över efter dennes bortgång 1997. I dag omfattar verksamheten både bränsleceller för tillämpningar på fordonssidan och för distribution av el och värme till fastigheter. Förutom i MISTRA-programmet deltar forskarna bland annat i Gröna Bilen, i två EU-projekt samt i nordiska energiforskningsprojekt. På avdelningen arbetar i dag omkring fyra seniora forskare och tio doktorander inom bränslecellsområdet.

På avdelningen för energiprocesser forskas det på kringssystem för bränsleceller. Totalt är fem till sex forskare och doktorander verksamma inom området. Ett projekt bedrivs i samarbete med Scania och LTH (Lunds Tekniska Högskola) för att testa och utvärdera en hybridbuss med bränslecellsystem. Det sker inom ramen för Gröna Bilen under perioden 2001-2005. Konceptbussen togs fram inom ett EU-finansierat projekt med namnet "Scania Hybrid Fuel Cell Concept Bus" inom EU:s Joule-program. Bränslecellen är av typen PEM och har effekten 50 kW

(Folkesson, Andersson m.fl., 2003). Ett annat projekt¹³ genomförs inom forskningsprogrammet för Stationära bränsleceller och har resulterat i en försöksanläggning på KTH som omfattar ett stationärt bränslecellsystem på 2 kW.

Parallellt med aktiviteterna på KTH har det sedan senare delen av 70-talet bedrivits forskning med anknytning till bränsleceller på Chalmers. Det sker bland annat på Institutionen för Teknisk Fysik där verksamheten startades upp redan på 1970-talet av Arnold Lundén. Lundén hade en bakgrund som kemist och kärnfysiker och började på 1950-talet arbeta med smälta salter. Doktorandprojektet handlade om anrikning av uran med hjälp av separationsmetoder med smälta salter. Den gemensamma nämnaren med dagens forskning på fastoxidbränsleceller (SOFC) är jonledning och jontransport. En annan tradition som lever kvar från Lundéns tid är samarbetet mellan fysiker och kemister inom forskargruppen. Omfattningen på bränslecellsaktiviteterna på Chalmers har varierat under åren beroende på hur anslagen sett ut. 1989 drog ett större bränslecellsprojekt igång med medel från Naturvetenskapliga forskningsrådet. Under 90-talet har medel erhållits från bland annat Göteborg Energis forskningsstiftelse. Sedan 1991 är det Bengt-Erik Melander som leder forskningsaktiviteterna. Antalet aktiva forskare har under de senaste åren varierat mellan fem och 10 stycken, flera av dem är gästforskare från exempelvis Kina, Colombia och Sri Lanka (Mellander, 2005). Bränslecellrelaterad verksamhet på Chalmers bedrivs även av forskargrupper vid bland annat kompetenscentrum Katalys (KCK), Teknisk ytkemi vid Institutionen för kemi- och bioteknik, samt vid Miljösystemanalys och Energiteknik som tillhör den nybildade Institutionen för Energi och miljö. De tre förstnämnda deltar i MISTRAs bränslecellsprogram.

Även vid LTH pågår sedan 1998 forskning inom bränslecellsområdet, både grundläggande och tillämpad samt på systemintegrationsnivå. Vid Institutionen för Energivetenskaper (tidigare Värme- och Kraftteknik) är två forskargrupper aktiva. Det är vid avdelningarna för Värmeöverföring och Kraftverksteknik. Avdelningarna för Förbränningsfysik och Polymerteknologi har också forskning relaterad till bränsleceller. Sedan 1998 pågår ett forskningsprojekt som syftar till att undersöka hur fastoxidbränsleceller kan kombineras med en gasturbinprocess (SOFC/GT). Hybridlösningen förväntas kunna höja verkningsgraden vid produktion av elektricitet betydligt, samtidigt som utsläppen minskar. Forskare från LTH har också deltagit i Högskoleprogrammet för stationära bränsleceller som genomfördes under åren 1998-2005.

¹³ Projektet beskrivs i avsnitt 3.2.2.

3.1.4 Svenska tillverkare av bränslecellsystem, komponenter och fordon

Som ett resultat av svensk bränslecellsforskning har två bränslecellstillverkare bildats. Det ena är Cellkraft AB som ligger i Stockholm och det andra är PowerCell i Göteborg. I detta avsnitt presenteras dessa två unga företag tillsammans med ett par andra företag med verksamhet inom bränslecells- och vätgasområdet; Volvo, Scania, Opcon Autorotor, Morphic Technologies, ETC Battery and FuelCells Sweden och MEAC. Tidigare i rapporten har Catator som utvecklat en vätgasreformer omnämnts¹⁴ och i nästa avsnitt presenteras kraftbolagens och ABBs verksamhet inom området.

Cellkraft bildades år 2000 på initiativ från tre tidigare studenter och forskare vid KTH, avdelningen för tillämpad elektrokemi. En av dem hade doktorerat inom MISTRA-programmet. I januari 2004 hade Cellkraft sex anställda. En av dem kommer från Volvo och de övriga är utbildade vid olika forskningsprogram kring bränsleceller (Macfie, 2004). Med grunden i en patenterad bipolär platta marknadsför Cellkraft i dag PEM-bränslecellsystem med livslängdsprestanda i världsklass. De stationära systemen finns i effektstorlekar mellan 50 och 2 000 W (Cellkraft, 2005). Under 2003 deltog Cellkraft i projektet Fjällcell med syfte att ta fram ett PEM-bränslecellsystem som klarade autonom drift vid tufft klimat och vid temperaturer ner till 30 minusgrader. Tillämpningen var radiosystem på platser utan tillgång till elnätet. Projektet genomfördes i samarbete med det svenska företaget MEAC som bland annat arbetar med att ta fram meteorologiska mätsystem anpassade för svårtillgänglig fjällmiljö. Projektet fick ekonomiskt stöd av Energimyndigheten via Svenskt Gastekniskt Center (SGC) (SGC, 2004). Efter första etappen i projektet installerades ett system på fjället Önrun vid MEACs teststation. Samarbetet mellan Cellkraft och MEAC har avslutats, men båda företagen har fortsatt utvecklingen av bränslecellsystem för autonom drift. Cellkraft installerade i september 2005 ett reservkraftsystem åt TeliaSonera i en telestation nära Jönköping. TeliaSonera kommer att utvärdera systemet under drygt ett år. Andra nischmarknader som Cellkraft inriktar sig på är tillämpningar inom försvarsmakten (Cellkraft, 2005). MEAC utvecklade 2005 ett fjällanpassat bränslecellsystem baserat på en stack från en utländsk leverantör. Företaget hade sin första offentliga visning av systemet HySo 50 i april 2005. HySo 50 kombinerar solet och vätgas och kan användas för lokal strömförsörjning på valfri plats. Under sommarhalvåret, mellan mars och oktober, produceras elektriciteten från solenergi medan vätgaslagret och en bränslecellstack (50 W) utnyttjas under vinterhalvåret.(MEAC, 2005).

¹⁴ Se avsnitt 2.5.

Den andra svenska bränslecellstillverkaren heter PowerCell. PowerCell har bildats som ett resultat av att Volvo, som var en av finansiärerna av MISTRA-programmet, köpte patentet på den bränslecell som utvecklades där. I ett pressmeddelande från Volvo den 13 juni 2005 presenteras det nya företaget som ägs av Volvo Technology AB (60 %) och Statoil (40 %). Affärsidén är att utveckla APU-system (Auxiliary Power Unit) för lastbilar, i första hand på den nordamerikanska marknaden. Bränslecellerna är av PEM-typ och kommer att tillverkas i effektområdet 5-20 kW. Som bränsle används vätgas framställd genom reformering av diesel (Ekdunge, 2005; PowerCell, 2005). Volvo Technology (VTEC) är ett utvecklingsbolag helägt av Volvogruppern med cirka 350 anställda. Företaget har varit aktivt inom bränslecellsområdet sedan början av 90-talet och har därmed lång erfarenhet av att designa och bygga bränslecellsystem

Den äldsta uppgift jag hittat om Volvo och vätgas kommer från en intervju från 1980 med Ture Högberg som då var direktör för Volvos forskningslaboratorium för förbränningsteknik (Pernestål, 1980). Han sa då att Volvo utfört provdrift av en encylindrig dieselmotor med vätgas, men därefter inte gått vidare. På frågan om Volvo hade intresse av att utveckla vätgasmotorer blev svaret ja, med reservation för att det inte var förankrat hos ledningen. Under intervjun fördes även diskussioner om bränsleceller. I en statlig utredning från 1986 står det att de svenska biltillverkarna inte visat något intresse för vätgasdrift (Motoralkoholkommittén, 1986). 1994 föreläste, som tidigare nämnts, Lars-Göran Rosengren från AB Volvo Teknisk Utveckling (senare Volvo Technology) vid IVAs bränslecellsymposium. Han ställde sig då tveksam till bränslecellernas kommersiella potential (IVA, 1994). Samma år bildades en ny miljöorganisation inom Volvo. Syftet var att profilera miljöfrågorna, då miljö är ett av Volvos tre kärnvärden. Göran Johansson tillsattes som teknisk miljöchef för den nya organisationen och ungefär samtidigt anställdes Per Ekdunge. Det var han som introducerade bränslecellerna på Volvo (Johansson, 2005). Ekdunge hade en bakgrund på KTH, där han disputerat på batterier 1987 och även forskat på bränsleceller (Ekdunge, 1987). I mitten av 90-talet började VTECs bränslecellslaboratorium att byggas upp. Det är lokaliserat till Chalmers Teknikpark i Göteborg. När det internationella intresset för bränsleceller tilltog i mitten av 90-talet, inte minst på grund av utvecklingen i Kalifornien, besökte Johansson och Ekdunge bränslecellstillverkare både i USA och i Japan. När bränslecellsprogrammet skulle formuleras för den första fasen i MISTRA-programmet, deltog Ekdunge i arbetet. Han blev sedan den som ledde bränslecellsaktiviteterna under programmets gång. När PowerCell bildades 2005 blev Ekdunge VD. Han är också koordinator för HYTRAN som är ett stort EU-finansierat projekt inom FP6 som Volvo Technology koordinerar. Projektet syftar till att utveckla en bränslecellsdrivlina och bränslecells-

APU för lastbil tillsammans med bland andra DaimlerChrysler och Johnson Matthey (Ekdunge, 2005). Under åren har Volvo medverkat i många europeiska och internationella utvecklingsprojekt. Två andra exempel är FEVER (utveckling av bränslecellsbil driven med flytande vätgas tillsammans med Renault och DeNora) och CAPRI (utveckling av bränslecellsbil driven med metanol tillsammans med VW).

År 1999 köpte Ford upp Volvo Personvagnar. Volvos VD Leif Johansson lär då ha sagt i ett anförande för media att bränsleceller var ett viktigt skäl till affären (Macfie, 2002). Det var dock först år 2000 som man på allvar började prata om ett eventuellt ”vätgassamhälle” på Volvo (Wallman, 2004). Det var också det året som Göran Johansson tog över som programdirektör för MISTRA-programmet. Året därefter blev han programchef för delprogrammet FCHIV inom Gröna Bilen och klusterledare för bränslecellsdelens inom Energisystem i Vägfordon.

Parallellt med bränslecellsutvecklingen på Volvo Technology, har Volvo Bussar arbetat med att ta fram bränslecellsbusar. Runt år 2000 deltog Volvo Bussar i ett projekt tillsammans med en underleverantör med målet att utveckla en bränslecellsdrivlina till en stadsbuss. Projektet delfinansierades av Energimyndigheten och enligt planerna skulle den första bussen vara klar för interna prov 2003 (STEM, 2003). Diskussioner fördes med ett tyskt kollektivtrafikbolag om leverans av två dubbeldäckare till Berlin. Bränslecellerna skulle levereras av Proton Motor som Volvo Technology Transfer är delägare i. I slutet av 2004 rapporterade Fuel Cell Today att planerna hade avbrutits (Fuel Cell Today, 2002; Adamson, 2004). Det fanns också planer på att demonstrera en Voltotillverkad bränslecellsbuss i Göteborg. De planerna avbröts dock när VINNOVA avtog ansökan från Trafikkontoret 2001 (Roth, 2001; Roth, 2005). Ungefär samtidigt pågick diskussioner om bussleverans till Gotlands kommun och projektet USHER. Inte heller detta projekt genomfördes eftersom en viktig projektpartner hoppade av (Klintbom, 2005).¹⁵

Även busstillverkaren Scania har verksamhet inom området. Det har bland annat resulterat i utvecklingen av en konceptbuss i samarbete med en rad europeiska partners inom ramen för EU:s energiforskningsprogram Joule. 2003 lär en Scaniabuss med bränsleceller ha testats nere i Spanien. Scantias konceptbuss är en hybridmodell med en 50 kW bränslecellstack. Driften av

¹⁵ Dessa två svenska demonstrationsprojekten, som visserligen aldrig blev av men som är intressanta att dra lärdomar av, presenteras i kapitel 4.

bränslecellsbussen studeras och utvärderas av forskare på KTH och Lund Tekniska Högskola. Den delen av projektet genomförs inom ramen för Gröna Bilen (Folkesson, Anderssonm.fl., 2003; STEM, 2003).

Bland andra svenska aktörer inom branschen finns Opcon Autorotor som är världsledande när det gäller utvecklingen av luftsystem för bränsleceller till fordon. Opcon Autorotor är ett verkstads- och utvecklingsbolag inom Opconkoncernen och beläget i Nacka utanför Stockholm. De flesta av de stora biltillverkarna köper Opcons kompressorer till sina bränslecellsystem. Kompressorn gör att bränslet kan utnyttjas mer effektivt i bränslecellen. Till grund för Opcon Autorotors ledande position ligger den svenska patenterade uppfinningen dubbelskruvkompressorn. Energi-myndigheten har vid minst ett tillfälle gett stöd till utveckling av nya luftsystem inom bolaget (Opcon Autorotor, 2000).

Ett annat svenskt företag som det går bra för är Morphic Technologies som bland annat är specialiserat på produktionsmetoder för bipolära plattor för bränsleceller. Företaget är börsnoterat och aktierna ökade i värde med 250 procent under 2005. I slutet av november 2005 offentliggjordes att en världsledande biltillverkare har gjort en stor beställning av bränslecellsplattor hos Morphics helägda dotterbolag Cell Impact (Morphic, 2005).

I Ale kommun ligger ETC Battery and FuelCells Sweden AB vars verksamhet syftar till att överbrygga gapet mellan forskning och kommersiell verksamhet inom området avancerade batterier, bränsleceller och tillhörande system. ETC bildades på initiativ från bland annat Ale kommun efter att Tudor hade beslutat att lägga ner tillverkningen av blybatterier i Nol 1999. ETC ägs av en förening där de tre tekniska högskolorna KTH, Chalmers och LTH är medlemmar tillsammans med Ale kommun, Business Region Göteborg, Göteborg Energi och Eka Chemicals (ETC, 2005).

3.2 Stationära bränsleceller för elproduktion - Kraftbolagens historia

Parallellt med utvecklingen av bränsleceller för fordonstillämpningar har det funnits bränslecellsforskning och demonstration av stationära tillämpningar för kraftproduktion med kraftbolagen som huvudaktörer. Detta spår har ingen direkt koppling till vätgasområdet, i alla fall inte inledningsvis, utan syftet har varit att hitta nya effektivare metoder för elproduktion. Verksamheten omfattar flera olika typer av bränslecellstekniker och flera olika bränslen varav vätgas är ett (Sjunnesson, 2005).

3.2.1 Demonstrationsprojekt under 1990-talet

Detta spår tar sin början 1984/85 när det fjärde energiforskningsprogrammet startade. Då instiftades ett nytt delprogram för elproduktionsteknik. Det skedde som en följd av beslutet att avveckla kärnkraften i Sverige samtidigt som elanvändningen förväntades öka. Statens Energiverk (STEV) planerade då insatser inom fyra områden; kombinerade processer, nya eltillförselsätt, mindre kraftvärmeanläggningar samt miljö- och systemfrågor. Bränsleceller var ett av de nya tillförselsätt som pekades ut, tillsammans med bland annat solceller och vågkraft (STEV, 1984). Intresset för bränsleceller fanns kvar under nästa energiforskningsperiod (1987-90) under vilken STEV satsades 5 miljoner kronor på teknikbevakning och långsiktig forskning inom området (STEV, 1987). I slutet av 80-talet publicerade både Energiforskningsnämnden (EFN) och de icke statliga kraftbolagen (genom VAST) rapporter om nya tekniker för elproduktion. Vätgas och bränsleceller var ett område som togs upp (Braun, 1988; Gröndalen, 1998).

Ungefär samtidigt kartlade Sydkraft och Studsvik Energiteknik förutsättningarna för introduktion av bränsleceller i Sverige för stationär kraftvärmeproduktion (Österberg, 1987). Lars Sjunnesson från Sydkraft (i dag E.ON) var en av personerna som var med och gjorde utredningen. Sjunnesson är i dag ett känt namn inom vätgasområdet. Resultatet blev att Sydkraft, tillsammans med Vattenfall, skrev kontrakt med två bränslecellsleverantörer; amerikanska ONSI och japanska Fuji. Under åren 1991-2001 genomfördes demonstration av fyra olika stationära system på 50-200 kW. Samtliga bränsleceller var av fosforsyratyp (PAFC) och drevs på naturgas. Sydkrafts anläggningar installerades i Bara och Åstorp i Skåne. De levererade värme till fjärrvärmenätet medan elen levererades till elnätet alternativt till ett isolerat system som försörjde en kiosk, en bensinmack och fjärrvärmecentralen. Vattenfalls anläggningar placerades i Varberg i Halland och försörjde Kurortens samfällighet med el och värme (Carlsson och Sarközi, 1999; Vattenfall, 2002).

I början av 1990-talet var det endast Sydkraft och Vattenfall bland kraftbolagen som var aktiva inom bränslecellsområdet. Därutöver fanns några aktörer som utförde teknikbevakningsinsatser. Under 1994 genomfördes ett gemensamt teknikbevakningsprojekt inom ramen för Elforsk som är de svenska elföretagens forsknings- och utvecklingsbolag (Sjunnesson och Spante, 1995). Två år senare gick flera kraftbolag in i de demonstrationsprojekt som Vattenfall och Sydkraft inlett 1991. Det var Birka Energi, Göteborg Energi, Helsingborg Energi, Tekniska verken i Linköping, Lunds Energi och Skellefteå kraft. Energimyndigheten gav ett visst stöd till utvärderingen av

anläggningarna. 1999 hade en av Sydkrafts anläggningar varit i drift i sammanlagt 4-5 år under en 7-årsperiod. Vattenfalls ena bränslecellsystem var i drift fram till årsskiftet 2001/02, med start i juli 1997, och hade under den perioden haft en tillgänglighet på 78 % (Vattenfall, 2002). Utvärderingen av demonstrationsprojekten visade att PAFC var en dyr teknik och slutsatsen drogs att det inte var den mest lämpade bränslecellstekniken för stationär kraftvärmeproduktion (Carlsson och Sarközi, 1999). Att flera kraftbolag var med och finansierade den andra demonstrationsfasen tyder på att intresset för bränsleceller ökade inom kraftbranschen under senare delen av 90-talet. Sedan dess har kraftbolagen fortsatt med gemensam teknikbevakningen inom området genom Elforsk.

Sydkraft fortsatte sitt engagemang genom deltagande i det statligt finansierade Högskoleprogrammet för stationära bränsleceller som genomfördes 1998-2005. Fokus under senare år har legat på fastoxidbränsleceller (SOFC). Från 2005 ägs Sydkraft till 55% av tyska E.ON. E.ON har också varit involverad i olika bränslecellsverksamheter och är i dag aktiv i flera EU-finansierade projekt. Huvuddelen av bränslecellsaktiviteterna bedrivs därmed i Tyskland, varför före detta svenska Sydkraft för närvarande (hösten 2005) inte deltar i några demonstrationsprojekt med bränsleceller (Sjunnesson, 2005). Inte heller inom Vattenfall bedrivs några bränslecellsaktiviteter i Sverige efter demonstrationsprojektet med PAFC-anläggningen. Den typen av verksamhet är istället förlagt till Tyskland (Vattenfall, 2002).

Parallellt med aktiviteterna kring stationär kraftproduktion med naturgasdrivna bränsleceller, beställde Sydkraft 1996 en kartläggning av Sveriges produktion och användning av vätgas (Carlsson och Friede, 1997). Runt år 2000 började planerna på en tankstation för vätgas och naturgas med vätgasinblandning ta form. Den invigdes 2003 i Malmö. Detta tyder på att det fanns ett intresse även för vätgasanvändning inom koncernen från mitten av 90-talet.

3.2.2 Högskoleprogrammet för stationära bränsleceller

Högskoleprogrammet för stationära bränsleceller, som nämnts flera gånger, startade 1998 och pågick under åtta år fram till 2005. Efter de försök som hade genomförts med PAFC under 90-talet, flyttade fokus till tre andra typer av bränsleceller för elproduktion; SOFC, MCFC och PEMFC. Under de första fyra åren var programverksamheten uppdelad i ett treårigt högskoleprogram för grundforskning och ett tillämpat program. År 2002 inleddes den andra programperioden och då slogs de båda delprogrammen ihop.

Första fasen hade en budget på 30 miljoner kronor. Då genomfördes bland annat sex doktorandprojekt. Energimyndigheten (STEM) var huvudfinansiär och den tillämpade delen genomfördes tillsammans med industrirepresentanter som ABB, Birka Värme, Vattenfall Utveckling, Göteborg Energi och Catella Generics (Elforsk, 2002). Den totala budgeten för de sista fyra åren var 36 miljoner och involverade omkring 30 personer (Karlström, 2005). Programstyrelsen bestod av representanter för bland annat Elforsk, MISTRA, Försvarets Materielverk, KTH och LTH. Lars Sjunnesson, Sydkraft (senare E.ON), var ordförande under hela perioden. Högskoleprogrammet för stationära bränsleceller avslutades 2005 och det verkar i dagsläget inte bli någon fortsättning. I STEMs Fokusrapport pekas stationära bränsleceller ut som ett bevakningsområde. Med det menas att området inte är högt prioriterat, men att Sverige bör följa och bevaka den internationella utvecklingen för att kunna ha en beredskap för eventuella framtida satsningar (STEM, 2004).

Under programmets gång genomfördes viss teknikbevakning och deltagande i internationella samarbeten. Det viktigaste resultatet är dock den försöksanläggning som byggdes upp på KTH (STEM, 2000). I första steget upphandlades en utländsk PEM-bränslecell. Den ersattes senare med en svensktillverkad bränslecell från PowerCell. Uppbyggnaden av anläggningen skedde i samarbete med ABB.

3.2.3 ABBs återkomst inom bränslecellsområdet

Detta kapitel inleddes med en beskrivning av bränslecellsprogrammet på ASEA (senare ABB) under 60-talet och hur bränslecellsverksamheten helt avtog efter att programmet lagts ner runt 1970. Det var först 1998 som ABB åter visade intresse genom att ABBs Bertil Nygren utsågs till programchef för MISTRAs bränslecellsprogram. Genom det kom ABB även i kontakt med Högskoleprogrammet för stationära bränsleceller som startade samma år. När försöksanläggningen på KTH skulle byggas upp, blev ABB en naturlig samarbetspartner.

Parallellt med deltagandet i forskningsprogrammen har ABBs verksamhet utökats till fältförsök. ABB Corporate Research har tillsammans med Fortum ansvaret för det bränslecellsystem som sedan 2001 demonstreras i miljöinfocentret GlashusEtt i Hammarby Sjästad. Det installerade systemet består av solceller, elektrolysör, vätgaslager och en bränslecellstack och fungerar som ett komplement till byggnadens befintliga el- och värmesystem. Idén till projektet kom från början från Bertil Nygren och Christer Hedberg som båda var aktiva inom vätgasföreningen H₂-forum. Vid ett möte på ABB skakades sedan hand mellan ABBs Harry Frank och Birka Energis

(numera Forum) Lennart Klerdal om att genomföra projektet (Hedberg, 2004; Nygren, 2004). Systemet kunde installeras efter att stöd beviljats från Naturvårdsverkets Lokala investeringsprogram (LIP).

ABB har dessutom deltagit vid minst två andra sammanhang där fältförsök diskuterats. 2005 offentliggjordes att de deltagit i projekteringen av NCC Concept House, en konceptbyggnad som är helt självförsörjande på el, värme och kyla. Solceller och ett bränslecellsystem ingår som en del i energisystemet. Under 2005 tog ABB även fram en konceptbeskrivning av ett energisystem med vätgas- och bränslecellsteknik till det nybyggda Kulturhuset Vingen i Torslanda inom projektet VästCell. Initiativet kom från den lokala folketshusföreningen i Torslanda där en av de drivande personerna är Per Forsberg som numera är chef för Kulturhuset. Han jobbade tidigare inom Göteborgs Stad och var där bland annat ansvarig för Göteborgs Miljöpris som år 2000 gick till Geoffrey Ballard. Förstudien VästCell avslutades i september 2005 och har finansierats med stöd från Göteborgs Stad, Västra Götalandsregionen och Göteborg Energi. Nästa steg är att säkerställa finansieringen för upphandling och installation av systemet (Stridh, 2005).

4. Demonstrationsprojekt med vätgasdrivna fordon

I de tidigare kapitlen har det skett en kort presentation av några demonstrationsprojekt för stationära tillämpningar. I detta kapitel ligger fokus på demonstrationer av vätgasdrivna fordon. De demonstrationsprojekt för vätgas som drivmedel som genomförts i Sverige kan räknas på handens fem fingrar. Om man räknar in de förstudier som genomförts inför planerade demonstrationsprojekt ökar dock antalet. Flera av projekten har inte realiserats, men det är ändå intressant och att känna till vilka initiativ som tagits, vilka aktörer som varit drivande samt vilka faktorer som bidragit till att projekten inte kunnat genomföras. Det går ofta att lära sig lika mycket från ”misslyckade” projekt som från lyckade.

Det första vätgasdrivna fordonet i Sverige demonstrerades i mitten av 1980-talet inom projektet WELGAS i Härnösand. Projektet följdes av initiativ att demonstrera vätgasdrivna fordonsflottor på olika platser runt om i landet under slutet av 80-talet. I flera fall byggde projekten på idén att utnyttja vätgasöverskott från kemisk industri som drivmedel till fordonen. Under större delen av 90-talet var aktiviteten låg vad gäller demonstrationsprojekt, för att sedan öka i slutet av 1990-talet. Då fanns planer på vätgasdrift av fordonsflottor i bland annat Sundsvall, Malmö, Göteborg, Visby och Värmland. 2005 har två av projekten genomförts. Det är CUTE-projektet i Stockholm och Malmös hytambussprojekt. Här följer historien om svenska vätgasdemonstrationsprojekt inom transportområdet.

4.1 WELGAS-projektet i Härnösand 1985

Den första vätgasbilen i Sverige togs i drift 1985 i Härnösand. Tankarna på projektet började ta form 1982 i samband med att Härnösand började planera inför stadens 400 års jubileum som inföll 1985. Då väcktes idén inom det kommunägda bostadsbolaget Härnösandshus att demonstrera ett enfamiljshus där vätgas så långt som möjligt skulle användas som energibärare för att förse huset med el och värme samt för att ge drivmedel till familjens bil. Projektet kom att kallas WELGAS (Wind, Electricity and GAS) och energisystemet togs i drift lagom till jubileet.

Projektledaren och eldsjälens bakom projektet var verksam som entreprenör och konsult i Härnösandstrakten. Hans namn är Olof Tegström. Tegström berättar att hans vätgasintresse började under en resa 1980 till Mexico. Där såg han ett TV-program om en vätgasdriven bil. Han tog reda på vem som byggt bilen, Roger Billings i Utah, och åkte dit för att ta del av erfarenheterna från projektet. De båda fortsatte därefter hålla kontakten och Tegström blev medlem i ett internationellt nätverk som då bestod av 32 vätgasforskare. Det kallas Hydrogen

Organization. Nätverket har under åren haft stor betydelse för Tegströms verksamhet inom vätgasområdet och kontakterna han fick i USA bidrog även till att WELGAS-projektet kunde genomföras (Tegström, 2004).

Vätgasen som användes i WELGAS-projektet producerades genom elektrolys med el från ett vindkraftverk på tomten och lagrades bundet i metallhydrider för att vid behov kunna användas för att försörja hus och bil med energi. Elektrolysören sponsrades av Billings. Genom Tegströms nätverk skapades även kontakter med Mercedes som bidrog med metallhydridtankarna till fordonet. Bilen var en SAAB 900. Den drevs av en standardmotor som konverterats till vätgasdrift och sponsrades av SAAB-ANA i Nyköping. Konverteringen av motorn genomfördes vid Högskolan i Sundsvall/Härnösand. När projektet drog igång var ambitionen att konstruera en bil som kunde gå på både bensin och vätgas, men det visade sig för tekniskt komplicerat. Resultatet blev istället ett fordon som drevs enbart på vätgas och som kunde köra omkring 10 mil på varje tankning. Projektet pågick i två år. Då hade bilen körts totalt 140 mil på vätgasdrift. Beslutet att lägga ner projektet togs efter att det visat sig svårt att få fortsatt ekonomiskt stöd från staten.

WELGAS-projektet delfinansierades av Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) (STU, 1987). Man ansökte även om medel hos Energiforskningsnämnden (EFN), Statens Energiverk (STEV) och Vattenfall, men fick avslag (Wettermark och Johansson, 1987). Resterande medel kom istället från lokala aktörer som exempelvis Bilcentrum i Härnösand samt från projektledarens internationella kontakter.

Det finns olika uppfattning om hur lyckat projektet var. Projektledaren hävdar att det var mycket lyckat och att familjen fick komfortabel energiförsörjning från systemet (Tegström, 2004). Den meningen delas inte riktigt av EFN som utvärderade projektet. Kritiken gällde bland annat att projektet varit allt för tekniskt komplicerat för att kunna genomföras tillfredställande inom budgeten och att det fanns brister i projektdokumentationen (Wettermark och Johansson, 1987). Båda källorna är dock överens om att projektets utställningsvärde var stort. Genom WELGAS fick Sverige sitt först vätgasdrivna fordon. Och historien visar att projektet genom åren har inspirerat ett flertal lokala aktörer runt om i Sverige.

4.2 Planer på vätgasdrivna bussar i Karlstad, Uppsala och Sundsvall

Åren efter projektet i Härnösand togs initiativ att demonstrera vätgasdrivna fordon på flera håll i landet, exempelvis i Karlstad, Uppsala och Sundsvall. WELGAS-projektet var en inspirationskälla för dessa initiativ. En person som hade uppmärksammat projektet var Kennet Lindqvist som jobbade som konsult i Värmland. Han berättar att han besökte Härnösand strax efter kärnkraftolyckan i Tjernoby 1986, en händelse som hade fått honom att uppmärksamma sårbarheten i det rådande energisystemet. WELGAS-projektet bidrog till att han insåg potentialen i att använda vätgas som energibärare (Lindqvist, 2005). Han inspirerades också av utvecklingen i Tyskland där vätgasdrivna motorfordon demonstrerades sedan 70-talet. Lindqvist kände till att det bildades stora mängder vätgas som biprodukt vid processerna i kloralkalifabriken Billerud kemi på Skoghallsverken i Karlstad. Idén väcktes om att driva stadsbussarna i Karlstad på spillvätgas. Lokaltrafiken i Karlstad kontaktades och ställde sig positiv till projektet. Ett av de starkaste motiven från deras sida var att minska utsläppen av lokala luftföroreningar i staden (Ahlberg, 2005). Även kemiindustrin kontaktades och bekräftade att man hade ett vätgasöverskott på drygt 200 kg/h som ventilerades bort under sommarhalvåret. På vintern användes gasen för produktion av värme till industrin, men det var möjligt att ersätta den med ett annat bränsle. Planerna fick stöd hos den politiska ledningen i Karlstad. Man ansåg att även om ett ersättningsbränsle skulle behöva användas inom industrin vintertid, så skulle det vara lättare att rena utsläppen från industrin än från bussparken. Initiativet resulterade i en förstudie som undersökte möjligheten att demonstrera 50 konverterade bussar i kollektivtrafik i Karlstad, drivna på vätgas levererat från Skoghallsverken. Planen var att använda tyska bussar (Lindqvist, 1988).

Förstudien beställdes av lokaltrafiken och utfördes av Ekologisk Energi i Värmland, det konsultföretag där initiativtagaren arbetade. Tegström som varit projektledare för WELGAS-projektet i Härnösand anlätades som konsult i egenskap av vätgasexpert. Transportforskningsberedningen (TFB) och Länsstyrelsen i Värmland var med och finansierade studien. Under förstudien arrangerades en studieresa till Tyskland för att besöka liknande projekt. På resan deltog representanter från Lokaltrafiken i Karlstad, men även från Uppsala Buss (Lindqvist, 1988). I Uppsala fanns också ett intresse för vätgas (Pernestål, 1988). De båda lokaltrafikbolagen hade tidigare samarbetat vid flera tillfällen, bland annat hade man gemensamma löneförhandlingar med facket (Ahlberg, 2005). Planerna på vätgasdrivna stadsbussar i Uppsala hade börjat ta form 1986. Det resulterade i ett samarbete mellan EFN, Vattenfall och Uppsala Buss AB för att utreda möjligheterna för vätgasdriven stadstrafik. Projektet genomfördes inom ramen för IEAs vätgasprogram, med Uppsalas kollektivtrafik som räkneexempel. Kjell Pernestål, som tidigare

gjort flera statliga utredningar inom vätgasområdet, anlätades för uppdraget. Han jobbade då på Studsvik. Idén var, precis som i Karlstad, att konvertera bussmotorerna till vätgasdrift. I Uppsala var tanken att utnyttja utredarens kontakter med ett amerikanskt företag som bland annat konverterat gruvfordon till vätgasdrift (Pernestål, 2005). Olika alternativ för vätgasproduktion undersöktes; elektrolys, reformering samt att använda biproduktväte från Alby kloratfabrik i Ånge kommun 30 mil norr om Uppsala (Pernestål, 1988).

Både studien i Uppsala och i Karlstad var klara 1988. Gösta Ahlberg som var VD för Karlstads Lokaltrafik vid den tidpunkten, berättar att man kom överens om att nästa steg skulle vara att testköra en buss i varje stad och att de skulle vara i drift 1991. 1989 beviljade TFB drygt 140 000 kronor till Uppsala Buss för en kompletterande förprojektering som omfattade 2-5 bussar i Uppsala och Karlstad (TFB, 1989). Studien skulle vara klar 1990, men längre än så kom aldrig projektet. Det finns olika uppfattning om varför demonstrationsprojekten inte blev av. En förklaring är att det var av tekniska skäl. Det gick inte att få tag i tillräckligt stora motorer (Pernestål, 1988). En annan förklaring är att intresset från statligt håll att stödja projektupplägget var lågt (Lindqvist, 2005). Till exempel tyckte STU att man skulle konvertera motorer i Sverige istället för att köpa in bussar med konverterade ottomotorer från utlandet. En tredje anledning till att planerna avbröts i Uppsala var att de beräknade kostnaderna blev för höga utifrån förutsättningarna för projektet. Förutsättningen var att vätgasbussarna skulle kunna konkurrera kommersiellt med andra alternativ. Att ersätta de 200 befintliga bussarna i Uppsala med vätgasdrivna bussar skulle öka de årliga kostnaderna för Uppsala Buss med 21 % (Pernestål, 1988).

Samtidigt med projekten i Karlstad och Uppsala genomfördes en projekteringsstudie inom Länsstyrelsen i Västernorrland om vätgasdrift av bussar i Sundsvall. Det var Tegström, pionjären från WELGAS-projektet, som utförde utredningen där möjligheten att använda spillvätgas från den lokala industrin analyserades. Enligt uppgift skulle den aktuella vätgasmängden kunna försörja 600 bussar. Studien lär ha varit klar 1989 men inte heller där kom projektet så långt att några bussar demonstrerades (Tegström, 2004). Planerna återupptogs i slutet av 90-talet. Länstrafiken hade vid den tidpunkten gasol drivna gasbussar i trafik, men strävade efter att ytterligare minska de lokala utsläppen från kollektivtrafiken. Bussar drivna på vätgas var ett alternativ som diskuterades. Akzo Nobels anläggning Stockviksverken i Sundsvall kunde leverera vätgasen. 1997 ansökte Västernorrlands Trafik AB tillsammans med Sundsvalls kommun om 200 000 kronor till en förstudie hos Kommunikationsforskningsberedningen (KFB). Medlen söktes

från det då pågående El- och Hybridfordonsprogrammet, men ansökan avslogs. Motiveringen var dels att demonstrationen inte skulle hinna genomföras innan programmet avslutades, dels att KFB redan finansierade ett liknande projekt i Helsingborg (KFB, 1997). Om det nämnda projektet i Helsingborg har jag inte lyckats hitta någon information. Möjligheterna att utnyttja Stockviksverkens spillvätgas för fordonsdrift studerades så sent som 2004 i ett projektarbete på KTH (Gabrielsson, Ahlm m.fl., 2004).

Även i Karlstadtrakten återaktualiserades planerna på att använda vätgas från Skoghallsverken för demonstration av vätgasdrivna fordon. Det skedde 1999, det vill säga tio år efter förstudien av bussprojektet. Den gången handlade det om att ersätta dieseldrivna motorvagnar (det som tidigare kallades rälsbussar) med bränslecellsfordon på den oelektrifierade banan mellan Torsby och Karlstad. En av initiativtagarna till projektet var Eva Hallström från Sunne. Hon kände till att det producerades vätgas som biprodukt vid Akzo Nobels anläggning i Skoghall och när hon läste miljövetenskap på Karlstads universitet väcktes idén om ett vätgasprojekt. I samband med det var hon i kontakt med Tegström (Hallström, 2005). Idén presenterades för SJ och det resulterade i att Marie Hagberg, som då jobbade som projektledare inom energi- och miljöfrågor, drog igång ett projekt med namnet Green Train on Hydrogen. En annan person som var med från början var Jan Johansson från H₂-Forum. Detta var innan SJ privatiserades, vilket innebar att SJ fortfarande ägde alla tåg och motorvagnar i Sverige. SJ hade då som mål att byta ut den dieseldrivna tågtrafiken på de oelektrifierade banorna mot mer miljöanpassade alternativ. Fryksdalsbanan mellan Torsby och Karlstad, som trafikerades av fyra motorvagnar, var en av dem. Den sträckningen hade flera gånger varit nedläggningshotad. Fryksdalsbanan valdes ut för SJs demonstrationsprojekt. En projektgrupp bildades där Akzo Nobel, AGA, Adtranz (tågillverkare), KTH och UIC International Union of Railways fanns representerade. Ritningar togs fram på hur motorvagnarna skulle konverteras. Projektet kom överens med industrin om leverans av vätgasen. Planerna gick så långt att en EU-ansökan lämnades in inom femte ramprogrammet. Green Train on Hydrogen fick dock inte tillräckligt höga poäng i utvärderingen för att beviljas EU-medel (Hagberg, 2005). En bidragande anledning kan ha varit att EU inte beviljade medel till projekt där biproduktvätgas skulle användas, eftersom det innebar att projektet inte kunde replikeras på andra platser (Hallström, 2005). En annan förklaring kan ha varit att det fanns tvivel om att lagringen av vätgasen ombord på motorvagnarna skulle kunna lösas på ett tillfredställande sätt (Sylwan, 2005). Från SJs sida var man inställd på att driva projektet vidare och återkomma med en ansökan till EU vid ett senare tillfälle. Men efter privatiseringen 2001 har SJs verksamhet begränsats till persontrafik och det är inte längre SJ som äger tåg och motorvagnar. Hagberg började arbeta som

miljöchef på ”nya” SJ och hade därmed inte möjlighet att fortsätta driva projektet. Det gjordes försök att få Banverket att ta över det, men utan resultat (Hagberg, 2005). I början av 2005 undersökte svenska entreprenörer möjligheterna att återuppta projektet, men finansieringsfrågan kvarstod som svår att lösa. Istället följer man danskarna som tagit initiativ till en förstudie om vätgasdrivna tåg (Ödesjö, 2005). 2005 drivs även ett bränslecellsprojekt inom UIC International Union of Railways.

4.3 Projekt med vätgasdrivna fordonsflottor runt år 2000

Sundsvall och Karlstad är två exempel på hur idén att demonstrera vätgasdrivna fordon åter blev aktuell i slutet av 90-talet. Dessförinnan verkar diskussionen om demonstrationsprojekt legat lågt i Sverige sedan slutet av 80-talet. Ungefär samtidigt som projekten i Karlstad och Sundsvall startade, drogs liknande projekt igång i Malmö, Göteborg, Stockholm och på Gotland. Till skillnad från projekten på 80-talet diskuterades främst användningen av bränsleceller i fordonen, även om konverterade motorer kom att användas i Malmö. Två av demonstrationsprojekten har förverkligats år 2005. Det är CUTE-projektet i Stockholm och Malmös hytanbussprojekt.

4.3.1 Sveriges första bränslecellsbusar - CUTE-projektet i Stockholm

Det skulle dröja till år 2003 innan en bränslecellsbus för första gången rullade på svenska gator. Det skedde då i Stockholm inom ramen för det EU-finansierade projektet CUTE (Clean Urban Transport for Europe) som genomförs under sjätte ramprogrammet. Stockholm är en av nio städer som deltar i CUTE som löper under perioden 2003-2006. I varje stad testas tre busar i lokaltrafik tillsammans med en tankstation som förser fordonen med vätgas. Valet av städer motiveras med att de representerar olika klimat och topografi. De olika delprojekten testar olika tekniker för produktion av vätgas (Europeiska Kommissionen, 2003). Stockholm representerar ett kallt klimat och där produceras vätgasen genom elektrolys.

De tre bussarna i Stockholm, se figur 2, har trafikerat linje 66 i innerstaden. Enligt projektplanen togs de ur drift den 17 november 2005. Därefter fortsätter utvärderingsarbetet under ytterligare några månader. Erfarenheterna från driften har varit över förväntan (Saxe, 2005).



Figur 2: Bilden visar en av de tre vätgasdrivna bränslecellsbussar som trafikerade linje 66 på söder i Stockholm under perioden 2003-2005.
Foto: Sven Wolf.

Huvudman för projektet i Stockholm är Miljöförvaltningen Stockholms Stad som betraktar projektet som mycket lyckat (Sunnerstedt, 2005). Den totala budgeten för drift av bussar, tankstationen, utvärdering m.m. är 60 miljoner kronor. Stockholms Lokaltrafik (SL) är huvudfinansiär. Förutom SL deltar Fortum Värme (i dag ÅF) som ansvarar för tankstationen, bussentreprenören Busslink samt KTH som ansvarar för driftuppföljningen inom CUTE med avseende på hur bränslecellsdriften påverkas av olika klimat. SL har en lång tradition när det gäller att testa olika alternativa drivmedel. Men det verkar snarast ha varit en tillfällighet att Stockholm blev en av deltagarna i EU-projektet (Sandén och Jonasson, 2005).

Majoriteten av de europeiska städer som deltagit i CUTE kommer att fortsätta in i en andra fas, HyFleet CUTE, som omfattar drift under ytterligare ett år. I Stockholm väljer man dock att avstå eftersom kostnaderna för det skulle bli orimligt höga i relation till de ytterligare erfarenheter som skulle kunna erhållas (Sunnerstedt, 2005).

4.3.2 Tankstation och vätgasdrivna bussar i Malmö

Sveriges första vätgastankstation uppfördes dock inte i Stockholm, utan i Malmö där den invigdes i september 2003. Vätgasen produceras genom elektrolys där elenergin kommer från vindkraftverk. Tankstationen, som finns avbildad i figur 3, förser två bussar i Malmö med bränsle. De drivs på en blandning av naturgas och vätgas, även kallat hytan. Projektet är det första i Europa med bussar som drivs på vätgasinblandning (E.ON, 2005). Tankstationen, där man kan tanka

både ren vätgas och olika blandningar av vätgas och naturgas, ägs av E.ON (tidigare Sydkraft). E.ON har intresse i projektet i egenskap av gasleverantör. Idén om att producera och leverera vätgas till fordon samt att blanda in vätgas i naturgas började konkretiseras runt år 2000. Då pågick ett samarbete med bland annat norska Statkraft. Det gemensamma intresset var att hitta lösningar för hållbara energisystem. Statkrafts intresse inriktades på energiförsörjningssystem för mindre öar. Delprojektet kom så långt att ett system projekterades och uppfördes på en ö utanför Trondheim. Sydkraft inriktade sig i första hand på transportbränslen som skulle kunna vara komplement till naturgas och biogas. Planerna omfattade en anläggning utanför Malmö för produktion av vätgas som drivmedel. Den realiserades dock inte inom ramen för samarbetet med Statkraft, men planerna återupptogs och en fyllningsstation kunde uppföras på Nobelvägen i Malmö 2003 enligt ovan (Sjunnesson, 2005). Där fanns sedan tidigare en naturgastankstation och en laddningsstation för elbilar.



Figur 3: E.ON:s vätgastankstation på Nobelvägen förser två stadsbussar i Malmö med en blandning av naturgas och vätgas. Foto: Staffan Ivarsson

Några år tidigare hade ett samarbete inletts med Lunds Tekniska Högskola (LTH), avdelningen för Värme och Kraftteknik och de första försöken med vätgastillsats i naturgas hade genomförts. Resultaten presenterades bland annat på en konferens i USA. De pekade på flera fördelar jämfört med 100 % naturgasdrift, bland annat ökad verkningsgrad, minskade emissioner och bättre körbarhet (SGC, 2004). Främst har inblandning av 8 % och 25 % vätgas studerats. Vid 8 % behöver det inte ske någon förändring av motorn, men vid 25 % krävs vissa modifikationer.

Under 2003 inleddes demonstrationsprojektet vars syfte är att testa driften av två stadsbussar med olika grad av inblandning av vätgas i naturgasen. Gasbussarna är av standardmodell och tillverkade

av Volvo. Första året testades 8 % vätgas och 2005 har test med 25 % inletts (Tunestål, 2005). Skånetrafiken är en av deltagarna i projektet som leds av SGC (Svenskt Gastekniskt Center). Forskningsinsatserna på LTH stöts av Energimyndigheten.

Innan projektet med hytanbussar genomfördes i Malmö, har det vid minst ett tillfälle funnits planer på demonstration av vätgasdrivna bränslecellsbusar. Det var i samband med Bomässan Bo 01. Tanken var att ersätta motorn i en av tre elhybridbussar i Malmö med en bränslecell. En projektbeskrivning togs fram av konsult Ingemar Carlson, som tidigare jobbat för lokaltrafiken under många år och varit en av de drivande personerna bakom naturgasbussprojektet i Malmö. Skånetrafiken visade intresse för att stödja bränslecellsprojektet genom att ställa en buss till förfogande. Bussen var tysk och av märket Neoplan. En offert hade begärts på kostnad och tidplan för konvertering av bussen. Bränslecellen skulle levereras av nybildade Proton Motor i Tyskland och ha en effekt på 60-80 kW (Carlson, 2000). Realiseringen av projektet var tänkt att påbörjas sommaren 2000 så att bussen skulle kunna tas i drift till Bomässan 2001, men det blev aldrig något av. Anledningen var dels svårigheter att lösa finansieringen, dels omogen teknik då bussen inte skulle klara av att stå parkerad i temperaturer under +8°C (Carlson, 2006).

4.3.3 Planer i Göteborg - Projektet ZEFIG 2002

Även i Göteborg har det funnits relativt långt gångna planer på att demonstrera vätgasbussar. Projektet kallades ZEFIG 2002 (Zero Emission Fuel cell bus In Gothenburg) och drogs igång på initiativ från Trafikkontoret i Göteborg, som har en tradition att våga vara nyskapande och testa nya tekniker (Roth, 2005). År 2000 hade Geoffrey Ballard fått Göteborgs Stads nyinstiftade Miljöpris för sitt bidrag till utveckling av bränslecellen. Miljöpriset delas ut i samarbete med tio västsvenska företag. Året efter lämnade Göteborg Stad in en ansökan till VINNOVA om att få genomföra ett flottförsök med en bränslecellsbus. Syftet var att demonstrera bussen i normaltrafik och uppföra en infrastruktur för tankning av vätgas. Vätgasen skulle under en första fas levereras på gasflaska. Därefter skulle man ta ställning till hur vätgasförsörjningen skulle lösas på längre sikt. Bakom projektet stod Volvo Bussar, Göteborg Energi och Västtrafik. I styrgruppen satt även en representant från Göteborgsregionens kommunalförbund. Volvo Bussar deltog vid denna tidpunkt, som tidigare nämnts, i ett samarbete med några underleverantörer för att utveckla ett bränslecelldrivet system för stadsbussar. Samarbetet fick stöd från Energimyndigheten och enligt tidplanen beräknades den första bussen vara klar för drift i trafik i slutet av 2001. Göteborg ansågs vara en lämplig plats för demonstrationen. Detta skulle ge ZEFIG en västsvensk profil med medverkan från västsvensk industri och med fokus på

fordonsindustrin. Projektbudgeten var på drygt 12 miljoner kronor. Ansökan till VINNOVA omfattade 5 miljoner kronor. Övriga projektdeltagare, däribland Volvo Bussar och Trafikkontoret, skulle stå för motfinansieringen (Roth, 2001). Projektet lades ner då VINNOVA avslög ansökan (Roth, 2005).

4.3.4 Soldrivna vätgasbussar i Visby– nästan verklighet

Inom EUs femte ramprogram, som varade 1998-2002, beviljades medel till ett stort demonstrationsprojekt med vätgasdrivna bussar som hette USHER (Urban solar-hydrogen economy realisation). Syftet var att demonstrera storskaliga byggnadsintegrerade solceller, produktion av vätgas genom elektrolys samt användningen av vätgas i bränslecellsbusar i stadstrafik (Europeiska Kommissionen, 2003). Projektet var ett samarbete mellan Gotlands kommun och Cambridge Universitet som var koordinator. Det svenska delprojektet skulle genomföras i Visby på Gotland och beviljades motsvarande 8,5 miljoner kronor från EU-kommissionen. Om allt gått som planerat skulle två bussar ha börjat rulla i Visby med start 2004. Under 2003 kom dock beskedet att projektet inte skulle kunna genomföras. Det berodde på att problem uppstått med att säkerställa motfinansieringen i Cambridge. Därmed drog EU tillbaka sina medel, vilket resulterade i att även planerna på Gotland fick läggas på is (Klintbom, 2005).

Initiativet till projektet på Gotland kom en projektledare på kommunen vid namn Bertil Klintbom. Klintbom berättar att han tidigt blev intresserad av förnybar energi och olika alternativa tekniska lösningar. Med en bakgrund som konsult inom byggbranschen blev han runt år 2000 ansvarig för uppförandet av Almedalsbiblioteket i Visby. Det skulle bli en energisnål byggnad som försörjdes med energi från bland annat havet och solen. Från början var tanken att placera det nya biblioteket inne i Visby, men planerna ändrades och det byggdes i stället ute vid hamnen. Därmed uppstod ett behov av att transportera människor från centrum till hamnen. Då det i stort sett inte finns någon busstrafik inne i Visby, av hänsyn till den medeltida stadsmiljö, väcktes idén om att införskaffa miljövänliga bussar. Det som efterfrågades för projektet var mindre bussar för omkring 20 passagerare, anpassade för att köra på de smala gatorna. Klintbom kom med förslaget att bussarna skulle drivas med vätgas framställd från solenergi och fick politiskt stöd att dra igång ett projekt. Han hade kontakter i England som etablerats under tidigare projekt och ett samarbete etablerades med Cambridge där ett nytt Campus skulle byggas vilket skapade behov av utökade bussförbindelser. Även Cambridge är en gammal stad med många äldre och känsliga byggnader varför det fanns ett intresse för miljövänliga bussar (Klintbom, 2005). Klintbom hade sedan tidigare erfarenhet av att delta i EU-finansierade projekt och samarbetet med Cambridge

resulterade i att en EU-ansökan lämnades in. Kostnaderna för det gotländska delprojektet uppskattades till 21 miljoner kronor. Förutom de 8,5 miljonerna från EU, skulle Energi-myndigheten ha gått in med lika mycket. Vägverket hade avsatt drygt 1 miljon och resterande 3 miljoner skulle Gotlands kommun komma in med.

Precis som i Göteborg fanns planer på att Volvo skulle tillverka bussarna till Visby, medan bränslecellen skulle levereras av Proton Motor (Klintbom, 2005). En offertförfrågan hade gått ut till 12 busstillverkare, däribland Scania och Volvo Bussar. Volvo Bussar var en av tre som svarade, de andra två var utländska. Innan projektet lades ner hade förhandlingarna kommit så långt att ett leasingavtal diskuterades mellan Volvo Bussar och Gotlands kommun. Enligt Klintbom var intresset från Volvo visserligen svalt, men han bedömer att de ändå hade ställt upp med en leverans om projektet blivit av.

Även om projektet inte kunde genomföras, kan arbetet med att planera och förankra det betecknas som lyckat. Det finns flera faktorer som medverkade till att det gick så långt att det beviljades EU-medel. Projektledaren var personligt engagerad och hade tidigare erfarenheter från EU-projekt. Projektet hade lokal förankring i en kommun med ambitiösa miljömål. Planerna hade även uttalat stöd från det anrika sällskapet "De badande vännerna" där många betydande personer på Gotland ingår. Planerna på att genomföra projektet finns kvar, det som kvarstår är att lösa finansieringen (Klintbom, 2005).

4.3.5 Förstudien Vätgasväg längs Västkusten

Planerna på vätgasdrivna fordon i Göteborg och på andra platser längs västkusten aktualiserades åter i slutet av 2004. Det ledde till att förstudien Vätgasväg längs västkusten genomfördes året därpå. Den syftade till att undersöka vad som behöver hända för att tiden ska bli mogen att bygga en infrastruktur för att leverera vätgas till fordon längs sträckan Oslo – Göteborg – Malmö samt för att initiera en aktiv användning av ett sådant system. Projektet var ett samarbete över regiongränserna med Västra Götalandsregionen, Region Halland och Region Skåne som huvudfinansiärer. Därutöver deltog ett 20-tal företag och andra organisationer, bland dem Falkenberg Energi, Göteborg Energi, OKQ8, Schenker, Skånetrafiken, Trafikkontoret Göteborg, Vägverket och Västrafik. Initiativet till förstudien kom från entreprenören Sven Wolf. När projektet drog igång började han jobba på ETC Battery and FuelCells Sweden AB i Ale kommun som sedan några år tillbaka samordnade olika västsvenska vätgasprojekt på uppdrag från Västra Götalandsregionen (Wolf, 2005). Som ett resultat av förstudien Vätgasväg längs västkusten

rekommenderas åtta steg som behöver tas för att komma närmare den tidpunkt då tiden är mogen att bygga ut en vätgasinfrastruktur längs västkusten. Bland annat rekommenderas att det tas fram en nationell vätgasstrategi som kan hjälpa myndigheter och andra organisationer i deras prioriteringar. En annan rekommendation är att det samarbete som inleddes med norska och danska systerprojekt under projektets gång, utökas för etablering av ett skandinaviskt vätgassamarbete. Det rekommenderas också att intresserade aktörer samverkar för uppförandet av tankstationer för hytan och vätgas i Göteborg och Stenungsund (Jönsson, Karlström m.fl., 2006).

Idén om en hytanstation i Stenungsund är inte helt ny. Liknande planer fanns i början av 2004 i samband med att Business Region Göteborg (BRG) erhållit Klimp-bidrag¹⁶ för att bygga en fordonsgasstation i trakten. Nova Naturgas undersökte då möjligheten att komplettera denna med en vätgastapp. Vätgasen skulle levereras från petrokemiindustrin i Stenungsund. Två olika lokaliseringar för macken utreddes i närheten av industriområdet (Engstrand, 2004). Beslut togs dock senare om att istället uppföra den planerade fordonsgasmacken i Stora Höga utanför Stenungsund. Denna placering var inte förenlig med planerna på en kombinerad vätgastapp. Anledningen var det stora avståndet till vätgasleverantören vilket gjorde att en distributionsledning skulle ha blivit alldeles för dyr.

¹⁶ Bidrag från Naturvårdsverkets Klimatinvesteringsprogram (Klimp) till investeringar som minskar utsläppen av växthusgaser.

5. Aktörer, föreningar och nätverk

När ny teknik utvecklas och introduceras i samhället spelar olika aktörer en viktig roll. Begreppet aktörer omfattar företag, myndigheter, universitet och andra organisationer men även enskilda individer. Processen påverkas också av olika aktörsnätverk inom teknikområdet, såväl formella som informella. Nätverken kan fungera som kanal för kunskaps- och informationsöverföring mellan aktörer och individer och förstärker föreställningar om vad som är önskvärt och möjligt för en teknik (Bergek och Jacobsson, 2003). Ett syfte med kartläggningen av vätgasens historia i Sverige har varit att undersöka hur många och vilka aktörer och individer som varit involverade genom åren samt hur nätverken sett ut och förändrats.

Det är svårt att uppskatta hur många aktörer som är eller har varit verksamma inom vätgas- och bränslecellsområdet i Sverige. En kartläggning som utfördes av Fuel Cell Today 2004 visar att det då fanns mer än 30 organisationer i Sverige inom branschen, vars verksamhet inom området sysselsatte totalt omkring 100 personer. Bland organisationerna fanns bränslecellstillverkare, material- och komponenttillverkare, bränsleleverantörer, konsulter, finansiärer, forskare och myndigheter (Cropper, 2004). Det framgår inte hur omfattande aktiviteterna måste vara för att räknas. En annan uppskattning av har gjorts av (Karlström, 2005), som menar att bränslecellsforskningen inom de statligt finansierade programmen i Sverige under 2005 involverade cirka 110 personer.

När man studerar vilka aktörer som varit aktiva inom området, visar sammansättningen av styrgrupper och programledningsgrupper för de forskningsprogram och andra vätgas- eller bränslecellskommittéer som existerat genom åren, att det i många fall är samma personer som återkommer i dessa sammanhang. Det tyder på att det finns och länge har funnits informella och relativt begränsade nätverk, där de flesta känner varandra. I en enkätundersökning som (Hultman och Saxe, 2005) genomfört, framkom att de personer som ansågs vara viktigast inom bränslecellsområdet i Sverige 2005, var Per Ekdunge och Göran Johansson på Volvo Technology, Göran Lindbergh på KTH och Lars Sjunnesson på E.ON. Frågan hade ställts till ett antal svenska ”experter” inom området varav majoriteten ingick i det informella nätverk som vuxit fram genom åren.

Det finns också personer och organisationer som upplever att de upprepade gånger blivit motarbetade på olika sätt från statligt håll när de velat starta upp vätgasrelaterade projekt. Det har lett till att några av dem utövat sin verksamhet utomlands istället. Det finns till och med de som

talar om ett svenskt "vätgas-veto", det vill säga de menar att det inte har varit politiskt korrekt att driva vätgasprojekt i Sverige. Myndigheter har snarare haft som regel att avslå inkomna ansökningar och att inte inkludera vätgas som ett alternativt drivmedel i statliga utredningar och andra politiska sammanhang (Trewe, 2001; Turlock, 2003).

Förutom de informella nätverken, har det funnits och finns det organiserade nätverk och vätgasföreningar. Den mest kända heter H₂-forum. H₂-forum bildades 1998 som en ideell förening och tog då över efter den sammanslutning som kallats "Svenska vätgasföreningen". Svenska Vätgasföreningen hade fungerat som diskussionsforum för vätgasintresserade personer under några år. Initiativet till bildandet av H₂-forum kom från ett antal privatpersoner med stort engagemang och en tro på vätgasens potential. H₂-forum genomgick senare en förändring för att få med fler medlemmar från näringslivet (Hedberg, 2004; Nygren, 2004). I samma veva blev Lars Sjunnesson från E.ON (fd Sydkraft) ordförande. Han satt då bland annat som ordförande i IEA International Agreement on Advanced Fuel Cells samt representerade Sverige i EUs High Level Group for Hydrogen and Fuel Cells. Våren 2005 utgjordes föreningens medlemmar främst av företag och andra organisationer, även om privatpersoner fortfarande kunde bli associerade medlemmar. Medlemsantalet uppgick till omkring 25 företag. Det uttalade målet med H₂-forum var då att främja användningen av och förståelsen för väte som energibärare samt att stimulera framväxten av industriell och kommersiell aktivitet inom området. En del av verksamheten har varit att anordna seminarier där det senaste från forskning, demonstration och teknikutveckling i världen presenterats (H₂-Forum, 2005). Föreningen har fått ekonomiskt stöd från STEM och VINNOVA och är Sveriges representant inom European Hydrogen Association (EHA) som bildades i januari 2000. I juni 2005 blev det dock klart att H₂-forum skulle upplösas, men fortsätta sin verksamhet i egenskap av Svenska Gasföreningens nybildade vätgassektion. Hur den fortsatta verksamheten ska bedrivas diskuteras hösten 2005 (SGF, 2005).

Förutom H₂-forum finns det 2005 två andra intresseföreningar i Sverige. Dels har en ny sektion för vätgas och bränsleceller bildats inom SERO (Sveriges Energiföreningars Riksorganisation). Den arbetar främst med informationsspridning. Dels finns en förening med säte i Höör som kallar sig Scandinavian Hydrogen Association (SHA) (Hedberg, 2004).

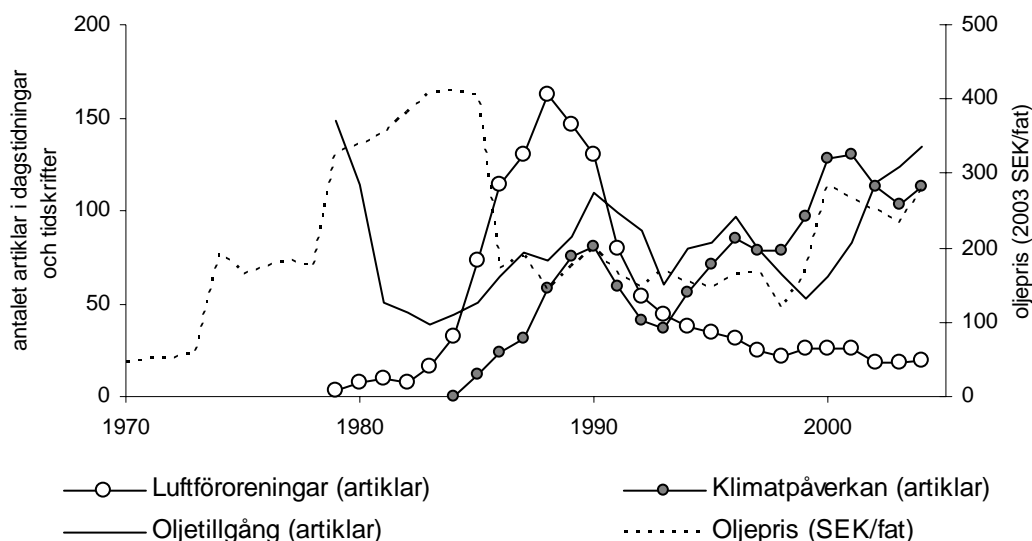
I Västra Götaland bedrivs vätgassamverkan genom SamVäte i Väst. SamVäte är ingen förening, utan ett samverkansprojekt och nätverk som verkar för att sprida kunskap och driva på arbetet med att introducera vätgas som energibärare genom att till exempel få till stånd

demonstrationsprojekt. Initiativet kom från Västra Götalandsregionen (VGR) där Gunilla Sandström inledningsvis var en av de drivande personerna. VGR anordnade ett arbetsseminarium om vätgas i januari 2003. Där framkom det bland annat att petrokemiindustrin i Stenungsund erhöll stora mängder vätgas som biprodukt som skulle kunna användas för olika test- och demonstrationsprojekt. 2005 uppgick mängden till 1000 kg per timme. Rederinäringen och Göteborgs Stad visade samtidigt intresse för att undersöka hur vätgas och bränsleceller kan hjälpa till i sjöfartens miljöarbete. Intresset ledde till att en gemensam förstudie startade med syfte att utveckla ett nätverk av intressenter inom vätgasområdet i Västra Götaland samt att identifiera lämpliga demonstrationsprojekt för vätgasintroduktion utifrån de regionala förutsättningarna. Förstudien genomfördes hösten 2003 under ledning av nystartade ETC Battery and FuelCells Sweden AB. Västra Götalandsregionens Miljönämnd har sedan dess fortsatt att stödja arbete med att främja användningen av vätgas som energibärare och samverkan går sedan 2004 under namnet SamVäte. Hösten 2005 deltog 40 organisationer i de vätgasprojekt som genomfördes inom ramen för SamVäte (Jönsson, 2005). Ett av dem var förstudien Vätgasväg längs västkusten, som omnämns i avsnitt 4.3.5. Ett annat heter Miljöanpassad elproduktion på fartyg i hamn och genomfördes tillsammans med rederinäringen för att utreda de kommersiella förutsättningarna för bränslecelldrivna APU-system för fartyg. VINNOVA stöttade det projektet (Wolf, 2005). Ett tredje projekt, VästCell, inriktas på stationära tillämpningar och har tidigare omnämns i avsnitt 3.2.3.

6. Drivkrafter bakom utvecklingen i Sverige – en jämförelse med andra studier

I inledningen av rapporten presenterades några tidigare studier som på olika sätt har visat hur intresset för vätgas och bränsleceller varierat i Sverige över tiden. De bygger bland annat på hur uppmärksamheten i media sett ut samt hur energipolitiken kring vätgas och bränsleceller förändrats under åren (Trewé, 2001; Hultman och Saxe, 2005; Sandén och Jonasson, 2005; Sandén och Jonasson, 2006). Resultaten från dessa studier sammanfaller i stort med resultaten från det kartläggningsarbete som denna rapport bygger på. Eftersom syftet med kartläggningsprojektet har varit att skildra det som hänt och inte att göra någon djupare analys av orsakerna bakom, begränsas analysen i detta kapitel till en jämförelse med tidigare studier och de drivkrafter som identifierats där. Framförallt görs en jämförelse med Sandén och Jonassons studier och analys av utvecklingen av den svenska transport- och energisektorn.

Sandén och Jonasson har lyft fram flera olika yttre faktorer som påverkat utvecklingen av alternativa drivmedel, inklusive vätgas, i Sverige. Deras studie omfattar perioden 1974-2004, varför händelser tidigare än det utelämnas i detta kapitel. Sandén och Jonasson diskuterar hur de bakomliggande drivkrafterna varierat med tiden och visar hur det påverkat hur olika alternativ prioriterats under olika perioder. Diskussionen handlar i huvudsak om tre typer av yttre drivkrafter. Det är miljö- och resursrelaterade problem, den internationella utvecklingen inom teknikområdet samt inriktningen på svensk energipolitik. De tre huvudsakliga miljö- och resursrelaterade drivkrafterna som tas upp är oljepriset i kombination med strävan efter tryggad energiförsörjning, problem med lokala luftföroreningar respektive klimatpåverkan. I figur 4 illustreras hur dessa drivkrafter har varierat i styrka, uttryckt i hur uppmärksamheten i svenska dagstidningar och tidskrifter sett ut. Figuren visar också hur oljepriset varierat över tiden. Sänkningen av oljepriset i Sverige efter oljekrisen inföll fem år senare än den internationella sänkningen på grund av devalveringen av svenska kronan (BP, 2004).



Figur 4: Grafen visar mängden artiklar i svenska dagstidningar och tidskrifter som skildrat problemen med luftföroreningar, klimatpåverkan respektive den begränsade oljetillgången. Artikelantalet baseras på sökningar i databasen Artikelsök i april 2005. (Eftersom det totala antalet artiklar i databasen har ökat med åren, har värdena viktats med antalet artiklar per år, 2004=1). Grafen visar också variationer i oljepriset uttryckt i svenska kronor per fat. Sänkningen av oljepriset i Sverige inföll fem år senare än den internationella sänkningen på grund av devalveringen av svenska kronan (BP, 2004). Källa: (Sandén och Jonasson, 2005).

Sandén och Jonasson delar in historien i tre perioder efter vilken miljörelaterad drivkraft som dominerat. Från mitten av 70-talet var det i huvudsak oljekrisen och diskussionen om energiförsörjningstryggheten som drev på utvecklingen inom transport- och drivmedelsområdet. Under följande tioårsperiod, 1974-1985, var metanol det alternativa drivmedel som dominerade debatten, se figur 1 på sidan 6. Att minska oljeberoendet fortsatte att vara den största drivkraften fram till mitten av 80-talet då oljepriset började sjunka. Då aktualiserades istället problemet med lokala luftföroreningar och intresset ökade för lokala systemlösningar och lokalt producerade drivmedel som till exempel etanol framställd från restprodukter. Ungefär samtidigt anslöts Malmö som första svenska stad till naturgasnätet och naturgas, men även biogas, kom med i bilden. Under perioden 1985-1997 startade demonstrationsprojekt med olika alternativa drivmedel på flera håll runt om i landet. Vilket drivmedel som förespråkades i en viss stad eller kommun berodde på de lokala förutsättningarna samt vilka aktörer som var drivande. En viktig aktörsgrupp som bidrog till att skapa en gynnsam miljö för experiment med olika tekniklösningar och drivmedel var de lokala bussbolagen. Så var det fram till början av 90-talet då deras möjligheter till engagemang förändrades som en följd av privatiseringsvågen. Det var framförallt två bussprojekt från mitten av 80-talet som skulle visa sig ha betydelse för den fortsatta utvecklingen av alternativa drivmedel i Sverige. Det ena var demonstrationen av etanolbussar

som började med två bussar i Örnköldsvik 1985, på initiativ från Stiftelsen Svensk Etanolutveckling, och följdes av 30 bussar i Stockholm. Det andra var naturgasprojektet i Malmö där två bussar demonstrerades 1988. Antalet gasbussar i Malmö har därefter utökats med åren och i dag drivs hela bussflottan på fordonsgas. Den tredje perioden i Sandéns och Jonassons analys inleddes 1998 då utsläppen av växthusgaser började få allt mer uppmärksamhet, bland annat som en följd av Kyotomötet. Samtidigt började de lokala miljöproblemen kunna åtgärdas och klimatfrågan blev istället den dominerande drivkraften. Under de senaste åren har oljepriset stigit och diskussionen om de begränsade oljeresurserna har åter blivit aktuell. I dag ryms flera olika alternativa drivmedel i debatten. De alternativ som har störst utbredning i Sverige är etanol och fordonsgas (naturgas och biogas) (Sandén och Jonasson, 2005; Sandén och Jonasson, 2006).

Även historien om vätgas som drivmedel pekar på hur argumenten för de aktiviteter som ägt rum förändrats genom åren. Den statligt stödda vätgasforskningen inleddes som en följd av oljekrisen under det första energiforskningsprogrammet som startade 1975. Runt år 1980, när oljepriset fortfarande var högt, gjordes flera studier som var optimistiska och förutspådde att vätgas skulle spela en viktig roll redan runt år 2000 som ersättning för fossila bränslen. Optimismen från statligt håll dämpades i mitten av 80-talet då oljepriset började sjunka. Det fanns dock kvar ett intresse hos lokala aktörer, vilket visades i initiativ att utreda vätgasdrivna fordonsflottor på flera platser runt om i landet. Det inträffade under perioden när de lokala miljöproblemen i städerna uppmärksammades allt mer och fordon med alternativa drivmedel började demonstreras på olika håll i Sverige. Samma år som de första etanolbussarna demonstrerades i Örnköldsvik, demonstrerades den första vätgasdrivna bilen i Härnösand. Vätgasförsöket följdes visserligen av initiativ till demonstration av fordon i andra städer men inget av projekten realiserades, något som delvis berodde på att intresset för vätgas och bränsleceller för transporttillämpningar var relativt lågt i Sverige under större delen av 90-talet. Händelseutvecklingen såg annorlunda ut inom etanol- respektive naturgasområdet. Efter de första flottförsöken utökades antalet fordon samtidigt som andra städer tog efter och också började demonstrera bussar. Det skulle däremot visa sig dröja nästan 20 år innan nästa vätgasdrivna fordon körde på svenska vägar. Då skedde det som en följd av att intresset hade ökat igen efter 1997 då klimatfrågan började uppmärksammas. Åren där efter startade flera större forskningsprogram och flera demonstrationsprojekt började planeras.

De studier Sandén och Jonasson gjort, pekar även på att utvecklingen av alternativa drivmedel påverkats av inriktningen på svensk energipolitik, det vill säga om frågor relaterade till

transportsektorn eller elproduktionssektorn prioriterats från statligt håll (Sandén och Jonasson, 2005; Sandén och Jonasson, 2006). Den tendensen går även att urskilja i vätgasens historia. Under vissa perioder har diskussionen om vätgas och bränsleceller fokuserat på användningen i fordon, under andra perioder har statliga medel främst fördelats till aktiviteter inom stationära bränsleceller för elproduktion. Den ständigt pågående debatten om kärnkraftens vara eller icke vara i Sverige har haft och har fortfarande en inverkan på landets energipolitik. När oljepriset sjönk i mitten av 80-talet var det inte längre lika akut att hitta lösningar som kunde minska beroendet av fossila bränslen inom transportsektorn. Samtidigt bidrog kärnkraftolyckan i Tjernobyl 1986 att blickarna vändes mot elproduktionssektorn. Sverige hade vid den tidpunkten tagit beslut om att avveckla kärnkraften och Statens Energiverk (STEV) började stödja området Nya eltillförselsätt, där bland annat bränsleceller pekades ut som en ny teknik för elproduktion. Under den tioårsperiod som följde stöttade statliga myndigheter teknikbevakning och demonstration av stationära bränsleceller, samtidigt som diskussionen om vätgasdrift av fordon avtog. I början av 2000-talet var situationen den omvända. Den ökande debatten om växthuseffekten har gjort att aktiviteterna för att hitta alternativa drivmedel som kan ersätta bensin och diesel har intensifierats. Satsningarna på stationära bränsleceller har däremot nedprioriterats och klassificeras 2005 som ett bevakningsområde.

Den tredje yttre faktorn som Sandén och Jonasson tar upp är hur utvecklingen i andra länder har påverkat satsningarna på alternativa drivmedel i Sverige. Kartläggningen av vätgasens historia har visat flera exempel på att den internationella utvecklingen har haft betydelse. Idén om WELGAS-projektet i Härnösand väcktes efter att initiativtagaren kommit i kontakt med ett amerikanskt vätgasnätverk. Flera av organisationerna inom nätverket bidrog till att projektet kunde genomföras. I samband med att flottförsök har planerats i andra städer, har projektdeltagarna gjort studiebesök och låtit sig inspireras av bland annat utvecklingen i Tyskland. Som ett tredje exempel går det att se att utvecklingen i Kalifornien under 90-talet bidrog till att bränslecellsforskningen och utvecklingen utökades i Sverige i slutet av 90-talet. Från statligt håll har Sverige lagt en stor del av resurserna inom vätgas- och bränslecellsområdet på omvärldsbevakande åtgärder. Men även om svenska aktörer följt och varit medvetna om vad som hänt i andra länder, har de många gånger antagit en avvaktande roll.

Jämförelsen mellan studierna kan sammanfattas med att samtliga av de yttre faktorer som Sandén och Jonasson (2005; 2006) identifierat, funnits med i bilden i vätgasens historia. Det gäller olika miljö- och resursrelaterade problem, den internationella utvecklingen inom teknikområdet samt inriktningen på svensk energipolitik. Därutöver går det att urskilja ytterligare en yttre faktor som

påverkat utvecklingen inom bränslecellsområdet. Den är kopplad till näringslivsutveckling och strävan efter att etablera en ny högteknologisk industrigren som kan ge ökad sysselsättning och tillväxt. MISTRAs bränslecellsprogram är ett exempel där dessa argument använts för att motivera programmet. Liknande drivkrafter kan man se inom andra ”nya” teknikutvecklingsområden som till exempel solcellsbranschen (Jacobsson, Sandén m.fl., 2004). Det bör också påpekas att utöver de yttre faktorer som diskuterats ovan, har engagemanget från enskilda personer och organisationer samt deras förmåga att ta initiativ, varit en av de mest framträdande krafterna som drivit vätgasens historia framåt.

7. Reflektioner och diskussion

Kartläggningen har resulterat i en samlad beskrivning av flertalet vätgasrelaterade aktiviteter och projekt i Sverige mellan 1960 och 2005, med fokus på vätgas som drivmedel för fordon. Som en avslutning presenteras några egna reflektioner över det inträffade och vad dagens aktörer kan lära av historien inför pågående och framtida vätgasprojekt.

1. Kartläggningen visar att vätgasens historia i Sverige kan spåras minst 45 år tillbaka i tiden. Den visar också att det har hänt en hel del inom området under åren. Det är därför inte korrekt att påstå att det inte har hänt något i Sverige relaterat till användningen av vätgas som drivmedel och energibärare. De många åren av forskning och annan verksamhet har bidragit till att det har byggts upp en kompetens hos svenska aktörer som vi i dag kan dra nytta av.
2. De flesta aktiviteter som ägt rum har haft karaktären av forskningsverksamhet och teknikbevakning. Det är också denna typ av aktiviteter som tilldelats majoriteten av avsatta statliga medel inom vätgasområdet. I relation till den forskningsverksamhet som bedrivits kan det konstateras att relativt få demonstrationsprojekt har beviljats stöd under åren. Det går också att konstatera att de demonstrationsprojekt som genomförts ligger relativt sent i tiden. Detta har troligtvis påverkat vätgasens position i Sverige, eftersom demonstrationsprojekt är ett viktigt steg på vägen mellan forskning och marknadsintroduktion.
3. Bland de initiativ till demonstrationsprojekt som tagits under åren har majoriteten kommit från lokala entusiaster, det vill säga konsulter, privatpersoner eller representanter för lokaltrafiken. Dessa lokala entreprenörer eller projektgrupper har i nästa steg sökt stöd hos större aktörer och statliga myndigheter för att kunna genomföra projekten. Situationen ser annorlunda ut om man istället tittar på de demonstrationsprojekt som har genomförts. För majoriteten av dem har initiativet kommit från stora företag och organisationer.
4. Förväntningarna på en ny teknik påverkar vilka aktörer som väljer att agera samt hur satsningarna sker. Vid flera tillfällen har det förekommit höga, ibland väldigt höga, förväntningar på vätgasens potential som konkurrenskraftigt drivmedel. Att introducera nya drivmedel och fordon är dyrare än att fortsätta använda konventionell teknik. Så

kommer det förmodligen alltid att vara eftersom produktionen inledningsvis sker i begränsad skala och därför dras med höga kostnader samtidigt som infrastrukturen ännu inte är utbyggd. I några av de förstudier som genomförts har utgångspunkten varit att undersöka om vätgasteknologin varit kommersiellt gångbar jämfört med rådande tekniklösningar. I de inledande studierna i Karlstad tittade man på 50 bussar och i Uppsala på 200 bussar, även om man senare begränsade sig till ett mindre antal fordon. Den inledande ansatsen tyder dock på att man hade höga förväntningar på vätgasens kommersiella konkurrenskraft. Några av de demonstrationsprojekt som tidigt planerades i Sverige, skulle antagligen ha haft bättre förutsättningar att lyckas om de fordonsflottor man studerade varit mindre. En parallell kan dras till de första demonstrationerna av naturgas- och etanolbussar som båda omfattade två fordon i första fasen. Det är spännande att använda fantasin och fundera kring vilka alternativa vägar teknikutvecklingen skulle kunna ha tagit. Vad hade till exempel hänt om någon av de vätgasdrivna fordonsflottorna i Karlstad, Uppsala eller Sundsvall hade realiserats under 80-talet, istället för eller parallellt med naturgas- och etanolprojekten. Vilken position hade vätgasen haft i Sverige i dag i så fall?

5. Mängden aktörer som varit verksamma inom vätgas- och bränslecellsområdet i Sverige är relativt begränsad. Kartläggningen har visat att flera av de personer som är aktiva 2005, var det redan på 70-talet. Många av dem återkommer i olika sammanhang och projekt i historien. Det relativt begränsade antalet aktiva personer, bidrar till att det uppstått mer eller mindre informella kontaktnätverk som gör att de flesta "känner varandra". Det kan vara effektivt i vissa sammanhang men begränsande i andra. Exempelvis kan det ha varit svårt för nya aktörer att komma in. Bland aktörerna går det att urskilja olika grupperingar som till exempel forskarna, de lokala entusiasterna samt företagsrepresentanter som antingen har en produkt på marknaden eller ser en marknad i demonstrationsprojekt. Det finns också grupperingar som anser sig vara motarbetade av svenska myndigheter.
6. I politiska sammanhang har vätgas upprepade gånger målats upp som ett framtidsalternativ som kan bli aktuellt först på längre sikt. I några av de statliga utredningar som gjorts om alternativa drivmedel har vätgas inte tagits upp alls, eller så har det definierats som ett bevakningsområde. Detta kan ha bidragit till att det varit svårt för myndigheter, men också för exempelvis företag, att prioritera och våga satsa

långsiktigt. Det kan i sin tur ha bidragit till att Sverige i dag kan upplevas ligga flera år efter i den internationella utvecklingen.

Avslutningsvis går det att konstatera att 2006 kommer att bli ett viktigt år för svensk vätgas- och bränslecellsverksamhet. Samtliga pågående svenska forskningsprogram som behandlar bränsleceller för fordonstillämpningar avslutas vid årsskiftet och det är ännu inte klart om det blir någon fortsättning. Detta sker samtidigt som aktiviteterna runt om i världen intensifieras. De stora biltillverkarna har ambitionen att ha kommersiella bränslecells-bilar framme runt år 2012-2015 och EU ökar sina anslag till vätgasområdet inom det kommande sjunde ramprogrammet. Framtiden får utvisa hur situationen i Sverige kommer att utvecklas. Historien fortsätter...

Referenser

- Adamson, K.-A. (2004). *Fuel Cell Market Survey: Buses. November 2004*. Fuel Cell Today. Tillgänglig på <http://www.fuelcelltoday.com>.
- Adamson, K.-A. (2005). *European Union Fuel Cell and Hydrogen R&D, Targets and Funding*. Fuel Cell Today. Tillgänglig på <http://www.fuelcelltoday.com>.
- Adamson, K.-A. och Crawley, G. (2006). *Fuel Cell Today Market Survey: Light Duty Vehicles*. Fuel Cell Today. Tillgänglig på <http://www.fuelcelltoday.com>.
- Ahlberg, G. (2005). Telefonintervju med Gösta Ahlberg, Skånetrafiken, 2005.05.03.
- Bergek, A. och Jacobsson, S. (2003). The emergence of a growth industry: a comparative analysis of the German, Dutch and Swedish wind turbine industries. *Change, Transformation and Development*. J. S. Metcalfe och U. Cantner. Berlin Heidelberg, Physica Verlag.
- Bertilsson, B. M. (2005). Telefonintervju med Britt Marie Bertilsson, MISTRA, 2005.12.12.
- BP (2004). *BP statistical Review of World Energy*. London.
- Braun, J. (1988). *Elframställning för framtiden*. Stockholm; Solna, Energiforskningsnämnden; Esselte studium/Akademiförl.
- Carleson, G. (1982). *Den framtida marknaden för väte i Sverige*. Rapportkod NE/teknik - 82/4. Göteborg.
- Carlson, I. (2000). *Gashybridbussar till bränslecellbuss för emissionsfri kollektivtrafik. Ett projekt som avser att visa, förbereda och generera kunskap inför framtidens kollektivtrafik*. Malmö, Ecotrans Teknik AB.
- Carlson, I. (2006). E-postkorrespondens med Ingemar Carlson, Ingenjörfirman Ingemar Carlson, 2006.04.05.
- Carlsson, P. och Friede, T. (1997). *Produktion och användning av vätgas i Sverige 1996*. Malmö, Sydkraft Konsult.
- Carlsson, P. och Sarközi, L. (1999). *Erfarenheter från svenska demonstrationsprojekt med fosforsyrabränsleceller*. Elforsk rapport, 99:26. Stockholm.
- Cellkraft (2005). "Bränsleceller." Cellkrafts hemsida <http://www.cellkraft.se>, Åtkomst 2005.12.05.

- CHRISGAS (2005). "CHRISGAS - fuels from biomass." CHRISGAS-projektets hemsida <http://www.chrisgas.com>, Åtkomst 2005.11.23.
- Cropper, M. (2004). *Fuel Cells and Hydrogen in Scandinavia - A survey of current developments*. Fuel Cell Today. Tillgänglig på <http://www.fuelcelltoday.com>.
- E.ON (2005). *Vätgas - Ny drivkraft för Europa*. Faktablad från E.ON. Malmö, E.ON Försäljning Sverige AB.
- Ekdunge, P. (1987). *Recharge Kinetics of the Lead-Acid Battery*. Stockholm.
- Ekdunge, P. (2005). Bränsleceller i fordon. Presentation vid Utbildningsdag om bränsleceller och vätgasinfrastuktur arrangerad av ETC Battery and FuelCells Sweden AB den 25 augusti 2005 Göteborg.
- Elforsk (2002). *Programbeskrivning: Stationära bränsleceller 2002-2005*. Elforsk, Tillgänglig på <http://www.elforsk.se>.
- Engstrand, J. (2004). Resultat av förstudie. Presentation vid SamVätes seminarium "Elavbrott - ett minne blott?" den 18 feb 2004 Göteborg.
- Engström, L. (1984). *Solenergi för el- och bränsleproduktion: översikt av teknik och utvecklingsläge*. Energiforskningsnämnden. Stockholm, Liber/Allmänna förl.
- ETC (2005). "ETC Battery and FuelCells Sweden AB - Historia och Bakgrund." ETC:s hemsida <http://www.etcab.se>, Åtkomst 2005.11.20.
- Europeiska Kommissionen (2003). *European Fuel Cell and Hydrogen Projects 1999-2002*. Luxemburg, Office for official publications of the European Communities.
- Europeiska Kommissionen (2003). *Hydrogen and Fuel Cells - A vision of our future*, High Level Group for Hydrogen and Fuel Cells, European Commission.
- Europeiska Kommissionen (2004). *European Hydrogen and Fuel Cell Projects - Project Synopses, sixth framework programme*. Luxemburg, Office for official publications of the European Communities.
- Folkesson, A., Andersson, C., m.fl. (2003). "Real life testing of a Hybrid PEM Fuel Cell Bus." *Journal of Power Sources* **118**(Issues 1-2): 349-357.
- Fuel Cell Today (2002). *Fuel Cell Market Survey: Buses. 25 September 2002*. Fuel Cell Today. Tillgänglig på <http://www.fuelcelltoday.com>.
- Gabrielsson, A., Ahlm, A., m.fl. (2004). *Energieffektiv vätgasproduktion*. Projektering 3C1941, vt 2004. Kemiteknik, Kungliga Tekniska Högskolan.

- Grünbaum, T., Norhammar, U., m.fl. (1969). *Bränslecellen äntligen i produktion!* Ny Teknik. **33**: 3-9.
- Gröndalen, O. (1998). *Väte - framtidens energibärare*. Elforsk rapport, 98:19. Stockholm, Elforsk.
- H2-Forum. (2005). "H2-forum - en intresseförening för väte-energi." H2-Forums hemsida <http://www.h2forum.org>, Åtkomst 2005.04.10.
- Hagberg, M. (2005). Telefonintervju med Marie Hagberg, SJ AB, 2005.12.14.
- Hallström, E. (2005). Telefonintervju med Eva Hallström, Länsstryrelsen, mars 2005.
- Hedberg, C. (2004). Telefonintervju med Christer Hedberg, Energaia, 2004.12.17.
- HFP (2005). *European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform: Strategic Research Agenda*. European Commission.
- Hultman, M. och Saxe, M. (2005). *Full gas mot en renare miljö? - om hur bränsleceller framställs av media och experter i Sverige*. Institutionen för Tema. Linköping, Linköpings Universitet.
- Hådell, O. (2001). *Strategi för alternativa bränslen i Vägtransportsektorn*. Vägverket 2001:109.
- IEA (2004). *Hydrogen & Fuel Cells: Review of National R & D Programs*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency.
- IVA (1994). *Fuel Cells for Traction Applications. Proceedings from a symposium on February 8, 1994, at the Royal Swedish Academy of Engineering Sciences (IVA), Stockholm, Sweden*. Ingenjörsvetenskapsakademien IVA-R 408. Stockholm.
- IVA, MISTRA, m.fl. (2000). *The Hydrogen Society - Reality or Fiction? Referat från ett internationellt seminarium arrangerat av H2Forum, IVA och MISTRA den 22 november 1999*. Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA-R 433. Stockholm.
- Jacobsson, S., Sandén, B. och Bångens, L. (2004). "Transforming the energy system - the evolution of the German technology system for solar cells." *Technology Analysis and Strategic Management* **16**: 3-30.
- Johansson, G. (2005). Intervju med Göran Johansson, Volvo Technology, 2005.12.19. Nol.

- Johansson, G. och Steen, B. (2005). *Bränsleceller i ett hållbart samhälle. Årsrapport 2004 MISTRAs bränslecellsprogram*. Jungnercentrum. Stockholm, Kungliga Tekniska Högskolan.
- Jonsson, K. (1997). *Bättre klimat, miljö och hälsa med alternativa drivmedel: Betänkande av Alternativbränsleutredningen*. Stockholm, Fritzes.
- Jungmar, M. och Noréus, D. (1986). *Metallhydrider eller väte i metaller*. Efn/LET, 1986:15. Stockholm.
- Jönsson, H. (2003). *Demonstrationsprojektets roll i framväxten av ny teknik - Fallstudier av två vindkraftprojekt*. ESA-rapport 2003:13. Göteborg, Miljösystemanalys, Chalmers Tekniska Högskola.
- Jönsson, H. (2005). *Samverkan för vätgasintroduktion i Västra Götaland. Andra året med SamVäte i Väst September 2004 - September 2005: Slutrapport*. ETC Battery and FuelCells Sweden AB. Nol, Tillgänglig på <http://www.hyfuture.eu>.
- Jönsson, H., Karlström, M. och Wolf, S. (2006). *Vätgasväg längs västkusten - Förstudierapport*. ETC Battery and FuelCells Sweden AB. Tillgänglig på <http://www.hyfuture.eu>.
- Karlström, M. (2005). *Underlag för strategi för statlig bränslecells forskning och marknadsskapande åtgärder i Sverige 2006-2010*. ESA-rapport 2005:5. Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.
- KFB (1997). *Vätagasbussförsök i Sundsvall - Förstudie*. Kommunikationsforskningsberedningen (KFB) Dnr 1997-0586, Beslut 1997:737 från KFB till Länstrafiken Västernorrlands Läns Trafik AB.
- Klintbom, B. (2005). Telefonintervju med Bertil Klintbom, Gotlands kommun, 2005.01.26.
- Lawaczeck, F. (1929). *Magasinering av elektrisk överskottsenergi i form av vätagas*. Svenska vattenkraftföreningens publikationer, 1929:7. Stockholm.
- Lindqvist, K. (1988). *Vätagasdrivna bussar: förstudie i Karlstad*. TFB-meddelande, 48. Stockholm, Transportforskningsberedningen.
- Lindqvist, K. (2005). Telefonintervju med Kennet Lindqvist, Energirådgivare Storfors, 2005.03.22.
- Lindström, O. (1966). *Bränslecellsystem för fordonsdrift*. Teknisk Tidskrift. **18**: 439-446.
- Lindström, O. (1988/89). "That incredible fuel cell, part 1-5." *Chemrec* **Aug, Sept, Nov 1988, Jan, Feb 1989**.

- Ljungqvist, J. (1985). *Vätgas för fordonsdrift*. Projektresultat - Efn/LET, 1985:03. Stockholm, Energiforskningsnämnden Långsiktig energiteknikforskning.
- Lundblad, A. (2004/2005). Telefonintervju med Anders Lundblad, KTH, 2004.12.07 och 2005.12.13.
- Macfie, D. (2002). *Vätgas och bränsleceller: ny energi för världen*. Linköping, Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Macfie, D. (2004). *Batterier och bränsleceller för en bättre miljö: syntes- och slutrapport från fas 1 av MISTRA-programmet*. Jungnercentrum. Stockholm, Kungliga Tekniska Högskolan.
- MEAC (2005, 2005-11-28). "Premiärvisning av MEACs nya bränslecellssystem HySo 50." MEACs hemsida <http://www.meac.se>, Åtkomst 2005.11.28.
- Mellander, B.-E. (2005). Intervju med Bengt-Erik Mellander, Chalmers, 2005.12.01. Göteborg.
- Morphic (2005). *Order inom bränsleceller till Morphic*. Pressmeddelande från Morphic 2005.11.28.
- Motoralkoholkommittén (1986). *Alkoholer som motorbränsle: slutbetänkande från Motoralkoholkommittén*. Statens offentliga utredningar, 1986:51. Stockholm, Liber/Allmänna förl.: 246 s.
- Noréus, D. (2005). Telefonintervju med Dag Noréus, Stockholms Universitet, 2005.12.16.
- Nygren, B. (2004). Telefonintervju med Bertil Nygren, ABB Corporate Research, 2004.12.15.
- Näringsutskottet (1998/99). *Betänkande från Näringsutskottet 1998/99 NU 12s 12f*.
- Oljeersättningsdelegationen (1980). *Introduktion av alternativa drivmedel: rapport från Oljeersättningsdelegationen*. Ds I, 1980:19. Stockholm, LiberFörlag/Allmänna förl.
- Opcon Autorotor (2000). *Ny order från GM till Opcon Autorotor AB på luftsystem till bränsleceller*. Pressmeddelande från Autorotor 2000.06.15.
- Pernestål, K. (1983). *Vätgasdrivna gruvfordon*. STU 81-3174 (bilaga). Åkersberga, Svenska Utvecklings AB.
- Pernestål, K. (1988). *A Hydrogen Fueled Urban Transportation System - A feasibility Study*. Studsvik Report KS 88/1.

- Pernestål, K. (2005). Telefonintervju med Kjell Pernestål, Uppsala Universitet, 2005.11.17. Uppsala.
- Pernestål, K., Glas, L., m.fl. (1982). *Vätgashantering i Sverige*. STU 81-3174. Svenska Utvecklingsbolaget AB.
- Pernestål, K. M. (1980). *Vätgas för fordonsdrift: slutrapport september 1980 huvudområde 2, rapport 3*. Stockholm, Statens vattenfallsverk FUD.
- PowerCell (2005). "Volvo invests in fuel cell technology to solve environmental problems linked to idling engines." PowerCells hemsida: <http://www.powercell.se>, Åtkomst 2006.01.09.
- Rader-Olsson, A. (2000). *Rena fordon med eldrift: slutrapport från KFBs forsknings- utvecklings- och demonstrationsprogram kring el- och hybridfordon 1993-2000*. KFB-rapport, 2000:26. Stockholm, Kommunikationsforskningsberedningen.
- Riksdagen (1996/97). *Svar på fråga 1996/97:548 om vätgas*.
- Roth, A. (2001). *Flottförsök med vätgasdriven bränslecellbuss i Göteborg - Projektbeskrivning*. Trafikkontoret Göteborg Stad. Göteborg.
- Roth, A. (2005). Telefonintervju med Anders Roth, Trafikkontoret, Göteborg Stad, 2005.02.11.
- Sandebring, H. (2004). *Utredning om förnybara fordonsbränslen: Slutbetänkande*. Stockholm, Fritzes.
- Sandebring, H. (2004). *Utredningen om introduktion av förnybara fordonsbränslen: Slutbetänkande*. Statens offentliga utredningar, 2004:133. Stockholm, Fritzes.
- Sandén, B. A. och Jonasson, K. M. (2005). *Variety Creation, Growth and Selection Dynamics in the Early Phases of Technological Transition. The Development of Alternative Transport Fuels in Sweden 1974-2004*. ESA-report 2005:13. Göteborg, Environmental System Analysis, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology.
- Sandén, B. A. och Jonasson, K. M. (2006). "Variety Creation and Co-Evolution among Contenders: The Case of Alternative Transport Fuels in Sweden 1974-2004." *Research Policy (submitted for publication)*.
- Saxe, M. (2005). Fuel cell bus experience in Stockholm. Presentation vid CUTE-konferensen "Hydrogen - the fuel of the future?" den 19 september 2005 Stockholm.

- Schaap, G. (2005). When all research is done; the last step to actually building our hydrogen-oriented economy. Presentation vid "Energisession 2006" den 8 feb 2006 Trollhättan.
- SGC (2004). *Energigasteknisk utveckling 2003. En sammanfattning av projektverksamheten inom Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC)*. Malmö.
- SGF (2005). *Nyhetsbrev nr5 2005 från Svenska Gasföreningen*. Stockholm.
- Sjunnesson, L. (2005). Intervju med Lars Sjunnesson, E.ON, 2005.02.09. Malmö.
- Sjunnesson, L. och Spante, L. (1995). *Bränsleceller - Bevakning av pågående forskning och demonstration under 1994*. Elforsk rapport 95:9B. Elforsk.
- Sjöström, K. (1980). *Vätgastillsats vid förbränningsmotorer: processteknik, processystem, avgasemissioner och bränsleekonomi*. Stockholm.
- STEM (2000). *Resultatredovisning av forskning och utveckling inom energiområdet*. ER / Energimyndigheten, 2000:16.
- STEM (2002). *Den förnybara energiproduktionen: en framtidsbransch?* ER / Energimyndigheten, 2002:18. Eskilstuna, Statens energimyndighet.
- STEM (2003). *Artificiell fotosyntes - Att göra energi av sol och vatten*. ET 3:2003. Statens Energimyndighet.
- STEM (2003). *Vätgas och bränsleceller*. ET 2:2003. Statens Energimyndighet.
- STEM (2004). *Fokus: prioritering och fokusering av satsningar på forskning, utveckling och demonstration på energiområdet*. ER / Energimyndigheten, 2004:29. Eskilstuna, Statens energimyndighet: 100.
- STEM (2004). *Programbeskrivning för forskningsprogrammet Energisystem i Vägfordon. Period 2 (2004-2006)*.
- STEV (1984). *Energiforskning 1984/85-1986/87: trädbränslen, torvbränslen, bränsleförädling, elproduktionsteknik, förbränningsanläggningar, Kolmiljöfonden*. Statens energiverk, 1984:3. Stockholm, Liber/Allmänna förl.
- STEV (1987). *Energiforskning 1987-90*. Statens energiverk, 1988:2. Stockholm, Allmänna förl.
- Stridh, B. (2005). *Förstudie energisystem för kulturhuset Vingen - Västcell*. ABB AB Corporate Research. Tillgänglig på <http://www.hyfuture.eu>.

- STU (1987). *WELGAS - Delprojekt Vätgasdriven bil: Slutrapport*. Styrelsen för Teknisk Utveckling, Dnr 84-5209.
- Sunnerstedt, E. (2005). CUTE Stockholm. Presentation vid CUTE-konferensen "Hydrogen - the Fuel of the Future?" 19 september 2005 Stockholm.
- Sylwan, C. (2005). Telefonintervju med Christopher Sylwan, KTH, april 2005.
- Tegström, O. (2004). Intervju med Olof Tegström, Hydrogen Organization, 2004.12.15. Göteborg.
- TFB (1989). *Vätgasdrivna bussar i Uppsala och Karlstad, en förprojektering*. Transportforskningsberedningen Dnr 298/89-732. Ansökan till TFB samt kontrakt mellan TFB och Uppsala Buss AB.
- Thurén, T. (1997). *Källkritik*. Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- Trewe, H. (2001). *Energipolitik i Sverige. En kvalitativ studie av politik kring alternativa energiformer 1975-2000*. D-uppsats. Göteborg, Historiska institutionen, Göteborgs Universitet.
- Tunestål, P. (2005). Hythane som drivmedel - så påverkas motorn. Presentation vid E.ON-seminariet: Vätgas som drivmedel 20 september 2005 Malmö.
- Turlock, B. (2003). *Vätgasen räddningen för vår miljö - men politikerna stretar emot*. DMS (Debatt Sanningssökande Mediakritik). **nr 4-5 2003**: 7-10.
- Walldén, I. (1975). *Framtida drivmedel*. Stockholm, Sveriges bilindustri- och bilgrossistförening, Motorbranschens riksförbund.
- Wallergård (1984). *Undersökning av vätgasledning i Sverige*. EFN/LET 1984:07. Stockholm, Energiforskningsnämnden.
- Wallman, S. (2004). Intervju med Stephen Wallman, BilSweden, 2004.10.29. Göteborg.
- Vattenfall (2002). *Lyckad provdrift av bränslecell avslutas*. Pressmeddelande från Vattenfall 2002.01.28.
- Wettermark, G. och Johansson, C. (1987). *Welgas: vätgasprojektet vid Härnösands 400 års jubileum*. Stockholm, Energiforskningsnämnden: Allmänna förl.
- Wolf, S. (2005). *Environmentally Adapted Power Production Onboard Ships - A niche market for early adoption of fuel cells?* ETC Battery and FuelCells Sweden AB. Nol, Tillgänglig på <http://www.hyfuture.eu>.

Wolf, S. (2005). Telefonintervju med Sven Wolf, ETC Battery and FuelCells Sweden AB, dec 2005.

von Krusenstierna, O. (2004). Telefonintervju med Otto von Krusenstierna, KTH, 2004.12.21.

Ödesjö, S. (2005). Telefonsamtal och mailkorrespondens med Sverker Ödesjö, feb 2005.

Öjefors, L. (2005). Telefonintervju med Lars Öjefors, Ordförande MISTRAs bränslecellsprogram, 2005.12.01.

Österberg, C.-J. (1987). *Vätgas: en framtida energibärare*. Stockholm, Energiforskningsnämnden: Allmänna förl.

Bilaga 1 Förteckning över intervjuade personer

Personer som har intervjuats:

Ahlberg, Gösta	Skånetrafiken, tidigare Karlstads Lokaltrafik, 3 maj 2005
Albinsson, Ingvar	Tekn.dr., Chalmers, Teknisk fysik, 1 dec 2005
Bertilsson, Britt Marie	Programansvarig, MISTRA, 12 dec 2005
Carlson, Ingemar	Ingenjörfirman Ingemar Carlson, 9 feb 2005
Hagberg, Marie	Miljöchef, SJ AB, 14 dec 2005
Hallström, Eva	Energi- och miljöingenjör, lärare, miljöhandläggare Länsstyrelsen. mars 2005
Hedberg, Christer	Energaia. 17 dec 2004
Johansson, Göran	Volvo Technology; Chef för nationella bränslecells- program; Adj. prof., KTH, 19 dec 2005
Kiros, Yohannes	Förste forskare, KTH, Kemisk reaktionsteknik, 16 dec 2005
Klintbom, Bertil	Gotlands kommun, Tekniska förv., 26 jan 2005
Lindqvist, Kennet	Ingenjör, Energirådgivare Storfors, 22 mars 2005
Lundblad, Anders	Forskare, KTH, Tillämpad elektrokemi, 17 dec 2004 och 13 dec 2005
Mellander, Bengt-Erik	Bitr. professor, Chalmers, Teknisk fysik, 1 dec 2005
Noréus, Dag	Prof., Stockholms universitet, Strukturkemi, 16 dec 2005
Nygren, Bertil	Tekn.dr., ABB AB/Corporate Research, 15 dec 2004
Pernestål, Kjell	Uppsala Universitet, tidigare vid bl.a. Svenska Utvecklingsbolaget och Studsvik, 17 nov 2005
Roth, Anders	Miljöchef, Trafikkontoret, Göteborg Stad, 11 feb 2005
Schwartz, Stephan	Civ.ing.; Tidigare vid KTH, Kemiteknik, apr 2005
Sjunnesson, Lars	Chef FoU, E.ON (fd Sydkraft); Prof., LTH, 9 feb 2005
Sylwan, Christopher	Tekn Dr., Förste forskare, KTH, Kemiteknik, apr 2005
Tegström, Olof	Hydrogen Organization, 15 dec 2004
Wallman, Stephen	Bil Sweden, 29 okt 2004
Wolf, Sven	Chef för Vätgasgruppen, ETC Battery and FuelCells Sweden AB, dec 2005
von Krusenstierna, Otto	KTH; tidigare bl.a. på ASEA, 21 dec 2004
Ödesjö, Sverker	Sjöingenjör och lokförare, feb 2005

Öjefors, Lars

Docent; Ordf i MISTRAs bränslecellsprogram; VD för
Industrifonden 1995-2005, 1 dec 2005

Personer som bidragit med tips och upplysningar:

Andersson, Kent

Volvo Bussar

Dalsmyr, Lena

Vinnova

Eklund, Peter

Upplands Lokaltrafik

Fjällström, Mikael

Statens Energimyndighet

Jonasson, Karl

Chalmers, Institutionen för Energi och Miljö

Karlström, Magnus

ETC Battery and FuelCells Sweden AB

Kottenhoff, Karl

KTH, tidigare vid bl.a. TFB

Maruo, Kanehira

ETC Battery and FuelCells Sweden AB

Morén, Christer

AGA Linde AB

Ridell, Bengt

Carl Bro AB Energikonsult

Sandén, Björn

Chalmers, Institutionen för Energi och Miljö

Tehler, Elisabeth

Vetenskapsrådet

Thörnblom, Ragnar

SL fordonsavdelningen, tidigare vid bl.a. TFB