

Vätgassystem – visioner och realism

Rapport inom energitransporter MVKN10

David Wadst M04
Gustav Lindberg M04
Handledare: Svend Frederiksen

Inledning

Dagens miljödebatt domineras av rapporter om skenande växthuseffekt och den sinande tillgången på olja. Oavsett om detta är sant eller ej driver debatten en utveckling av nya tekniker för drivmedel och uppvärmning. En teknik på frammarsch är användandet av vätgas. Det största argumentet för vätgas är att restprodukten endast är vatten, även om det i vissa fall uppstår en försumbar mängd kväveoxider. Vätgas kan dessutom framställas på en rad olika sätt, varav några av dessa är med hjälp av förnybara energikällor så som solenergi.

Runt om i världen körs redan nu fordon på vätgas, detta fastän i princip alla fordonen är försöks- och utvärderingsprojekt.

Flera stora och små bilföretag satsar på att runt 2010 kunna börja serieproducera fordon med vätgas som bränsle. Det forskas väldigt mycket på vätgas, 2004 satsade offentliga och privata organisationer ca 35 miljarder kr. I Sverige finns bl.a. forskningsprogrammet Mistra där bl.a. LTH, Chalmers, KTH, Volvo, Morphic och Nolator medverkar, och satsningarna ligger på omkring 0,80 miljarder kr/år enligt energimyndigheten.

Tydligt är alltså att mycket forskning pågår på området, och visionerna är storslagna.

Men mer än bara miljöaspekter spelar in. Ett land fritt från beroendet av fossila bränslen, är ett land fritt från beroendet av världens olje- och gasproducerande länder. T.ex. skulle en betydligt hårdare ton kunna föras mot Ryssland om dess omgivande länder var helt fria från behovet av naturgas.

Vi kommer först ge en kort introduktion om väte, därefter beskriver vi hur man framställer väte och hur man lagrar det. Vi kommer även beskriva hur man kan distribuera det, och vi avslutar med några framtidsvisioner för vätgas.

Introduktion

Väte är det vanligaste grundämnet i universum och vätgasmolekyl består av 2st väteatomer och betecknas H₂. Mellan 70 och 80 % av synliga universum består av väte. På jorden förekommer väte sällan i fri form utan ingår i olika föreningar, främst vatten och olika kolväten. Vid 1 atmosfär och 25°C är väte en färglös och luktfri gas. Den är 15 gånger lättare än luft och har ett energiinnehåll på 120MJ/kg, vilket kan jämföras med 50MJ/kg för metangas, 40MJ/kg för bensin och 20MJ/kg för metanol.

Vätgas är en mycket anpassningsbar energibärare och kan produceras fram från flera olika energikällor som t.ex. från elektricitet, biomassa och naturgas.

Väte kan lagras och användas antingen i flytande form eller i gasform. Flytande väte används bl.a. som bränsle vid raketuppskjutningar och kan även användas som bränsle i ett fordons förbränningsmotor men även i fordon med bränsleceller. Vätgas i fordon med förbränningsmotor är inte lika utbrett som för bränslecellsfordon eftersom det krävs större mängder vätgas och vätgaslagringen är det största problemet. Förbränningen ger dessutom oönskade restprodukter av olika kväveoxider. Det positiva med vätgas i förbränningsmotorer är att förbränningsmotor enkelt kan anpassas till att köras på vätgas och dessutom betydligt billigare i förhållande till bränslecell. Dock ses tekniken med förbränningsmotorn endast som en övergångsfas till bränslecellsfordon som är effektivare än förbränningsmotorn. Det finns även alternativ som Hythane, som innebär att en blandning av vätgas och naturgas används som bränsle. Bränsleblandning på ca 8 % vätgas och 92 % naturgas används när Hythane har tillämpats på bussar, men försök med andra procentuella blandningar förekommer också.

Bränslecellsfordonen som har utvecklats begränsas av den höga kostnaden för framställning av bränsleceller, dessutom finns det flera hinder att komma förbi.

Eftersom vätgas har lågt energiinnehåll *per volymenhet* är storleken på lagringsutrymmet en avgörande faktor och ofta det som ger en dålig räckvidd för bränslecellsfordon. Dessutom måste vätgasen ha ett tryck runt 300-350 bar eller 700 bar för att kunna hanteras. I en tank med tryck på 700 bar väger vätgasen ca 4 % av hela tankens vikt. Ifall lagringsmöjligheterna och effektiviteten skulle förbättras skulle det fortfarande krävas nästan dubbelt så mycket volym för att lagra vätgas istället för bensin.

Framställning av väte:

Vart ska man då få vätet ifrån? Det finns en mängd olika tekniker att få fram vätgas, t.ex. vätgas från elektrolys, reformering av biometan eller förgasning av tunga kolväten och biomassa. Största delen av allt väte som produceras idag kommer från fossila bränslen, men en teknik som föredras och används mer och mer är elektrolys av vatten. Elektrolys är en metod där man använder en strömkälla för att klyva och sönderdela föreningar. Utförs elektrolys på vatten delas vattnet upp i syrgas och vätgas. Den stora fördelen med att använda elektrolys på vatten är att man inte får ut någon koldioxid. Om strömmen kommer från t.ex. sol- eller vattenkraft blir framställning av vätet dessutom helt ”grönt”. Teoretiskt behövs det ca 35,8 kWh el för att producera 1kg vätgas, men i verkligheten behöver man ca 56 kWh för att producera 1 kg vätgas. Ifall priset för el ligger runt 0,5 kr/kWh skulle det alltså kosta 28kr att framställa 1kg vätgas. 1 kg vätgas innehåller ungefär lika mycket energi som 3kg bensin

Reformering av kolväteföreningar som biometan fungerar genom att man leder vattenånga genom kolväteföreningen. Detta leder till att vätgas och koldioxid frigörs från kolvätet. Denna

teknik ger alltså utsläpp av koldioxid, och kräver dessutom mycket energi. Även om konsumenten får tillgång till "ren" energi, har producenten bidragit med utsläpp för att framställa den. Man flyttar alltså bara utsläppen från konsument till producent!

Vätgas kan även fås vid förgasning av tunga kolväten eller biomassa genom upphettning, men även här fås koldioxid som en biprodukt.

Lagring av väte

När vätet är framställt måste man lagra det. För detta finns i huvudsak tre olika sätt. Antingen lagras vätet i flytande form i en behållare, i gasform i en behållare eller så lagras det i ett annat ämne.

För att få väte flytande måste det kylas ner till -253°C , vilket är energikrävande. Dessutom kommer vätet sakta att anta gasform i tanken, vilket gör att tanken måste tömmas på gas med jämna mellanrum. Detta för att trycket inte får bli för högt, så att tanken spricker. Bortsett från det vanliga säkerhetsproblemet med hög explosionsrisk om vätet kommer i kontakt med syre, inses det också att hanteringen av ett ämne som håller -253°C är både riskabel och svår. Alla rör och behållare måste vara väldigt välisolerade för att människor inte ska kunna skada sig.

Med dagens teknik är väte i flytande form det enda tillfredställande sättet att lagra stora mängder väte.

Om man istället väljer att lagra väte i gasform stöter man på andra problem. Vätgasen har väldigt lågt energiinnehåll per volymenhet vilket resulterar i att energimängden i en tank vätgas blir låg, detta även vid höga tryck. Tanken kommer innehålla väldigt lite väte i förhållande till sin egen vikt, vilket gör den dålig för mobila lösningar så som i bilar.

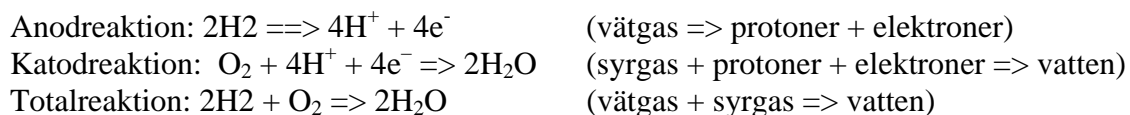
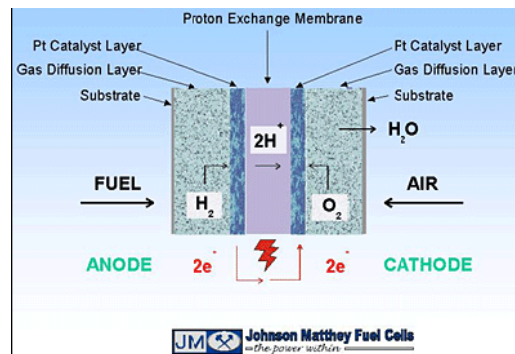
Även här ställs stora krav på tankens konstruktion. Detta då väte är en väldigt liten och lätttröglig molekyl, och därför kapabel till diffusion in i andra material som vanligtvis är ogenomträngbara för gaser. När vätgasen tränger in i hålrummen inne i materialen och fyller ut dessa kan gastrycket generera en intern spänning som kan vara tillräckligt hög för att orsaka försvagning och sprickbildning i stålet. Fenomenet kallas "hydrogen embrittlement". Det är alltså viktigt att ha rätt material på tanken, t.ex. vissa kromstål och olika kompositmaterial.

Den lagring som ser ut att bli den bäst lämpade för mobila system är lagring i metallhybrider. En metall som suger åt sig vätgas, som en svamp suger åt sig vatten, kallas hybrid. Vätet lagras mellan metallens molekyler. För att sedan kunna utnyttja vätet krävs att hybriderna kan släppa ifrån sig vätet, vilket oftast kräver en mindre mängd tillförd värme. Hybriderna kan dessutom vara mycket mindre än de stora tankar som behövs för vätgas, och genom att lagra väte i hybrider blir man av med explosionsrisken som kan ske vid t.ex. en olycka, Särskilt goda väte- hybrider är metallegeringar av titan, järn, magnesium, nickel och krom. Dessa kan ta upp väte i storleksordningen 1-2% av sin egen vikt.

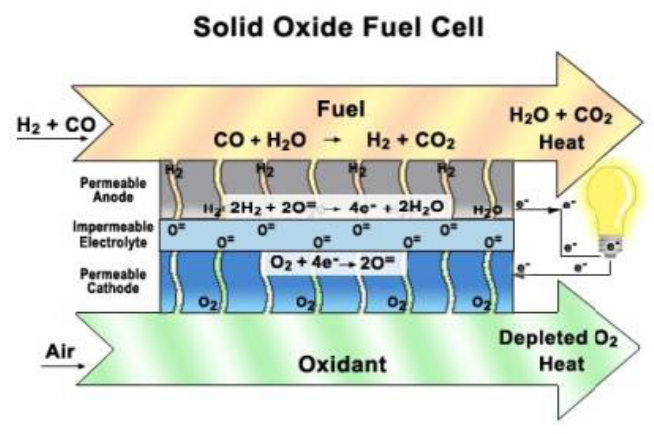
Energiframställning från vätgas

Det finns ett flertal olika bränslecellssystem som används för att få ut den lagrade energin ur vätgas och några är PEM (Proton Exchange Membrane), SOFC (Solid Oxide Fuel Cells) och MCFC (Molten Carbonate Fuel Cells), dock är inte alla fullständigt rena utan ger en del växthusgaser.

PEM utvecklades av General Electric under 1960-talet och utvecklades främst åt armén men genombrottet för PEM var när systemet togs i bruk av NASA. PEM skulle då ersätta batterier för att leverera ström samt dricksvatten till besättningen på ett rymdskepp. PEM fungerar genom att vätgasen skickas mot en s.k. anod, vilken delar upp vätgasen i protoner och elektroner. Mellan anod och katod finns en s.k. elektrolyt bestående av polymermembran. Efter att elektronerna skiljts från protonerna leds de bort i en ledare, dvs. ström bildas. Väteprotonerna vandrar över till katoden, där de återförenas med sina elektroner och reagerar med tillfört syre från luften vilket ger vatten som restprodukt. PEM är ofta mindre enheter och har en arbetstemp på ca 80° C vilket gör att den fungerar utmärkt på bilar.

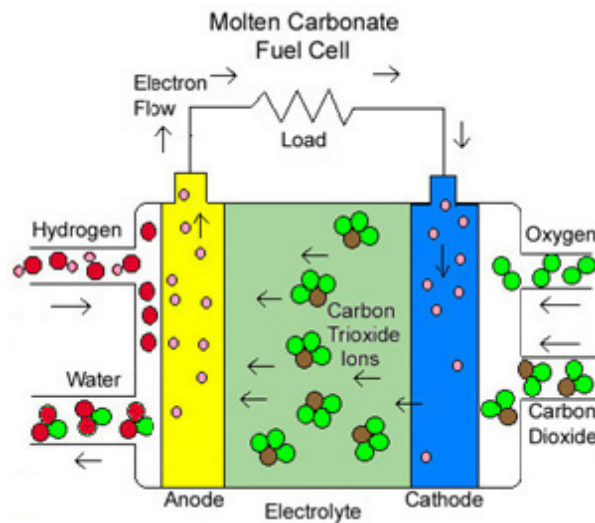


SOFC är en annan sorts bränslecell och utvecklades under 1937 och fungerar ungefär som andra bränsleceller dvs. med uppdelning via anod och katod. I SOFC fungerar hela elektrolysen med hjälp av en fast keram som elektrolyt. Välgas och koloxid tillförs anoden och syret från luften tillförs katoden. De frivriga elektronerna leds bort och genererar el. Vid anoden kommer det att bildas vatten, koldioxid samt värme. SOFC system skulle lämpa sig bäst som el och värme genererar för industrier, skulle dessutom effektiv lagring av CO2 utsläpp vara möjlig skulle systemet vara mycket bra även ur miljösynpunkt.



MCFC har utvecklats efter samma princip som SOFC och togs fram genom ett flertal tester av vanliga keramer som elektrolyt. Elektrolyten i MCFC är flytande och består av smälta natrium- litium- kalium- karbonatsalter. Arbetstemperaturen för MCFC ligger på ca 650C och vid dessa temperaturer smälter saltet och det genereras koltrioxid som förflyttar sig från

katoden mot anoden där dem slås samman med vätgas. Denna process ger elektroner, vatten och koldioxid som produkt. Elektronerna genererar el och återvänder därefter till katodsidan där det även tillförs syre och koldioxid som återanvänts från anodsidan och nu reagerar med elektronerna.

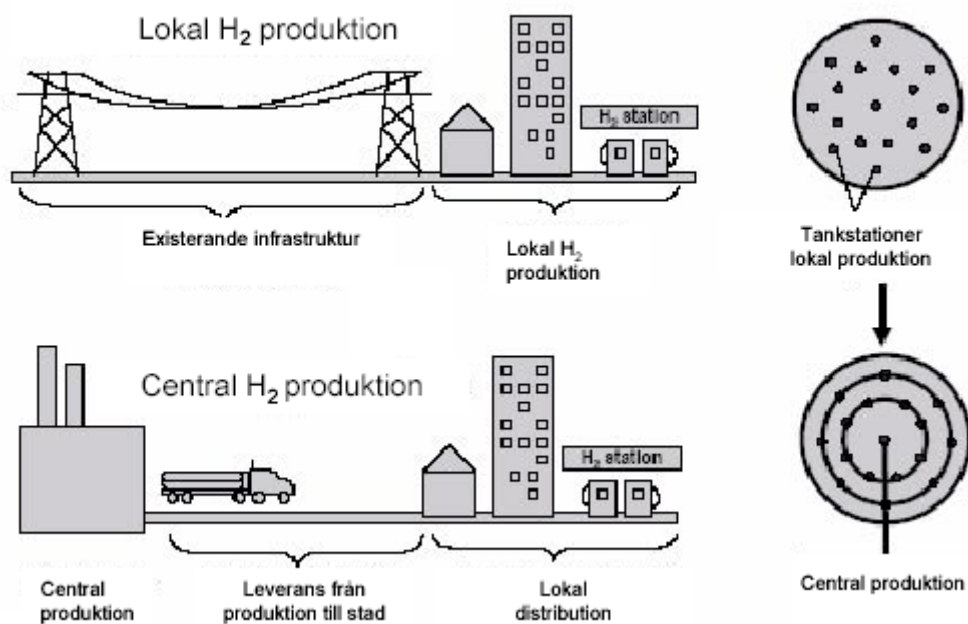


Distribution av vätgas

Vätgas är i dagsläget väldigt svår att distribuera till en rimlig kostnad och produceras därför där den används. För att vätgas ska kunna användas storskaligt för transport, hushåll och industrisektorn måste vätgasproduktionen öka enormt. Dessutom måste det byggas ut en infrastruktur för distributionen av vätgas. Det finns flera olika alternativ för hur infrastrukturen ska se ut och de två grundläggande alternativen är att man antingen framställer vätgasen direkt på tankstationen eller att man framställer den centralt och därefter distribuerar den till t.ex. tankstationer. Det negativa med central framställning är att man då måste hantera problemen med lagring och transport/distribution av vätgasen.

Distributionen kan ske genom att den transporteras flytande eller trycksatt med lastbil, men även via vätgasledningar. Enligt vätgasrapportfinalrev behövs det idag en lastbil på 40 ton för att leverera 400 kg vätgas som räcker till cirka 150 bränslecellsbilar, men samma lastbil kan leverera 26000 kg bensin som räcker till 800 bensinbilar. Energin som krävs för att distribuera vätgasen står för ca 20 % av energin i tanken. För att en central framställning ska fungera med distribution med lastbilar, kommer det krävas väldigt många lastbilar ifall vätgas ska användas storskaligt. Allmänt skulle t.ex en lastbil som idag levererar bensin behöva ersättas av tio lastbilar som levererar vätgas.

I Stockholm finns det en vätgasstation som kan leverera ca 5,5 kg vätgas/h vilket räcker för att tanka ca 2 bränslecellsbilar varje timme, men stationen anses inte vara kostnadseffektiv eftersom alldeles för få fordon tankar. År 2005 hade det byggts ca 100 tankstationer för vätgas på vårt jordklot, det största hindret för utvidgning av vätgasstationer är att det är svårt att få ett positivt kassa flöde, vilket leder till att färre vågar satsa på vätgas och därav hämmas utbyggnaden av tankstationer.



Framtidsvisioner

Framställning av väte har en mycket trolig framtid inom kärnkraft där el och värme kan fås vid relativt hög temperatur. Framtida planer gäller främst utomlands där utveckling och nybyggnation av kärnkraftverk äger rum. Fördelen är att man vid kärnkraft slipper beroende av fossila ämnen samt växthusgaserna minskar. De två olika typerna av reaktorer som skulle vara möjliga är lättvattenreaktorer (LWR) samt högttemperaturreaktorer (HTGR).

LWR-reaktorn skulle kunna utnyttjas för produktion av el som via elektrolys skulle ge väte, HTGR-reaktorn skulle kunna utnyttja både el och värme vilket skulle kunna användas vid framställning av väte via konvertering av tex biomassa. Den höga värme som fås från en HTGR-reaktor skulle kunna användas vid högttemperaturelektrolys. Vid högttemperaturelektrolys krävs mindre el för framställning av väte.

Det finns även förhoppningar att det i framtiden kommer gå att utvinna väte genom fotolys, termolys och fotoelektrolys, detta med hjälp av solenergi. Storskalig väteframställning med hjälp av solenergi ligger idag väldigt långt fram i tiden, men betydelsen av solenergi som är den mest tillgängliga källan på jorden med en drifttid på upp till 2300h per år är väldigt stor. Ett väldigt stort område inom solenergi som man hoppas på stor utveckling inom är fotolys, som efterliknar processen från fotosyntesen hos växter.

Det pågår även ett flertal projekt mindre projekt där man undersöker bränslecellerna uppförande och eventuellt nya användningsområden.

Boeings forskningsavdelning i Madrid har tillsammans med företag från Österrike, Frankrike, Tyskland, Spanien, Storbritannien och USA byggt ett tvåsitsigt propellerflygplan, där bensenmotorn har ersatts med ett hybridsystem. Systemet består av en bränslecell som laddar litium-jonbatterier vilka driver en elmotor som är kopplade till propellern. Man har tagit upp planet till en höjd på 1000 meter, där batterierna har kopplats bort. D.v.s. enbart strömmen från bränslecellerna har drivit motorn. Flygturerna har varat i 20 minuter med en hastighet på

100km/h. Boeing påpekar att bränsleceller knappast kommer användas till drift för flygplansmotorer i framtiden, men att det passar bra för att generera ström till planet i övrigt.

Tyska forskningsinstitutet DLR har tillsammans med företaget Lange Aviation utvecklat ett segelflygplan som utrustats med en elmotor. I kapslar under vingarna sitter det bränsleceller och vätgastankar. Precis som med Boeing försök så är inte syftet att få fram ett drivsystem för motorerna, utan att undersöka hur bränsleceller beter sig på hög höjd samt se ifall de kan generera den ström som behövs ombord. DLR har tidigare tagit fram en bränslecell till Airbus forskningsflygplan A320 ATRA, som används för att ge nödström till hydraulikpumparna.

Forskare vid Fraunhoferinstitutet och Tekniska universitetet i Berlin har tagit fram en liten bränslecell som endast väger 30 gram, och som ska kunna driva en 20 cm lång minihelikopter. Forskarna har lyckats framställa den lätta bränslecellen genom att ersätta ett flertal metalldelar med plastdetaljer. Helikoptern kommer inte vara utrustad med en vätgastank, så detta blir för tungt. I stället kommer vätgasen genereras ombord i en liten reaktor där natriumborhydrid framställer vätgas genom vattenbesprutning.

Tanken är att en utveckling av cellen ska kunna användas som laddare till mobiltelefoner och bärbara datorer.

Som sagt pågår mycket forskning och förhoppningarna är höga. Många säger att vätets stora genombrott är precis runt hörnet, men detta har sagts i fyrtio år.

Källor

PDF Vätgasrapportfinalrev_screen

Förstudierapport av Hanna Jönsson, Magnus Karlström, Sven Wolf för Vätgasgruppen 2006, ETC Battery and FuelCells Sweden AB och www.etcab.se/vatgas

hämtad 2008.12.01

http://www.regionhalland.se/dynamaster/file_archive/061020/549458fec787130668c33e6f464664cd/VatgasRapportFinal_screen.pdf

En stor omfattande rapport om vätgas från 2006, som tittar på flera aspekter om vätgasen, rapportens författare har haft många stora aktörer på marknaden med stor kompetens till sin hjälp.

Publicerade artiklar av Gemma Crawley

hämtad 2008.12.01

<http://www.fuelcelltoday.com/online/surveys;jsessionid=6AFEDBCE98E93E3AEE92280F74E6912B>

Hemsidan fuelcelltoday är ledande på bränslecellorienterade nyheter och informationer från industrivärlden, de samlar och distribuerar objektiv fakta till beslutsfattare.

Väte -Framtidens energibärare, Elforsk rapport 98:19 av Ola Gröndalen, Sydkraft Konsult AB

hämtad 2008.12.01

http://www.esprojects.net/attachment/f884d384a217c98c4bfa49875a2f02d9/a71b6ccc84a364bb12c4a0fbfb955314/98_19_rapport+_screen.pdf

Ett en rapport om vätgas skriven för och med hjälp av Elforsk som tar upp flera aspekter runt vätgas.

www.nyteknik.se, aktuella rapporter från 2008.

Ny teknik är en nättidning vars artiklar handlar om de senaste teknikgenombrotten. Vi har valt att ta med information från deras upplagor för att visa på att idéerna om hur vätgas ska kunna användas är enorma