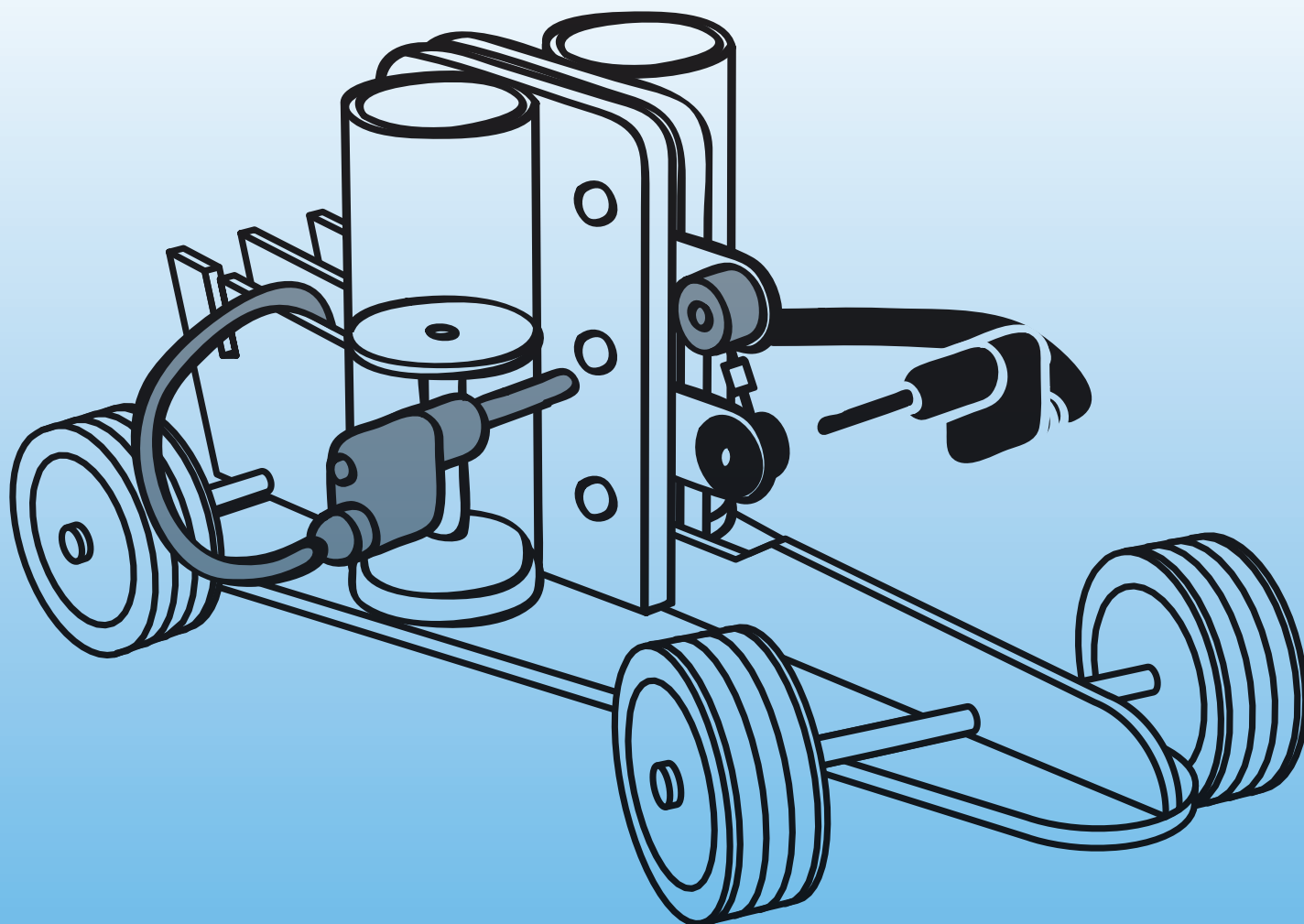


Lærerveiledning:



Hydrogen

med fokus på transport

The Blue Move for a Green Economy er et prosjekt innen Interreg ØKS for å fremme produksjon, distribusjon og anvendelse av hydrogen fra fornybar energi.

Green Drive Region er et prosjekt innen Interreg Sverige-Norge for å fremme bruken av alternative drivstoff.

Prosjektnavn: The Blue Move for a Green Economy, www.bluemove.no. Green Drive Region, <http://greendrivedregion.com>.

Finansiering: Denne utdanningen støttes av det Europeiske Regionale Utviklingsfondet gjennom Interreg ØKS, <http://www.interreg-oks.eu>, og Interreg Sverige-Norge, <http://www.interreg-sverige-norge.com>.

Utgitt av: Kunnskapsbyen Lillestrøm 2017, www.kunnskapsbyen.no.

Redaktører: Jan Carsten Gjerløw, Kunnskapsbyen Lillestrøm og Anna Tibbelin, Bengt Drakenberg, Kommunförbundet Skåne.

Design: Clavis Communications

Referansegruppe for utviklingen av kurset:

Kunnskapsbyen Lillestrøm, Vätgas Sverige, Energikontoret Skåne, Skedsmo Realfagssenter, Kjeller skole, RISE (Research Institutes of Sweden) og Malmö Museer.

Utdanning gjennomføres som en del av aktiviteten i Interreg ØKS-prosjektet "The Blue Move for a green Economy", og Interreg Sverige-Norge prosjektet Green Drive Region. Prosjektene har også regional medfinansiering fra Akershus fylkeskommune, Oslo kommune, Skedsmo kommune og andre kommuner i Akershus og Hedmark.

Lærerveiledning:

Hydrogen med fokus på transport:

Bakgrunn

Hydrogenutdanningen for elever i ungdomsskolen er utarbeidet i 2017 av Kunnskapsbyen Lillestrøm og Kommunförbundet Skåne som en del av Interreg ØKS-prosjektet "The Blue Move for a Green Economy" og Interreg Sverige-Norge prosjektet Green Drive Region. Referansegruppen har vært:

- Vätgas Sverige
- Kjeller Realfagssenter
- Kommunförbundet Skåne / Energikontoret Skåne
- RISE – Research Institutes of Sweden
- Malmö Museer

Kobling til læreplanen

SAMFUNNSFAG:

Geografi

- Undersøkje korleis menneske gjer seg nytte av naturgrunnlaget, andre ressursar og teknologi i Noreg og i andre land i verda og drøfte premisser for berekraftig utvikling.

NATURFAG:

Fenomener og stoffer

- Vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved hjelp av periodesystemet.
- Forklare hvordan vi kan produsere elektrisk energi fra fornybare og ikke-fornybare energikilder, og diskutere hvilke miljøeffekter som følger med ulike måter å produsere energi på.
- Gjøre rede for begrepene fart og akselerasjon, måle størrelsene med enkle hjelpemidler og gi eksempler på hvordan kraft er knyttet til akselerasjon.

Ny læreplan

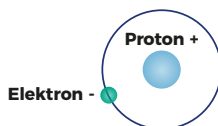
Det arbeides det for tiden med ny læreplan, men det vil nok ta noen år før den er ferdig. Der er det foreslått at tre tverrfaglige temaer (**folkehelse og livsmestring, demokrati og medborgerskap og bærekraftig utvikling**) skal være gjennomgående og behandles i flere fag så elevene får en «helhetlig forståelse av temaene».

En opplæring på hydrogen og bærekraftig transport (egen del) er et eksempel på hvordan man på en naturlig måte kan behandle alle tre temaene innenfor et og samme prosjekt.

Hva er hydrogen?

Uten hydrogen ville det ikke vært liv på jorden! Universet består av ca. 75 % hydrogen. Hydrogen er både det vanligste og det letteste grunnstoffet. Hydrogenatomet inneholder ett proton og ett elektron.

(TIPS: Vis det periodiske systemet). .



Ved romtemperatur og normalt trykk er hydrogen i gassform. Hydrogengass består av to hydrogenatomer og har den kjemiske formelen H_2 . Hydrogen går over til flytende form ved minus $253^{\circ}C$. Hydrogen er universets vanligste grunnstoff, men det er nesten alltid bundet i andre

stoffer, først og fremst til oksygen i vann. For å kunne bruke hydrogen må vi derfor først produsere det.

Hydrogen har per masse en energitetthet som er tre ganger så høy som tradisjonelle drivstoff som bensin og diesel. Utfordringen er at hydrogen er en svært voluminøs gass, og er derfor mer krevende å håndtere og distribuere enn tradisjonelle drivstoff.

Universet anslås til å bestå av 75 % hydrogen, regnet som masse, til tross for at hydrogen er det letteste av alle grunnstoff.

Hydrogen - en energibærer

En energibærer er fremstilt fra en energikilde. I prosessen med å fremstille energibæreren vil noe av energien som var i energikilden "gå tapt", det vil si at energibæreren bærer med seg mindre energi enn det energikilden opprinnelig hadde. Det betyr ikke at energi har forsvunnet, men at en viss andel av energien har gått over i en lavere energiform, som f.eks varme. Når vi da sier at energien går tapt, mener vi at den ikke kan brukes til det formålet energibæreren er tenkt å brukes til.

Fordelen med energibærere er at vi kan benytte oss av energien lagret i dem til bestemte oppgaver på bestemte steder. Sol og vind er ikke energibærere, siden vi ikke kan kontrollere dem, eller lagre dem som de er - vi kan kun nyte sola mens den skinner, og seile mens vinden blåser. Om vi vil "fange" energien i sol og vind lager vi elektrisitet som da blir energibærer av sol- og vindenergi, og transporterer strømmen i kabler til et sted hvor det er behov for den. Hvis vi ikke vil transportere strømmen i kabler kan vi lagre den i batterier eller hydrogen. Både kabler, batterier og hydrogen vil medføre energitap, slik at vi får ut mindre strøm enn det vi sendte inn i kabelen, batteriet, eller brukte til å splitte vann til hydrogen og oksygen. Bensin og diesel er også eksempler på energibærere, hvor energikilden er olje.

Spørsmål: Hvilke primære energikilder finnes?

Svar: Biomasse, uran, naturgass, olje, kull, vindenergi, solenergi, vannkraft. Hydrogen kan produseres av alle energikilder.



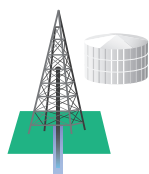
Kilder for produksjon av hydrogen

Her listes energikilder som kan anvendes som kilde for fremstilling av hydrogen. Det er viktig at hydrogenet produseres fra fornybare energikilder slik at miljøbelastningen i produksjonen blir så liten som mulig.



SOL, VIND OG VANN:

Elektrisitet fra fornybare energikilder kan omdannes og lagres som hydrogen. Disse energikildene er naturlig varierende, og kan ikke alltid produsere elektrisitet når samfunnet trenger det. Overskuddsenergien må lagres, ellers går den til spille. Hydrogen kan da være en metode for mellomlagring av energien. I Skandinavia er det vanligst å fremstille hydrogen for kjøretøyer fra fornybare kilder.



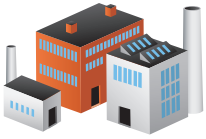
NATURGASS, BIOGASS OG BIOMASSE:

Hydrogen kan fremstilles av metanholdig gass som naturgass og biogass. Dette er en vanlig måte å produsere hydrogen til industriell bruk på. I tillegg til hydrogen får man dannet CO_2 ved denne produksjonsmetoden. Dette kan fanges og lagres (CCS) eller benyttes som råstoff i andre prosesser (CCU). Se nedenfor.



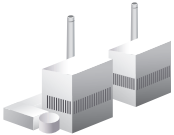
OLJE OG KULL:

Hydrogen kan fremstilles gjennom oksidasjon av olje og/eller gassifisering av kull. I Norge er det stort fokus på at hydrogen skal produseres av fornybare energikilder. Denne produksjonsmetoden er derfor ikke aktuell her.



INDUSTRI:

Innen kjemisk industri kan man få store mengder hydrogen som biprodukt, for eksempel ved fremstilling av klor.



KJERNEKRAFT:

Hydrogen kan fremstilles av elektrisitet fra kjernekraft. I fremtiden kan det også bli mulig å produsere hydrogen direkte fra varmen i kjernekraftverket.

Anvendelsesområder

Hydrogen brukes i dag først og fremst i industrien, men kan i fremtiden spille en viktig rolle på flere områder.



KJØRETØY

For å drive en bil med hydrogen behøver man en brenselcelle. Denne omdanner hydrogen til strøm som driver en elektrisk motor. Eksosen er rent vann. Brenselceller i kombinasjon med hydrogen kan også brukes av varebiler, lastebiler, nyttekjørtøy, ferger, tog. Det er til og med mulig å bruke hydrogen som drivstoff til fly og raketter.



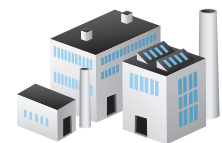
BÆRBARE APPARATER

Hydrogen kan sammen med en brenselcelle brukes til å lade bærbare apparater, for eksempel mobiltelefoner eller datamaskiner. Man kan da se for seg et bruksmønster for apparatene uavhengig av et strømnett.



RESERVEKRAFT / NØDSTRØM

Hydrogen og brenselceller brukes allerede i dag som reservekraft til viktige funksjoner i samfunnet, slik som sykehus, datasentre og basestasjoner for telekommunikasjon.



INDUSTRI

Innen industri brukes hydrogen som råvare, for eksempel for å produsere diesel, bensin, kunstgjødsel og metanol. Andre typiske bruksområder er fettherding og som beskyttelsesatmosfære.

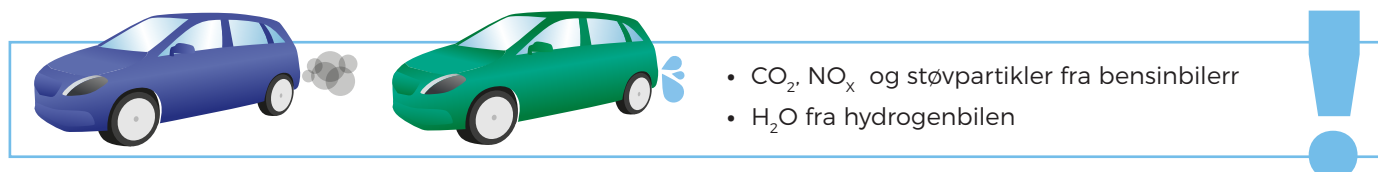
CCS og CCU

Når man produserer hydrogen ved dampreformering av metan, dannes det ett CO₂-molekyl for hvert 4. hydrogengassmolekyl. Man kan separere og deponere denne CO₂-gassen (CCS – «Carbon Capture and Storage»). Det er mye enklere å separere CO₂ fra dampreformering enn fra f.eks. et gasskraftverk, der kun 6 % av avgassen er CO₂ og resten er vanlig luft.

Det finnes også teknologi som konverterer metangassen til hydrogen og rent karbon. Slike prosesser kalles gjerne for CCU - «Carbon Capture and Use», da karbonet som blir produsert kan benyttes som et verdifullt råstoff i andre prosesser og produkter. Om man velger CCS eller CCU spiller mindre rolle, det viktigste er at hydrogen produsert fra metangass ikke medfører økte CO₂-utslipp.

Vann fra eksosrøret

Hydrogen er universets letteste grunnstoff, men det kan faktisk gi en alternativ løsning på menneskehetens største utfordring, nemlig utslippene fra den stadig økende transporten. Det blir stadig flere biler på jorden, og vi transporterer stadig mer varer. Kjøretøyene drives vanligvis av bensin eller diesel, som gir utslipp av drivhusgasser i tillegg til partikler som er skadelig for nærmiljøet; støvpartikler og nitrogenoksider (NO_x). Vi må redusere utslippene av drivhusgasser, først og fremst CO_2 , for å hindre klimaendringer. Derfor er det viktig å utvikle og ta i bruk alternative drivstoff for kjøretøy. Biler som kjører på hydrogen slipper bare ut vanndamp fra eksosrøret. Andre alternative drivstoff er elektrisitet og biogass.



Produksjon av hydrogen

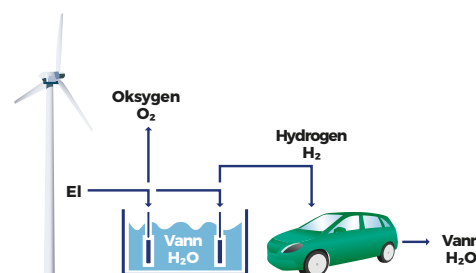
Det finnes ulike måter å fremstille hydrogen på. Vannelektrolyse, reformering og gassifisering. Nedenfor fokuserer vi på **vannelektrolyse** siden det benyttes når kilden er fornybar elektrisitet. **Reformering** er en prosess der en metanholdig gass (naturgass eller biogass) omdannes til hydrogen. Det skjer ved at vanndamp under høy temperatur blandes med gassen i en reaktor. Det dannes da hydrogen og CO_2 . Dersom man kan fange og ta vare på CO_2 -en slik at denne ikke slipper ut i atmosfæren kan dette være en miljøvennlig måte å produsere hydrogen på. **Gassifisering** er en metode som omdanner kullholdig materiale til gass under høyt trykk og høy temperatur.

Hydrogenproduksjon ved vannelektrolyse utgjør i dag om lag 5 % av global hydrogenproduksjon. I Norge har hydrogenproduksjon ved vannelektrolyse lang historie gjennom Norsk Hydro. Norge er og har vært egnet for vannelektrolyse grunnet god tilgang på vannkraft, noe som har ført til at Norsk Hydro og senere NEL Hydrogen er blant de ledende produsenter i verden av elektrolysører.

I resten av verden er reformering av naturgass den mest vanlige måten å produsere hydrogen på. Årsaken til dette er nok først og fremst fordi det er billigere å produsere hydrogen i stor skala på denne måten, og tilgangen på ren, elektrisk kraft er dårligere i de fleste land enn i Norge. Med et økt fokus på å bruke fornybar energi, og utbygging av sol- og vindenergi i verden er det naturlig å tro at markedet for produksjon av hydrogen ved vannelektrolyse vil øke fremover.

Fokus på vannelektrolyse

Det er viktig at hydrogenet fremstilles av fornybare energikilder slik at miljøbelastningen i produksjonen blir så lav som mulig. Fra fornybar strøm kan vi ved hjelp av vannelektrolyse produsere hydrogen. Strøm fra for eksempel vann- vind- eller solkraft brukes for å splitte vann til hydrogen og oksygen. Vannelektrolyse er en produksjonsmetode som gir noe energitap – vannelektrolysører har normalt en effektivitet på ca. 70 %. Det innebærer at ca. 30 % av energien som benyttes i prosessen ikke går med til å lage hydrogen men er tap i form av varme.

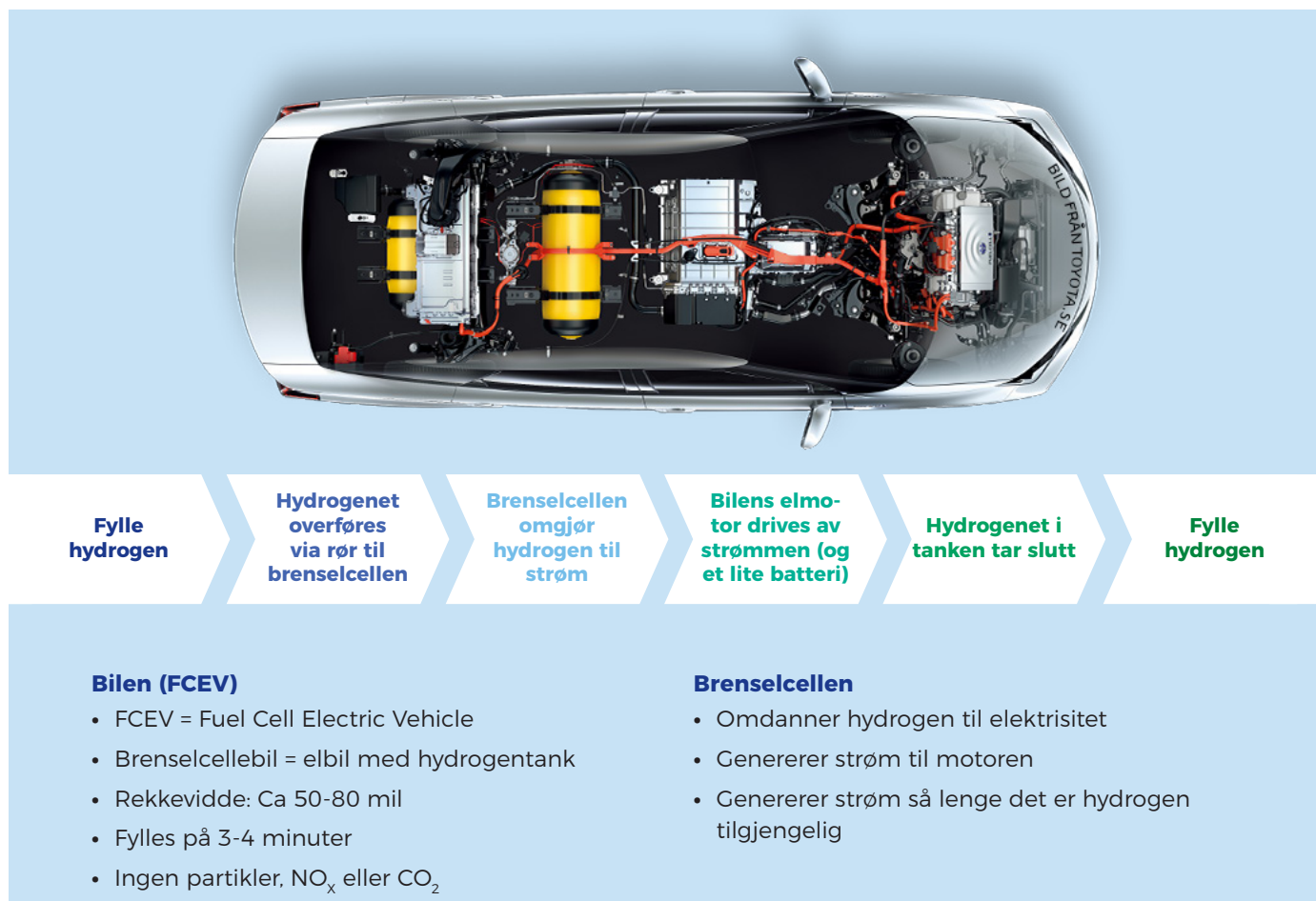


Brenselcellebilen

Når det snakkes om hydrogen som energibærer tenker vi ofte på bruk av den som drivstoff. De store bilprodusentene bruker mye ressurser på å ta frem elbiler med brenselceller som kan produseres på en rimelig måte. Noen har allerede startet serieproduksjon av biler, slik som Hyundai, Honda og Toyota. Andre produsenter har varslet at de starter produksjonen i løpet av 2017 og 2018, slik som for eksempel Mercedes.

Den vanligste tekniske løsningen i hydrogenbilene er å ha et batteri og en brenselcelle som kompletterer hverandre. Brenselcellen gir best effekt ved en jevn belastning, mens batteriet kan hjelpe til når det kreves høy effekt som ved akselerasjon og forbikjøringer. Elektriske kjøretøy med brenselcelle som drives av hydrogen kalles Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV). Internasjonale bilprodusenter ser på brenselcellebiler og batterielektriske kjøretøy som den langsiktige løsningen for person- og varetransport.

En hydrogenbil gir store miljøfordeler sammenlignet med en bensin- eller dieselbil, forutsatt at produksjonen av hydrogen ikke medfører en stor miljøbelastning. En brenselcelle er omtrent dobbelt så energieffektiv som forbrenningsmotor om den benyttes i en vanlig bil. Det innebærer at med samme mengde energi blir kjørestrekningen med en hydrogenbil omtrent dobbelt så lang som den blir med en forbrenningsmotor. En annen fordel med hydrogenbiler er at de på samme måte som andre elektriske biler, er stillegående. Dersom transport i fremtiden domineres av slike kjøretøy vil det ha en stor, positiv, påvirkning for miljøet i byer og tettsteder, både med tanke på luftkvalitet og støy.



FYLLING OG INFRASTRUKTUR

Norge er et av de landene som har kommet lengst i utprøving og bruk av hydrogen til transport. Vi har 7 hydrogenstasjoner i Norge pr. august 2017:

- Akershus: For biler: Sandvika, Høvik, Gardermoen, Lillestrøm. For buss: Rosenholm
- Oslo: Gaustad
- Telemark: Porsgrunn

Flere stasjoner er på vei, blant annet i Bergen og Trondheim, i tillegg til at det er planlagt flere i Oslo og Akershus.

I våre naboland arbeides det også med å etablere hydrogenstasjoner. I Sverige er det 4 stasjoner, men mange flere er planlagt. I Danmark er det 10 stasjoner som dekker hele landet. Danmark har med det verdens beste infrastruktur for hydrogen, med et landsdekkende nettverk av stasjoner.

En av de regioner som har kommet lengst i verden er California, som er den regionen med flest hydrogenbiler, ca. 1.400 pr. august 2017. Les gjerne mer om deres satsing på California Fuel Cell Partnerships nettside (<https://cafcp.org>). Også i Japan og Sør-Korea har man ambisiøse planer for utbygging av hydrogenstasjoner, og disse landene har også utmerket seg med å satse på produksjon av hydrogenbiler.

I Europa for øvrig er det Tyskland som har en ledende rolle. Her satser staten sammen med næringslivet store penger på markedsintroduksjon av hydrogen og brenselceller. 100 stasjoner skal bygges innen 2019, og bilprodusentene arbeider med å ta fram hydrogenbiler. Les gjerne mer om satsingen i Tyskland på Clean Energy Partnerships sine nettsider (www.cleanenergypartnership.de).

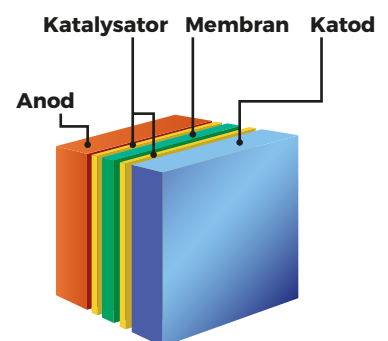
Mer detaljert informasjon: Elektrolyser benyttes i dag ved flere av de skandinaviske hydrogenstasjonene for produksjon av hydrogen. En fordel med slik lokal produksjon er at drivstoffet da produseres der det selges. Man slipper å kjøre drivstoffet på tankbil fra et sentralt produksjonssted, slik som man må gjøre ved vanlige bensinstasjoner. I framtiden vil man sannsynligvis se en blanding av lokal produksjon på hydrogenstasjonen, og sentral, storskala produksjon for distribusjon ut til stasjoner.

Brenselcellen omdanner energien

For å kunne bruke hydrogen i bilen trenger man en energiomformer.

En brenselcelle er en slik omformer som effektivt gjør hydrogenets kjemiske energi om til elektrisk energi. For at en brenselcelle skal fungere må man hele tiden tilføre brensel (hydrogen). En brenselcelle genererer ca. 0,7 volt (V). For å få en høyere spenning kobles mange brenselceller sammen i en "brenselcellestack".

En brenselcelle har en **anodeside** og en **katodeside** som separeres med en **membran**. På anodesiden deler en katalysator opp hydrogenatomene i protoner og elektroner.



EFFEKTIVITET

Ca. 30–40 prosent av energien går tapt i prosessen i brenselcellen. Effektiviteten øker imidlertid stadig gjennom forskning og produktutvikling. Oksygenet som produseres sammen med hydrogenet er svært rent og kan anvendes til gitte formål.

HVA INNEBÆRER 0,7 VOLT?

0,7 (V) er spenningen som driver strømmen. Man kan forklare dette slik: Bilen behøver en viss effekt for å kjøre, la oss si 100 Watt (W). For å få 100 W med en spenning på 0,7 (V) trenger vi en viss mengde strøm (A, Ampere). En lav spenning innebærer behov for mye strøm, mens ved høy spenning kan man klare seg med en lav strømstyrke. Derfor setter en sammen flere brenselceller i en brenselcellestack for å øke spenningen og minske mengden strøm som behøves for å få 100 W.

Til ettertanke: Er det høy strøm eller høy spenning som er farlig?



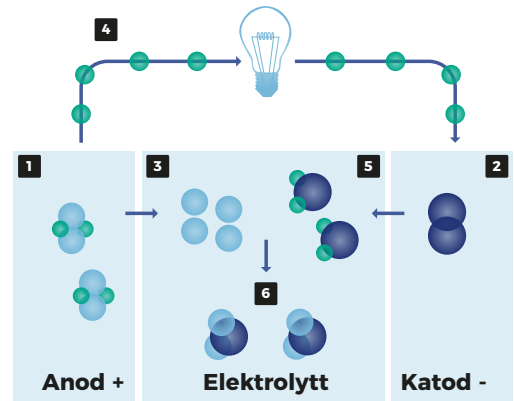
Strømproduksjon i brenselcellen

En liten oppsummering:

- En brenselcelle brukes for å omdanne kjemisk energi i form av et brensel og et oksidasjonsmiddel til elektrisk energi.
- Brenselet er for eksempel hydrogen og oksidasjonsmiddelet er for eksempel oksygen fra luften.
- Dersom brenselcellen drives av hydrogen og oksygen, reagerer disse og omdannes til elektrisitet og varme.

Brenselcellen har en anode som er positivt ladet og en katode som er negativt ladet. De sitter på hver sin side av en elektrisk ledende løsning – en elektrolytt.

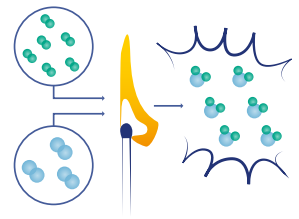
1. Ved anoden tilføres hydrogen (H_2).
2. Ved katoden tilføres oksygen (O_2).
3. Hydrogenet deler seg til protoner (H^+) og elektroner (e^-) gjennom en katalytisk reaksjon.
4. Elektronene vandrer over til katoden via lederen og genererer en ytre elektrisk strøm.
5. Protonene passerer gjennom elektrolytten.
6. Oksygenmolekylet deler seg til atomært oksygen når det kommer i kontakt med de frie elektronene og det dannes vann (H_2O).



For at reaksjonen mellom hydrogen og oksygen skal skje kontrollert og gi elektrisitet, behøver man edelmetallet platina. Platina er det aller beste materialet for å "temme" den kraftige reaksjonen mellom oksygen og hydrogen. Platina er kostbart, til og med dyrere enn gull, og tilgangen er begrenset. Det pågår forskning på bruk av andre materialer som erstatning for platina.

Sikkerhet

En spesifikk blanding av hydrogen (H_2) og oksygen (O_2) kalles for knallgass. Om blandingen antennes får vi en eksplosjon, og mye energi frigjøres. Risikoen er håndtert av bilprodusentene, så selv om mange spesielle situasjoner kan oppstå er det ingen grunn til å knytte risiko for at det dannes knallgass til bruk av hydrogenbiler. Det er imidlertid viktig å håndtere hydrogen som drivstoff forsiktig, på samme måte som for alle andre drivstoff som også har et høyt energiinnhold.



Hvem arbeider med hydrogen?

Når hydrogen og brenselceller erstatter fossile drivstoff og tradisjonell forbrenningsteknikk vokser det frem en ny industri. Det innebærer etterspørsel etter nye komponenter, systemer og tjenester. Det gir store muligheter for regional utvikling og etablering av nye arbeidsplasser. Dette er eksempler på bedrifter som arbeider med hydrogen:

- Bilprodusenter, bilforhandlere og vektsteder
- Drivstoffprodusenter
- Gassbedrifter som produserer og transporterer hydrogen
- Produsenter og operatører av hydrogenstasjoner
- Industrier som bruker hydrogen som råvare, for eksempel produksjon av ammoniakk, legemidler eller ved oljeraffinerier
- Industrier som får hydrogen som et biprodukt
- Operatører av reservekraftløsninger (telenettet, elektrisitetsforsyning etc.)

3 bilmodeller 2017

I 2017 er det tre bilmodeller tilgjengelig på det norske markedet:

- Hyundai ix35 Fuel Cell
- Toyota Mirai
- Renault Kangoo ZE-H2

Fra kilde til anvendelse



Oppsummering: I dag anvendes hydrogen først og fremst innen industrien. Mange steder i verden prøver man ut hydrogen som drivstoff til kjøretøy. En av fordelene med hydrogen er at gassen kan produseres fra alle energikilder, så vel fornybare som fossile. I Norge legger vi stor vekt på at det skal produseres fra fornybare energikilder, som vannkraft og solenergi. Her er et bilde som viser hvordan hydrogenet produseres og frem til det anvendes.

Hydrogen kan produseres av:

- Sol, vind, vann og bipmasse.
- Naturgass og biogass: Reformering av naturgass er den vanligste måten å produsere hydrogen på i verden i dag.
- Olje og kull.
- Industri (biprodukt).

Metoder for å produsere hydrogen:

- **Strøm** fra ulike energikilder kan omdannes til hydrogen ved hjelp av vann som splittes i hydrogen og oksygen, såkalt vannelektrolyse.
- **Naturgass og biogass** omdannes til hydrogen i en prosess som kalles reformering.
- **Gassifisering** omdanner et fast kullholdig material til gass under høyt trykk og høy temperatur.

Når hydrogen er produsert kan det lagres i:

- Gassflasker: Hydrogen komprimeres til 30-700 bars trykk og oppbevares i gassflasker. Dette kommer fortsatt til å bli den vanligste måten å lagre hydrogenet på i kjøretøy.
 - Hydrogen kan lagre i visse metaller (metallhydrid).
 - Hydrogen kan også lagres i flytende form i kjøletanker.
- Husker dere at hydrogen blir flytende ved -253°C?**

For å bruke hydrogenet må det distribueres:

- Det kan en gjøre i rørledninger, men i Norge har vi ikke noe utbygd nettverk for distribusjon av hydrogen.
- Små mengder hydrogen distribueres mest kostnadseffektivt på lastebil.

For å gjøre hydrogen om til elektrisitet og varme må gassen brukes i en brenselcelle, forbrenningsmotor eller gasturbin. I kjøretøy brukes i dag brenselceller, da dette gir den beste energieffektiviteten. Med en brenselcelle kan man bruke hydrogen blant annet i:

- Kjøretøy.
- For å drifte bærbare apparater, for eksempel mobiltelefoner og datamaskiner.
- Som reservekraft til samfunnskritiske installasjoner.
- Som råvare innen industrien.

Visste du at vi i Norge har ca. 70 biler og 5 busser som kjører på hydrogen? (pr. august 2017)



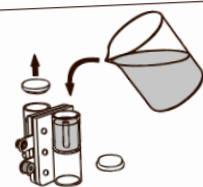
Lage hydrogen / kjøre hydrogenbil

Instruksjoner

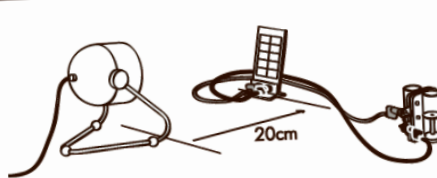
1. Plasser elektrolysen/brenselcellen med de hvite plastdekslene opp.
2. Ta av lokkene.
3. Fyll på destillert vann i beholdene til nivået når toppen av de små rørene på innsiden. (Bilde 1.)
4. Bank lett på elektrolysen/brenselcellen slik at vannet når inn til membranet og kollektorplatene, og luftbobler kommer ut.
5. Fyll på mer vann så det renner over gjennom de små rørene i beholderne.
6. Sett på plastlokkene igjen.
7. Snu elektrolysen/brenselcellen slik at plastlokkene vender ned.
8. Koble til håndgeneratoren til rødt og svart uttak på elektrolysen/brenselcellen. Rødt kobles til rødt og svart til svart.
9. Snurr på generatoren så lenge du orker. Prøv å få et godt grep. Jo raskere man snurrer desto mer strøm genereres.
10. Koble eventuelt til solpanelet. Rødt og svart kabel til rødt og svart uttak på solpanelet og på elektrolysen/brenselcellen.
11. Rett lampen mot solpanelet slik at avstanden er ca. 20 cm. (Bilde 2.)
12. Slå på lampen.
13. Når hydrogengassbeholderen er fylt med ca. 12 ml: Slukk lampen / stopp generatoren og koble av kablene fra elektrolysen/brenselcellen.
14. Sett fast elektrolysen/brenselcellen på bilen med det røde og svartteuttaket pekende mot bilens front, slik at den "klikker" på plass. Det er mulig du må lirke litt.
15. Plasser bilen på et bord med minimum størrelse 120 x 120 cm eller på gulvet med like stor fri plass. Eventuelt kan bilen kjøre rett fram hvis man har plass til det.
16. Vri forhjulene maksimalt til høyre.
17. Koble til rødt kabel i rødt uttak og svart kabel i svart uttak. (Bilde 3.) Elmotoren starter med en gang. La den kjøre.
18. Mål tiden og regne ut antall runder bilen kjører før den stanser.
19. Koble fra elektrolysen/brenselcellen. Løsne den fra bilen.
20. Snu den opp ned, ta av lokkene og tøm vannet tilbake i flasken. Det kan brukes flere ganger.

Utstyr

- Solcellepanel
- Håndgenerator
- 4 kabler
- En kombinert elektrolyser/brenselcelle
- Bil med elmotor
- Destillert vann (batterivann)
- Lampe med minimum 1200 lm
- Tørkepapir



Bilde 1. Påfylling av destillert vann.



Bilde 2. Avstand mellom lyskilde og solcellepanel.

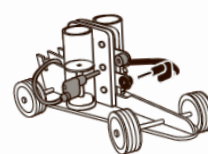


Bild 3. Tilkobling av brenselcellen til bilens motor.

Hvor mye vann går det med for å produsere 12 ml H_2 ?

KOMMENTARER TIL ØVINGSBLADET

Hva skjer når hydrogenet produseres og rekombineres?

Du får da oksygen (O_2) i en beholder og hydrogen (H_2) i en annen. Dessuten har du vann i begge beholderne som lager et trykk slik at hydrogenet og oksygenet mates inn i brenselcellen / elektrolysen.

Hva skjer når hydrogenet er brukt opp?

Når den elektriske kretsen sluttet starter reaksjonen. Elektrisitet og vann produseres. Bilen kjører og beholderne fylles igjen med vann.

Hvor mye vann går det med for å produsere 12 ml H_2 ?

Det går med svært lite vann for å produsere hydrogen. For deg som vil vise detaljer:

- Hydrogenets tetthet (densitet) er ca. $0,08988 \text{ g/dm}^3$
- $12 \text{ ml vann} \approx 12 \text{ gram}$
- $12 \text{ ml hydrogen} \approx 12 \cdot 0,08988 / 1000 = 0,0011 \text{ g hydrogen}$
- Vannmolekylet veier 18 hvorav hydrogen 2. Hydrogenandel $2/18 = 11 \%$ av vekten
- $0,0011 / 0,11 = 0,0099 \text{ ml vann}$ går med i elektrolyseprosessen hvilket tilsvarer $0,8 \%$ av vannet i beholderen

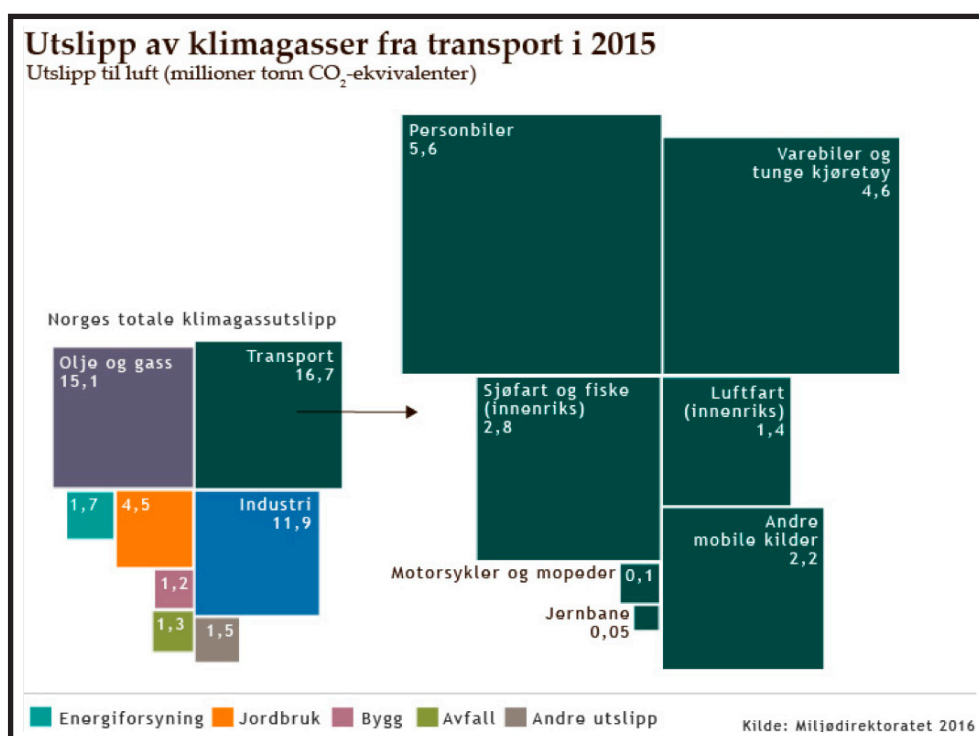
NASJONALE KLIMAMÅL

Norge har vedtatt at vi skal knytte oss til EUs klimamål om å redusere skadelige utslipp med minst 40 % innen 2030, sammenliknet med 1990-nivået. Det er viktig å gjøre tiltak innen transportsektoren for å nå målet, da transport står for den største utslipp andelen av klimagasser. Se bilde nedenfor.



"Regjeringen gjentar de svært ambisiøse mål for nullutslippskjøretøy fra Nasjonal transportplan og vil blant annet at alle nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy fra 2025" (www.regjeringen.no)

"Transportsektoren står for hoveddelen av de ikke-kvotepliktige utslippene. For å støtte opp under arbeidet med utslippsreduksjoner i transportsektoren setter regjeringen et arbeidsmål for utslippsreduksjoner i transportsektorene på 35-40 prosent i 2030 sammenliknet med 2005." (www.regjeringen.no)



Kilder

- www.hydrogen.no (Norsk hydrogenforum)
- www.vatgas.se (Vätgas Sverige)
- www.energikunskap.se (Energimyndigheten)
- <http://www.vattenfall.se/sv/sa-produceras-el---branslecell.htm> (Vattenfall)
- Vätgas och bränsleceller, Dougald Macfie, 2002, Statens väg- och transportforskningsinstitut
- Aga Gas
- Sveriges handlingsprogram för infrastrukturen för alternativa drivmedel i enlighet med direktiv 2014/94/EU
- Vätgasinfrastruktur för transporter (2014), C. Wallmark m.fl. Sweco.

