

Energilager	ORKA	Gennemgang af energilagertechnologier
-------------	------	---------------------------------------

## Indledning

Produktion af elektricitet på Færøerne har i mange årtier bygget på vandkraft og oliemotorer. Dette har ændret sig de sidste årene idet vindkraft er blevet en betydelig del af produktionen. Ønsket om at reducere udslip af drivhusgasser og blive uafhængig af importeret olie medfører, at produktion fra olie skal udfases helt og erstattes af vedvarende energikilder. I første omgang forventes vindkraft at blive udbygget langt mere end den er i dag og om nogle år forventes solenergi også at være kommet i spil. Disse nye energikilder er varierende, for ikke at sige fluktuerende, og kan ikke styres på samme måde som vandkraft og produktion fra olie. Dette medfører, at det konventionelle el system, hvor produktion løbende tilpasses forbrug, nødvendigvis må ændres således at man kan gøre brug af den el produktion som løbende er tilgængelig. Dette kan delvis gøres ved at tilpasse forbrug til produktion, men dette er langt fra nok til at kunne udnytte al el fra vedvarende energikilder. Det bliver nødvendigt at kunne lægge energien på lager når produktion er større end forbrug for derefter at kunne bruge fra lageret når produktion fra de tilgængelige energikilder er for lille i forhold til forbrug.

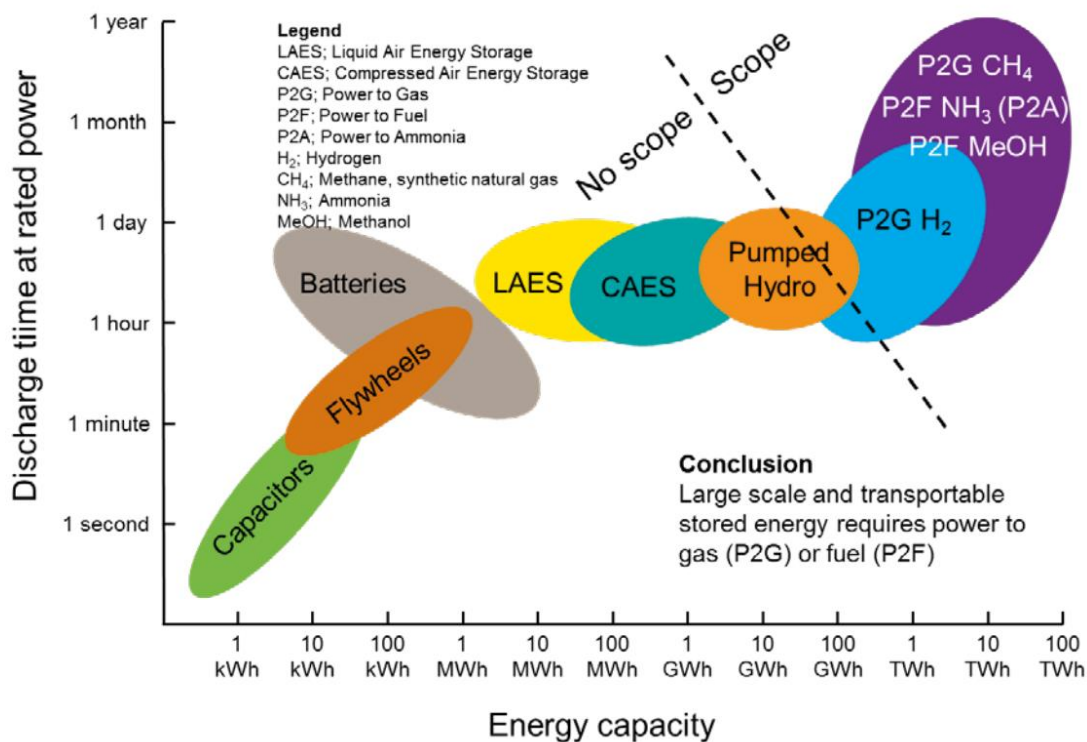
Dette scenarie er ikke kun gældende på Færøerne, men også de fleste andre steder ude i verden.

Derfor er der i stor stil gang i forskning og udvikling af en lang række systemer, som kan lagre energi i forskellige former. Energilagere har forskellige egenskaber alt efter lagringsteknik og brug.

Væsentlige parametre er hvor megen energi der kan lagres, hvor hurtigt den kan flyttes ind og ud af lageret og hvor megen energi mistes undervejs, dvs. effektivitet.

Energilagere vælges ud fra sine egenskaber alt efter om de f.eks. skal bruges som sæsonlagre og gemme energi fra sommer til vinter eller om de skal være hurtig regulerende for at undgå udsving af frekvens og spænding i et el system.

I det følgende gennemgås nogle af de systemer som er i drift eller under udvikling og forventes at gøre en forskel på kort sigt. Der lægges vægt på store energilagere som kan gemme energien over længere tid.



Figur 1. Energilagere (<http://www.ispt.eu/media/ISPT-P2A-Final-Report.pdf>)

## **Pumped storage**

At gemme energi ved at pumpe vand op i højt liggende reservoir har været brugt i mere end 100 år. Allerede i 1890'erne var pumped storage anlæg taget i brug i Italien og Sveits. Pumped storage findes i flere varianter. En mulighed er at pumpe vand fra en vandrig å op i et højere liggende reservoir, hvor vandet kan gemmes for senere at kunne bruges til el produktion via en vandturbine. En anden variant er hvor to naturlige eller menneskeskabte reservoirs i forskellige højder forbindes med vandveje med indbyggede pumper og turbiner. Er der overskud af el pumpes vandet op i det højere reservoir hvor det kan gemmes. Når der er underskud produceres el ved at lede vandet ned igen igennem turbinen. Et tredje eksempel er kendt fra øen Okinawa i Japan, hvor man i 1999 byggede et 30MW/180MWh pumped storage hvor saltvand blev pumpet 150m op fra havet til et dertil konstrueret reservoir på 564.000 m<sup>3</sup>. Anlægget var ikke rentabelt og blev afmonteret i juli 2016.

Pumped storage er gennem det forrige århundrede hovedsagelig blevet brugt i store systemer hvor kernekraftværker og andre 'træge' store værker ikke har kunnet tilpasse sin produktion til varierende forbrug, f.eks. dag og nat variation. Vand er oftest pumpet op om natten når det øvrige forbrug har været lavt for siden at producere energi om dagen når forbruget er langt større. Fremover forventes pumped storage at blive mere brugt i systemer hvor der til tider er overskud af vedvarende energi således at den fluktuerende energi bedre kan udnyttes ved at gemme den i højtliggende vandreservoir, som kan producere når der er mangel på energi.

Udfordringer for pumped storage anlæg er kravet om den særlige topografi med vandreservoir i forskellige højder og de forholdsvis store indgreb i naturområder og derved lange forberedelser med undersøgelser og tilladelser som ofte foregår over 10-15 år. Dernæst kommer en forholdsvis stor anlægsomkostning. Til gængæld kan store mængder energi gemmes i pumped storage og levetiden er lang, måske 50-100 år med rimelig vedligeholdelse. Systemet kan bruges om og om igen uden at miste effektivitet. Roundtrip effektivitet er omkring 70% og i bedste fald 85%.

De første pumped storage anlæg kørte med konstant hastighed og power. Senere er variabel hastighed systemer kommet til, som kan styres mere præcist. I den nye driftsform, hvor pumped storage bruges i forbindelse med vedvarende energikilder bliver der mange start/stop cyklusser og man har set eksempler på metaltræthed i dele af udstyret.

Pumped storage tegner sig i dag for mere end 95% af verdens energi lagerkapacitet og bruges som benchmark for andre lagerformer. Nye pumped storage anlæg forberedes fremdeles i mange lande. I Australien har man således kortlagt 22.000 steder hvor pumped storage kan installeres.

## **Jernbanelager**

En andet system, som minder om pumped storage, har været testet i Nevada i USA. Her bruges en jernbaneskinne med vogne, der flytter sten eller andet tungt materiale, fra et lavere liggende lager op til et højere liggende lager. Energi, som bruges til at løfte materialet op kan genvindes når materialet køres nedad. Efter at have testet et mindre anlæg, har firmaet ARES i 2016 fået tilladelse at bygge et 50MW/12,5MWh system med denne teknologi hvor der skal bruges en 9km bane med 640m højdeforskel. Anlægget forventes at koste 55mill\$ og have 85% effektivitet

(<https://www.aresnorthamerica.com/>).

## **Trykluft (CAES) og flydende luft (LAES, CES)**

Luft under tryk, som med kompressor er fyldt på tryktanke for lagring, er et velkendt drivmiddel for værktøj og i andre sammenhænge. Trykluft energilager kan også bruges i større skala. I Huntorf i Tyskland byggede man i 1978, verdens første større trykluft energilager. Det kan yde 290 MW i op til 3 timer sammen med en gasturbine. Lageret er en saltmine på 310.000 m<sup>3</sup> på 650-800m dybde under jord og opererer med tryk op til 72 bar. [http://www.solarplan.org/Research/BBC\\_Huntorf\\_engl.pdf](http://www.solarplan.org/Research/BBC_Huntorf_engl.pdf)

I 1991 byggedes et lignende 110 MW anlæg i McIntosh, Alabama.

Et af problemerne med trykluft som energilager er, at en stor del af energien bliver til varme, når luften komprimeres.

I Sveits har man gennem de seneste år udviklet et trykluftlager i en nedlagt tunnel hvor man udnytter varmen der opstår. Dette skal hæve effektiviteten på tryklageret fra 40% til 70%. Man regner med at kunne gemme energi svarende til 500 MWh i et hulrum på 110.000 m<sup>3</sup>.

<http://www.airlightenergy.com/advanced-adiabatic-compressed-air-energy-storage/>

De nævnte lagre er bygget i eksisterende hulrum. Der findes et væld af forslag om hvordan trykluft lagre kan udføres, f.eks, som tryktanke, borede tunneller eller undervands luftballoner, men det er vanskeligt at få det rentabelt når der skal investeres i et nyt trykfast hulrum.

En anden måde at bruge luft som energilager, er at bruge elektricitet til at køle luft ned til den bliver flydende ved  $-196^{\circ}\text{C}$ , også kaldet Liquid Air Energy Storage (LAES) eller Cryogenic Energy Storage (CES). Når man har brug for energi, opvarmes luften og bringes tilbage i gasform hvorved den udvides 700 gange og kan drive en turbine.

I UK har Highview Power i en årrække udviklet energilager med nedkølet flydende luft. De har demonstreret teknikken i et 350kW/2,5MWh lager. Med £8M i støtte åbnede de i april 2018 et 5MW/15MWh energilager. Man regner med en effektivitet omkring 60%. <http://www.highview-power.com/>

## Batterier

Batterier eller akkumulatører har mange år på bagen. Blyakkumulatøren, som er bedst kendt som startbatteri i biler, er stadigvæk aktuel, men der er kommet et væld af nye teknikker til, som f.eks Nikkel-Cadmium (NiCd), Nikkel-Metalhydrid (NiMH) og Lithium-Ion (Li-ion).

<https://www.batteriby.dk/batterityper-og-teknologier>

Anvendelse af Li-ion er steget kraftig de seneste år, da det har stor energitæthed og lav selvafladning. Li-ion anvendes nu ikke kun i mobiltelefoner, pc og lignende, men også i mobile køretøjer. Man er også begyndt at sætte Li-ion celler sammen til større enheder. I januar 2017 blev et 20MW/80MWh Tesla Li-ion batteri, til en estimeret pris på 625 mill kr (\$100m), taget i brug i syd California for at imødekomme spidser i elforbruget. I juli 2017 vandt Tesla et udbud om et 100MW/129MWh energilager til el-nettet i Australia til en pris af 311 mio kr. [https://www.energy-supply.dk/article/view/569365/tesla\\_tester\\_100\\_mw\\_batteri](https://www.energy-supply.dk/article/view/569365/tesla_tester_100_mw_batteri)

Foruden Li-ion bruges også andre teknikker i stor-skala batterier til at udjævne el-produktion fra fluktuerende vedvarende energikilder og at stabilisere el-nettet. I Japan er Natrium-svovl (NaS) batterier installeret omkring 200 steder, mest for at håndtere spidsbelastning i el-nettet. Også flow-batterier er i brug og under udvikling. F.eks. har Innovationsfonden givet 18 mill kr i støtte til et samarbejde mellem DTU Energi, Vestas, VisBlue, Aarhus Universitet, Lithium Balance og Harvard University til i perioden 2018-2021 at udvikle et Organic Redox Flow Battery Systems (ORBATS) som kan blive profitabelt for vindindustrien.

<https://ing.dk/artikel/forskere-vil-optimere-flowbatterier-energilagring-stor-skala-209043>

Fælles for batteriløsninger er dog, at selv om de kan komme op i effektstørrelse i 100MW klassen, kan de ikke konkurrere på lang tids lagring og levering af større mængder energi.

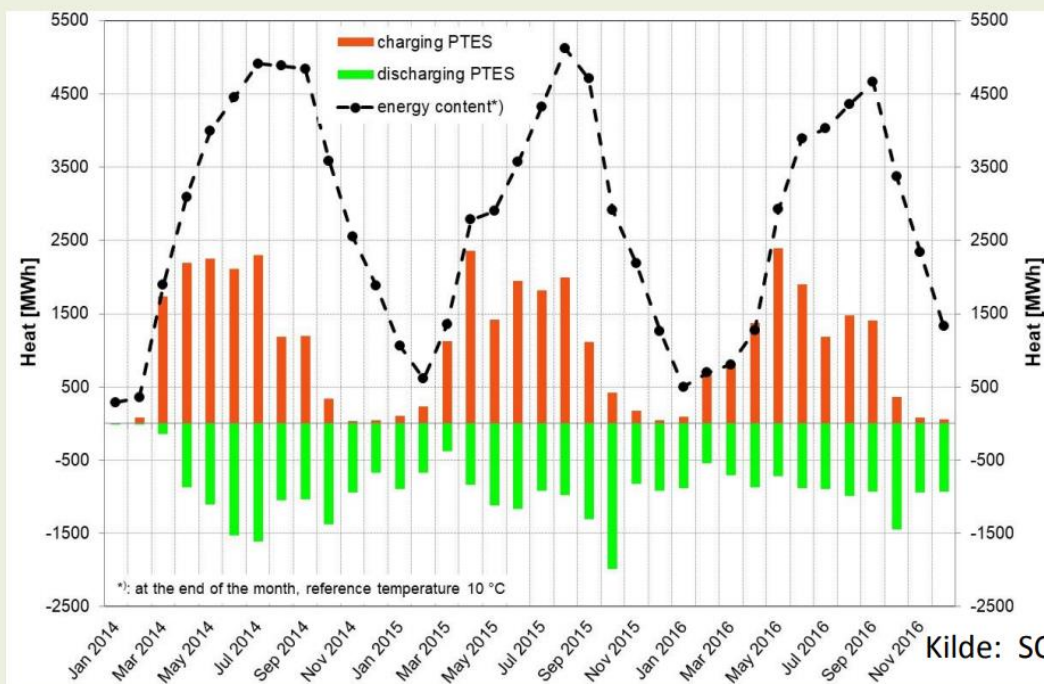
## Varmelager

Foruden at gemme energi som mekanisk-, kemisk- eller elektrisk energi, kan energi også gemmes som varme. Vand har høj varmekapacitet og er derfor velegnet som medie til at gemme varme. Dette udnyttes i mange sammenhænge, f.eks. i en varmedunk. I Danmark er store damvarmelagre taget i brug hovedsagelig i forbindelse med solfangere i fjernvarme systemer, f.eks. i Marstal 75.000 m<sup>3</sup> i 2012, Dronninglund 60.000 m<sup>3</sup> i 2013 og Vojens 203.000m<sup>3</sup> i 2015. Her opvarmes vandet om sommeren og kan så bruges i fjernvarmen henover vinteren, se figur 2 nedenfor.

Varme kan omdannes til el med forskellige teknikker, men her gælder, at andelen af omdannet energi er afhængig af hvor høj temperaturen i lageret er, se figur 3 nedenfor.

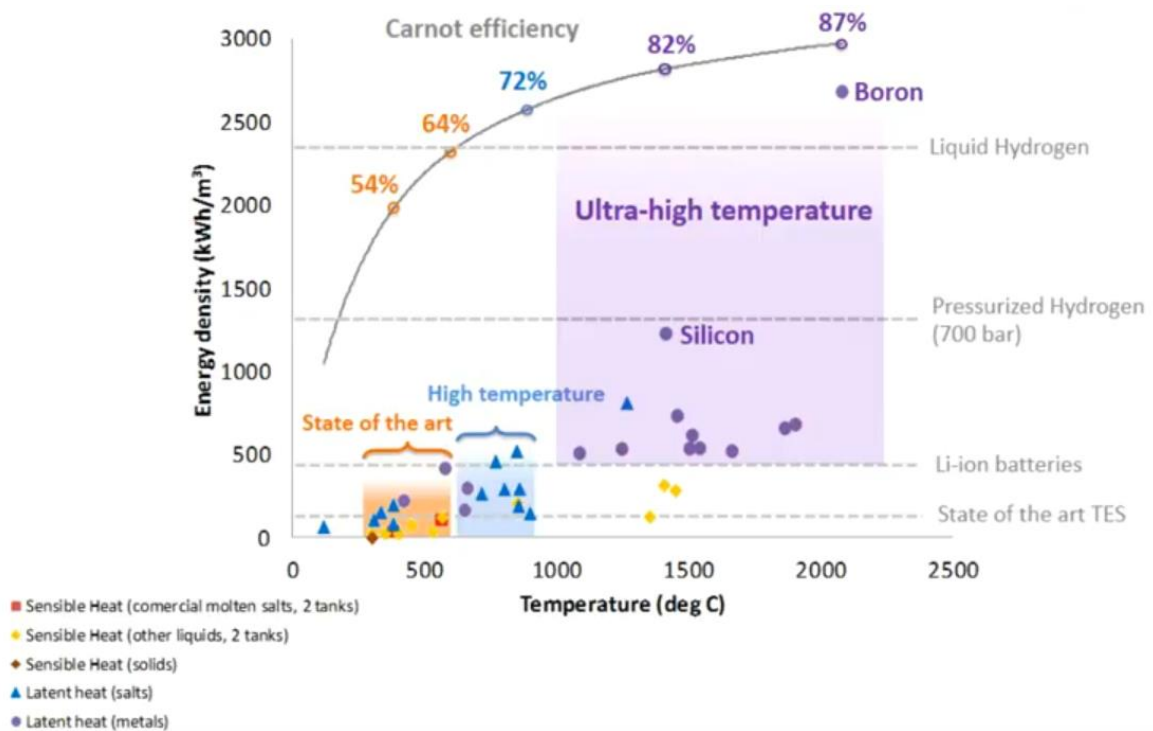
Hvis vand holdes under tryk, kan temperaturen øges uden at vandet koger. AalborgCSP, Danmark og Nest, Norge har et samarbejde hvor kendt dampkedel teknologi sættes sammen med et varmelager af beton med indbyggede rør. Energi lagres ved at beton opvarmes og energi kan bruges fra en dampkedel i toppen af lageret som forsyner en konventionel dampturbine. Her regnes med 311°C/100bar i kedlen og 200°C/15bar i turbinen. Der regnes med at 20-25% af energien kan tages ud som el. Vands lave kogepunkt (100°C/1bar, 311°C/100bar) er således en begrænsning, når man vil have så meget el som muligt ud af energilageret. Derfor bruges også andre stoffer, som kan opvarmes til flere hundrede graders varme, som medie i varmelagre.

# Målte energiflow i Dronninglund



Kilde: SOLITES

Figur 2. Energiflow i Dronninglund varmelager <https://www.teknologisk.dk/ydelser/avanceret-energilagring-2017/37884>



Figur 3. Energitæthed og effektivitet i forhold til lagertemperatur.

Henrik Stiesdal, tidligere teknologichef hos Siemens Wind Power, beskrev i en række indlæg på [ing.dk](http://ing.dk) 2014-2016 hvordan en sand/grus bunker kunne bruges som varmelager på 600°C.

<https://ing.dk/artikel/siemens-vil-lagre-stroem-i-kaempe-sandbunker-172557>

Siemens Gamesa er nu i gang med at bygge et 2.000m<sup>3</sup>, 30MWh stort stenlager tæt ved Hamburg for at afprøve idéen. <https://cleantechnica.com/2017/12/01/siemens-gamesa-starts-construction-heat-rock-fill-storage-wind-energy/>

I 2016 bevilgede EUDP 6 mio DKK til et lignende forsøg forestået af SEAS-NVE STRØMMEN A/S

[https://energiforskning.dk/en/projects/detail?keyword=HT-TE&op=Search&program=All&teknologi=All&field\\_bevillingsaar\\_value=&start=&slut=&field\\_status\\_value=All&page=0](https://energiforskning.dk/en/projects/detail?keyword=HT-TE&op=Search&program=All&teknologi=All&field_bevillingsaar_value=&start=&slut=&field_status_value=All&page=0)

En anden form for varmelager er Pumped Thermal Energy Storage (PTES). Her tilføres energi som øger temperaturforskellen i to adskilte lagre, dvs. varme 'pumpes' fra en beholder (som køles) til en anden (som varmes) med samme princip som en varmepumpe hvor også en COP>1 kan opnås.

Isentropic Ltd, UK <http://www.isentropic.co.uk/> har udviklet og testet flere prototyper hvor argon bruges i en 150kW varmepumpe til at flytte energi fra et -160°C koldt stenlager til et 500°C varmt stenlager. Fra august 2016 er dette projekt lagt i et national samarbejde og fået bevilget £15M.

Google har også meldt sig ind i udvikling af energilager og vil udvikle et PTES (med navnet Malta) hvor flydende salt og frostvæske bruges som lagermedie.

<https://ing.dk/blog/saadan-fungerer-googles-energilager-202953>

Flydende salt bliver også brugt som lagermedie i forbindelse med solanlæg, f.eks i såkaldte Concentrated solar power (CSP) anlæg i Spanien. Her bliver energien gemt i temperaturforskellen imellem lagre på henholdsvis 290°C og 565°C.

Salt kan også bruges i anden forbindelse som energilager. Denne teknik går ud på at energi lagres ved at tilføre varme således at vand bundet i salt fordamper og gemmes i en tank. Når der er brug for varme føres vand til saltet hvorved en reaktion afgiver varme <http://saltxtechnology.com/>. I Tyskland har man fundet ud af at Zeolit kugler er meget effektive energilagre når de afgiver/optager vanddamp.

<https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2012/june/compact-and-flexible-thermal-storage.html>

Foruden at gemme energi ved at øge temperaturen i et stof kan energi også gemmes ved at et stof skifter fase, f.eks. fra fast stof til flydende, såkaldte Phase change material (PCM).

Teknologisk Institut har forestået et projekt hvor energi gemmes i fase skift af aluminium. Aluminium smelter ved 660°C og faseændring kræver 398 J/g = 0,111 kWh/kg. Til sammenligning skal aluminium opvarmes 440°C for at gemme samme energi.

Et australsk firma, 1414Degrees (før Latent Heat Storage) har over en del år udviklet et højtemperatur energilager hvor smeltevarmen (1414°C) i silicium (sten) udnyttes, <http://1414degrees.com.au/>. 1414 har ved udgangen af november 2017 fået tildelt støtte på 7,6 mill DKK til at bygge et 0,25MW/10MWh varmelager.

Med støtte fra EU H2020 er et europæisk samarbejde, kaldet AMADEUS, i gang med at udvikle et varmelager som nærmer sig 2000°C og lagrer 1MWh/m<sup>3</sup> [www.amadeus-project.eu](http://www.amadeus-project.eu)

## Hydrogen

Hydrogen (også kaldet brint) er et grundstof, som kan produceres når der er overskud af el, f.eks. fra vindmøller der producerer mere el end der er brug for i el-nettet. Hydrogen kan gemmes i tanke og derefter bruges til el-produktion eller anden form for energi, når det efterspørges. Teknologien til både produktion og brug af hydrogen er gammel og er fortrinsvis udviklet i forbindelse med stormagternes rumrejser. Man har haft store forventninger til hydrogen som energiløsning i et fremtidigt samfund, men dette har ladet vente på sig. Årsagen er, at hydrogenteknologi er kompliceret og dyr, og produktion, lager og brug af hydrogen er ineffektiv. Derfor har andre energiløsninger hidtil været at foretrække. Med voksende produktion fra vind og sol er hydrogen igen blevet aktuelt som lagermedie. Hydrogen kan produceres ved at el bruges til at spalte vand i hydrogen (brint) og oxygen (ilt), den såkaldte elektrolyse. Her er effektivitet ca. 70%. El kan produceres ved at hydrogen og oxygen forbruges i en brændselscelle. Her er effektiviteten omkring 50%. 'Round trip' effektiviteten er således kun ca. 35%. Hydrogen kan også bruges i forbrændingsmotorer på samme måde som benzin og diesel, men her er effektiviteten endnu lavere end i moderne brændselsceller.

Der findes efterhånden flere varianter af elektrolyse metoder: Solid Oxide Electrolytic Cell (SOEC), Low Temperature Solid State Ammonia Synthesis (LT SSAS), Battolyser, Proton Exchange Membrane (PEM) og High Temperature SSAS (HT SSAS). De mange elektrolyse metoder forfines fremdeles og effektiviteten forventes at nærme sig 80% inden for en årrække. Der er også kommet mere fokus på at udnytte spildvarmen og hermed siges effektiviteten at komme op på 95%.

<https://www.h-tec-systems.com/en/products/electrolysers/h-tec-series-me/>

Foruden lav effektivitet både i produktion og forbrug af hydrogen er lagring af hydrogen også en stor udfordring. Under normale forhold er hydrogen en luftart og for at gemme større mængder energi i et begrænset volumen skal hydrogen komprimeres og helst også køles for at komme på flydende form. Dette er energikrævende og derved mindsker effektivitet endnu mere, når hydrogen bruges om energilager. Der bruges ca. 10% af energien i den producerede hydrogen for at få den under tryk på 700 bar og ca. 30% for at få det på flydende form.

<https://www.hydrogeneurope.eu/index.php/hydrogen-storage>

Der forskes også i alternative måder at lagre brint f.eks. hvor det indgår i kemiske bindinger

<http://www.groentflag.dk/media/928342/brintpillersomenergilager.pdf>

Hydrogen teknologi har stor interesse og udviklingsmidler bruges i stor stil over hele verden til at forbedre og øge effektiviteten. Flere nye projekter er i gang hvor hydrogen produceres med overskuds vindenergi og gemmes ved at det føres ind i eksisterende naturgasnet. Eksempler på dette er E.ON installation i Falkenhagen og energipark Mainz i Tyskland.

<https://www.greentechmedia.com/articles/read/Wind-Power-Makes-Hydrogen-for-German-Gas-Grid>

<http://www.power-technology.com/news/newssiemens-launches-new-electrolysis-facility-in-mainz-germany-to-generate-hydrogen-from-wind-power-4615126>

På grund af værende rørsystem i gasnettet kan iblanding af hydrogen dog højst være 10%. I Leeds i UK har man planer om at konvertere gas installationer til at tåle ren hydrogen.

<https://cosmosmagazine.com/technology/the-future-of-hydrogen-fuel>

Flere bil producenter har personbiler som kører på hydrogen, f.eks. Hyundai, Toyota, Honda, Mercedes og BMW. Disse biler har dog været dyre og muligheder for påfyldning har været begrænset. For tiden ser det ud til at batteriteknologi vinder kapløbet på dette område. Hydrogen bliver dog nævnt som løsning til lange distancer og tung færdsel med f.eks. lastbiler, busser og tog.

<https://universe.ida.dk/artikel/brint-har-en-vigtig-plads-i-fremtidens-energisystem-36732/>

I Hobro i Nordjylland startede man i 2016 et storstilet projekt 'HyBalance' hvor hydrogen skal produceres af billig vindmøllestrøm og samtidig hjælpe til at balancere el-nettet. Hydrogenen skal siden bruges i transport og industrisektoren.

<https://universe.ida.dk/artikel/billig-vindmoellestroem-skal-omdannes-til-brint-og-bruges-i-transportsektoren-47224/>

I Japan har man planer om at transport i forbindelse med de olympiske lege i 2020 overvejende skal baseres på hydrogen.

<http://hydrogenvalley.dk/the-2020-olympics-will-be-powered-by-hydrogen/>

I Dubai, UAE, blev den første hydrogen fyldningsstation åbnet i oktober 2017.

På Island har man i juni 2018 åbnet to hydrogen fyldningsstationer og samtidig er 15 hydrogen biler kommet til landet. El-producenten Orka náttúrunar skal producere hydrogen med en 2MW Areva H2 elektrolyser som giver 850 kg H2/dag. En kompressor 400Nm3/h skal fylde en 40 fod container med 1000kg H2 som svarer til 19MWh ved 500bar. Investering er: elektrolyser 2.890.000€, kompressor i container 1.980.000€ og lager 760.000€.

Hydrogen fyldningsstationer er tilgængelige med rimelige afstande i de nordiske lande, Tyskland og Frankrig. I juni 2018 annoncerede miljøministeriet i Frankrig at der fra 2019 afsættes €100M til at fremme en ny hydrogen strategi "plan Hydrogène" i landet.

<https://www.electrive.com/2018/06/04/france-to-utilise-hydrogen-across-all-sectors/>

I Danmark har Innovationsfonden, EUDP og EU i 2017 bevilget støtte på nærmere 100 mio DKK til dansk deltagelse i brint og brændselcelle udvikling

[https://www.energiforskning.dk/da/projects/detail?program=All&teknologi=64&field\\_bevillingsaar\\_v](https://www.energiforskning.dk/da/projects/detail?program=All&teknologi=64&field_bevillingsaar_value=&start=2018&slut=&field_status_value=All&keyword)  
[alue=&start=2018&slut=&field\\_status\\_value=All&keyword](https://www.energiforskning.dk/da/projects/detail?program=All&teknologi=64&field_bevillingsaar_value=&start=2018&slut=&field_status_value=All&keyword)

Hydrogen kan også blive interessant i forbindelse med bæredygtig skibsfart. Det norske rederi Viking Cruises har planlagt et krydstogtskip til 900 passagerer som skal bruge hydrogen som brændstof.

<http://www.biopress.dk/PDF/norsk-rederi-pa-vej-med-verdens-forste-brintdrevne-krydstogtskib>

Muligheden for at hydrogen kan blive en løsning inden for skibsfart bør have stor interesse på Færøerne, idet næsten halvdelen af importeret olie bruges til skibsfart og fiskeri. En anden mulighed som kan øge interessen for hydrogen på Færøerne er den store mængde oxygen, som bruges i fiskeopdræt. Her vil det være en fordel hvis både hydrogen og oxygen efterspørges i forbindelse med elektrolyse ved hjælp af overskuds vindenergi. Det skal dog nævnes, at nuværende produktion af oxygen på opdræt stationerne er mere energieffektiv end elektrolyse når man kun ser på oxygen. Nuværende produktion af hydrogen på verdensbasis baseres næsten udelukkende (>95%) på naturgas, idet det er den billigste produktions metode. Hydrogen fra elektrolyse er langt dyrere. Derfor er det største problem med hensyn til udbredelse af hydrogen teknologi og større forbrug af hydrogen at det i første omgang ikke frembringer grønne energiløsninger men derimod øger brug af fossile brændstoffer og dermed øger udledning af CO<sub>2</sub>. Med voksende produktion fra vedvarende energikilder og forbedring af hydrogen teknikken, kan man forvente at hydrogen i længden kan komme at spille en stor rolle i at begrænse udledning af CO<sub>2</sub>. På længere sigt kan hydrogen også indgå i fremstilling af syntetisk gas og olie som erstatning for de fossile brændstoffer som bruges i dag.

<http://www.ispt.eu/media/ISPT-P2A-Final-Report.pdf>

[http://www.renewableenergyworld.com/articles/2017/10/power-to-gas-for-renewables-integration-is-on-the-rise.html?cmpid=enl\\_rew\\_solar\\_energy\\_news\\_2017-10-17&email\\_address=km@jf.fo&eid=294523618&bid=1896411](http://www.renewableenergyworld.com/articles/2017/10/power-to-gas-for-renewables-integration-is-on-the-rise.html?cmpid=enl_rew_solar_energy_news_2017-10-17&email_address=km@jf.fo&eid=294523618&bid=1896411)

### **Andre kilder med oversigt over energilager**

EASE, Brussels juli 2017. Thermal Storage Position Paper

[http://ease-storage.eu/wp-content/uploads/2017/07/2017.07.10\\_EASE-Thermal-Storage-Position-Paper\\_for-distribution.pdf](http://ease-storage.eu/wp-content/uploads/2017/07/2017.07.10_EASE-Thermal-Storage-Position-Paper_for-distribution.pdf)

ICEF november 2017, Energy Storage Roadmap

[https://www.icef-forum.org/pdf2018/roadmap/Energy\\_Storage\\_Roadmap\\_ICEF2017.pdf](https://www.icef-forum.org/pdf2018/roadmap/Energy_Storage_Roadmap_ICEF2017.pdf)

Sandbag marts 2017, Energy storage & battery technology

<https://sandbag.org.uk/wp-content/uploads/2017/03/NIC-March-2017-response-Energy-storage-technology-1.pdf>

Steel 2017 Energy Storage Market Outlook 2017: State of Play

<http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-20/issue-1/features/storage/energy-storage-market-outlook-2017-state-of-play.html>

Aneke and Wang 2016 Energy storage technologies and real life applications

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916308728>

Sensible 2016 Overview of storage technologies

<https://www.projectsensible.eu/documents/overview-of-storage-technologies.pdf>

World Energy Council 2016, E-Storage

[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources\\_E-storage\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_E-storage_2016.pdf)

Luo et al 2015 Overview of current development in electrical energy storage technologies

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914010290>

A Survey on Energy Storage Technologies in Power Systems 2013?

<http://www.ryerson.ca/content/dam/cue/pdfs/White%20Paper%20%E2%80%93%20Energy%20Storage.pdf>

IEC 2011, Electrical Energy Storage, White paper

<http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-energystorage-LR-en.pdf>