

Energikonvertering, lagring og balancering

Stort potentiale i brint og brændselsceller

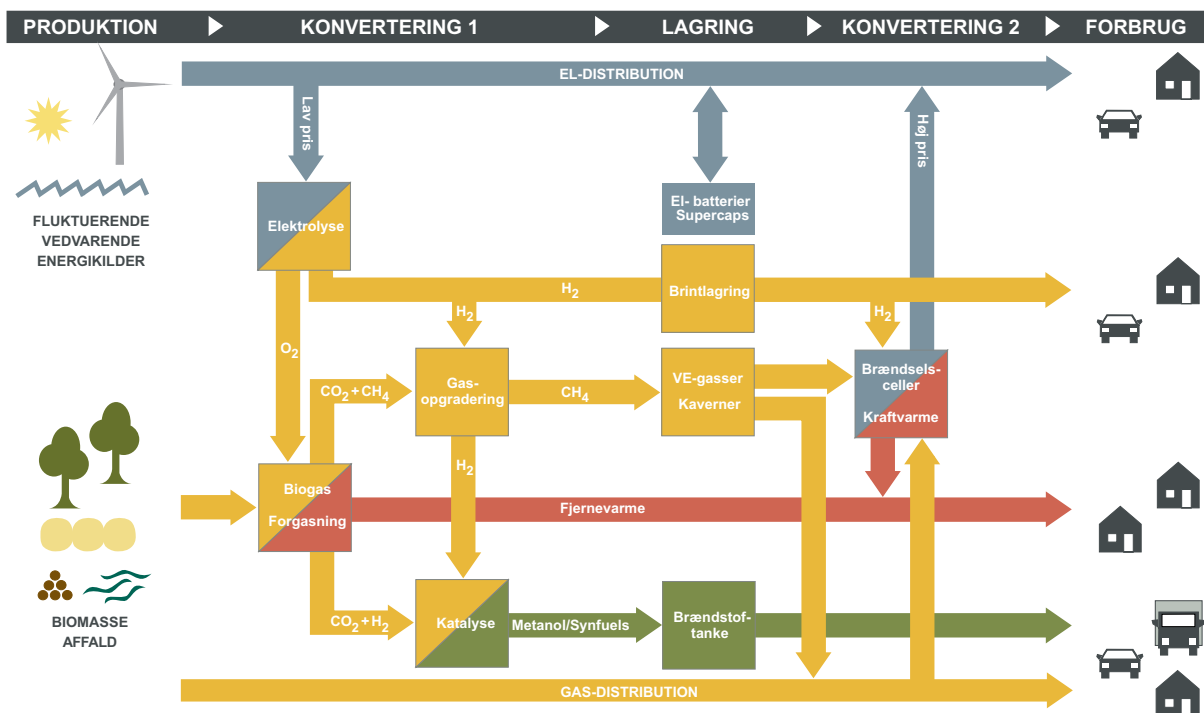


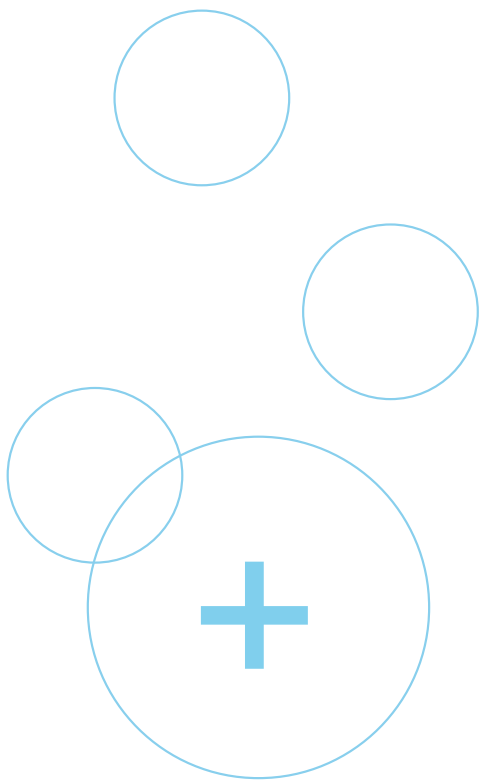
PARTNERSKABET FOR BRINT OG BRÆNDELSCELLER

Energi- værdikæden

FORKLARING

Figur 1 præsenterer brint og brændselscellers rolle i et fremtidigt energisystem. Samspillet mellem el, gas og varme i energiværdikæden fra produktion til forbrug fremgår ligeledes. Figuren er uddybende forklaret overfor. Der er en yderligere uddybning på siderne 10-17 af de led i værdikæden, hvor elektrolyse, brint og brændselsceller spiller en særlig vigtig rolle.





PRODUKTION

I produktionstrinnet introduceres fluktuerende vedvarende energi i elnettet fra vind, sol og bølger. Ligeledes introduceres biomasse i systemet: den gule og grønne fra land- og skovbrug, den blå fra havet og den affaldsbaserede.

KONVERTERING 1

I dette trin omdannes fluktuerende vind, sol og bølgekraft via elektrolyse til ilt og lagringsdygtig brint. Biomasse forgasses til biogas, som vha. brint kan opgraderes til enten VE-gas af naturgaskvalitet eller grønne syntetiske brændstoffer.

LAGRING OG INFRASTRUKTUR

Den producerede brint og VE-gasser kan lagres i det eksisterende naturgasnet, i kaverner og i tanke. De grønne syntetiske brændstoffer kan lagres som de fossile brændstoffer, vi kender i dag. Gasserne og brændstofferne kan i modsætning til el lagres i længere tid og skal ikke anvendes med det samme. Energi kan også lagres i større mængder som varme eller i små mængder i batterier (f.eks. i elbiler).

KONVERTERING 2

I dette konverteringstrin konverteres brint og VE-gasser til elektricitet via brændselsceller. Konverteringstab i form af varme kan anvendes i fjernvarmenettet.

FORBRUG

Brint, andre VE-gasser, såsom biogas af naturgaskvalitet, og grønne syntetiske brændstoffer kan igennem motorer og brændselsceller levere miljørigtige mobile og stationære energiløsninger. Mobile energiløsninger indbefatter "on road" såvel som "off road" anvendelser. Stationære anvendelser inkluderer centrale og decentrale kraftværker, husstandsbaseeret mikrokraftvarme, nødstrømsanlæg samt en række af øvrige anvendelser på nært forestående markeder.



Indhold

- 1 Forord
- 2 Resume og anbefalinger
- 4 Indledning
- 6 Mål og midler
- 8 Fossil uafhængighed
- 9 Sådan kan elnettet balanceres
 - Op- og nedregulering (smart grid)*
 - Lagring*
 - Energiværdikæden*
- 10 Brintteknologier
 - Elektrolyse og brintproduktion*
 - Lagring og infrastruktur*
 - Stationære brændselscelleanlæg til konvertering til el og varme*
 - Forbrugs- og anvendelsesområder*
- 18 Potentiale for eksport og arbejdspladser
- 20 Ressourcebehov og finansiering
- 21 Fremtidig organisering

Forord

Dette dokument er den nationale strategi for brintteknologisk forskning, udvikling og demonstration. Arbejdet med udformning af en ny strategi blev iværksat i begyndelsen af 2012 af Partnerskabet for brint og brændselsceller. Den nye nationale strategi supplerer Partnerskabets tidligere nationale strategi, ”Brintteknologier – strategi for forskning, udvikling og demonstration i Danmark” fra juni 2005. Den tidligere strategi beskriver udfordringerne og omkostningerne ved den teknologiske udvikling inden for brint- og brændselscelleområdet frem til 2016 – og er gældende frem til 2016.

Partnerskabets strategi anno 2012 beskriver de energiteknologiske udfordringer i forbindelse med brintteknologisk udvikling frem til 2016 – og i en årrække derefter. Strategien giver en opdateret status for brint- og brændselscelleområdet, beskriver områdets fremtidige potentialer, og konkretiserer dets fremtidige behov for teknologisk udvikling.

Strategiens hovedfokus er at skrive sig ind i forhold til de energipolitiske målsætninger med fokus på, hvordan elektrolyse, brint og brændselsceller kan bidrage til at indfri Danmarks fremtidige energipolitiske målsætninger. I strategien skal der ved ”brintteknologier” samlet set forstås: Elektrolyse og brændselsceller som konverteringsteknologier, og brint og brinholdige brændstoffer, såsom metanol, som energibærere.

Strategien er udarbejdet af en arbejdsgruppe bestående af Per Balslev – Dantherm Power A/S, Mikael Sloth – H2 Logic A/S, Laila Grahl Madsen – IRD A/S, Hans Aage Hjuler – Danish Power Systems Ltd., Kristina Fløche Juelsgaard – SEAS-NVE a.m.b.a., Jan K. Jensen – DGC, Søren Linderoth – DTU Energikonvertering samt Partnerskabets sekretariat.

Energistyrelsen/EUDP, Energinet.dk og Styrelsen for Forskning og Innovation deltager i Partnerskabet som observatører og står kun bag strategiens anbefalinger til teknologiudviklingen – og ikke strategiens anbefalinger til det politiske system.

På vegne af Partnerskabet takkes alle, der har medvirket i processen med udformning af denne nye danske strategi for brintteknologisk udvikling.

København, december 2012



Per Balslev

Bestyrelsesformand



Aksel Mortensgaard

Direktør



Resume og anbefalinger

Efter 2025 vil en stor andel af fluktuerende vedvarende energikilder (vind, sol mv.) indgå i det danske energisystem. En stor fluktuerende energiproduktion betyder, at *energikonvertering* samt evne til at *lagre* energi vil være afgørende brikker for at opnå en *balanceret* fremtidig energiforsyning.

Elektrolyse og brændselsceller er teknologier for energikonvertering og kan sammen med brint som energibærer bidrage til at balancere energisystemet: Brintteknologier som elektrolyse, brint og brændselsceller kan tilbyde høj fleksibilitet med evne til hurtigt at op- og nedregulere produktion og forbrug af el. Med disse teknologier kan det danske forsyningsnet bringes i balance i tidsintervallet fra sekunder, minutter og timer (balancering ved smart grid) op til dage, uger eller måneder (balancering ved energilagring). På den måde kan vi sikre, at energiproduktion på alle tidspunkter i døgnet kan balanceres i forhold til forbrug. Dette kan blive af stor økonomisk værdi for netselskaber, den systemansvarlige virksomhed og i sidste instans for forbrugerne.

Elektrolyse, brint og brændselsceller faciliterer et samspil mellem el, gas og varme i energiværdikæden fra produktion til forbrug (se figur i omslaget): Et *elektrolyseanlæg* kan omdanne VE-baseret elektricitet til *brint*, der kan transporteres og lagres, eksempelvis i det eksisterende gasnet. Den lagrede brint kan i et *brændselscelleanlæg* omdannes til elektricitet igen – alt efter behov. Den producerede brint kan yderligere bruges til opgradering af biogas til gas af naturgaskvalitet med en mængdeforøgelse på 60 % samt øge mængden af grønne syntetiske brændstoffer med 100 %. Både elektrolyseanlæggene og brændselscelleanlæggene har høje virkningsgrader. Opkvalificeret anvendelse af biomasse bliver vigtig i fremtiden, da biomasse bliver

en knap ressource inden for energisektoren. Løsningen med VE-baseret brint gør også Danmark mindre afhængig af el- og gasimport fra vores nabolande; Danmark får så at sige større uafhængighed og større værdi af dansk produceret vindmølle-el og biogas.

Brintteknologierne kan levere fremtidens miljøvenlige *transportløsninger*: Brændselscellesystemer kan integreres i køretøjer, så de bliver et forureningsfrit alternativ til benzin- og dieselmotorer – med den samme køreradius og korte optankningstid. Brint kan produceres på tankstationer via elektrolyse. På det stationære område vil forurenende naturgas- og oliefyldte brændselsceller kunne udskiftes med brændselscellebaseret mikrokraftvarme. Begge teknologier vil være til gavn for miljøet, og balancering af lavspændingsnettet vil kunne understøttes med regulerbar decentral produktion fra brændselsceller.

Elektrolyse-, brint- og brændselscelleteknologier vil endvidere indgå i en række produkter og anvendelser ude hos virksomheder og forbrugere. Disse benævnes ”nicheanvendelser”, skønt de på verdensplan repræsenterer meget store markeder. Eksempler på nicheanvendelser er forureningsfri køretøjer til intern og ”off-road”-transport samt produkter til erstatning af elgeneratorer, batterier etc. En introduktion af nye brint- og brændselscelleteknologier på nært forestående *niche*markeder skal være afsæt for en langsigtet kommercialisering af brint og brændselsceller inden for energiområdet frem mod 2025. Industrien for elektrolyse, brint og brændselsceller anslår et eksportpotentiale på op mod 23 mia. kroner i 2025 for disse markeder, med mulighed for dannelsen af 12.500 arbejdspladser. Teknologierne kan således blive en hovedspiller i fremtidens energisystem, forudsat at de får den markante *offentlige og private opbakning*, som de hidtil har oplevet.

Offentlig støtte til forskning, udvikling og demonstration vil der fortsat være behov for frem til 2016. Herefter vil der især være behov for støtte til forskning af mere grundlæggende karakter inden for f.eks. materialer, komponenter og systemintegration for at forbedre levetider på anlæg og reducere priser. Det vil også fortsat være nødvendigt med en offentlig støtte til udvikling og demonstration, for eksempel til etablering af store MW elektrolyse- og brændselscelleanlæg. Etablering af gunstige offentlige *rammebetingelser* for markedsmodning er vigtig, idet stykprisen på produkterne umiddelbart efter demonstration ikke er på et konkurrencedygtigt niveau. Sådanne rammebetingelser vil fremme udnyttelse af de danske styrkepositioner til gavn for fremtidig dansk grøn vækst og etablering af arbejdspladser. Afgørende for elektrolyse-, brint- og brændselscelleindustrien er etableringen af en *tilskudsordning* for produktion og anvendelse af brint som VE-gas til energi- og transportformål – på linje med den gældende ordning for biogas. Samtidigt er det vigtigt, at der etableres en værditilskrivning til brint- og brændselscelleanlæg, der bidrager til at balancere elnettet. *Værditilskrivningen* skulle gerne være af samme værdi, som nettoafregningsordningen har været praktiseret for solcelleproducenter. Endvidere er det vigtigt at etablere en gradvis indfasning af registreringsafgiften på brændselscellebiler fra 2015 og frem mod 2025, der følger den forventede prisreduktion, så teknologien er konkurrencedygtig.

Endelig vurderes det, at en fremtidig, effektiv udvikling af brintteknologier kan ske ved fortsat at organisere Partnerskabet med et solidt og effektivt offentligt-privat samarbejde.



Indledning

Internationalt knyttes der store forhåbninger til brint- og brændselscelleteknologiernes rolle i en fremtidig bæredygtig energiøkonomi, der indebærer en gradvis reduceret afhængighed af fossile brændsler, øget anvendelse af vedvarende energi og reduktion af udledningen af drivhusgasser.

I Danmark kan den fastlagte energipolitik blive en stærk drivkraft for dansk energiteknologisk udvikling inden for brint og brændselsceller. Med energiaftalen fra marts 2012 tager Danmark et markant skridt frem mod en fuld udfasning af fossile brændsler og en omlægning til hundred procent vedvarende energi: Det samlede forbrug af fossile brændsler skal reduceres med 25 % fra 2010 til 2020, anvendelsen af fossile brændsler til el og varme skal halveres i samme periode, og vind skal udgøre ca. 50 % af elforbruget i 2020. Endelig er det også Regeringens mål, at hele el- og varmforsyningen i 2035 skal dækkes af vedvarende energi.

*Med de store andele af fluktuerende vedvarende energikilder (vind, sol mv.) i det danske energisystem bliver **energikonvertering og lagring** en afgørende brik for at opnå en fremtidig **balanceret** energiforsyning. Elektrolyse, brint og brændselsceller kan blive en hovedspiller inden for energikonvertering, lagring og balancering, hvis teknologierne fortsat får den store opbakning, som de hidtil har oplevet.*

Inden for de sidste 10 år er der internationalt set investeret betydelige midler i udviklingen af brintteknologier. Alene i Danmark har virksomheder og forskningsinstitutioner siden 2001 investeret to milliarder kroner i teknologierne, med bidrag fra offentlige programmer. Disse investeringer har gjort det muligt at udvikle og modne brintteknologierne i en sådan grad, at markedsintroduktion i



Brændselscelledrevet arbejdskøretøj, elektrolyseanlæg og produktion af mikrokraftvarmeanlæg. Fotos: Serenergy A/S, Energinet.dk, Dantherm Power A/S

stor skala inden for flere nicheområder kan påbegyndes inden 2016. Partnerskabet forventer dog, at brintteknologier først frem mod 2025 kan spille en afgørende rolle i den danske energiforsyning. Dette passer fint sammen med det faktum, at det først er i perioden mellem 2020 og 2035, at indspillet fra vedvarende energi vil være så betydeligt, at der vil blive efterspurgt brint- og brændselscellebaserede konverteringsteknologier i stor skala samt brint og metanol som energibærere.

Denne strategi beskriver, hvordan elektrolyse, brint og brændselsceller kan bidrage til at indfri Danmarks energipolitiske målsætninger. Strategien giver en status for den teknologiske udvikling inden for disse teknologiområder og angiver, hvilke behov og mål for udvikling der er frem til markedsintroduktion. Endvidere beskriver strategien behovet for dansk offentlig støtte og udlægger de rammebetingelser, der kan resultere i en udbygning og fuld udnyttelse af de danske styrkepositioner – til gavn for fremtidig dansk grøn vækst og etablering af arbejdspladser.

En dansk strategi for teknologisk udvikling inden for så stort et område som elektrolyse, brint og brændselsceller vedrører mange virksomheder og forskningsinstitutioner. Den dækker endvidere alle udviklingstrinnene fra grundforskning, via anvendt forskning, til udvikling og demonstration og frem til markedsintroduktion. Udviklingstrinnene er yderligere beskrevet i de forskellige teknologi- og markeds-specifikke delstrategier og roadmaps, som kan downloades fra Partnerskabet hjemmeside.

Mål og midler

Den danske brint- og brændselscellebranches overordnede og langsigtede mål er:
at levere energikonverteringsteknologier og energibærere til værdikæden fra produktion af energi til forbrug, og at den danske energiforsyning som følge heraf balanceres. Målet er også, at en introduktion af nye elektrolyse-, brint- og brændselscelleteknologier på en række nært forestående nichemarkeder frem mod 2025 skal lede frem til en langsigtet kommercialisering heraf inden for energiområdet.

Indfrielsen af de danske energipolitiske målsætninger kan ske ved at brint, brændselsceller og elektrolyse bidrager til at:

- balancere og effektivisere et energisystem med meget vind- og solenergi mv.,
- konvertere grøn el til lagringsdygtige brændstoffer til transportsektoren,
- styrke Danmarks handelsmæssige position på det internationale elmarked og opnå forsyningssikkerhed,
- blive et dansk styrkeområde, hvor en hurtig energiteknologisk satsning kan skabe eksport og vækst med tusinder af grønne arbejdspladser i Danmark.

Midlerne til en effektiv udvikling af elektrolyse-, brint- og brændselscelleteknologier med efterfølgende markedsintroduktion er, at:

virksomheder og vidensinstitutioner:

- udvikler nye *omkostningseffektive* brintteknologier til konkurrencedygtige priser,
- fremmer *udvikling af kernekompetencer*, hvor der er komparative styrkepositioner og erhvervmæssige muligheder,
- fortsætter den *langsigtede og fleksible danske forsknings-, udviklings-, og demonstrationsindsats* i et tæt samarbejde med internationale aktører,
- udvikler *nye standarder, benchmarkingtests etc.* for brintteknologier via internationalt samarbejde og indpasser disse energieffektivt og økonomisk,

det offentlige

- fremmer den teknologiske udvikling ved fortsat at yde *offentlig støtte* hertil,
- optræder som indkøber af nye teknologier, der er under markedsmodning,
- etablerer *optimale rammebetingelser og vilkår* for brintteknologisk udvikling, der vil styrke danske aktørers kompetencer og konkurrenceevne på et dansk marked med efterfølgende eksportmuligheder,

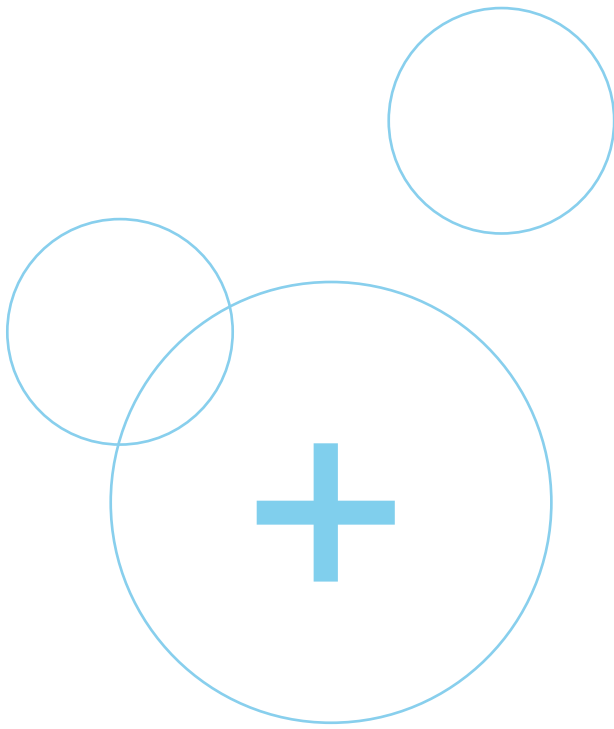
alle Partnerskabets medlemmer:

- styrker *teknologispecifikke netværk* mellem virksomheder, vidensinstitutioner og myndigheder med henblik på at udarbejde sammenhængende energiløsninger,
- videreudvikler tæt *samarbejde og synergi* mellem offentlige aktører og erhvervsliv, bl.a. ved at offentliggøre fælles nationale strategier og roadmaps,
- arbejder for at *etablere de nødvendige betingelser*, der skaber fodfæste og markedsindtrængning af nye brintteknologiprodukter,
- *positionerer dansk teknologisk udvikling* og danske interesser i en europæisk og international kontekst.

Samspil mellem alle aktører er essentielt for at indfri branchens målsætninger.



Brintankstation og brændselscellebil. Foto: Energinet.dk



Fossil uafhængighed

En række sektorer forlader sig i dag på fossile brændstoffer. Det langsigtede energipolitiske mål er at udfase og erstatte disse med 100 % vedvarende energi frem mod 2050, primært fra vind. Det betyder, at de konventionelle store danske kraftværker i løbet af en årrække udgår af produktion og dermed ikke længere kan understøtte og balancere elsystemet. Et elsystem, der udelukkende er baseret på fluktuerende energikilder, bliver sårbart uden opbakning fra andre energiformer, når der eksempelvis er vindstille i lange perioder og møllerne står stille. Udfordringen bliver dermed at skabe fleksibilitet og dynamik i elnettet, så det på alle tidspunkter kan balanceres i forhold til produktion og efterspørgsel.

På *det overordnede net* (transmissionsnettet), hvor de store vindmølleparker er installeret, vurderer Energinet.dk, at en del af løsningen frem mod 2025 er dynamisk eksport/import af energi til nabolandene for at håndtere periodisk over- og underproduktion af energi i forhold til det danske forbrug.

På *mellem- og lavspændingsnettene*, hvor solceller og mikromøller er installeret, forventer netselskaberne, at over- og underproduktionen bliver håndteret ved bl.a. at styre forbrugernes efterspørgsel og mulighed for egenproduktion, ved at lagre energi lokalt, ved samspil med det overordnede net eller ved at udbygge elnettet lokalt.

*Begge net hænger sammen, og for at sikre balance og stabilitet i disse er der efter 2025 behov for en bred portefølje af fleksible teknologier og løsninger til at håndtere den fluktuerende energiproduktion. Her vurderer Partnerskabet, **at brintteknologierne elektrolyse, brint og brændselsceller kan spille en betydelig rolle.***

Sådan kan elnettet balanceres

Brintteknologierne kan balancere elnettet på to måder: Balancering ved op- og nedregulering og balancering igennem lagring af el. Ved op- og nedregulering (smart grid) balanceres elnettet hovedsageligt i sekunder, minutter og timer, og ved lagring af energi balanceres elnettet primært fra flere timer og op til dage, uger eller måneder. For at skabe balance i elnettet er vi altså nødt til at basere os på lagret energi, produceret i tidsrum med overproduktion af vedvarende el. Energikonverteringsteknologier og energibærere bliver nøglen til at sikre, at energiproduktion på alle tidspunkter kan balanceres i forhold til forbrug. På denne måde kan dynamikken understøttes i et fremtidigt energisystem med mere end 50 % vind.

Op- og nedregulering (smart grid)

”Smart grid” er et fleksibelt og intelligent elsystem, hvor produktion, transport og forbrug af el kobles intelligent sammen. Brintteknologier kan centralt eller decentralt igennem elektrolyse aftage elektricitet og konvertere den til energibærere som brint, andre VE-gasser og grønne syntetiske brændstoffer. Den største værdi i smart-grid-sammenhæng tillægges dog brændselscellers evne til efterfølgende at konvertere tilbage til el igennem centrale eller decentrale kraftværker, mikrokraftvarme og en række øvrige anvendelser. Derved op- og nedreguleres elnettet. Endvidere vil eksempelvis produktion og lagring ved brinttankstationer også kunne bidrage med balancering.

Lagring

En lagring af energien kan hensigtsmæssigt ske i samspil mellem el-, gas- og varmesystemet, hvor især gas bliver en afgørende faktor. Gas kan nemlig lagres og anvendes, når man i Danmark i perioder mangler strøm (ved lidt, eller ingen vind). Eftersom naturgassen de næste årtier forventes at slippe op i Nordsøen, kan de såkaldte VE-gasser være med til at tage over og skabe balance i energisystemet. VE-gasser dannes oftest ud fra organisk materiale ved fermentering til biogas eller ved forgasning til kulilte og brint, men kan også dannes ved elektrolyse af vand til brint.

Energiværdikæden

Figuren forrest i strategiens omslag præsenterer et fremtidsscenario for energisystemet og viser samspillet mellem el, gas og varme i energiværdikæden fra produktion til forbrug. Teknologier for op- og nedregulering samt lagring af energi indgår som del af figurens energiværdikæde. Forklarende tekst til energiværdikædens enkelte led forefindes ved figuren. De danske styrkepositioner inden for elektrolyse, brint og brændselsceller kan således bidrage til en mere effektiv udnyttelse af de fluktuerende vedvarende energikilder igennem balancering af elnettet. Konvertering og lagring af el fra vind og sol mv. vil samtidig betyde, at vi på nationalt plan nedbringer risikoen for at sælge overskud af el billigt for at købe det dyrt tilbage, når betingelser for produktion af vedvarende energi er ugunstige. En høj national forsyningsikkerhed sikres derved.

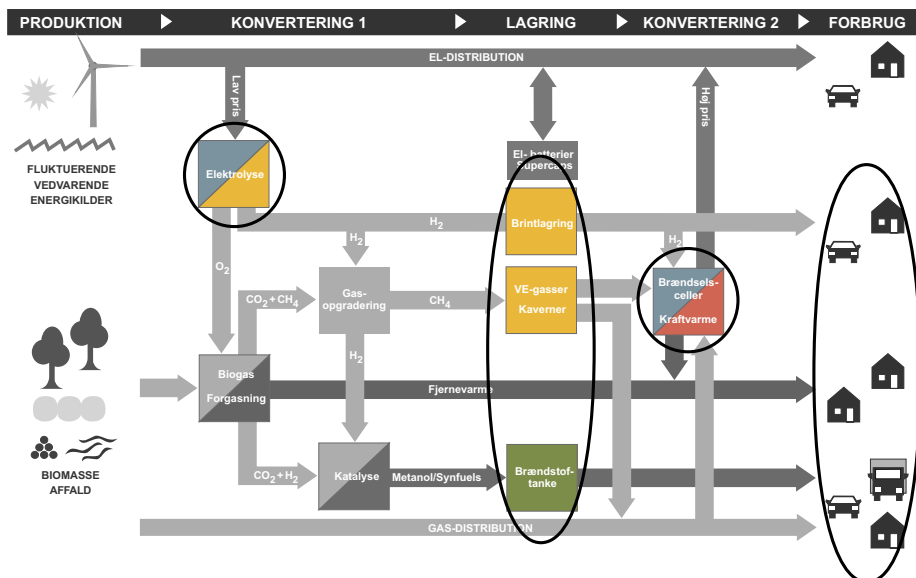
► Brintteknologier

Brændselsceller er en teknologi, som kan konvertere forskellige brændsler, herunder gas og metanol, til elektricitet og varme. Konverteringen af elektrisk energi til brint benævnes elektrolyse og er populært sagt karakteriseret som en omvendt brændselscelleproces. Brint og det meget brintholdige brændstof metanol betegnes som energibærere. Disse konverteringsteknologier og energibærere betegnes ”brintteknologier”.

I Danmark har der været forsket og udviklet i brintteknologier i ca. 25 år, og danske virksomheder og universiteter er blandt de førende i verden på området.

Elektrolyse- og brændselscelleanlæg vil kunne produceres i stort set alle størrelser og kan indgå i vidt forskellige produkter. Brændselsceller kan indbygges i små høreapparater, anvendes til nødstrømsanlæg, i biler, i store kraftvarmeanlæg etc. Brændselsceller kan erstatte eller supplere eksempelvis batterier, oliefyr og diesel- og benzingeneratorer. Der findes en lang række forskellige brændselscelleteknologier, som hver har sine fordele. Produkter, hvori der indgår elektrolyseanlæg for frembringelse af brint til anvendelse i et samtidigt indbygget brændselscelleanlæg, forventes fremtidigt at have meget store markedspotentialer. Derudover er vigtige tidlige og hurtigt voksende markeder for brændselsceller for eksempel brændselscelleenheder til nødstrømsanlæg, ”off road” køretøjer og elgeneratorer.

På figur 2 er det markeret, hvor elektrolyse-, brint- og brændselscelleteknologier især forventes at kunne bidrage til det fremtidige energisystem. Hvert af disse markerede områder vil efterfølgende blive beskrevet.



Figur 2 fremhæver elektrolyse-, brint- og brændselscelleteknologiernes rolle i værdikæden fra produktion til forbrug.

Områderne er:

- Elektrolyse og brintproduktion,
- lagring og infrastruktur,
- brændselscellebaseret konvertering til el,
- forbrugs- og anvendelsesområder.

Der er efterfølgende, for hvert teknologiområde, givet en opdateret status, der beskriver områdets fremtidige potentialer, og det fremtidige behov for teknologisk udvikling er konkretiseret.



Elektrolyse og brintproduktion

Elektrolyse er en elektrokemisk proces, der ved hjælp af elektroder spalter vand til ilt og brint. Elektrolyseteknologien er hjertet i processen med at lagre el som brint og andre VE-gasser: Elektrolyse omdanner elektricitet til brint og ilt, men kan også

producere andre VE-gasser og flydende brændsler. Elektrolyseteknologierne har således potentialer for både at lagre store mængder energi og for prisbilligt og effektivt at kunne producere let anvendelige brændsler, såsom brint, VE-gasser af naturgaskvalitet og grøn metanol til brændselsceller. Elektrolyse kan igennem opgradering forøge mængden af VE-gas af naturgaskvalitet med 60 % og mængden af grønne syntetiske brændstoffer med op til 100 %. Biomasse er i dag det mest almindelige udgangspunkt for fremstilling af VE-gas. Teknologierne er velkendte og udbredte og har store potentialer for fremtiden. Partnerskabet ser store potentialer i elektrolyseteknologien, med de fordele den bibringer omkring fleksibilitet og balancering.

Brint fremstilles i dag billigt i store mængder ud fra fossile brændstoffer til anvendelse i procesindustrien. Brint af ekstra høj renhed produceres igennem elektrolyse til anvendelse i forskellige industrielle henseender. Disse markeder er karakteriseret ved at have en lav prisfølsomhed og moderate krav til virkningsgrad.

Følgende tre elektrolyseteknologier er under udvikling i Danmark:

- Alkalisk elektrolyse: *Kommercielt dominerende* elektrolyseteknologi anvendt på kommercielle vilkår til industrielle formål. Udvikling foregår primært inden for optimering af systemeffektivitet og systemlevetider og er rettet mod nye anvendelser, herunder lagring af vedvarende energi og forsyning af brint og VE-gasser til el-/ varmereproduktion og transport. Særligt skal elektrodeoverflader videreudvikles mhp. øget strømtæthed. Alkalisk elektrolyse udvikles primært hos GreenHydrogen.dk og Siemens A/S i samarbejde med Strandmøllen A/S, H2 Logic A/S, DTU og Center for Energiteknologier AU Herning.
- PEM-elektrolyse: *Kommercielt introduceret* elektrolyse, som indtil videre indgår i udviklings- og demonstrationsprojekter for fleksibel forsyning af brint og VE-gasser til mikrokraftvarmeanlæg, transport samt en række tidlige markedsanvendelser. Teknologiuudviklingen vil have til mål at reducere fremstillingsprisen for et elektrolyseanlæg ved at forbedre performance af cellen, ved at reducere materialeforbrug og ved at optimere anvendelsen af systemkomponenter og deres ydelseeffektivitet. PEM-elektrolyse udvikles primært hos IRD A/S og DTU Energikonvertering.
- SOEC-elektrolyse: *Prækommerciel* elektrolyseteknologi med store perspektiver for at opnå høj effektivitet. Forsyning forventes især til store, centrale anlæg til energibalancering og regulering i elsystemet. Teknologien er endnu ikke i anvendelse, men udviklingen i laboratorierne viser lovende resultater. SOEC-udviklingen vil fokusere på fremstilling og optimering af demonstrationsenheder til anvendelse i systemtest i laboratorier og ved eksterne pilotforsøg. Derudover skal der udvikles tryksatte systemer samt metoder til karakterisering og optimering af cellernes og stakkenes levetid. SOEC-elektrolyse udvikles primært hos Haldor Topsøe A/S og Topsoe Fuel Cell A/S i et samarbejde med DTU Energikonvertering.

Den relativt nye og intense danske satsning på elektrolyse udspringer af tiltro til, at dansk viden inden for brændselsceller, elektroder etc. hurtigt kan føre til udvikling af effektive og prisbillige elektrolyseanlæg til fremstilling af store mængder brint til lagring af vedvarende energi. Målet er at demonstrere store elektrolyseanlæg i MW-størrelsen inden 2016 og at indbygge produktion af brint på brinttankstationer, i mikrokraftvarmeanlæg, i nødstrømsanlæg etc.

På verdensplan findes der adskillige elektrolyseaktører på det industrielle marked, men kun få fokuserer på energimarkedet. Dette indikerer, at der er et stort potentiale for dansk eksport. Inden for energiområdet skal anlæg være i drift med høj omsætningseffektivitet og med god evne til at op- og nedregulere. Potentialet understreges også af, at den globale efterspørgsel på fleksible bæredygtige energiteknologier stiger. Derfor er det vigtigt, at der kontinuerligt støttes op om udvikling, demonstration og modning af elektrolyseteknologierne, så danske aktører i fremtiden kan være blandt de førende på området.

Partnerskabet forventer, at der frem til ca. 2020 er et fortsat behov for en omfattende offentlig støtte til udvikling og demonstration af elektrolyseanlæg. SOEC er den mindst modne teknologi og kan have behov for omfattende støtte også efter 2020.



Brintlagring

VE-gasser
Kaverne

Brændstof-
tanke

Lagring og infrastruktur

Lagring af energi som gas eller som grønne flydende brændstoffer er afgørende for fremtidens energisystem. Gassen kan lagres centralt eller decentralt. Når store mængder energi lagres geografisk på ét sted, skal energien efterfølgende bringes ud til forbrugerne gennem en infrastruktur. Den lagrede energi kan enten centralt konverteres til el gennem et brændselscellebase-ret kraftvarmeværk til efterfølgende distribuering igennem elnettet eller distribueres som gas eller flydende brændstof f.eks. igennem rør. Økonomisk set er det billigere at etablere en infrastruktur til transport af energi på gasform frem for energi som elektricitet. En infrastruktur til transport af VE-gas kan f.eks. være det eksisterende naturgasnet eller nye etablerede brintnet.

Et VE-gasnet (*naturgasnettet*) kan, udover at være en del af en infrastruktur, også virke som et lager for energi, hvor gassen lagres i gasrørene. Til sammenligning kan el ikke lagres i elnettet, men skal anvendes øjeblikkeligt efter produktion. VE-gas kan altså transporteres i det eksisterende naturgasnet, som sammen med kaverne i undergrunden udgør et stort energilager, og kan blive en betydelig buffer i forhold til den fluktuerende, vedvarende energiforsyning. Et distributionsnet for rent brint med tilhørende kaverne kunne også tænkes at have et stort potentiale for distribution og lagring af energi.

Grønne syntetiske flydende brændstoffer har stor energitæthed og er lette og billige at lagre og distribuere. De grønne syntetiske brændstoffer har især et stort potentiale inden for transport, herunder tung landtransport, ”off road”-transport, flytrafik og skibsfart. De kan også forventes at erstatte diesel til generatorer.

Den ambitiøse danske energipolitik gør det nødvendigt hurtigt at udvikle lagrings- og distributionsteknologier. En hurtig ageren kan blive et grundlag for, at danske aktører inden for industri- og forskningsverdenen kan blive internationalt førende. Yderligere udvikling inden for området vil kræve både forskning, udvikling, demonstration og forretningsudvikling – herunder finansiering af lagrings- og infrastruktur. Ikke mindst DONG Energy A/S har stor ekspertise inden for dette område.



Brændsels-
celler
Kraftvarme

Stationære brændselscelleanlæg til konvertering til el og varme

Brændselsceller omdanner ved en elektrokemisk proces et brændsel til elektricitet og varme. Brændselsceller udmærker sig ved at have en høj elektrisk virkningsgrad, skalerbar teknologi og stort belastningsinterval med lille tab af effektivitet. Brændselscelleanlæg kan levere hurtig op- og nedregulering af elnettet, som er af stor økonomisk værdi for netselskaber, den systemansvarlige virksomhed og for forbrugerne.

Følgende tre brændselscelleteknologier er under udvikling i Danmark:

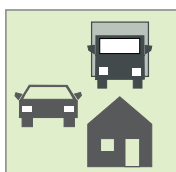
- LT-PEM-brændselsceller: *Kommercielt dominerende* brændselscelleteknologi, der eksempelvis anvendes i brændselscellebiler, arbejdskøretøjer, gaffeltrucks, nødstrømsanlæg, hjælpegeneratorer, mikrokraftvarmeanlæg etc. Brændselscellerne udmærker sig specielt ved at have en opstartstid på et par sekunder, selv fra meget lave temperaturer. Brændstoffet til LT-PEM er brint, dog findes der en undergruppe af denne type brændselsceller, der injiceres direkte med metanol (DMFC). De celler og stakke, der anvendes i Danmark, udvikles hos IRD A/S og Ballard Power Systems Inc. Derudover indgår Københavns Universitet, Syddansk Universitet, DTU Fysik og Cemtec i samarbejdet. Dansk udvikling vil primært være rettet mod at optimere effektivitet, forlænge levetid og reducere degradering for celler og stakke. Endvidere arbejdes der for at reducere systempriser for færdige anlæg.
- HT-PEM-brændselsceller: *Kommercielt introduceret* brændselscelleteknologi, der indtil videre indgår i en række udviklings- og demonstrationsprojekter for arbejdskøretøjer og hjælpegeneratorer. Brændstoffet kan eksempelvis være brint og metanol. De celler og stakke, der anvendes i Danmark, udvikles hos Danish Power Systems Ltd. og Serenergy A/S i samarbejde med AAU, IRD A/S og DTU Energikonvertering. Der anvendes også celler fra BASF i Tyskland/USA. Den danske udvikling er primært rettet mod optimering af effektivitet og levetid for celler samt mod at reducere prisen.
- SOFC-brændselsceller: *Prækommerciel* teknologi med store perspektiver for at opnå høj effektivitet. Teknologien er kun demonstreret anvendt i enkelte tilfælde, men har store perspektiver inden for mikrokraftvarme, elgeneratorer og større decentrale og centrale kraftvarmeanlæg til energiforsyning, energibalancering og regulering af elsystemet. Høj driftstemperatur gør, at SOFC er fleksibel med hensyn til anvendelse af forskellige brændsler. Brændselscellerne kan idriftsættes med meget høj elvirkningsgrad og under gunstige vilkår endda med en højere elvirkningsgrad end for store centrale kraftværker. De celler og stakke, der anvendes i Danmark, udvikles hos Topsoe Fuel Cell A/S i samarbejde med DTU Energikonvertering. Den danske udvikling er primært rettet mod at optimere effektivitet, forlænge levetid og at billiggøre anvendelsen af materialer samt at få fremstillingsprocesser effektiviseret og billiggjort.

Stationære brændselscelleanlæg indbefatter *mikrokraftvarme* (<5 kW) og *minikraftvarme* (5-50 kW) samt større stationære anlæg. Mikrokraftvarme og minikraftvarme omtales i det efterfølgende afsnit, *Forbrugs- og anvendelsesområder*.

Større stationære brændselscelleanlæg er efter brændselscelleindustriens opgørelse defineret til at gå fra 50kWe til 50 MWe installeret effekt. Disse udvikles i Danmark af Dantherm Power A/S og forventes med tiden også at blive udviklet hos Topsoe Fuel Cell A/S og IRD A/S.

Danske brændselscelleaktører forventer frem mod 2020 et potentielt årligt marked for anlæg i størrelsen fra 20kWe til 2MWe på i alt 1 GWe i Europa. Større brændselscellebaserede kraftvarmeanheder på mellem 2 til 50 MW vurderes frem mod 2025 at have et stort potentiale inden for grøn kontinuerlig kraftvarmeproduktion og inden for netbalancering.

De danske brændselscelleaktører forventer, at udvikling af systemer til større stationære anlæg for decentral kraftproduktion vil ske i et samarbejde mellem brændselscelleproducenter og systemintegratorer. Udfordringen vil være kontinuerligt at udvikle og demonstrere større og større anlæg ved at opskalere.



Forbrugs- og anvendelsesområder

Brintteknologierne indgår, ud over i anvendelserne anført i de foregående afsnit, også hos almindelige forbrugere. Inden for dette område forventer Partnerskabet at følgende fremtidige markeder vil få størst betydning for energisektoren:

- 1) *Mikrokraftvarme* (<5 kW) og *minikraftvarme* (5-50 kW). Mikro- og minikraftvarme sigter på effektiv decentral kraftvarmeproduktion direkte hos private forbrugere, i større anlæg i etagebyggeri, på hospitaler etc. De vigtigste danske aktører er Dantherm Power A/S, IRD A/S, Topsøe Fuel Cell A/S, SEAS-NVE a.m.b.a, TRE-FOR Entreprise A/S, SE og LOKE (Lolland Energi Holding A/S).

En af de store fordele ved mikro- og minikraftvarme er, at anlæggene kan spille sammen med smart grid i balanceringen af lavspændingsnettet, hvilket vil reducere behovet for netudbygning. Brændselscellebaseret mikrokraftvarme er ikke alene kommet i fokus i Danmark, men også internationalt. I dag findes der internationalt tusindvis af mikrokraftvarmesystemer i praktisk anvendelse, specielt i Sydøstasien. I Danmark er markedet for brændselscellebaseret mikrokraftvarme primært udskiftningsmarkedet for gasfyr, oliefyr eller biokedler. Disse anlæg findes der cirka 800.000 af, som brændselscelleanlæggene skal konkurrere med andre forsyningsteknologier om at udskifte. Et stort eksportpotentiale kan forventes, efter at mikrokraftvarme er etableret på et dansk hjemmemarked.

På sigt vil mikrokraftvarmeanlæg anvende grønt produceret brint eller biogas som brændstof med meget lille eller ingen miljøbelastningen til følge. Udfordringen er gennem fortsat forskning, udvikling og demonstration at øge levetiden for celler og stakke. Derudover er udfordringen at nedbringe pris gennem produktion af store stykantal.

- 2) *Persontransport*: Inden for transportområdet har de førende bilproducenter siden 1990'erne udviklet brintdrevne brændselscellebiler som et forureningsfrit alternativ til benzin- og dielseldrevne biler. Teknologiske landvindinger har gjort, at brintbiler i dag har samme størrelse og komfort som konventionelle biler på benzin. I 2009 underskrev flere af de førende bilproducenter en erklæring om markedsintroduktion af brintdrevne brændselscellebiler fra 2015. Af samme årsag er en masseproduktion af brændselscellebilen allerede under forberedelse. En europæisk analyse (Mc Kinsey & Company – 2010) har vurderet, at brintbiler kan udgøre mellem 25-50 % af bilparken i Europa i 2050, svarende til 100-200 mio. biler.

Produktionen af brint som brændstof kan ske ved store centrale elektrolyseanlæg eller ved selve brinttankstationen. På sigt kan brændselscellebiler også levere elektricitet i kortere perioder til elnettet, hvis der udvikles en fordelagtig forretningsmodel for bilejerne.

Foruden danske markedsmuligheder inden for leverance af komponenter til bilproducenter er der også muligheder for at producere og levere brinttankstationer. Danske aktører er blandt de førende i verden inden for udvikling af optankningsinfrastruktur for brint. Derudover eksisterer der initiativer omkring opbygning af en alternativ infrastruktur med f.eks. metanol som brændstof for "on board" opladning af batteridrevne elbiler. H2 Logic A/S, Air Liquide, GreenHydrogen.dk, Hydrogen Link og Institut for Kemi ved Aarhus Universitet arbejder med brintbaserede brændselscelleanlæg i samarbejde med ledende bilproducenter såsom Toyota, Hyundai, Honda og Nissan. Serenergy A/S, Danish Power Systems Ltd., AAU og DTU Energikonvertering arbejder med metanolbaserede brændselscelleanlæg.

Forsknings- og udviklingsbehovet forventes primært at være inden for komponentudvikling og prisreduktion af anlæg ved forbedret systemintegration. Brændselscelleanlæg i persontransporten fører til bedre miljøforhold som resultat af effektiv energiomsætning og anvendelsen af grønt produceret brændstof.

Inden for *de nært forestående markeder* kan brændselsceller anvendes til erstatning for benzin- og dieseldrevne generatorer. De nuværende generatorer støjer og forurener, er tunge og udnytter brændslet dårligt. Forurenings- og støjfreie, brændselscellebaserede elgeneratorer, der anvender brint eller grønt syntetisk brændstof, er allerede på vej på markedet.

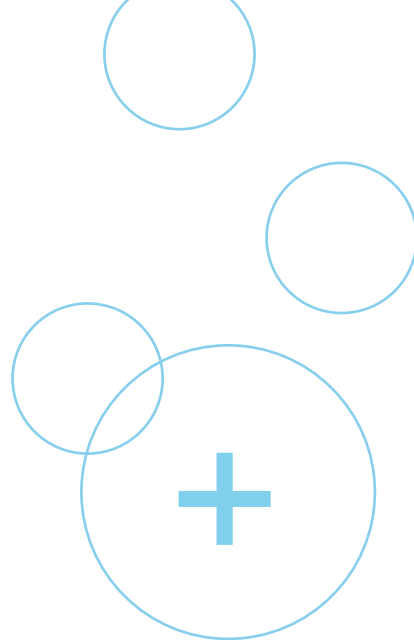
Eksempler på såkaldte nichemarkeder, her inden for elgeneratorer, er anvendelse af brændselsceller i nødstrømsanlæg, i campingvogne, på lystyachts, til fremdrift af både og mindre fly, til sekundær strømforsyning i større fly, i trafik anlæg på motorveje, i lysbøjer, i fyrtårne, i kølecontainere, som strømforsyning til større skibe, til aircondition i lastbiler og meget andet. Nogle af disse markeder drives bl.a. af miljømæssige lovkrav. For en række anvendelser er der villighed på markedet til at betale en relativ høj pris for et brændselscelleprodukt med de dertil hørende fordele. Partnerskabet forventer, at markedet for elgeneratorer vil vokse markant frem mod 2025.

Det tidlige brændselscellemarked til transport er domineret af køretøjer til intern transport, såsom gaffeltrucks og mindre køretøjer til servicebrug, f.eks. på kirkegårde og i lufthavne. Køretøjer til intern transport anvender i dag batterier, flaskegas eller diesel. Brændselscellebaserede køretøjer kan hensigtsmæssigt anvendes de steder, hvor batterier ikke har tilstrækkelig kapacitet eller er for besværlige at håndtere, samt områder hvor anvendelse af flaskegas og diesel er forurenende, dyrt og ineffektivt. Ved at kombinere en brændselscelle med et genopladeligt batteri kan batteriets driftstid forlænges. Der er igangsat demonstrationsprojekter både i Danmark og i udlandet med disse kombinationer. Både for brændselscellebaserede elbiler og for køretøjer til intern transport forventes der en stadig stigende vækst de næste mange år.

I øvrigt henvises til Partnerskabets understrategier og roadmaps, som er tilgængelige på Partnerskabets hjemmeside. Her er de fremtidige udviklingsbehov beskrevet sammen med fremtidige teknologiske og økonomiske mål. Blandt Partnerskabets medlemmer arbejder Dantherm Power A/S, IRD A/S, Serenergy A/S, Danish Power System Ltd., LeanEco A/S og H2 Logic A/S hermed.



Brændselsceller stablet i en brændselscellestak. Foto: Poul Rasmussen

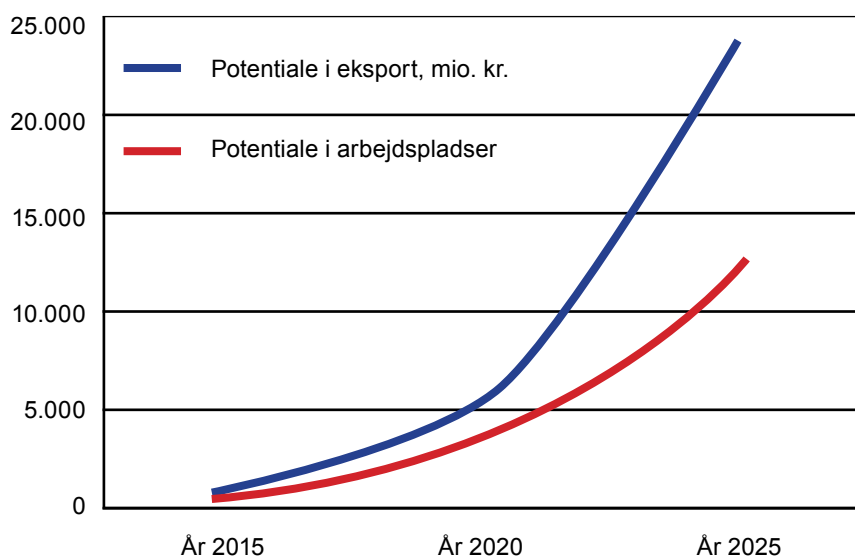


Potentiale for eksport og arbejdspladser

Elektrolyse-, brint- og brændselscelleteknologierne er i dag på et stadie, hvor der sker en accelererende produktintroduktion på nichemarkederne, med udsigt til at yderligere nichemarkeder vil følge inden 2016. I konsekvens heraf er mange producenter i dag i stand til at give konkrete bud på markedspektiver for produkterne.

En introduktion på nichemarkeder er essentielt for brintteknologiområdet. Igennem nichemarkederne kan man få skabt et markedsgrundlag for elektrolyse-, brint- og brændselscellebaserede produkter, og der oparbejdes et industrielt kendskab til og en efterspørgsel på brændselscellebaserede produkter. Med en markedsintroduktion og efterfølgende opbygning af en omsætning etableres en serieproduktion med produktionslinjer og automatisering, der efterfølgende kan resultere i prisreduktion. Udvikling og implementering af produkter til nichemarkeder er således et vigtigt fokusområde for branchen i de kommende år. Alle elementer, der understøtter en markedsintroduktion på nichemarkeder, er væsentlige.

Produkterne testes og markedsføres først lokalt eller nationalt, og på dette grundlag etableres en markant stigning i afsætningen af disse produkter til udenlandske markeder. Danske aktører inden for brint- og brændselscelleområdet (Dantherm Power A/S, IRD A/S, Topsoe Fuel Cell A/S, Serenergy A/S, GreenHydrogen.dk, Danish Power Systems Ltd., TRE-FOR Entreprise A/S, H2 Logic A/S og DTU Energikonvertering) anslår, at det frem til 2025 er muligt at øge eksport og antallet af arbejdspladser til det på figur 3 angivne niveau. Med et eksportpotentiale på op mod 23 mia. kr. i 2025 anslås det for muligt at skabe 12.500 arbejdspladser.



Figur 3 viser fremtidsudsigter som sum af danske industrielle aktører's individuelle bud.

Omkring 2025 vil også større anlæg inden for elektrolyse- og brændselscellebase- ret kraftvarme være modne til at kunne indgå og spille en betydelig rolle i det fremtidige energisystem.

Til sammenligning er der international set forskellige bud på den globale stigning af beskæftigede inden for brint- og brændselscelleområdet. *Fuel Cells 2000* har samstemmende med andre prognoser fra USA, Europa, Korea og Japan fremsat forventning om, at beskæftigelsen inden for produktionsvirksomhed vil øges fra cirka 40.000 beskæftigede i dag til 700.000 beskæftigede på verdensplan inden for de kommende 10 år.

En forudsætning for at skabe nye arbejdspladser og grøn vækst i Danmark er dog, at branchen får de rette rammebetingelser for at kunne bringe produkterne konkurrencedygtigt fra demonstration til markederne. En stor andel af de offentlige midler til energiteknologisk forskning, udvikling og demonstration er igennem en årrække givet til elektrolyse-, brint- og brændselscelleområdet. Disse offentlige investeringer i teknologierne har medført, at flere nicheprodukter allerede er introduceret på markedet, mens flere er under udvikling eller afprøves i demonstration.

Samlet set forventes brintteknologier at bidrage væsentligt til de politiske målsætninger om grøn vækst. Derved skabes konkrete og mærkbare effekter af de offentlige midler investeret i teknologiområdet. Danmark er i dag blandt de førende lande inden for forskning, udvikling og demonstration af brintteknologier – sammen med USA, Canada, Tyskland, Korea og Japan.

Ressourcebehov og finansiering

Udviklingen inden for brint- og brændselscelleområdet er i høj grad et resultat af, at private virksomheder i samarbejde med vidensinstitutioner investerer store summer i energiteknologisk udvikling. Den offentlige støtte til energiteknologisk udvikling reducerer markant den økonomiske risiko hos de private investorer. Som det er beskrevet i Brintstrategien fra 2005, vil der fortsat være behov for omfattende offentlig støtte til teknologiområdet frem til 2016 mhp. at muliggøre en tilfredsstillende fokuseret og samtidig bred teknologisk udviklingsindsats. Efter 2016 ophører behovet for offentlig støtte dog ikke: Der er et fortsat behov for støtte til mere grundlæggende forskning inden for f.eks. materialer, komponenter og systemintegration, mhp. at forbedre levetid og reducere pris. Der vil også fortsat være behov for støtte til udvikling og demonstration, ikke mindst til etablering af store brændselscelle – og elektrolyseanlæg. For at sikre kontinuitet i udviklings – og demonstrationsindsatsen og succes i fasen med markedsintroduktion af dansk producerede brintteknologiprodukter er følgende forhold vigtige:

- Etablering af *offentlige investeringer* til markedsmodning kan vise sig afgørende, idet stykprisen på produkterne efter demonstration ikke kan forventes at være konkurrencedygtige. Udenlandske producenter modtager store beløb til markedsmodning, hvorfor danske virksomheder skal konkurrere mod unaturligt lave priser i forhold til udviklingsstadiet. Det offentlige kan også have en vigtig rolle at spille som tidlig indkøber af ny teknologi.
- Det er vigtigt for elektrolyse-, brint- og brændselscelleaktørerne, at der etableres en *tilskudsordning* for produktion og anvendelse af brint som VE-gas til energi- og transportformål på linje med ordningen aftalt for biogas. En tilskudsordning kunne etableres via de analyser, som er omtalt i energiaftalen, med temaet: *Hvordan opnås en grøn og bæredygtig energiforsyning baseret på vedvarende energi?* En tilskudsordning for VE-gas, svarende til ordningen for biogas, vil kunne føre til etablering af elektrolyseanlæg i MW-størrelsen og en national opbygning af en brintinfrastruktur til transport vil kunne ske frem til 2025, hvorefter industrien forventes at kunne bære de fremtidige omkostninger.
- Samtidigt er det vigtigt at etablere en *gradvis indfasning af registreringsafgiften* på brændselscellebiler fra 2015 og frem mod 2025, der følger den forventede prisreduktion, så teknologien er konkurrencedygtig.
- Endeligt er det vigtigt, at der etableres en *værditilskrivning* til brintteknologi-anlæg, som bidrager til at balancere elnettet.

Offentligt fokus på disse forhold vil bidrage betydeligt til at løse de energipolitiske målsætninger om fossil uafhængighed, og det vil føre elektrolyse-, brint- og brændselscelleprodukter ud på markedet med en stærk dansk konkurrenceevne til følge.

Fremtidig organisering

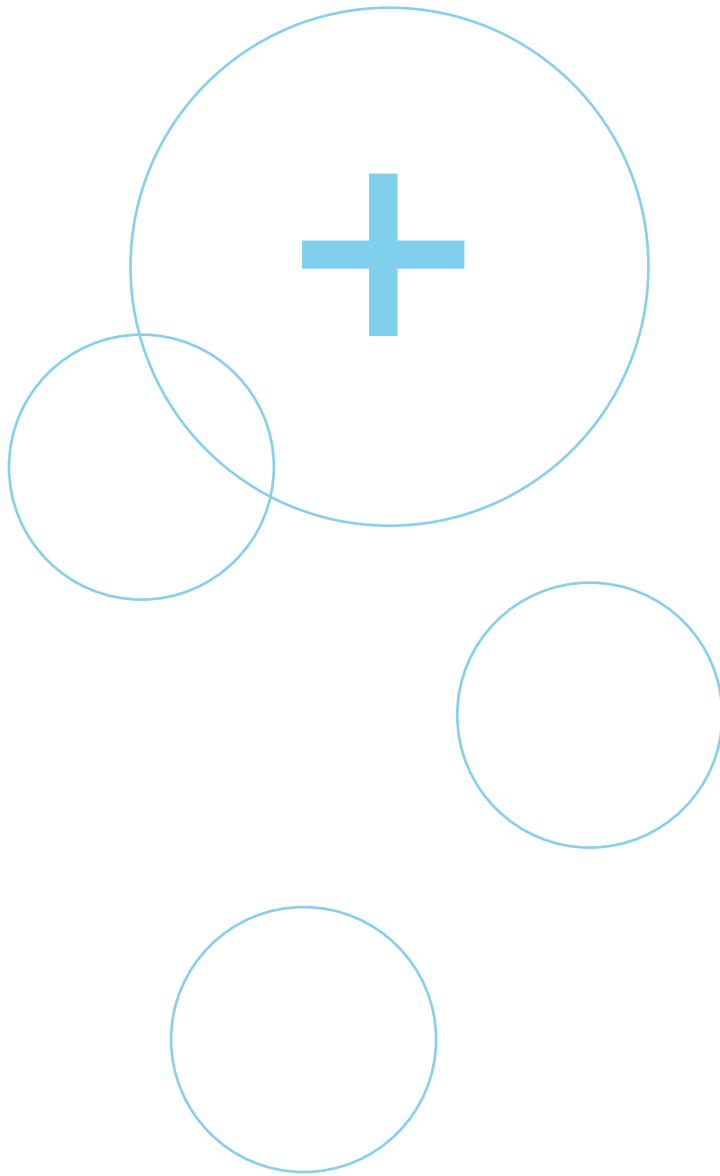
Den fremtidige organisering af Partnerskabet bør fortsat være med hovedvægt på at opretholde et solidt og effektivt offentligt-privat samarbejde. Teknologiuudviklingen skal baseres på tæt offentligt-privat samarbejde for at identificere markedsmuligheder og teste teknologierne nationalt, før de store eksportmarkeder angribes. Offentligt og privat ejerskab til nationale strategier og roadmaps er fortsat en vigtig national konkurrenceparameter. Fortsat offentlig støtte til energiteknologisk udvikling er afgørende for at de nært kommercielle markeder nås og for, at energisystemets fremtidige efterspurgte konverteringsteknologier udvikles i tide.

I takt med at et stigende antal brintteknologier kommerialiseres, vil brancheorganisationsinteresser skulle tillægges større vægt i Partnerskabets virke. Interessefællesskabet blandt medlemmerne vil blive redefineret, og en konkurrencesituation vil etableres mellem medlemmerne imellem. Med baggrund i erfaringer fra andre brancheforeninger, Vindmølle-industrien bl.a., vurderer Partnerskabet, at der fortsat vil være et tydeligt behov for, at organisere sig som brancheforening, hvor de dyder, der er karakteriseret ved et offentligt-privat partnerskab, bibeholdes.

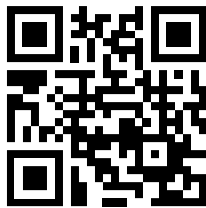
Organisering af Partnerskabet skal sikre at rammerne for forskning, udvikling, demonstration og markedsmodning kontinuerligt forbedres. Evne til hurtig omstilling skal fremmes, således at kvalificerede beslutninger kontinuerligt træffes på alle niveauer, og virksomhedsudvikling skal ske i netværk, der øger den globale konkurrenceevne.

Det er opfattelsen, at Partnerskabet i de kommende år fortsat bør organiseres som hidtil. Erfaringer fra Partnerskabets drift viser, at interessenter med interesse i at samarbejde om teknologisk udvikling forbliver dedikerede medlemmer. Det er vigtigt for nye medlemmer at indgå i strategifølgegrupper for at udveksle erfaringer, opbygge netværk og kunne indgå i fælles drøftelser.

Partnerskabet forventer, at tilgående medlemmer de kommende år bliver interessenter, som dedikeret og specifikt arbejder med energiteknologisk udvikling inden for brint- og brændselscelleområdet. Derudover forventer Partnerskabet, at nye medlemmer vil udgøres af slutbrugerinteressenter og interessenter med stor økonomisk interesse inden for området. Komponentudviklere kan frem til det tidspunkt, hvor de store eksportmarkeder slår igennem, forventes at være tøvende over for medlemskab.



Læs mere om
brint og brændselsceller på www.hydrogennet.dk



Partnerskabet for brint og brændselsceller,
Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg

PARTNERSKABET FOR BRINT OG BRÆNDELSCELLER