

Hydrogen Link



- En Grøn Nordisk Hydrogen Transport Korridor

Fase 1 - Slutrapport

Marts - oktober 2005



EUROPEAN COMMUNITY
European Regional
Development Fund



Interreg North Sea Region

www.hydrogenlink.net

Forord

Hydrogen Link fase 1 er et projekt under Nordisk Transportpolitisk Netværk (NTN).

Formålet med Hydrogen Link har været at tage de første skridt hen imod skabelsen af et netværk af tankningsmuligheder for brint, der kan føre til etablering af en "brint-korridor" mellem Norge, Sverige, Danmark og Tyskland.

Hydrogen Link fase 1 har undersøgt mulighederne for etablering af et antal tankstationer ned gennem Jylland, og set på, hvordan de kan kobles sammen med "brintvejene" i Norge (HyNor) og Sverige (Vätgasväg i Västsverige) og eventuelle lignende projekter i Nordtyskland.

Hydrogen Link har opereret på to niveauer: Danmark og Norden.

I Danmark har opgaven været at vurdere lokalområderne i Jylland med henblik på deres muligheder for etablering af brint-knudepunkter (H2 HUB's) samt at udvikle og specificere en række lokale H2 HUB cases i samarbejde med lokale aktører.

På nordisk niveau er der taget de første skridt til etablering af et samarbejde mellem Brint Vejene i Norge (HyNor) og Sverige (Vätgasväg i Västsverige) samt Hydrogen Link i Danmark.

I Norden har projektet også, med hjælp fra Vestlandsforskning i Sogndal foretaget en analyse af mulighederne for placering af brint-tankstationer langs ruten Stavanger-Bergen-Molde i Norge, og derigennem at vise, hvordan en "brint-korridor" også kan omfatte det vestlige Norge.

Ligeledes har opgaven været at analysere Nordtyskland med henblik på at skabe kontakt til lignende projekter i dette område med henblik på at udvide samarbejdet, så "brint-korridoren" kan videreføres til Hamburg, hvor der allerede er etableret en brint-tankstation.

Hydrogen Link fase 1 er finansieret af NTN og Ringkjøbing Amt, som sammen med H2 Logic, Danmark, har stået for gennemførelsen af projektet.

Yderligere oplysninger om projektet findes på www.hydrogenlink.net

Om Hydrogen Link Projektet:

Om Nordisk Transportpolitisk Netværk:

NTN er et regionalt transportpolitisk samarbejde mellem 14 skandinaviske regioner og 3 tyske samarbejdsregioner, og har eksisteret siden 1998.

Deltagere i netværket er alle regioner som er samlet i en fælles transportkorridor, som forbinder det vestlige Skandinavien med de centraleuropæiske markeder.

NTN arbejder for at skabe et bedre grundlag for transportpolitiske beslutninger og for at kvalificere den regionale transportplanlægning. NTN er finansieret af EU-programmet Interreg IIIB for Nordsøen.

Tommy Tvedergaard Madsen – Projekt Koordinator
Nordjyllands Amt
amt.ttm@nja.dk
www.ntn.dk

Hydrogen Link finansieres af:

Nordisk Transportpolitisk Netværk
www.ntn.dk

Ringkjøbing Amt
www.brintamt.dk

Hydrogen Link gennemføres af:

Benny Christensen – Projektleder
Ringkjøbing Amt
gimbc@ringamt.dk
www.brintamt.dk

Mikael Sloth - Konsulent
H2 Logic ApS
ms@h2logic.dk
www.h2logic.dk

Indholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Sammendrag afsnit 3. Hydrogen Link - Danmark	4
Sammendrag afsnit 4. Hydrogen Link - Norden	5
Sammendrag afsnit 6. Forslag til Hydrogen Links fase 2	6
1. Indledning - Hvorfor Brint til transport?	7
2. Brint-teknologier til transport.....	9
2.1 Brint-kæden	9
2.2 Brint-produktion	9
2.3 Brint-lagring	10
2.4 Brint-tankstationer	12
2.5 Brintdrevne køretøjer – historie og status	13
3. Udvikling af Hydrogen Link - Danmark.....	20
3.0 Oversigt over de identificerede H2 HUB's	21
3.1 H2 HUB - Aalborg.....	23
3.2 H2 HUB - Sydthy	25
3.3 H2 HUB - Hobro.....	27
3.4 H2 HUB - Holstebro	29
3.5 H2 HUB - Ringkjøbing	31
3.6 H2 HUB - Århus	34
3.7 H2 HUB - Fredericia.....	37
3.8 H2 HUB - Padborg.....	40
4. Udvikling af Hydrogen Link - Norden.....	42
4.1 HyNor – projektet	43
4.2 Vätgasväg i Västsverige	45
4.3 Stavanger-Bergen-Molde	46
4.4 Nordtyskland.....	50
5. Brint – udfordringer og muligheder.....	56
5.1 Skal der være brint-tankstationer i 2025?	56
5.2 Konkurrerende teknologier.....	56
5.3 Trusler eller muligheder?	57
5.4 Mulighederne for brint infrastruktur i NTN Korridoren.....	58
6. Videreførelse af Hydrogen Link.....	60
6.1 Videreførelsen af Lokale H2 HUB's (Lokalt niveau)	60
6.2 Videreførelse af Hydrogen Link i Danmark (Nationalt niveau)	61
6.3 Nordisk Samarbejde (Nordisk niveau)	62
6.4 EU-samarbejde og projekter (EU niveau)	62
6.5 Internationalt samarbejde (Internationalt niveau).....	62
6.6 Forslag til Hydrogen Link – fase 2.....	63

Sammendrag

Hydrogen Link fase 1 har haft til formål at tage de første skridt hen imod etableringen af en nordisk "brint-korridor" fra Molde i nord til Hamborg i Syd, gennem skabelse af netværk og identifikation af mulige placeringer af brint-knudepunkter (H2 HUB's) i korridoren.

Hydrogen Link arbejdet har været fokuseret på to niveauer, Danmark og Norden, hvor de enkelte resultater fra hvert niveau gennemgås i de efterfølgende afsnit.

Desuden har projektet resulteret i en række forslag og anbefalinger til videreførelse af Hydrogen Link i en fase 2.

Rapporten indeholder desuden afsnittene "Brint-teknologier til transport" og "Brint - udfordringer og muligheder", der giver teknisk baggrund, aktuel status og perspektiver og udfordringer omkring brint til transport. Disse to afsnit sammendrages ikke i dette afsnit, men kan læses i deres fulde længde som henholdsvis afsnit 2 og 5 i rapporten.

Sammendrag afsnit 3. Hydrogen Link - Danmark

Opgaven for Hydrogen Link i Danmark har været at identificere mulige placeringer af brint-knudepunkter (H2 HUB's) i Jylland.

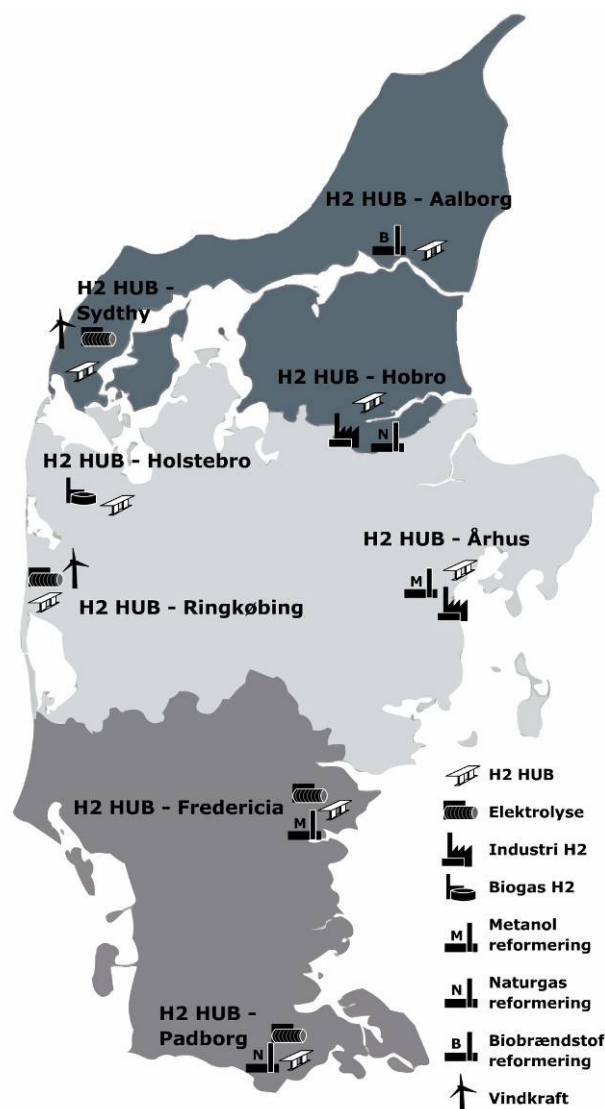
Gennem kontakt til lokale aktører samt overordnet screening af regionerne i Jylland er otte mulige placeringer af lokale H2 HUB's blevet identificeret. Kortet ved siden af giver et overblik de forskellige H2 HUB placeringer og den teknologi der forventes anvendt. En detaljeret beskrivelse af hver H2 HUB kan findes i afsnit 3 i denne rapport.

Antallet af H2 HUB's gør det i princippet muligt for et brintkøretøj, at bevæge sig rundt i hele Jyllands-området, dvs. en gennemgående brint-korridor kan skabes med de viste H2 HUB's.

Placeringen af H2 HUB's er dog ikke sket ud fra en snæver "korridor-tankegang". I stedet er H2 HUB placeringerne sket ud fra ,hvor de bedste muligheder findes for demonstration og udvikling af forskellige brintproduktions- og lagrings-teknologier, samt afprøvning af forskellige typer brintkøretøjer i lokalområdet. De forskellige H2 HUB's skal således opfattes som demonstrationsanlæg, der ikke kan forvente en kommerciel drift.

De otte identificerede H2 HUB's er alle i de indlende faser, hvor forprojekter er nødvendige for at specificere hver enkelt H2 HUB-Case, inden en decideret etablering kan igangsættes i et demonstrations-projekt.

Nogle af de viste H2 HUB's bygger på initiativer, der er igangsat inden opstarten af Hydrogen Link projektet og derfor er forholdsvis konkrete, mens andre først er blevet identificeret i forbindelse med projektet, og derfor endnu ikke er bearbejdet i detaljer. Desuden er der fundet andre potentielle placeringer af H2 HUB's, som endnu ikke er specificeret nok til at kunne indsættes på kortet, Det gælder bl.a. byerne, Esbjerg, Hanstholm, Hirtshals og Frederikshavn.



Sammendrag afsnit 4. Hydrogen Link - Norden

For at skabe basis for en samlet ”brint-korridor” i en større del af NTN-området har Hydrogen Link projektet også undersøgt en række nordiske områders brint-projekter på transportområdet med henblik på et fremtidigt samarbejde.

Både i Norge og Sverige arbejdes med projekter, der ligner Hydrogen Link, og det norske HyNor-projekt har været en vigtig inspirationskilde for det danske projekt. Gennem afholdelsen af en workshop i Aarhus i juni, med deltagere fra HyNor og et projekt langs den svenske vestkyst er der etableret en tæt kontakt mellem de nordiske projekter, og der er en fælles interesse for, at et samarbejde på tværs af grænserne, eventuelt i en fase 2 af Hydrogen Link.

For det vestlige Norge er der af Vestlandsforskning i Sogndal gennemført en analyse af en mulig videreførelse af HyNor-ruten fra Stavanger over Bergen til Molde. Konklusionen fra analysen er, at der findes en række gode muligheder for at iværksætte tiltag omkring brint til transport i området.

For at sikre en kobling af NTN Korridoren med resten af Europa, er Nordtyskland blevet analyseret med henblik på at identificere relevante brint-projekter. Der er her lokaliseret tre eksisterende brint- tankstationer og fem mulige placeringer af kommende tankstationer i Nordtyskland. Der er desuden blevet skabt kontakt til en række aktører indenfor brint til transport i det nordtyske område. Mange af kontakterne har vist stor interesse for og opbakning til Hydrogen Link projektet og ønsker at deltage i en eventuel videreførelse af det.

Samlet set er det lykkedes at skabe netværk og grundlag for et fremtidigt samarbejde i NTN Korridoren fra Molde i Nord til Hamborg i Syd.

Billedet ved siden af viser et samlet kort over de enkelte elementer i ”brint-korridoren”.

I afsnit 4 i denne rapport findes en gennemgang af de enkelte landes transportrelevante brint-projekter.



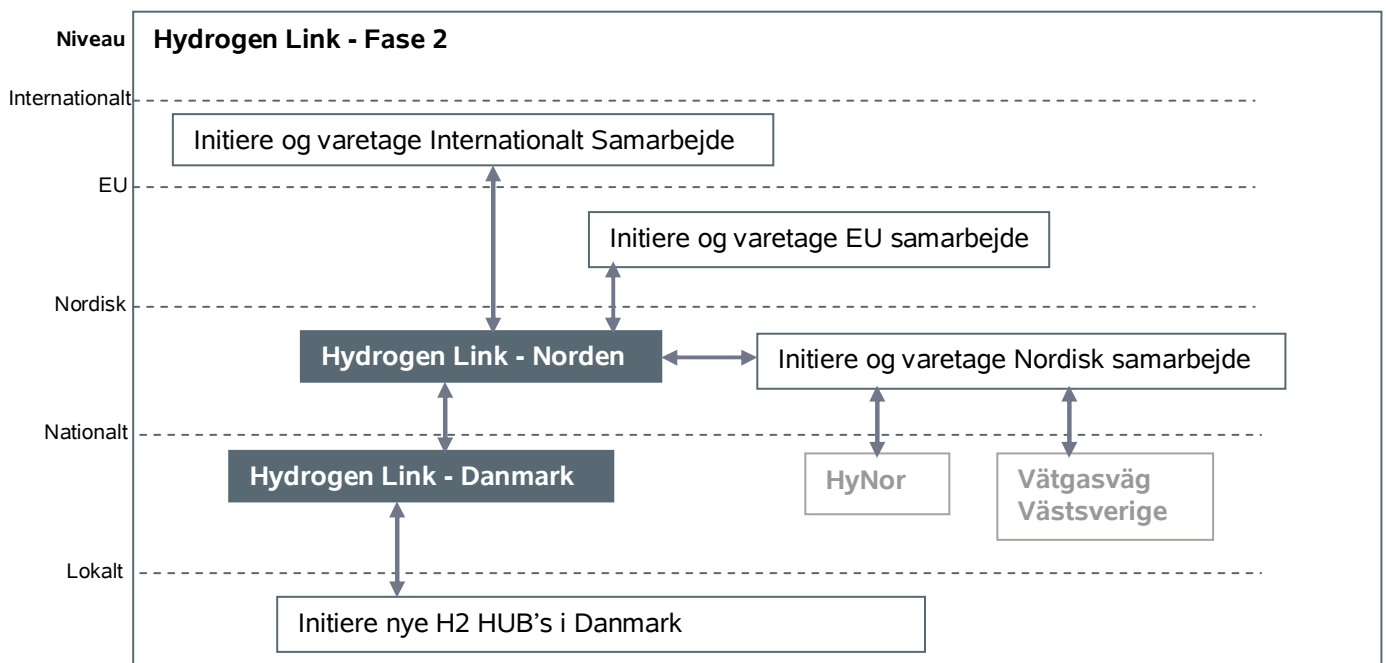
Sammendrag afsnit 6. Forslag til Hydrogen Links fase 2

Gennem Hydrogen Links fase 1 er der blevet skabt adskillige kontakter i både Norge, Sverige og Nordtyskland, samt et omfattende netværk af lokale aktører i Jylland der arbejder på videreførelsen af lokale H2 HUB's.

Dette danner grundlag for adskillige fremtidige aktiviteter på forskellige niveauer indenfor brint til transport i NTN området. Afsnit 6. i denne rapport giver en uddybende beskrivelse af de forskellige mulige tiltag og aktiviteter.

For at sikre en videreførelse af de mange aktiviteter anbefales det, at Hydrogen Link videreføres i en fase 2, som primært beskæftiger sig med skabelse og vedligeholdelse af netværk. Igennem dette arbejde vil Hydrogen Link kunne fungere som en katalysator for at der igangsættes arbejde på lokalt plan samt på nationalt, nordisk, EU og internationalt plan i specifikke projekter og arbejdsgrupper.

Figuren nedenfor giver opsummerer mulige aktiviteter i en Hydrogen Link fase 2:



Hydrogen Link fase 2 vil kunne indeholde to hovedelementer, der hver varetager en række opgaver:

- **Hydrogen Link Danmark**
Arbejdet vil kunne sikre en videreførelse af netværket bl.a. med identifikation af mulige placeringer af yderligere H2 HUB's i Danmark. Ligeledes vil igangsætningen af forprojekter til lokale H2 HUB's kunne sikres.
- **Hydrogen Link Norden**
Der vil kunne arbejdes med at etablere et konkret samarbejde mellem HyNor, Sverige og Hydrogen Link Danmark på tværs af NTN området. Dette vil kunne indebære gennemførelse af workshops og etablering af relevante faglige arbejdsgrupper. Ligeledes vil der også kunne arbejdes med at opstille udviklingsscenerier for NTN Korridoren. Hydrogen Link Norden vil også kunne fungere som et fælles "ansigt" overfor EU og udlandet, og herigennem sikre et samarbejde med relevante aktører og projekter udenfor NTN området.

Adskillige af aktørerne i netværket har meldt deres interesse for at deltage i en fase 2 af Hydrogen Link, og anbefalingen er, at det forsat sker i NTN regi. Ringkøbing Amt har i forlængelse af sit engagement i fase 1 tilbudt at stå for sekretariatsbetjeningen i 2006. I 2006 skal der arbejdes på at finde en løsning for 2007.

1. Indledning - Hvorfor Brint til transport?

Brint er ingen ny energikilde, men en energibærer, der kan bruges til at lagre og transportere energi – ligesom elektricitet og batterier. De senere års øgede interesse for brint skyldes primært udsigten til forsyningsproblemer og stigende priser på fossile brændsler (især olie) og den øgede fokus på disse brændslers energimæssige konsekvenser – ikke mindst på klimaområdet.

Brint kan fremstilles med en lang række energikilder, der er lokalt tilgængelige på det meste af jorden. Energisystemer, der er baseret på brint vil derfor øge forsyningsikkerheden og mindske den politiske og økonomiske afhængighed af eksterne energileverandører. Muligheden for energilagring, som opnås med brint vil desuden være en væsentlig forudsætning for indpasning af en høj andel af vedvarende energikilder med varierende produktion i energisystemet – og dermed for opbygning af en CO₂-fri og miljømæssigt bæredygtig energiforsyning.

Når interessen for anvendelse af brint især har været koncentreret om transportsektoren hænger det sammen med, at denne sektor er næsten 100 % olieafhængig, og at indpasning af vedvarende energikilder her kun er sket i meget begrænset omfang.

1.1 Langsigtet løsning

Brint har store perspektiver på langt sigt, men er ikke en løsning, der indenfor en kort tidshorizont kan erstatte benzin og olie. Udvikling af brintteknologien er en lang proces, og nogle af de mest optimistiske prognoser for anvendelse af brint, der blev lavet for 5-10 år siden, har i mellemtiden måtte revideres adskillige gange.

Et realistisk skøn er nu, at markedsføring af de første brintkøretøjer på kommercielle vilkår vil komme i perioden 2012-2015, og at salget frem til omkring 2020 kun vil udgøre nogle få procent af det samlede antal køretøjer.

1.2 Behov for demonstration

I perioden frem til egentlig markedsføring af brintkøretøjer vil der være et voksende behov for områder, hvor der kan foretages realistiske forsøg med såvel køretøjerne som systemer til brintproduktion, lagring, distribution og tankning.

Verdens førende brændselscelle-producent og leverandør til bilfabrikkerne, det canadiske firma Ballard, har skitseret fire faser i udviklingen:

Første fase, som allerede har været i gang i 10-15 år, omfatter lancering af prototyper og "konceptbiler", der primært er beregnet til udstillingsbrug. Mange af de store bilfabrikker har været, og er fortsat, involveret i denne fase.

Anden fase omfatter forsøg med nogle få køretøjer, der er i drift i et geografisk afgrænset område, således at der kun er behov for en enkelt tankstation. Denne fase, der startede i 2002, indebærer bl.a. at busser med brint- og brændselscelleteknologi er i drift i en række byer i Europa, Australien og Sydamerika, og at omkring 100 personbiler er i forsøgsdrift i storbyer i bl.a. USA, Japan og Europa.

Tredje fase forventes at starte 2007-2008, og vil omfatte et større antal køretøjer, der skal anvendes under forhold, der nærmer sig daglig brug af "almindelige" biler. Hertil vil der blive behov for større sammenhængende områder med optankningsmuligheder, så anvendelsen af bilerne ikke er bundet til et snævert lokalområde. De mest omfattende planer om et sådant net af tankstationer omfatter Californien, hvor der allerede er etableret tankstationer i afgrænsede forsøgsområder. I Europa er det norske HyNor-projekt om etablering af en "brintvej" langs den norske sydkyst mellem Oslo og Stavanger længst i planerne, hvor den første tankstation åbner i 2006.

1.3 Hydrogen Link

Det danske Hydrogen Link projekt skal som udgangspunkt muliggøre, at de køretøjer, der demonstreres på den norske "brintvej" får mulighed for at bevæge sig i et større geografisk område og – på sigt – kunne køre videre til Tyskland, først og fremmest til Hamburg, hvor der allerede er placeret en brint -tankstation.

Projektet udføres i tæt samarbejde med HyNor og den projektgruppe, der arbejder med et projekt til en "brintvej" langs den svenske vestkyst fra Oslo via Göteborg til København/Malmö. Der er også taget kontakt til en række lignende initiativer i det Nordlige Tyskland. Hvis projekterne realiseres vil der dermed, som et af de første steder i verden kunne etableres et netværk af brint-tankstationer på tværs af landegrænserne, hvad der kan udvide operationsfeltet for praktisk afprøvning af brintdrevne køretøjer og gøre området særlig attraktivt for bilindustrien.

1.4 Synergieffekt og erhvervsmæssige perspektiver

Ved udvælgelsen af de knudepunkter ("H2 HUB's") som netværket består af, er der naturligvis lagt vægt på, at den indbyrdes afstand er således, at det er muligt for brintdrevne køretøjer med den rækkevidde, der forventes aktuelt, at bevæge sig rundt i demonstrationsområdet.

Men der er desuden lagt afgørende vægt på, at vælge lokaliteter, hvor der i forvejen er initiativer på brint-området, således at der er tilstrækkelige lokale drivkræfter til, at sandsynliggøre en realisering af projektets enkelte dele. Omkring H2 HUB's vil der, hvis der etableres lokal produktion af brint i forbindelse med en tankstation, kunne opstå synergieffekt med andre lokale brint-projekter. I takt med at prisen for brændselsceller og anden brintteknologi reduceres, på grund af et voksende marked – bl.a. indenfor bilindustrien – vil anvendelse til en række andre formål kunne blive aktuel.

Mens brintteknologien indenfor bilindustrien skal konkurrere på et produkt, hvor mange års teknologisk udvikling og masseproduktion har gjort fremstillingsprisen meget lav, vil brint til en række nicheprodukter allerede på et langt tidligere trin i prisudviklingen kunne blive konkurrencedygtig. Det gælder bl.a. på områder, hvor brint erstatter batteriløsninger, fx i trucks til intern transport eller køretøjer til ældre og handicappede.

Et eksempel er en H2 truck, som de to danske virksomheder H2 Logic og firmaet A. Flensborg i Herning har udviklet. Den første prototype, udviklet med støtte fra Ringkjøbing Amt, blev præsenteret i april 2004 ved åbningen af DanMiljø-messen i Herning.

En videreudvikling af prototypen med nyt design, brintlagring i metalhydrider og dobbelt så lang driftstid som en batteritruck, blev præsenteret i efteråret 2005, og 6 eksemplarer er solgt til Ringkjøbing og Århus Amter og Herning kommune.

I modsætning til personbil-området, hvor brintløsninger betyder en pris på op til 10 gange prisen for en serieproduceret standardbil, kan H2 Truck sælges til ca. 3 gange prisen for en batteridrevet model.



Den første prototype: H2 truck version 1 fra 2004



H2 Truck version 2, med tankningsenhed fra 2005
Kilde: www.h2truck.dk

2. Brint-teknologier til transport

En del af erfaringerne med processen i Hydrogen Link er, at aktørerne i netværket først skal have en grundlæggende forståelse for brint-teknologierne for at kunne se perspektiverne i anvendelsen af brint til transport. Først da opstår motivationen til at deltage i arbejdet.

Dette afsnit tjener derfor det formål, at give et indblik i brint-teknologier til transport, dog med fokus på konkrete eksempler samt status på udviklingen.

2.1 Brint-kæden

Når man taler om brint til transport, er det vigtigt at understrege, at brint ikke er en energikilde, men blot en energibærer, der kræver energi for at blive produceret. Efterfølgende skal brint lagres og distribueres hen til anvendelsesstedet, hvor det påfyldes og lagres i køretøjet. Ombord på køretøjet frigives energien i brint enten i en brændselscelle eller den velkendte forbrændingsmotor.

Der kræves altså en lang række grundteknologier for at muliggøre et komplet brintbaseret transportsystem. Den såkaldte "brintkæde" bruges til at illustrere dette og gruppere teknologierne. Kæden består af fire led:

1. Energi-produktion
2. [Brint-produktion](#)
3. [Brint-lagring](#) og distribution ([Brint-tankstationer](#))
4. Brint-anvendelse ([Brintdrevne køretøjer](#))

De understregede elementer af brint-kæden gennemgås i de efterfølgende afsnit.

2.2 Brint-produktion

Hovedparten af det brint, der fremstilles kommercielt, produceres ved spaltning (reformering) af kulbrinter – primært naturgas, og i mindre omfang olie og kul. Reformeringen foregår næsten udelukkende på store, centrale anlæg. Mindre anlæg til decentral reformering – f.eks. på tankstationer – er dog udviklet, men produktionsprisen for brint er her højere end for de store anlæg.

En meget lille del (under 5 %) af den globale brintproduktion foregår ved elektrolyse, primært på basis af vandkraft, hvor den er til rådighed til en økonomisk fordelagtig pris. Men selv her har metoden prismæssigt svært ved at konkurrere med produktion på basis af naturgas.

En række nye teknologier til produktion af brint er under udvikling og kan ventes at få øget betydning i takt med de stigende priser på olie og naturgas og ønsket om at undgå klimaeffekter og forsyningsmæssig afhængighed af fossile brændsler.

Indenfor en tidshorisont på maksimalt 15-20 år forventes brint produceret på basis af biomasse eller elektrolyse med vindmøllestrøm prismæssigt at kunne konkurrere med reformering af fossile brændsler, når der her af miljømæssige grunde stilles krav om udskillelse og deponering af CO₂.

2.3 Brint-lagring

Et kritisk punkt ved anvendelse af brint som brændstof i køretøjer, er problemer med at få plads til tilstrækkeligt store mængder brint til at give en rækkevidde, der kommer i nærheden af det, man er vant til ved konventionelle brændstoffer.

Kravene til brint-lagring – energitæthed og standardisering

U.S. DOE¹ har opstillet en række målsætninger for energitætheden ved brintlagring til transport sektoren, som skal opfyldes hvis brintdrevne køretøjer skal have en aktionsradius tilsvarende benzin- og dieseldrevne køretøjer. Skemaet nedenfor opsummerer kravene.

Årstal	Energitætheds objective	Pris objective
2010	2 kWh/kg (6 wt%) 1.5 kWh/L (45 kg H ₂ /m ³)	\$4/kWh
2015	3 kWh/kg (9 wt%) 2.7 kWh/L (81 kg H ₂ /m ³)	\$2/kWh

Tilfredsstillelsen af de opstillede krav er en af de største udfordringer i anvendelsen af brint til transport. Ingen af de i dag gængse lagringsteknologier opfylder energitæthedskravene. Lagring i nogle metalhydrider kommer tættest på. Til gengæld er disse metalhydrider dyre og kræver høje temperaturer for at kunne frigive brinten.

Den optimale løsning til brintlagring er endnu ikke fundet, og der kræves en stor forskningsindsats på området og teknologisk gennembrud hvis anvendelsen af brint til transport skal blive en attraktiv løsning. En anden mulighed er naturligvis at acceptere, at brintkøretøjer ikke vil have samme aktionsradius som benzinkøretøjer.

Da brint kan lagres ved hjælp af en lang række forskellige teknologier, der hver kræver specielle tankningsprocedurer, er en anden udfordring at sikre standardisering. For at brintdrevne køretøjer kan sendes på gaden i større omfang – og almindelige brugere kan indgå i afprøvningen af dem – må der etableres et net af tankstationer i de områder, der skal bruges til demonstration. Det forudsætter også, at der bliver tale om standardisering af lager- og optankningsteknologi, så de enkelte køretøjer i princippet kan tankes overalt.

Lagringsteknologier til brint

Brint kan lagres enten i flydende form (ved nedkøling), bundet i flydende stoffer (f.eks. metanol eller ammoniak), under tryk (ved komprimering) eller bundet i faste materialer (f.eks. metalhydrider).

Op igennem 1990-erne og indtil nu, er der blevet arbejdet med forskellige brintlagringsteknologier, fx brint nedkølet til flydende form i højisolerede tanke, lagring i metalhydrider ved lavt tryk og lagring i højtrykstanke med tryk på 200, 300 eller 350 bar. Flere andre lagringsteknologier er på eksperimentstadiet.

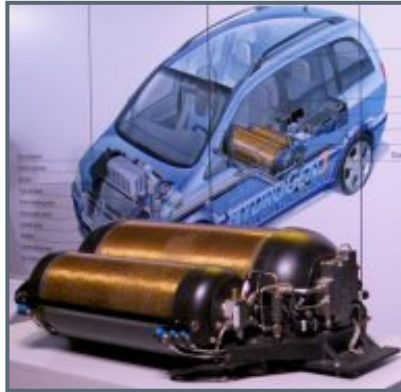
Flydende lagring

Brint kan lagres i flydende form ved nedkøling til -253 grader og giver en forholdsvis god energitæthed. I de senere år er flere bilfabrikanterne gået væk fra anvendelsen af flydende lagring, da det kræver en del energi at nedkøle brint, og da der tillige kan være sikkerhedsmæssige problemer forbundet med de udslip af brint, der er nødvendige for at undgå trykopygning i tanken.

¹ United States Department Of Energy

Tryklagring

Efter 2001 er tryklagring ved 350 bar blevet det mest udbredte valg, og senest arbejdes der med tryk helt op til 700 bar. Ulempen er, at det koster meget energi at komprimere brint. Dertil kommer udfordringerne ved at designe et sikkert lager under så høje tryk. I de senere år har GM i samarbejde med Suzuki, senere også bl.a. Nissan og Toyota – arbejdet med tanke med et lagringstryk på 700 bar. Det giver basis for ca. 70 % mere brint i en tank af samme volumen i forhold til 350 bar. Mange nyere brint-tankstationer er derfor indrettet til – eller forberedt for - både at tanke med 350 og 700 bar tryk.



GM præsenterede i december 2002 Opel "Hydrogen 3", der var baseret på Zafira-modellen.

Der findes 2 versioner. Den ene med brint under tryk var det første køretøj i verden, der benyttede lagring ved 700 bar. Den samlede kapacitet på 3,1 kg brint var af hensyn til plads-forholdene under bagsædet delt på to tanke på i alt 77,4 liter, og gav en rækkevidde på ca. 270 km.



Den anden version benytter brintlagring i flydende form. Tanken på 68 liter rummer 50 % mere brint (4,6 kg) og har tilsvarende længere rækkevidde på ca. 400 km.

Metalhydridlagring

Lagring i metalhydrider er indtil videre på forsøgsstadiet, når det gælder anvendelse i transportmidler. Bl.a. forskes der i nye komplekse metalhydrider, hvoraf nogle dem, bl.a. magnesiumforbindelser, har et potentiale for at opfylde de opstillede krav. Udfordringerne ved de komplekse hydrider er bl.a. en høj driftstemperatur.

Der er forventninger til, at ny viden indenfor nano-teknologi vil kunne anvendes til at designe andre faste materialer med henblik på brintlagring.

Kemisk lagring

I de senere år er der også kommet fokus på såkaldt kemisk lagring af brint, hvor den bindes i andre materialer. Et eksempel er den meget omtalte, dansk udviklede "brint-pille" hvor brint bindes i form af flydende ammoniak, som så igen bindes i et salt.

Ulempen ved kemisk lagring er, at der dannes et reststof når brint frigives fra lagringsmaterialet. Dette reststof er i nogle tilfælde giftigt og kræver et retursystem, så det kan anvendes til at lagre brint igen. Nogle af de kemiske lagringsmaterialer er desuden dyre og der er store energitab ved binding og frigivelse af brint i materialet.

Den danske "brintpille" har tilsyneladende også nogle af disse problemer. Bl.a. skal et reststof sendes retur igen, og frigivelsen af brint kræver høje temperaturer (200-300 grader).

2.4 Brint-tankstationer

For at brintdrevne køretøjer kan sendes på gaden i større omfang – og almindelige brugere kan indgå i afprøvningen af dem – må der etableres et net af tankstationer i de områder, der skal bruges til demonstration.

Med udgangen af 2005 vil der på verdensplan være over 100 brint-tankstationer i drift og antallet er i de senere år øget med 20-30 om året. Ca. halvdelen af stationerne findes i USA, ca. 1/3 i Europa (heraf flest i Tyskland) og resten i Asien (primært Japan).

Hovedparten af tankstationerne leverer brint under tryk (CH₂). I henhold til Fuel Cell Today (maj 2005) gælder det over 70 % af samtlige stationer og 92 % af de stationer, der blev etableret i 2004-2005. Stationer, der er bygget i de senere år, er beregnet til tankning af køretøjer med 350 bar tanke, enkelte af de nyeste kan også levere brint med 700 bar tryk.

De fleste tankstationer har hidtil været bygget i relation til lokale forsøg med et mindre antal køretøjer, der har kunnet betjenes med en enkelt station. I de kommende år vil man dog flere steder kunne se udbygning af egentlige netværk af tankstationer. Planerne er længst fremme i Californien, hvor man i løbet af de næste to år regner med at nå op på ca. 50 tankstationer.

Enkelte tankstationer er indrettet til både at kunne tanke naturgas, brint og blandinger af brint og naturgas ("Hythane"). En tankstation af denne art blev i 2003 åbnet i Malmö, hvor den benyttes til tankning af 2 bybusser.



Tankstation for brint, naturgas og blandinger af brint og naturgas i Malmö.

Hjemmesiden www.h2cars.de indeholder en opdateret liste over eksisterende og planlagte brinttankstationer og brintkøretøjer i verden. Status p.t. er 99 tankstationer i drift og 79 planlagte.

IPHE (International Partner Ship for the Hydrogen Economy) har også igangsat et initiativ til "mapping" af brint demonstrationsprojekter på verdensplan. Se verdenskortet over brint projekter på: <http://www.iphe.net/NewAtlas/atlas.htm>

2.5 Brintdrevne køretøjer – historie og status

De første brintdrevne køretøjer blev bygget for mere end 30 år siden. GM præsenterede i 1967 en varevogn med en lille 5 kW brændselscelle. Den kom dog kun i brug på et lukket område. I 1970 ombyggede Karl Kordesch, der var professor ved universitetet i Graz i Østrig og senere bosat i Ohio, USA, en Austin A 40 til brændselscelle-drift og benyttede den til bykørsel. I begge tilfælde benyttedes alkaliske brændselsceller, som var udviklet til rumfartsprojekter i 1960-erne.

I USA og Japan blev en række biler med forbrændingsmotorer, der var modificeret til brintdrift, lanceret i løbet af 1970-erne og 1980-erne. BMW præsenterede således sin første brint-prototype bil med 3,5 liters motor, der senere blev fulgt af tre lignende prototyper i 1984, 1990 og 1996. Mercedes-Benz fremstillede i 1984 en forsøgsserie på 10 køretøjer, der var i drift i Berlin i en 5-års periode, og kørte i alt over 250.000 km.

Både hos BMW og Mercedes-Benz var der tale om køretøjer, der både kunne køre på brint og benzin, så at man ikke var afhængig af optankningsmuligheder for brint.

Både ved løsningen med brændselsceller og ved ombygning af motorer til brintdrift var der nogle forhindringer, der skulle overvindes. De alkaliske brændselsceller krævede brint med meget høj renhed, og rensedstyr og anden hjælpeteknologi fyldte meget mere end selve brændselscellerne. Desuden var der problemer med levetiden for cellerne. Med de ombyggede forbrændingsmotorer var et af problemerne, at motoreffekten blev reduceret med 50-60 %. Og fælles for begge løsninger var problemet med at få plads til et brintlager af tilstrækkelig størrelse. Både i tryktanke og nedkølet til under – 253 grader fylder brint væsentligt mere end benzin eller diesel, og flere af køretøjerne kunne derfor kun køre 100-150 km på en optankning.

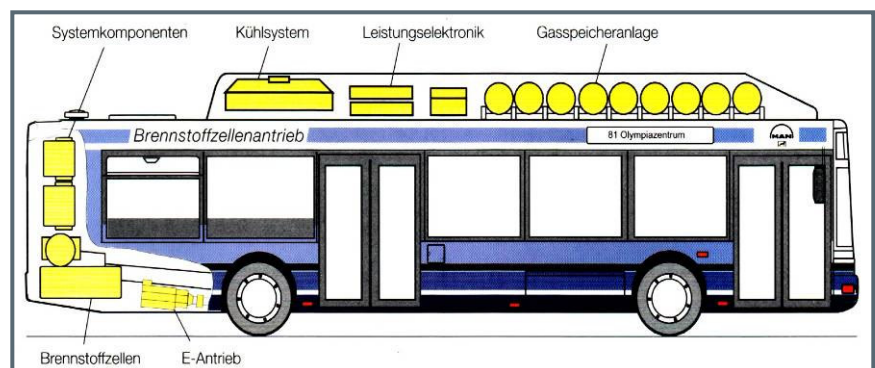
Busser i forsøgsdrift

Problemet med at få plads til en rimelig tankkapacitet var lettere at løse på busser, hvor tankene kunne anbringes på taget. Det blev derfor især busser, der i løbet af 1990-erne kom til at levere praktiske erfaringer med brintteknologi i daglig drift.

Samtidig var der sket et afgørende teknologisk gennembrud på brændselscelle-området, idet den canadiske producent Ballard havde introduceret PEM-brændselsceller i sin første brintbus-prototype P1 i 1993. I denne celletype er de alkaliske cellers flydende elektrolyt (kalilud) erstattet af en tynd polymermembran. Lav vægt og mere kompakt konstruktion gjorde PEM-cellerne velegnede til mobile anvendelser.

Ballards P1 fra 1993 blev fulgt op med de større busser P2 fra 1995 og P3 fra 1997. Seks eksemplarer af den sidste blev i perioden 1998-2000 afprøvet i regulær rutedrift i Chicago og i Vancouver-området med tilfredsstillende resultat.

I Europa byggede den belgiske busfabrik Van Hool i 1994 en prototype med ombygget MAN dieselmotor som led i et EU-projekt. Den kom aldrig i egentlig drift, men blev fulgt op med en lignende MAN-bus, der i 1996-98 blev testet på ruter i Bayern. I 2000 fulgte MAN dog Ballards koncept og præsenterede sin første bus med PEM-brændselsceller.

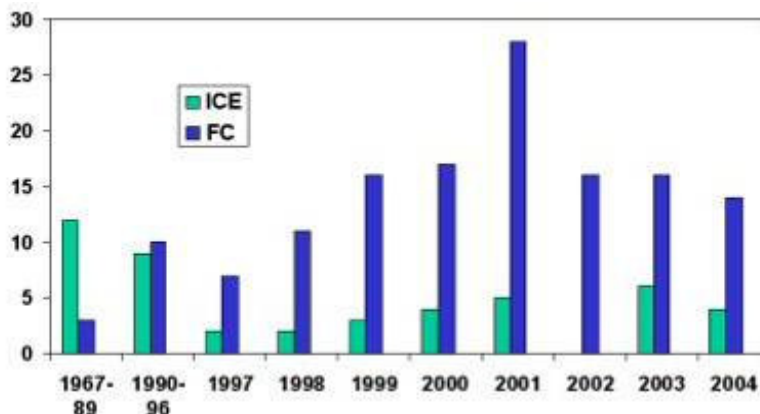


Bus med brændselsceller og brinttanke placeret på taget. (MAN, 2000)

Flere prototyper med PEM-brændselsceller

Lanceringen af PEM-brændselscellerne flyttede i løbet af få år interessen fra løsninger med ombyggede benzin- eller dieselmotorer til brændselscelle-baserede løsninger, både i busser og personbiler. Det illustreres tydeligt på figuren herunder, der viser fordelingen på de to konkurrerende teknologier for 185 bil- og busprojekter i perioden 1967-2004. Opgørelsen er baseret på den tyske hjemmeside www.h2cars.de, der indeholder data for over 200 brintdrevne køretøjer (ud over biler og busser er det også trucks og forskellige specialkøretøjer).

En vigtig fordel ved brændselscelle-løsningen var, at der kunne opnås en større energieffektivitet end med forbrændingsmotoren. Mens der med motorerne kun kom omkring 20 % af den energi, der blev fyldt på tanken i form af brint, ud til de drivende hjul, kunne brændselsceller og elektriske drivmotorer bringe effektiviteten "fra tank til hjul" op over 40 %. Til gengæld var brændselscellerne stadig meget dyre, men der var en forventning om en betydelig reduktion af prisen, når der blev tale om egentlig masseproduktion.



Antal præsenterede prototyper til biler og busser med brintdrift i perioden 1967-2004. ICE: Forbr.motor FC: Brændselsceller



NECAR-1 (1994)



NECAR 2 (1996)



NECAR 4 (1999)

DaimlerChryslers "NECAR"-serie (hvor NECAR står for "New Electric Car") kom til at spille en væsentlig rolle i de følgende års udvikling af brændselscelle-løsninger. På NECAR 1, der blev lanceret i 1996, fyldte det tekniske udstyr det meste af en stor varevogn. NECAR 2, der kom to år efter, var en minibus med plads til passagerer. Brændselscellerne var anbragt under bagsædet og tanke m.v. på taget, som på busserne. NECAR 4, der kom i 1999, var baseret på den lille "A-klasse" Mercedes, og her var al teknikken, bortset fra tanken, anbragt i den bærende platform under gulvet i passagerummet. Blot 5 års teknologisk udvikling havde bragt brintløsningen ned i et format, der kunne bruges i en mindre personbil.

En række andre bilfabrikker præsenterede også prototyper med brint og brændselsceller i slutningen af 1990-erne. Ford, der var gået sammen med DaimlerChrysler og Ballard om firmaet XCELLSIS, der skulle udvikle drivenheder til biler og busser, baseret på PEM-brændselsceller, præsenterede sin "P 2000" i 1999. I Japan kom de første brint-prototyper fra Toyota og Honda i henholdsvis 1996 og 1999.

Brint eller metanol ?

Vanskelighederne med at få plads til tilstrækkelig meget brint med en acceptabel tankstørrelse fik adskillige bilfabrikker til at eksperimentere med andre brændstofmuligheder. Metanol blev betragtet som det mest attraktive alternativ til brint, fordi det kan tankes og opbevares fuldstændig som benzin. Det flydende metanol skal i køretøjet spaltes ("reformerer") til brint, der kan benyttes i brændselscellerne.

Det første brændselscelledrevne køretøj på metanol var en bus, der blev bygget af Georgetown University i samarbejde med firmaet H-Power i 1996. Bussen havde et "hybridsystem" med brændselsceller og batterier og en rækkevidde på ca. 300 km. Tre eksemplarer blev afprøvet forskellige steder i USA som led i et program fra det amerikanske energiministerium.

I 1997 byggede GM en hybridversion af sin batteridrevne el-bil EV-1 med brændselsceller og metanolreformer. Toyota præsenterede samme år en metanol-version af sin brint-prototype fra 1996, hvor rækkevidden var forøget fra 250 til 500 km. Også andre bilfabrikker som Daihatsu, VW og Mazda fulgte trenden i 1999-2001.

DaimlerChrysler brugte også metanol i NECAR 3, der i 1997 var den første prototype i personvognsformat. Her var der dog kun plads til 2 personer, fordi reformer og andet tilbehør fyldte resten af passagerkabinen. I NECAR 5, der kom fire år efter, demonstrerede man dog, at også denne teknologi kunne reduceres så meget i omfang, at den kunne ligge under gulvet, som i den rene brintløsning på NECAR 4.



DaimlerChyslers to prototyper med metanol-lagring – NECAR 3 fra 1997 og NECAR 5 fra 2001. (ill: DaimlerChrysler)

Der var dog stadig problemer med reformer-teknologien, først og fremmest mht. pris, energieffektivitet og opstartstid, og det har ført til, at stort set alle bilfabrikker har opgivet denne løsning. GM sagde officielt farvel til metanol i 2001 og i 2004 besluttede USA's energiministerium DOE at stoppe udviklingsprogrammet for "on-board-reforming" af metanol, benzin og andre flydende brændstoffer.

Det betyder dog ikke, at metanol definitivt er ude af billedet som fremtidigt brændstof til transport. Metanol anses stadig for en mulig overgangsløsning. I Danmark har energiselskabet Elsam f.eks. udviklet et visionsoplæg kaldet VEnzin hvor benzin på kort sigt blandes med ethanol produceret ud fra biomasse, og på lang sigt iblandes metanol der er produceret ud fra en kombination af CO₂ opsamling og brint produceret med vindmøllestrøm. Læs mere om visionsoplægget på www.venzin.dk

Ud over, at metanol kan iblandes benzin og anvendes i forbrændingsmotorer, er der også udviklet brændselsceller, med PEM-teknologi, der direkte kan anvende metanol. De benyttes indtil videre i små applikationer – f.eks. bærbare computere – der forventes markedsført indenfor de nærmeste år. Meget vil derfor afhænge af, om disse brændselsceller også udvikles, så de kan konkurrere m.h.t. pris, effektivitet og levetid med rene brint-løsninger.

Brintkøretøjer i praktisk testkørsel

I 2001 kulminerede antallet af brændselscelle-drevne prototyper til biler og busser. Samtidig blev en del køretøjer sendt i praktisk afprøvning i daglig trafik. I 2001 leverede DaimlerChrysler en "Sprinter" varevogn til pakketransportfirmaet Hermes i Hamburg. Den supplerede de seks brintdrevne varevogne med forbrændingsmotor, der i 1999-2000 var taget i brug af dette og andre firmaer i Hamburg. Alle 7 køretøjer blev indsat i normal daglig drift, og der blev i 1999 bygget en tankstation til at levere den fornødne brint.

På busområdet blev de tidlige forsøg fra 1990-erne i 2003 suppleret med det EU-finansierede CUTE-project (CUTE = Clean Urban Transport in Europe), der omfattede 27 busser i regulær rutetrafik i 9 europæiske byer (bl.a. Hamburg og Stockholm). Parallelt hermed blev 3 tilsvarende busser sat i drift i Reykjavik. Her blev tankstationen indviet i foråret 2003 og de tre busser sat i drift et halvt år senere.

De 30 busser til CUTE-projektet og det islandske ECTOS-projekt er leveret af DaimlerChrysler. Tilsvarende serier af busser er i drift i Perth i Australien og vil i efteråret 2005 blive taget i brug i Beijing.

Også brintdrevne personbiler er i de sidste 4-5 år kommet ud i den daglige trafik i stigende antal. Sidst i 2002 konkurrerede Toyota og Honda om, hvem der kunne komme først på gaden i Japan og Californien. Resultatet blev, at den 2. december 2002 leverede Honda den første af fem biler til bystyret i Los Angeles og en tilsvarende til et japansk regeringskontor.

Præcis samme dag fik to universiteter i Californien og 4 japanske ministerier hver leveret en Toyota. De to universiteter har senere fået yderligere 2 biler hver. Honda har planer om levering af omkring 30 biler til demonstrationsbrug i løbet af 2005.

DaimlerChrysler har omkring 50 eksemplarer af den seneste version af sin "A-klasse" NECAR i demonstrationsdrift i Europa, USA, Japan og Singapore, Ford har planer om udstationering af ca. 40 køretøjer bl.a. i Canada og flere andre bilfabrikker har mindre prøveserier undervejs. I alt må det forventes at omkring 40 busser og 150 biler vil være i "demonstrationsdrift" inden udgangen af 2005.



I Reykjavik er både brint-tankstationen og brintbusserne blevet en del af hverdagen. Frem til april 2005 havde de tre bybusser kørt i alt ca. 65.000 km i normal rutefart. Passagererne er glade for de nye støjsvage busser, og den eneste synlige ulempe er, at der er lidt færre sæder, fordi teknikken stadig tager plads op bag i bussen.



Denne DaimlerChrysler "F-Cell" er indregistreret og bruges til demonstration på de europæiske landeveje. Når den på billedet holder på en rød løber skyldes det alene, at den netop har afleveret Islands statsminister direkte i konferencsalen ved åbningen en konference i Reykjavik, der fulgte op de første to års brinterfaringer i april 2005.

Leasing af brint-køretøjer til private

De små serier af demonstrationskøretøjer, der hidtil er blevet sendt på gaden, er gået til specielt udvalgte kundegrupper – først og fremmest offentlige myndigheder, universiteter og private firmaer med større køretøjsflåder. Der er ikke tale om salg af køretøjer, men om leasing over en aftalt periode, og priserne for leasing-aftalerne (i de tilfælde, hvor de er offentliggjort) er ret forskellige.

Den Honda FCX, der blev leveret til Japans regering i december 2002, blev leaset på en 12-måneders kontrakt for 6.500 US\$ pr. måned, mens beløbet for hver af de tilsvarende biler til de to californiske universiteter, der blev leveret samtidig, kun var 500 US\$ pr. måned i en 2-års periode. De tilsvarende priser fra Toyota lyder på 9.800 US\$ og 10.000 US\$ pr. måned i en 30-måneders periode til henholdsvis de japanske ministerier og bystyret i Los Angeles.

Disse beløb – der normalt også inkluderer forsikring og vedligeholdelse - afspejler dog ikke den reelle kostpris. Da køretøjerne ikke er til salg kender man ingen egentlig salgspris, men i forbindelse med Honda's leasingaftaler har beløb for køretøjets værdi på flere mio. dKr været nævnt.

En udvidelse af leasing-ordningerne til også at gælde "almindelige" bilbrugere vil være et naturligt næste skridt i udviklingen. På denne måde vil fabrikkerne få et mere realistisk billede af, hvad bilerne kan blive udsat for i praksis, således at de fleste problemer og svage punkter kan fjernes, før der bliver tale om egentlig produktion.

Honda annoncerede allerede i 2004, at man omkring starten af 2006 ville begynde at lease FCX-modellen til udvalgte private brugere i Californien til en pris på 500 US\$ pr. måned. Og allerede den 29. juni 2005 kunne man præsentere familien Spallino i Rolanda Beach som den første californiske familie, der havde leaset en Honda FCX med brændselsceller.

Som en af grundene til valget af familien angiver Honda, at den allerede har en Honda Civic, der kører på naturgas, således at man er vant til ikke at have ubegrænsede muligheder for optankning. Der vil dog være flere af Californiens 15 nuværende brint-tankstationer indenfor familiens rækkevidde. Bilen skal bl.a. bruges til daglig pendling (ca. 65 km hver vej). Den kan køre ca. 300 km på en optankning.



Californiens – og verdens ? – første familie med en brintbil til daglig brug. (Fotos: Honda)

Hvornår brændselscelle-bilerne bliver kommercielle er der meget forskellige bud på. Daimler Chrysler har meddelt gentagende gange at deres brændselscelle biler kan konkurrere på kommercielle vilkår i år 2010, mens General Motors siger 2015 og Toyota mere forsigtigt holder fast i år 2020.

De mange udmeldinger om årstal bør dog tages med et vist forbehold da adskillige bilproducenter allerede omkring årtusindskiftet sagde at 2005 ville blive året hvor masseproduktion startede.

Erfaringer med brintbiler i Danmark

I 1998-2001 bevilgede Energistyrelsens daværende brintprogram midler til udviklingen af to brintkøretøjer hos henholdsvis Folkecenteret og IRD Fuel Cells.

De projekter tog ikke sigte på fremtidig dansk bilproduktion, men havde som primært formål at skaffe danske virksomheder teknologisk viden på komponent- og systemområdet. Hovedvægten i brintprogrammet lå på brintproduktion med vedvarende energikilder – fx vindkraft – og på anvendelse i transportsektoren.

Senest er der i 2005 udviklet endnu et prototype-køretøj af studerende på DTU. Køretøjet blev bygget i forbindelse med Shell Eco Maraton løbet og vandt i øvrigt løbets "Urban Concept" klasse med et brintforbrug ækvivalent med 671 km pr. liter benzin.

IRD Brændselscelle-bilen

IRD Fuel Cells A/S har i samarbejde med FIAT bygget en brændselscelle-version af fabrikkens batteribil Seicento Elettra. Der benyttes en hybrid-løsning med 5 kW PEM-brændselscelle kombineret med et reduceret batterilager og en 30 kW elmotor. Brint lagres i 6 specielt udviklede letvægts trykflasker på 9 liter hver med 200 bars tryk. Det giver en maksimal rækkevidde på ca. 130 km.

Folkecenterets brintbil

Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi har ombygget en Ford Focus med en 2-liters motor ombygget til brintdrift. Motoreffekten for den brintdrevne udgave er på 46 hk – eller 35 % af den benzindrevne versions. Brinten lagres i 10 af IRD's 9-liters, 200 bars letvægts-trykflasker, som giver bilen en maksimal rækkevidde på ca. 100 km. Folkecenteret har siden 1994 arbejdet med brintteknologi og har et elektrolyseanlæg, der fremstiller brint på basis af vindmøllestrøm.

DTU brintbilen

En gruppe DTU studerende udviklede i 2005 et prototype brintkøretøj som led i deltagelsen i Shell Eco Maraton løbet, hvor køretøjer dystes om at anvende mindst muligt brændstof pr. km. DTU køretøjet har en brændselscelle på 1,8kW og brint lagres i en ståltrykflaske ved 200 bar. DTU køretøjet vandt løbets "Urban Concept" klasse.

Ingen af de danske brintbil-prototyper er indregistreret og godkendt til kørsel. Der findes p.t. heller ingen officielle godkendelseskrav til brintdrevne køretøjer i Danmark



Fiat Seicento Elettra, ombygget til brintdrift (IRD Fuel Cell A/S)



Ford Focus med motor ombygget til brintdrift (Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi)



DTU brændselscelle koncept bil (Danmarks Tekniske Universitet)

Andre brintdrevne køretøjer

Selv om offentlighedens og mediernes opmærksomhed hovedsageligt har været koncentreret om bilerne, arbejdes der også med anvendelse af brint i andre køretøjer til landevejsbrug.

Markedet for motoriserede to-hjulede køretøjer er i stærk vækst – ikke mindst i Asien. Af den globale produktion på ca. 17 millioner scootere anslås det, at ca. 10 mio. sælges i Kina og 3 mio. i Indien. Forureningsproblemerne i de asiatiske storbyer har ført til stigende interesse for og en afgiftsmæssig favorisering af elektriske køretøjer med batterier. Flere firmaer og forskningsinstitutter har desuden præsenteret prototyper til brintdrevne modeller, der i forhold til batteriløsningerne udmærker sig ved lavere vægt og længere rækkevidde.

Også el-cykler – dvs. cykler hvor en elmotor supplerer pedalarbejdet – har vundet en vis udbredelse i de seneste 10 år på nogle markeder. Også på dem vil brintteknologi kunne tilbyde vægtmæssige fordele, samtidig med at man får længere rækkevidde og undgår lange opladningstider.



Brintdrevet scooter (Aquon Technologie 2003)



Cykel med brændselsceller (Aprilia 2004)

Når det gælder de to-hjulede køretøjer konkurrerer de brintdrevne løsninger med en teknologi, der i forvejen er forholdsvis dyr (batteridrift). Samtidig er der tale om ret små effektkrav. Det kan derfor ikke udelukkes, at der sker et kommercielt gennembrud for brint-teknologien på dette område, før det kommer indenfor bilindustrien.

3. Udvikling af Hydrogen Link - Danmark

Opgaven for Hydrogen Link i Danmark har været at identificere mulige placeringer af brint-knudepunkter (H2 HUB's) i Jylland.

I Jylland var der inden projektets start ingen koordinerede aktiviteter hvad angår brint til transport. Brint-relaterede aktiviteter var primært begrænset til Ringkjøbing Amt, der siden 2003 har beskæftiget sig intensivt med området.

Udfordringen var derfor at starte på bar bund med dels, at få identificeret potentielle placeringsmuligheder for tankstationer i Jylland, og samtidig at identificere de lokale aktører som kunne sikre en realisering af tankstationerne.

I begyndelsen af projektet blev der udviklet et "filteranalyse-værktøj", der var tænkt anvendt på Regionsområderne i Jylland (Nord-, Øs-, Vest- og Sønderjylland). De forskellige områder skulle analyseres ud de viste filtre i boksen ved siden af.

En yderligere beskrivelse af de enkelte filtre kan findes på:

 <http://www.hydrogenlink.net/dk/hydrogenlink/download-network.asp>

H2 HUB områdefiltre:

1. Transportfilter
2. Energi-infrastruktur-filter
3. Industri-filter
4. Uddannelses-filter
5. Netværks-filter
6. Græsrods-filter
7. Brint-filter

Tanken var, at data fra de forskellige filtre, kunne bruges til at identificere de mest fordelagtige placeringer af brint tankstationer i lokalområdet. Der blev udarbejdet et dokument som blev rundsendt til ca. 140 lokale aktører, herunder virksomheder, erhvervsorganisationer og erhvervsafdelingerne i kommunerne.

Der kom en del tilbagemeldinger fra aktørerne, men det blev hurtigt klart, at det var meget vanskeligt for de lokale aktører, at forholde sig til en for dem, så "ny" ide om brint-tankstationer, og samtidigt at skulle være dem der udviklede konceptet for deres lokale H2 HUB. Samtidig har de fleste lokale aktører begrænsede ressourcer til at igangsætte et sådant "udviklingsarbejde".

Selve filtrene i systemet fungerer dog udmærket og er en god måde til at vurdere et områdes potentiale for en H2 HUB, men det er vanskeligt at finde de lokale aktører til at gennemføre opgaven.

Alternativt blev der i stedet lagt vægt på afholdelsen af en workshop i Århus i juni 2005. Den blev brugt til at orientere aktører fra lokalområder om tankerne bag projektet og teknikken omkring omkring brint til transport. Samtidig blev der skabt en kontakt mellem de enkelte lokalområder.

Det blev også hurtigt klart, at det ikke ville være muligt, men heller ikke relevant, at identificere ret mange H2 HUB placeringer. I stedet blev Jylland som område screenet overordnet for at gruppere områderne ud fra deres egenskaber i forhold til filtrene. Efterfølgende blev der taget kontakt til en række nøgle aktører indenfor hver region, som blev vurderet til at kunne varetage en H2 HUB. De fleste af aktørerne blev fundet på workshopen. På denne måde blev det muligt at udvikle otte H2 HUB cases fordelt ud over Jylland. Efterfølgende blev der indkaldt til en ny workshop i september i Aalborg, hvor de enkelte H2 HUB cases blev præsenteret. Derigennem skete der også en udveksling af viden og erfaringer mellem de forskellige lokale aktører.

Samlet har den største udfordring været, at identificere de lokale aktører og motivere dem til at igangsætte arbejde omkring en H2 HUB. Det kræver et længere forløb, hvor de lokale aktører dels har tid til at opbygge en forståelse for brint-teknologien, og hvor der samtidig sker en grundig analyse af området for at sammensætte en unik H2 HUB case, der er forankret i lokalområdet. Det anbefales derfor også at der i en fase 2 af Hydrogen Link arbejdes videre med identifikationen af dels nye H2 HUB's og yderligere specificering af de allerede fundne.

I det næste afsnit gives en oversigt over de identificerede H2 HUB placeringer, og i de efterfølgende afsnit beskrives hver H2 HUB case detaljeret.

3.0 Oversigt over de identificerede H2 HUB's

Gennem kontakt til lokale aktører samt overordnet screening af regionerne i Jylland er otte mulige placeringer af lokale H2 HUB's blevet identificeret. Kortet på denne side giver et overblik de forskellige H2 HUB placeringer og den teknologi der forventes anvendt.

Brintdrevne prototype køretøjer i dag har en aktionsradius på omkring 300 km, og for nogle af dem 400 km. Dette kan forventes, at være forbedret til den tid de viste H2 HUB's kan være etableret. Antallet af H2 HUB's gør det derfor i princippet muligt for et brintkøretøj at bevæge sig rundt i hele Jyllands-området, dvs. en gennemgående brint-korridor kan skabes med de viste H2 HUB's.

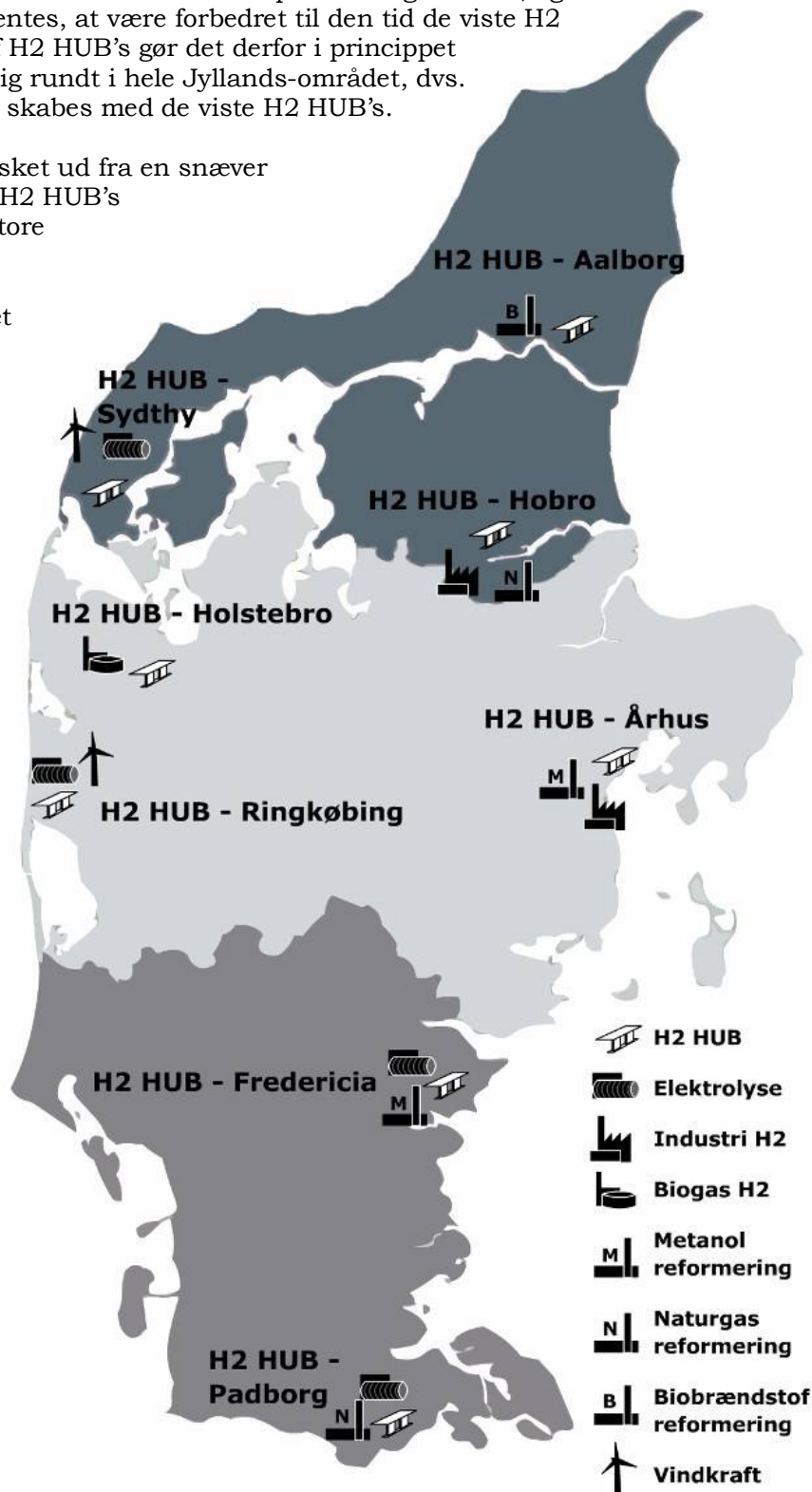
Placeringen af H2 HUB's er dog ikke sket ud fra en snæver "korridor-tankegang". Så skulle alle H2 HUB's eksempelvis være placeret langs de store gennemgående vejforbindelser.

I stedet er H2 HUB placeringerne sket ud fra hvor de bedste muligheder findes for demonstration og udvikling af forskellige produktions- og lagringsteknologier, samt afprøvning af forskellige typer brintkøretøjer i lokalområdet. De forskellige H2 HUB's skal således opfattes som demonstrationsanlæg, der ikke kan forvente en kommerciel drift.

De otte identificerede H2 HUB's er alle i de indledende faser, hvor forprojekter er nødvendige for at specificere hver enkelt H2 HUB case, inden en decideret etablering kan igangsættes i et demonstrations-projekt.

Nogle af de viste H2 HUB's bygger på initiativer, der er igangsat inden opstarten af Hydrogen Link projektet og derfor er forholdsvis konkrete, mens andre først er blevet identificeret i forbindelse med projektet, og derfor endnu ikke er bearbejdet i detaljer.

Ud over de viste H2 HUB's er der også blevet identificeret en række andre placeringer, som det ikke har været muligt at få specificeret indenfor fase 1. Bl.a. er Esbjerg et oplagt sted, at demonstrere en H2 HUB med maritime transport applikationer, f.eks. færgedrift da den lokale skibs-



fartsindustri vil kunne deltage heri. Desuden er Esbjerg strategisk godt placeret i forhold til vindmølleparken Horns Rev og naturgas landføringen fra Nordsøen. Hanstholm, Hirtshals og Frederikshavn er ligeledes også vigtige byer i relation til NTN-korridoren, som kunne være interessante H2 HUB cases i relation til færgeforbindelserne nordpå mod Norge og Sverige. Det anbefales derfor også, at en fase 2 af Hydrogen Link projektet varetager en videreførelse af arbejdet med, at videreudvikle ideerne i de nævnte byer og andre relevante områder i Danmark.

Nedenfor er vist et oversigtsskema over de væsentligste data/information for hvert af de otte identificerede H2 HUB's.

I de efterfølgende afsnit beskrives hver H2 HUB case detaljeret.

H2 HUB - Sydthy	
Energikilde:	Vindkraft
H2-produktion:	Elektrolyse
H2-lagring:	Tryklagring
H2-konvertering:	Forbrændingsmotor
Køretøjstyper:	Rute og turistbusser
Projektplacering:	Hurup By
Status:	Standby siden år 2001
Projektansvarlig:	Nordvestjysk Folkecenter

H2 HUB - Aalborg	
Energikilde:	Rapsolie/biobrændsel
H2-produktion:	Reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2 konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Busser/små køretøjer
Projektplacering:	Aalborg Universitet
Status:	Opstarts- og ide-fase
Projektansvarlig:	Aalborg Universitet

H2 HUB - Holstebro	
Energikilde:	Biomasse/biogas
H2-produktion:	Fermentering/reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projekt placering:	Nupark, Holstebro
Status:	Opstarts- og ide fase
Projektansvarlig:	H2 Logic/Ringkjøbing Amt

H2 HUB - Hobro	
Energikilde:	Naturgas
H2-produktion:	Reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Hobro By
Status:	Forprojekt ansøges
Projektansvarlig:	Cemtec

H2 HUB - Ringkøbing	
Energikilde:	Strøm (vindkraft)
H2-produktion:	Elektrolyse
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Brændselsceller/motorer
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Ringkøbing Fjernvarmeværk
Status:	Forprojekt igangsat
Projektansvarlig:	H2 Logic

H2 HUB - Århus	
Energikilde:	Metanol
H2-produktion:	Reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Ikke fastlagt
Status:	Opstarts- og ide fase
Projektansvarlig:	Teknologisk Institut

H2 HUB - Padborg	
Energikilde:	Elektricitet/naturgas
H2-produktion:	Elektrolyse/reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Trucks, APU'er, lastvogne
Projektplacering:	Padborg By
Status:	Opstarts- og idefase
Projektansvarlig:	Institut for Transportstudier

H2 HUB - Fredericia	
Energikilde:	Vind/metanol
H2-produktion:	Elektrolyse/reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Elsam - Fredericia
Status:	Opstarts- og ide fase
Projektansvarlig:	Ikke fastlagt

3.1 H₂ HUB - Aalborg

Af Mads Bang, Institut for Energiteknik, Aalborg Universitet

Projektets overordnede ide er at udbygge den stærke nordjyske position inden for området, grønne transportbrændsler, samt brint og brændselscelleteknologi. Konkret foreslås et demonstrationsprojekt, hvor samspillet mellem produktion af biobrændstoffer og brintteknologi demonstreres i fremtidens **GRØNNE** "tanke"station.

Dette fyrtårnsprojekt skal fungere som udstillingsvindue for de Nordjyske kompetencer på energiområdet, samt danne rammen for en netværksplatform, der sikrer fortsat videneoverføring fra universitetsforskningen og en kontinuert opbygning af kompetencer på energiområdet i Nordjylland.

H ₂ HUB - Aalborg	
Energikilde:	Rapsolie/biobrændsel
H₂-produktion:	Reformering
H₂-lagring:	Ikke fastlagt
H₂-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Busser/små køretøjer
Projektplacering:	Aalborg Universitet
Status:	Opstarts- og ide fase
Projektansvarlig:	Aalborg Universitet

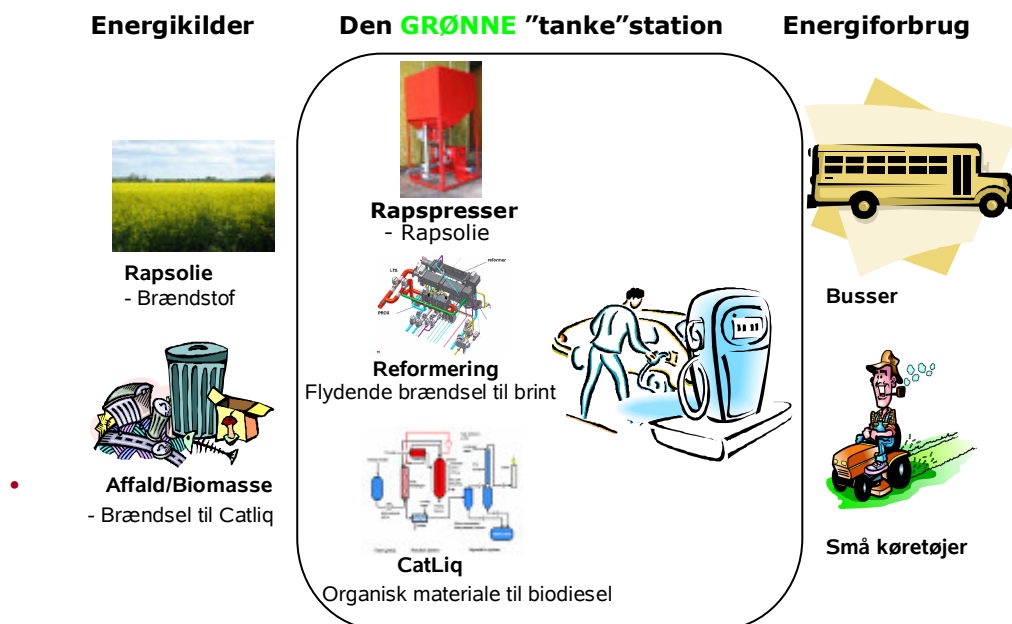
H₂ HUB Aalborg

Det vil gennem projektet blive demonstreret, hvorledes biomasse kan indgå i produktionen af transportbrændstoffer og brint. Der vil blive etableret en tankstation, hvor disse brændstoffer dels kan tankes direkte og dels konverteres til brinholdig gas ved reformering. Anvendelsen af den producerede bio-diesel forventes at blive demonstreret i Aalborgs bybusser, mens brinten vil blive anvendt i små køretøjer til intern transport på Aalborg Universitet og i Aalborg Kommunes park og anlæg.

Projektet vil:

1. Afklare hvordan en bred vifte af grønne energikilder i samspil kan bidrage til den fremtidige energiforsyning
2. Udvikle konkrete løsninger, hvor disse energikilder anvendes i nye og eksisterende produkter
3. Etablere en platform, der positionerer Nordjylland som nøglespiller inden for grøn energi

Nedenfor er vist en princip skitse for en mulig H₂ HUB i Aalborg:



Anvendelse af rapsolie til transportformål

Der findes en bred vifte af olieholdige planter, hvoraf der kan udvindes olie. Dette miljøvenlige brændstof kan anvendes enten direkte i en svagt modificeret dieselmotor eller omdannes til bio-diesel, som kan anvendes direkte i en traditionel dieselmotor. Som en tredje mulighed kan den grønne olie omdannes til en brinholdig gas ved reformering. I forbindelse med den **GRØNNE** "tanke"station vil alle disse teknologier blive afprøvet.

Produktion af bio-diesel fra organisk materiale

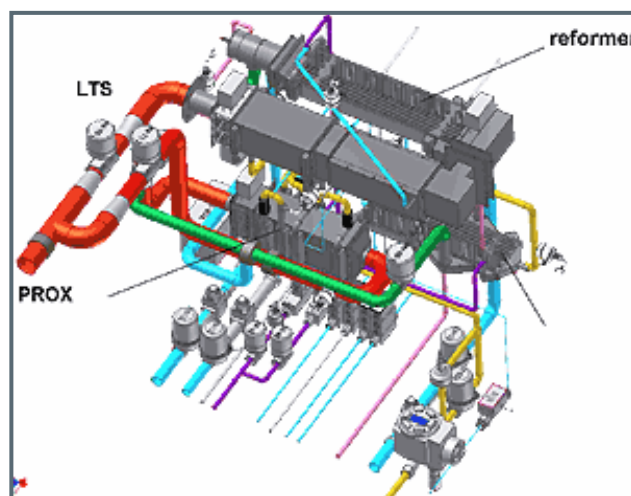
Den danske højteknologiske virksomhed SCF Technologies har udviklet en proces (CatLiq), hvor organisk materiale omsættes primært til bio-diesel og brinholdig gas. Det unikke ved denne proces er muligheden for at lave transportbrændstof ud fra en bred vifte af organisk materiale lige fra affald og spildevand til restprodukter fra landbruget (primært halm). Processen er allerede i dag demonstreret i pilotskala og har vist meget lovende resultater. Med den stadigt stigende mængde affald i verden har dette selvsagt store perspektiver.

Brintproduktion ved reformering

Institut for Energiteknik, AAU har omfattende erfaring med reformering af såvel naturgas som bio-ethanol til brinholdig gas, som kan anvendes i brændselsceller. Denne teknologi kan ligeledes anvendes til reformering af såvel bio-diesel som rapsolie, der begge er produktstrømme i den **GRØNNE** "tanke"station. Med dette koncept skabes et fleksibelt system, som understøtter udbygningen af forskellige produkter baseret på brint som energibærer.

Organisation

Der vil blive etableret et netværk i relation til projektet. På sigt forventes de tekniske skoler også inddraget for at sikre, at der uddannes fagligt personale til servicering af disse nye teknologier.



3D tegning af reformer system til brint produktion

Der er på nuværende tidspunkt kontakt til flere virksomheder med interesse for projektet. Den detaljerede forhandling omkring rammerne for projektet vil imidlertid først blive iværksat såfremt der opnås en positiv tilbagemelding på dette forslag.

3.2 H2 HUB - Sydthy

Nordisk Folkecenter i Sydthy udarbejdede i 2001, under det tidligere danske brintprogram, en projektansøgning om etablering af en brint-tankstation i Sydthy baseret på de store mængder overskuds-vindmøllestrøm i kommunen. Projektet nåede dog ikke, at blive behandlet, da brintprogrammet blev nedlagt i 2001. Siden da har der ikke været arbejdet med projektet.

I mellemtiden er der sat nyt fokus på brint til transport i Danmark, bl.a. med Energistyrelsens offentliggørelse af den nye "brintstrategi". Derfor er Folkecenteret åben overfor at tage projektet op til fornyet overvejelse og interesseret i aktører, der ønsker at deltage.

2001-Projektet "Brintteknologi i transportsektoren"

Formålet med projektet var at opbygge en infrastruktur baseret på brint produceret af overskuds-vindkraft i Thy Mors Energi's forsyningsområde.

Konkret skulle et større elektrolyse- og tankningsanlæg bygges, som kunne forsyne tre brændselscellekøretøjer med brint, samt ombyggede lokale rutebusser med forbrændingsmotor.

Elektrolyse- og tank-anlægget ville blive placeret i Hurup by og anvende overskudsstrømmen fra vindmøllerne i området. Anlægget ville blive leveret af Strandmøllen, ved indkøb af et færdigt system fra Hydrogen Systems i Belgien.

Driften af produktionsanlægget skulle varetages af Thy Mors Energi, som derved ville opnå driftserfaringer med brintanlæg i kombination med el-nettet.

Køretøjerne var tænkt anvendt til intern kørsel i Sydthy kommune, f.eks. i hjemmeplejen. Køretøjerne ville blive udviklet i et samarbejde mellem IRD Fuel Cells og Dansk Gasteknisk Center (DGC), hvor IRD skulle forestå selve systemudviklingen, mens DGC skulle stå for godkendelsen af køretøjerne til drift på offentligt vej.

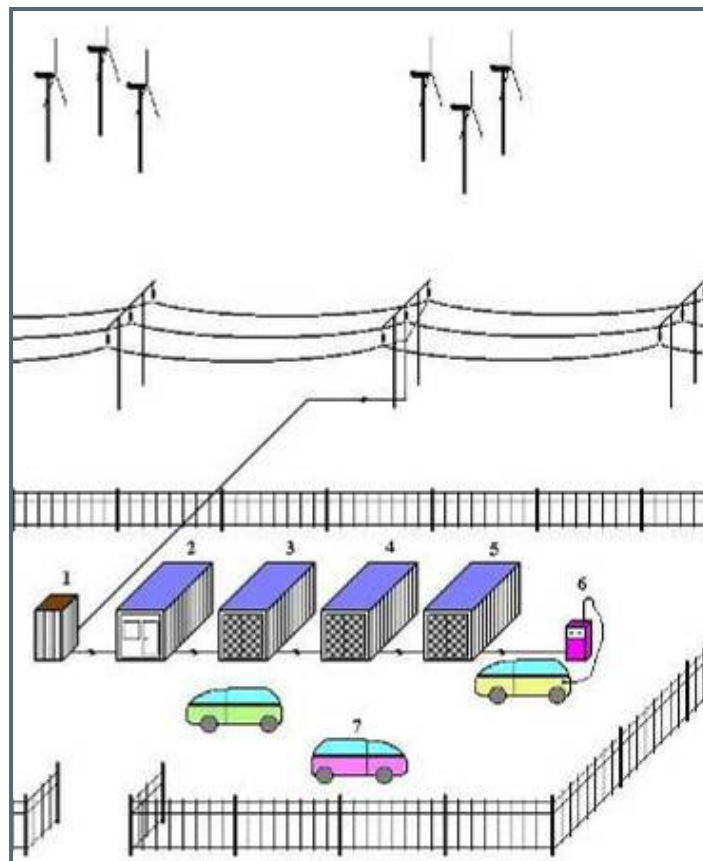
Roskilde Universitets Center og Folkecenteret havde til opgave at lede og gennemføre projektet, bl.a. ved udførelsen af analyser af anlægs- og lagerstørrelse.

Det samlede projekt budget var på 10,6 mio. kr. hvoraf 7,3 mio. kr. til anlæg/udstyr.

Genoptagelse af projektet i Sydthy

I år 2004 producerede vindmøllerne i Sydthy Kommune ca. 97,5 mio. kWh. Strømforbruget i Sydthy er ca. 72 mio. kWh årligt. Overskudsproduktionen af vindmøllestrøm i Sydthy kan derfor forventes at ligge på omkring 25,5 mio. kWh årligt. Kommunen har

H2 HUB - Sydthy	
Energikilde:	Vindkraft
H2-produktion:	Elektrolyse
H2-lagring:	Tryklagring
H2-konvertering:	Forbrændingsmotor
Køretøjstyper:	Rute og turistbusser
Projektplacering:	Hurup By
Status:	Standby siden år 2001
Projektansvarlig:	Nordisk Folkecenter



Koncept forslag til Hydrogen tankstation i Sydthy

1) Transformator 2) Kontrol rum 3) Elektrolyse 4) Kompressor 5) 200 bar lagring 6) tankstation 7) PEM brændselscelle køretøjer

Kilde: Nordvestjysk Folkecenter

altså en selvforsyningsgrad på 135%, og er derfor et meget godt billede på et fremtidigt energisystem hvor vindmøllernes andel af produktionen er øget betydeligt, således at de også kan producere brint til transportsektoren.

I det vestdanske elsystem (Jylland-Fyn) er der i dag installeret 2379 MW vindmøllekapacitet, svarende til 46% af den samlede installerede produktionskapacitet. Det laveste øjebliksstrømforbrug i systemet er 1291 MW, dvs. vindmøllerne kan i perioder teoretisk levere næsten dobbelt så meget strøm som der aftages. I perioder kan balanceringsbehovene i det vestdanske elsystem derfor nå op over 1000 MW.

I dag håndteres dette problem bl.a. ved eksport af overskudsstrøm. Markedsintroduktion af de decentrale kraftvarmeværker kan også forventes at bidrage til håndteringen af balanceringsbehovet.

Politisk er der kommet udmeldinger på at vindmøller i fremtiden skal dække 40-50% af den samlede strømproduktionen. Dette vil yderligere skærpe kravene til balancering af elsystemet. I en rapport² udarbejdet af Incoteco ApS i et projekt støttet af Energistyrelsen, er konklusionen, at der er behov for nye balanceringsteknologier, men at balancering gennem brintproduktion kun bør ske, hvis brinten anvendes til transportformål.

Sydthy Kommune er med sin høje vindproduktion et oplagt sted, at demonstrere, hvordan vind/brint-systemer kan anvendes til at balancere el-nettet. Det er således relevant, at Sydthy-projektet bliver genoptaget og videreført.

Case for "H2 HUB – Sydthy"

Med udgangspunkt i 2001-projekt vil en videreførelse som "H2 HUB – Sydthy" kunne udnytte de mange tidligere kontakter og overvejelser. Nedenfor er skitseret en case:

Energi-input og Energisystem interaktion

H2 HUB'en skal anvende overskudsstrøm fra vindmøllerne i området. Projektet vil i den forbindelse kunne arbejde med udviklingen og afprøvning af systemer og løsninger til håndtering af høje vindmølleandele i et fremtidigt energisystem. H2 HUB'en vil skulle fungere som et såkaldt nedreguleringsanlæg, der i perioder med overskudsvindmøllestrøm producerer brint, som lagres til senere brug i køretøjer.

Driften af nedreguleringsanlægget og udviklingen af modellerne herfor, vil med fordel kunne udføres af Thy Mors Energi, som også var deltager i det tidligere projekt.

Brintproduktion og tankningsanlæg

Gasselskabet Strandmøllen, der var med i det tidligere projekt, vil kunne stå for installationen af brintproduktions- og tankningsanlæg. Selve leverancen vil eventuelt kunne foretages af Norsk Hydro Electrolysers, der siden 2001 har vist stor interesse i deltagelse i danske vind-brint projekter.

Eventuelt vil Handels- og Ingeniør-Højskolen i Herning (HIH) også kunne bruge projektet som en platform for afprøvning af de nye typer elektrolyseanlæg der udvikles.

Anvendelse af køretøjer

Folkecenteret har kontakt til en lokal bus entreprenør der er interesseret i at deltage i en ombygning af et antal busser til brint drift, eventuelt ved brug af forbrændingsmotorer.

Facilitator og analysator rollen

Til at bære projektet igennem et forprojekt der kan lede til selve etableringen, kan Folkecenteret med fordel anvendes. Folkecenteret har allerede en lang række brint-kompetencer, bl.a. gennem opbygningen af et mindre vind-brint system og konvertering af en Ford Focus til brintdrift. Samtidig har Folkecenteret stor erfaring i ledelse og funding af projekter.

² Energistyrelsen: " Electrolysis for Energy Storage & Grid Balancing in West Denmark"

3.3 H₂ HUB - Hobro

I sommeren 2005 lancerede Erhvervscenteret for Energi- og Materialeteknologi, Cemtec, en målsætning om at gøre Hobro til Danmarks brintby nr. 1.

Cemtec arbejder med konkrete planer om etablering af en brint tankstation i umiddelbar nærhed af virksomheden Sintex, der allerede i dag anvender store mængder brint i industri processerne. Ideen er at producere brint ud fra reformering af naturgas, som så kan anvendes både i virksomheden og til forsyning af en tankstation. Projektet er i gang med at ansøge om finansiering til et forprojekt, der skal skitsere et muligt demonstrationsprojekt til realisering af tankstationen.

H ₂ HUB – Hobro	
Energikilde:	Naturgas
H₂-produktion:	Reformering
H₂-lagring:	Ikke fastlagt
H₂-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Hobro By
Status:	Forprojekt ansøges
Projektansvarlig:	Cemtec

H₂obro – Danmarks Brintby nr. 1

I Hobro har en gruppe personer med forskellig baggrund og interesse for brint, i et halvt års tid arbejdet med at sætte en række lokale aktiviteter i værk med det formål, at gøre Hobro til en førende brintby i Danmark. Arbejdet går under navnet H₂obro. Arbejdet varetages primært af det lokale Erhvervscenter for Energi- og Materialeteknologi, Cemtec.

Udgangspunktet for målsætningen er en række gode forudsætninger i Hobro hvad angår en satsning på brint.

Det er bl.a. disse forudsætninger som også danner grundlag for ideerne om en brint tankstation i Hobro.

1. Hobro satser på brint

H₂obro satsningen gør, at der er stor fokus på brint i området, hvilket gør det lettere at aktivere og inspirere lokale virksomheder og myndigheder til at deltage i arbejdet omkring en H₂ HUB.

F.eks. arbejder det lokale Gasmuseum på at udvikle en udstilling om brint, for at sikre formidling af visionerne og tankerne bag brintsamfundet til befolkningen og virksomhederne.

Hobro kommune arbejder også på en forprojektering omkring udlægning af et industriområde dedikeret til brint og brændselscelle relaterede virksomheder. Planen er at området skal have en brint-infrastruktur med brint-rørføringer og brint-tankstation.

2. Cemtec som lokal katalysator/faciliator

En afgørende forudsætning for etablering af en H₂ HUB i et lokal område er en lokal aktør der har ressourcerne og kompetencerne til at bære projektet frem og rejse funding til for- og demonstrationsprojekter.

Cemtec er i spidsen for H₂obro målsætningen og arbejder allerede nu på at anskaffe finansiering af et forprojekt omkring H₂ HUB'en i Hobro.

3. Hobro placeret midt mellem to universiteter

Hobro ligger midt mellem de to videncenter omkring Aalborg og Aarhus Universitet. De to universiteter supplerer hinanden optimalt på brintområdet, hvor Aarhus ligger stor vægt på grundlæggende forskning i f.eks. materialer/katalysatorer til brint lagring og brændselsceller, mens Aalborg fokuserer på forskning i brint og brændselscelle systemer.

Hobro's placering mellem universiteterne gør den oplagt til, at være stedet hvor brint relateret viden fra universiteterne mødes, afprøves, udvikles og kommercialiseres. Hobro har også virksomhederne der er parat til at udnytte viden fra universiteterne til nye brintprodukter. Hobro kommune blev i 2005 kåret som årets Vækstkommune,



godt trukket igennem af 19 vækstkommuner, hvoraf en del vil kunne videreudvikle forretningen til også at indbefatte brintteknologi.

4. Hobro placeret ved motorvejen midt mellem Aarhus & Aalborg
Hobro's placering midt mellem Aalborg og Aarhus, nær ved motorvejen er også en god strategisk placering hvad angår transport infrastruktur.

Motorvejen er både en vigtig transportrute i NTN netværket, og for transporten mellem de to byer. I en fremtidig udrulning af en brint infrastruktur kan Hobro således være oplagt, som et af de første steder at placere en tankstation.

5. Stort brint forbrug i området

Sintex A/S, i Hobro anvender i dag store mængder brint i sin produktion af bl.a. sintermetaller.

Ved etablering af en brint tankstation i Hobro, vil der således fra starten være et afsætningsgrundlag for brint.

6. Synergi mellem R/D og brint produktion

Hybon Nano Technology A/S i Hobro arbejder på at udvikle industri processer til produktion af nanotubes. Produktionen skal ske ved at reformere naturgas til brint og fast kulstof.

Fast kulstof skal bruges til at "dyrke de såkaldte nanotubes, som kan fungere som råmateriale til nye nano plastikkompositter.

Nanotubes kan muligvis også anvendes til brint lagring

En brint tankstation i Hobro baseret på naturgas vil således kunne sikre en god synergi til R/D indenfor nanotubes og nanoteknologi i Hobro området. Netop nanoteknologien kan få stor betydning for udvikling af nye brintlagrings-materialer.



Brintlager ved Sintex A/S



Brint-varmeovn ved Sintex A/S

H2 HUB Hobro

Casen for en H2 HUB i Hobro er en kobling af de ovenfor listede forudsætninger. Tankstationen vil blive etableret i det nye industri område Hobro Kommune påtænker at udlægge til brintrelaterede virksomheder.

Tankstationen skal baseres på en naturgas reformer der producerer, dels fast kulstof til Hybon Nano Technology A/S, og brint til både Sintex A/S virksomheden og brint-køretøjer omkring tankstationen.

Sintex A/S anvender i dag 80-100.000 m³ brint årligt, som leveres i brint-"batterier" engang om ugen. Sintex har vist interesse for, at få brint leveret fra naturgasreformeringen i stedet. Industriområdet for brint, hvor tankstationen placeres ligger i umiddelbar nærhed til Sintex A/S virksomheden.

Beregninger har vist, at en naturgasreformer på 40-50 m³ vil være tilstrækkelig til at forsyne både Sintex A/S og tankstationen.

Cemtec arbejder på, at rejse finansiering til gennemførelsen af et større forprojekt der både skal skitsere planerne for brint industriområdet. samt specificere en plan for etablering af naturgasreformeringsanlægget og brint tankstationen. Det indebærer også en grundig screening af mulige brintkøretøjsapplikationer.

Finansieringen af forprojektet forventes at falde på plads i slutningen af november.

3.4 H₂ HUB - Holstebro

Omdrejningspunktet for tankerne om en brint tankstation i Holstebro er den kommende etablering af verdens største biogasanlæg i området. Biogasanlægget etableres i et nyt erhvervsområde kaldet Nupark, Nordvestjysk Udviklingspark.

Holstebro er derfor et oplagt sted at udvikle og demonstrere brint produktion ud fra biomasse og biogas. Med placeringen i erhvervsparken vil den opsamlede viden kunne videreføres til udvikling af virksomheder indenfor området.

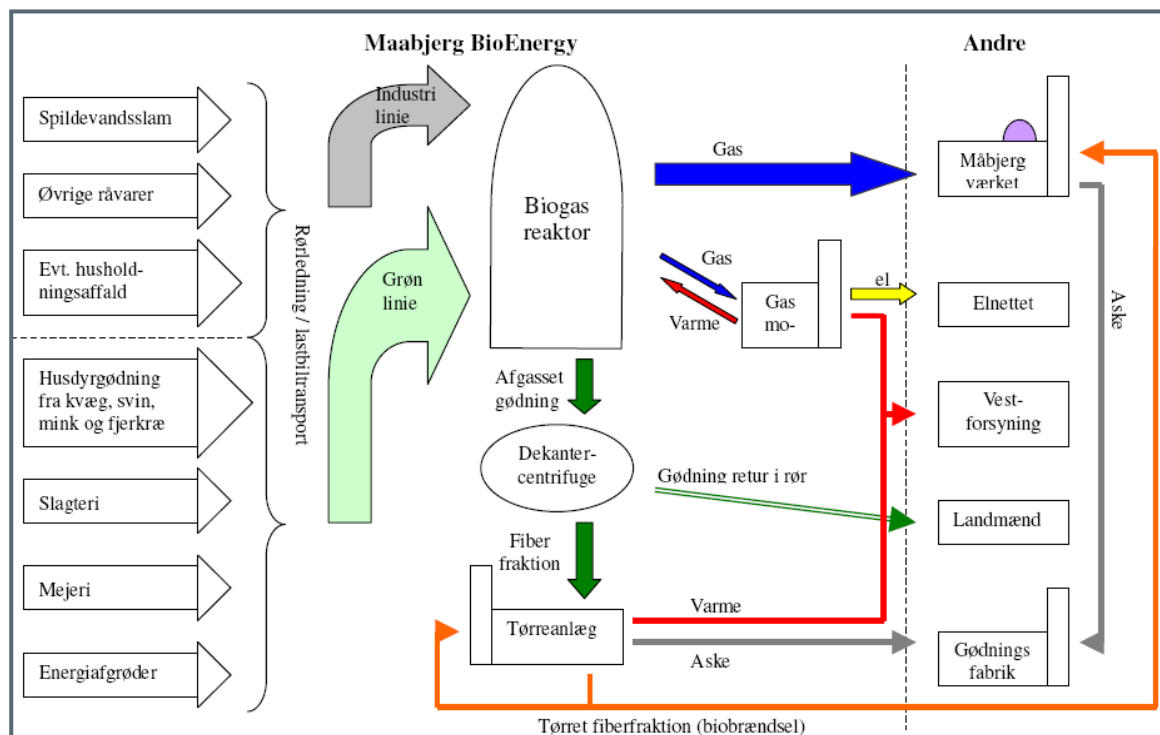
Selskabet bag biogasanlægget, Måbjerg Bioenergy og Nupark har vist stor interesse for brint-tankstationen, og bakker op om dens placering i Holstebro.

H2 Logic og Ringkjøbing Amt arbejder på at finde finansiering til et forprojekt.

H ₂ HUB - Holstebro	
Energikilde:	Biomasse/biogas
H₂-produktion:	Fermentering/reformering
H₂-lagring:	Ikke fastlagt
H₂-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Nupark, Holstebro
Status:	Opstarts og ide fase
Projektansvarlig:	H2 Logic/Ringkjøbing Amt

Verdens største biogasanlæg - Måbjerg Bioenergy

Måbjerg BioEnergy har sammen med partnere i Holland og Storbritannien fået tildelt et tocifret million beløb fra EU's Concer-toprogram til biogas anlægget, der vil blive verdens største med en anlægspris på 330 mio. kr. Det forventes, at anlægget vil behandle 450.000 tons biomasse om året. Heraf vil de 386.000 være gylle fra landbruget. Den samlede produktion af biogas når dermed op på 14,5 millioner m³ biogas, nok til at producere varme til 4.600 husstande og strøm til 11.000 husstande årligt, hvilket samlet giver en CO₂ reduktion på 56.000 tons/år. Over 200 landbrug i en radius på over 20 km er "tilmeldt" det kommende biogas anlæg, hvor en kombination af 271 km rørledning og lastbiler transporterer gyllen hen til anlægget. Ud over gylle og ensilage fra landbruget vil også industriaffald, døde dyr, slam og organisk husholdningsaffald tilføres anlægget. Heraf produceres energi (biogas), tørstof (fosfor og organisk kvælstof) og rensed gødning, som returneres til landbruget. Billedet nedenfor viser et principdiagram over biogasanlægget.



Principdiagram Måbjerg Bioenergy Kilde: www.maabjerg-bioenergy.dk

H2 HUB Holstebro

Udgangspunktet for en brint-tankstation i Holstebro er den unikke mulighed for, at kunne demonstrere en større produktion af brint ud fra biomasse og biogas.

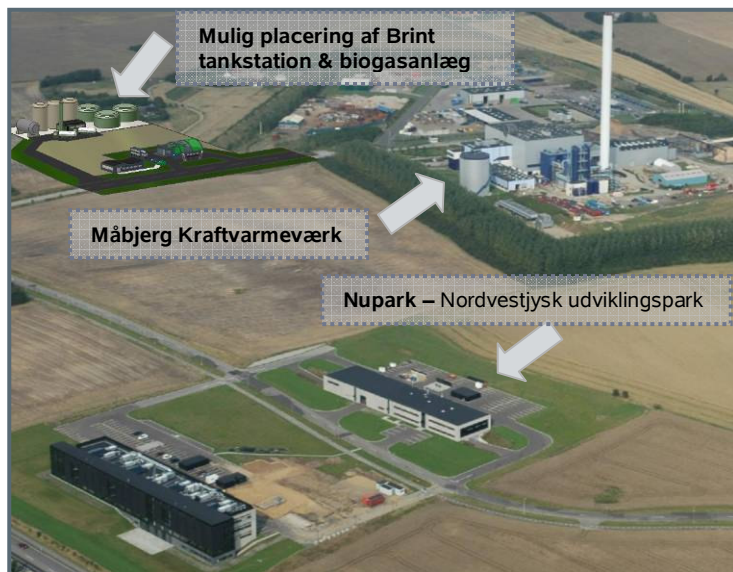
Biogasanlægget vil blive placeret i erhvervsparken, Nupark nær ved Holstebro. Målet med Nupark er, at skabe vækst og udvikling i hele det nordvestjyske område. Det påtænkes at ske gennem satsning på store projekter med nye samfunds- og erhvervmæssige perspektiver. I forbindelse med Nuparks hovedbygning, som blev etableret i 2003 er der udlagt 80 ha jord til erhvervs- og udviklingspark. Nupark er derfor en oplagt placeringsmulighed for brint tankstationen, som vil kunne placeres i umiddelbar nærhed af biogasanlægget.

I forbindelse med etableringen af biogasanlægget er der tanker om også at bygge et center, der kan formidle biogas teknologien. En oplagt mulighed er, at placere centeret i nærheden af brint tankstationen og lade centeret også varetage formidlingen af brint teknologien.

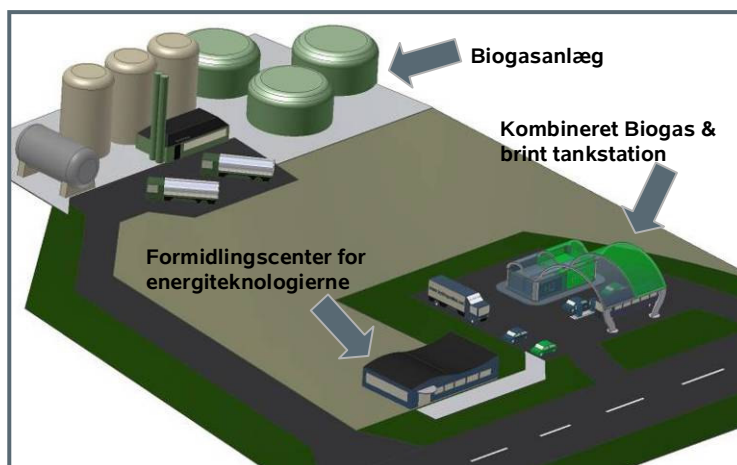
Som Aalborg og Fredericia (med rapsolie og metanol), vil brint-tankstationen kunne kombineres med en tankstation for eksempelvis biogas eller biodiesel.

Med brint-tankstationens placering i Nupark og de visioner for erhvervsudvikling denne rummer, kombineret biogasanlægget, vil der være gode muligheder for virksomheder, der kan udvikle produktions teknologier for biomasse/biogas baseret brint produktion.

I Danmark har forskning på bl.a. DTU arbejdet med en ny metode til at producere brint ud fra biomasse ved en fermentering som forproces til selve biogasproduktionen. Kombineret med at Måbjerg Bioenergy allerede er anerkendt i EU systemet ville et demoprojekt omkring et sådan brint produktionsanlæg placeret ved biogasanlægget, have gode muligheder for EU finansiering. H2 Logic og Ringkjøbing Amt arbejder derfor på at rejse finansiering til et forprojekt, der kan specificere projektet hen imod et større demonstrationsprojekt for produktion af brint ud fra biomasse og biogas. Forprojektet skal bl.a. udvikle en unik case omkring brint produktionen og samtidig finde anvendelige brintkøretøjs- applikationer, samt identificere mulige projektdeltagere.



Mulig placering af biogas anlæg og brint tankstation



Koncept skitse for: biogasanlæg, energi formidlingscenter og kombineret brint og biogas tankstation



Koncept skitse for: kombineret hydrogen og biogas tankstation

3.5 H₂ HUB - Ringkøbing

I de senere år har Ringkøbing-området været genstand for en række undersøgelser og overvejelser omkring forskellige brintprojekter.

I september 2005, har Ringkøbing Kommune bevilliget midler til gennemførelse af et forprojekt omkring etablering af en brint-tankstation ved byens decentrale kraftvarmeværk. Forprojektet skal munde ud i etableringen af et projektkonsortium og en skitse til et demonstrationsprojekt. På baggrund af forprojektets resultater vil konsortiet arbejde videre med fundraising til selve demonstrationsprojektet.

H ₂ HUB – Ringkøbing	
Energikilde:	Strøm (vindkraft)
H₂-produktion:	Elektrolyse
H₂-lagring:	Ikke fastlagt
H₂-konvertering:	Brændselsceller/motorer
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Ringkøbing Fjernvarmeværk
Status:	Forprojekt igangsat
Projektansvarlig:	H2 Logic

Tidligere brint-projekter/overvejelser i Ringkøbing-området

I perioden 2003-2004 blev der gennemført to studieprojekter i Ringkøbing og nabobyen Hvide Sande omkring balancering af elnettet ved hjælp af elektrolyseanlæg.

Hvide Sande projektet

Projektet i Hvide Sande var et studieprojekt om balancering af elnettet ved hjælp af elektrolyse og brintlagring. Anlægget skulle placeres på det lokale decentrale kraftvarmeværk.

I perioder med lav strømpris lagres strøm i brint ved elektrolytisk spaltning af vand til brint og ilt. Spildvarmen fra elektrolyse-anlægget ville blive anvendt til fjernvarme. Ilten var tænkt anvendt i et lokalt dambrug. I perioder med høj strømpris skulle den lagrede brint omdannes til strøm ved iblanding af brint i naturgassen til kraftvarmeværkets gasmotor.

En række detaljerede system beregninger i projektet konkluderede, at der er størst økonomi i at anvende den producerede brint som brændstof til transportsektoren. Iblanding af brint i naturgassen til produktion af strøm vil først på langt sigt, i et energisystem med langt højere vindinput, være rentabelt.

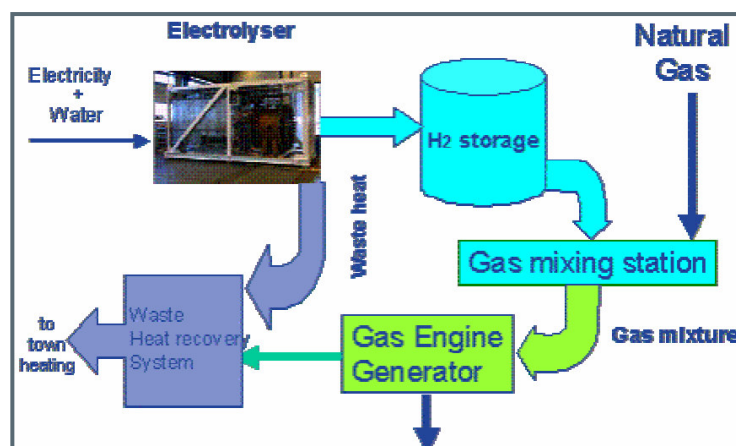
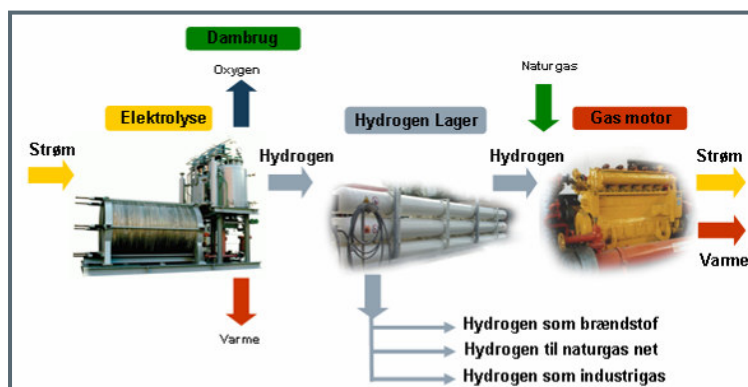
Læs mere om projektet på:

<http://www.h2logic.dk/dk/consulting-hvidesande.asp>

Ringkøbing-projektet

I Ringkøbing gennemførte Incoteco ApS et studieprojekt omkring et elektrolyse-baseret balanceringsanlæg i samarbejde med det lokale kraftvarmeværk og en række virksomheder og institutioner indenfor energibranchen.

Tanken var ligesom i Hvide Sande at balancere elnettet ved lagring af strøm i brint og senere omdanne brint til strøm i kraftvarmeværkets gasmotor.



Projektet var af mere teoretisk karakter end Hvidesande projektet, og indebar en række detaljerede analyser af balanceringsbehovet i det Vestdanske elsystem. For at undgå først en dyr substituering af vindmølle strøm og dernæst eksport af strøm til lave priser, arbejdede projektet med økonomiberegninger omkring investering i 100 MW elektrolyse-kapacitet. Projektets konklusion var, ligesom i Hvide Sande projektet, at den producerede brint opnår størst værdi, hvis den anvendes til transportformål, i stedet for til strømproduktion i gasmotoren.

Fælles H2 HUB projekt ansøgning 2004

I slutningen af 2004 slog grupperne bag de to projekter i Hvide Sande og Ringkøbing sig sammen om en fælles ansøgning til EFP- og PSO-puljerne omkring yderligere studier af mulighederne for balancering af elnettet gennem brintproduktion til transportsektoren.

Projektet gik under navnet H2 HUB og var delt op i to projekter til hver af puljerne:

- PSO projekt: "Wind Power Regulation with Hydrogen Filling Stations"
- EFP projekt: "Danish CO2 Free Hydrogen Transportation HUB"

Projektet fik dog ikke tildelt midler fra de to puljer. H2 Logic og Incoteco, som stod for ansøgningen, arbejder derfor i stedet på at få H2 HUB konceptet gennemført i andre lande, som er på vej ind i de samme balanceringsproblemer med vindmøllestrøm som det vestdanske elsystem.

Læs mere om H2 HUB konceptet på:

www.h2logic.com/h2hub

H2 HUB - Ringkøbing

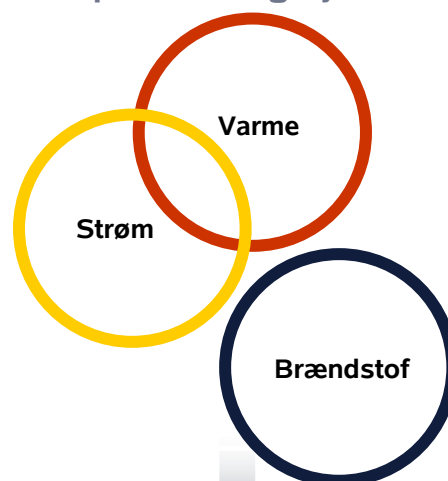
Forprojektet for en "H2 HUB – Ringkøbing" bygger videre på de tre tidligere projekter omkring elbalancering ved hjælp af brintproduktion. Tanken er, at demonstrere en såkaldt "Energicentral" omkring kraftvarmeværket i Ringkøbing By, der i et fremtidigt energisystem kan producere alle tre "energivarer" strøm, varme og brændstof (brint). I dag er energisystemet typisk opdelt i en strøm/varme sektor og en transport/brændstof sektor. Med brint som energibærer kan disse sektorer kobles sammen. Det gør det muligt at "flytte" vindmøllestrøm over i transportsektoren i form af brint produceret på elektrolyse. Brinten kan også fungere som et lager for overskydende vindmøllestrøm, hvor brint så i perioder uden vind kan omdannes til strøm igen, og derved stabilisere produktionen.

Brint-produktionen kan samtidig være et fremtidigt forretningsgrundlag for de eksisterende kraftværker. Dvs. i perioder hvor kraftværket må lukke ned for strømproduktionen kan det i stedet producere brint, der kan sælges til transportsektoren, og i perioder med mangel på strøm kan kraftværket bruge brint til strømproduktion.

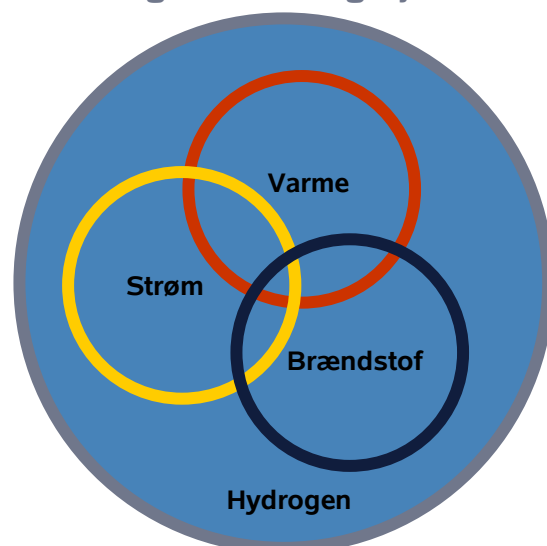
Kraftværker skal i fremtiden derfor fungere som "energicentraler" der servicerer alle energisektorerne, gennem strøm/varme-produktion og brintproduktion.

De to tidligere studieprojekter i Hvide Sande og Ringkøbing konkluderede alle, at der er et stigende behov for balancering af vindmøllestrømmen. Tanken i "H2 HUB -

Opdelt energisystem



Integreret energisystem



Ringkøbing” er derfor, at bruge denne store mængde vindmøllestrøm i Danmark som en platform for at udvikle fremtidens ”energicentraler”. Det Vestdanske systems vind-input er et af de højeste i verden, og derfor et ideelt sted at foretage udviklingen af fremtidens integrerede energisystem, hvor vedvarende energi også anvendes i transportsektoren i form af brint.

Ringkøbing Fjernvarmeværk deltog i det tidligere studieprojekt i Ringkøbing, og er meget positive overfor deltagelse i yderligere projekter der kan føre til at værket får et demonstrationsanlæg. Danske Fjernvarmeværkers Forening, som også deltog i studieprojektet, ser generelt positivt på nye forretningsmuligheder for kraftvarmeværkerne.

En række teknologiudbydere, herunder Norsk Hydro Electrolysers og Wärtsila deltog også i studieprojektet, og kan forventes at være interesserede i leverance af systemer til ”Energicentralen”.

En realisering af ”Energicentralen” vil kræve udvikling af nye energimarkedsmodeller, bl.a. for handlen af vindmøllestrøm, så det sikres, at elektrolyse anlæg fremmer anvendelsen af ”grøn” strøm. Vindenergi Danmark, som er et elhandelselskab der udelukkende handler med vindmøllestrøm, deltog i det tidligere studieprojekt og har vist stor interesse for at indgå i yderligere undersøgelser af vind-brint balanceringsmodeller. En mulig køretøjsflåde kunne være en del af servicevognene på vindmøllefabrikken Vestas. I USA er det allerede nu muligt, at købe brintdrevne varevogne, der anvender en ombygget forbrændingsmotor. Anvendelsen af sådanne køretøjer i Ringkøbing projektet vil kunne løse det generelle problem med at skaffe brintkøretøjer til demonstrationsprojekter. Der har i de tidligere projekter været kontakt til producenten i USA.

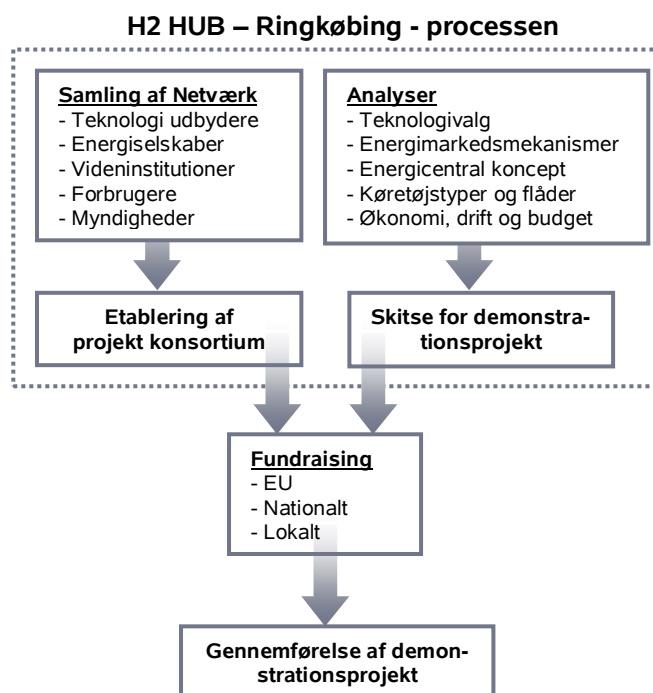
Etableringen af en energicentral og medfølgende tankstation i Ringkøbing by vil kræve, at der sikres en kombination af offentlig og privat støtte gennem fundraising. Derfor er et detaljeret og grundigt forprojekt nødvendigt.

Ringkøbing Kommune har derfor i september 2005 bevilget midler til, at H2 Logic kan gennemføre et forprojekt med skitse til et egentligt demonstrationsprojekt.

Forprojektet indeholder to overordnede opgaver.

- **Samling af netværk**
Afgørende for succesfuld fundraising og demonstrationsprojekt er etableringen af en hensigtsmæssig og kompetencestærkt projektkonsortium.
Forprojektet skal sikre etableringen af et sådant konsortium gennem identifikation af de nødvendige deltagere.
- **Analyser**
Fundraising vil kræve, at de nødvendige overvejelser og argumenter for etablering af en energicentral og medfølgende tankstation samles og dokumenteres.
Forprojektet vil derfor gennemføre en række analyser med henblik på at kunne udarbejde en færdig skitse for et demonstrationsprojekt.

Figuren ved siden af angiver den forventede proces for ”H2 HUB – Ringkøbing”.



3.6 H₂ HUB - Århus

Af Frank Elefsen, Teknologisk Institut Århus

Ideerne om en tankstation i Århus kredser omkring havnen hvor der allerede i dag produceres store mængder brint.

Havneområdet vil med en række udvidelser og ombygning på sigt blive en central del af bykeren. Allerede i dag findes en række interessante køretøjsapplikationer på havnen, såsom turbåde, gaffeltrucks og andre eldrevne køretøjer. En fremtid letbane, der er under planlægning i Århus, vil ligeledes kunne ombygges til brintdrift.

H ₂ HUB - Århus	
Energikilde:	Metanol
H₂-produktion:	Reformering
H₂-lagring:	Ikke fastlagt
H₂-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Ikke fastlagt
Status:	Opstarts og ide fase
Projektansvarlig:	Teknologisk Institut

Projektet er på opstarts- og ide-niveau, og er blevet initieret af Teknologisk Institut i Århus, der også arbejder med at videreføre ideerne.

Brintaktiviteter ved Teknologisk Institut

Teknologisk Institut har igangsat en strategisk satsning inden for brintteknologi. Det er formålet med satsningen, at udvikle og demonstrere brintteknologier i Danmark i samarbejde med danske og udenlandske producenter, forskningsinstitutioner og brugere af brintteknologi til gavn for danske virksomheder og samfundet som helhed. De omhandlede teknologier dækker hele brintkæden fra produktion, lagring, distribution, konvertering og applikationer. Det er målet, at brintproduktionen på længere sigt skal være baseret på vedvarende energikilder såsom vind, sol, biomasse, affald eller biogas. Teknologiuudviklingen vil fortrinsvis tage udgangspunkt i brintproduktion og -lagring, medens demonstrationsaktiviteterne vil omhandle brintsystemer/-units til anvendelse i specifikke applikationer.

Formålet med aktivitetsplanen er endvidere, at samle og synergere de kompetencer Instituttet allerede besidder på dette område, samt opbygge og forankre ny viden bl.a. gennem ansættelse af Ph.D.-studerende og post.docs. En vigtig aktivitet vil være opbygning af et brintlaboratorium til prøvning og udvikling af brintkomponenter, brændselscellestakke og -systemer.

Det er ligeledes hensigten, at styrke Instituttets nationale og internationale netværk inden for dette teknologifelt.

Baggrunden for satsning på brint

Såvel internationalt som i Danmark har der gennem en lang årrække været betydelig forsknings- og udviklingsindsats inden for anvendelsen af brint som energibærer. Drivkraften bag disse F&U programmer er forskellige; i Europa hovedsageligt begrundet i miljøhensyn, mens der i USA fokuseres mere på forsyningssikkerhed.

Brint har som energibærer en række fordele, hvor den væsentligste er, at det sammen med ilt kan omsættes til brugbar energi i form af el og varme, kun under dannelse af vand i brændselsceller. Netop disse forhold har gjort applikationer med brændselsceller interessante som erstatning for andre teknologier, også selvom brint endnu ikke er almindelig som energibærer.

Udviklingen af de nye brintteknologier er på flere områder ved at bevæge sig fra aktiviteter, der foregår på universiteter og forskningsinstitutioner, til udviklingsopgaver af mere teknologisk karakter. Flere af de betydelige spillere inden for udvikling af brændselsceller forventer kommerciel markedsintroduktion inden for de næste 3-5 år. Det er derfor, at Teknologisk Institut er gået i gang med en strategisk satsning på dette teknologiområde. Instituttet vil koncentrere sin indsats inden for en optimal implementering af brintteknologier i Danmark, samt bidrage til en egentlig teknologiuudvikling gennem konkrete samarbejder med danske og udenlandske virksomheder og forskningsinstitutioner inden for bl.a. fremstilling af brint baseret på vedvarende energikil-

der, lagring og transport af brint, samt projekter der er tæt knyttet til brændselscelle-systemer, og fremstilling af komponenter til disse. Aktiviteten er dels henvendt til førende danske teknologivirksomheder, og systemudviklere og dels bredt til danske virksomheder, der ser en fordel i at anvende brintteknologien igennem initiering af demonstrationsprojekter.

Teknologifagrænsning

Teknologisk Instituts primære indsatsområder vil omfatte produktion, lagring, konvertering og anvendelse. Aktiviteterne vil ligeledes omfatte prøvning og anvendelse af brændselscellestakke og -systemer. Endvidere vil aktiviteterne indeholde udvikling af teknologier, der kan understøtte igangværende aktørers indsats inden for brændselsceller.

Målgruppe

Målgruppen inden for brintapplikationer vil primært være danske virksomheder og organisationer, der har interesse i at anvende og demonstrere brintbaseret energiproduktion. Inden for resten af brintkæden vil målgruppen være danske og udenlandske producenter af komponenter og udstyr til brintteknologi.

Teknologisk Instituts kompetencer

Brintteknologi er samlet set et nyt indsatsområde for Institutet, men væsentlige delteknologier findes på højt niveau for anvendelser i andre sammenhænge. På energisiden har Institutet store kompetencer inden for udvikling og test af energisystemer og energioptimering. Som styrkelse af kompetencerne inden for brændselscelleteknologi har Teknologisk Institut i samarbejde med Aalborg Universitet opstartet et Erhvervs-PhD-projekt omhandlende eksperimentelle metoder til karakterisering af PEM brændselsceller.

Inden for transportområdet har Institutet allerede været involveret i problemstillinger omkring brint som drivmiddel og Institutet har et igangværende innovationskonsortium omhandlende mindre brintdrevne non-road køretøjer i samarbejde med 12 virksomheder og tre andre videninstitutioner. På materialesiden kan kompetencer inden for mikro- og tyndfilmsteknologi, plastprocessering og nanopartikler anvendes umiddelbart. Materiale-teknologi relaterer stærkt til lagringsteknologier for brint og her har Institutet to igangværende projekter, som omfatter højtrykslagring af brint og lagring af brint i ammoniakforbindelser. Med hensyn til elektronik og EDB-værktøjer har Institutet kompetencer inden for simulering af fluid- og termodynamiske systemer og udvikling af elektroniske enheder til styring og regulering. Endelig er der betydelige kompetencer inden for brintproduktion i forbindelse med forgasnings- og bioteknologi samt gasanalyser m.v.



Metanoldrevet elcykel, udviklet af Teknologisk Institut



Brændselscelle-drevet plæneklipper udviklet af Teknologisk Institut

H2 HUB Århus

Århus United har en eksisterende brintproduktion på Århus Havn, hvor brinten bl.a. bliver anvendt i forbindelse med produktion af chokoladetilsætningsstoffer. Brinten bliver produceret på basis af metanol, der bliver leveret fra nabovirksomheden Nordalin. Metanolen bliver reformeret via katalytisk steamreforming med efterfølgende høj- og lavtemperatur shift. Den årlige overskudsproduktion af brint er ca. 2.000.000 Nm³. En evt. brinttankstation i Århus vil kunne etableres i umiddelbar nærhed af Århus United eller lidt mere centralt på havneområdet.

Aarhus planlægger en storstillet havneudbygning og -ombygning der vil resultere i at havneområdet bliver en integreret del af Århus bymidte, hvorved tankstationen vil få en meget central placering med let adgang for køretøjer i bymidten. Havneudvidelsen vil endvidere inkludere en tunnel under Marselis Boulevard, hvorved adgangen fra havnen til den jyske motorvej vil blive forbedret betydeligt. Eventuelle kommende brintbiler vil herved let kunne få adgang til brændstof påfyldning.

Udover den tætte forbindelse til motorvejsnettet vil tankstationen herved få en mængde lokale "kunder", som i en lang periode vil være med til at holde fokus på brintaktiviteterne omkring havnen.

Århus kommune har netop vedtaget et budgetforlig der indebærer etableringen af en elektrisk letbane fra Århus Havn til Skejby.

Letbanen vil eventuelt kunne udvikles til at anvende brint i kombination med elektricitet i stedet for diesel.

Brint vil også kunne anvendes af turistturbåde i havnen eller til drift af eldrevne køretøjer og gaffeltrucks på havnen.

I forbindelse med Teknologisk Instituts 100 års jubilæum i 2006 vil der blive bygget en "Teknologiport" på Instituttet, hvor en af hovedaktiviteterne vil være brintteknologi, og da Instituttet ligger tæt på både havnen og motorvejen vil dette øge synergien med de øvrige brintaktiviteter i området.



Brintproduktion ud fra metanol på Århus Havn



Konceptskitse af en fremtidig letbane i Århus



Turbåd der vil kunne ombygges til brint

3.7 H2 HUB - Fredericia

Energiselskabet Elsam, hvis hovedsæde er placeret i Skærbæk ved Fredericia, har i de senere år arbejdet med en vision, kaldet VEnzin, der går ud på at producere ethanol og metanol ud fra vedvarende energikilder, og blande disse i benzin. Det nye kombinationsbrændstof betegnes "VEnzin". Realiseringen er så langt fremme, at der er placeret om at etablere et demonstrations-anlæg ved hovedkvarteret i Skærbæk, der skal kunne fungere som tankstation hvor der kan tankes VEnzin.

Demonstrationsanlægget vil bl.a. indeholde et elektrolyse anlæg til produktion af brint, der i kombination med CO₂ anvendes til produktion af metanol.

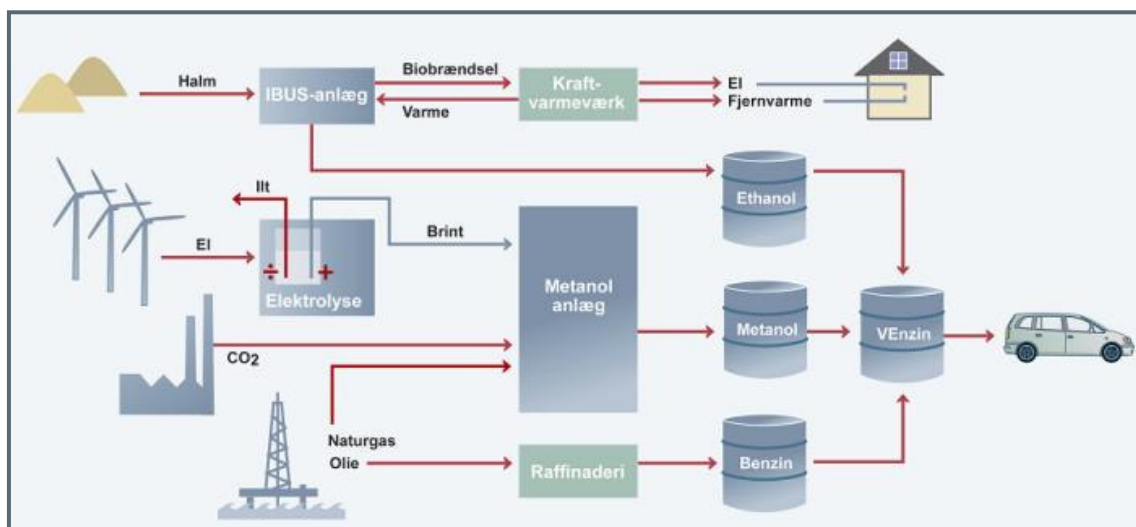
Ideen i H2 HUB Fredericia er, at anvende en mindre mængde af den producerede brint, som forsyning til en brint-tankstation i området.

H2 HUB - Fredericia	
Energikilde:	Vind/metanol
H2-produktion:	Elektrolyse/reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Ikke fastlagt
Projektplacering:	Elsam - Fredericia
Status:	Opstarts og ide fase
Projektansvarlig:	Ikke fastlagt

VEnzin visionen³

Elsam's VEnzin vision sigter mod et fremtidigt energisystem hvor energimarkederne smelter sammen til en samproduktion af el, varme og transportbrændsler, på sigt ud fra vedvarende energikilder.

Princippet i VEnzin visionen er produktionen af ethanol og metanol ud fra vedvarende energikilder og en efterfølgende blanding i den benzin der anvendes i transportsektoren. Billedet nedenfor viser princippet VEnzin-visionen.



VEnzin vision Kilde: Elsam A/S www.venzin.dk

Ethanol produktionen er første skridt i skiftet fra Benzin til VEnzin.

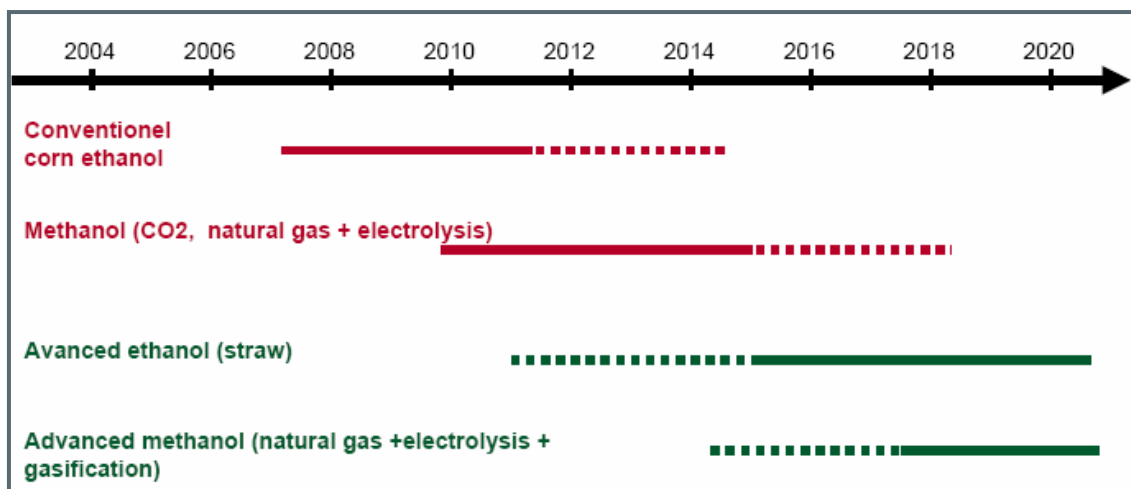
Det tænkes produceret ud fra biomasse på et såkaldt IBUS⁴ anlæg. Ethanol blandes i benzin, hvorved andelen af vedvarende energi i transportsektoren øges. Ethanol kan allerede i dag produceres ud fra korn, men Elsam arbejder også på at udvikle anlæg hvor det kan ske ud fra halm.

Næste skridt i VEnzin er produktion af metanol ud fra en kombineret af CO₂ og brint. CO₂ vil fx blive udskilt fra røggassen på kraftvarmeværkerne. Brint produceres ud fra elektrolyse af vand, fx med anvendelse af vindmøllestrøm. Den producerede metanol vil ligesom ethanol blive blandet i benzin.

³ Oplysninger i dette afsnit stammer fra www.venzin.dk

⁴ Integrated Biomass Utilization System er et EU-projekt med KVL-landbohøjskolen, Risø, Sicco og Elsam

Der forventes at ske en teknologisk udvikling af produktionsteknologierne for ethanol og metanol, som det fremgår af figuren nedenfor:



Udviklingstrin i ethanol og metanol produktionsteknologier
Kilde: Elsam A/S www.venzin.dk

Ethanol fra korn vil således forholdsvis tidligt, omkring år 2007, kunne introduceres på markedet, mens metanol vil kunne introduceres omkring år 2010.

Det forventes at ethanol/metanol-indholdet i benzin, og dermed produktionen af VEnzin, over årene kan øges i takt med at politikerne stiller krav om stigende VE-anvendelse i transportsektoren.

På kortsigt vil VEnzin med et lavt indhold af ethanol og metanol kunne iblandes i de eksisterende køretøjer i transportsektoren. Ifølge Elsam er det teknisk muligt allerede nu at blande 3% ethanol og metanol i benzin uden modifikationer af køretøjerne.

På mellemlangt sigt vil biler der er bygget til brændstoffer med et højt VEnzin-indhold kunne anvendes. Undersøgelser foretaget af U.S. Environmental Protection Agency har vist, at forbrændingsmotorer optimeret til metanol drift kan opnå en 33% højere effektivitet end benzin forbrændingsmotorer.

På lang sigt kan metanol anvendes i biler baseret på direkte metanol brændselsceller. En mulighed er også, at reformere metanol til brint eller anvende brint direkte fra elektrolyse processen til forsyning af brint drevne brændselscelle køretøjer. VEnzin vil således også kunne sammenkobles med visionen om det såkaldte brintsamfund.

Elsam har siden den første præsentation af VEnzin visionen i 2004 arbejdet på, at udbrede kendskabet til visionen, både blandt aktører indenfor energimarkedet, befolkningen og politikerne. Der arbejdes også på den tekniske udvikling af elementerne i VEnzin visionen, bl.a. med forskellige pilot og demonstrationsanlæg.

Læs mere om VEnzin visionen på:

 www.venzin.dk

VEnzin tankstation og H2 HUB i Fredericia

Som nævnt har Elsam har planer om, at etablere et demonstrations anlæg for VEnzin ved hovedsædet i Skærbæk ved Fredericia.

Tanken er at demonstrere et komplet metanol produktions system og et VEnzin tankningsanlæg, hvor nogle af Elsam's firmakøretøjer kan tanke VEnzin.

Demonstrationsanlægget forventes at bestå af et 500-600 kW elektrolyseanlæg til produktion af brint. CO₂ skal anskaffes fra diverse CO₂ kilder, eksempelvis er transport af CO₂ fra Esbjerg en mulighed, da man der arbejder på et demoanlæg for adskillelse af CO₂ fra røggassen på kraftvarmeværket. Metanol produceres efterfølgende ud fra en syntese (kombinering) af brint og CO₂.

Metanolen iblandes benzin, og blandingsproduktet VEnzin kan så tankes i køretøjerne på tankningsanlægget.

Elsam forventer at anlægget kan stå klar indenfor en 2 års horisont.

Den forholdsvis korte tidshorisont for etableringen af et elektrolyseanlæg i Fredericia giver et godt grundlag og udgangspunkt for en brint-tankstation i området, der eksempelvis vil kunne etableres i umiddelbar nærhed af elektrolyseanlægget.

Et elektrolyseanlæg på 500-600 kW, som det Elsam planlægger at etablere, vil kunne producere omkring 120 m³ brint pr. time. En gennemsnitlig brint-brændselscelle prototype køretøj har et brint lager på omkring 50-70 m³ brint, nok til omkring 200-300 km kørsel.

Der vil således umiddelbart være brint nok til at kunne forsyne et mindre antal brint køretøjer, der anvendes i demonstrationsdrift, uden at det går ud over brintforsyningen til metanolanlægget.

Brint-tankstationen kan enten etableres i forbindelse med VEnzin stationen, eller alternativt placeres i Fredericia by, tæt ved en eventuel køretøjsapplikation. Brint vil så kunne leveres i form af metanol der reformeres til brint på anvendelsesstedet.

Elsam har vist interesse for at levere brint fra deres anlæg til en tankstation, og ser positivt på ideen om en kombineret VEnzin og brint tankstation.

Ligeledes ser Elsam også en mulighed i at kunne levere metanol til tankstationen i Aarhus, der netop baserer sig på brint produktion ud fra metanol reformering.

Da disse ideer om en brint tankstation i Fredericia først er faldet på plads sent i projektet, er der endnu ikke fundet en lokal aktør i området der kan videreføre ideerne. En videreførelse af ideerne vil kunne ske ved gennemførelse af et forprojekt der afdækker en række forhold i forbindelse med etablering af brint tankstationen:

- Afdækning af muligheder for en kombineret VEnzin – brint tankstation
 - Brint direkte fra elektrolyseanlæg eller metanol med onsite reformering
 - Placering af tankstationen ved Elsam eller i Fredericia by?
 - Mulighederne for leverance af metanol til H2 HUB Aarhus
- Fastlæggelse af brintlagrings-teknologi
- Identifikation af mulige brint-køretøjsflåder i Fredericia området
- Fastlæggelse af økonomi for et demonstrationsprojekt
- Udvikling af en samlet skitse for et demonstrationsprojekt
- Etablering af projekt-konsortium
- Fundraising

En eventuel videreførelse af Hydrogen Link projektet vil sikre, at arbejdet i Fredericia fortsættes og at en lokal aktør identificeres, som kan videreføre ideerne om brint-tankstationen.

3.8 H2 HUB - Padborg

Padborg er Danmarks største knudepunkt for transport og spedition, og har derfor en stor koncentration af service virksomheder og videns organisationer indenfor transport området. Samtidig passerer hovedledningerne for eltransmission og naturgas til Tyskland tæt forbi byen.

Disse forhold gør Padborg velegnet til en H2 HUB for en række niche-applikationer indenfor brint til transport, fx køretøjer til intern transport, APU'er (strømforsyning på lastbiler) og på lang sigt lastbiler.

Tankerne om en H2 HUB i Padborg er stadig i opstart- og ide-fasen. Institut for Transportstudier i Padborg har vist interesse for at deltage i arbejdet med at konkretisere planerne yderligere. En eventuel videreførelse af Hydrogen Link projektet vil kunne sikre, at arbejdet i Padborg forsættes og videreføres til et forprojekt.

Padborg - centrum for transport og energiinfrastruktur

Hver dag passerer 4500 lastbiler gennem Padborg fra/til over 1000 destinationer i Europa. Der er jernbaneforbindelse til 46 virksomheder i byen hvor en kombineret tog/lastvogns fragtterminal har en kapacitet på over 60.000 enheder. Kølehuse i Padborg har tilsammen en kapacitet på 200.000 m³ og der findes 200.000 m² lagerplads. Padborg rummer over 150 virksomheder der er specialiseret i logistisk service. Tilsammen er ca. 3000 personer beskæftiget med transport i Padborg.

Padborg huser også en række videns- og kompetencecentre og organisationer indenfor transport.

Institut for transportstudier, er placeret i Padborg og udfører sektorforskning inden for logistik og godstransport. De primære fagområder er analyse og optimering af godstransportkæder samt undersøgelse og beskrivelse af godstransportsektorens udvikling, behov og muligheder. I et samarbejde med Syddansk universitet har Instituttet etableret Center for Anvendt Logistik og Transportforskning, der udfører anvendelsesorienteret forskning og formidling inden for logistik, distribution og transport. Transportsektorens brancheforening, International Transport Danmark har også til huse i Padborg.

Ud over den store koncentration af transport erhverv og knowhow er Padborg også centralt placeret hvad angår energiinfrastruktur.

Der findes ca. 14 tankningsanlæg til lastbiler i Padborg, som er den største koncentration i Europa. Hovedledningerne for naturgas og el-transmission til Tyskland er også placeret tæt ved byen.

H2 HUB Padborg

Padborg's store koncentration af transporterhverv og dens centrale placering i forhold til energiinfrastruktur, danner grundlag for tankerne om en brint tankstation i Padborg.

Den store koncentration af logistikvirksomheder (lagerhoteller etc.) og de mange lastbiler der dagligt passerer Padborg, gør det muligt, at afprøve en række tidlige niche-applikationer indenfor brint til transport, og på lang sigt også brint i lastbiler.

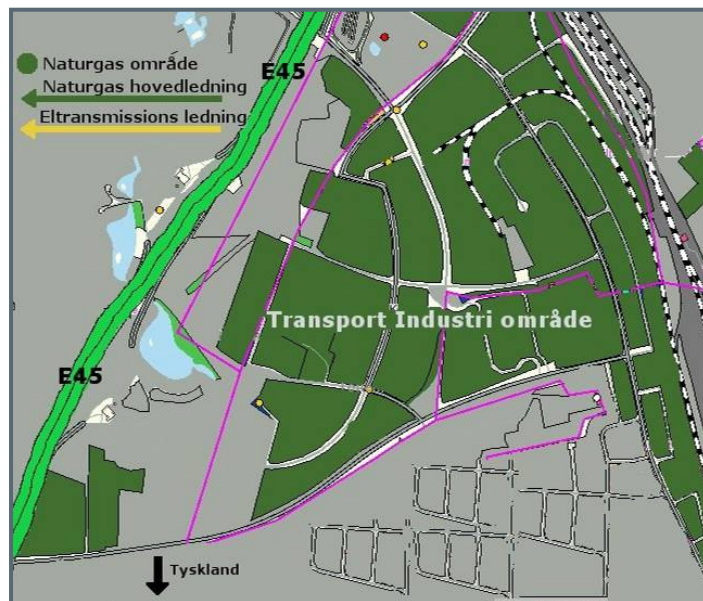
H2 HUB - Padborg

Energikilde:	Elektricitet/naturgas
H2-produktion:	Elektrolyse/reformering
H2-lagring:	Ikke fastlagt
H2-konvertering:	Ikke fastlagt
Køretøjstyper:	Trucks, APU'er, lastvogne
Projektplacering:	Padborg By
Status:	Opstarts og idefase
Projektansvarlig:	Institut for Transportstudier



Et af de tidlige niche markeder for anvendelsen af brint til transport forventes at blive i køretøjer til intern transport, fx gaffeltrucks og eldrevne lagervogne. Ved at udskifte batterier med en brændselscelle og et brintlager kan driftstiden på en optankning fordobles og "tankningstiden" reducere fra adskillige timer til få minutter.

De mange lagervirksomheder i Padborg er et særdeles velegnet sted, at demonstrere en større serie af brintdrevne gaffeltrucks. Kortet af viser et udsnit af det store Transportindustri-område i Padborg. Området vil ved hjælp af en enkelt større tankstation eller flere små kunne forsyne adskillige lagerkøretøjer. Der er adgang til naturgas eller strøm i området, så produktionen af brint vil kunne ske ud fra reformering eller elektrolyse.



Udsnit af transportindustriområdet i Padborg
Det grønne område er dækket af naturgas

Et andet tidligt nichemarked for brint til transport er de såkaldte APU (Auxiliary Power Units), hvor brændselsceller tænkes anvendt som strømforsyning til fx køleanlæg ombord på lastbiler. I løbet af en tur, holder lastbilen parkeret i en del timer, mens chaufføren holder hvilepauser. Er der tale om kølevogne bliver køleanlæggene forsynet med strøm fra dieselmotoren, der kører i tomgang. Studier foretaget af NREL⁵ i USA har estimeret at ca. 500.000 lastbiler med en lav tomgangseffektivitet på 10%, forbruger ca. 1,2 mia. gallons brændstof årligt, svarende til en værdi på 1,8 mia. dollars og 11 mio. tons CO₂ udledning. APU'er baseret på brændselsceller vil på sigt kunne nå op på 50% elvirkningsgrad, og rummer derved et økonomisk potentiale i form af brændstof besparelse. Ved anvendelse af brint som brændsel vil udstødningsproduktet være rent vand⁶.

Padborg vil være et godt udgangspunkt for at afprøve brintdrevne APU'er, idet lastbiler, som ofte passerer byen vil kunne tanke brint her.

På lang sigt vil Padborg også være et oplagt sted, at foretage de første afprøvninger af brintanvendelse i lastbiler.

Det er især Padborgs placering i forhold til energiinfrastrukturen, der gør en demonstration af brint i lastbiler interessant.

På langt sigt hvis brint skal anvendes i lastvognsbranchen vil det kræve adgang til store mængder brint. Padborg har med dens placering op ad hovedledningerne for naturgas og el distribution til og fra Tyskland, således adgang til rigelige mængder af energi til produktion af brint.



Padborg's placering i forhold til El og naturgas ledninger

Tankerne om en H₂ HUB i Padborg er stadig på opstarts- og ideniveau. Institut for Transportstudier i Padborg har vist interesse for at deltage i arbejdet med at konkretisere planerne yderligere. En eventuel videreførelse af Hydrogen Link vil også kunne indebære en videreførelse af H₂ HUB-tankerne i Padborg.

⁵ U.S. National Energy Technology Laboratory

⁶ <http://www.netl.doe.gov/newsroom/backgrounders/mb-0007.html>

4. Udvikling af Hydrogen Link - Norden

Et af formålene med Hydrogen Link projektet er at skabe en "brint-korridor", der på langt sigt kan gøre det muligt, at transportere sig rundt i NTN området i brintdrevene køretøj.

Derfor har projektet også undersøgt en række Nordiske brintprojekter på transportområdet for at undersøge mulighederne for samarbejde.

Både i Norge og Sverige arbejdes med projekter, der ligner Hydrogen Link. Det norske HyNor-projekt er længst fremme og har været en væsentlig inspirationskilde til atsrten af det danske projekt.

I de efterfølgende afsnit gives der et overblik og kort beskrivelse af projekterne i Norge og Sverige. Gennem afholdelsen af en workshop i Aarhus i juni, med deltagere fra HyNor og det svenske vestkyst-projekt er det lykkedes, at få en tæt kontakt med disse projekter, og der er en fælles interesse for et samarbejde på tværs af landegrænserne.

"Korridoren" skal naturligvis også være "linket" til resten af Europa, ved at Hydrogen Link projektet i Danmark kobles sammen med Nordtyskland. Derfor beskrives relevante nordtyske tiltag på brintområdet også i et af de efterfølgende afsnit. Sidst i projektperioden er det således lykkedes at skabe kontakt til flere aktører indenfor brint til transport i det Nordtyske område. Mange af kontakterne har vist stor interesse for og opbakning til Hydrogen Link projektet, og ønsker at deltage i næste Hydrogen Link workshop i november.

For at skabe mulighed for et "brint-korridoren" også omfatter den vestlige del af Norge, som er med i NTN-samarbejdet, er en analyse af en mulig videreførelse af HyNor ruten fra Stavanger over Bergen til Molde blevet foretaget af Vestlandsforskning i Sogndal. Denne analyse gengives også i et efterfølgende afsnit.

Samlet set er det lykkedes, at skabe netværk og grundlag for et fremtidigt samarbejde i NTN Korridoren fra Molde i Nord til Hamborg i Syd.



4.1 HyNor – projektet

HyNor er et nationalt brint projekt i Norge omkring en "brintvej" fra Oslo til Stavanger.

P.t. er projektet i forprojekt-stadiet hvor finansiering og deltagere er ved at blive samlet. Etableringen af den første tankstation i Grenland forventes dog igangsat i slutningen af 2005.

Målsætningen er, at "brintvejen" skal anlægges i perioden 2005-2008, så det bliver muligt at køre i et brintkøretøj fra Oslo til Stavanger.

HyNor har en række knudepunkter hvor der planlægges etableret brint-tankstationer.

Hvert knudepunkt vil anvende forskellige produktions teknologier og afprøve forskellige typer af brintkøretøjer. Dertil kommer at projekterne er bygget op så de giver en række lokale effekter, i form af nye muligheder for lokalområdernes industri og andre opnåelse af andre fordele – fx på miljø området.



Realiseringen af de enkelte knudepunkter sker ved en kombination af offentlige og private midler. I maj 2005 har knudepunkt Grenland således modtaget 16,2 mio. Nkr til realiseringen af en tankstation og medfølgende brint køretøj. I samme omgang fik elbilproducenten Think tildelt 11 mio. Nkr til udviklingen af et brintkøretøj, mens Hy-Nor projektet modtog 3 mio. Nkr for at sikre videreførelsen af projektet.

HyNor fungerer gennem en nedsat styregruppe, som en paraply for de mange knudepunkter, som derfor har deres egen uafhængige projektorganisering. Projektlederen og repræsentanter fra hvert knudepunkt udgør tilsammen styregruppen, hvor Christopher Kloed fra Norsk Hydro er projektleder.

Under Styregruppen findes også en række fælles arbejdsgrupper, bl.a. for anskaffelse af køretøjer.

Styregruppemedlemmerne tæller bl.a. Norsk Hydro, Statoil og Stor-Oslo Lokaltrafikk a.s.

Tabellen nedenfor giver et overblik over indholdet i de forskellige knudepunkter:

Sted	Brint produktion	Køretøjsflåde	Lokal effekter
Oslo	Vandkraftbaseret elektrolyse	Offentlig trafik (bybusser)	Reduktion af forurening i offentlig bytrafik
Drammen	Husholdningsaffald og methangas	Lokal brint køretøjsflåde (personbiler, busser, pickups, lagertrucks og anlægsmaskiner)	Omstilling af lokal køretøjsflåde til brint samt etablering af grøn brint produktion
Notodden	Restaffald og biomasse → biogas → elektricitet → elektrolyse → H ₂	Lokal brint køretøjs flåde primært busser	Udvikling af teknologi og know how for biomasse baserede kraftvarme og H ₂ produktionsanlæg
Porsgrunn (Grenland)	Industrielt overskuds brint	Lokal køretøjsflåde	Lokalområdet har meget gasteknologisk industri hvilket vil kunne udvikle sig yderligere
Grimstad	elektrolyse	Ikke specificeret	Området har allerede brint og brændselscelle demoanlæg og ingeniørkompetencer
Lyngdal	Naturgas → brint	Ikke specificeret	Ikke specificeret
Stavanger	Naturgas → brint	Ikke specificeret	Området er baseret på olie og gas industri som vil få tilført brintproduktions-kompetencer

Tablet baseret på data fra: www.hynor.no

Af knudepunkter forventes Grenland først realiseret. Etableringen påbegyndes allerede i slutningen af 2005.

I Grenland vil tankstationen blive forsynet med brint via rørledning fra et lokalt klorproduktionsanlæg, der har brint som et overskudsprodukt fra processerne. Kloranlægget kan levere brint nok til at forsyne 100.000 køretøjer årligt.

Billedet ved siden af viser et designoplæg til tankstationen i Grenland.

Læs mere om HyNor projektet på:

<http://www.hynor.no>



4.2 Vätgasväg i Västsverige

”Vätgasväg Västsverige” er et forprojektstudie der skal afdække mulighederne for at etablere en ”brintvej” langs den svenske vestkyst fra Oslo over Göteborg til Malmö/København.

Projektet er del af en større brintsatsning i Vestsvrige kaldet HyFuture (SamVäte i Väst), der arbejder for at introducere brint- infrastruktur og applikationer i området gennem samarbejde mellem forskellige aktører.

Første step i Hyfuture er projektering og etablering af en række demonstrationsprojekter hvor ”Vätgasväg Västsverige” er den nyeste. HyFuture blev påbegyndt i 2003 og har i dag over 40 aktive organisationer/firmaer som medlemmer.

”Vätgasväg Västsverige” forprojektstudiet gennemføres af en gruppe under ETC Battery and Fuel Cells Sweden AB, som er et udviklings- og kompetenceselskab for udvikling af brændselscelle- og batteri teknologier.

”Vätgasväg Västsverige” skal afdække hvornår tiden er moden til at etablere en ”brintvej” langs vestkysten og hvordan det kan ske. Specifikt skal studiet afdække de tekniske, kommercielle, lovgivningsmæssige og sociale aspekter ved en realisering af en brint-infrastruktur. Studiet skal resultere i en implementerings- og finansierings plan, samt skabelsen af organisationer, alliancer og partnerskaber der kan realisere ”brintvejen”.

I forprojektet deltager og bidrager en lang række institutioner og virksomheder, bl.a. ABB, AGA Gas, DONG og SydkraftGas. Der afholdes en række workshops hvor viden, holdninger og ideer indsamles fra projektdeltagerne. Efterfølgende samles og publiceres informationerne for derigennem at påvirke mulige beslutningstagere (myndigheder og virksomheder).

Forprojektstudiet afsluttes i løbet af 2005, hvorefter projektet bevæger sig ind i fase 1 (2006-2007) hvor der skal etableres en brint tankstation i Göteborg. I fase 2 (2008-2010) forventes yderligere 6 brint tankstationer åbnet, og ligeledes introduceres brint busser og større brintbil-flåder.

Baggrunden for placeringen af ”brintvejen” og Hyfuture projektet i det Vestlige Sverige, skyldes en række fortrin og potentialer området indeholder. Størstedelen af den svenske bilindustri (Volvo og Saab) er placeret i området, og i Malmö er der allerede etableret en kombineret brint- og naturgas-tankstation. Nord for Göteborg i Stenungsund produceres der i forbindelse med den kemiske industri 1000 kg brint pr. time, som et biprodukt fra processerne, nok til at forsyne 50.000 brændselscelle køretøjer årligt. Et andet af demonstrationsprojekterne under HyFuture er derfor også etableringen af en naturgas-tankstation netop i Stenungsund hvor 8% brintkan iblandes naturgassen, for at give en renere og mere effektiv forbrænding.

Total budgettet for ”Vätgasväg Västsverige” forprojekt studiet er på ca. 1 mio. SEK, som er finansieret af en række af de vestsvenske lokalregioner.

Læs mere om ”Vätgasväg Västsverige” projektet på:

 <http://www.etcab.se/vatgas/>



4.3 Stavanger-Bergen-Molde

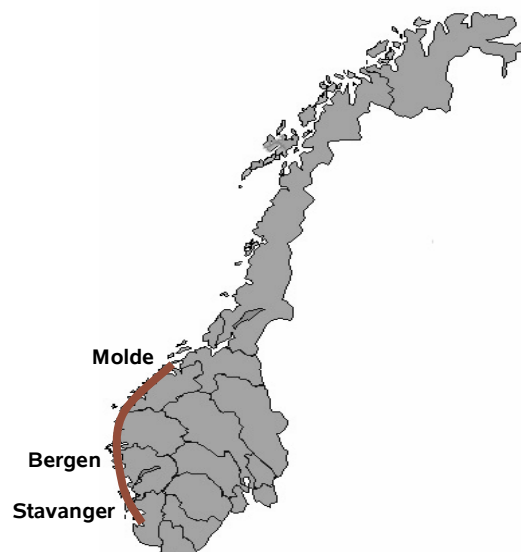
Af: Otto Andersen Vestlandsforskning Norge

Vestlandsforskning har på oppdrag frå Hydrogen Link gjort en analyse av strekningen Stavanger-Bergen-Molde. Formålet har vært å peke på struktur- og aktørelementer som kan ha relevans for en fremtidig anvendelse av hydrogenenergi i transport på strekningen.

Siden Stavanger inngår i HyNor, er de etterspurte data allerede godt belyst for Stavanger, og er tilgjengelig på www.hynor.no. Derfor blir Stavanger ikke fokusert i særlig grad i analysen.

Geografiske og demografiske⁷ forhold

Fra sør mot nord går korridoren fra Stavanger (171 342 innb.) via Haugesund (40 271 innb.), i Rogaland fylke. Videre inn i Hordaland fylke til Bergen (212 626 innb.), gjennom Sogn og Fjordane fylke, og så inn i Møre og Romsdal fylke via Ålesund (43 972 innb.) til Molde (18 544 innb.). Korridorens totale lengde er ca 800 km.



Transportvolum

Det har ikke vært mulig innen rammene for analysen å kartlegge de totale transportvolumene langs korridoren. En indikasjon på transportomfanget kan imidlertid fås ved å se på transportarbeidet som utføres av det største transportselskapet i korridoren, HSD (Hordaland og Sunnhordaland Dampskibsselskap). HSD kjørte i 2004 30 mill kjøretøy-km med buss og 1,1 mill passasjerer med båt. HSD sine ferger transporterte 6,7 mill. passasjerer og 3,0 mill. biler.

En indikasjon på godstransporten med båt i korridoren kan fås ved å se på mengde gods⁸ som håndteres i de største havnene. Bergen er den klart største havnen med 75 635 336 tonn, deretter følger Stavanger med 4 305 996 tonn, Ålesund med 1 264 313 tonn og Molde med 136 592 tonn. Tilsvarende tall for Haugesund er ikke tilgjengelig.

Kjøretøyflåter

Buss

Busselskapet Gaia Trafikk (www.gaiatrafikk.no) kjører hovedsakelig lokalt i Bergen med ca 400 busser, hvorav 36 komprimert naturgass (CNG) og 6 trolleybuss. Gaia Trafikk har vært i diskusjon om mulighetene for overgang til hydrogen, og kontaktpersoner er Idar Sylta (idar.sylta@gaiatrafikk.no), Jan Helge Sandvåg (jan-helge.sandvag@gaiatrafikk.no) og Johan Nicolay Leganger (nicolay.leganger@gaiatrafikk.no).

HSD (www.hsd.no) har 646 busser som kjører i Hordaland inkludert Bergen, samt i Nord-Rogaland inkludert Haugesund. I tillegg er HSD operatør av kystbussen mellom Stavanger og Bergen, samt Sognebussen mellom Bergen og Sogndal. HSD har også vært i diskusjon om mulighetene for overgang til hydrogen, og kontaktpersoner er Asbjørn Strand, (asbjorn.strand@hsd.no) og Bjørn Tore Sætervik (bjorn.t.setervik@hsd.no).

⁷ Byenes innbyggertall er fra Statistisk Sentralbyrå (www.ssb.no)

⁸ Mengde gods håndtert i havnene er fra Statistisk Sentralbyrå (www.ssb.no)

Andre busselskaper som er interessante er Firda Billag i Førde med 141 busser (pluss 23 kombinerte gods/passasjer) og Sogn Billag i Sogndal med 102 busser. Begge disse har erfaring med alternative drivstoff, gjennom at de har deltatt i utprøving av biodiesel på bussene sine.

Båt og ferge

De største kjøretøyflåter av båt og ferge er HSD med 10 hurtigbåter av katamaran-typen (bl.a. Flaggruten Stavanger-Bergen) og 30 ferger. Fjord1 driver hurtigbåten (katamaran) Bergen-Sogn-Måløy.

Lastebil

Av større lastebil-kjøretøyflåter må nevnes Fjord1 Gods Møre sitt datterselskap Mordal Transport AS. Kontaktpersoner er Jon Erik Gjendem, Trafikkleiar Bulk og Lars Elling Bjåstad, Gods og Marknadssjef (lars.elling.bjaastad@fjord1.no).

Waagan Transport i Ålesund er spesielt interessante fordi dette lastebilselskapet har profilert seg på energisparing og utnyttelse av mer energieffektive transportmodus (trailer på tog). Kontaktperson er Per Waagan.

Nistad transport med 26 lastebiler i Sunde⁹ er også svært interessant. I tillegg til at bedriften har gjennomført tiltak og oppnådd målbare resultater innen energisparing på lastebilene, benytter selskapet for tiden biodiesel som drivstoff på sine lastebiler. Biodieselen er produsert av Milvenn AS i Bergen og er basert på brukt matolje.

Andre større kjøretøyflåter på gods-siden er Sogn Billag og Firda Billag med henholdsvis med 40 og 62 lastebiler.

Energistruktur

Elektrisitet

Elektrisitetsnettet i Norge er knyttet til det Nordiske høyspentnettet, men i tillegg har Norge et godt utbygd eget el-nett. I korridorområdet kommer elektrisiteten i all hovedsak fra lokal utnyttelse av vannkraft. Beliggenheten av kraftverkene er et godt stykke inn i landet fra kysten, i områder med kort vei fra høytliggende vannreservoarer til lavtliggende fjorder eller daler. Lokalisering av kraftkrevende industri, f.eks. Hydros aluminiumproduksjon i Årdal, er historisk basert på slik tilgang til billig vannkraft. Det er signaler om at Hydro vil avvikle aluminiumproduksjonen i Årdal, og da melder spørsmålet seg om hva den tilgjengelige el-kraften bør brukes til. Et argument om at kraften bør utnyttes lokalt for å minske overføringstap kan få stor vekt. Hydrogenproduksjon kan bli en aktuell anvendelse.

Naturgass

Naturgass (NG) er allerede, og kommer til å bli i lang tid framover, viktig for energitilgangen til hydrogenkorridoren. Statoil har tre produksjonsanlegg i korridoren (Kårstø, Kollsnes og Mongstad) og et stort anlegg rett nord for Molde (Tjeldbergodden).



M/F Tedno fra HSD på hurtigruten Stavanger Bergen
Kilde: www.hsd.no



Lastbil fra Mordal Transport AS Molde
Kilde: www.fjord1.no

⁹ Sunde ligger i Sunnfjord som er den midterste av de tre regionene Sogn (i sør) og Nordfjord (i nord)

Ved Kårstø i Nord-Rogaland skjer det prosessering og transport av NG og kondensat (lettolje). Nereksporerer i rørledninger (bl.a. Statpipe), mens våtgass skipes ut til det Europeiske kontinent.

Kollsnes ligger i Øygarden vest for Bergen. Ved dette anlegget skjer det gassprosessering med kapasitet på 120 millioner (Nm³) NG/døgn samt transport av gass til Europa i rørsystemene Statpipe, Zeepipe, Europipe I og Franpipe.

Mongstad Refining er et oljeraffineri med kapasitet på 10 mill. tonn råolje/år, med produksjon av bensin, diesel, flydrivstoff og andre lette petroleumprodukter. Raffineriet er det største i Norge, og er middels stort i europeisk sammenheng. Det er eid av Statoil (79%) og Shell (21%).



Mongstad Refining

Stureterminalen i Øygarden er Hydro sitt prosessanlegg og utskipningshavn for råolje. Her blir de letteste komponentene (LPG og nafta) tatt ut og transportert til Mongstad via en rørledning som eies av Vestprosess. Raffinert råolje og LPG-mix blir lagret i fjellagre før utskipping.

Vind

Langs korridoren er det store potensialer for vindkraft p.g.a. sterk vind langs kysten. Det er da også en rekke vindkraftprosjekter i korridorområdet, hvorav et par er bygd, og en rekke under vurdering ved konsesjonsbehandling.

Industrier

Systemet med et nett av ENØK-sentre, som for eksempel Vestnorsk ENØK i Sandane, Førde og Bergen, og ENØK-senteret Møre og Romsdal AS (Ørsta), har historisk vært opptatt av stasjonær energibruk. Det har imidlertid vært politiske signaler og diskusjoner knyttet til at ENØK-sentrene i framtida også bør interessere seg for transportenergi.

Det finnes i korridoren også industrier som har potensial for hydrogen som bi-produkt. Det største potensialet er ved raffineriet på Mongstad hvor overskuddshydrogen hovedsaklig blir brukt til å fjerne svovel. Det er således ikke rent overskuddshydrogen i og med at det anvendes idag og ved et fremtidig uttak må det dermed erstattes. Men det er klart at hvis det skjer en fremtidig oppskalering av anlegget kan det trolig tas høyde for at hydrogen kan bli produsert i større mengder enn det er behov for til svovelfjerning.

Ved Vadheim Electrokemiske Fabriker og Elkem i Svelgen er det også mindre mengder hydrogen som bi-produkt fra klor-produksjon.

Det er flere andre industrier som driver med NG distribusjon enn nevnt ovenfor. Naturgass Vest eier de 2 fyllestasjonene i Bergen (Nyborg og Straume). Statoil og BKK er medeiere i disse.



Prosessering og transport av NG og kondensat (lettolje)

IVT Naturvarme i Stavanger og Bergen har kompetanse på rørsystemer knyttet til varmpumper og fjernvarme, og kan bli viktige aktører knyttet til infrastrukturoppbygging av hydrogen i framtida.

Utdanning og forskning

Av høyere utdanning i korridoren må i første rekke Universitetet i Bergen (www.uib.no) nevnes. Kontaktperson er Sigmund Grønmo (sigmund.gronmo@rektor.uib.no). Norges Handelshøyskole (www.nhh.no) ligger også i Bergen. Kontaktadresse er nhh.postmottak@nhh.no. Det nyopprettede Universitetet i Stavanger må også nevnes. Det er også en rekke andre høgekoler i korridoren. Disse inkluderer Høgskolen i Bergen (HiB), avd. for ingeniørutdanning (Ole-Gunnar Søgne, ole-gunnar.sognen@hib.no), Høgskolen i Molde, Høgskolen i Ørsta/Volda, Høgskolen i Sogndal.

Vestlandsforskning har kompetanse på transport og miljø, med fokus på alternativ energi inkludert hydrogen. Rogalandsforskning har kompetanse på olje og gass. Chr. Michelsens Inst. i Bergen driver med noe forskning på reformering av naturgass. Møreforskning må også nevnes.

Nettverk

Det finnes et varmepumpe-nettverk i Nordfjordeid. Ellers er Coop NKL AB (www.coop.no) sine butikker og Supermarkeder et annet mulig innrullings-nettverk. Kontaktadresse er bernt.aas@coop.no.

Andre sentrale aktører

Av andre aktører må Hordaland Fylkeskommune nevnes, da de har vært i diskusjon om mulighetene for overgang til hydrogen. Kontaktpersoner er Stein Bjørlykke (stein.bjorlykke@hordaland-f.kommune.no) og Hanne Juul (hanne.juul@hordaland-f.kommune.no).

Bergen Kommune har også vært med i diskusjon om hydrogenenergi. Kontaktperson er Vidar Totland (vidar.totland@bergen.kommune.no).

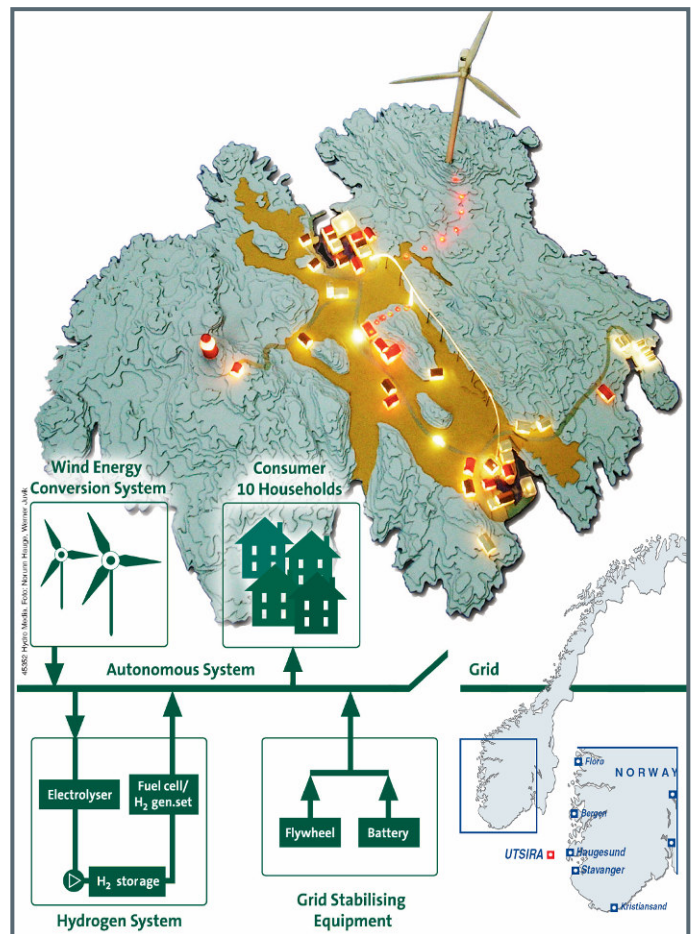
Av miljøorganisasjoner er det i første rekke Norges Miljøvernforbund, med sitt hovedkontor i Bergen, som er relevante. De har en relativt lunken holding til hydrogenenergi på kort sikt, men ser på det først og fremst som en svært langsiktig mulighet.

Hydrogen-prosjekter

Utsira er en øy vest for korridoren, og er kanskje det mest kjente hydrogen-prosjektet i Norge, med installert hydrogen produksjon fra elektrolyser drevet av vindkraft.

HyNor er som nevnt innledningsvis en hydrogenkorridor fra Oslo til Stavanger.

Det har også vært diskusjon om et prosjekt med innblanding av hydrogen i naturgassen som benyttes av Gaia og HSD i Bergen. Dette var et initiativ fra Statkraft (Ragne Hildrum, ragne.hildrum@statkraft.no), DNV og Statoil. Prosjektet ble imidlertid ikke noe av men var forløperen til et større prosjekt med bl.a. Marintek som for tiden pågår i Trondheim.



Utsira Hydrogen Projektet Kilde: Norsk Hydro

4.4 Nordtyskland

Formålet med undersøgelsen i Nordtyskland har været at kortlægge eksisterende brint initiativer og aktiviteter, med særlig fokus på brugen af brint og tankstationer. Derudover også at stimulere de lokale aktørers interesse i at blive en del af Hydrogen Link netværk, så NTN Korridoren kan sikres til Hamburg.

De tyske initiativer indenfor brint og brændselscelle sker primært på statsligt niveau, svarende til amterne i Danmark. De Nordtyske stater der har interesse for Hydrogen Link er:

- Schleswig-Holstein
- Hansestadt Hamburg
- Mecklenburg-Pommern
- Nieder Sachsen



I kortlægningen af initiativerne i de forskellige Stater er der blevet identificeret en række allerede eksisterende brint tankstationer, samt skabt kontakt til række aktører der arbejder med ideer og planer om at etablere tankstationer på en række velegnede lokaliteter.

De mulige tankstations-placeringer er fundet med udgangspunkt i lokale aktørernes interesse i projekterne, samt områdets særlige potentiale for demonstration og forsøgsaktiviteter indenfor brint. Et komplet billede af alle identificerede mulige tankstations placeringer og nuværende tankstationer, kan ses som i afslutningen af dette afsnit.

Analysen er foretaget med udgangspunkt i samtaler med den tyske brint og brændselscelle forening "Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband" (DWV)¹⁰ og i dialog med andre lokale organisationer og firmaer. Gennem kontakt til disse har det været muligt, at kunne lave en overordnet screening af brint aktiviteterne i de forskellige Stater. I de efterfølgende afsnit beskrives Staternes forskellige brint aktiviteter, samt de planlagte og identificerede tankstationer.

Schleswig-Holstein

Husum

På trods af de store ressourcer af vindenergi i området sker der meget lidt i forhold til brint og brændselscelle aktiviteter, men dette er dog under ændring. Husum bliver på trods af dens lille størrelse med 21.000 indbyggere, kaldt "the wind capital of the world" grunde det store antal af vindmøller i området.

Byens messecenter er derfor også årlig arrangør af den internationalt kendte HUSUMWIND messe. På messen udstiller typisk over 500 virksomheder indenfor vindmølleindustrien.

Husum har gentagne gange været i fokus hos operatører af vindparker i området omkring muligheden at konvertere overskuds strøm til brint og opsætte brint tankstationer¹¹.



Udsigten fra Husum Fjord til de mange vindmøller i området

¹⁰ www.dwv-info.de

¹¹ Efter samtale med Ulrich Schmidtchen fra DWV, Berlin

Husum, Lufthavn

I Husum findes en mindre lufthavn med et område på 45 ha og omkring 3500 flylandinger i året. Selve lufthavnen har igennem den seneste tid haft en udstilling der på modelbasis demonstrerer anvendelsen af brint i forskellige applikationer.

De store mængder vindenergi i området kombineret med brintaktiviteterne på lufthavnen og den internationale vindmesse, er en unik mulighed for området i at profilere sig som stedet hvor vind omsættes til brint.

Ved hjælp af elektrolyse vil vindmøllestrømmen kunne omdannes til brint, som i første omgang kan forsyne lufthavnens udstilling og senere brintdrevne transportmidler. Aktører i Husum har allerede spottet disse muligheder. Husum lufthavn, har ifølge, Von Dammann, leder af lufthavnen en vision om, at skabe et energi cluster i Husum hvor energi fra vedvarende og fossile kilder lagres i brint. Husum Lufthavn har derfor også vist stor interesse for Hydrogen Link projektet. Ved en eventuel videreførelse af projektet kan et samarbejde etableres.

Mere information omkring Husum og lufthavnen på:

<http://www.husum-wind.de/> og <http://www.husum-airport.de/>

Brunsbüttel, ChemCoast Park

ChemCoast Park er en industriel park hvor firmaer fra den kemiske, petrokemiske og energi industri er placeret. Det er den største koncentration af industrielle aktiviteter i Schleswig-Holstein Staten. Brunsbüttel er placeret kun 45 minutters kørsel fra Elbtunnelen i Hamborg. ChemCoast Park ligger på en krydsvej mellem Elbfloden og Kieler kanalen. Mellem virksomhederne i Brunsbüttel er der en omfattende udveksling af råvarer, herunder brint.

Som en del af Hamburg's "forstad" ønsker Brunsbüttel derfor at øge kendskabet til området som et relevant sted for udvikling af brintproduktion, lagring og forbrug. Brunsbüttel har stor interesse i Hydrogen Link projektet, og ønsker i en eventuel videreførelse af projektet, at komme i betragtning som en fremtidig H2 HUB.



ChemCoast Park i Brunsbüttel er den største koncentration af industrielle aktiviteter i Schleswig, med bl.a. allerede eksisterende produktion og forbrug af brint.

Kiel, HDW Fuel Cell Systems GmbH (HFCS)

HDW Fuel Cell Systems arbejder med integration af brændselscelle systemer til ubådsapplikationer. De er en afdeling af virksomheden HDW som beskæftiger over 3000 mennesker. HDW står i dag for at producere de mest moderne ikke atomare ubåde. Deres hovedkvarter ligger i Hamborg og med afdelinger i Emden, Rendsburg, Karlskrona and Malmö (Sweden), and Scaramanga (Greece). Men det er kun i Kiel, man beskæftiger sig med brændselscelle- og brintteknologi. Deres aktiviteter ligger ned til havnen og mulighederne for en brint-tankstation er oplagt, da virksomheden allerede anvender brint i deres udvikling af brændselscelle-systemer.

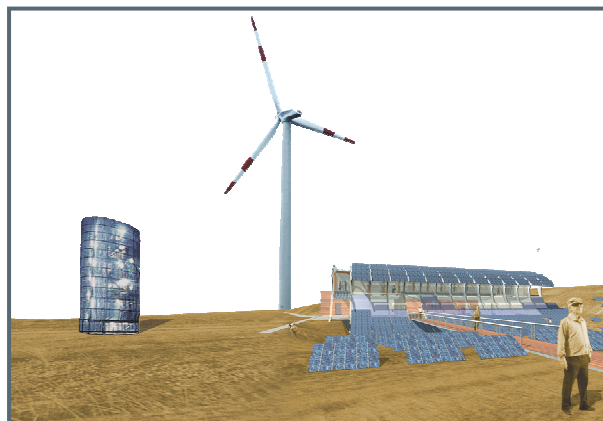


HDW Kiel er førende indenfor udvikling af ubåde baseret på brændselsceller.

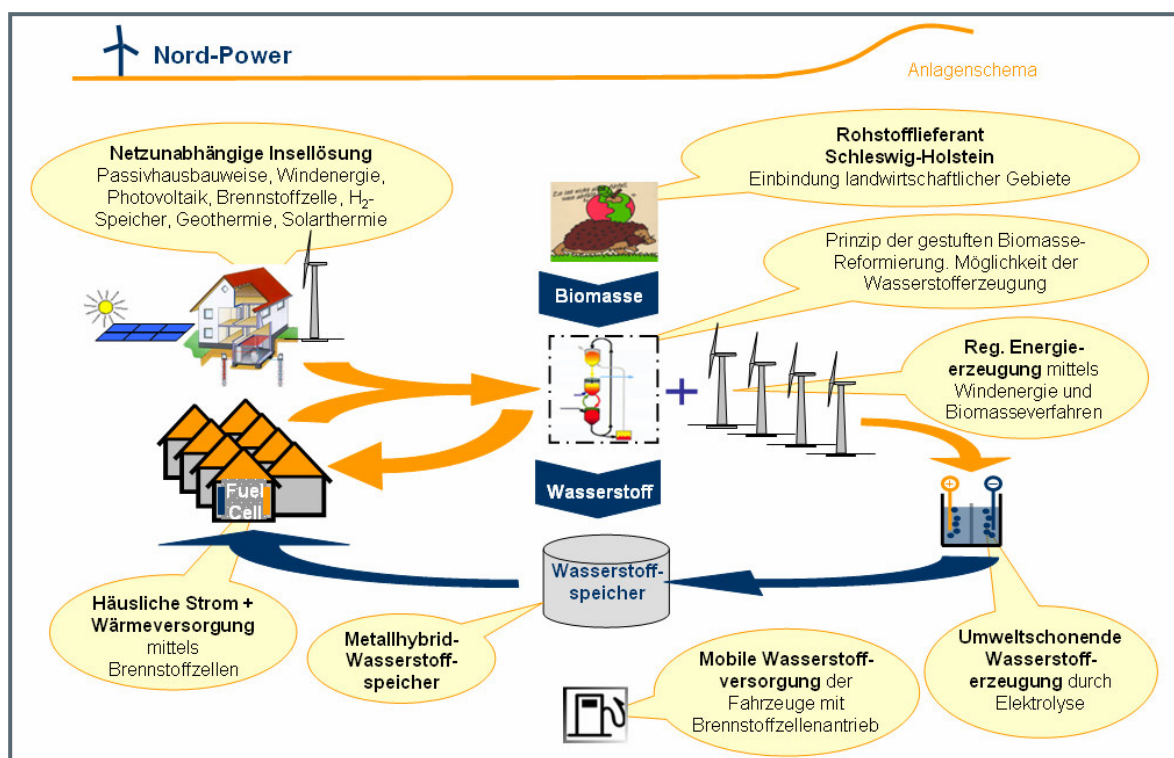
Lübeck

Stadtwerke Lübeck GmbH har initieret et projekt der stadig er i opstartsfasen for etablering af et udviklingscenter for hydrogen teknologi i "Nord Power Technology park" i Lübeck by. Projektet har et budget på 9,823 millioner € med forskellige både offentlige og privat partnere der støtter projektet.

Teknologi parken vil bl.a. kunne producere brint ud fra vindmøller, solceller og biogas. Tanken er, at anvende metalhydrider til lagring af brinten og bruge den til brændselsceller i forskellige brændselscelledrevne applikationer. Derudover vil brint distribueres i et net til forsyning af decentralt placerede brændselscelle systemer i husstande der producerer strøm og varme.



Stadtwerke Lübeck GmbH har meldt positivt tilbage for at deltage og blive medlem af Hydrogen Link projektet, og vil i fremtiden kunne anses som en anvendelig brint tankstation. Nedenfor kan ses en konceptskitse af parken og systemelementerne. Læs også



Ud fra 2-3 vindmøller med en nominel effekt på mellem 2½- 5MW og solcelleanlæg integreret i bygninger vil man bruge overskudsstrømmen herfra til produktion af brint fra elektrolyse til både anvendelse i et distributionsnet til husstande og til brint drevne køretøjer.

mere på hjemmesiden www.Stadtwerke-Luebeck.de

Hansestadt Hamburg

Hamburg har tradition for at være et center for brint projekter i Tyskland. Hamburg har allerede en brint tankstation og tre brintdrevne busser har siden midten af 2003 har kørt som bybusser i Hamburg som en del af EU's CUTE projekt.

HH2 tankstationen i Hamburg

HH2 (Hamburg og hydrogen) er en eksisterende brint-tankstation for bybusdrift. Tankstationen og busserne er en del af det EU støttede projekt: CUTE (Clean Urban transport for Europe), hvor der i 9 forskellige byer i Europa testes forskellige aspekter af brint teknologien i relation til busser. I Hamborg testes busdrift med høje passagertal og korte afstande mellem start og stop og brintproduktion med elektrolyse. Firmaerne Hamburger Hochbahn, HEW og BP har stået for realiseringen af projektet. HH2-Busserne kører i almindelig rutedrift i Hamburg.

Den totale pris for tankstationen var 1,5 millioner Euro. Norsk Hydro Electrolysers har stået for leveringen og hovedentreprisen af tankstationen.

Mere information på omkring Hamburg-tankstationen på:
www.hh2wasserstoff.de

"HyWeb Hamburg"

Der er et nyt Statsligt initiativ igangsat i Hamburg, kaldet "HyWeb Hamburg". Projektet blev præsenteret for første gang ved brint messen H2Expo 2005. HyWeb er en ambitiøst projekt der bringer flere aktører sammen indenfor brint og brændselscelleteknologien. "HyWeb Hamburg becomes 'hycity'" lyder ambitionen i Hamburg. Adskillige virksomheder, organisationer, administrative råd og individuelle interessenter indenfor brint og brændselsceller har samlet kræfterne i Hamburg for at stifte initiativet, der er offentligt støttet.

Den nuværende medlemsliste indeholder flere større virksomheder såsom Airbus, BP Germany, European Fuel Cell, Hamburg Airport, Germanischer Lloyd, GKSS Research Center Geesthacht, H2Expo, HDW Fuel Cell Systems, Vattenfall, Linde Gas, Siemens, Still og TÜV Nord.

Fire arbejdsgrupper er nedsat i forbindelse med projektet og skal arbejde med uddannelse og træning, forskning, industrialisering og support til markedsintroduktionen af produkter.

Planer for demonstration aktiviteter er undervejs fra 2006.

Vattenfall vil stå for en naturgasfyret højtemperaturs-brændselscelle (SOFC) der vil kunne producere både strøm og varme i den nye bydel i Hamburg kaldet "HafenCity". Airbus har planer omkring en brændselscelle der bidrager til strømforsyningen i et fly. Derudover er en brændselscelledrevet færge også blevet planlagt.

Hyweb og det eksisterende CUTE-projekt med brinttankstation og busser har bragt Hamburg i en klar førerposition hvad angår brintaktiviteter i det nordlige Tyskland. Dette underbygger også nødvendigheden af at få ført NTN korridoren til Hamburg.



Tankning af en af de 3 CUTE busser ved tankstationen i Hamburg



"HOT Module": Vattenfall forsøger med denne brændselscelle at forsyne både strøm og varme til en boligblok i den nye bydel i Hamburg "HafenCity"

Mecklenburg-Vorpommern

Barth

Barth er et godt eksempel på et lille område med meget lidt industri, men store lokale energiressourcer og stor politisk velvillighed, der har banet vejen for et gennemført brint- og brændselscelle system.

Blandt initiativerne er der en opført en brint-tankstation i byen Barth med bare 11.000 indbyggere, ved kysten ud til det Baltiske hav. Tankstationen er ikke optimalt placeret i forhold til korridoren fra Jylland mod Hamborg, men aktørerne i Barth har vist interesse for at blive en del af Hydrogen Link med henblik på samarbejde og erfaringsudveksling.

Tankstationen er baseret på elektrolyse (97 kW) ud fra vedvarende energi. Brint lagres ved 281 bars tryk, og anvendes i en brændselcelledrevet bus, mens ilten anvendes i et lokalt rensningsanlæg. De involverede partere i projektet er:

Wasser und Abwasser GmbH (Ribnitz-Dammgarten),
Fachhochschule Stralsund,
Carl H. Wolters Ostseebus GmbH (Barth)

Projektet blev ledet af virksomheden Wasser und Abwasser GmbH og finansieret igennem ressourcer fra EU, Tyskland og staten af Mecklenburg-Vorpommern, såvel som de tre parter der er involveret i projektet. Ideen med tankstationen blev initieret i 2001 og realiseret i 2003. Brændselscelle-bussen er stadig endnu ikke helt kørende, men den forventes klar i slutningen af 2005. Tankstations-anlægget har fungeret upåklageligt. Prisen for hele anlægget er ukendt. Brint anvendes kun til bussen. De årlige vedligeholdelses omkostninger er 40.000€, mens de årlige omkostninger til strøm beløber sig til 90.000 €. Men kun 41.500 € betales da resten (48.500 €) leveres fra egne solceller. Yderligere beskrivelse af tankstationen i Barth: <http://www.wti-mv.de>

Niedersachsen

Gifhorn

Der findes allerede en brint-tankstation i byen Gifhorn, som ligger ca. 130km stik syd for Hamborg på højde med Hannover. Brint-tankstationen er af en forholdsvis beskedne størrelse og bruges af bilproducenten Volkswagens udviklingsafdeling, som er placeret i byen. Der er ikke blevet taget kontakt til aktørerne bag brinttankstationen, da området i forhold til Hydrogen Link projektets første fase ikke har relevans for NTN Korridoren. I en eventuel senere udvidelse af korridoren i Tyskland, vil tankstationen dog kunne danne grundlag for videreførelse af korridoren sydpå fra Hamborg.

Oldenburg - Hywindbalance

I Oldenburg er et nyt forskning og udviklingsprojekt netop blevet påbegyndt med finansiering fra den europæiske fond for regional udvikling og en række andre partere. Der er dannet et konsortium, med navnet Hywindbalance.

Konsortiet har til mål at udvikle, undersøge og bruge et system der anvender en vindmølleparkers overskudstrøm i en kombination med brint produktion. De større elementer i systemet er elektrolyseanlæg, brint lager, brændselsceller og en intelligent styre enhed, som optimerer anlægget afhængig af bl.a. vindmølle energi input og prognoser for energibehovet.

Brint vil således udgøre en lagringsform for den elektriske energi fra vindmøllerne, og udgøre et styreredskab for den ellers fluktuerende vindmølleenergi.

Derudover har Oldenburg i området en industri virksomhed der producerer brint som sideprodukt (ca. 10.000kg), det er tanken også at kunne udnytte dette i fremtiden.

Yderligere information om projektet kan findes på: www.hywindbalance.com

Der er blevet skabt kontakt til Hywindbalance konsortiet, der har vist stor interesse for at blive en del af Hydrogen Link.

Sammenfatning af aktiviteter i Nord Tyskland

Analysen af de Nordtyske aktiviteter i de fire Stater, har identificeret tre eksisterende brint-tankstationer og fem potentielle tankstations-placeringer.

Af de allerede eksisterende brint tankstationer er det dog kun Hamburgs, der er relevant i forhold til NTN-korridoren. I en senere videreførelse af Hydrogen Link projektet og udvidelse af korridoren, vil de andre tankstationer dog kunne inddrages.

De tre potentielle fremtidige tankstations placeringer er stadig i opstartsfasen, men der er stor lokal opbakning omkring ideerne. Barth beviser desuden, at en lille by på bare 11.000 indbyggere kan realisere et projekt med etablering af en tankstation og brændselscelledrevet bus.

Der har i undersøgelsen af Nordtyskland været en stor interesse for Hydrogen Link projektet, og screeningen har også været med til at katalysere og stimulere lokale aktørers interesse i brint til transport. En del af de identificerede aktører har også vist stor interesse for at deltage i en eventuel videreførelse af Hydrogen Link projektet.

Kortet nedenfor viser eksisterende og potentielle tankstations-placeringer i Nordtyskland.



● Eksisterende brint tankstation

● Potentiel tankstations placering

5. Brint – udfordringer og muligheder

Brintteknologien er en ung teknologi, og der er stadig mange usikre faktorer omkring den fremtidige udvikling på området. Alt udviklingsarbejde må derfor foregå med risiko for, at udviklingen af en eller anden årsag bevæger sig i en anden retning end forventet.

Det er samme vilkår som meget andet udviklingsarbejde foregår på, men det er vigtigt at være opmærksom på dem, således at der ikke skabes urealistiske politiske forventninger til projektets resultater.

5.1 Skal der være brint-tankstationer i 2025?

Det må således fremhæves, at de optankningsmuligheder for brint, der forhåbentlig kommer ud af Hydrogen Link projektet, ikke kan betragtes som de første led i det landsdækkende net af tankstationer, der skal være til rådighed, når/hvis brintdrevne køretøjer om 15-20 år kommer i generelt brug. Tankstationerne vil ikke være "prototyper for fremtidens brint-tankstationer", men primært støttepunkter for udvikling af den teknologi, der kan gøre brint til en vigtig del af transportsektorens "forsyningskæde".

Hvordan "brint-tankstationer" overhovedet skal se ud i 2025, hvor mange, der skal være – og om de overhovedet skal være der – er stadig et åbent spørgsmål. De fleste af de brint-tankstationer, der er i brug i øjeblikket, bygger videre på den infrastruktur, der har fungeret fint til distribution af flydende brændstoffer som benzin og diesel, men det er ikke sikkert, at det er det bedste koncept til distribution af brint.

To eksempler på teknologier, der kan vende op og ned på forudsætningerne:

Hvis der udvikles prisbillige løsninger til små decentrale elektrolyseanlæg kan det tænkes, at optankning med brint hovedsageligt vil finde sted om natten, mens bilen holder hjemme eller om dagen på arbejdspladsen eller i andre "knudepunkter", hvor bilen alligevel holder – lige som det nu sker med batteridrevne elbiler.

Hvis den netop lancerede danske idé til lagring af brint i form af ammoniak, bundet til et salt i faste "brintpiller" (eller lignende lagringsprincipper), bliver udviklet til en økonomisk og energimæssigt attraktiv lagerteknologi, vil brint kunne sælges i sækkevis i byggemarkeder og hos andre brændselsleverandører – og de "afgassede" piller afleveres samme steder til regenerering.

I begge tilfælde kunne egentlige "tankstationer" blive en anakronisme, der hører "oliealderen" til.

5.2 Konkurrerende teknologier

En anden usikkerhedsfaktor er, at der er konkurrerende teknologier og andre bud på fremtidens energiløsninger til transportsektoren. Nogle af dem kan måske have potentiale til helt eller delvis at overflødiggøre og "udkonkurrere" brint – andre må først og fremmest betragtes som økonomisk attraktive overgangsløsninger, der kan medvirke til at forsinke brintudviklingen. Der vil måske komme flere endnu – men lige nu er de mest iøjnefaldende:

Hybridløsninger med benzin/diesel og batterier (HEV = Hybrid Electrical Vehicles)

Mange af de store bilfabrikker satser lige nu på disse løsninger, hvor benzin- eller dieselmotorer benyttes parallelt og/eller i serie med batterier og elektriske drivmotorer. De byder på miljømæssige fordele i bytrafik og reducerer forbruget af fossile brænd-

stoffer. Det er ikke mindst konkurrencen fra disse løsninger, der har fået bilindustrien og det amerikanske energiministerium til at opgive udviklingen af systemer til reformering af flydende brændstoffer, som metanol og benzin, til brint i selve køretøjerne.

”Plug-in” hybrider (PHEV)

er næste generation af hybridløsninger, der er på vej til kommerciel introduktion. Her er benzin- eller dieselmotorer også kombineret med batterier, men bilens batterier kan desuden oplades fra nettet, således at en større del af kørslen kan foregå på strøm, der er tappet fra elnettet, når bilen holder stille. Mens de nuværende hybridløsninger typisk kan reducere brændstofforbruget med ca. 30 % i forhold til benzin/dieseldrift hævdes de nye PHEV-løsninger at kunne reducere forbruget med op til 80-85 %.

Elektriske køretøjer med batterier

blev opgivet af bilindustrien for nogle år siden, fordi den batteriteknologi, der var til rådighed, ikke gav en rækkevidde, der levede op til de konventionelle markedskrav, og fordi der var tekniske og miljømæssige problemer med nogle af batterityperne. Udviklingen af nye, forbedrede batterisystemer med lavere vægt, større kapacitet og kortere opladningstid fortsætter imidlertid (ikke mindst på grund af interessen for hybridløsninger), og kan vende udviklingen. Ikke mindst, fordi energilagring i batterier er mere effektiv end lagring i brint. En typisk batteridrevet elbil har kun halvt så stort energiforbrug som et tilsvarende brintdrevet køretøj, og det forhold vil næppe ændre sig radikalt med den teknologiske udvikling.

Biobrændstoffer (metanol, etanol, planteolie og ”biodiesel”)

har en stærk mulighed for at komme ind på markedet på kort og mellemlangt sigt, fordi de med ret små tilpasninger kan kombineres med den eksisterende motorteknologi og det nuværende distributionssystem for flydende brændstoffer.

Naturgas

som motorbrændstof er en anden overgangsløsning, der er i brug i vore nabolande (Tyskland, Norge og Sverige), både i biler og busser. Af afgiftsmæssige grunde er denne løsning hidtil ikke nævneværdigt brugt i Danmark. I de øvrige lande er udviklingen blevet fremmet gennem betydelige afgiftslettelser på naturgas i forhold til benzin og diesel. Fordelene er først og fremmest miljømæssige, men også ressourcernes størrelse og forsyningssikkerheden har spillet ind.

5.3 Trusler eller muligheder?

De konkurrerende teknologier kan betragtes som trusler, der kan forhindre, hæmme eller forsinke introduktion af brintteknologi til transport. De kan dog også indebære positive muligheder for samspil med brintteknologi. I Hydrogen Link er en række af de identificerede H2 HUB's i Danmark således en kombination af brint og andre brændstoffer som f.eks. rapsolie i Aalborg, metanol i Fredericia og biogas i Holstebro.

Kombinationen med tankningsmuligheder for naturgas er specielt interessant, hvis der politisk åbnes for naturgas som transportbrændstof i Danmark, fordi det giver mulighed for introduktion af blandinger af naturgas og brint (Hythan). Det er bl.a. i anvendelse i den tankstation, der er etableret i Malmö. Naturgassen bliver her en overgangsteknologi, der kan bane vejen for en gradvis introduktion af VE-produceret brint i transportsektoren. Kombination med naturgastankning kunne være relevant i Hobro, hvor brintproduktionen er baseret på reformering af naturgas, og Hythan kunne være aktuel i Ringkøbing, hvor naturgas er til rådighed på fjernvarmeværket.

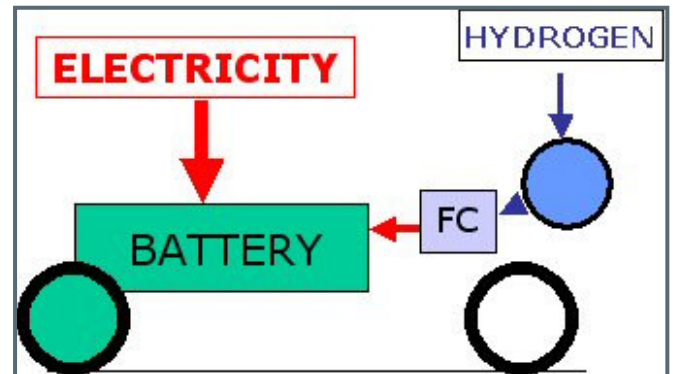
Desuden er der også på køretøjssiden mulighed for kombination af forskellige teknologier til energilagring. For eksempel i form af hybridløsninger, der kombinerer brint, brændselsceller og batterier, i forbindelse med HyNor-projektet bevilgede det norske

transportministerium i maj 2005 11 mio. NKR til udvikling af en hybridversion af den norske elbil "Think".



Hybridversionen af den norske "Think" kan betragtes som en brændselscelle-hybrid med "plug-in" funktion eller en batteribil med brændselscelle som "range extender".

Foto t.v.: Think Nordic



5.4 Mulighederne for brint infrastruktur i NTN Korridoren

Når den norske "brintvej" fra Oslo til Stavanger er klar i 2008 vil der være basis for kørsel med brintdrevne køretøjer i det sydlige Norge. En meget stor del af trafikken vil nok komme til at foregå lokalt omkring de knudepunkter, hvor der er etableret op-tankningsmuligheder. Desuden kan der måske i et vist omfang benyttes brintdrevne busser mellem de enkelte knudepunkter.

Initiativet til introduktion af brintkøretøjer vil i høj grad ligge hos offentlige og større private aktører i de pågældende områder. Hertil vil der formentlig efterhånden også komme private bilister, der går ind i køb eller leasing af brintkøretøjer. Interessen hos disse aktører vil i høj grad stimuleres, hvis der etableres større bevægelsesmuligheder f.eks. gennem etablering af tankstationer langs den svenske vestkyst eller ned gennem Jylland.

I denne fase af udviklingen vil den blive båret af privatpersoner, der er villige til at betale en merpris for en teknologisk avanceret og miljømæssigt attraktiv transportløsning. De tidligere erfaringer med batteridrevne elbiler viser, at de brugere, der melder sig som "first adopters" af den nye teknologi er i besiddelse af en god del pionerånd og entusiasme. Den er af nogenlunde samme karakter som hos de private husejere, der for 25 år siden investerede i en vindmølle, eller som nu installerer solceller på taget, selv om det ikke giver privatøkonomisk overskud.

De leasingpriser til private, der er meldt ud med på det amerikanske marked (500 \$ pr. måned) er ikke afskrækkende, og hvis prisen for brint holdes på et rimeligt niveau gennem afgiftsfritagelse og evt. tilskud vil de samlede kørselsomkostninger formentlig heller ikke kunne skræmme potentielle brugere væk.

Fra "H2 HUB's" til infrastruktur

Etablering af blot 2-3 af de 8 identificerede "H2 HUB's", der er skitseret i denne rapport vil kunne skabe basis for at en del af de norske "brint-bilister" vil kunne udvide deres aktionsområde til Jylland og samtidig stimulere interessen hos potentielle danske bilister, der kunne tænkes at ville eksperimentere med den nye teknologi. Etablering af flere "H2 HUB's" vil på længere sigt bringe kørsel til og fra Tyskland indenfor rækkevidde – og dermed øge antallet af potentielle "eksterne" brugere.

Lige som i Norge vil det i høj grad være lokale aktører omkring de enkelte "H2 HUB's", der har det første initiativ og sikrer realisering af de "knudepunkter", der kan være

med til at drive udviklingen fremad. Mulighederne for, at disse første "H2 HUB's" senere kan udbygges til et større samlet netværk afhænger i høj grad, om det lykkes at skabe en "brugerdrevet" udvikling – og det er igen afhængigt af de økonomiske rammebetingelser, der skabes gennem lovgivning og energipolitiske initiativer.

Med de usikkerhedsmomenter omkring den teknologiske udvikling og brints rolle i det samlede transportbillede på langt sigt er det svært at sige noget om, hvorledes og i hvilket tempo, en fremtidig infrastruktur vil blive realiseret – og især om, hvor langt ude i fremtiden en egentlig kommerciel drift af brint-tankstationer vil være en realitet.

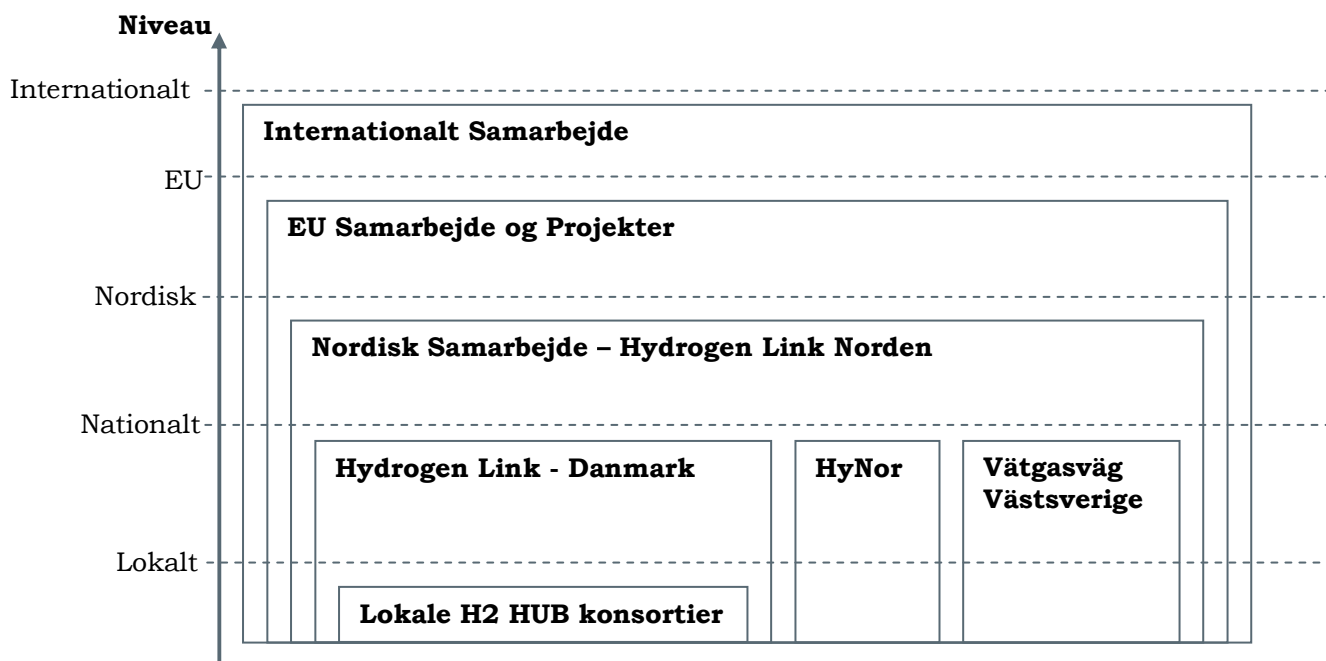
Derimod kan man med rimelig sikkerhed forudse, at brintteknologien under alle omstændigheder indenfor en overskuelig fremtid vil være kommercielt interessant indenfor en række nicheområder, både udenfor og i tilknytning til transportsektoren. Etableringen af de skitserede "H2 HUB's" vil være et vigtigt skridt til at skabe en platform for at virksomheder i NTN-området kan være aktive medspillere i den proces. Og det vil nok i første omgang være den vigtigste drivkraft for de lokale projekters realisering.

At de som samtidig vil være med til at etablere mulighed for grænseoverskridende trafik med brintdrevne køretøjer må betragtes som en værdifuld tillægsgevinst, der kan stimulere den internationale interesse for brintudviklingen i NTN området.

6. Videreførelse af Hydrogen Link

Brint til transport vil kræve en langsigtet omstilling der vil ske i flere trin.

Første fase af Hydrogen Link projektet har haft til formål at skabe en række netværk indenfor brint til transport, og få identificeret placeringsmuligheder for de første brint-tankstationer ned gennem Jylland. Der er efterfølgende behov for at netværkene bliver videreført og udvidet, samt at projekter igangsættes der på sigt kan lede til etableringen af de første tankstationer. Ligeledes er der på nordisk plan blevet taget skridt til et samarbejde mellem de forskellige "Brintvejs"-projekter. Det er vigtigt at dette arbejde også videreføres, og at det udbygges til et europæisk og internationalt samarbejde. En videreførelse af Hydrogen Link kræver således, at der sættes ind med tiltag på en række forskellige niveauer som figuren nedenfor angiver:



En videreførelse af Hydrogen Link skal indeholde elementer fra hvert niveau samt, fungere som en katalysator for, at der igangsættes selvstændige tiltag på hvert niveau.

I de efterfølgende afsnit beskrives mulige tiltag og projekter på de forskellige niveauer. Slutteligt sammenfattes de mange tiltagsmuligheder fra niveauerne i en konkret anbefaling til en videreførelse af Hydrogen Link i en fase 2.

6.1 Videreførelsen af Lokale H2 HUB's (Lokalt niveau)

Grundlaget i NTN-korridoren for en brint-infrastruktur er, at der lokalt igangsættes tiltag for etablering af H2 HUB's. Rent procesmæssigt sker dette bedst ved, at der først gennemføres et forprojekt for hver H2 HUB, der munder ud i en skitse for et demonstrations-projekt, som efterfølgende realiseres.

I en række af de af H2 HUB's der er blevet identificeret i Hydrogen Link projektet, primært i Danmark, er sådanne forprojekter allerede undervejs. Men dette sker typisk kun i de lokalområder hvor der allerede i dag arbejdes med brint, f.eks. i Ringkjøbing Amt og Hobro Kommune. En videreførelse af Hydrogen Link bør derfor også indebære at projektet kan fungere som en "organisation" der kan initiere og katalysere igangsættelsen af forprojekter for de H2 HUB's, hvor der endnu ikke er et lokalt konsortium der kan varetage opgaven.

6.2 Videreførelse af Hydrogen Link i Danmark (Nationalt niveau)

For at de lokale H₂ HUB's på sigt kan kobles sammen i et nationalt netværk og for at sikre en koordinering og videnuudveksling imellem dem, skal der sikres en overordnet projektstruktur og samarbejde.

Desuden vil en sådan overordnet projektstruktur kunne sikre, at der igangsættes nationale R/D og kommercialiserings og socioøkonomiske studier der underbygger arbejdet i de lokale H₂ HUB's. Desuden vil tværgående arbejdsgrupper kunne nedsættes hvor deltagere fra de lokale H₂ HUB's kan samarbejde om at løse fælles problemstillinger, som f.eks. standardisering og indkøb af køretøjer.

HyNor i Norge er et godt eksempel herpå, hvor de enkelte tankstationer (knotepunkter) er selvstændige projekter med eget konsortium. HyNor består så af deltagere fra hvert knudepunkt, hvor de samarbejder omkring koordinering samt fælles problemstillinger.

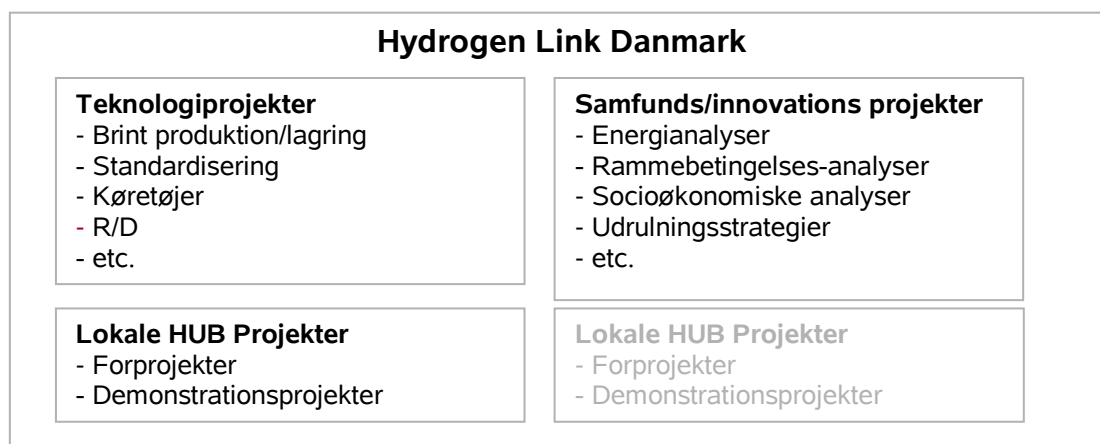
I Sverige kan en lignende konstruktion forventes at blive resultatet af det tidligere omtalt forprojekt "Vätgasväg Västsverige", som der arbejdes på netop nu.

I Danmark har Hydrogen Link indtil nu været det eneste tiltag på skabelsen af netværk indenfor brint til transport. Jylland er således blevet afdækket og 8 mulige tankstationer identificeret. Andre områder af Danmark mangler imidlertid at blive undersøgt på samme vis. Ligeledes skal en overordnet projektorganisation, som den i HyNor, sikres.

Da Hydrogen Link hidtil været stærkt forankret i Danmark, samt at der allerede er andre tiltag i gang i Norge og Sverige, bør en videreførelse af Hydrogen Link, indebære en del kaldet "Hydrogen Link Danmark", hvor der specifikt arbejdes i dette land. Hydrogen Link Danmarks skal fungere som paraplyen for de mange H₂ HUB's samt sikre at der bliver fundet nye H₂ HUB's i Danmark, hvor bl.a. Esbjerg, Hanstholm, Hirtshals og Frederikshavn er vigtige byer der bør dækkes ind med en H₂ HUB. Ligeledes skal Hydrogen Link Danmark katalysere, at der igangsættes nationale projekter i relation til brint til transport. Aalborg Universitet har allerede i forbindelse med Hydrogen Link projektet og deltagelse i dennes workshops, opstillet en række konkrete forslag til sådanne nationale projekter. Der er tale om både såkaldte Teknologiprojekter og Samfunds/innovationsprojekter.

Hydrogen Link Danmark bør sikre, at disse projekter igangsættes, samt sørge for en koordinering af projektet og at resultaterne formidles videre til de lokale H₂ HUB's.

Nedenfor er skitseret en mulig opbygning af Hydrogen Link Danmark.



6.3 Nordisk Samarbejde (Nordisk niveau)

En vigtig del i skabelsen af en nordisk "brintkorridor" (NTN Korridoren), er et koordineret samarbejde mellem landene, dvs. Norge, Sverige, Danmark og Nordtyskland. Hydrogen Link projektet har skabt et godt udgangspunkt for et sådant samarbejde.

På en Hydrogen Link workshop i Århus i juni, blev der således nået til enighed mellem repræsentationer fra projekterne i Norge og Sverige samt Hydrogen Link om at et tættere samarbejde bør indledes. Målet er bl.a. at etablere en række fælles arbejdsgrupper omkring standardisering, netværk, brintkøretøjer og optanknings-teknologi. Samarbejdet vil bl.a. kunne lede hen til en samlet nordisk ansøgning til EU omkring et stor-skala-demonstrationsprojekt af brint til transport.

Aktører i Nordtyskland har siden hen også vist interesse for at deltage i et sådant samarbejde.

Skabelsen af et nordisk samarbejde vil være en naturlig del af en videreførelse af Hydrogen Link, da det vil underbygge netværksskabelsen indenfor transport i NTN området, samt underbygge etableringen af brint-korridoren.

Et Nordisk samarbejde på tværs af NTN området, som det skitserede, vil kunne gå under navnet "Hydrogen Link Norden", og som det nævnes i et senere afsnit, vil denne "organisation" kunne sikre, at Norden samarbejder overfor EU og andre internationale niveauer omkring brint-infrastruktur.

6.4 EU-samarbejde og projekter (EU niveau)

Realiseringen af en nordisk korridor vil kræve samarbejde med andre aktører indenfor området.

Som nævnt tidligere vil nogle af de senere faser i en brint infrastruktur kræve etablering af større brint tankstationer, der vil kræve betydelige anlægsbeløb samt adgang til teknologi, der ikke udelukkende kan findes i NTN området.

EU's Lighthouse-projekter, der kan finansiere sådanne etableringer vil også kræve, at der samarbejdes på tværs i EU.

Ligeledes vil NTN Korridoren kunne etablere netværkssamarbejder med lignende projekter i andre EU lande, og derigennem sikre udveksling af viden og resultater.

Hydrogen Link er allerede under første fase blevet kendt i andre EU lande, bl.a. er en artikel om projektet blevet bragt i det Europæiske Hydrogen Magasin "H2 World". Desuden vil Hydrogen Link projektet blive præsenteret på "2nd European Hydrogen Energy Conference and Exhibition" i Spanien sidst i november.

Det vil således være hensigtsmæssigt, at en videreførelse af Hydrogen Link, f.eks. i form af "Hydrogen Link Norden" vil kunne sikre videreførelsen af et samarbejde mellem NTN området og andre EU lande.

6.5 Internationalt samarbejde (Internationalt niveau)

På internationalt plan er projekter lignende Hydrogen Link også i gang.

F.eks. er såkaldte "Hydrogen Highways" projekter igangsat i Canada

(www.fuelcellscanada.ca), Illinois (www.ilcoalition.org) og Californien.

(www.hydrogenhighway.ca.gov). Især projekterne i Canada og Californien er langt fremme i planerne, og de første tankstationer er allerede etableret.

Et NTN samarbejde med sådanne internationale projekter vil kunne give de Nordiske lande adgang til et stort netværk og viden, samt sikre lettere adgang til teknologi, især anskaffelsen af brintdrevne køretøjer. En videreførelse af Hydrogen Link, f.eks. som "Hydrogen Link Norden" vil kunne sikre, at der skabes samarbejde med internationale projekter.

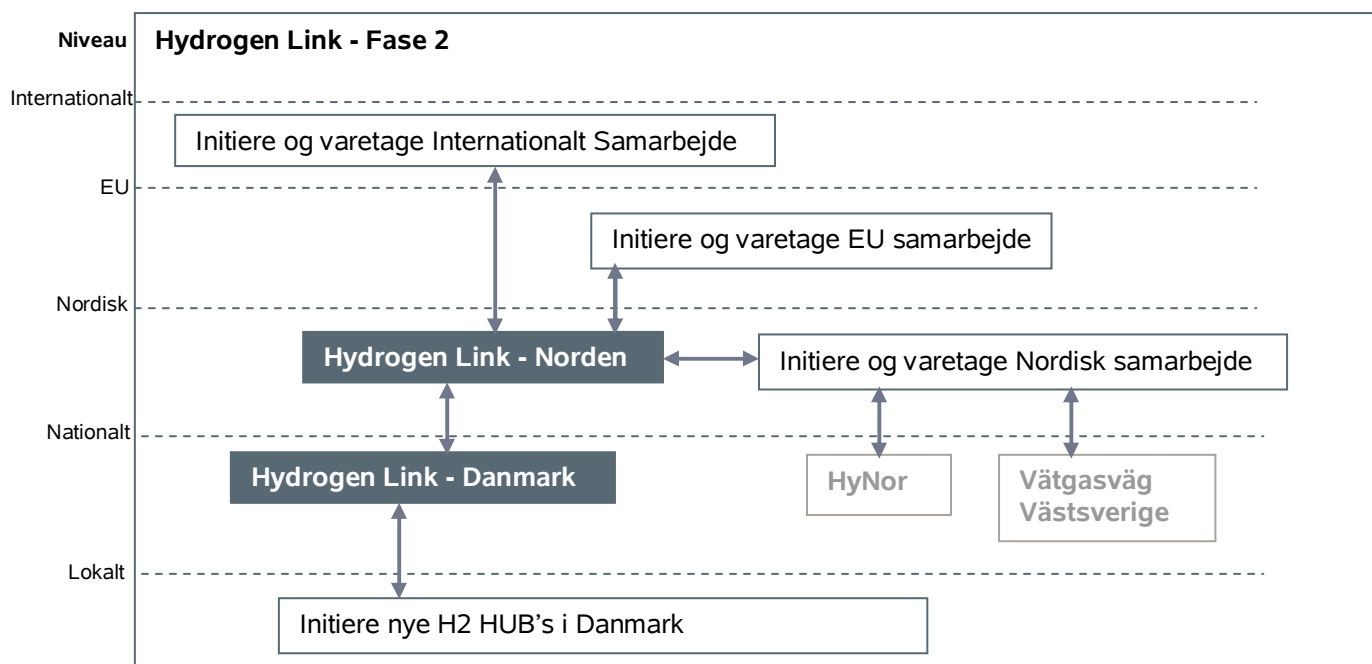
6.6 Forslag til Hydrogen Link – fase 2

Af de foregående afsnit fremgår det tydeligt, at der gennem Hydrogen Link fase 1 er skabt grundlag for adskillige aktiviteter indenfor brint til transport i NTN området og Norden som helhed.

Dette underbygger også vigtigheden af, at Hydrogen Link videreføres i en fase 2, så at mange af aktiviteterne kan fortsætte.

En fase 2 af Hydrogen Link bør som udgangspunkt primært beskæftige sig med netværksskabelse og håndtering af disse, og herigennem fungere som en katalysator for, at der igangsættes arbejde på lokalt plan samt på nationalt, nordisk, EU og internationalt plan i specifikke projekter og arbejdsgrupper.

Figuren nedenfor giver et bud på hvordan de mange tidligere nævnte aktiviteter fra de forskellige niveauer kan samles i en Hydrogen Link fase 2, og hvilke aktiviteter der skal arbejdes med.



Hydrogen Link fase 2 vil kunne indeholde to hovedelementer, der hver varetager en række opgaver:

- **Hydrogen Link Danmark**
Arbejdet vil kunne sikre en videreførelse af netværket bl.a. med identifikation af mulige placeringer af yderligere H2 HUB's i Danmark. Ligeledes vil igangsætningen af forprojekter til lokale H2 HUB's kunne sikres.
- **Hydrogen Link Norden**
Der vil kunne arbejdes med at etablere et konkret samarbejde mellem HyNor, Sverige og Hydrogen Link Danmark på tværs af NTN området. Dette vil kunne indebære gennemførelse af workshops og etablering af relevante faglige arbejdsgrupper. Ligeledes vil der også kunne arbejdes med at opstille udviklingsscenarioer for NTN Korridoren. Hydrogen Link Norden vil også kunne fungere som et fælles NTN brint "ansigt" overfor EU og Udlandet, og herigennem sikre et samarbejde med relevante aktører og projekter udenfor NTN området.

På den seneste Hydrogen Link Workshop i september i Aalborg, blev videreførelsen af Hydrogen Link diskuteret i netværket. Adskillige aktører meldte sig på banen til at ville videreføre Hydrogen Link, og konklusionen var at det bedst sker i NTN regi. Ringkøbing Amt har i forlængelse af sit engagement i fase 1 tilbudt at stå for sekretariatsbetjeningen i 2006. I 2006 skal der arbejdes på at finde en løsning for 2007.