
Hydrogen

*Innspill fra næringsliv,
forskningsmiljøer og
akademia til Energi21.*

*Oppsummering fra strategisk
arbeidsmøte om Hydrogen i regi av
Energi21 9. mai 2017.*



Foto: Nel Hydrogen

HYDROGEN

Foreliggende rapport gir en oppsummering av innspill og kommentarer som fremkom under Energi21s strategiske arbeidsmøte om Hydrogen 9. mai 2017. Representanter fra næringsliv, forskningsmiljøer og akademia deltok på strategimøtet. Rapporten vektlegger temaer av betydning for Energi21 strategiprosess og vurderinger knyttet til kandidater for satsingsområder i revidert Energi21 strategi.

Innholdet i rapporten representerer ikke Energi21 styrets synspunkter og anbefalt satsing innen teknologiområdet hydrogen. Dette er oppsummering av innspill og perspektiver fra næringsaktører og forsknings- og utdanningsmiljøer.

Prosjektteam under prosessen:

Lene Mostue, direktør Energi21
Sverre Aam, styreleder Energi21
Håkon Taule, partner, Thema Consulting Group
Therese Lossius, Thema Consulting Group

En stor takk til samtlige bidragsytere i Energi21s strategiprosess om hydrogen.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lene Mostue".

Lene Mostue
direktør Energi21

Innhold

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Hydrogen | 3 |
| 1.1 | Markedsmuligheter og bruksområder..... | 3 |
| 1.2 | Det norske aktørbildet..... | 3 |
| 1.3 | Norske fortrinn, muligheter og utfordringer,..... | 4 |
| 1.3.1 | Komparative fortrinn | 4 |
| 1.3.2 | Norske muligheter..... | 5 |
| 1.3.3 | Utfordringer..... | 6 |
| 2 | Næringens ambisjoner, sentrale forskningstemaer og behov for virkemidler..... | 8 |
| 2.1 | Næringens ambisjoner innen hydrogen | 8 |
| 2.2 | Strategiske forskningstemaer..... | 8 |
| 2.3 | Tiltak – behov for virkemidler | 9 |
| 3 | Vedlegg: Det norske aktørbildet innen hydrogen..... | 11 |
| 3.1 | Næringsaktører..... | 11 |
| 3.2 | Forskningsaktører:..... | 12 |
| 3.3 | Virkemiddelaktører..... | 12 |
| 3.4 | Andre interessenter: | 12 |

1 Hydrogen

1.1 Markedsmuligheter og bruksområder

Hydrogen kan spille en betydelig rolle i omleggingen av energisystemet til et lavutslippssystem. Hydrogen er en ren energibærer med egenskaper som gjør den egnet til å omstille både energiproduksjon, energidistribusjon og -lagring og sluttbruk av energi i transportsektoren, industri og bygningsoppvarming.

Rent hydrogen kan produseres fra fornybar elektrisk kraft, samt fra fossile brensler i kombinasjon med CCS (Karbonfangst -transport og – lagring). I kraftsystemer med stadig større innslag av ny fornybar, variabel kraftproduksjon representerer hydrogen en fleksibilitetskilde og et energilager. Hydrogen kan produseres ved kraftoverskudd og lagres frem til det etterspørres igjen. Rent hydrogen kan også brukes som brensel i gasskraftverk.

Hydrogen kan også spille en rolle for distribusjon av energi over lengre avstander, en rolle som i stor grad fylles av fossile energibærere i dag. Distribusjon av energi over lengre avstander forventes å fortsette å gjelde en stor andel av det globale energiforbruket for å opprettholde forsyningssikkerhet. Verden vil også i fremtiden være avhengig av å ha en energibuffer tilgjengelig, som kan absorbere ubalanser i energisystemet. Rollen som energibuffer er en annen rolle hydrogen kan overta fra fossile energibærere.

Innen sluttbruk av energi kan hydrogen få en viktig rolle i omleggingen av transportsektoren, industrien og bygningsoppvarming. Industrien er den største forbrukeren av hydrogen i dag, men den baserer seg i stor grad på hydrogen fra fossile brensler uten karbonfangst. For bygningsoppvarming kan hydrogen erstatte naturgass som energibærer i områder hvor naturgass i dag brukes til oppvarming. Hydrogen er også et godt alternativ for omlegging av både land- og maritim transport, men foreløpig er hydrogenkjøretøy og -fartøy lite utbredt.

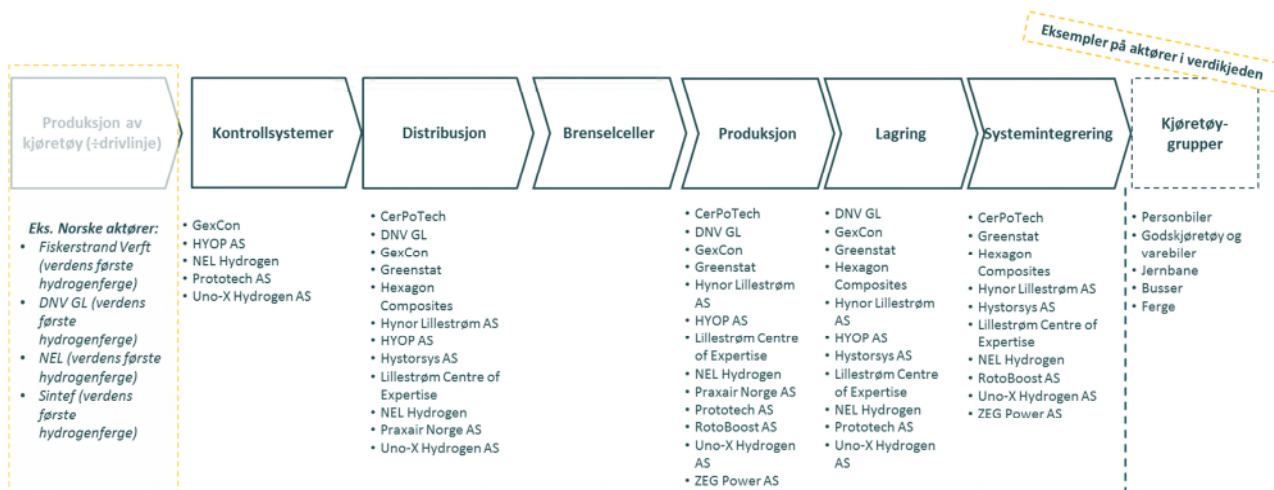
På lengre sikt kan hydrogen tenkes å erstatte fossile energibærere. Hydrogen er en kjemisk byggestein som kan være sentral i å bygge opp en fossilfri kjemisk verdikjede; med hydrogen og karbondioksid som utgangspunkt kan man syntetisere metan, metanol, syntetisk diesel samt andre organiske og polymere substanser. Alle vil ha et lavt karbonavtrykk.

Hydrogen kan ved å utspille de overnevnte rollene bli et viktig bidrag i omstillingen av energisystemet, og det er sannsynlig at den globale etterspørselen etter rent hydrogen vil øke. Det kan gi store eksportmuligheter for leverandører av hydrogen og hydrogenteknologier til det internasjonale markedet.

Samtidig står hydrogen overfor en rekke utfordringer som må løses for at hydrogen kan utløse sitt fulle potensial. Det er særlig utfordringer knyttet til konkurransevne og kostnadsnivåer, infrastruktur, og teknologiutvikling. I tillegg forutsettes det at hydrogen fremstilles uten utslipp, det vil si fra fornybare energikilder eller fossile energikilder med karbonfangst.

1.2 Det norske aktørbildet

Norske industriaktører og forskningsinstitutter har over tid opparbeidet seg sterk kompetanse og erfaring med hydrogenteknologi, og flere aktører har posisjonert seg som internasjonalt ledende innenfor sitt felt i senere år. Det norske selskapet Nel Hydrogen er en verdensledende leverandør av elektrolyseteknologi for hydrogenproduksjon og hydrogenstasjoner. Videre er Hexagon Composites ledende innen teknologiutvikling av lagringssystemer for hydrogen. Norske industriaktører har produsert og brukt hydrogen siden 1927, og store aktører som Statoil og Norsk Hydro har bidratt til utvikling av hydrogenteknologi i en tidlig fase. Det fremstilles i dag store mengder hydrogen (ca. 400 tonn pr dag) i form av syntesegass på Tjeldbergodden som innsatsfaktor i metanolproduksjonen. Ved utvikling av et lokalt eller nasjonalt hydrogenmarked kan deler av dette omdannes til rent hydrogen som et alternativ til eksport av metanol.



Kilde: Norwegian Hydrogen Forum (2016), The Norwegian Hydrogen Guide

1.3 Norske fortrinn, muligheter og utfordringer,

I det påfølgende gjennomgår vi norske komparative fortrinn, etterfulgt av muligheter for hydrogen i det norske energisystemet. Videre ser vi på utfordringer som må løses for utnytte potensialet og funksjonsområdet til hydrogen i fremtidens energisystem.

1.3.1 Komparative fortrinn

Norge har kompetanse innen hydrogenteknologier og naturgitte komparative fortrinn knyttet til våre vannkraft- og naturgassressurser.

Norsk hydrogenkompetanse

Norge har over tid opparbeidet en kunnskapsbase innen hydrogenteknologi gjennom aktiviteter utført av norske aktører og norske forsknings- og utdanningsmiljøer.

Norske forskningsmiljøer og næringsaktører har en solid material- og prosesskunnskap, som gir gode forutsetninger for utvikling og forbedring av elektrolyse- og brenselcelleteknologi. Norge deltar aktivt inn i EUs hydrogensatsing FCH-JU, og bygger ytterligere kompetanse gjennom EUs hydrogenprosjekter.

Flere Norske aktører har spisskompetanse og er verdensledende innen elektrolysører, fyllestasjontechnologi og høytryktanker. Disse aktørene leverer komponenter og systemer til den internasjonale transportsektoren. Hydrogen er også et sentralt produkt i store prosessanlegg som vi blant annet finner på Mongstad og Tjeldbergodden, hvor sikker produksjon og håndtering av store hydrogenmengder har forekommet i over 20 år.

Norske aktører er også langt fremme på utvikling av hydrogenteknologier for maritim sektor, som understøttes av norsk verdensledende kompetanse og erfaring innen elektriske fremdriftssystemer og integrasjon/optimalisering av ulike energikilder i fartøy, samtidig har vi vært tidlig ute med utvikling av regelverk for bruk av brenselceller og batterier i skip.

Norsk prosessindustri ser økt bruk av hydrogen som en kilde til utslippsreduksjoner, og norske industriaktører utvikler nye anvendelser av hydrogen i produksjonsprosessene. Blant annet er det et pågående forskningsprosjekt for å utnytte hydrogen som reduksjonsstoff i titanproduksjon.

Norske naturressurser

I Norge produseres hydrogen gjennom vannelektrolyse ved bruk av fornybar energi, og har dermed ingen utslipp ved produksjon. Mange forventer at Norge vil ha et kraftoverskudd over lenger tid, og denne kraften kan utnyttes til hydrogenproduksjon.

Hydrogen kan produseres fra alle energikilder, og produksjon av hydrogen fra fossile brensler er foreløpig den dominerende produksjonsmetoden på verdensbasis. I fremtiden må imidlertid

produksjon fra fossile brensler (ved dampreforming) kombineres med karbonfangst og lagring (CCS) for å møte utslippskrav. Foreløpig er ikke dampreforming av fossile brensler med CCS vanlig i stor skala da det fordyrer produksjon av hydrogenet, men på sikt muliggjør en CCS løsning utslippsfri utnyttelse av norske naturgassressurser.

Samlet medfører økt hydrogenetterspørsel og -produksjon økt utnyttelse av norske energiressurser, enten norsk vann-, vindkraft eller norske naturgassressurser. Norsk hydrogenproduksjon kan eksporteres for å dekke utenlandsk behov, eller dekke norsk etterspørsel i flere deler av energisystemet.

1.3.2 Norske muligheter

Hydrogen representerer muligheter innen flere deler av energisystemet for Norge. Innen energiproduksjon representerer hydrogen fra norsk vann- og vindkraft og naturgass et potensial for verdiskaping, og innen distribusjon og lager er hydrogen aktuell som eksportvare til et europeisk marked, samt som fleksibilitetskilde i det norske kraftsystemet. Innen sluttbruk av hydrogen representerer både transport og industrien viktige anvendelsesområder.

Hydrogen i samspill med kraftsystemet

Hydrogen kan være en supplementær energibærer til vannkraften i Norge, og kan samspille med vårt eksisterende kraftsystem. Hydrogen kan bidra til å løse utfordringer knyttet til stabilitet og kapasitetsbegrensninger i nettet og i tillegg utnytte overskuddskraft i områder med for liten overføringskapasitet.

I områder med nettutfordringer er hydrogen et alternativ til utvidelse av overføringskapasitet. Begrensninger i overføringskapasitet kan omgås ved å utnytte innestengt overskuddskraft til hydrogenproduksjon som kan lagres før bruk. Videre kan hydrogenet konverteres til elektrisitet og mates tilbake til nettet, brukes direkte som drivstoff eller distribueres til andre områder. Hydrogen er også et alternativ til investering i nettkapasitet ved utbygging av småkraft og vindkraft, hvor nettilgang kan være en utfordring. Ved å bruke elektrolysører med rask respons i pådraget kan hydrogen også brukes som primær- eller sekundærregulering, og dermed bidra til stabiliteten i nettet.

Hvis forventningen om at Norge vil ha et langsiktig kraftoverskudd innfris kan dette være en mulighet for hydrogenproduksjon. Økt bruksområde til hydrogen kan igjen bidra til å redusere prisen.

Hydrogen som drivstoff i fremtidens transportsystem

Norge har satt ambisiøse mål for utslippskutt i transportsektoren, og omlegging til utslippsfrie teknologier er nødvendig for å oppnå klimamål. Hydrogen er et nullutslippsalternativ i landtransporten (vei og bane) og i maritim transport.

For veitransport er hydrogen egnet både for både små og store kjøretøy, men trekkes særlig frem for bruksområder der batterier er mindre egnet som f.eks. kjøretøy som krever fremdriftsløsninger for lengre distanser (store- og tunge kjøretøy innen transport av varer og gods).

Det er foreløpig lav utbredelse av hydrogenkjøretøy og fyllestasjoner i Norge, noe som i hovedsak skyldes at hydrogen er mindre modent markedsmessig. Det meste av teknologien for å anvende hydrogen i veitransport finnes, og hovedutfordringen fremover blir å øke konkurranseevnen. Hydrogen Council forventer at hydrogenpersonbiler er konkurransedyktige innen 2025.¹

For banetransport løftes hydrogen frem som et alternativ for ikke-elektrifiserte linjer. Hydrogen for jernbane har lavere teknologisk modenhet enn for veitransport, men både norske og internasjonale aktører har pågående utviklingsprosjekter for hydrogen tog. Jernbanelinjer med stort innslag av tunneler kan imidlertid være utfordrende å konvertere til hydrogendrift på grunn av sikkerhetsaspektet.

¹ How hydrogen empowers the energy transition, Hydrogen Council (2017)

Hydrogen er godt egnet til bruk i ferger, båter innen fiskeoppdrett og hurtigbåter. Hydrogendrevne ferjer og båter har lengre rekkevidde enn rene batterielektriske fartøy. Flytende hydrogen kan gi betydelig økt rekkevidde og gjøre hydrogen relevant som drivstoff for større fartøy. Cruiseskip kan i den forbindelse være et potensielt marked.

Bruk av hydrogen og brenselceller er også aktuelt for å komplementere rene batterielektriske løsninger. Elektriske utslippsfrie fremdriftssystemer med batterier, hydrogen og brenselceller kan dekke behovet til mange typer fartøy og operasjoner.

Hydrogenteknologi innen maritime transport er mindre teknologisk moden enn hydrogenteknologi for landbaserte transportløsninger. Det er imidlertid stor aktivitet innen forskning og utvikling av hydrogenfartøy i Norge, og norske aktører er i ferd med å utvikle verdens første ferge med brenselcelle og hydrogenfremdrift. Fergen kan leveres komplett av norske aktører, med unntak av brenselcellen.

Innsatsfaktor i industrien

Industrien er på verdensbasis den største forbrukeren av hydrogen, men foreløpig anvendes i stor grad hydrogen fra fossile brensler. Hydrogen fra fossile brensler (uten karbonfangst) er på verdensbasis vesentlig billigere enn hydrogen fra elektrolyse, og i tillegg har kraftmiksen i de fleste markeder en betydelig andel fossile brensler som gjør at hydrogen fra elektrolyse også medfører store utslipp. I Norge er hydrogen fra elektrolyse utslippsfritt, men det er foreløpig ikke konkurransedyktig med fossile brensler.

I Norge brukes hydrogen mest innenfor kjemisk industri, for eksempel til fremstilling av ammoniakk til kunstgjødsel, samt i raffinerier til produksjon av bensin og diesel fra råolje, eller til metanol fra naturgass. Disse anvendelsene av hydrogen baserer seg på velkjent og utprøvd teknologi, men fordi fossile brensler brukes i produksjonen av hydrogenet medfører dette betydelige utslipp.

I Norge arbeider industrien med nye områder for bruk av hydrogen i industrien, og Tizir er i ferd med å utvikle en teknologi som erstatter kull med hydrogen som reduksjonsmiddel i produksjonen av titandioksid. Norske aktører arbeider også med utvikling av karbonfangstteknologier, blant annet samarbeider Yara og Gassnova om å utvikle teknologi for karbonfangst fra ammoniakkproduksjon.

1.3.3 utfordringer

Hydrogen står overfor utfordringer knyttet til kostnadsnivå og infrastrukturinvesteringer. I tillegg er implementering av teknologi for karbonfangst en forutsetning for å kunne produsere hydrogen fra norsk naturgass utslippsfritt. For maritim transport og jernbane er det også behov for videre teknologitvutvikling og utvikling av regelverk.

Kostnads- og skalautfordringer

Et høyt kostnadsnivå gjelder både produksjon av rent hydrogen, samt produksjon av hydrogenteknologi.

Produksjon av rent hydrogen er foreløpig kun mulig via elektrolyse. For vannelektrolyse er *skala* en viktig kostnadsdriver, og utnyttelsesgraden av en elektrolysør er avgjørende for konkurransedyktige priser på hydrogenet. I transportsektoren medfører den lave utbredelsen av personkjøretøy basert på hydrogen en lav utnyttelsesgrad på hydrogenfylllestasjonene, og dårligere konkurranseevne. For bussflåter, ferge eller tog, vil utnyttelsesgraden kunne optimaliseres til flåten/kjøretøyet. For å øke utnyttelsesgraden for hydrogenproduksjonsanlegg er det derfor interessant å se hydrogenbehovet i transportsektoren i sammenheng med andre, større hydrogenkonsumenter. (F.eks. en industriaktør hvor hydrogen brukes som reduksjonsmiddel eller oppgraderingsanlegg for biogass og hvor hydrogen brukes til å konvertere CO₂ til metan).

For produksjon av hydrogenteknologi er også skala en viktig kostnadsdriver, og økt produksjonsvolum driver kostnadene ned. Det er likevel flere nøkkelkomponenter som kan videreutvikles for å senke kostnadsnivået. For eksempel kan brenselceller kutte kostnader ved videreutvikling og forbedringer av nøkkelkomponentene bipolare plater og katalysatorer. Disse

komponentene representerer en stor andel av de totale brenselcellekostnadene, og det er fortsatt mulig å oppnå kostnadsreduksjoner for disse.

Skalautfordringer må sees i sammenheng med den lave utbredelsen av hydrogenkjøretøy og -infrastruktur. Lav utbredelse av kjøretøy gir lave incentiver til å bygge ut infrastruktur, og vice versa. Infrastrukturbygging krever store investeringer som er forbundet med finansiell risiko, særlig fordi det ikke er klart hvordan markedet for hydrogen vil utvikle seg fremover. Norske aktører etterlyser robuste offentlig støtteordninger mens hydrogen fortsatt er i kommersialiseringsfasen for å løse de overnevnte utfordringene.

I industrien er hydrogen ikke konkurransedyktig sammenlignet med fossile brenslere med dagens kraft- og CO₂-kvotepriser, selv for bruksområder der teknologien er velkjent og utprøvd. Råvareprisen på hydrogen kan være over dobbelt så høy som for fossile brenslere² (inkludert karbonkvoter). Inntil det kommer strengere miljøkrav og/eller høyere kvotepriser er ikke hydrogen konkurransedyktig.

Det er også en mulighet til å redusere kostnadene ved bruk av hydrogen gjennom å integrere forskjellige industrielle prosesser. Det som er bi- eller avfallsprodukt i en prosess kan bli en ressurs i en annen prosess. Bruken av overskuddskraft til hydrogenproduksjon er et eksempel. Elektrolyse som også produserer oksygen til bruk for bl.a. fiskeoppdrett eller andre industrielle prosesser er andre eksempler.

Teknologiske og markedsmessige utfordringer

For produksjon av hydrogen fra fossile brenslere med CCS er hovedutfordringen stort nok anlegg for å oppnå lavest mulig enhetskostnad på det produserte hydrogenet. Det er en utfordring å sikre et stort nok hydrogenmarked som kan danne grunnlag for investering i storskala og kostnadseffektiv utslippsfri hydrogenproduksjon fra naturgass med CCS.

Potensielle store markeder for utslippsfri hydrogen

Her må vi også se utover Norges grenser og da er det i prinsippet tre markeder som skiller seg ut som mulige kandidater for et potensielt fremtidig konsum av store mengder ren hydrogen:

- Kraftgenerering
- Varmemarkedet
- Industri

Felles for disse markedene er at de i dag i stor grad bruker naturgass som brensel og at de både forbruker store mengder fossil energi samt har et betydelig CO₂ fotavtrykk. Disse markedene er derfor relevante i en sammenheng hvor man ser etter de sektorene hvor store utslippsreduksjoner kan realiseres for å innfri strenge nasjonale utslippsmål. Sektorene kan med andre ord potensielt kvalifisere til støtteordninger fra de respektive nasjonale myndigheter for å levere kostnadseffektive utslippskutt.

Hydrogen kan i en slik sammenheng spille en sentral rolle som brensel og ikke bare som en energibærer. Mange av dagens gasskraftanlegg i Europa kan for eksempel med mindre modifikasjoner omgjøres til å brenne hydrogen i stedet for naturgass. Man kan da se for seg at disse eksisterende gasskraftanleggene i fremtiden benyttes til grunnlast og som back-up for sol og vind ved å levere forutsigbar kraft basert på hydrogen. Slike løsninger vil da muliggjøre en større andel uforutsigbar kraftproduksjon fra sol og vind i energimiksen.

Videre kan en stor del av distribusjonsnettene for naturgass til mange millioner hjem i Storbritannia transportere hydrogen i stedet for naturgass og på den måte muliggjøre en kostnadseffektiv distribusjon av ren energi. I Storbritannia transporterer naturgassnettet i dag fire ganger så mye energi som det elektriske nettet, så en alternativ utfasing av naturgass til fordel for elektrisitet vil kreve betydelige oppgraderinger av infrastrukturen. Rent hydrogen produsert i store volumer fra

² Veikart for prosessindustrien, Norsk Industri (2016)

naturgass med CCS kan derfor spille en sentral rolle i å gi Europa valgfrihet med tanke på å oppnå betydelige utslippskutt til en lavest mulig kostnad.

2 Næringens ambisjoner, sentrale forskningstemaer og behov for virkemidler

Videre følger en oppsummering av aktørenes innspill knyttet til ambisjoner for hydrogen i fremtidens energisystem, teknologi- og kunnskapsbehov og nødvendige tiltak for realiseringen av ambisjonene. Tiltakene retter seg mot virkemidler for forskning, utvikling, test- og demonstrasjon og kommersialisering.

2.1 Næringens ambisjoner innen hydrogen

- Etablere infrastruktur for hydrogen for vei-, bane- og sjøtransport
Rent hydrogen bidrar til betydelige utslippskutt i norsk transportsektor (vei, bane, sjø)
- Hydrogenkjøretøy og -fartøy blir konkurransedyktig innen 2025.
Det er viktig å oppnå nødvendig skala.
- Norske aktører skal være verdensledende innen hydrogenteknologi (videreutvikle dagens posisjon).
 - Elektrolyse og hydrogen-fyllestasjonsteknologi
 - Hydrogentanker
 - Brenselcelleteknologi
 - Maritime applikasjoner og energisystem
- Utvikle og etablere produksjon av hydrogen fra norsk naturgass med CCS (Karbon fangst, -- transport og lagring)
- Etablere hydrogenproduksjon i områder med kraftoverskudd og kapasitetsbegrensninger i nettet.
- Med basis i prognoser om fremtidig kraftoverskudd - etablere eksport av ren norsk hydrogen til et internasjonalt marked.
- Etablere en industriell verdikjede som bygger på hydrogenproduksjon, eksempelvis syntetisk drivstoff, fiskeoppdrett mv.

2.2 Strategiske forskningstemaer

Basert på ambisjonsnivået og forventet kunnskaps- og teknologibehov ble følgende temaer fra næringsliv, FoU miljøer og academia trukket frem som sentrale i fremtidig forskningsinnsats:

- *Brenselcellesystemer for hydrogenkjøretøy*
Utvikling av brenselcellesystemer for hydrogenkjøretøy, -tog og – fartøy, inkludert hybridisering med andre teknologier
- *Elektrolyse og hydrogen-fyllestasjonsteknologi*
Elektrolyse og hydrogen-fyllestasjonsteknologi, inkludert løsninger for bunkring av større fartøy.

- *Effektive hydrogentanker*
Hydrogentanker, inkludert løsninger for bunkring av drivstoff/lagring av hydrogen om bord i fartøyer.
- *Effektive systemer for dampreforming av naturgass med CCS*
Utvikle nye systemer for dampreforming av naturgass (SMR) med karbonfangst (CCS)
- *Kostnadseffektive produksjonsprosesser av nøkkelteknologi til brenselceller*
Forbedre og redusere kostnader for produksjon av nøkkelteknologi til brenselceller, herunder bipolare plater og katalysatorer
- *Hydrogen og sikkerhet*
Videreutvikle kunnskap, metodikk og forståelse for hydrogen og sikkerhet til bruk i regelverksutforming. Et eksempel er å etablere nødvendig kunnskapsgrunnlag for utvikling av spesifikt regelverk for lagring av hydrogendrivstoff i skip. Norge kan også komme i førerretet for internasjonal utvikling av regelverk for bruk av brenselceller i skip i IMO.
- *Rammer og virkemidler for integrasjon av hydrogen i fremtidens energisystem*
Hvordan kan innovasjonssystemet innrettes slik at en overgang til hydrogen kan skje?
- *Barrierestudiet for integrasjon av hydrogen i energisystemet og samfunnet generelt*
Hvilke (ikke-teknologiske) hindringer står i veien og hvordan kan virkemidlene innrettes (på ulike nivå) for å fjerne disse hindringene?
- *Investoranalyse – Hva skal til for at det investeres i hydrogenteknologi- og løsninger?*
Hvordan opplever aktørene at deres investeringsbeslutninger (som jo til syvende og sist er det som bidrar til endring) påvirkes av f.eks. teknologisk og politisk usikkerhet?
- *Offentliges rolle knyttet til utvikling av hydrogen i lavutslippssamfunnet*
Hvordan kan det offentlige, som innkjøper av for eksempel av kollektivtjenester, påvirke utviklingen av nullutslippsløsninger med hydrogenteknologi?

2.3 Tiltak – behov for virkemidler

Videre følger forslag til virkemidler og tiltak som vurderes som viktig for å realisere ambisjonenes og gjennomføre nødvendige forskningsaktiviteter. ”

- Innrette forskningsinnsats mot brenselcelleteknologi, elektrolyser og hydrogentanker og SMR med CCS, inkludert støtte til utvikling av systemer for anvendelse i tidlige markeder
- *Virkemidler for etablering av hydrogen-infrastruktur*
Helhetlig tilnærming for å få på plass hele verdikjeden – hydrogenproduksjon, hydrogendistribusjon og hydrogenbruk (både landbasert- og maritim transport).
- *Offentlig innkjøpskrav for å fremme integrasjon av hydrogenkjøretøy*
Bruke offentlig innkjøpsmakt som virkemiddel for å øke antallet hydrogenkjøretøy og passasjerfartøy.

- *Etablere en nasjonal hydrogen-strategi, som foreslått i energimeldingen.*
En utfyllende strategi som omfatter samtlige relevante teknologier og aktører for hele hydrogenverdikjeden.

- *Virkemidler for å fremme kommersialiseringen av hydrogenteknologier*
Det er behov for robuste offentlig støtteordninger mens hydrogen fortsatt er i kommersialiseringsstadiet og markedet umodent.

3 Vedlegg: Det norske aktørbildet innen hydrogen

3.1 Næringsaktører

ABB: Arbeider med utvikling av hydrogenløsninger for tog

Brødrene Aa: skal utvikle og bygge verdens første hydrogendrevne passasjerbåt sammen med partnere som Mancraft, Florø Skyssbåt og DNV GL (Grønt Kystfartsprogram pilot #7)

CerPoTech: Ceramic Powder Technology AS har utviklet en fleksibel produksjonsprosess for oksidpulver som blant annet kan brukes til brenselceller.

DNV GL: DNV GL har investert tungt i hydrogen FoU og har blitt en pioner i utvikling av brenselcelleteknologi for skip gjennom prosjektet FellowSHIP. Videre har DNV GL har gjennomført og initiert flere studier relatert til hydrogenmarkedet og hydrogensikkerhet, og innehar betydelig kompetanse på transport av hydrogen innblandet med naturgass i rørledninger.

Fiskerstrand Verft skal bygge verdens første hydrogenferge i samarbeid med partnere som NEL, Sintef og DNV GL.

GexCon er involvert i forskning på hydrogensikkerhet og har videreutviklet sitt simuleringsprogram FLACS, et computational fluid dynamics-verktøy (CFD), for å simulere hydrogenutslipp.

Greenstat: utvikler prosjekter knyttet til hydrogenproduksjon i Norge med fokus på landbasert og maritim transport, industri og eksport.

Hexagon Composites: er internasjonalt ledende innen teknologiutvikling av lagringssystemer for hydrogen.

HydrogenPro, basert i Porsgrunn er en leverandør av hydrogenanlegg basert på ledende elektrolyseteknologi – alkalisk trykkelektrolyserer med de største enhetene tilgjengelig på markedet. Selskapet har sammen med Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe rundt produksjon av syntetisk drivstoff.

HYOP AS: opererer hydrogenladestasjoner og hydrogenproduksjonsfasiliteter, og er blant verdens mest erfarne selskaper innen planlegging, utvikling og drift av hydrogeninfrastruktur.

Hystorsys AS er et «spin-off» fra IFE spesialisert på å benytte metallhybrider for kompresjon og lagring av hydrogen.

Maritim Forening Sogn og Fjordane er regional industriklynge for maritim industri. Arbeider aktivt med utvikling og innføring av hydrogenteknologi og maritime applikasjoner i nært samarbeid med næringa.

Nel Hydrogen er en verdensledende leverandør av elektrolyseteknologi for hydrogenproduksjon og hydrogenstasjoner. NEL har verdens mest energieffektive produksjonsteknologi for hydrogen, og er også desidert mest utprøvd og dokumentert.

Norwegian Electric Fuel Cells AS: har som målsetning å utvikle fremdriftssystemer til skip som gir null utslipp.

Praxair Norge AS: produserer hydrogen på Rjukan og distribuerer komprimert hydrogen.

Prototech AS: har vært involvert i brenselcelleutvikling siden 1990.

RotoBoost AS: har utviklet en ny teknologi for alkalisk elektrolyse, the RotoLyzer. Teknologien er kjøpt av Nel

Statkraft: har aktivitet innen hydrogenproduksjon fra elektrolyse, og utvikler prosjekter med fokus på tungtransport på vei og sjø, samt industri

Uno-x: Bygger og drifter hydrogenfyllestasjoner.

Statoil: har tidligere hatt aktivitet innen hydrogenteknologi og har i sin klimaplan for 2030 satt som mål at 15-20 % av selskapets investeringer skal skje i nye energiløsninger som havvind, konvertering av gass til hydrogen og karbonfangst

Sunnfjord Energi prosjekterer ett eller flere mikronett i øysamfunnet Solund, med lokale energikilder og hydrogen/batteriløsninger for lagring av energi.

Trønderenergi ser på muligheten for å produsere hydrogen fra vindkraft.

UMOE advanced composites lager tanker til lagring og distribusjon.

Småkraftforeninga er engasjert i en rekke utviklingsprosjekter på hydrogenfronten. I verdikjeden tilhører de produksjonsleddet. Småkraftforeningen vurderer hydrogen som en integrert del av det fornybare kraftsystemet.

3.2 *Forskningsaktører:*

Energi Norge: Energi Norges aktiviteter knyttet til hydrogen er i hovedsak teoretiske FoU-prosjekter.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI): er ansvarlig for forsvarsrelatert forskning i Norge. Innenfor hydrogen- og brenselcelle fokuserer FFI hovedsakelig på kraftsystemer for undervannsbruk,

IFE: Norsk Institutt for Energiteknikk (IFE) er et uavhengig forskningsinstitutt som har vært involvert i forskning på hydrogen i over 50 år. IFE har tre avdelinger som jobber med hydrogenproduksjon, hydrogenlagring, brenselceller og hydrogenenergisystemer. IFEs forskningsinfrastruktur på hydrogen og brenselceller inkluderer IFE Hynor Hydrogen Technology Center (Tidligere Hynor Lillestrøm).

UiO forsker bl.a. på brenselceller.

SINTEF: forsker på viktige områder innen hele verdikjeden for hydrogen fra produksjon til transport og lagring, og sluttbruk.

Vestlandsforskning: forsker særlig på bruk av hydrogen i transportsektoren, teknologiske og ikke-teknologiske barrierer samt samfunnsmessige forhold ved implementering av hydrogen.

3.3 *Virkemiddelaktører*

ENOVA: Statsforetaket ENOVA tilbyr støtteordninger til hydrogenprosjekter og har fått nytt mandat til å sette opp støtteprogrammer for hydrogeninfrastruktur fra 2017.

Innovasjon Norge: tilbyr finansiell støtte til hydrogen- og brenselcelleprosjekter gjennom Industrielle forsknings- og utviklingskontrakter (IFO).

Forskningsrådet: tilbyr finansiell støtte til forskning- og utvikling.

3.4 *Andre interessenter:*

Kunnskapsbyen Lillestrøm: fasiliteter offentlig-private samarbeid som spiller en betydelig rolle i nasjonale og internasjonale hydrogenprosjekter.

Akershus fylkeskommune har over lengre tid vært involvert i hydrogenprosjekter og var den første Skandinaviske regionen til å utvikle en hydrogenstrategi.

Hordaland Fylkeskommune: promoterer produksjon, distribusjon og bruk av hydrogen som en del av sin strategi for å oppnå fylkets mål om å redusere klimagassutslipp med 40 % fra 1991 til 2030.

Sogn og Fjordane fylkeskommune: har blant annet opprettet støtteordninger for lokalt næringsliv til utviklingsprosjekter, samarbeider med kommunene i fylket om å lage en verktøykasse for

hydrogen i samfunnsplanleggingen og har tatt initiativ til et fylkeskommunalt hydrogennettverk.

Bellona ønsker å være en brobygger mellom næringslivet og myndighetene i miljøspørsmål og støtter hydrogen som energibærer.

ZERO har jobbet for tilrettelegging for bruk av hydrogen i transportsektoren i mange år og virkemidler for å ta i bruk grønn hydrogen i industrien.

HVL (Høgskulen på Vestlandet): utreder muligheten for å starte opp et studie/kurs innenfor hydrogenteknologi fra høsten 2017.

CerPoTech: Ceramic Powder Technology AS har utviklet en fleksibel produksjonsprosess for oksidpulver som blant annet kan brukes til brenselceller.

Fiskerstrand Verft skal bygge verdens første hydrogenferge i samarbeid med partnere som NEL, Sintef og DNV GL.

GexCon er involvert i forskning på hydrogensikkerhet og har videreutviklet sitt simuleringsprogram FLACS, et computational fluid dynamics-verktøy (CFD), for å simulere hydrogenutslipp.

Greenstat: utvikler prosjekter knyttet til hydrogenproduksjon i Norge med fokus på landbasert og maritim transport, industri og eksport.

Hexagon Composites: er internasjonalt ledende innen teknologiutvikling av lagringssystemer for hydrogen.

HYOP AS: opererer hydrogenladestasjoner og hydrogenproduksjonsfasiliteter, og er blant verdens mest erfarne selskaper innen planlegging, utvikling og drift av hydrogeninfrastruktur.

Hystorsys AS er et «spin-off» fra IFE spesialisert på å benytte metallhybrider for kompresjon og lagring av hydrogen.

Norwegian Electric Fuel Cells AS: har som målsetning å utvikle fremdriftssystemer til skip som gir null utslipp.

Praxair Norge AS: produserer hydrogen på Rjukan og distribuerer komprimert hydrogen.

Prototech AS: har vært involvert i brenselcelleutvikling siden 1990.

RotoBoost AS: har utviklet en ny teknologi for alkalisk elektrolyse, the RotoLyzer, o.

Statoil: har tidligere hatt aktivitet innen hydrogenteknologi og har i sin klimaplan for 2030 satt som mål at 15-20 % av selskapets investeringer skal skje i nye energiløsninger som havvind, konvertering av gass til hydrogen og karbonfangst

Statens Vegvesen: bidrar blant annet i utviklingen av hydrogenferger

Norge har foreløpig ingen brenselcelleprodusenter.