



A27350 - Åpen

Rapport

Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsingen i Norge

Forfattere

Asgeir Tomasgard, NTNU

Steffen Møller-Holst, Magnus Thomassen, SINTEF Materialer og Kjemi

Heidi Bull-Berg, Sigrid Damman, Thor Bjørkvoll, SINTEF Teknologi og Samfunn



Kilde: H2movesScandinavia/SINTEF

Rapport

Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsingen i Norge

VERSJON

1

DATO

2016-01-22

FORFATTER(E)

Asgeir Tomasgard, NTNU
Steffen Møller-Holst, Magnus Thomassen, SINTEF Materialer og Kjemi
Heidi Bull-Berg, Sigrid Damman, Thor Bjørkvoll, SINTEF Teknologi og Samfunn

OPPDRAGSGIVER(E)

Oslo Kommune

OPPDRAGSGIVERS REF.

Silja Bjerke Vestre

PROSJEKTNR

102011230

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

62+ vedlegg

SAMMENDRAG

Formålet med denne rapporten er å etablere et innspill fra de norske storbyene til nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsingen i Norge. Satsing på hydrogen er således en premiss for arbeidet med rapporten. Storbyene vil spille en viktig rolle i en større nasjonal satsing på omlegging av transportsektoren. Samspill mellom nasjonale og lokale myndigheter for innfasing av hydrogen til transportformål vil være avgjørende. Målrettet virkemiddelbruk for etablering av hydrogenstasjoner vil raskt kunne stimulere til økt salg av hydrogenkjøretøy. Lokale virkemiddel som nullutslippssoner og offentlig innkjøpspolitikk vil effektivt kunne stimulere etterspørselen.

Vi anbefaler at nasjonale myndigheter i en startfase tar ansvaret for å utarbeide og implementere virkemidler som sikrer at hydrogenstasjoner blir bygget ved hjelp av investeringsstøtte og driftstøtte. Dette bør videreføres nasjonalt i form av virkemiddel som stimulerer til økt utnyttelse av stasjonene (feed-in tariff). For at dette skal bli vellykket må også etterspørselssiden stimuleres. Her kan kommuner og fylkeskommuner spille en sentral rolle gjennom reguleringer og innkjøpspolitikk. Det mest treffsikre virkemiddelet for å stimulere til økt andel hydrogenbiler, vil være videreføring av avgiftsfritak og privilegier på nasjonalt nivå.

UTARBEIDET AV

Asgeir Tomasgard

KONTROLLERT AV

Kjetil Midthun

GODKJENT AV

Frode Rømo

SIGNATUR**SIGNATUR****SIGNATUR****RAPPORTNR**

A27350

ISBN

9788214059939

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Forord

De norske storbyene skal redusere sine klimagassutslipp, og har behov for en mobilitetsutvikling der nullutslippsteknologi blir reelle og konkurransedyktige alternativer. Hvilke vurderinger kan gjøres i dag rundt behov for nasjonale rammebetingelser for hydrogen? Hva er potensialet for hydrogen som ett av flere nullutslippsalternativer innenfor transportsektoren i Norge?

Temaene klima og energi er nært koblet til hverandre, og klimatilstanden i verden i dag er i stor grad et resultat av energibruken globalt. Dersom klimautviklingen skal komme innenfor FNs fastsatte 2 °C- mål, må energibruken i verden endres drastisk – vi står her overfor et paradigmeskifte. I de norske storbyene er vi ferdige med diskusjonen om hvor store klimagasskuttene skal være, og vi er nå i gang med gjennomføringen av utslippskutt i alle sektorer. Dette innebærer i praksis at fossil energi skal fases ut til fordel for fornybare og nullutslippsalternativer, og at energien skal benyttes på en mest mulig effektiv måte.

Byenes strategi i dette er å handle lokalt for å drive fram en utvikling som kan gi lokale utslippskutt og nasjonal næringsutvikling. Samtidig vil handlingene kunne bidra til viktige energi- og klimaløsninger andre steder i verden. Byene ønsker her å være pådrivere innenfor de områder der de norske byene har potensial for å spille en vesentlig rolle i utviklingen frem mot lavutslippssamfunnet.

Transportsektoren er et slikt område. Som byer med god tilgang til fossilfri elektrisk energi, vil de norske byene kunne stå i en særstilling i overgangen fra fossile til fornybare drivstoff innenfor transportsektoren. Utvikling i antallet elbiler i Norge overgår alle andre land i verden. I oppstarten av et teknologiskifte er det vesentlig at det gis rom for alternative teknologiløsninger, og dette gjelder i svært stor grad for transportsektoren. Det er pr. i dag ikke er mulig å si om det er el, hydrogen, biogass, annet biodrivstoff, andre foreløpig uoppdagede løsninger eller en mix av alle disse elementene som i sum vil utgjøre fremtidens drivstoff.

På basis av dette søkte de norske byene Oslo, Trondheim, Stavanger og Bergen i 2014 derfor om midler fra KS Storbyforskningsmidler for å få gjennomført et FoU-prosjekt; en studie av barrierer, potensial og virkemidler for å fase inn hydrogen i Norge. Produksjon og anvendelse av hydrogen er ennå i en oppstartsfasen, men vil kunne bli en viktig faktor både for målsetningen om nullutslippstransport og grønn næringsutvikling i Norge.

Prosjektet er gjennomført av NTNU, SINTEF Materialer og kjemi og SINTEF Teknologi og samfunn. De norske storbyene ønsket med den gjennomførte studien å få belyst de utfordringer og muligheter som ligger i bruken av hydrogen som utslippsfri energibærer for transport. Vi håper med dette å kunne gi innspill til fremtidig bruk av hydrogen i transportsektoren i byene, både nasjonalt og internasjonalt. Prosjektgruppen for Storbysamarbeidet har bestått av følgende representanter:

Bergen: Lars Ove Kvalbein, Eva Britt Isager

Trondheim: Bjørn Ove Berthelsen, Kjell Inge Stellander

Stavanger: Olav Stav

Oslo: Silja Bjerke Vestre (Prosjektansvarlig), Øystein Ihler

Oslo 08.01.2016

Silja Bjerke Vestre

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	4
2	INNLEDNING	9
3	MÅLSETTINGER FOR EN HYDROGENSATSING	10
3.1	NASJONALE KLIMAMÅL	10
3.2	TRANSPORTSEKTORENS ROLLE FOR Å NÅ KLIMAMÅLENE	10
3.3	HVORDAN STØTTER HYDROGEN OPP OM NASJONALE KLIMAMÅL OG TRANSPORTSEKTORENS FORPLIKTELSE?	12
4	HYDROGEN SOM EN DEL AV ENERGIMIKSEN	14
4.1	HYDROGEN FOR ØKT UTNYTTELSE AV FORNYBARE ENERGIKILDER	15
4.2	HYDROGEN SOM ENERGILAGRINGSMEDIUM	15
4.3	SYNERGI MELLOM HYDROGEN OG BIOGASSPRODUKSJON.....	16
4.4	BATTERI- OG HYDROGENTEKNOLOGI KOMPLETTERER HVERANDRE I TRANSPORT	17
5	POTENSIALET FOR BRUK AV HYDROGEN SOM DRIVSTOFF	18
5.1	ANTAGELSER OM ADOPSJON AV HYDROGENKJØRETØY – 3 ULIKE SCENARIER	18
5.2	BEREGNING AV INNFAISING AV KJØRETØY	20
5.3	POTENSIALET FOR HYDROGEN I TRANSPORTSEKTOREN	26
6	INFRASTRUKTURENS ROLLE – HYDROGENSTASJONER	30
6.1	TEKNOLOGISKE LØSNINGER OG DAGENS INFRASTRUKTUR	30
6.2	KAPASITET OG KOSTNADER	32
6.3	LØNNSOMHET – NOEN ILLUSTRASJONER	37
6.4	BEHOV FOR STØTTE TIL ETABLERING OG DRIFT PÅ AV HYDROGENSTASJONER.....	39
6.5	OPPSUMMERING AV STØTTEBEHOV	43
7	HVORDAN REALISERE MÅLENE GJENNOM EFFEKTIV BRUK AV VIRKEMIDDEL?	45
7.1	ØKONOMISKE BARRIERER OG VIRKEMIDDEL.....	45
7.2	DISKUSJON AV ØKONOMISKE VIRKEMIDDEL	47
7.3	VIRKEMIDDEL FOR ANDRE BARRIERER.....	55
8	KONKLUSJON OG ANBEFALINGER	58
9	REFERANSER	62
	VEDLEGG A - STATUS FOR HYDROGENTEKNOLOGI OG TILGJENGELIGHET AV HYDROGENKJØRETØYER I ULIKE TRANSPORTSEGMENTER	63
	VEDLEGG B - RAMMEVERK OG METODE FOR Å PREDIKERE ADOPSJON AV HYDROGENKJØRETØYER I ULIKE TRANSPORTSEGMENTER	74
	VEDLEGG C - DRIVERE OG BARRIERER FOR HYDROGENSTASJONER - EN INSTITUSJONELL ANALYSE BASERT PÅ INTERVJUER MED SENTRALE AKTØRER	84

1 Sammendrag

Dette dokumentet er sluttrapporten fra prosjektet "Etablere innspill fra de norske storbyene til nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsingen i Norge" som er utført av SINTEF og NTNU høsten 2015.

Målsettinger for en hydrogensatsing

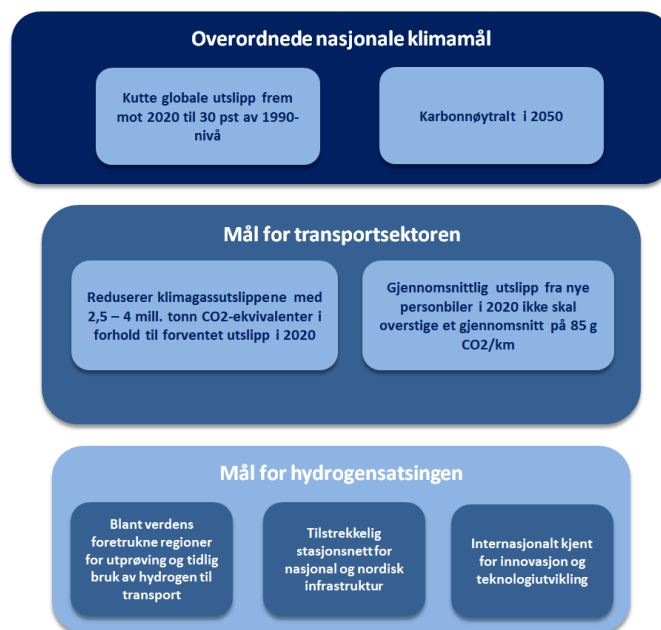
Overordnede klimamålsettinger danner utgangspunktet for en hydrogensatsing i Norge. Mål om nasjonale utslippskutt er nedfelt i Klimaforliket (Meld. St. 34 (2006 - 2007)) som flertallet på Stortinget inngikk i 2008. Målet er at utslippene i Norge skal reduseres med 15–17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020, samt at Norge skal bli klimanøytralt innen 2030. For å oppnå dette vil utslippsreduksjoner i transportsektoren være en viktig komponent.

Alle utslippskutt innenfor norsk transportsektor kommer i tillegg til de forpliktelser vi allerede har gjennom kvotesystemet og vil ha en positiv effekt, både på det nasjonale og det globale klimaregnskapet.

Siden hydrogen er et utslippsfritt drivstoff, vil hydrogenteknologi potensielt spille en viktig rolle i omleggingen (det grønne skiftet) som en sentral del av norsk klimapolitikk. Studien benytter Oslo og Akershus sine mål for transportsektoren som utgangspunkt for analysen. De ulike målene innenfor de ulike nivåene er oppsummert i Figur 1.

Potensialet for bruk av hydrogen som drivstoff

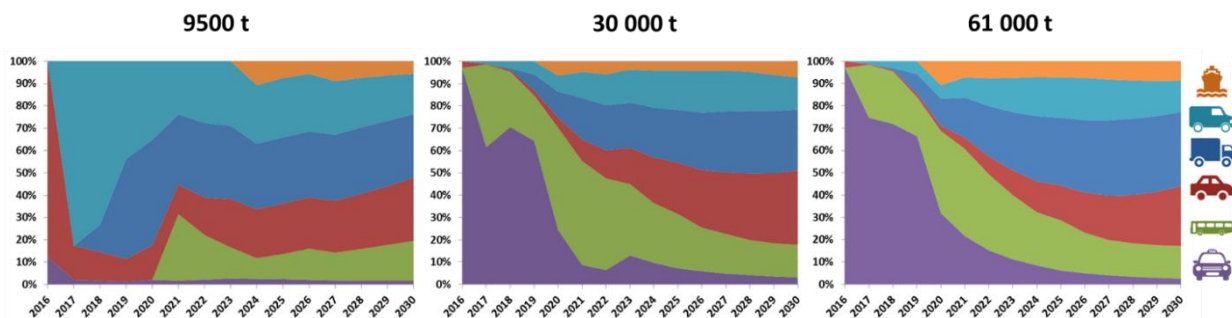
Den totale etterspørselen av hydrogen som



Figur 1. Målsettinger for klima, transport og hydrogen

drivstoff i transportsektoren i storbyene fram mot 2030 er beregnet for tre ulike scenarier (lav, middels og høy adopsjon av hydrogenkjøretøy). For godstransport, personbil, taxi, buss og båttransport er det gjort detaljerte beregninger av innfasing av hydrogen. For Bygg- og anlegg, industri og tog er det kun gjort enkle overslag. Resultatene er illustrert i Figur 2. For det lave scenariet vil forbruket bli på under 10 000 tonn, mens for det høye scenariet vil forbruket ligge på over 60 000 tonn.

I det *lave scenariet* er det antatt liten eller ingen regulering eller satsing på hydrogen i flåtekjøretøy slik som taxier og busser samtidig som tilgangen på personbiler på hydrogen holder seg lav. I denne situasjonen fremhever vare- og lastebiler seg, enten med brenselceller for direkte framdrift eller som rekkeviddeforlengere, som det segmentet av transport som vil stå for det største forbruket av hydrogen.



Figur 2. Total hydrogenetterspørsel (i kg H2/år) for de tre scenariene, i kg H2 / år.

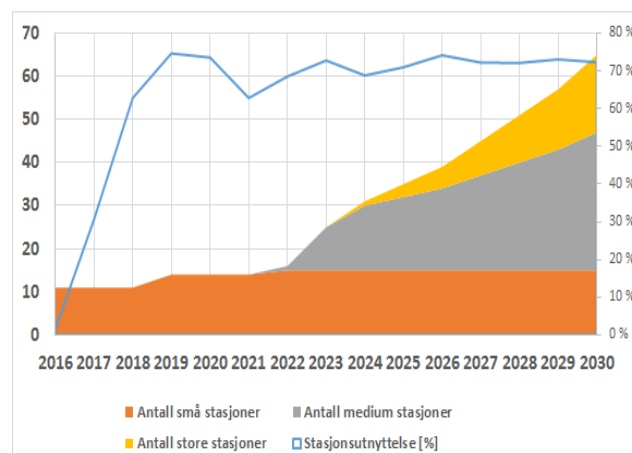
I både *middels* og *høyt scenario* er det en klar satsing på flåtekjøretøy i perioden fram mot 2020. Dette viser seg tydelig i fordelingen i forbruket mellom de ulike transportsegmentene hvor taxiflåten vil kunne stå for over halvparten av det totale forbruket frem til 2020 og sammen med bussene stå for mer enn 80 % av det totale forbruket de neste fem årene. For middels og høy scenario er det først i perioden etter 2020 at andre segmenter innen transport vil ta over som de største forbrukerne av hydrogen, og selv i 2030 vil personbilmarkedet ikke stå for mer enn rundt 30-40 % av det totale forbruket.

Potensialet for et initielt høyt hydrogenforbruk i flåtekjøretøy viser at det vil være mest hensiktsmessig å prioritere innføringen av hydrogen i disse segmentene i den første fasen. Flåter har et høyt forbruk pr kjøretøy, er geografisk konsentrert og har en større forutsigbarhet i både antall og utskiftingstakt.

Infrastrukturens rolle

Utbygging av infrastruktur vil være spesielt viktig i en tidlig fase, for brukerne og for at Norge skal kunne fremstå som et attraktivt marked for internasjonale billeverandører. Med utgangspunkt i estimater for forventet etterspørsel av hydrogen som drivstoff frem mot 2030 i ulike transportsegmenter, er behovet for hydrogenstasjoner og kapasitet

for disse beregnet. I Figur 3 har vi illustrert en mulig utvikling. Det vil være god kapasitet i infrastrukturen de første årene – hvilket gir rom for andre tidligere brukere.



Figur 3. Behovet for hydrogenstasjoner i de 4 norske storbyene fram mot 2030 (venstre akse) og utnyttelsesgrad av disse (høyre akse) for personbiler og taxi

Beregning av kostnader og lønnsomhet indikerer at investeringer og drift av hydrogenstasjoner vil være økonomisk krevende gjennom mange år. Begrenset salg av hydrogen per stasjon i en introduksjons- og oppbyggingsfase medfører beskjedne salgsinntekter. Behovet for støtte til drift og investering kan oppsummeres i følgende punkter:

I de første årene av en oppbyggingsfase vil det ikke være mulig å drive hydrogenstasjoner lønnsomt uten tilskudd.

I denne fasen er et viktig kriterium best mulig dekning til lavest mulig kostnad.

For å begrense underskudd og støttebehov på stasjonsiden, må en få til en rask og geografisk konsentrert vekst i bruken av hydrogen – det peker mot bruk av hydrogen i kjøretøyflåter og i taxinæringen og/eller gunstige incentiver for privatbiler.

Lønnsomhet i stasjonsdrift synes å kreve store stasjoner (skala-fordeler) og tilsvarende mange kjøretøy i drift.

Virkemidler og nasjonale rammebetingelser

En vellykket introduksjon av hydrogen som drivstoff i transportsektoren fordrer virkemiddel som stimulerer både tilbudssiden gjennom etablering av hydrogenstasjoner, og etterspørselssiden i form av virkemiddel for å fase inn hydrogenkjøretøy. Innfasing av ny teknologi, innovasjonsopptak samt omlegging av infrastruktur og utskifting av kjøretøy tar lang tid. På kort sikt må omstillingen starte før den er bedriftsøkonomisk eller privatøkonomisk lønnsom for at skal målene nås kunne nås.

Motivasjonen er at omstillingen til nullutslipp i transportsektoren på lang sikt vil være samfunnsøkonomisk lønnsom.

Ekstrakostnaden samfunnet tar ved å støtte miljøvennlige investeringer, mer enn kompenseres av nytten samfunnet har i form av reduserte klimagassutslipp.

Virkemiddel for å sikre etablering av hydrogenstasjoner

Investeringsstøtte: Det vil i en oppstartsfasen være nødvendig å gi både driftsstøtte og

investeringsstøtte. Investeringsstøtten bør organiseres som en anbudsrunde eller omvendt auksjon, der den aktøren som er villig til å motta minst støtte for å bygge en eller flere stasjoner med en bestemt spesifisering, får tilslaget. Investeringsstøtte kan gis gjennom nasjonale ordninger, men også via lokal støtte i form av for eksempel billige eller tilrettelagte tomter for stasjoner.

Tidlig driftsstøtte: Siden volumene er små de første årene, vil aktører som driver hydrogenstasjoner også ha behov for driftsstøtte. Det første nivået av driftsstøtte bør dekke ulempen ved å ha faste driftskostnader i en periode der volumene og inntektene er beskjedne. Det er mest hensiktsmessig om denne driftsstøtten spesifiseres sammen med investeringsstøtten (som omtalt over) og sees i sammenheng med denne.

Feed-in tariffer: Et alternativ til driftsstøtte som dekker de faste driftskostnadene, er feed-in tariffer. Disse er aktuelle i en periode etter at volumene har økt tilstrekkelig til at utnyttelsen av hver enkelt hydrogenstasjon er på riktig nivå, men driftskostnadene fremdeles er for høye til å forsvare lønnsom drift. Denne mekanismen er gunstig siden den gir incentiv til å effektivisere drift og den belønner økt volum. Ved å forhåndsbestemme produsentens betaling per produsert kg hydrogen, fjernes prisrisikoen. Betalingen til produsenten dekkes av en normpris for hydrogen som er konsumentens pumpepris og en subsidie som dekker differansen som trengs for å oppnå driftsoverskudd. Normprisen kan også subsidieres for å oppnå etterspørselsstimuli, dersom normprisen, når den er kostnadsbasert i første omgang, ikke gjør hydrogen konkurransedyktig overfor alternative drivstoff.

Virkemiddel for å øke etterspørsel av hydrogen

Nasjonale virkemiddel: Etterspørsel av hydrogen kan i en startfase stimuleres på samme måte som vi har sett for introduksjonen av elbiler. Her har avgiftsfritak og privilegier vist seg å fungere svært effektivt for elbilsatsingen. Vi anbefaler at man beholder avgiftsfritaket og gjeldende privilegier for hydrogenbiler til man har minst 50 000 slike i drift på norske veier.

Lokale virkemiddel: Når det gjelder å stimulere til etterspørsel vil lokale og regionale tiltak ha stor effekt. Her kan krav til nullutslipp/hydrogenkjøretøy ved offentlige innkjøp gjennom anbudsreglementet og ved utstedelse av taxi-løyver, være effektivt. Fordelen med denne type kjøretøy er at de har høy utnyttelse og rask utskiftning og således vil føre til høy etterspørsel pr kjøretøy og raskt voksende hydrogenandel i segmentet. Dersom denne typen tiltak kombineres med virkemiddel som stimulerer til etablering av hydrogenstasjoner og konkurransedyktig pris på hydrogen, vil virkemiddelet effektivt fjerne volumrisiko ved at et av de viktigste segmentene får en veldefinert og kjent etterspørsel.

Teknologinøytralitet

Dersom tiltakene etableres i et teknologinøytralt regime, vil de være mindre treffsikre for introduksjon av hydrogen. Som et eksempel kan etablering av nullutslippsstasjoner i større byer være et virkemiddel. For personer som kjører lengre avstander med bysentrum som destinasjon, vil hydrogenbiler være et alternativ. Konkurransen fra elbiler vil likevel være stor for bilister som ikke har behov for lang rekkevidde. Dersom teknologinøytrale virkemiddel benyttes og man har et mål om tidlig introduksjon av hydrogen som drivstoff, må man derfor være

beredt til også å stimulere hydrogenetterspørsel på annen måte.

Det er i noen sammenhenger hensiktsmessig å fravike kravet om teknologinøytralitet, spesielt der ulike teknologier vil kunne dekke ulike behov og man må stimulere til diversifiserte teknologiporteføljer for å nå utslippsmålene.

Usikkerhet knyttet til tilgang på biler

Det fremstår som en reell barriere at antallet hydrogenkjøretøy som blir tilgjengelig fram mot 2020 og 2025 er både begrenset og forbundet med usikkerhet.

Det er sannsynlig at en kombinasjon av virkemiddel på tilbuds- og etterspørselssiden som signaliseres gjennom langsiktig politikk vil være tilstrekkelig til å gjøre Norge attraktivt for bilprodusentene.

Behov for en nasjonal strategi

Det at Norge lenge har manglet en hydrogenstrategi og politisk forankrede planer og ambisjoner for innfasing av hydrogen, har redusert Norges synlighet internasjonalt, og gjør at Norge fremstår som et mindre attraktivt marked for hydrogenkjøretøy. Studien viser at en nasjonal hydrogenstrategi med kvantifiserte mål for innfasing av hydrogen som drivstoff er avgjørende hvis overordnede nasjonale klimamålsettinger, samt transportsektorens forpliktelser og mål når det gjelder nullutslipp, skal kunne nås.

En nasjonal strategi er nå under planlegging og skal lanseres som en del av Energimeldingen våren 2016. Denne studien er et innspill fra de norske storbyene til denne strategien når det gjelder nasjonale rammebetingelser og potensialet for hydrogen.

Oppsummering og anbefalinger

Storbyene vil spille en viktig rolle i en større nasjonal satsing på omlegging av transportsektoren. Samspill mellom nasjonal og lokal myndigheter for innfasing av hydrogen til transportformål vil være avgjørende, både når det gjelder utbygging av hydrogenstasjoner samt økt etterspørsel av hydrogen som drivstoff i de største storbyene. Målrettet virkemiddelbruk for etablering av hydrogenstasjoner vil raskt kunne stimulere til økte volum av hydrogenkjøretøy. Lokale virkemiddel som nullutslippssoner og offentlig innkjøpspolitikk vil effektivt kunne stimulere etterspørselen.

Vi anbefaler at nasjonale myndigheter i en startfase tar ansvaret for å utarbeide og implementere virkemidler som sikrer at hydrogenstasjoner blir bygget ved hjelp av investeringsstøtte og driftstøtte. Dette bør videreføres nasjonalt i form av investeringsstøtte og virkemiddel som stimulerer til økt utnyttelse av stasjonene (feed-in tariff). For at dette skal bli vellykket må også etterspørselssiden stimuleres. Her kan kommuner og fylkeskommuner spille en sentral rolle ved sine reguleringer og sin innkjøpspolitikk. Det mest treffsikre virkemiddelet for å stimulere til økt andel hydrogenbiler, vil være videreføring av avgiftsfritak og privilegier på nasjonalt nivå.

2 Innledning

Formålet med denne studien er å etablere et innspill fra de norske storbyene til den nasjonale hydrogenstrategien som skal lanseres som en del av Energimeldingen våren 2016. Studien viser potensial og barrierer for en satsing på hydrogen som drivstoff for transportformål i de største byene i Norge (Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger) for perioden 2015-2030. Studien inkluderer perspektiver både fra tilbudssiden (etablering av hydrogenstasjoner) og etterspørselssiden (hydrogenkjøretøy), og diskuterer barrierer og virkemiddel som vil være aktuelle for å kunne realisere en slik satsing. Prosjektet er (del-)finansiert av KS v/ Program for storbyrettet forskning.

Overordnede nasjonale klimamålsettinger, og mer spesifikt, miljømålsettinger innen transportsektoren er et utgangspunkt for studien. Videre er konkrete målsettinger for en hydrogenstrategi lagt til grunn. Oslo og Akershus er den regionen som har kommet lengst når det gjelder det å etablere en satsing på hydrogen, og det er målene i deres felles hydrogenstrategi for 2014 – 2025 som er lagt til grunn i denne studien.

Som en del av studien er potensialet for hydrogen som drivstoff i ulike transportsegmenter beregnet for tre ulike scenarier (lav, middels og høy adopsjon av hydrogenkjøretøy). Potensialstudien vil videre gi indikasjoner for behovet for infrastruktur i form av hydrogenstasjoner. Videre diskuterer rapporten ulike barrierer og virkemidler for både adopsjon av hydrogenkjøretøy og etablering av infrastruktur. Til slutt diskuteres hvilke virkemiddel som vil være mest effektive for å realisere en hydrogensatsing, og hvordan de vil bidra til å oppfylle de ulike målsettingene definert innledningsvis. Studien er strukturert som illustrert i Figur 4.



Figur 4. Struktur for analysen

3 Målsettinger for en hydrogensatsing

3.1 Nasjonale klimamål

Overordnede klimamålsettinger er utgangspunktet for en hydrogensatsing i Norge. Mål om nasjonale utslippskutt er nedfelt i Meld. St. 34 (2006 -2007) (kalt klimaforliket), som flertallet på Stortinget inngikk i 2008. Målet er at utslippene i Norge skal reduseres med 15–17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020, samt at Norge skal bli klimanøytralt innen 2030 gjennom kjøp av kvoter. Målene følges opp i Klimameldingen Meld. St. 21 (2011–2012):

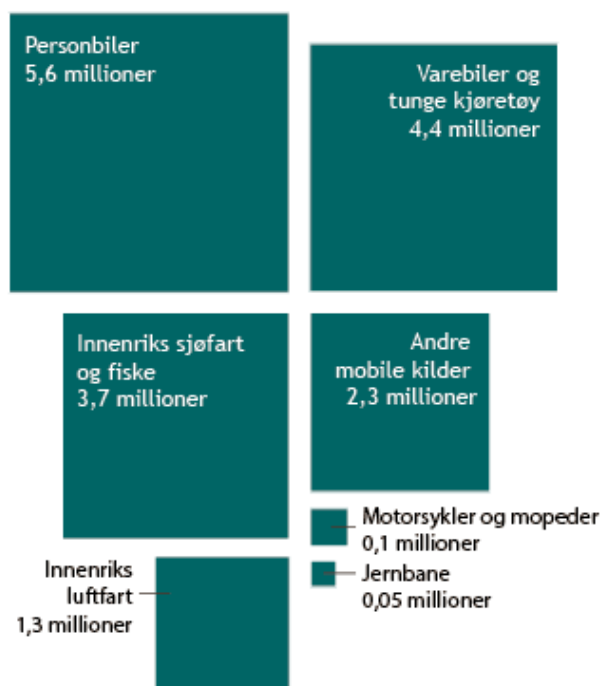
- Norge skal fram til 2020 påta seg en forpliktelse om å kutte de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 % av Norges utslipp i 1990.
- Norge vil skjerpe sine klimamål slik at de tilsvarer kutt i utslippene på 40 pst. innen 2020 i forhold til 1990-nivå, dersom det kan bidra til enighet om en ambisiøs klimaavtale der de store utslippslandene påtar seg konkrete utslippsforpliktelser.
- Norge skal være karbonnøytralt i 2050.
- Som en del av en global og ambisiøs klimaavtale der også andre industriland tar på seg store forpliktelser, skal Norge ha et forpliktende mål om karbonnøytralitet senest i 2030. Det innebærer at Norge skal sørge for utslippsreduksjoner tilsvarende norske utslipp i 2030.

EU leder an i arbeidet mot menneskeskapte klimaendringer. Regjeringen tar sikte på at Norge skal slutte seg til EUs klimarammeverk slik at det blir en felles oppfyllelse av klimamålene i Norge og EU.

3.2 Transportsektorens rolle for å nå klimamålene

Lavutslippsutvalget samt Klimakur 2020 peker på transport som en av de viktigste sektorene for å kunne redusere klimagassutslippene i Norge (NOU 2006: 18 Et klimavennlig Norge, Miljødirektoratet 2010). Innenlands utslipp fra transport utgjorde 17,2 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i 2013, hvorav veitransport bidro med 10,1 mill. tonn (59 %), sjø- og lufttransport tilsammen med 7.1 mill. tonn (41 %). Utslipp fra utenriks sjø- og luftfart¹ var hhv. 9,1 og 2.1 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2012. Veitrafikken står for rundt 20 % av de norske klimagassutslippene, og har de siste 20 årene hatt en utslippsvekst på 25 %. Persontransporten står for 75 % av utslippene fra veitrafikken.

¹ Utenriks sjøfart omfatter her skip driftet av norskregistrerte rederier, uavhengig av skipenes eierskap eller flaggstat, og luftfart omfatter norske flyselskaper, <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar-endelige>



Figur 5. Fordeling av utslipp (i tonn CO₂-ekvivalenter) fra transportsektoren i Norge 2012. Kilde: Miljødirektoratet

Meld. St. 34 (2006 -2007) definerer følgende mål for transportsektoren:

- Eksisterende og nye virkemiddel i transportsektoren skal utløse en reduksjon i klimagassutslippene med mellom 2,5–4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i denne sektoren i forhold til den referansebanen som legges til grunn i Statens forurensningstilsyns tiltaksanalyse (Statens Forurensningstilsyn (2005)).

Meld. St. 21 (2011–2012) skriver: "For å redusere utslippene fra sektoren, må det fases inn ny og miljøvennlig kjøretøyteknologi [...] og det må tas i bruk mer miljø- og klimavennlig kjøretøyteknologi og drivstoff. Et av flere konkrete mål er:

- Gjennomsnittlig utslipp fra nye personbiler i 2020 ikke skal overstige et gjennomsnitt på 85 g CO₂/km

Målet skal blant annet oppfylles gjennom å "*Fortsatt være internasjonalt i front i å legge til rette for bruk av el- og hydrogenbiler*".

Nasjonal transportplan (Meld. St. 26 (2012–2013)) følger også opp forpliktelsene i klimaforlikets mål for transportsektoren:

- Transportsektoren skal bidra til å redusere klimagassutslippene i tråd med Norges klimamål slik de er redegjort for i klimameldingen (Meld. St. 21 (2011-2012)) og i klimaforliket (Innst. 390 S (2011-2012), herunder bidra til at Norge omstilles til et lavutslippssamfunn.

3.3 Hvordan støtter hydrogen opp om nasjonale klimamål og transportsektorens forpliktelser?

Internasjonalt anerkjente fagmiljøer innen transport² peker på tre løsninger for bærekraftig transport: Elektrisitet, biodrivstoff og hydrogen.

I Hydrogenrådets Handlingsplan 2012 – 2015 (Hydrogenrådet 2012) fremheves tre områder som utgjør et strategisk fundament i Norges hydrogensatsing, og som begrunner hvorfor Norge bør satse på Hydrogen: 1) Norske naturgassressurser, 2) Miljømålsettinger og 3) Potensialet for næringsutvikling (fortrinnsvis teknologi). Hydrogenrådet anbefaler videre følgende ambisjonsnivå for Norge når det gjelder en nasjonal hydrogensatsing:

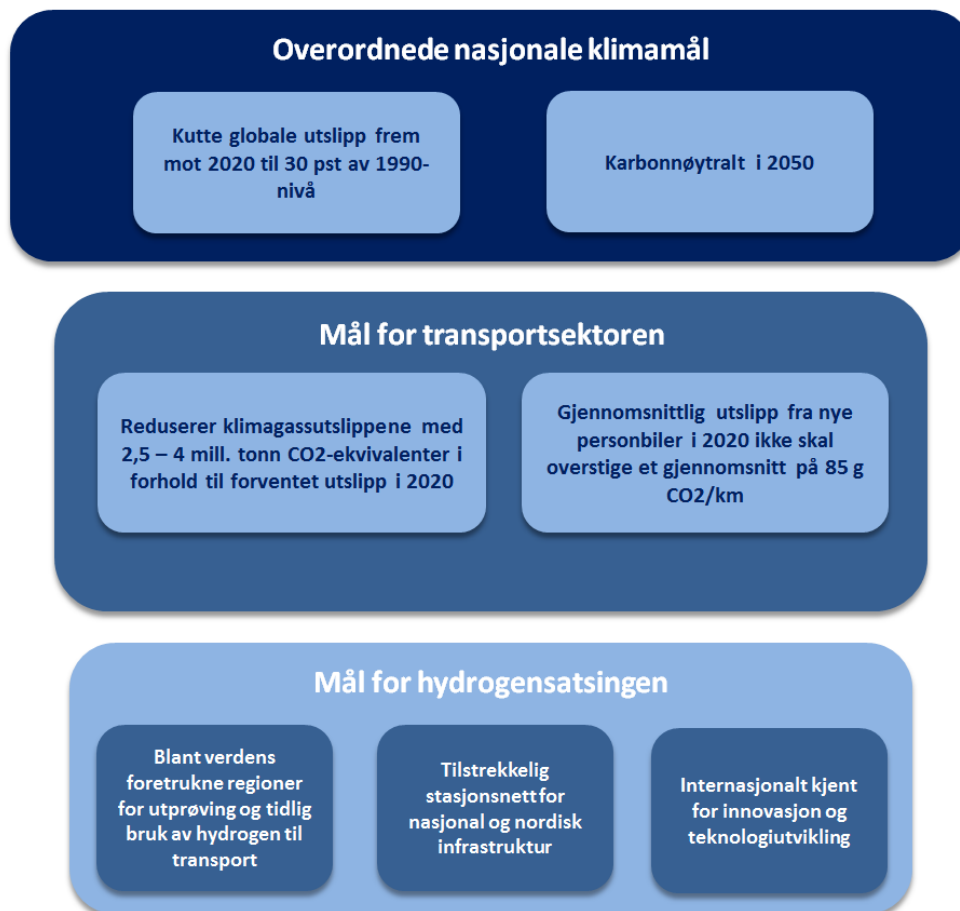
- Norge skal være internasjonalt ledende mht. etablering av infrastruktur for lav- og nullutslippskjøretøy, derunder både lade- og hydrogenstasjoner.
- Norge skal være internasjonalt ledende mht. innfasing av lav- og nullutslippskjøretøy, derunder el-, ladbare hybrid- og hydrogenbiler. Virkemiddelapparatet og avgiftspolitikken skal justeres slik at andelen nullutslippskjøretøy i bilparken til enhver tid ligger blant de høyeste i verden.

Akershus fylkeskommune og Oslo kommune er den storbyregionen som har kommet lengst når det gjelder det å etablere en satsing på hydrogen. Oslo og Akershus har etablert en felles hydrogenstrategi for 2014-2025, med påfølgende handlingsplan for 2015-2016. Strategien er knyttet opp mot klimamålet om at klimautslippene i hovedstadsregionen skal reduseres til 50 % av 1991-utslippet innen 2030. For selve strategien er det satt to hovedmål for ulike faser:

- (2014 – 2018) Oslo-Akershus skal være blant verdens ledende regioner for utprøving og tidlig bruk av hydrogen til transport, basert på fossilfri drivstoffproduksjon
- (2019 – 2025) Oslo-Akershus skal ha tilstrekkelig stasjonsnett for nasjonal og nordisk infrastruktur. Den skal også være internasjonalt kjent for innovasjon og teknologiutvikling

Vi vil benytte Oslo og Akershus sine mål som grunnlag for en nasjonal hydrogensatsing da denne regionen har kommet lengst når det gjelder både utarbeidelse og realisering av strategien. De ulike målene innenfor de ulike nivåene er oppsummert i Figur 6.

² Blant andre Institute of Transport Studies (ITS) ved University of California Davis, Prof. Joan



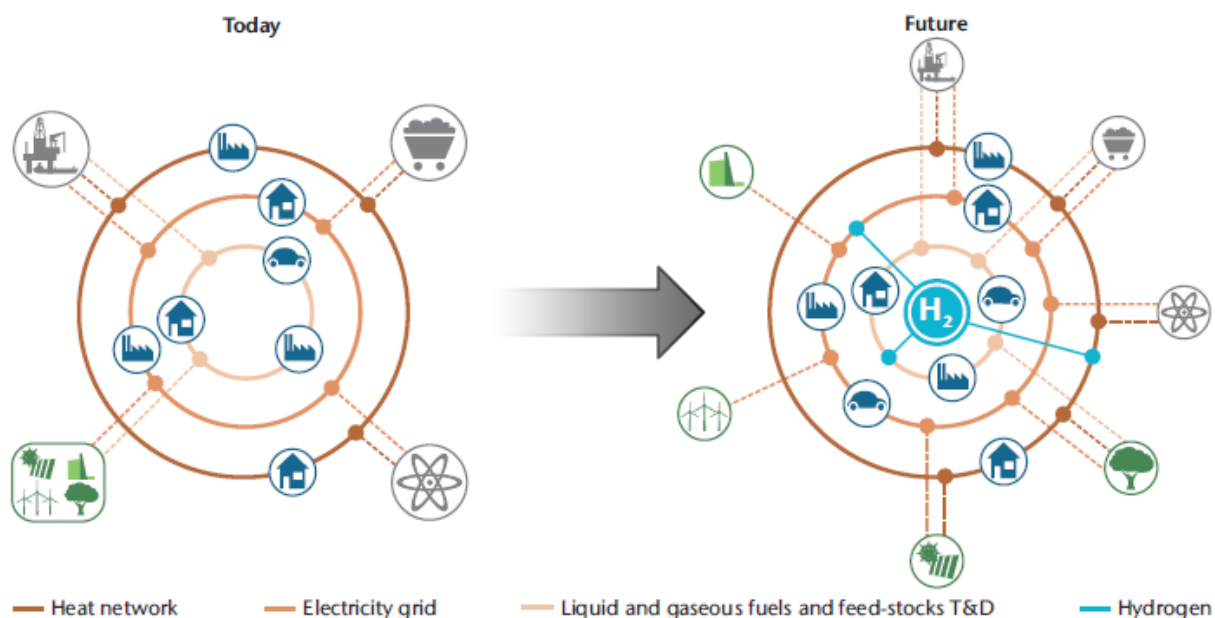
Figur 6. Målsettinger for klima, transport og hydrogensatsingen

4 Hydrogen som en del av energimiksen

Det er viktig å erkjenne at det er behov for flere alternative drivstoffer og teknologiske løsninger, for at Norge skal kunne redusere sine utslipp i transportsektoren. Hydrogen og brenselcelleteknologi utgjør ett alternativ, som i samspill med andre løsninger vil danne en basis for å fase ut fossile drivstoffer.

Introduksjon av hydrogen som drivstoff gjør overgangen til nullutslipp mulig i flere segmenter av transport enn det rene batteri-elektriske kjøretøy kan bidra til, og dermed kan et betydelig større utslippskutt realiseres.

Hydrogen vil ikke bare spille en sentral rolle i transportsektoren. Hydrogen er en energivektor som også vil bli avgjørende for å kunne realisere et bærekraftig energisystem basert på fornybare energikilder som beskrevet i delkapittel 4.1. Framtidens energimiks blir sammensatt, og vil bli dominert av ikke-kontinuerlige energikilder som sol og vind (Figur 7). Karakteristisk for et slikt system er at det ikke er balanse i tilgang på og etterspørsel etter energi. Dette gir et formidabelt behov for energilagring som beskrevet i delkapittel 4.2. Biomasse vil også utgjøre en attraktiv ressurs i nullutslippssamfunnet. Tilsats av hydrogen kan øke utbyttet fra biodrivstoffproduksjon betydelig, som omtalt i delkapittel 4.3. Sist, men ikke minst egner hydrogen seg spesielt godt som drivstoff for transport over lengre avstander og i større kjøretøy, og vil i så måte komplettere batteriteknologi som har sine største fortrinn i mindre kjøretøy med kortere rekkevidde (som diskutert i delkapittel 4.4).



Figur 7. Energisystemet i dag (venstre) og i fremtiden (høyre). Hydrogen er en energivektor som kan koble de andre energivektorene sammen (Kilde: IEA 2015)

4.1 Hydrogen for økt utnyttelse av fornybare energikilder

Hydrogen vil bidra til økt utnyttelse av ikke-kontinuerlige energikilder som vind- og solenergi. Når tilgangen av fornybar energi er større enn etterspørselen kan overskuddet anvendes til å produsere hydrogen. Flere prosjekter er allerede i gang f.eks. i Tyskland, der kraftprisene i kortere perioder allerede har vært negative. Hydrogen fremstilles da ved vannelektrolyse til en lav kostnad og blandes inn i f.eks. biogass for kraft-varmeproduksjon etter behov som vist i Figur 8.

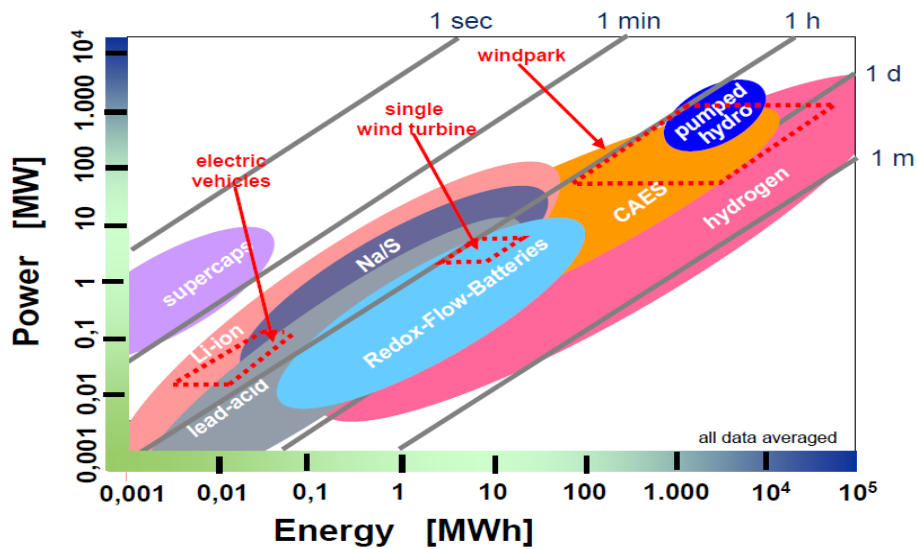


Figur 8. Ett eksempel på hydrogenproduksjon fra kraft i Tyskland. Overskudds vindenergi benyttes til å produsere hydrogen, som i dette tilfellet blandes inn i biogass for kraftvarme-produksjon.

Alternativet til å ivareta energien i form av hydrogenproduksjon, er at vindturbinene stenges ned, og den fornybare energien går da tapt.

4.2 Hydrogen som energilagingsmedium

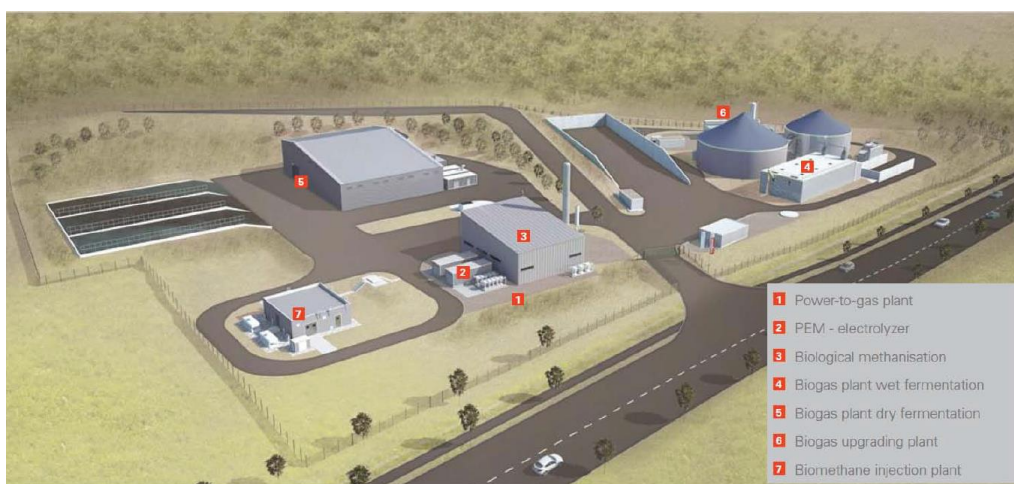
Etterhvert som andelen fornybare energikilder i energimiksen øker, øker også behovet for energilagring. Mens bla Norge og Chile har betydelige mengder regulerbar vannkraft, er det ikke-kontinuerlige fornybare energikilder som sol og vind som vil dominere energimiksen i store deler av verden. Siemens har kartlagt ulike teknologier for energilagring over kortere og lengre perioder, og konkluderer at hydrogen er den beste løsningen for store energimengder over lengre tid (Figur 9).



Figur 9. Evaluering av ulike teknologier for energilagring som viser at hydrogen egner seg for lagring av store energimengder over lang tid (uker, måneder) (Siemens 2011).

4.3 Synergi mellom hydrogen og biogassproduksjon

Det er overskudd av karbon i prosessene for fremstilling av biodrivstoff, og karbon-overskuddet kommer ut i form av CO₂. Som eksempel inneholder biogass typisk rundt 60 % metan og 40 % CO₂. Ved tilsats av hydrogen i biogassproduksjon, kan utbyttet økes med i størrelsesorden 70 %. Ett eksempel er det tyske selskapet Viessmann som siden mars 2015 produserer 98 % metan i sin biologiske metaniseringssprosess. Gassen mates direkte inn på gassnettet i Tyskland (Figur 10).

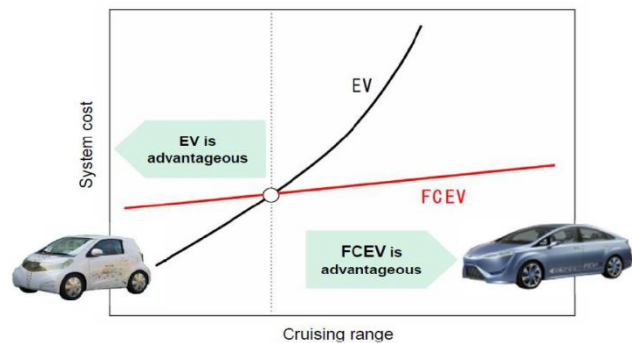


Figur 10. Eksempel på oppgradering av biogass til 98 % metan ved tilsats av hydrogen (Viessmann).

4.4 Batteri- og hydrogenteknologi kompletterer hverandre i transport

Hovedtrenden innen teknologiutvikling i transport går mot elektriske framdriftsløsninger. Batteriteknologi vil være å finne i alle typer kjøretøy, enten som primærkilde til framdrift, som buffer i hybride drivlinjer for fossile eller bio-baserte drivstoffer omsatt i forbrenningsmotorer eller som støtte til hydrogenbaserte brenselcellesystemer.

Mens batteriteknologi har sin største fordel i form av høy energieffektivitet, kan hydrogen gjøre nullutslipp mulig også i store kjøretøy med lang rekkevidde. Toyota har illustrert dette som vist i Figur 11. Mens kostnaden for batteriteknologiske løsninger er proporsjonal med rekkevidden, er kostnaden for brenselcellen (FCEV) å anse som en "inngangsbillett", som for mindre kjøretøy koster mer enn batteripakken. Men når rekkevidden øker, er tilleggskostnaden for hydrogenalternativet langt lavere enn for batteriløsningen. Mens den dyreste komponenten i batterisystemet (batteriet) blir dobbelt så dyr for en dobling av rekkevidden, er det kun hydrogenlagringstanken som må bli større i hydrogenkjøretøyet. Lagringssystemet i et hydrogenkjøretøy utgjør kun en liten del av total kostnaden. Brenselcellen dimensjoneres basert på effekt, mens batteripakken (og hydrogentanken) dimensjoneres etter energibehov.



Figur 11. Systemkostnader for batteri- og brenselcelleteknologi for framdrift av kjøretøy (Toyota).

5 Potensialet for bruk av hydrogen som drivstoff

Hydrogenkjøretøy har, som diskutert i foregående kapitler, potensial for å dekke deler av transportbehovet i en rekke segmenter av transport. Som en del av denne studien er potensialet for hydrogen som drivstoff i ulike transportsegmenter beregnet som illustrert i Figur 12. For segmentene til høyre i figuren (godstransport, personbil, taxi, buss og båttransport) er det gjort detaljerte beregninger av innfasing av hydrogen. For Bygg- og anlegg, industri og tog er det kun gjort enkle overslag da disse segmentene betraktes som relativt umodne og beregningene vil være forbundet med stor usikkerhet. De tomme cellene til venstre i figuren illustrerer andre (ukjente) anvendelsesområder hvor det også kan være et potensiale.



Figur 12. Transportsegmenter med potensiale for hydrogen som drivstoff.

5.1 Antagelser om adopsjon av hydrogenkjøretøy – 3 ulike scenarier

Et viktig grunnlag for potensialberegningene er forutsetninger om adopsjon av hydrogenkjøretøy i de ulike segmentene. Adopsjonen vil være avhengig av en rekke faktorer, og disse varierer igjen betydelig med hvilket transportsegment man ser på. For å beregne innfasingen, er det utviklet modeller som baserer seg på de viktigste faktorene for adopsjonen for de forskjellige transportsegmentene. Disse modellene er beskrevet i detalj i vedlegg B. De viktigste faktorene som kan påvirke adopsjonen er:

- Tilgang på kjøretøy
- Tilgjengelighet av drivstoff
- Sluttbrukers totalkostnad (Total Cost of Ownership, TCO)

- Utskiftingstakt av eksisterende kjøretøy
- Pris på, og tilgjengelighet av, alternative teknologier
- Krav/Reguleringer
- Andre markedsmessige og institusjonelle barrierer

Tilgjengeligheten av kjøretøy avhenger blant annet av hvor moden teknologien er. En status for hydrogenteknologi og tilgjengelighet av hydrogenkjøretøy innenfor de ulike transportsegmentene er gitt i vedlegg A.

For å synliggjøre effekten av variasjoner i de ulike faktorene beskrevet over og også vise graden av usikkerhet i slike framskrivninger, har vi satt opp tre ulike scenarier hvor faktorene har fått ulike verdier. Det er i denne kartleggingen valgt å fokusere på ytterpunktene mht. hvor mye hydrogen kan forventes å bidra med til null-utslippstransport i storbyene. Et **høyt scenario** er etablert, der man for hvert av transportsegmentene legger til grunn optimistiske forventninger til teknologisk utvikling og implementering. Et **lavt scenario** viser den nedre grensen for potensialet for bruk av hydrogen som drivstoff og er basert på pessimistiske anslag mht. teknologiutvikling og dermed en forsinkelse i leverandørenes lansering av nye kjøretøy. I det lave scenariet er det og manglende tilrettelegging for innfasing av null-utslippstransport. Et tredje **middels scenario** er også inkludert, der vi ser for oss en teknologiutvikling i tråd med leverandørenes forventninger, kombinert med en moderat tilrettelegging fra myndighetenes side i form av støtte til infrastruktur og krav til sluttbrukere. Scenariene er kortfattet beskrevet nedenfor. Mer detaljerte beskrivelser og kvantitative tall for faktorene i hvert av scenariene er gitt i vedlegg B.

Høyt scenario

- Tilgjengelighet av kjøretøy overskrider dagens signaler fra leverandørene.
- Investerings- og driftskostnadene er sammenlignbare med dagens kjøretøy.
- Meget god tilgjengelighet av hydrogeninfrastruktur i urbane strøk. Utbygging i viktige rurale strøk har høy prioritet.
- Stor, nasjonal politisk vilje til innfasing av nullutslippskjøretøy. Krav og reguleringer brukes for flåtekjøretøy.

Middels scenario

- Tilgjengelighet av kjøretøy blir som estimert av leverandørene.
- Investerings- og driftskostnadene er noe høyere enn med dagens kjøretøy.
- Lokale politiske initiativ for bruk av hydrogenkjøretøy i kollektivflåter.
- Tilfredsstillende utbygging av hydrogeninfrastruktur i urbane strøk, kun etablering av noen få korridorer mellom de største byene.

Lavt scenario

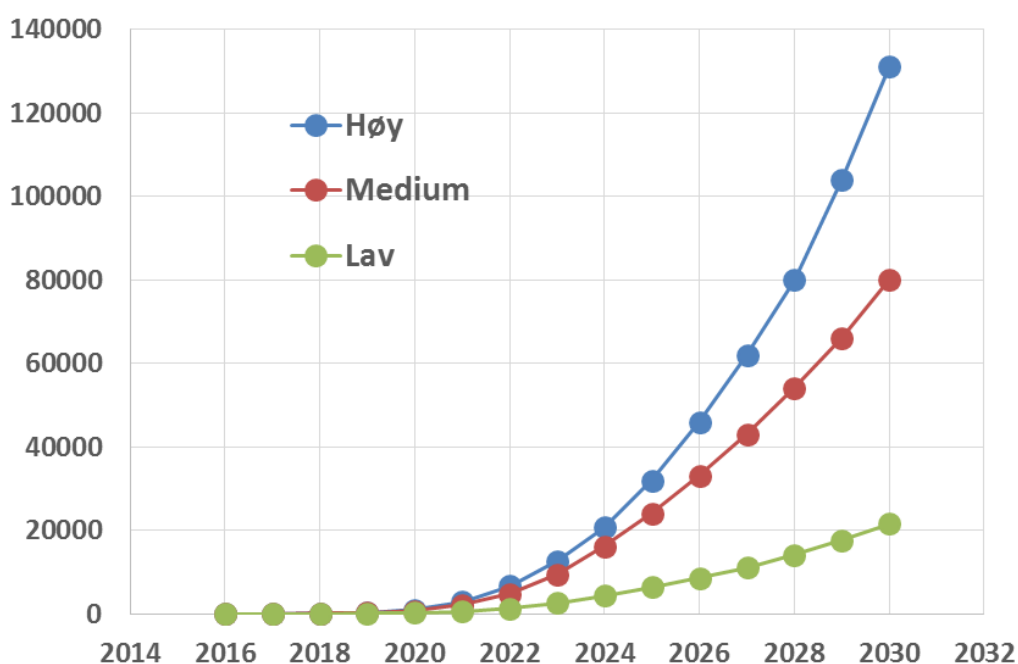
- Vesentlig lavere tilgjengelighet av kjøretøy enn signalisert fra leverandørene.
- Høyere investerings- og driftskostnader for kjøretøy.
- Begrenset utbygging av hydrogeninfrastruktur, kun en liten del av urbane strøk dekket.
- Liten politisk vilje for tilrettelegging for innfasing av nullutslippsteknologi.

5.2 Beregning av innfasing av kjøretøy

5.2.1 Personbiler

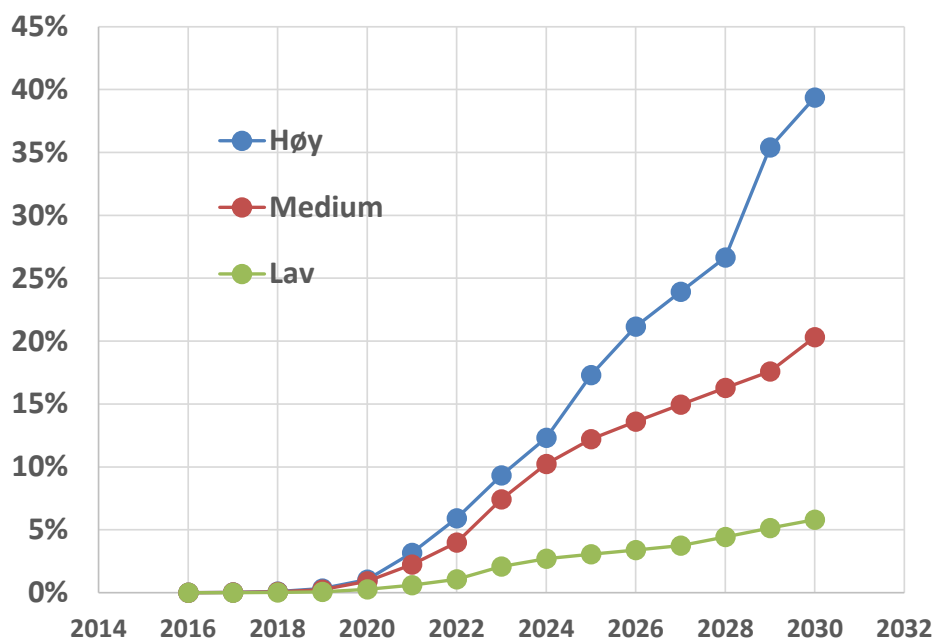
Modellen for innfasing av personbiler baserer seg på antagelsen om at årlig salg av disse bilene i stor grad avhenger av antallet ulike bilmodeller som er tilgjengelig på markedet samt av tilgjengeligheten til hydrogenstasjoner i byregioner og i områdene mellom disse. I tillegg er det lagt et øvre tak på årlig salg, bestemt av en antatt maksimal tilgjengelighet av hydrogenbiler i Norge. En mer detaljert beskrivelse av modellen er gitt i vedlegg B.

Bruk av tallene fra de tre etablerte scenariene i denne modellen gir følgende resultater for innfasing av personbiler i storbyene i Norge frem mot 2030 (Figur 13):



Figur 13. Antall personbiler på hydrogen de 4 norske storbyene fram mot 2030

I det høye scenariet, vil 10 % av nybilsalget i 2023 være hydrogenbiler og i 2030 vil drøye 130 000 hydrogenbiler være på veiene i de 4 norske storbyene. Nybilsalget vil da bestå av omtrent 40 % hydrogenbiler og antallet øker raskt. Med begrensninger i tilgang på drivstoff (færre stasjoner, medium scenario), er det mer realistisk at vi vil se en lavere vekst og rundt 80 000 hydrogenbiler i storbyene i 2030. I det lave scenariet, der tilgjengeligheten av hydrogenbiler blir lavere enn produsentene har antydnet og utbyggingen av hydrogenstasjoner er lav, forventes tilsammen drøyt 20 000 biler i de 4 norske storbyene i 2030.



Figur 14. Andel hydrogen i nybilsalget av personbiler for de 4 norske storbyene fram mot 2030.

De optimistiske anslagene i Figur 14 er lavere enn de forventningene som ble rapportert i NorWays-studien³ i 2009, der det totale antallet hydrogenbiler i Norge var estimert til 350 000 i 2030. Årsaken ligger i at vi i det optimistiske scenariet har lagt til grunn en metningsandel på 50 % hydrogenbiler i personbilsegmentet, mens NorWays forutsetter 70 % (i 2050). I NorWays-prosjektet (2006-2009) var forventningen at det ville være 1100 hydrogenbiler på norske veier allerede i 2015, mens vi i det optimistiske scenariet i denne studien anslår 900 biler i 2020, altså en "forsinkelse" på rundt 5 år. Hvis vi sammenlikner vårt optimistiske scenario for 2030 med tall for 2025 fra NorWays, studien (110 000 biler), er det imidlertid meget godt samsvar.

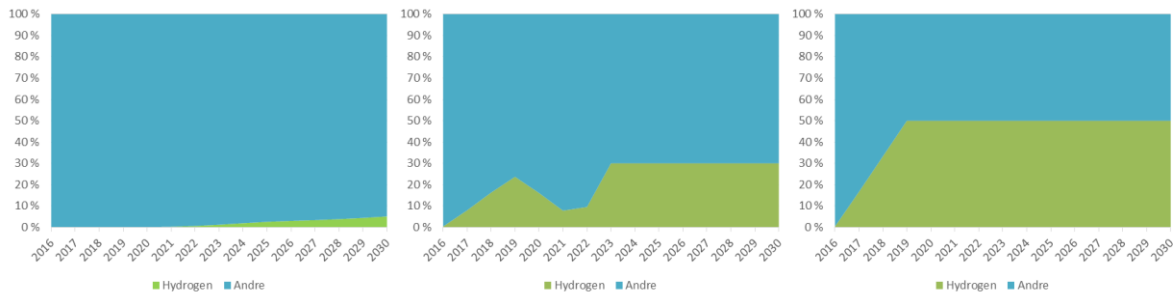
5.2.2 Taxier

For å estimere antallet hydrogen-taxier i storbyene, ble antallet først vurdert ut ifra markedet i Oslo og Akershus. For å få tall for alle de 4 norske storbyene, ble tallene for Oslo og Akershus deretter justert opp med en faktor basert på folketallet i de andre, tre storbyene, Bergen, Stavanger/Sandnes og Trondheim. Tilgjengeligheten til personbiler på hydrogen må imidlertid dekke etterspørselen etter hydrogenbiler både i personbil- og i taximarkedet, og bilene vil derfor måtte fordeles mellom disse. For ikke å overestimere adopsjonen av hydrogenbiler, har vi koblet salget i personbilmarkedet og taximarkedet.

I **medium scenariet** antas det at bil-leverandørene foretrekker å selge biler til private kjøpere, og at det derfor (grunnet begrenset tilgang) blir mangel på kjøretøy til storskala innfasing i taxiflatene mellom 2020 og 2022. Metningspunktet er 30 % H₂-taxier for dette scenariet.

³ NorWays, Providing decision support for Norwegian , <https://www.ntnu.no/ept/norways>

Sterke og tydelige ambisjoner om nullutslipp innen kollektivtransport i de norske storbyene vil imidlertid kunne endre premissene for tilgang av hydrogenbiler ved at produsentene selv velger å levere flere biler til Norge enn opprinnelig planlagt, siden de vet at det vil være avsetning for disse. I det **høye scenariet** anses derfor ikke forventet begrensning i tilgang på kjøretøy som en absolutt barriere for implementering av et høyere antall slike biler i Taxi-segmentet. I dette scenariet er det antatt at halvparten av løyveeierne ved nyinnkjøp velger hydrogenbiler fra og med 2017. I det **lave scenariet** er det antatt at samme prosentvise andel hydrogenbiler kjøpes inn som taxier som det pessimistiske scenariet for personbilmarkedet.



Figur 15. Andelen taxier med hydrogen som drivstoff mot 2030 i de tre ulike scenariene.

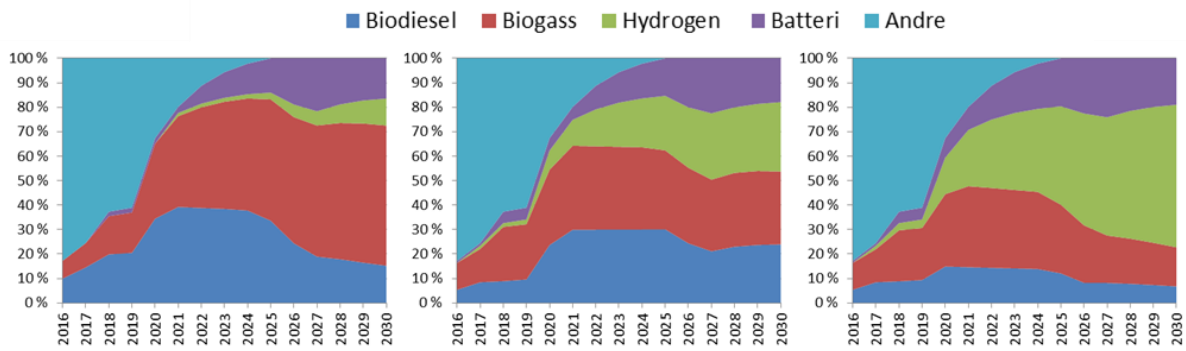
Det er til sammen 2532 taxiløyver i Oslo og Akershus⁴. Beregningene gjort her viser at antallet hydrogendrevne taxier er henholdsvis 5 400 eller 1250 hydrogendrevne taxier i dette markedet i 2020.

5.2.3 Busser

Modellen for innfasing av busser tar utgangspunkt i Ruters oversikt over tidspunkt for reforhandling av sine busskontrakter som et anslag på forventet utbyttingstakt av busser i alle storbyområdene. Antallet hydrogenbusser blir deretter beregnet ut ifra ulike scenarioer for andelen hydrogenbusser av totalt bussalg pr år frem mot 2030. Detaljene for utviklingen av andelen busser med hydrogen som fremdrift, både for by og regionbusser, er gitt i vedlegg B. Figur 16 viser andelen hydrogenbusser sammenlignet med andre busser med andre drivstofftyper i storbyene fram mot 2030.

I **medium scenariet** blir antallet hydrogenbusser i storbyene rundt 180 i 2020 som vokser sakte mot et totalt antall på omtrent 820 hydrogenbusser i 2030. I det **høye scenariet** blir tallene henholdsvis 340 og 1690 hydrogenbusser i 2020 og 2030.

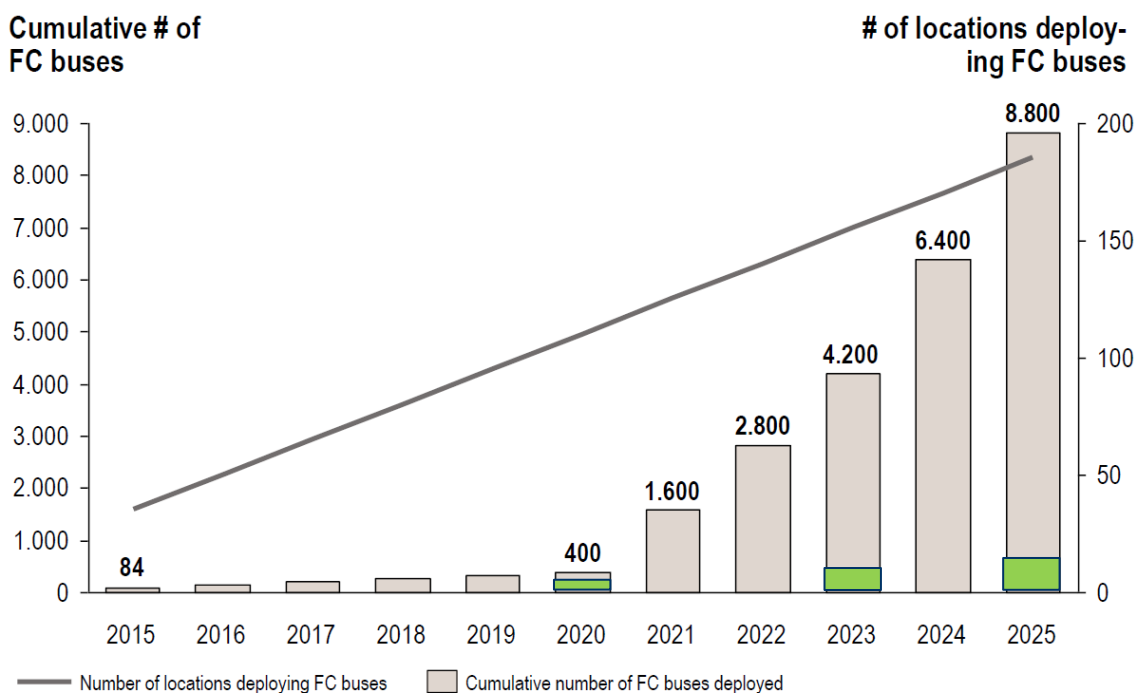
⁴ SSB, 2014



Figur 16. Fordelingen av drivstofftyper i buss-sektoren i storbyene i Norge frem mot 2030, fra venstre: Lav, Medium og Høyt scenario.

I en helt ny Roll-out-studie⁵ utført av Roland Berger estimeres antall busser og lokasjoner i Europa for innfasing av hydrogenbusser fram mot 2025. Forventningen er at volumet av busser tar seg opp fra og med 2021 og når 8800 i 2025 ved opptil 200 lokasjoner. Sammenlikner vi våre scenarier for innfasing av hydrogenbusser i storbyene med disse tallene, ser vi at vår anslag for innfasing er prosentvis forholdsvis høye spesielt i årene fram mot 2020 (Figur 17). At Norge kan ha mer enn 10 % av det totale antallet hydrogenbusser i Europa i 2023, anses som en høy andel, da det er en rekke andre Europeiske regioner som er interessert i å fase inn hydrogen i dette transportsegmentet. Med en klar strategi for innfasing av nullutslippsbusser og utbygging av infrastruktur er det imidlertid ikke en urealistisk andel i perioden frem mot 2025.

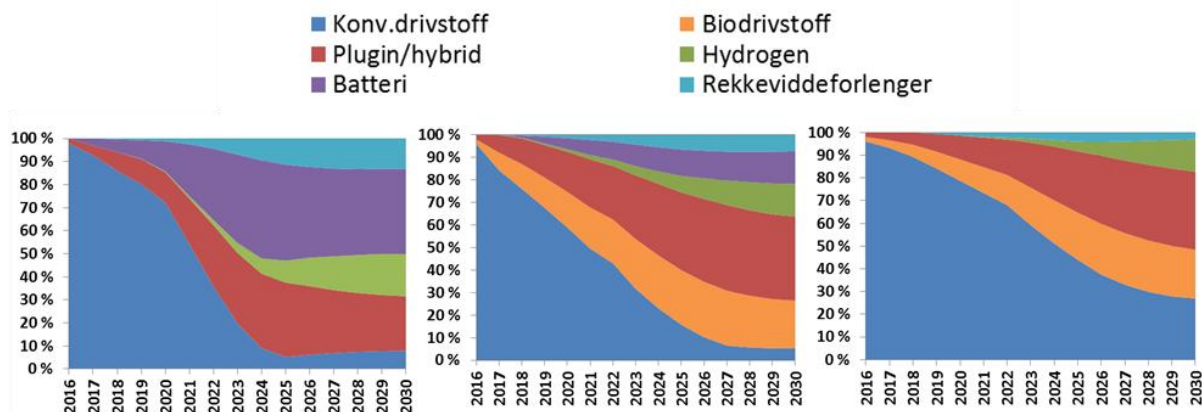
⁵ Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe, Roland Berger for FCH JU, oktober 2015, http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/150909_FINAL_Bus_Study_Report_OUT_0.PDF



Figur 17. Forventning til innfasing av hydrogenbusser iht. en ny, Europeisk studie⁵ (høst 2015). Antall hydrogen-busser for medium er indikert (i grønt) for sammenlikning.

5.2.4 Vare- og godstransport

Dette segmentet omfatter alt fra varebiler på størrelse med personbiler til store lastebiler med nyttelast på opptil 15 tonn. Det forventes at ulike teknologiske løsninger og drivstoff vil være aktuelle og dominere i de ulike kjøretøygruppene. For små lastebiler (nyttelast inntil 4,9 tonn) antas det at biodiesel, biogass, hydrogen samt elektrisk framdrift representerer de aktuelle drivstoffalternativene. For større lastebiler antas det at ren batterielektrisk framdrift ikke er aktuelt. For begge lastebilstørrelser forventes det at kombinasjoner av batteri og brenselceller i form av hydrogendrevne rekkeviddeforlengere utgjør aktuelle framdriftsløsninger. Også for dette segmentet er de tre 3 scenariene for innfasing av alternative drivstoffer benyttet, noe som gir totalt 9 datasett for innfasing av alternative drivstoffer fram mot 2030. Detaljer for alle scenariene finnes i vedlegg B. I Figur 18 er resultatene for innfasing av ulike drivstofftyper for **medium scenariet** presentert for de ulike kjøretøygruppene.



Figur 18. Fordelingen av drivstofftyper for vare og lastebiler i storbyene i Norge frem mot 2030, fra venstre: Varebiler, små lastebiler og store lastebiler.

I Utkast til Klima- og energistrategi for Oslo⁶, har Oslo kommune tatt mål av seg at alle nye varebiler skal gå på fornybart drivstoff eller være ladbare i 2025 og at minst 30 % av tunggods og anleggsdrift skal være fossilfri i byen i 2030. Resultatene fra **medium scenariet** overoppfyller dette målet. I dette scenariet er det tydelig at batterier, ladbare (såkalt plug-in) hybrider og biodrivstoff vil ha størst rolle i perioden fram mot 2020 og at det først etter 2020 vil være en merkbar vekst av hydrogendrevne kjøretøy i denne sektoren.

5.2.5 Hydrogen i maritim transport og i havner

Hydrogen vil også kunne bidra til nullutslipp i maritim transport, og forventes å spille en viktig rolle i rutegående trafikk spesielt på lengre fergestrekninger der batteri-elektriske løsninger blir svært kostbare. Det er i dag mye oppmerksomhet omkring batteri-elektrisk framdrift av ferger, men det er etterhvert også blitt et visst fokus på hydrogen som drivstoff i maritim transport.

For å estimere potensialet for hydrogen som drivstoff i maritim transport, har vi tatt utgangspunkt i en rapport fra Zero⁷ hvor 11 fergesamband med energibehov på mer enn 1000 kWh per overfart er identifisert, og de som ligger i innenfor storbyfylkene er regnet med. Nesoddbåtene, samt sambandet Moss-Horten er også inkludert, slik at tilsammen 12 samband er omhandlet. Da hydrogendrevne ferger fremdeles er på tegnebrettet, anses det ikke som sannsynlig at slike er i drift før i 2020. I det **lave scenariet** fases hydrogen inn i beskjeden grad, i ett eller to samband fra 2024. I det **høye scenariet**, er alle 12 samband trafikkert med hydrogenferger i 2030.

Når skip ligger til havn, bruker man per i dag dieselgeneratorer for å produsere strømmen skipene bruker, og dette er forbundet med betydelige utslipp. En måte å løse denne utfordringen på er å oppgradere strømmettet lokalt og således kunne koble skipene til landstrøm direkte fra nettet. I områder med svakt nett (som f.eks. i Vestlandsfjordene), kan det være mer kostnadseffektivt å ta i bruk brenselceller for å levere landstrøm i turistsesongen. Hydrogen til brenselcellene kan

⁶ Oslo kommune 2015, Det grønne skiftet, se midtsiden

⁷ KARTLEGGING AV POTENSIALET FOR BATTERIDRIFT PÅ FERGER I NORGE, Jonas K. Nøland, http://www.zero.no/publikasjoner/kartlegging_av_potensialet_for_batteridrift_paa_ferger_i_norge.pdf

produseres lokalt fra fornybare kilder (vann-, vind og småkraft) og lagres fra lavsesong til perioder med spesiell høye etterspørsel. Vi har imidlertid i denne studien ikke foretatt estimater for bruk av hydrogen til landstrøm.

5.2.6 Hydrogen til andre forbrukere

Oppgradering av biogass

Det er overskudd av karbon i biomasse når denne inngår som råvare i biogassproduksjon. Omlag 65 % av rågassen fra prosessen er metan, mens det dannes rundt 35 % CO₂. For å dra maksimal nytte av bioressursen, kan rågassen tilsettes hydrogen (som reagerer med CO₂ og danner metan og vann) og utbyttet av metan kan økes fra 65 til 98 % (se kapittel 3). Oslo kommune produserer nesten 6000 millioner Nm³ biogass per år, tilsvarende drivstofforbruket til 240 busser. Ruter ønsker å satse på mer biogassbusser. Det finnes kapasitet i regionene til å doble denne produksjonen innen 2018⁸, slik at biogass totalt kan dekke drivstoffbehovet for 480 busser. Bruk av hydrogen produsert fra fornybar elektrisitet har potensialet for å øke mengden biogass med 50 %, eller ca. 6000 millioner Nm³ nok til ytterligere 240 busser.

Tog og anleggsvirkosomhet

Både tog og anleggsvirkosomhet kan benytte hydrogen som drivstoff. Som beskrevet i vedlegg A finnes det allerede i dag demonstrasjoner av slike kjøretøy og for tog er det av tyske regionale myndigheter bestilt 50 hydrogendrevne tog som skal settes i drift i perioden 2018-2021.

Basert på utslippstall har vi gjort et grovt overslag på at potensialet for hydrogen for dieseldrevne anleggsmaskiner vil være på omtrent 2/3 av potensialet i vare- og godstransporten med omtrent den samme innføringstakten. For togsektoren har vi sett på et alternativ hvor godstog på Nordlandsbanen blir drevet av hydrogen fra 2024.

5.3 Potensialet for hydrogen i transportsektoren

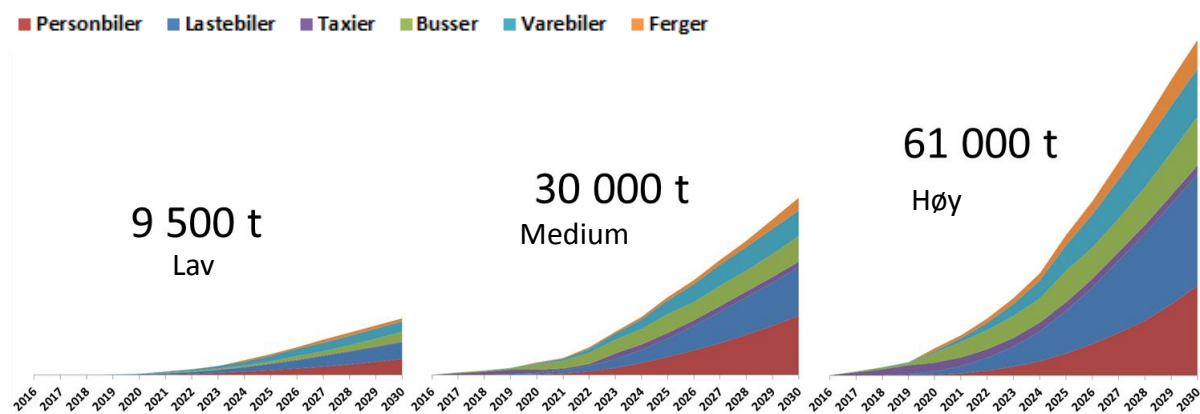
Basert på beregningene av innfasing av hydrogen i de ulike transportsegmentene og tall for gjennomsnittlig kjørelengde og hydrogenforbruk i de ulike kjøretøyene har vi kalkulert den totale etterspørselen for hydrogen i transportsektoren i storbyene fram mot 2030 for de tre scenariene, se Figur 19. Som denne figuren viser er det stor variasjon mellom scenariene i det totale hydrogenforbruket i 2030. For det lave scenariet vil forbruket bli på under 10 000 tonn, mens for det høye scenariet vil forbruket ligge på over 60 000 tonn.

De to største forbrukerne av hydrogen vil på lang sikt være personbiler og lastebiler. For å sette disse tallene i perspektiv, er den årlige globale produksjonen av hydrogen på 50 millioner tonn⁹, altså

⁸ Ruters miljøstrategi 2014-2020 (https://ruter.no/globalassets/dokumenter/ruterrapporter/2014/4-2014_ruters_miljostrategi_2014-2020_ver030914.pdf)

⁹ Tall for 2008, men endringen til i dag er trolig ikke spesielt stor:

1000 ganger høyere enn potensialet for hydrogen som drivstoff i Norge i det høye scenariet for 2030. Dette viser at bruken av hydrogen som drivstoff i relativt lang tid vil være beskjeden i forhold til den bruk man vil ha i industriell sammenheng. Intensjonsavtalen¹⁰ som nylig ble inngått mellom TiZir Titanium, Sunnhordland Kraftlag og Greenstat, om å ta i bruk hydrogen i smelteverket i Tyssedal, skal alene i full skala bruke omlag 11 000 tonn H₂ per år fra 2019. En nedskalert (1:100) versjon av prosessen skal testes ut fra 2017, og selv i denne piloten er behovet 110 tonn H₂ per år. Dette tilsvarer drivstoffbehovet for rundt 8-900 hydrogenrevne personbiler, som igjen er antallet hydrogenbiler som vi forventer vil være på veien i de 4 norske storbyene i 2020. I full produksjon skal smelteverket bruke hydrogen tilsvarende drivstofforbruket til 80-90 000 personbiler. Yara meldte i februar 2015 at de skal bygge en ny ammoniakfabrikk i Texas som vil bruke over 180 000 tonn hydrogen årlig, eller omtrent tre ganger så mye som behovet i transport i de 4 norske storbyene i 2030 i det høye scenariet.



Figur 19. Total hydrogenetterspørsel (i kg H₂/år) for de tre scenariene, i kg H₂ / år.

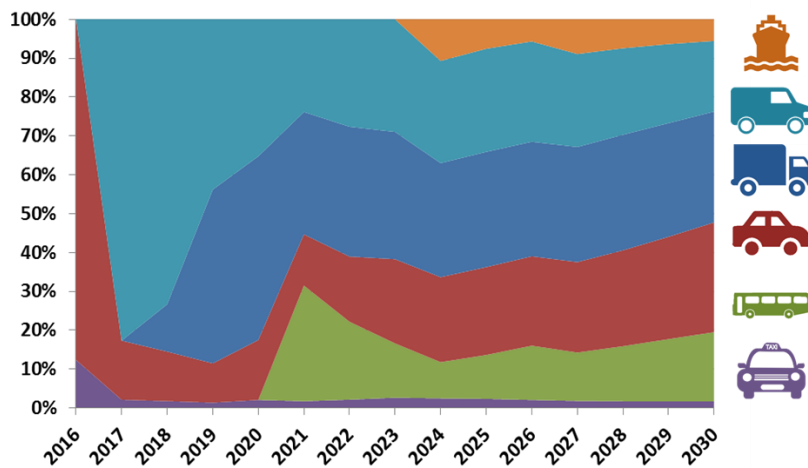
5.3.1 Relativ fordeling av hydrogenforbruk i transportsektoren

Lavt scenario

I det lave scenariet er det antatt liten eller ingen regulering eller satsing på hydrogen i flåtekjøretøy slik som taxier og busser samtidig som tilgangen på personbiler på hydrogen holder seg lavt. I denne situasjonen fremhever vare- og lastebiler seg, enten med direkte framdrift eller med en rekkeviddeforlenger, som det segmentet av transport som vil stå for det største forbruket av hydrogen. Dette markedet er i mindre grad avhengig av store bilprodusenter og en mulig driver for bruk av hydrogen, kan være ønsket om en tydeligere miljøprofil hos distribusjonsfirmaer. Totalt sett er markedet lite, under 200 tonn, eller ca. 500 kg/døgn i 2020. Dette tilsvarer kapasiteten til en middels stor hydrogenstasjon.

<http://decarboni.se/publications/ccs-roadmap-industry-high-purity-co2-sources-sectoral-assessment-%E2%80%93-final-draft-report-1>

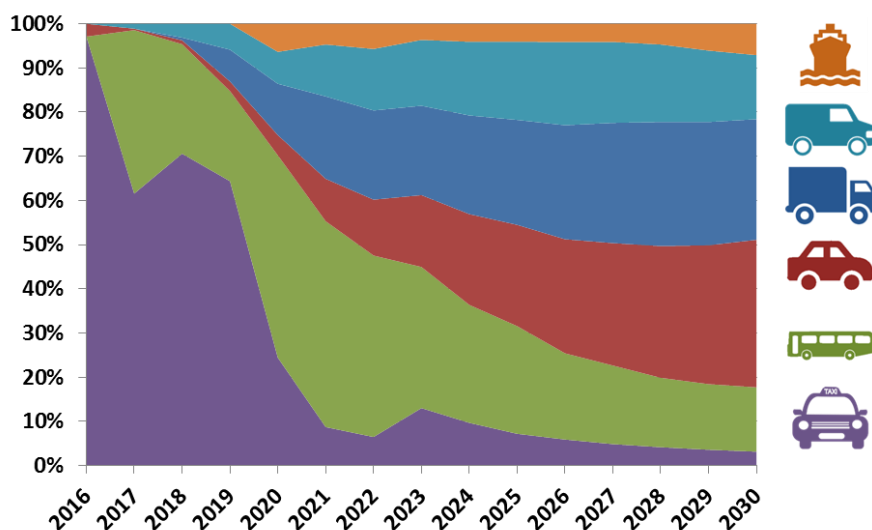
¹⁰ http://www.syslagronn.no/2015/10/16/syslagronn/startskudd-for-storskala-hydrogenproduksjon_64587/



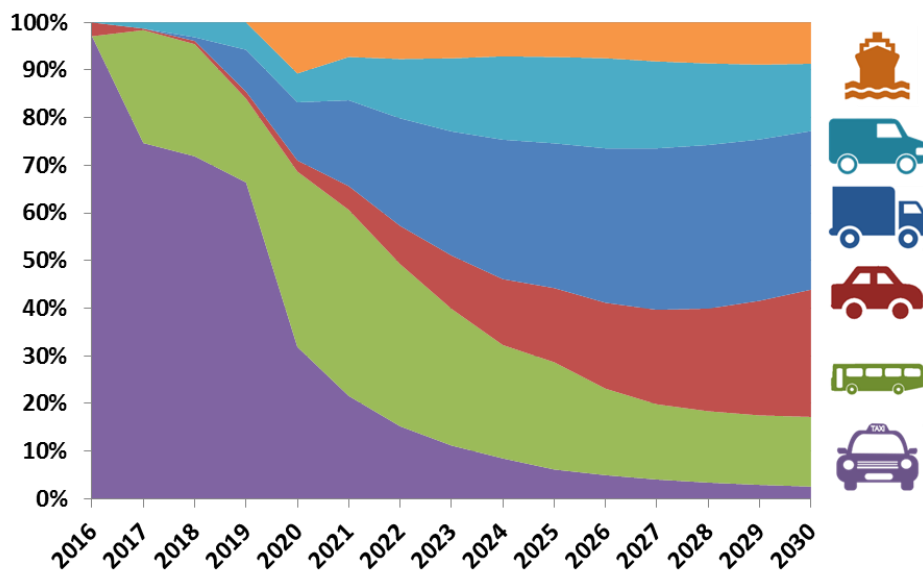
Figur 20. Relativt forbruk av hydrogen i de ulike transportsegmentene, lavt scenario. Totalt H2 forbruk i 2020: 171 tonn.

Medium og høyt scenario

I både medium og høyt scenario er det en klar satsing på flåtekjøretøy i perioden fram mot 2020. Dette viser seg tydelig i fordelingen i forbruket mellom de ulike transportsegmentene hvor taxiflåten vil kunne stå for over halvparten av det totale forbruket frem til 2020 og sammen med bussene stå for mer enn 80 % av det totale forbruket de neste fem årene.



Figur 21. Relativt forbruk av hydrogen i de ulike transportsegmentene, middels scenario. Totalt H2 forbruk i 2020: 2100 tonn.



Figur 22. Relativt forbruk av hydrogen i de ulike transportsegmentene, høyt scenario. Totalt H2 forbruk i 2020: 5000 tonn.

For middels og høyt scenario er det først i perioden etter 2020 at andre segmenter innen transport vil ta over som de største forbrukerne av hydrogen, og selv i 2030 vil personbilmarkedet ikke stå for mer enn rundt 30-40 % av det totale forbruket.

Potensialet for et initielt høyt hydrogenforbruk i flåtekjøretøy viser at det vil være mest hensiktsmessig å prioritere innføringen av hydrogen i disse segmentene i den første fasen av en planlagt innfasing av hydrogen i transportsektoren. Flåter har et høyt forbruk pr kjøretøy, er konsentrert til mindre områder og har en større forutsigbarhet i både antall og utskiftingstakt. Disse faktorene vil ha stor innvirkning på hvor mye de første hydrogenstasjonene blir brukt og disse kan derfor forventes å kunne ha en meget høy kapasitetsutnyttelse.

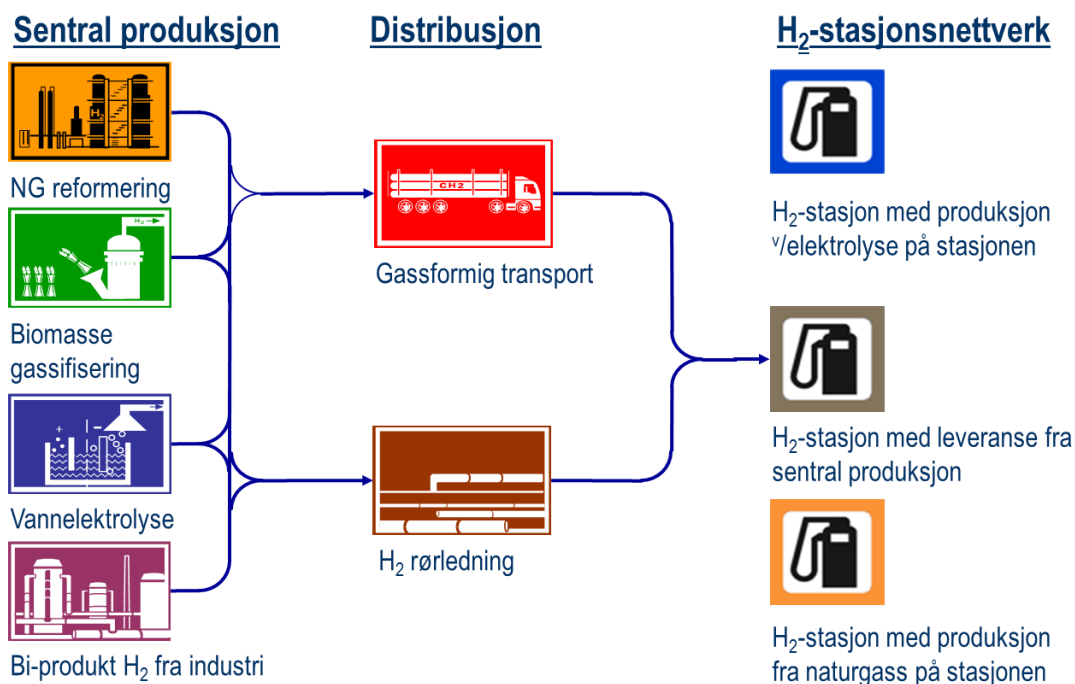
6 Infrastrukturens rolle – hydrogenstasjoner

Med økt behov for hydrogen øker naturligvis også behovet for hydrogenstasjoner. I dette kapitlet vil vi gå nærmere inn på infrastrukturens rolle i en hydrogensatsing, behov for kapasitet og økonomiske betraktninger rundt investering og drift. Utbygging av infrastruktur vil være spesielt viktig i en tidlig fase, for at Norge skal kunne fremstå som et attraktivt marked for internasjonale billeverandører. Kapitlet gir et underlag for drøftingen av virkemidler i kapittel 7.

6.1 Teknologiske løsninger og dagens infrastruktur

Teknologiene som anvendes i hydrogenstasjoner er velkjente. Komponenter som anvendes i dag er imidlertid av varierende modenhet, og det er et stort potensiale for kostnadsreduksjon i økt produksjon/antall enheter. Teknologien er ennå ikke problemfri. Erfaring viser at spesielt H₂-kompressoren ofte er utsatt for havari og denne er meget kostbar. Problemer med kompressorer er det som oftest har ført til driftsstans, også for stasjonene på Østlandet. De mest kjente leverandørene av hydrogenstasjoner er Air Liquide, Air Products, ITM, Linde, H2Logic, HyOP og Hydrogenics.

I våre beregninger av kostnader for infrastrukturen, har vi tatt utgangspunkt i at den bygges opp av stasjoner hvor hydrogen produseres på stasjonen v.h.a. vannelektrolyse. Alternativer til dette omfatter produksjon på stedet basert på foredling av naturgass eller biogass, men også tilkjørte flasker/tanker fra sentrale produksjonsanlegg. Sist, men ikke minst er hydrogen tilgjengelig som biprodukt i en del industrielle prosesser slik som f.eks. fra Rafnes. Her leveres hydrogen via rørledning under fjorden til Hyops hydrogenstasjon i Porsgrunn.



Figur 23. Alternativer fra energikilde til sluttbruk av hydrogen i transport ().

De ulike teknologiene har ulike fortrinn og ulemper og kostnadselementene varierer. Tilkjøring krever en logistikk som ikke er nødvendig ved elektrolyse som til gjengjeld krever el-kraft selve på stasjonen etc.

Denne studien har fokus på potensial og barrierer. Kostnadene for etablering og drift er en hovedutfordring, og med hensyn til kostnader synes ingen teknologi å være overlegen de andre. Hydrogenkostnaden avhenger av en rekke faktorer, så som tilgang og pris på energi (naturgass, biogass, elektrisitet), lokalisering av produksjonen (sentralt eller på stasjonen), samt produksjonsvolum. Det er også betydelig usikkerhet mht. framtidige kostnader for de ulike teknologiene. Rammene for denne studien tillater ikke evaluering av ulike teknologier og i våre beregninger av kostnader for infrastrukturen, har vi tatt utgangspunkt i at hydrogen produseres på stasjonen v.h.a. vannelektrolyse. Med et godt utbygget elektrisitetsnett antas dette å være en akseptabel forenkling.



Figur 24. Utvalg av hydrogenstasjoner fra ulike leverandører.

I 2013 fantes det 224 fungerende hydrogenstasjoner i verden. Mens 43 % av disse lå i Nord- og Sør-Amerika (primært USA) og 23 % var i Asia (primært Japan og Sør-Korea), lå 34 % i Europa (Alazemi and Andrews 2015). Spesielt Tyskland, men også land som Storbritannia og Danmark ligger langt fremme. Flere land har lagt planer for utbygging av infrastruktur, listen over de som har kommet lengst er dominert av land med tung bilindustri. I løpet av de neste 5-10 år er det planer om å bygge ut et nettverk med flere hundre hydrogenstasjoner i land som Japan, Sør-Korea, Tyskland, Storbritannia, USA/California og Danmark.

I Norge eksisterer det per nå fem hydrogenstasjoner for biler (inkludert den i Porsgrunn) og en for busser (Rosenholm). Ambisjonen i Oslo og Akershus sin hydrogenstrategi (Akershus fylkeskommune (2014)) er at kapasiteten ved de eksisterende stasjonene må økes, samtidig som det etableres nye stasjoner for biler i den første fasen. Aktuelle lokasjoner ved siden av Gardermoen er Økern, Furuset, Nedre Romerike og Ring 3. Innen 2025 antas det å være rom for ti bilstasjoner og tre buss/bilstasjoner med en bærekraftig økonomi i følge strategien.

6.2 Kapasitet og kostnader

6.2.1 Infrastruktur – antall stasjoner

For at hydrogen og hydrogenbiler skal framstå som et attraktivt alternativ må det være et minimum av hydrogenstasjoner i hver byregion for å sikre tilgang på drivstoff. I en tidlig fase må man regne at det kan oppstå tekniske problemer ved noen stasjoner. Det kan avhjelpest ved å bygge flere stasjoner og redundante systemer (systemer med to separate leveringslinjer), men dette har naturligvis en ekstra kostnad. Det må også være mulig for eiere av hydrogenkjøretøy å fylle uten å måtte kjøre lange omveier¹¹. Poenget er å gi brukerne sikkerhet for en stabil og økende tilgjengelighet på drivstoff. At utbyggingen av kapasitet i infrastrukturen må ligge i "forkant" av den faktiske etterspørselen synes å være en alminnelig erkjennelse, nasjonalt og internasjonalt (Ogden og Nicholas (2011), Qin m.fl. (2014), IEA (2015) og Ogden m.fl. (2014)).

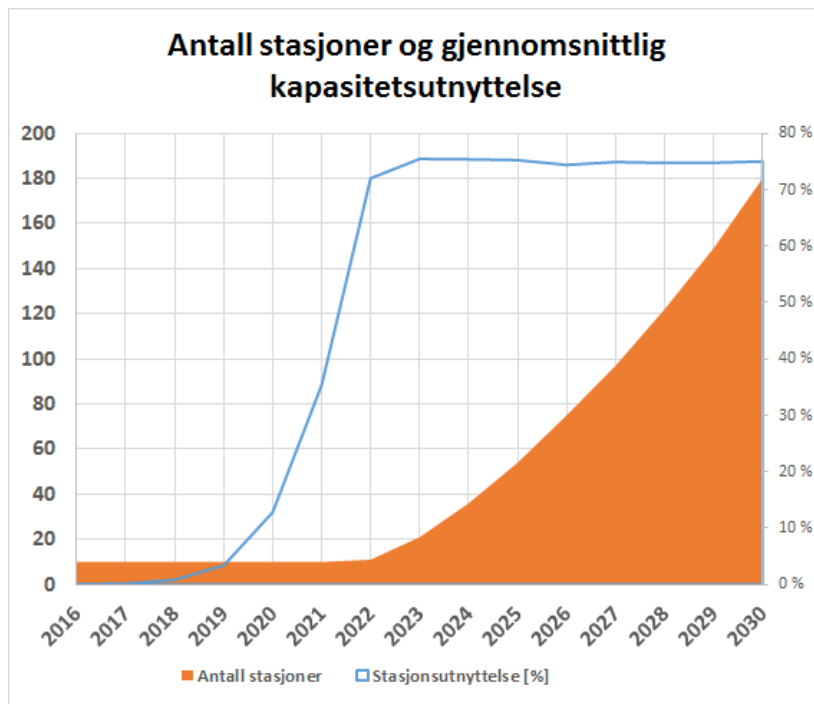
I det følgende konsentrerer vi oss om infrastruktur for personbilmarkedet. Hydrogenstasjoner for busser og kjøretøyflåter for distribusjon av varer eller distribuert tjenesteyting (som kommunal hjemmehjelp) er ikke spesifikt omhandlet. Sammenliknet med utviklingen i personbilmarkedet, skjer utviklingen i disse andre transportsegmentene i større grad som en følge av politiske beslutninger og sentraliserte beslutninger i foretak. Det er også helt andre kostnader for drivstoff til flåter, da produksjonen kan foregå på ett eller et lite knippe utvalgte lokasjoner, produksjonsvolumet kan tilpasses behovet, og stasjonenes kapasitet kan være langt høyere enn det man kan forvente i en tidlig fase for personbiler.

Antallet hydrogenstasjoner som trengs for å levere drivstoff til personbilene rapportert i det realistiske scenariet i kapittel 4 er (svært forenklet) estimert under følgende forutsetninger:

- Stasjonene har en kapasitet på 250 kg H₂/dag (tilsvarende opptanking av 50 – 80 biler/dag)
- En ny stasjon etableres når en utnyttelsesgrad på 75 % er nådd for eksisterende stasjoner
- Hydrogenbilenes årlige kjørelengde er 15 000 km og forbruket er 1 kg H₂ / 100 km

Resultatene for de 4 norske storbyene, i form av et slikt forenklet estimat, viser at det vil være behov for 180 hydrogenstasjoner i 2030 som vist i Figur 25. Omlag 110 av disse forventes å kunne dekke behovet for drivstoff i Oslo og Akershus. Det totale antallet bensinstasjoner i Oslo og Akershus er i dag 216 (hhv 77 og 139). Hydrogen på omlag annenhver av de eksisterende bensinstasjonene er m.a.o. tilstrekkelig i 2030.

¹¹ En studie av De Vlieger m.fl. (2000) indikerer at brukerne kan akseptere å kjøre inntil 4 km ekstra for å fylle



Figur 25. Behovet for hydrogenstasjoner i de 4 norske storbyene fram mot 2030 (venstre akse) og utnyttelsesgrad av disse (høyre akse) for det realistiske scenariet for personbiler.

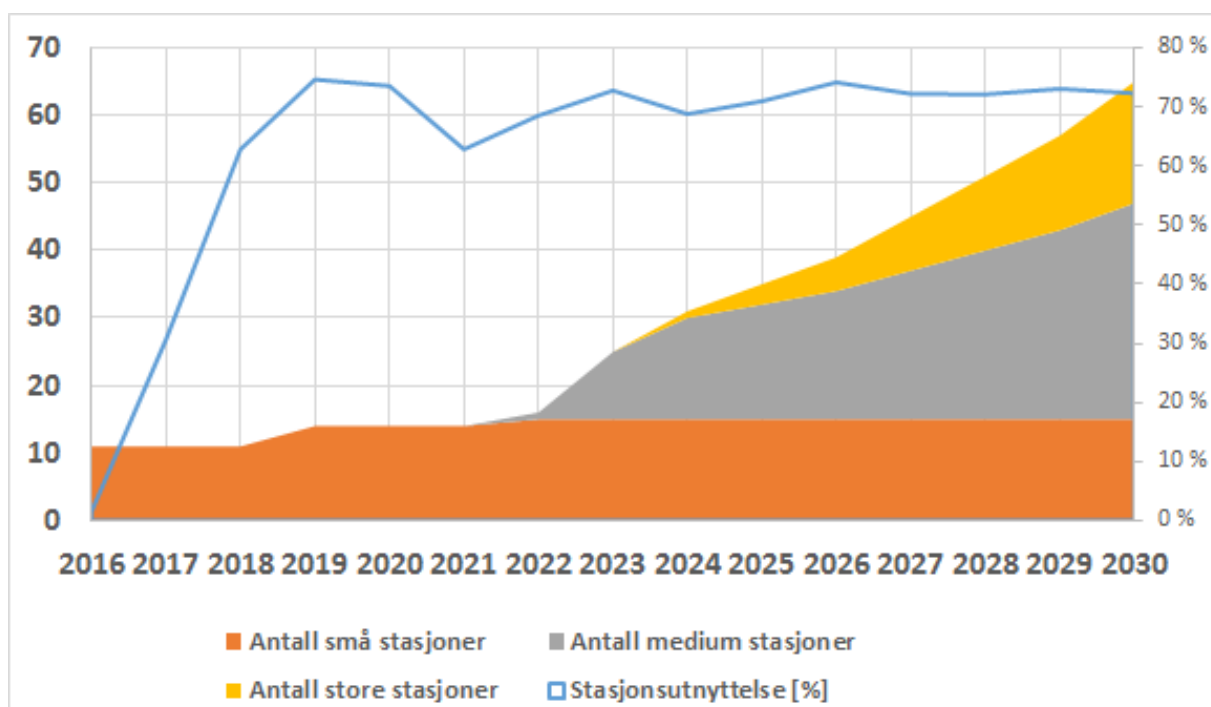
I oppstartsfasen er det særskilt viktig å ha en minste-dekning av stasjoner i storbyene. Det er ivare tatt ved at det er lagt til 10 stasjoner som et utgangspunkt. Dette er ikke tilstrekkelig til å bygge en start-infrastruktur i alle fire byene. Implisitt ligger det således en tanke om at utviklingen vil ha noe ulik hastighet i de ulike byene. 10 stasjoner vil være mye om de konsentreres i Oslo og Akershus og klart i underkant om utviklingen skal gå parallelt fra starten av i tre byer. Med for eksempel 6-8 stasjoner i Oslo og Akershus vil det være tilstrekkelig også til å gi en akseptabel geografisk dekning for å betjene taxi-næringen. Starter man ut med å bygge 10 stasjoner, ser vi det vil være betydelig kapasitet tilgjengelig som kan utnyttes av andre brukere bl.a. taxier. Fortsatt vil det være mye ledig kapasitet. Eksempelvis gir det rom for at offentlige myndigheter, som antas å være sentrale i oppbyggingen av infrastrukturen, samtidig kan inkludere hydrogenkjøretøy i egne kjøretøyflåter, få en god anvendelse av kjøretøyene og bidra til at hydrogen blir tatt i bruk.

Figuren indikerer en pause i stasjonsbyggingen fra den aller første fasen med 10 stasjoner og fram til ca 2022. Det beror på en forenklet teknisk forutsetning om at det bygges nye stasjoner først når utnyttelsen av stasjonskapasiteten i snitt er kommet opp på 75 %. Det virker rimelig å forutsette at det også må bygges stasjoner i perioden 2018 – 2022 for å oppnå økt geografisk dekning: Dette innebærer at utbyggingen forses noe i forhold til det som figuren viser.

Det er et poeng å knytte hydrogenbyene sammen ved å etablere hydrogenkorridorer langs hovedveiene og også å knytte forbindelsen sørover mot Sverige og dermed videre til Danmark og kontinentet. Slik oppnår en noe av den fleksibilitet som fossildrevne kjøretøy tilbyr og som er nødvendig for at brukerne ikke skal bli "innestengt" i geografiske avgrensede "lommer". En slik utbygging kan dessuten bidra til et bedre fungerende annenhåndsmarked for hydrogenkjøretøy og gi

kjøperne avlastning mot risikoen for å bli sittende igjen med en bil som er vanskelig å selge.¹² Bygging av korridorer understøtter salg av privatbiler og synes mindre kritisk med hensyn til taxi-næringen og kjøretøyflåter for lokal varedistribusjon eller distribuert tjenesteyting. Antall stasjoner for korridorbygging beror på ambisjonene, men 6-8 stasjoner synes å være et minimum for Sør-Norge. Med det dobbelte antallet kan man til en viss grad etablere starten på et (grovmasket) nettverk.

Til grunn for resultatet vist i Figur 25, er det forutsatt kun en type hydrogenstasjon. Større stasjoner vil være aktuelle på sikt. Det gir skalafordeler og reduserer behovet for å finne egnede lokasjoner. Begge deler vil bidra til en mer kostnadseffektiv utbygging og til bedre lønnsomhet. I Figur 26 har vi illustrert en mulig utvikling. Her er det skilt mellom små stasjoner (250 kg/d), mellomstore (600kg/d) og store (1500 kg/d). I denne figuren er dessuten taxier inkludert. Som påpekt ovenfor vil det være god kapasitet i infrastrukturen de første årene – hvilket gir rom for andre brukere.



Figur 26. Behovet for hydrogenstasjoner i de 4 norske storbyene fram mot 2030 (venstre akse) og utnyttelsesgrad av disse (høyre akse) for privatbiler og taxier. Utvikling mot større stasjoner

6.2.2 Kostnader og lønnsomhet per stasjon

En rapport fra IEA (2015) sammenfatter spørsmålet om kostnader og lønnsomhet for hydrogen på denne måten:

¹² Fritak fra avgifter ved kjøp av hydrogenkjøretøy vil også bidra på denne måten, ved at kjøretøyene eventuelt kan brukteksporteres til andre markeder uten tap knyttet til slike avgifter.

Most hydrogen and fuel cell technologies are still in the early stages of commercialisation and currently struggle to compete with alternative technologies, including other low-carbon options, due to high costs.

Høye kostnader og manglende lønnsomhet har sammenheng med høye investerings og driftskostnader på stasjonene, men også at stasjonenes kapasitet blir dårlig utnyttet (Qin m.fl. (2014), Pratt m.fl. (2015)), hvilket enkelt kan forklares med at det enda er få hydrogenbiler på veiene. Eksisterende hydrogenstasjoner i Norge er etablert gjennom forsknings- og demonstrasjonsprosjekter. Det er brukt ulike teknologier og gjennomgående tilbyr stasjonene svært begrenset fyllkapasitet, typisk noen titalls kilo per døgn, tilsvarende opptanking av 5-10 biler/døgn. Uavhengig av teknologisk løsning medfører små anlegg høye investerings- og driftskostnader sett i forhold til kapasitet. Det resulterer i at gjennomsnittskostnadene per kg hydrogen levert til sluttkunde i dag ligger langt over prisen kundene betaler eller forventes å være villige til å betale. Dette er i all hovedsak også bildet internasjonalt.

Samtidig er det slik at kostnadsnivået for dagens små stasjoner på ingen måte speiler hva man forventer kostnadene vil være i framtida. Kostnaden for stasjoner og kostnaden per kilo hydrogen levert, vil falle ved at komponentene blir billigere, stasjonene standardiseres samtidig som større og flere stasjoner gir skalafordeler (Qin m.fl. (2014)).

Forutsetninger

Det er utviklet flere kalkulatorer som estimerer investeringskostnad for framtidige stasjonskonsepter, også for stasjoner med elektrolyser. Qin m.fl. (2014) oppsummerer noen resultater samt empiri fra USA. Prediksjonene indikerer kostnader på omlag 5000 USD per kg/døgn og opp til det doble¹³. Dette gjelder kostnader i såkalt tidlig kommersiell fase som følger etter den fasen man har vært inne i med få stasjoner etablert i demonstrasjonsprosjekter osv. Melaina og Penevs (2013) presenterer kostnadsprediksjoner¹⁴ som indikerer at kostnadene vil kunne reduseres fra ca. 6000 \$ per kg/døgn i tidlig kommersiell fase omkring 2015 til ca. 3 300 \$ på noen års sikt samtidig som stasjonskapasiteten antas å øke fra 450 kg/døgn til 1500 kg/døgn. Faktiske nyere installasjoner i California rapportert av Qin m.fl. (2014) har dog mye lavere kapasiteter og vesentlig høyere kapasitetskostnader. Noen få nyere stasjons-etableringer i Europa i 2015 med kapasitet under 100kg/døgn har kapasitetskostnader på over 17 000 \$ per kg/døgn. Såpass høye kostnader indikerer at man ikke har høstet læringseffekter i det tempo som f.eks. antatt i Melaina og Penevs (2013) og at man fortsatt er i det man kan kalle en demonstrasjonsfase.

Det svært sannsynlig at kostnadene vil falle. De store markedene for stasjonsutbygging i Europa synes å bli Danmark og Tyskland og dess raskere utbyggingen skjer i disse markedene, dess raskere kan man forvente å høste læringseffekter og skalaeffekter. Norge som var tidlig ute (med den første stasjonen i 2006 i Stavanger) ligger nå noe etter i utviklingen og kan forvente å dra nytte av ikke å

¹³ H2A-modellen utviklet av US Department of Energy, indikerer en kostnad for slike stasjoner på om lag 5000\$ per kg/døgn for kapasiteter mellom 500 kg/døgn og 1000 kg/døgn. Estimerer basert på arbeid ved University of California, Davies (UCD) indikerer dobbelt så høye kostnader.

¹⁴ Basert på Hydrogen Station Cost Calculation (HSCC)

"dra lasset". Vi har av den grunn forutsatt at stasjonskostnadene er i samsvar med prediksjonene referert ovenfor.

Det er således forutsatt at investeringene for en "standard" hydrogenstasjon med kapasitet 250 kg/døgn er lik 11 mill. kr. Det tilsvarer 44 000 kr per kg/døgn. Ut fra dagens situasjon, og med tanke på at de første stasjonene er tenkt etablert i løpet av kort tid, er dette klart i den optimistiske "enden" av skalaen, men det synes å være et mer nøkternt anslag for stasjoner som bygges rundt år 2020 og det synes kanskje å ligge mot den konservative siden for årene 2025-2030.¹⁵

Ønsker man å bygge stasjoner umiddelbart kan kostnaden for en "standard" stasjon (250 kg/døgn) være den doble av hva som er forutsatt. Dette bygger på observerte kostnader for nylig bygde stasjoner (under 100 kg/døgn). Kostnader som antatt overfor, krever at man faktisk høster betydelige læringseffekter på forholdsvis kort sikt (noen år) gjennom utbygginger som allerede er planlagt internasjonalt. Det er også slik at hydrogenstasjoner typisk bestilles og bygges en og en og at en anbudskonkurranse på et antall stasjoner vil kunne bidra til betydelige kostnadsbesparelser.

Faste drifts- og vedlikeholdskostnader antas å være proporsjonale med investeringene. Ogden og Nicholas (2012) gir et anslag på 7-10 % for stasjoner med elektrolyser hvor det laveste anslaget gjelder for stasjoner med døgnkapasitet over 250 kg. Vi antar at totale faste drifts- og vedlikeholdskostnader for en "standard" hydrogenstasjon i Norge er lik 1 mill. kr per år. Også dette anslaget er usikkert, men kan rom for en tomteleie i størrelsesorden kr 0 - 200 000.¹⁶

Variable kostnader påløper kun når det produseres hydrogen på stasjonen. For en stasjon med elektrolyser er de variable kostnadene i hovedsak bestemt av kraftprisen og er antatt å utgjøre 80 % når strømprisen er 50 øre/kWh. Med et kraftforbruk på 55 kWh per kilo hydrogen blir de variable kostnadene lik 34 kr/kg.¹⁷ Med dagens nivå på kraftprisene vil de variable kostnadene være lavere. I Norge har aktørene¹⁸ siden 2011 satt salgsprisen for hydrogen slik at man har oppnådd paritet mellom drivstoffkostnadene per kjørte km for en hydrogenbil og en bil drevet med fossilt drivstoff. En gjennomsnittlig bil bruker omlag 0,6 liter bensin per mil, og med en bensinpris på 15 kr/liter blir kostnaden per km 90 øre. En hydrogenbil kjører 100 km per kg hydrogen, og pumpeprisen ble dermed satt til 90 kr/kg eller 72 kr/kg eks moms.

¹⁵ Melaina and Penev (2013) omtaler perioden 2014-2016 som et tidsrom hvor det antas å etableres "Early Commercial stations" med kapasitet på 450 kg/døgn og kapasitetskostnad på noe over 6000 USD per kg/døgn. Hensyn tatt til at vår "standard" stasjon er noe mindre vil kostnaden i følge Melaina og Penev ligge rett i underkant av 7 500 USD per kg/døgn. Ser man noen år framover, predikeres kapasitetskostnaden for en slik stasjon å falle mot 6000 USD og videre ettersom markedet modnes, helt ned til 4000 USD per kg/døgn. Dette synes å være i samsvar med resultatene fra andres arbeider som presenteres og drøftes av Melaina og Penev .

¹⁶ ZERO (2014) estimerer tomteleie til mellom to og fire hundre tusen kr, mens det er anslått til 130 000 \$ uavhengig av teknologi og kapasitet for Los Angeles-området (Qin m.fl.(2013))

¹⁷ Hydrogenics reklamerer med at deres elektrolysestasjoner er energieffektive og oppgir 68 kWh per kilo hydrogen (700 bar), se Hydrogenics (2013).

¹⁸ Leverandør av hydrogenstasjonen til H2movesScandinavia-prosjektet, H2Logic, ble i samråd med stedlig koordinator for prosjektet, SINTEF, enige om at man skulle benyttet en hydrogenpris som ga samme km-kostnad for sluttbruker av hydrogenbiler som for en gjennomsnittlig bil med bensin som drivstoff.

For eieren av hydrogenstasjonen, er det differansen mellom salgspris og variable kostnader, korrigert for avgifter osv. som gir bidraget til å dekke investeringer og faste driftskostnader. Framfor å angi variable kostnader, pumpepris osv. gjør vi en antakelse om nettoen, dvs. dekningsbidraget til stasjonseieren er 40kr/kg.

Levetiden for stasjonen er antatt å være 15 år. På den ene siden er mange komponenter i dagens mindre hydrogenstasjoner moden teknologi, hvilket tilsier at 15 år levetiden er en forsiktig forutsetning. På den annen side har teknologien forbedringspotensial og det utvikles nye konsepter og større stasjoner med kapasitet over 250 kg/døgn (Qin m.fl. (2014)) hvilket drar i motsatt retning.

For beregningsformål benytter vi et avkastningskrav på 10 % per år.

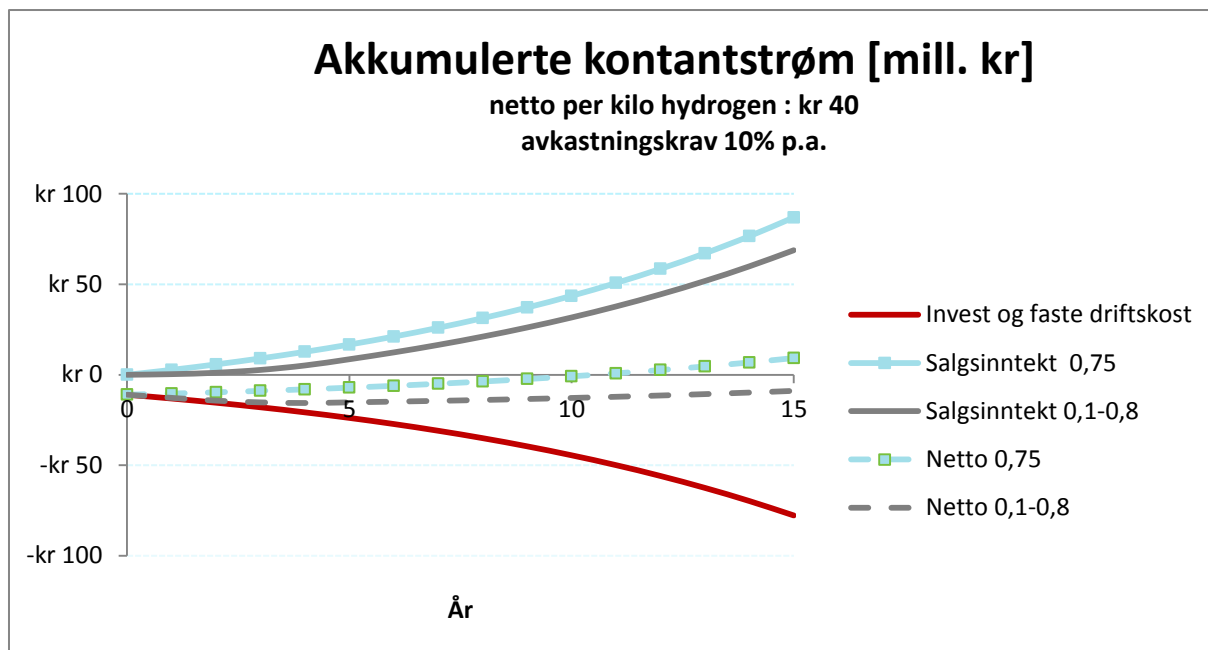
6.3 Lønnsomhet – noen illustrasjoner

Lønnsomhetsvurderingene tar utgangspunkt i enkle stilistiske modeller som bygger på forutsetningene i foregående avsnitt og som gir grunnlag for å beregne kontantstrømmer, tilbakebetalingstid og nåverdier.

Uten noe salg overhodet vil investeringer og faste driftsutgifter summere seg til 36 mill. kr. over 15 år. Tas det hensyn til avkastningskravet gir det en negativ nåverdi på 18 millioner. Den akkumulerte verdien av dette, hensyn tatt til avkastningskravet er vist i figur Figur 27 med rød strek.¹⁹ Dersom salget av hydrogen gjennom hele perioden på 15 år utgjør 75 % av kapasiteten og hver kilo gir et dekningsbidrag på kr 40, vil det generere et årlig dekningsbidrag på 2,7 mill. kr. Det bidrar til at stasjonen ved utløpet av femtenårsperioden har et akkumulert overskudd på noe over ni millioner kr, hvilket tilsvarer en nåverdi på 2,2 millioner kr. Stasjonen når break-even først etter ca. 10,5 år. Akkumulert dekningsbidrag og akkumulert kontantstrøm framgår også av Figur 27 og er angitt som *Dekningsbidrag 0,75* og *Netto 0,75* hvor 0,75 indikerer salget som andel av kapasiteten.

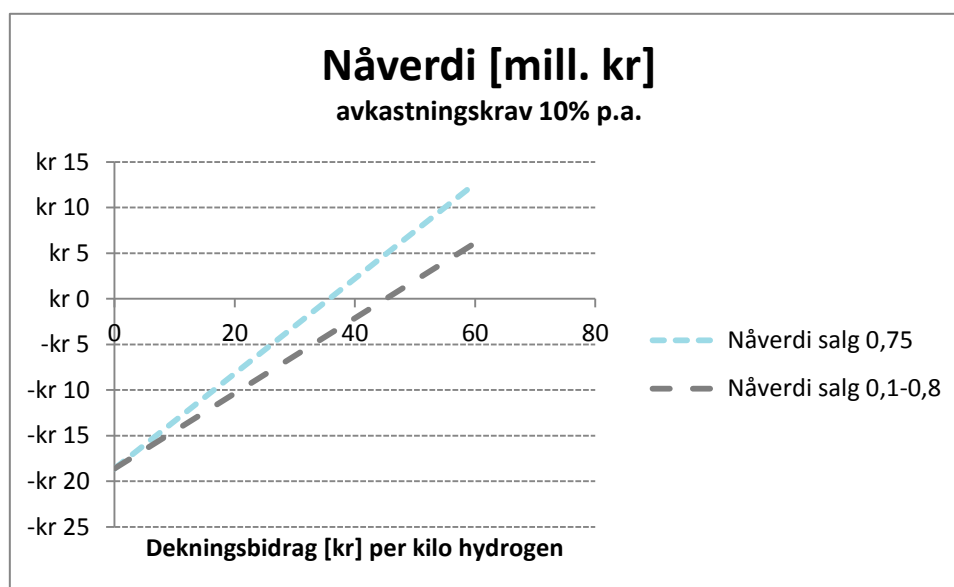
Et alternativt salgsscenario er at stasjonen selger så lite som 10 % av kapasiteten det første året, deretter 20 %, 40 %, 60 % og så mye som 80 % hvert av de siste 11 årene. Med de samme forutsetningene som ovenfor, gir dette scenariet et akkumulert diskontert underskudd etter 15 år på nær 9 millioner kr. eller en nåverdi på minus 2,1 millioner. Dette salgsscenarioet med en gradvis økende utnyttelse av kapasiteten illustrerer effekten av at kapasiteten i infrastrukturen bygges opp i forkant av forbruket og at det gir en svak kapasitetsutnyttelse over noen år. Det kan samtidig illustrere risikoen ved å etablere en stasjon i et område med begrenset etterspørsel også i en senere fase av infrastrukturutbyggingen. Også dette scenariet er illustrert i Figur 27 og markert 0,1-0,8 hvilket indikerer den gradvise økende kapasitetsutnyttelsen.

¹⁹ 18 mill. kr. i nåverdi tilsvarer ca 77 mill kr i sluttverdi.



Figur 27. Akkumulerte utgifter og inntekter for en hydrogenstasjon på 250 kg/døgn over 15 år.

Økonomien for en hydrogenstasjon er kritisk avhengig av dekningsbidraget per kilo hydrogen solgt. Med et jevnt stabilt salg tilsvarende 75 % av kapasiteten er break-even-dekningsbidrag lik kr 25. Dersom salget starter på 10 % av kapasiteten og bygger seg opp som nevnt over, er break-even dekningsbidrag kr 28. Da er det ikke tatt hensyn til noen avkastning av investeringen. Med krav til avkastning på 10 % per år kreves dekningsbidrag på hhv kr 36 og kr 45. Dette er dekningsbidrag som gir nåverdi lik null og break-even oppnås på "siste dag" av levetiden på 15år. Hvordan nåverdier avhenger av dekningsbidraget er vist i Figur 28.



Figur 28. Nåverdi som funksjon av dekningsbidrag

Er dekningsbidraget for hydrogen 30 kr per kilo vil nåverdien for det mest gunstige salgscenariet være minus tre millioner. Positiv nåverdi er mulig dersom investeringskostnaden for stasjonen reduseres tilsvarende, dvs. fra 11 mill. kr til 9 mill. kr. Det er forutsatt en levetid på 15 år for hydrogenstasjoner i denne studien. Det er bygget få slike stasjoner med en kapasitet på 250 kg/døgn eller større.

Driftserfaringene fra de mindre stasjonene som har vært operative noen år har vært noe blandet. Mye av teknologien er moden samtidig som en kan forvente videre utvikling av noen viktige komponenter. I et slikt lys mener vi at antakelse om 15 års levetid er realistisk. Samtidig viser eksemplene at tilbakebetalingstiden er omlag 10 år selv under forholdsvis gunstige forutsetninger med en netto på kr 40 per kilo. Vi vil hevde at 10 år er i overkant lang tid for en investor om investeringen ikke gir andre positive effekter og inntekter. Dog skal det nevnes at et lavere avkastningskrav gir et bedre bilde av økonomien for en stasjon. Økt levetid vil bidra til at beregnet nåverdi øker, men endrer ikke tilbakebetalingstiden. Dette illustrerer at lønnsomheten på stasjonssiden er utfordrende de første 10 årene. Dersom man går ut fra at dekningsbidraget ikke vil overskride 40 kr per kilo, bør investeringskostnaden ned og kapasitetsutnyttelsen opp.

En stasjon med kapasitet 250 kg per døgn, slik som brukt i beregningseksemplene over, betegnes som middels stor. Stasjoner som har vært brukt i demonstrasjonsformål har som nevnt hatt til dels betydelig mindre kapasitet. Uten at vi går detaljert inn i kostnadene for mindre stasjoner, er det all grunn til å anta at mindre stasjoner er enda mer utfordrende med tanke på lønnsom drift (Qin m.fl. (2014)), mens større stasjoner på 500 og opp til 1500 kg/døgn – vil ha et større potensiale grunnet skalafordeler.²⁰ Slike stasjoner vil kunne dekke behovet for 100-500 opptankinger av personbiler per døgn, og må for de største volumene ha flere påfyllingsstusser.

6.4 Behov for støtte til etablering og drift på av hydrogenstasjoner

Analysen i foregående avsnitt indikerer at investeringer og drift av hydrogenstasjoner vil være økonomisk krevende gjennom mange år. Behovet for å etablere stasjoner slik at kjøpere av biler er sikre på å ha tilgang på drivstoff over et visst geografisk område, medfører at tilbudet, dvs. den samlede kapasiteten, i en innledende fase må være høyere enn det samlede behovet.

Begrenset salg per stasjon i en introduksjons- og oppbyggingsfase medfører beskjedne salgsinntekter. Utsiktene til overskudd og inntjening av investeringene synes dermed dårlige de første årene. Både egne eksempler ovenfor og tidligere publiserte analyser (e.g. Ammermann m.fl., (2013), Pratt m.fl. (2015)) viser tilbakebetalingstid opp mot 10-15 år. Det framstår også som usikkert hva som skjer på noe lengre sikt – jfr begrepet "Valley of Death". Framskritt innen og forventninger til batteriteknologi og ladeteknologi kan f.eks bidra til at hydrogen blir mer "tungsolgt" enn antatt. Dessuten, om hydrogen vinner fram og blir tilgjengelig i et kommersielt marked, vil konkurransen mellom tilbyderne begrense inntekspotensialet. Det innebærer at aktører som investerer tidlig, vil

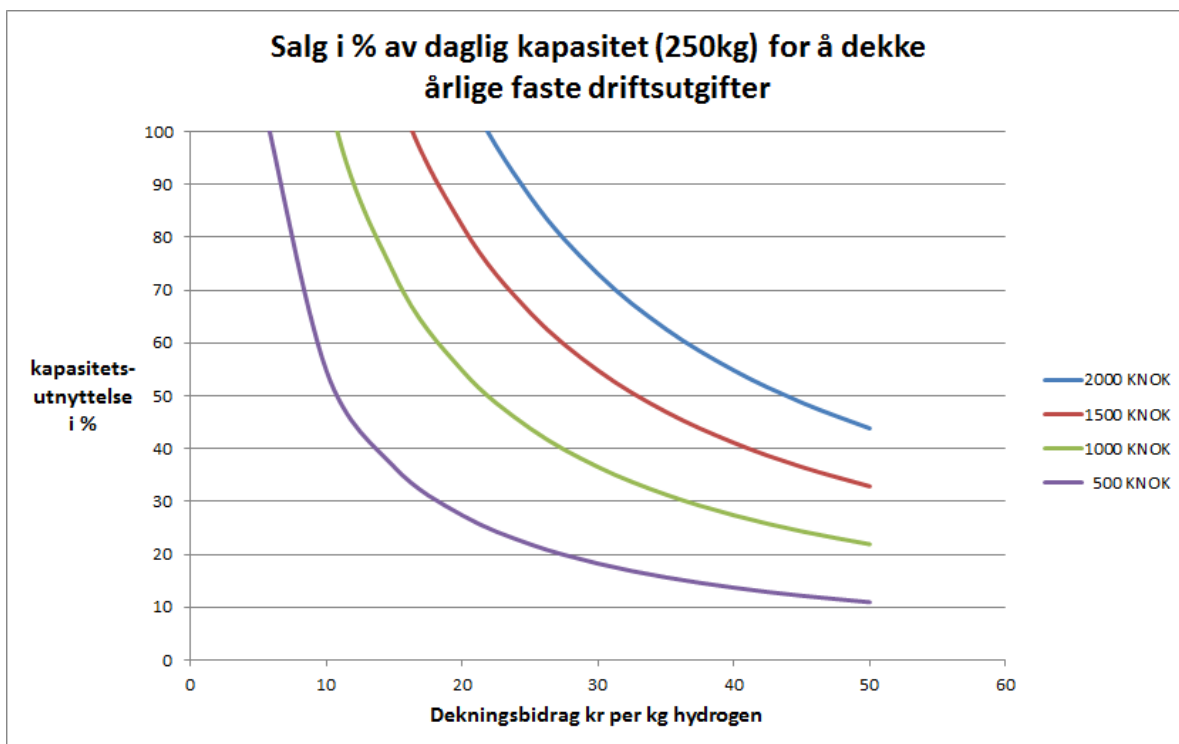
²⁰ I følge Melaina and Penev (2013) vil en dobling av stasjonskapasiteten øke kapitalkostnadene med omlag 60%.

være offer for såkalt "first mover disadvantage" og kan ikke forvente å tjene inn underskudd fra introduksjonsfasen ettersom markedet blir modent.

Både beskjedne inntjeningsmuligheter i innkjøringsfasen og usikkerhet på lengre sikt, gjør det påkrevet med støtteordninger for å sikre investeringer og drift av hydrogenstasjonene. Dette ser en rådende oppfatning nasjonalt og internasjonalt (Akershus fylkeskommune (2014), IEA (2015), Pratt (2015), ARB (2015)). Forpliktende offentlige langsiktige støtteordninger for hydrogenstasjoner, vil bedre økonomien på den enkelte stasjon. Slike ordninger vil bidra til en oppbygging av hydrogeninfrastrukturen og derigjennom i seg selv redusere usikkerheten knyttet til om og når hydrogen som drivstoff vil slå gjennom som et kommersielt drivstoff.

Et spørsmål er om det er et behov for støtte både til etablering og til drift og om balansen mellom de to støtteelementene. Behovet for driftsstøtte vil være tilstede om man forventer at de faste utgiftene til driften er større enn dekningsbidraget fra hydrogensalget. Behovet for støtte vil selvsagt være større om det er forventet at underskudd på driften blir vedvarende enn om det dreier seg om en begrenset periode. Forventet størrelse på driftsunderskuddet er selvsagt også viktig for støttebehovet.

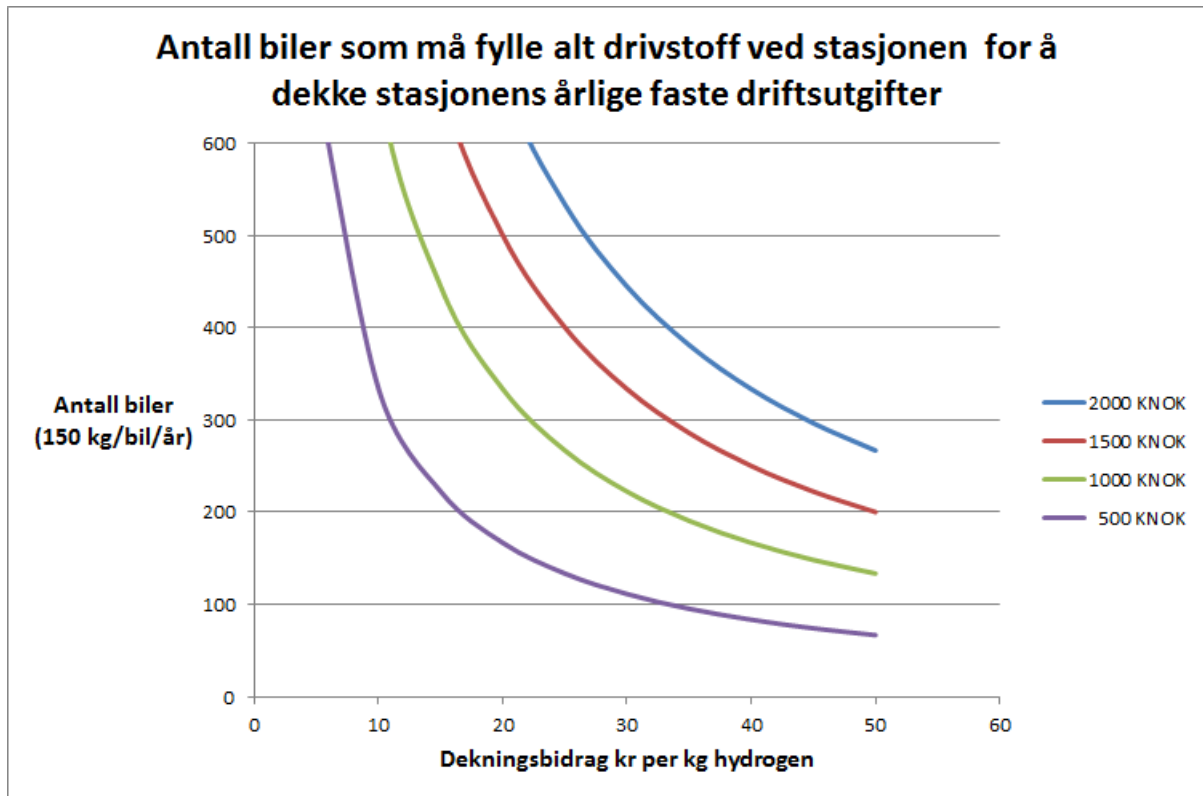
Vårt beregningseksempel er basert på faste årlige driftskostnader lik 1 mill. kr. Dersom dekningsbidraget per kg hydrogen er så høyt som 40 kr, er det tilstrekkelig å selge 25 tonn hydrogen per år for at driften går i pluss. Salget utgjør da 27 % av stasjonens kapasitet. Dersom dekningsbidraget er 20 kr per kg, må salget dobles til 54 % av kapasiteten. Kravet til kapasitetsutnyttelse er vist i Figur 28. De årlige, faste driftsutgiftene er usikre og figuren viser kravet til kapasitetsutnyttelse ved ulike nivå på de faste årlige utgiftene.



Figur 29. Nødvendig salg for inndekning av faste årlige driftsutgifter på ½ til 2 mill kr.

I Figur 29 har vi regnet om kapasitetsutnyttelsen til antall biler som må få alt sitt drivstoff fra stasjonen for at man skal få balanse i driften av stasjonen. Det er forutsatt at en bil har en årlig kjøredistanse på 15 000 km og at forbruket er 1 kg hydrogen per 100 km, altså 150 kg/år. Med tidligere brukte forutsetninger og et dekningsbidrag på 40 kr må stasjonen betjene ca. 170 biler. Med et dekningsbidrag på 20 kr per kilo, må vi opp i ca. 340 biler per stasjon. Med en fylling med 3 kg per uke i snitt (tilsvarende 300 km), er det således tilstrekkelig med så lite som 3-7 fyllinger per dag per stasjon avhengig av nivået på dekningsbidraget. Samtidig viser beregningene i kapittel 4 at det vil ta 5-6 år før en kan forvente å få 340 biler rullende på veiene i Oslo. Det lave antallet biler bidrar således til at det ikke neppe blir noe driftsoverskudd før rundt 2025 hvis man kun baserer seg på at hydrogen benyttes i personbilssegmentet. Det aksentuerer behovet for støtte til driften av hydrogenstasjonene over en årrekke.

Hvis man derimot satser på flåtekjøretøy, så som taxier, busser og distribusjonsbiler for varer, vil økonomien kunne bli mye bedre ved at man oppnår høy utnyttelse av hydrogenstasjonene allerede om få år. Hvis hydrogenstasjoner etablert for taxiflåter (700 bar) kan gjøres tilgjengelig for personbilssegmentet, eller tilsvarende stasjoner for busser (350 bar) kan benyttes av varedistribusjonsbiler, vil en kunne sikre tilgang en rask innfasing i flere segmenter av transport parallelt.



Figur 30. Antall biler per stasjon for å oppnå balanse i driften

Fritak fra el-avgift, eventuelt en reduksjon av el-avgiften på kraftforbruket på hydrogenstasjonen vil bedre dekningsbidraget. En reduksjon på et øre vil bedre dekningsbidraget med mellom 55 og 70 øre per kilo hydrogen levert avhengig av faktisk forbruk per kilo hydrogen produsert. Fullt fritak fra el-avgiften på 14,15 øre per kWh²¹ vil bety 8-10 kr per kilo hydrogen og vil bidra til å "tippe" driften over i et mer robust spor.

6.4.1 Behovet i ulike faser

Drøftingen i foregående avsnitt omkring lønnsomhet på etablering og drift av hydrogenstasjoner har tatt utgangspunkt i en "standard"- stasjon med kapasitet lik 250 kg/døgn og en kapasitetskostnad på kr 44 000 per kg/døgn. Med henvisning til litteraturen synes en slik kapasitetskostnad å være et nøkternt estimat for en etablering av omkring år 2020. Drøftingen indikerer at selv med 75 % kapasitetsutnyttelse, vil tilbakebetalingstida være opp mot 10 år. Som påpekt aksentuerer det tiltak som enten øker inntektene eller reduserer kostnadene, som ulike former for investeringsstøtte, driftstøtte, avgiftsfritak eller likende.

²¹ 1. Juli 2015

For tida etter 2020-2025 synes behovet for støtte å reduseres gradvis, om ikke falle helt bort. Det er imidlertid avhengig av teknologisk og markedsmessig utvikling; at man høster de predikerte læringseffekter og skalafordeler som forventes bl.a. som en følge av utbygging i andre land. Vi har tidligere omtalt dette som en usikkerhet i betydningen nedside, men heri ligger også en potensiell oppside som Norge kan bidra til gjennom å satse på bygging av hydrogen-infrastrukturen.

Når det gjelder den nære framtid er bildet entydig. Støtteordninger må på plass og i et større omfang per stasjon enn drøftingen i foregående avsnitt har illustrert. Å bygge hydrogenstasjoner de første par – tre årene fra nå, vil medføre betydelig mer ressurser per stasjon enn det som danner utgangspunktet i drøftingen. Det beror på at drøftingen tar utgangspunkt i et kostnadsbilde som vi vil se først om noen år når utbyggingen skyter fart, i det vi kan kalle den "tunge" utbyggingsfasen. Samtidig som kostnadene og støttebehovene er større i tidlig fase, er det et mindre antall stasjoner slik at kostnader og støtte tross alt vil være begrenset.²²

Spørsmålet om hvordan støtte skal utformes tas opp i kapittel 7 og anbefalinger gis i kapittel 8. Så langt har vi behandlet støttebehovet ut fra at den totale lønnsomheten for etablering og drift av stasjoner er svak.

Ut fra forutsetningene og de stilistiske modellene i kapittel 5 synes det rimelig å anta at driften av hydrogenstasjonene vil gå i pluss når kapasitetsutnyttelsen kommer over 50 %. Den gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelsen kommer relativt raskt opp på et slikt nivå (se Figur 25). La oss for et øyeblikk anta at støtteordningene innrettes for å oppnå positiv drift. Da er det nærliggende å anta at tilskudd til driften kan eller bør avgrenses tidsmessig, både for den enkelte stasjon og som virkemiddel for hele infrastrukturopbyggingen. Imidlertid vil noen gunstig plasserte stasjoner ha høy kapasitetsutnyttelse. Andre stasjoner som bidrar til å utvide dekningsområdet og/eller hvor det er få hydrogenbiler, kan ha betydelig lavere kapasitetsutnyttelse. Behov for eventuell støtte for å sikre positiv drift vil dermed variere avhengig av stasjonens plassering, og støttebehovet vil øyensynlig vare ved så lenge man bygger infrastruktur i nye områder.

6.5 Oppsummering av støttebehov

Ut fra den begrensede kostnads- og inntektsanalysen foretatt ovenfor kan vi slutte:

- I de første årene av en oppbyggingsfase vil det ikke være mulig å drive hydrogenstasjoner lønnsomt uten tilskudd
- I oppstartsfasen hvor lønnsomhet ikke er mulig, må man (myndighetene) også se hen til kostnadene: best mulig dekning til lavest mulig kostnad.

²² Ønsker man å bygge stasjoner umiddelbart kan kostnaden for "standard" stasjoner (250 kg/døgn) være den doble av hva som er forutsatt. Dette bygger på observerte kostnader for nylig bygde stasjoner (undr 100 kg/døgn). Vi har tidligere pekt på at høye kostnader har sammenheng med at stasjoner fortsatt bestilles og bygges én og én, eller i små serier. Man bør således forvente at kostnaden reduseres betydelig om man plasserer en samlet ordre på f.eks. 5-10 stasjoner

- For å begrense økonomiske tap og støttebehov på stasjonsiden, må en få til en rask og geografisk konsentrert vekst i bruken av hydrogen – det peker mot bruk av hydrogen i kjøretøyflåter og i taxinæringen og/eller gunstige incentiver for privatbiler
- Lønnsomhet i stasjonsdrift synes å kreve store stasjoner (skala-fordeler) og tilsvarende mange kjøretøy i drift.

I oppbyggingsfasen vil det være nødvendig med støtte både til investering og drift. Det beror dels på høye investeringskostnader i og dels på forventet dårlig utnyttelse av hydrogenstasjonenes kapasitet. Dette gjelder i særskilt grad de aller første hydrogenstasjonene ettersom læringseffekter enn så lenge ikke har slått gjennom i form av reduserte kostnader i tråd med tidligere forventede effekter (Melaina and Penev (2013), Qin m.fl.(2014)).

Våre stilistiske beregninger indikerer at det ikke er nødvendig at stasjonene utnytter kapasiteten fullt ut for å oppnå balanse i driften. Det tilsier at en oppbygging av forbruket, understøttet av eksisterende incentiver for kjøp og bruk av kjøretøyer og tiltak på lokalt/regionalt nivå for oppbygging av kjøretøyflåter har potensiale for raskt å kunne bidra til redusert behov for driftsstøtte.

Når det gjelder behovet for støtte til investeringene, vil vi igjen peke på at kostnadene for å etablere en stasjon og utviklingen av disse kostnadene er helt avgjørende. Langsiktige læringseffekter i den grad som er skissert i litteraturen vil i betydelig grad redusere kostnadene for etablering og også driftskostnadene slik at støttebehovet blir vesentlig mindre eller faller helt bort. Den litteraturen vi har vist til indikerer en tidsramme på 10-15 år for en slik utvikling.

7 Hvordan realisere målene gjennom effektiv bruk av virkemiddel?

7.1 Økonomiske barrierer og virkemiddel

Basert på de estimater vi har utarbeidet i form av 3 scenarier for implementering av hydrogenkjøretøy i kapittel 5, ble potensialet for hydrogen som drivstoff i storbyene beregnet, og antall hydrogenstasjoner og finansielle behov for å kunne etablere og drifte disse estimert, som beskrevet i kapittel 6. Siden implementering av hydrogen som drivstoff i starten vil være i en pre-kommersiell fase vil det være behov for offentlige virkemiddel. Disse faller ofte i 3 klasser, eller kombinasjon av disse. *Subsidier* benyttes for å stimulere til ønsket adferd, *skatter og avgifter* for å straffe uønsket adferd og *reguleringer* som et alternativ som treffsikkert beskriver hva som er kriterier for ønskede løsninger. Målene vi vurderer gjelder utelukkende mål for innføring av hydrogen i transportverdikjeder og disse ble diskutert i kapittel 2.

Vi har i tidligere kapittel diskutert teknologiske og økonomiske barrierer for introduksjon av hydrogen. Virkemidlene må sees i lys av evnen til å redusere disse barrierene. Vi oppsummerer derfor her de viktigste av disse barrierene:

- Det er høye kapitalkostnader for hydrogenstasjoner.
- Tilgangen på kjøretøy begrenser hvor fort hydrogen kan ta markedsandeler. Dette utgjør en risiko for de som skal bygge og drifte hydrogenstasjoner, siden kapitalkostnaden må deles på få brukere.
- Lav kapasitetsutnyttelse for hydrogenstasjoner kombinert med høye faste driftskostnader kan gi driftsunderskudd i en tidlig fase.
- Det er høye teknologikostnader og på brenselceller og andre systemkomponenter, noe som gir høy pris på hydrogenkjøretøy i en tidlig fase.
- Kjøperne kan ha forventning om at teknologien blir billigere og ønske å vente.
- Krav om teknologinøytralitet gjør at innfasing av hydrogenteknologi går saktere, knyttet til konkurranse fra andre teknologier som inntil videre har lavere kostnader.

Lønnsomhet

Et viktig element i vurderingen av et virkemiddel er hvordan det påvirker forventet lønnsomhet i investeringen. For investeringer i umoden teknologi eller umodne marked vil det ofte være to effekter som påvirker lønnsomhet:

- I en startfase med ny teknologi og små volum er driftskostnaden høyere enn verdien til produktet.
- I en startfase er volumene små, noe som kan medføre at kapitalkostnadene skal deles på et lite antall enheter. Dette kan igjen gjøre kostnaden per produsert enhet høyere enn verdien.

Virkemidlene påvirker også kommersielle aktørers risiko forbundet med muligheten til å få tilstrekkelig avkastning på investert kapital. Vanlige risikoelement som en investor vurderer er

- Prisisiko: Hvor mye vil man få betalt for varen man produserer

- Volumrisiko: Hvor mye er det mulig å selge av varen man produserer?
- Teknologirisiko: Vil teknologiutviklingen gå så fort at man heller burde vente med å investere enn å investere i dag?

Alle disse risikofaktorene påvirker viljen til å investere, og det er derfor viktig å vurdere virkemidlenes effekt på risiko når vi ser på egenskapene deres.

Det kan være mange grunner til at denne type etableringer likevel støttes:

- Man ønsker en tidlig etablering for å starte omstilling tidlig. Bilparken har lang levetid og det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt å starte omstillingen før hydrogenstasjonene i seg selv er lønnsomme, da ekstrakostnaden samfunnet tar ved å støtte miljøvennlige investeringer mer enn kompenseres ved nytten samfunnet ser med reduserte klimagassutslipp. For et land som Norge som ønsker å redusere lokale utslipp kan dette være et moment. Verdien avhenger både av prisen på klimagassutslipp og på verdien av å nå politiske mål.
- Det kan være andre gevinster som ikke er priset økonomisk i dag, som for eksempel verdien av mindre lokal forurensning.
- Det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt å støtte ny teknologi når man ser at det kan øke innovasjonsevnen innenfor et område. Verdiskaping kan være vanskelig å kvantifisere.

Vi ser at virkemidlene kan ha 2 hovedformål når det gjelder lønnsomhet:

- Redusere investeringskostnaden for private aktører slik at investeringen kan bli lønnsom ved lavere volum.
- Redusere driftskostnaden for private aktører fram til et tidspunkt der volumene er høye nok til at skala-fordeler kan høstes og/eller teknologien modnes. (Regulering og skatter på uønsket adferd gir samme effekt ved at de øker verdien på det miljøvennlige produktet)

Teknologinøytralitet

Et teknologinøytralt virkemiddelregime gir samme støtte og regulering til ulike prosjekter uavhengig av hvilken teknologi de omhandler for å nå et overordnet mål, som for eksempel redusere klimagassutslipp. EU sitt kvotesystem, EU ETS, er et slikt eksempel. Dette vil si at virkemiddelordningen ikke skal favorisere én teknologi fremfor en annen, men overlate teknologivalg til markedet.

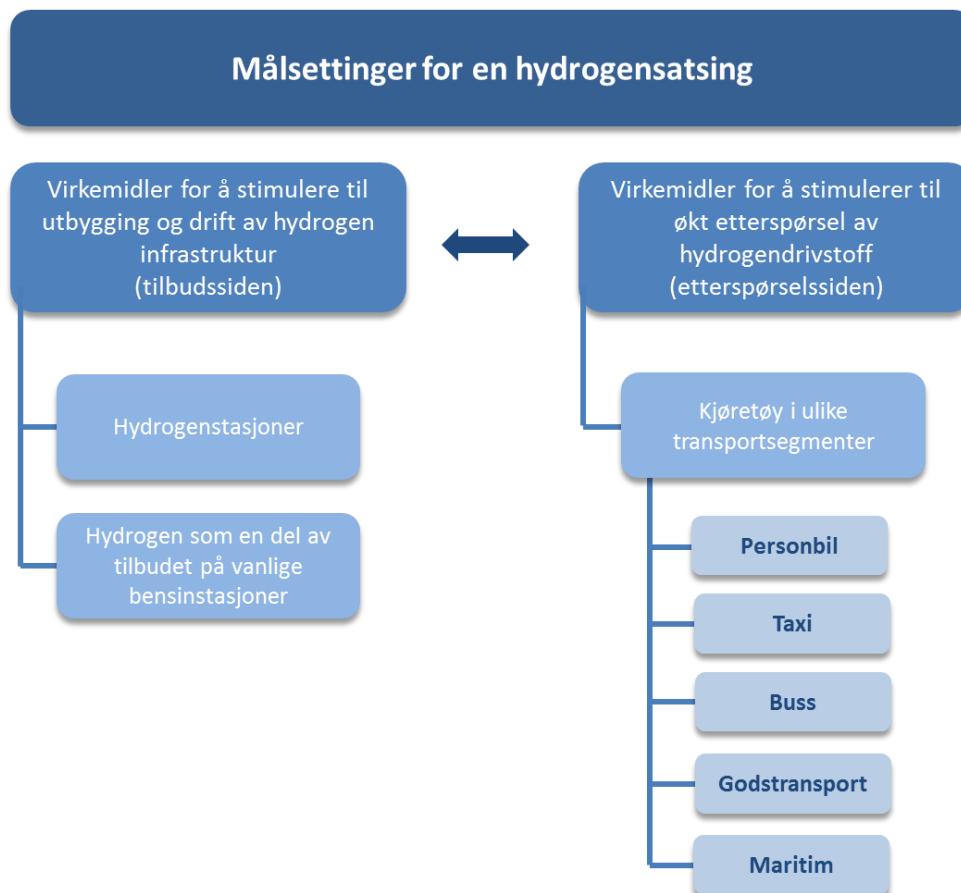
Det er i noen sammenhenger hensiktsmessig å fravike kravet om teknologinøytralitet, spesielt der ulike teknologier vil kunne dekke ulike behov og man på sikt ønsker å ha diversifiserte teknologiporteføljer. Det kan være en barriere for utvikling og innfasing av teknologi dersom en ny eller umoden teknologi pålegges de samme forpliktelser og krav til for eksempel lønnsomhet som en etablert teknologi. Vi har argumentert over for at det kan være gunstig å støtte tidlig introduksjon av en teknologi, for eksempel for å komme tidlig i gang med en innfasing av en teknologi man på sikt ønsker. Et virkemiddel som da er rettet mot den teknologien spesielt vil være mer effektiv for å oppnå denne effekten enn et teknologinøytralt virkemiddel som også vil stimulere alternativene.

Teknologinøytralitet vil sikre reell konkurranse mellom nyere teknologi (som hydrogen) og eldre teknologiløsninger (som el og bensin), slik at man effektivt får stimulert til innovasjon og utvikling av teknologi for nullutslippstransport

7.2 Diskusjon av økonomiske virkemiddel

Målet med bruk av virkemiddel er å minimere eller fjerne barrierer, slik at hydrogen etterhvert kan fases inn som drivstoff i transportsektoren. På regionalt nivå, der det er etablert konkrete målsettinger for en hydrogensatsing, vil disse virkemidlene være avgjørende for å kunne innfri målene.

Vi vil i drøftingen skille mellom virkemiddel som rettes mot tilbudssiden og etterspørselssiden. For tilbudssiden vil vi i hovedsak drøfte virkemiddel og reguleringer for utbygging av infrastruktur for hydrogen, mens vi for etterspørselssiden vil ha fokus på de transportsegmentene som har vært gjenstand for potensialberegningene for etterspørsel av hydrogen se Figur 31. Enkelte virkemiddel vil kunne innrettes mot begge sidene.



Figur 31. Virkemiddelbruk for realisering av en hydrogensatsing

En gjennomgang av litteratur på området viser at det er foretatt flere kartlegginger og drøfting av virkemiddel for å realisere en hydrogensatsing i Norge, da spesielt for satsingen i Oslo og Akershus, se for eksempel følgende rapporter:

- Zeros rapport *Virkemiddel for hydrogenstasjoner i Norge og Skandinavia* fra 2014
- Hydrogenrådets *Handlingsplan 2012 – 2015*
- Grunnlagsrapporten til Akershus Fylkeskommune sin hydrogenstrategi *Faglig grunnlag for en Hydrogenstrategi for Akershus fylkeskommune* fra 2013

Vi diskuterer virkemiddel i lys av evnen til å nå mål, eller å fjerne barrierene diskutert over, slik at hydrogen etterhvert kan fases inn som drivstoff i transportsektoren. På regionalt nivå, der det er etablert konkrete målsettinger for en hydrogensatsing, vil disse virkemidlene være avgjørende for å kunne innfri målene.

Under hvert av virkemidlene vil det gjøres en kort vurdering av hvor effektive de forventes å kunne bli når det gjelder å oppfylle målene med en hydrogensatsing²³, hvordan de påvirker risiko og i hvilke faser de er mest relevante.

7.2.1 Virkemiddel for å stimulere til utbygging og drift av hydrogen infrastruktur

Driftsstøtte

Driftsstøtte skal dekke underskuddet til et prosjekt i en tidsbegrenset periode. Driftsstøtte utbetales fortløpende og kan variere med driftskostnadene. Dersom det er variabel (volumavhengig driftsstøtte) som tenkes, er antagelig en variant av feed-in tariff (som beskrevet under) det beste, siden prisen som betales av kunden kan variere og støtten dekker en differanse. Dette er en fleksibel ordning som gir incentiv for å effektivisere produksjonen. I noen tilfeller kan det være faste driftskostnader som ikke avhenger av volum. I en tidlig fase kan det være svært viktig å kompensere for at volumene er lave med å gi denne type driftsstøtte, siden lønnsomhet ellers ikke kan nåes før volumet øker.

Effektivitet: Ordningen er ikke effektiv for å redusere pris og volumrisiko, men reduserer deler av ulempen ved å være tidlig ute både når det gjelder volum og teknologirisikoen. Ordningen vil for hydrogen antagelig ikke være effektiv uten at den kombineres med støtteordninger som dekker noe av inntekten i driftsfasen, enten ved å redusere prisen (for eksempel feed-in tariff) og/eller redusere volumrisiko (stimulere etterspørsel). Ordningen er ikke teknologinøytral og støtten vil således kunne øremerkes til hydrogenstasjoner.

Aktuell fase: Virkemiddelet er aktuelt i en tidlig fase før volum blir så store at feed-in tariff får effekt.

Finansiering: Statlig.

²³ Som beskrevet i kapittel 2 benyttes her målene i Oslo og Akershus sin hydrogenstrategi for 2014 – 2025.

Feed-in tariff

En feed-in tariff er en mekanisme som skal garantere investor en sikker inntekt per solgt enhet. En naturlig måte å implementere det på vil være å innføre sikker betaling p som produsenten får for hver kg hydrogen levert gjennom hydrogenstasjonens levetid. I praksis bør dette implementeres som en kostnadsdeling mellom kunden og den som subsidierer. Man kan for eksempel etablere en normpris for hydrogen som settes regelmessig (daglig, ukentlig eller månedlig). Dette er prisen kunden betaler direkte til stasjonseieren. I tillegg mottar stasjonseieren en subsidie per enhet som tilsvarer differansen mellom p og normprisen. Inntekten er således sikker og kostnaden deles.

Her er det verdt å merke seg at normprisen kan settes slik at den er konkurransedyktig med andre drivstoff. Alternativt kan man øke subsidien og redusere normprisen slik at også kunden subsidieres. Da vil man i tillegg stimulere etterspørselssiden.

Effektivitet: Virkemiddelet gir incentiv til å øke volumene på en stasjon. Det gir og incentiv til å redusere driftskostnader. For hydrogenprodusenter er feed-in tariffen det som gir best forutsigbarhet på pris siden den er bestemt. Når det gjelder inntekten vil den fortsatt være usikker, siden volumet ikke er kjent. Skal man oppnå effektivitet ved introduksjon av hydrogen, bør derfor denne type subsidie kombineres med tiltak som reduserer volumrisikoen, for eksempel ved å stimulere etterspørsel. Gjøres ikke dette, vil antagelig ikke risikoreduksjonen ved å forhåndsbestemme pris være nok. Kombinert vil dette være blant de mest effektive virkemiddel for å nå målet om en gitt mengde hydrogen i markedet eller et gitt antall hydrogenstasjoner.

Det er interessant å merke seg at virkemiddelet også kan brukes til å fjerne barrieren mot tidlig investering som ligger i forventinger om bedre teknologi. Prisen p kan reduseres etterhvert som teknologien modner, etter en forhåndsbestemt men reviderbar plan. Endringer bør ikke ha tilbakevirkende kraft, siden effektiviteten i å redusere prisrisiko da forsvinner. Et slikt regime belønner tidlig investering og man kompenserer de som er tidlig ute for ulempen det medfører.

Feed-in tariff fungerer godt når den baseres på estimerte kostnader og en rimelig avkastning. Med dette virkemidlet kan en bidra til raskere innfasing av hydrogen ved å beregne høyere avkastning og dermed gjøre flere prosjekter økonomisk attraktive. Likevel er det vanligvis best å finne et nivå som kun fremmer de mest kostnadseffektive produksjonsmetodene. Virkemiddelet er ikke teknologinøytralt, men lignende virkemiddel kan introduseres for andre drivstoff.

For den finansierende institusjonen kan kostnadene ved bruk av feed-in tariff-instrumentet begrenses ved å sette en øvre grense for stasjoner som støttes hvert år. Gjennom en plan for utfasing (ved å redusere p), vil den totale kostnaden for feed-in støtten kunne beregnes, og dette gir en forutsigbarhet mht. finansiering.

Virkemiddelet er aktuelt når volum når et slikt nivå at stasjonene har riktig utnyttelse, men driftskostnadene fortsatt er for høye til å sikre lønnsomhet.

Finansiering/Ansvar: Statlig finansiert. Kostnad kan deles med kunde gjennom normpris.

Hydrogensertifikater

Hydrogensertifikater er et markedsbasert insentiv, som kan fungere slik at hydrogenprodusentene tildeles et sertifikat tilsvarende energimengden som produseres. For å selge drivstoff må forhandlere som selger annet enn hydrogen kjøpe slike sertifikater. Dermed skapes etterspørsel og en pris på sertifikater.

Effektivitet: Sertifikatmarkedet gir slik økt inntekt til hydrogenprodusenter og potensielt lønnsom produksjon. Dette vil medføre en lav volumrisiko, siden mengden hydrogen som produseres er bestemt. Erfaringen fra grønne sertifikat er at investorene ser prisrisikoen som høy blant annet som en konsekvens av mulig overinvestering og at dette gir reduserte incentiv til investering. Det er sannsynlig at administrasjonen av et slikt system vil være krevende. Ordningen forutsetter at krav om teknologinøytralitet fravikes. Den vil gi hydrogenprodusentene inntekter som direkte belastes konkurrentene eller kundene. Uansett vil det virke konkurransevidende mellom byer og regioner som innfører regimet og de som ikke gjør det. Det stilles derfor tvil ved hvor effektivt et slikt regime vil kunne bli, og hvor godt det er i den grad det oppfattes som kontroversielt av mange aktører og derfor trolig vil skape mye debatt. Resultatene er langt mindre forutsigbare enn f.eks. Feed-in tariff-instrumentet beskrevet over. Ordningen har imidlertid den fordel at det er selvfinansierende, og dermed ikke fordrer direkte utgifter over statsbudsjettet.

Finansiering/Ansvar: Staten må administrere regimet.

Investeringsstøtte

Investeringsstøtte har som formål å gjøre en ulønnsom investering lønnsom. Den reduserer risikoen ved eierskapet for infrastrukturen, og utbetales i sin helhet når investeringen gjøres.

Effektivitet: Ordningen er ikke effektiv for å redusere pris og volumrisiko, men reduserer deler av teknologirisikoen siden høyere investeringer i en tidligfase kompenseres. Ordningen vil for hydrogen antagelig ikke være effektiv uten at den kombineres med støtteordninger som og sikrer inntekt i driftsfasen, enten ved å redusere prisrisiko (for eksempel feed-in tariff) og/eller redusere volumrisiko (stimulere etterspørsel). Ordningen er ikke teknologinøytral og vil således kunne øremerkes støtte til hydrogenstasjoner.

Det er verdt å merke seg at ordningen kan organiseres som en anbudsrunde hvor den som er villig til å bygge ut en stasjon med en angitt kapasitet til lavest støttebeløp får tilslaget. Dette fremmer også kostnadseffektivitet. Man kan og merke seg at en slikt anbudsrunde nylig ble benyttet for å få etablert et nettverk av ladestasjoner langs de viktigste stamveiene mellom de fire storbyene i Norge.

I en tidlig fase må ordningen samkjøres med driftsstøtte for å fungere etter hensikten. Det er ikke nok å støtte med investeringsstøtte, dersom volumet er for lavt til å skape inntekter.

En annen variant av investeringsstøtte vil være å tilby attraktive tomter for hydrogenstasjoner.

Dette fordrer at kommunen har tilgjengelig areal til denne typen utnyttelse. Tomter i populære områder er dyrt og ettertraktet, og kan reguleres og øremerkes til hydrogenformål.

Finansiering: Statlig eller regionalt.

Grønn skatteveksling

Grønn skatteveksling innebærer at avgiftene på fossile og forurensende alternativer økes, mens avgiftene på fornybar og miljøvennlige alternativer reduseres. For hydrogenstasjoner vil det for eksempel være relevant at avgift på el brukt til elektrolysen reduseres/fjernes. I Danmark har man innført fritak for elavgift når strømmen benyttes til hydrogenproduksjon.

Effektivitet: Virkemiddelet antas å ha liten effekt for utbygging av hydrogenstasjoner i tidlig pre-kommersielle fase, siden risiko på både pris, volum og teknologi kun i begrenset grad blir redusert. Virkemiddelet er teknologinøytralt og vil i en tidlig fase favorisere mer modne teknologier. Men virkemiddelet vrir etterspørsel fra fossilt drivstoff til bærekraftige alternativ og kan være effektivt hvis det benyttes i kombinasjon med andre virkemiddel når markedspenetrasjonen er større. Virkemiddelet må introduseres nasjonalt. Det er ellers lokalt konkurransevridende.

Dette virkemiddelet er mest aktuelt når teknologien er mer moden.

Finansiering: Staten må være ansvarlig for å administrere ordningen.

Prestasjonsbaserte lån til investering og drift

For å tiltrekke seg næringslivet kan staten tilby prestasjonsbaserte lån til investeringer og drift. Her vil tilbakebetaling skje fullt ut hvis næringen utvikler seg i trå med forventninger og investorenes planer. Hvis den utvikler seg langsommere vil det kun delvis betales tilbake. På den måten er det utlåner (staten) som tar mest risiko.

Effektivitet: Denne ordningen isolerer investoren fra risiko og ikke gir incentiv til effektivitetsforbedringer. Ordningen kan være vanskelig å administrere og kontrollere. Vi vil ikke anbefale den i noen faser.

Finansiering: Statlig.

Pumpepåbud og Omsetningspåbud

Pumpepåbud og omsetningspåbud er reguleringer som kan innrettes mot eksisterende bensinstasjoner, da fortrinnsvis mot de største aktørene. Påbudet kan gjelde for tilbud av fornybart drivstoff generelt, eller være spesifikt innrettet mot hydrogen.

Effektivitet: Bruk av påbud vil sikre tilgjengelighet av hydrogen, og vil derfor også kunne stimulere etterspørselen etter hydrogenkjøretøy. For driverne av stasjonene vil man trolig oppleve lav aksept for et slikt virkemiddel i tidlig fase, grunnet langsom innfasing av hydrogenkjøretøy i markedet (og tilhørende lave inntekter) og store kostnader knyttet til infrastrukturen. Påbud av denne typen er konkurransevridende mellom naboregioner om den ikke implementeres nasjonalt. Virkemiddelet vil i liten grad redusere volum- og prisrisiko og vil trolig være mest effektiv i kombinasjon med andre typer virkemiddel som støtter drift og investering. En positiv utilsiktet effekt på litt lengre sikt, som vil kunne øke lønnsomheten til forhandlerne noe, vil være at flere vil benytte disse stasjonene og at handelen av kaffe, pølser, bilvask og lignende dermed øker.

Aktuell fase: Alle faser.

Finansiering: Næringsliv og konsumenter.

7.2.2 Virkemiddel for å stimulerer til økt etterspørsel av hydrogen

Subsidier ved innkjøp av de første hydrogenbilene

I perioden fram til nå har hydrogenbiler vært forholdsvis dyre og tilgangen begrenset. De fleste hydrogenbiler har vært knyttet til demonstrasjonsprosjekter og det er kun de siste 2 årene at det er blitt solgt noen få hydrogenbiler til organisasjoner og privatpersoner. Når produksjonsvolumene nå forventes å øke, vil trolig (i alle fall noen av) brenselcellebilene ha en høyere pris enn konvensjonelle biler og hybridbiler og det er ikke gitt at avgiftsfritak alene er tilstrekkelig til å kompensere for ekstrakostnaden for bilene. Et tiltak for at Norge skal kunne markere seg internasjonalt som et tidligmarked og få bedre utnyttelse av den infrastrukturen som allerede finnes, er at hydrogenbiler i denne perioden blir subsidierte slik at hydrogenbilene blir konkurransedyktige med tilsvarende bensin- og dieslbiler. Støtten kan reduseres trinnvis årlig, eller etter hvert som antallet biler øker, men det er avgjørende at subsidieordningen er forutsigbar. Støtten kan forvaltes av Enova og kan være rettet mot konkrete bilflåter som for eksempel taxi etter hvert som hydrogenbilene blir tilgjengelige.

Effektivitet: Dette vil fjerne noe av teknologirisikoen som ligger i å være tidlig ute. Man kompenseres for ulempen ved å gå glipp av teknologilæring. Virkemiddelet vil være effektivt for å få brukere til å kjøpe kjøretøy. Et moment er at det ikke stimulerer til bruk av kjøretøyene. Andre virkemiddel som er rettet mot avgiftsfritak som listet under er mer treffsikre i så måte.

Aktuell fase: Tidlig.

Finansiering: Statlig (gjennom Enova).

Videreføre avgiftsfritak som avhenger av bruk

Flere ulike former for avgiftsfritak vil være aktuelle når det gjelder å stimulere til kjøp og bruk av hydrogenkjøretøy:

- Avgiftsfritak hydrogendrivstoff (mva.)

- Fritak bompenger
- Tillatelse til å kjøre i kollektivfelt
- Gratis parkering
- Gratis på ferger
- Rabatt i firmabilbeskatning

Forutsigbare rammebetingelser av denne typen er essensielt både for bilimportører og kunder, for at innfasing av hydrogenbiler skal kunne realiseres. Avgiftsfritak og andre betydelige fordeler (som listet over) har bidratt til at det nå er nærmere 70 000 elbiler på norske veier. For å stimulere til innfasing av hydrogenbiler, bør en videreføre disse incentiver inntil det er 50 000 hydrogenbiler i Norge, slik både Zero og Hydrogenrådet har anbefalt.

Effektivitet: For elbil har denne typen virkemiddel vist seg å være svært effektivt i tidlig fase for å øke etterspørselen etter spesielt personbiler og stimulere bruken av bilen. Avgiftsfritakene og fordelene gjelder også hydrogenkjøretøy. For kjøretøy i taxi-, gods- og varetransportsegmentet har studier vist at denne typen virkemiddel er mindre effektive i seg selv (fordi disse ikke er underlagt de samme avgiftene som personbiler) og bør kombineres med andre typer virkemiddel.

Aktuell fase: Denne typen virkemiddel er nødvendige både i demonstrasjonsfasen og i den tidlige markedsintroduksjonsfasen fram mot 2020. Incentivene kan trappes ned etter hvert som volumene stiger og prisene på bilene faller, forutsatt at bilenes konkurransedyktighet opprettholdes sammenliknet med biler med fossilt drivstoff.

Finansiering: Statlig.

Krav ved offentlige innkjøp gjennom anbudsreglementet (kollektivtransport)

Staten og kommunene er en viktig brikke, også for etterspørsel etter kjøretøy. Alle offentlige instanser som etterspør transport kan etterspørre nullutslippskjøretøy der det er hensiktsmessig. Spesielt kan staten, fylkeskommunene og kommunene bruke anbudskrav til kollektivtransport. Kollektivtrafikken representerer en sikker bruker, med forutsigbart behov for både drivstoff og kjøretøy over en lengre periode.

Effektivitet: Dersom virkemiddelet er teknologinøytralt vil det favorisere modne teknologier. Dersom virkemiddelet kombineres med virkemiddel som stimulerer bygging av hydrogenstasjoner og konkurransedyktig pris på hydrogen, kan virkemiddelet effektivt fjerne volumrisiko i ved at et av de viktigste segmentene får en veldefinert og kjent etterspørsel. Da kan det legges til rette for tidlig implementering av hydrogenverdikjeder på en effektiv måte.

Dette er en regional ordning, men siden reduksjon av klimagassutslipp i transportsektoren er et av de viktigste områdene å gjennomføre lokale utslippskutt på, vil det være naturlig at også nasjonal politikk støtter denne type tiltak.

Aktuell fase: Tidlig, pre-kommersiell fase.

Finansiering: Statlig og regionalt.

Krav ved utstedelse av taxi-løyver

Krav til nullutslipp i Taxi-løyver er et annet virkemiddel som kan være med å fase inn hydrogenbiler raskere. Taxier vil da kunne være en garantist for etterspørsel av hydrogen som drivstoff. Bruk av hydrogen i taxinæringen vil bidra til høy(ere) utnyttelsesgrad av stasjoner og det vil bidra til lavere produksjonskostnad for hydrogen.

Effektivitet: Som over

Aktuell fase: Tidlig, pre-kommersiell fase.

Finansiering: Statlig og regionalt.

Tilrettelegging for vekst i andre flåtekjøretøy (gods- og varetransport)

Flåtekjøretøy har lang årlig kjøredistanse og dermed et spesielt høyt drivstoffbehov. Det er et stort potensial tilknyttet dette segmentet da behovet for hydrogen i slike kjøretøy er høyt (lang årlig kjøredistanse), noe som igjen vil stimulere til utbygging av infrastruktur. Det vil også være stordriftsfordeler ved flåtedrift som gjør at sentralt plasserte hydrogenstasjoner kan gi drivstoff til en lavere kostnad. Kommunen og fylkeskommunen kan derfor bidra til å utvikle prosjekter for innfasing av hydrogen i ulike typer flåter i privat og offentlig sektor. Slike flåter kan være knyttet til postombæring, offentlig renovasjon, ulike typer lokal gods- og varetransport m.m.

Effektivitet: Langsiktig omlegging av flåtekjøretøy i byene, som for eksempel vare-distribusjon til store kjeder vil være en effektiv måte å stimulere etterspørsel. Det vil redusere volumetterspørsel for fyllestasjoner. Alle virkemidlene over er aktuelle, men kan måtte spesialtilpasses behovene i segmentene man ønsker å nå.

Aktuell fase: Pre-kommersiell og tidlig fase.

Finansiering: Statlig og regionalt.

Etablering av lav og null-utslippssoner i byene

Denne typen tiltak har vist seg å få oppmerksomhet den siste tiden da byrådene i Oslo og Bergen i sine strategiplaner (oktober 2015) går inn for bruk av lav- eller nullutslippssoner i byene, der diesel- og bensinbiler ikke får slippe inn.

Effektivitet: Denne typen tiltak vil kunne øke etterspørselen etter null-utslippskjøretøy for de som er avhengig av å kjøre bil i sentrum. Konkurransen fra elbiler vil være stor for bilister som holder seg mest i sentrum og ikke har behov for lang rekkevidde. For personer som kjører lengre avstander med bysentrum som destinasjon vil hydrogenbiler være et alternativ. Trolig vil en god del av bilbruken totalt sett reduseres, og mange vil heller benytte seg av kollektivtilbudet og sykkel som transportmiddel. Flyttes en stor del av næringslivet ut disse sonene kan man få en karbonlekkasje som i et regionalt perspektiv vil gjøre at tiltaket ikke vil ha stor betydning for miljømålene.

Dersom virkemiddelet kombineres med virkemiddel rettet mot introduksjon av hydrogen, vil disse forsterkes.

Aktuell fase: Alle faser.

Finansiering: Konsumentene.

7.3 Virkemiddel for andre barrierer

I vedlegg C er institusjonelle barrierer for etablering av hydrogenstasjoner kartlagt. Det er synliggjort at interessentenes oppfatninger, motivasjoner, og ikke minst relasjonene mellom dem i seg selv kan være en barriere for å få realisert en hydrogensatsing. Også for denne typen barrierer vil det være aktuelt å benytte virkemiddel for å raskere kunne oppnå målsettingene ved en satsing. De mest sentrale barrierene er:

- Få sterke drivere i verdikjeden. Få kapitalsterke næringer med forretningsinteresser og kompetanse i hydrogenstasjonsdrift
- Manglende kunnskap i befolkningen, næringslivet og hos politikere og myndigheter
- Norge oppfattes som et lite troverdig marked for hydrogenkjøretøy internasjonalt
- Konkurransen fra andre teknologier. Elbilsuksessen oppfattes som en tilstrekkelig satsing på utslippsfri kjøretøyløsninger.
- Politisk skepsis til langvarig utbetaling av statsstøtte til private aktører
- Alle aktiviteter er fortsatt på demonstrasjonsnivå, bør få opp noe i full skala

I det følgende vil vi diskutere ulike virkemiddel som vil være relevante for å minimere denne typen barrierer.

Forpliktende avtaler med hydrogenbilprodusenter

I tillegg til barrierene vi nå har diskutert på tilbuds og etterspørselssiden, er det en reell barriere at antallet kjøretøy som blir tilgjengelig fram mot 2020 og 2025 er både begrenset og usikkert. Dette en utfordring som best kan løses ved at staten inngår forpliktende avtaler med hydrogenbilprodusenter.

Det finnes i dag flere intensjonsavtaler om tidlig billeveranse mellom kommersielle og offentlige aktører. Hyundai, Nissan, Toyota og Honda etablerte en avtale i 2012 om å levere først til det nordiske markedet mellom 2014-2017. Avtalen var med nordiske aktører som Icelandic New Energy, Vätgas Sverige, Hydrogen Link, HyNor, samt skandinaviske hydrogentilbydere som H2-logic i Danmark og HYOP i Norge. Noe liknende er gjort i California og mellom europeiske storbyer og bussprodusenter (Daimler, VDL, VanHool m.fl.). I Danmark og Tyskland har nasjonale myndigheter og industri inngått forpliktende avtaler og lagt strategier for etablering av hydrogeninfrastruktur.

Effektivitet: For å skape større sikkerhet for tidlig norsk introduksjon bør det utarbeides en mer forpliktende avtale mellom aktuelle bilprodusenter og nasjonale myndigheter i Norge. Avtalen bør inneholde et anslag fra bilprodusentene på hvor mange biler de tenker å levere, hvor mye hydrogen som behøves, samt pris og tilgjengelighet på bilene frem til rundt 2020. Norge kan på sin side garantere for utbygging og drift av en hydrogeninfrastruktur som kan levere drivstoff til det antallet biler som leveres av bilprodusentene. Avtaler er effektive i kombinasjon med for eksempel pumpe og omsetningspåbud.

Finansieringsmessig kan denne typen avtaler sees på som en form for offentlig-privat samarbeid. En annen form for bransjeavtale kan være offentlig privat partnerskap mellom staten og drivstoff-leverandørene. En slik avtale kan gå ut på at bransjen selv bekoster en gitt utbygging mot at de slipper innføring av statlige virkemiddel med avgift/reguleringer, og/eller at det er statlige støtte/investeringer i et slikt partnerskap. Det er sannsynlig at en kombinasjon av virkemiddel på tilbudssiden og etterspørselssiden som signaliseres gjennom langsiktig politikk vil være tilstrekkelig til å gjøre Norge attraktivt for bilprodusentene.

Aktuell fase: Aktuell i flere faser.

Finansiering: Statlig eller Privat-offentlig samarbeid.

Etablering av en nasjonal strategi

Norge har lenge manglet en hydrogenstrategi og politisk forankrede planer og ambisjoner for innfasing av hydrogen. Dette har redusert Norges synlighet internasjonalt, og gjør at Norge fremstår som et mindre attraktivt marked for hydrogenkjøretøy. Studien viser at en nasjonal hydrogenstrategi og kvantifiserte mål for innfasing av hydrogen som drivstoff er avgjørende hvis overordnede nasjonale klimamålsettinger, samt transportsektorens forpliktelser og mål når det gjelder nullutslipp, skal kunne nås.

En nasjonal hydrogenstrategi har vært etterspurt av en rekke aktører. Det ble den 29.januar 2015 besluttet i Energi- og miljøkomiteen at det skal etableres en nasjonal hydrogenstrategi. Arbeidet kom sent i gang og framdrift er nylig blitt etterspurt av komiteens leder Ola Elvestuen. I skrivende stund foregår det arbeid i Olje- og energidepartementet, og signalene peker på at hydrogenstrategien skal lanseres sammen med eller som en del av Energimeldingen som nå er berammet til å lanseres i løpet av våren 2016. Denne rapporten er storbyenes innspill til den nasjonale strategien

Mens det innenfor andre områder i energisektoren har vært gjennomført et betydelig strategiarbeid under etablering av Energi21-strategien for forskning og utvikling, har Energi21 vist til Hydrogenrådet og dets strategiske arbeid og konkrete anbefalinger på hydrogenområdet som er dokumentert i rådets to Handlingsplaner (2007 og 2010). Dagens FoU strategi i Energi21 tar i svært beskjeden grad hensyn til at transport står for nærmere 1/3 av norske CO₂-utslipp, og at det i dag benyttes mellom 50 og 60 TWh energi i form av flytende drivstoffer i transport. Energi21-strategien fungerer derfor ikke som styringsverktøy for denne delen av energirelatert FoU. Hvis den annonserte hydrogenstrategien skal inngå en den kommende Energimeldingen, er det derfor en betydelig risiko

for at den vil være svak og ikke fylle den funksjon som Energi- og miljøkomiteen hadde som intensjon da de besluttet at denne skulle etableres.

Den kommende helhetlige nasjonale hydrogenstrategien vil være avgjørende for en effektiv innfasing av hydrogen som drivstoff, både for private og offentlige aktører. Strategien bør inneholde en kvantifisering av mål for en satsing nasjonalt og regionalt.

8 Konklusjon og anbefalinger

Overordnede klimamålsettinger danner utgangspunktet for en hydrogensatsing i Norge. Mål om nasjonale utslippskutt er nedfelt i Klimaforliket (Meld. St. 34 (2006 -2007)) som flertallet på Stortinget inngikk i 2008. Målet er at utslippene i Norge skal reduseres med 15–17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020, samt at Norge skal bli klimanøytralt innen 2030. Målene følges opp i Klimameldingen Meld. St. 21 (2011–2012).

Transportsektoren er svært viktig å adressere i arbeidet for å redusere norske CO₂-utslipp. Denne sektoren er ikke en del av EU sitt kvotesystem ETS hvor Norge deltar. Således vil alle utslippskutt innenfor norsk transportsektor komme i tillegg til de forpliktelser vi allerede har gjennom kvotesystemet.

Transportsektoren er heller ikke utsatt for karbonlekkasje²⁴, noe som medfører at kuttene reduserer globale klimagassutslipp. Siden hydrogen er et utslippsfritt drivstoff, vil hydrogenteknologi potensielt spille en viktig rolle i omleggingen (det grønne skiftet) som en sentral del av norsk klimapolitikk.

Vi tar i denne rapporten i beskjeden grad stilling til alternativer til hydrogen som løsning for en utslippsfri transportsektor. Våre anbefalinger tar utgangspunkt i målsetningene diskutert i kapittel 2 om ambisjoner for å introdusere hydrogen i transportsektoren.

Basert på de estimater vi har utarbeidet i form av 3 scenarier for implementering av hydrogenkjøretøyer i kapittel 5, ble potensialet for hydrogen som drivstoff i storbyene beregnet, og antall hydrogenstasjoner og finansielle behov for å kunne etablere og drifte disse estimert, som beskrevet i kapittel 6. I kapittel 7 diskuterte hvordan målene kan realiseres gjennom effektiv bruk av ulike virkemidler.

En vellykket introduksjon av hydrogen som drivstoff i transportsektoren fordrer virkemiddel som stimulerer både tilbudssiden gjennom etablering av hydrogenstasjoner, og etterspørselssiden i form av virkemiddel for å fase inn hydrogenkjøretøy. Årsaken er at innfasing av ny teknologi, innovasjonsopptak samt omlegging av infrastruktur og utskifting av kjøretøy tar lang tid. På kort sikt må omstillingen starte før den er bedriftsøkonomisk eller privatøkonomisk lønnsom for at skal målene nås kunne nås. Motivasjonen er at omstillingen til nullutslipp i transportsektoren på lang sikt vil være samfunnsøkonomisk lønnsom. Ekstrakostnaden samfunnet tar ved å støtte miljøvennlige investeringer, mer enn kompenseres av nytten samfunnet har i form av reduserte klimagassutslipp.

Virkemiddel for å sikre etablering av hydrogenstasjoner

Investeringsstøtte: Det vil i en oppstartsfase være nødvendig å gi både driftsstøtte og investeringsstøtte. Investeringsstøtten bør organiseres som en anbudsrunde eller omvendt auksjon, der den aktøren som er villig til å motta minst støtte for å bygge en eller flere stasjoner med en bestemt spesifikasjon, får tilslaget. Investeringsstøtte kan gis gjennom nasjonale ordninger, men også via lokal støtte i form av for eksempel billige eller tilrettelagte tomter for stasjoner.

²⁴ Karbonlekkasje er et begrep for en situasjon der reduksjoner i CO₂-utslipp ett sted fører til økning et annet sted.

Tidlig driftsstøtte: Siden volumene er små de første årene, vil aktører som driver hydrogenstasjoner også ha behov for driftsstøtte. Det første nivået av driftsstøtte bør dekke ulempen ved å ha faste driftskostnader i en periode der volumene er små. Det er mest hensiktsmessig om denne driftsstøtten spesifiseres sammen med investeringsstøtten (som omtalt over) og sees i sammenheng med denne.

Feed-in tariffer: Et alternativ til driftsstøtte som dekker de faste driftskostnadene, er feed-in tariffer. Disse er aktuelle i en periode etter at volumene har økt tilstrekkelig til at utnyttelsen av hver enkelt hydrogenstasjon er på riktig nivå, men driftskostnadene fremdeles er for høye til å forsvare lønnsom drift. Denne mekanismen er gunstig siden den gir incentiv til å effektivisere drift og den belønner økt volum. Ved å forhåndsbestemme produsentens betaling per produsert kg hydrogen, fjernes prisrisikoen. Betalingen til produsenten dekkes av en normpris for hydrogen som er konsumentens pumpepris og en subsidie som dekker differansen som trengs for å oppnå driftsoverskudd.

Normprisen kan også subsidieres for å oppnå etterspørselsstimuli, dersom normprisen, når den er kostandsbasert i første omgang, ikke gjør hydrogen konkurransedyktig overfor alternative drivstoff.

Regulering: Reguleringer i form av pumpe- og omsetningspåbud vil kunne sikre tilgjengelighet av hydrogen, og vil derfor også kunne stimulere etterspørselen etter hydrogenkjøretøyer. Virkemiddelet vil imidlertid i liten grad redusere volum- og prisrisiko og vil trolig være mest effektiv i kombinasjon med andre typer virkemidler som støtter drift og investering. Den kan også være konkurransevridende om påbudet ikke er nasjonalt. Vi anbefaler ikke dette i en tidlig fase.

Virkemiddel for å øke etterspørsel av hydrogen

Etterspørsel av hydrogen kan i en startfase stimuleres på samme måte som vi har sett for introduksjonen av elbiler. Her har avgiftsfritak og privilegier vist seg å fungere svært effektivt for elbilsatsingen. Vi anbefaler at man beholder avgiftsfritaket og gjeldende privilegier for hydrogenbiler til man har minst 50 000 slike i drift på norske veier.

Lokale tiltak: Når det gjelder å stimulere til etterspørsel vil lokale og regionale tiltak ha stor effekt. Her kan ulike typer tiltak som krav til nullutslipps/hydrogenkjøretøy ved offentlige innkjøp gjennom anbudsreglementet og ved utstedelse av taxi-løyver, være effektivt. Fordelen med denne type kjøretøy er at de har høy utnyttelse og rask utskiftning og således vil føre til høy etterspørsel pr kjøretøy og raskt voksende hydrogenandel i segmentet. Dersom denne typen tiltak kombineres med virkemiddel som stimulerer til etablering av hydrogenstasjoner og konkurransedyktig pris på hydrogen, vil virkemiddelet effektivt fjerne volumrisiko ved at et av de viktigste segmentene får en veldefinert og kjent etterspørsel. Da kan det legges til rette for tidlig implementering av hydrogen som drivstoff på en effektiv måte.

Dersom denne type tiltak etableres i et teknologinøytralt regime, vil de være mindre treffsikre for introduksjon av hydrogen. Som et eksempel kan etablering av nullutslipps-soner i større byer være et virkemiddel. For personer som kjører lengre avstander med bysentrum som destinasjon, vil hydrogenbiler være et alternativ. Konkurransen fra elbiler vil likevel være stor for bilister som ikke har behov for lang rekkevidde. Dersom teknologinøytrale virkemiddel benyttes og man har et mål om tidlig introduksjon av

hydrogen som drivstoff, må man derfor være beredt til også å stimulere hydrogenetterspørsel på annen måte.

Teknologinøytralitet

Det er i noen sammenhenger hensiktsmessig å fravike kravet om teknologinøytralitet, spesielt der ulike teknologier vil kunne dekke ulike behov og man må stimulere til diversifiserte teknologiporteføljer for å nå utslippsmålne. Det kan være en barriere for utvikling og innfasing av teknologi dersom en ny eller umoden teknologi pålegges de samme forpliktelser og krav til for eksempel lønnsomhet som en etablert teknologi. Vi har argumentert over for at det kan være gunstig å støtte tidlig introduksjon av en teknologi, for å komme tidlig i gang med en innfasing man på sikt ønsker. Et virkemiddel som da er spesielt rettet mot den umodne teknologien vil være mer effektiv for å oppnå denne effekten enn et teknologinøytralt virkemiddel. For innfasing av nullutslippsløsninger i transport, vil en teknologinøytral tilnærming favorisere kjøretøyer med batterielektriske drivlinjer framfor hydrogenkjøretøyer fordi de initielle kostnadene knyttet til etablering av infrastruktur for hydrogen er langt høye så lenge utnyttelsen er lav. For å stimulere til tidlig innfasing av hydrogenkjøretøyer, bør derfor prinsippet om teknologinøytralitet fravikes i noen tilfeller.

Usikkerhet knyttet til tilgang på biler

Det fremstår som en reell barriere at antallet hydrogenkjøretøy som blir tilgjengelig fram mot 2020 og 2025 er både begrenset og usikkert. Dette er en utfordring som kan løses ved at staten inngår forpliktende avtaler med hydrogenbilprodusenter. Det er sannsynlig at en kombinasjon av virkemiddel på tilbudssiden og etterspørselssiden som signaliseres gjennom langsiktig politikk vil være tilstrekkelig til å gjøre Norge attraktivt for bilprodusentene.

Behov for en nasjonal strategi

Det at Norge lenge har manglet en hydrogenstrategi og politisk forankrede planer og ambisjoner for innfasing av hydrogen, har redusert Norges synlighet internasjonalt, og gjør at Norge fremstår som et mindre attraktivt marked for hydrogenkjøretøy. Studien viser at en nasjonal hydrogenstrategi og kvantifiserte mål for innfasing av hydrogen som drivstoff er avgjørende hvis overordnede nasjonale klimamålsettinger, samt transportsektorens forpliktelser og mål når det gjelder nullutslipp, skal kunne nås. En nasjonal strategi er nå under planlegging og skal lanseres som en del av Energimeldingen våren 2016. Denne studien er et innspill fra de norske storbyene til denne strategien når det gjelder nasjonale rammebetingelser og potensialet for hydrogen.

Det anbefales derfor sterkt at Hydrogenstrategien utarbeides på selvstendig grunnlag og at Olje- og energidepartementet involverer sentrale aktører i arbeidet, derunder regionale offentlige myndigheter (kommuner og fylkeskommuner), industri, akademia og bransjeorganisasjonen Norsk hydrogenforum.

Samspillet mellom nasjonale myndigheter og lokale myndigheter

Samspillet Storbyene vil spille en viktig rolle i en større nasjonal satsing. Det å simulere til innfasing av hydrogen til transportformål, både når det gjelder utbygging av hydrogenstasjoner samt økt etterspørsel av hydrogen som drivstoff i de største storbyene, vil være et avgjørende for på sikt å kunne få på plass en større nasjonal satsing. Her vil man ved målrettet virkemiddelbruk for etablering av hydrogenstasjoner

raskt kunne stimulere til økte volum av hydrogenkjøretøy. En kombinasjon av statlige og regionale/lokale virkemidler vil være nødvendig som beskrevet tidligere.

Vi anbefaler at nasjonale myndigheter i en startfase tar ansvaret for å utarbeide og implementere virkemidler som sikrer at fyllestasjoner blir bygget ved hjelp av investeringsstøtte og driftstøtte. Dette bør videreføres nasjonalt i form av investeringsstøtte og virkemiddel som stimulerer til økt utnyttelse av stasjonene (feed-in tariffer). For at dette skal bli vellykket må også etterspørselssiden stimuleres. Her kan kommuner og fylkeskommuner spille en stor rolle ved sine reguleringer og sin innkjøpspolitikk. Det mest treffsikre virkemiddelet for å stimulere økt andel hydrogenbiler, vil være avgiftsfritak og privilegier som etableres nasjonalt.

9 Referanser

Statens Forurensningstilsyn (2005): Reduksjon av klimagassutslipp i Norge. En tiltaksanalyse for 2010 og 2020 (TA 2121/2005)

Akershus fylkeskommune (2014) hydrogenstrategi (2014-2025). Strategi for tidlig innfasing av hydrogen-drivstoff i Oslo og Akershus. Fylkestingsak 19/14

Hydrogenics (2013): Hydrogenics Selected References Fueling Stations
<http://www.hydrogenics.com/docs/default-source/pdf/renewable-projects-references---fueling-stations.pdf?sfvrsn=0>

IEA (2015) Technology Roadmap, Hydrogen and Fuel Cells, Paris , France

Ogden, J.M.; Nicholas, M. (2011). "Analysis of a 'Cluster' Strategy for Introducing Hydrogen Vehicles in Southern California." *Energy Policy* (39:4); pp. 1923-1938.

Ogden, J.; Yang, C.; Nicholas, M.; Fulton, L. (2014): *NextSTEPS White Paper: THE HYDROGEN TRANSITION* , July 29, 2014 Institute of Transportation Studies, University of California, Davis

Melaina, M.; Penev, M. (2013): Hydrogen station cost estimates - comparing hydrogen station cost calculator results with other recent estimates, National Renewable Energy Laboratory.

Pratt, J.; Terlip, D.; Ainscough, C.; Kurtz, J. (2015): H2FIRST Reference Station Design Technical Report NREL/TP-5400-64107 SAND2015-2660 R

Qin, N.; Brooker, P.; Srinivasan, S. (2014): Hydrogen Fueling Stations Infrastructure, EVTC Report Number: EVTC-RR-02-14

ARB (2015): *2015 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment and Hydrogen Fuel Station Network Development*, Air Resources Board, California Environmental Protection Agency

Vedlegg A - Status for hydrogenteknologi og tilgjengelighet av hydrogenkjøretøyer i ulike transportsegmenter

I dette vedlegget gir vi en status for hydrogenteknologier som er relevante for implementering i forskjellige segmenter av transport, med fokus på det mest relevante for en potensiell tidlig innfasing av slike kjøretøy i norske storbyer.

Hydrogenbiler

Dagens hydrogenbiler har en typisk rekkevidde på 5-700 km og fylletid på 3-4 min. Til forskjell fra elbiler, er energien om bord lagret i form av hydrogen som konverteres (etter behov) til elektrisitet i en brenselcelle. Hydrogentanken og brenselcella erstatter dermed elbilens batteri. Et lite batteri gjør at hydrogenbilen også kan ivareta energi ved regenerativ bremsing. Ellers er hydrogenbilen lik elbilen med en elektrisk framdriftsmotor.

Hydrogenbilene har tilsvarende ytelse som konvensjonelle biler med forbrenningsmotor, og levetiden er opp til 300 000 km²⁵. Hovedutfordringen er at kostnadene må senkes betydelig. Mye av dette har med masseproduksjon å gjøre; bla er det mange komponenter som nå spesialbygges for disse bilene, og sammenstilling skjer i stor grad manuelt da produksjonsseriene foreløpig er små (noen 100 til 1000 biler/år). Alle de store bilprodusentene jobber med hydrogenteknologi for personbiler, de fleste har prototyper på veiene og de har lagt planer for mindre skala serieproduksjon innen 2020:

- Hyundai - kan kjøpes i Norge nå (kr. 499 000), produseres i inntil 1000 eksemplarer (2013-15)
- Toyota - serieproduksjon fra desember 2014, første biler forventes til Norge i 2016
- Honda - lansert på Tokyo Motor Show høsten 2015, produksjon av noen 100 biler fra 2016
- BMW - samarbeider med Toyota og vil etterhvert levere biler med drivlinje fra Toyota
- Ford/Nissan/Daimler samarbeider, og har planer for lansering i 2017/2018
- Andre bilmerker (Volkswagen, Audi,m.fl.) har modeller under utvikling/demonstrasjon



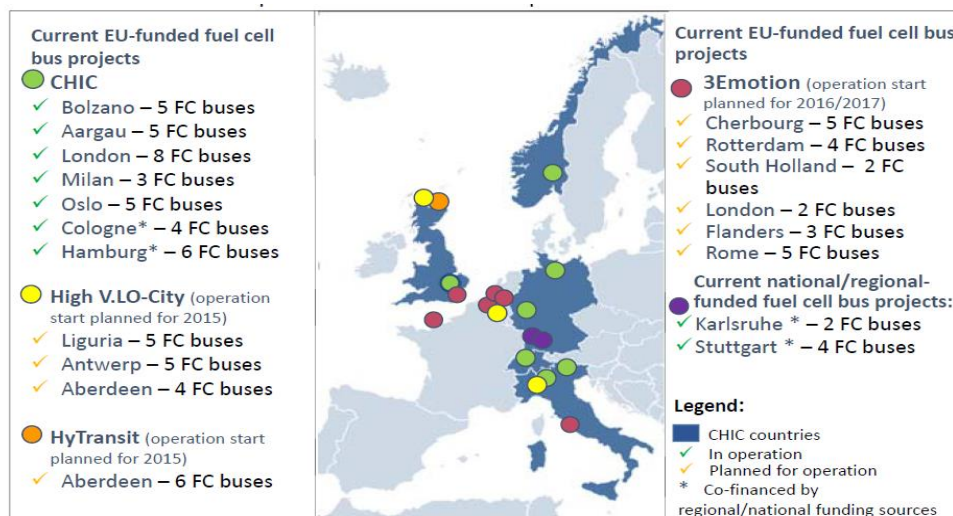
Figur 32. Tre hydrogenbiler som allerede er introdusert i markedet: Daimler FCell (tv), foto: S. Møller-Holst, Hyundai ix35 (i midten), kilde Hyundai, og Toyota Mirai (th), kilde Toyota.

²⁵ Daimlers B-klasse, presserom 7.oktober 2014, F-Cell <http://media.daimler.com/dcmedia>.

Hydrogenbuser

I dag er det i underkant av 100 hydrogenbuser i drift/planlagt drift i Europa gjennom en rekke demonstrasjonsprosjekter finansiert av EU eller regionale/nasjonale midler (som vist i Figur 33):

- Clean Hydrogen In European Cities, CHIC: <http://chic-project.eu>
 - Minimum 26 busser i 5 byer (inkl. Oslo)
- High V.LO-City <http://highvlocity.eu/>
 - Minimum 14 busser i 3 byer
- HyTransit <http://www.fch-ju.eu/project/european-hydrogen-transit-buses-scotland>
 - Fokus på busser også utenfor bykjernen




Figur 33: Demonstrasjonsprosjekter for hydrogenbuser i Europa²⁶.

I USA er det en tilsvarende aktivitet med forskjellige demonstrasjonsprosjekter finansiert av Federal Transit Administration (FTA) (som sorterer under Department of Transportation (DoT)) og Department of Energy (DoE), blant annet gjennom prosjektet "National Fuel Cell Bus Program". Total er det omlag 50 busser som er i drift eller under planlegging i USA (som vist i Figur 34).

²⁶ http://www.h2fc-fair.com/hm15/images/forum/ppt/03wednesday/16_00.pdf

Fuel Cell Electric Bus Evaluations for DOE and FTA																			
Demonstration	State	City	# Buses	2014		2015				2016				2017					
				3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
ZEB A Demonstration *	CA	Oakland	12	AC Transit															
	CA	Thousand Palms	1	SunLine															
American Fuel Cell Bus (AFCB) *	NY	Ithaca	1																
	OH	Canton, Cleveland	2																
	CA	Irvine	1																
AFCB (TIGGER)	MI	Flint	1																
	CA	Thousand Palms	3																
Birmingham FCEB *	AL	Birmingham	1																
Massachusetts AFCB *	MA	Boston	1																
Advanced Composite FCEB *	TX	Austin	1																
	DC	Washington																	
Next-gen Compound Bus *	CA	San Francisco	1																
Battery Dominant AFCB *	CA	Thousand Palms	1																
AFCB (LoNo)	CA	Thousand Palms	5																
	OH	Canton	5																

* National Fuel Cell Bus Program project



Color coded by Design Strategy:

- Fuel cell dominant hybrid electric
- Battery dominant hybrid electric
- Diesel hybrid with fuel cell primarily for accessories

Figur 34: Oversikt over pågående eller planlagte demonstrasjonsprosjekter i USA ²⁷

I CHIC-prosjektet har Ruter under testing 5 VanHool 12 meters hydrogenbusser i Oslo og det har blitt bygget en hydrogenstasjon for disse bussene på Rosenholm med kapasitet på 250 kg/døgn og 350 bar trykk.

Gjennom de eksisterende demonstrasjonsprosjektene beskrevet over har man fått redusert kostnadene for bussene med 50-75 % og økt tilgjengeligheten til et nivå på 75 % etter at denne i den innledende fasen lå på rundt 60 %²⁸. Kostnadene gjenstår som den største barrieren for innfasing av hydrogenbusser i normal drift og en videre reduksjon av denne er avhengig av økt salgsvolum. Gjennom et initiativ tatt av FCH-JU signaliserte Europeiske bussprodusenter (Daimler Buses (EvoBus), MAN, Solaris, Van Hool and VDL Bus & Coach) en felles engasjement for videre kommersialisering av hydrogenbusser gjennom å signere et "letter of understanding" ²⁹ den 12. november 2014. FCH JU har nylig sammenfattet, fra ulike aktørers innfasingsplaner, at 3-400 busser vil kunne være på veien innen 2020³⁰. Under TEN-T dagene i juni 2015 signerte representanter for fem nasjonale grupperinger (Tyskland, Italia, Latvia, Nederland og Storbritannia) en intensjonserklæring på vegne av omlag 30 Europeiske byer om å ta i bruk et hundretalls hydrogenbusser³¹.

Kravspesifikasjonene for busser er en del strengere enn for personbiler pga. adskillig lengre levetid (~1 million km over 10 år) og tøffere bruk av busser sammenlignet med personbiler. Fordelen med busser er stordrift/flåtedrift, slik at sentralt plassert hydrogenfylling kan gi drivstoff til lavere kostnad.

²⁷ http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review15/tv008_eudy_2015_o.pdf

²⁸ Informasjon innhentet i forbindelse med intervjuer i denne studien (Pernille Aga, Ruter).

²⁹ <http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Content-letter%20of%20understanding.compressed.pdf>

³⁰ [http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/6-FuelCellBuses_PRD2015%20\(ID%202848593\).pdf](http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/6-FuelCellBuses_PRD2015%20(ID%202848593).pdf)

³¹ http://chic-project.eu/wp-content/uploads/2015/06/Press-Release-TEN-T_FCH_23062015-final.pdf

Ruter fikk nylig gjennomført en studie³² der de har fått vurdert ulike framdriftsteknologier og deres teknologiske modenhet for implementering i Oslo og Akershus. Hensikten med utredningen har vært å gi en faktabasert og objektiv gjennomgang av fornybare framdriftsløsninger og hvilke implikasjoner dette har for Ruters ambisjon om kun å benytte fornybart drivstoff fra 2020.

Fra studiens resultater (se Figur 35) kan det slutes at brenselcellebusser (Fuel Cell) og batteri-elektriske busser (Overnight og Opportunity) anses å ha samme teknologiske modenhetsnivå i 2015, at disse (sammen med ladbare hybrider (PHEV)) vil være delvis kommersielt tilgjengelige i 2020 og at infrastrukturen teknologisk sett forventes å være moden i 2020. For hydrogen forventes det at tilgjengelighet av drivstoff ikke tilstrekkelig til hele kjøretøyparken i 2020. Kostnadsmessig (Total Cost of Ownership, TCO) ligger brenselcellebuskene noe høyere enn de batterielektriske i 2020.

	Bus technology maturity level 2015	Commercial ready in 2020	Infrastructure maturity 2020	Fuel/energy availability in 2020	Reduced local emissions vs. Euro V diesel	Reduced WTW CO ₂ emissions towards conventional diesel	Energy consumption	TCO Index 2020
Biodiesel	●	✓	●	✓	●	●	High	98-102
Bioethanol	●	✓	●	(✓) ¹⁾	●	●	High	103-108
Biogas	●	✓	●	(✓) ¹⁾	●	●	High	108-114
HEV	●	✓	●	✓	●	●	Medium	98-104
PHEV	○	(✓)	●	✓	●	●	Medium/low	114-127 ³⁾
Overnight	○	(✓)	●	✓	●	● ²⁾	Low	108-121
Opportunity	○	(✓)	●	✓	●	● ²⁾	Low	110-122
Fuel cell	○	(✓)	●	(✓) ¹⁾	●	● ²⁾	Medium	132-151

● High ○ Low ✓ Available (✓) Partly available
 1) Capacity not sufficient for whole fleet 2) Renewable electricity, excluding CO₂-impact from battery production which is significant 3) PHEV with opportunity charging

Summary of analysis results by technology towards 2020³

Figur 35 Resultater fra ny studie³² som Ruter har fått utført og som vurderer ulike framdriftsteknologier for busser.

Videre er det anslått følgende:

- In 2015, c. 80% uptime is to be expected for plugin hybrids, overnight, opportunity and fuel cell buses, compared to 98% for diesel buses.
- Biodiesel ICE and biodiesel hybrid solutions are expected to be the least costly renewable powertrain options also in 2025.
- From a CO₂ well-to-wheel emission standpoint, fully electric (both overnight and opportunity), PHEVs, fuel cells, and biogas EURO VI powertrains are more or less equivalent and all very good options.

³² Renewable energy powertrain options for Ruter, A Report for Ruter – Public Transport in Oslo and Akershus Developed by Roland Berger Strategy Consultants, in cooperation with Ruter, April 2015

Gjennom EU-programmet FCH JU fokuseres det nå på oppskalering av hydrogenstasjoner slik at disse skal kunne dekke drivstoffbehovet for større bussflåter. Forventningen er at det i kommende utlysning(er) vil bli spurt etter

flere busser, hvorav flåtene i hver by skal være større enn før. Første ledd i denne utviklingen er utvikling av nye konsepter for større hydrogenstasjoner. I prosjektet NewBusFuel (som fikk midler fra Horizon2020-utlysningen i 2014³³) gjennomføres det nå "engineering studies" i et bredt samarbeid mellom 13 industriaktører, 12 bussoperatører og 3 støtte-partnere (hvorav Kunnskapsbyen Lillestrøm er én av sistnevnte). Blant industriaktørene finner vi alle de 5 store Europeiske bussprodusentene, Mercedes Benz, MAN, Solaris, VanHool og VDL.

Vare- og lastebiler med hydrogen som drivstoff

Varebiler og tunge kjøretøy står for en betydelig del av utslippet fra vegtransport i Norge (4.4 mill. tonn/år, Miljødirektoratet (Figur 5). Grunnet begrenset rekkevidde for batteri-elektriske kjøretøy, er det blitt utviklet brenselcelle-systemer som kan (etter-)monteres i disse. Såkalte "range extenders", eller rekkeviddeforlengere, gir ikke bare litt lengre rekkevidde, men med rask fylling kan kjøretøyene brukes hele døgnet om nødvendig. Lengre rekkevidde er svært viktig for flåtekjøretøy og derfor er prototypene utviklet og under uttesting nettopp i dette transportsegmentet. Det er flere produsenter av disse, men det jobbes med systemer for alle typer kjøretøy: små og store varebiler, lastebiler, busser og taxier. Lengst fremme er franske SymbioFC³⁴ og tyske Proton Motor³⁵. Produktene til leverandøren SymbioFC beskrives nærmere her:

Symbio FCell - Renault Kangoo ZE

- Systemet produseres av SymbioFC, men monteres inn i bilene av Renault
- Mulig å montere i både nye og gamle elektriske biler
- Mer enn 50 biler levert
- Mer enn 500 i bestilling (på kundelisten står bl.a. den franske Posten og DHL)
- Planlegger levering til 1000 biler i 2016
- Koster ca € 27 000, halveres når produksjon kommer opp i 1000 enheter.

³³ http://cordis.europa.eu/project/rcn/197930_en.html

³⁴ <http://www.symbiofc.com/en/>

³⁵ <http://www.proton-motor.com/>



Figur 36 Brenselcelle, 5 kW (tv) som rekkeviddeforlenger for Renault Kangoo ZE (th), monteres i lasterommet, kilde SymbioFC³⁶.

SymbioFC³⁶ - Renault Trucks Maxity Range Extender

- 3.5 tonns (2t nyttelast) elektrisk lastebil med rekkeviddeforlenger
- 20 kW brenselcelle, hydrogentank 4 kg H₂
- 300 km rekkevidde i urban kjøresyklus
- Første enhet klar i slutten av 2013
- Franske posten startet tester i begynnelsen av 2015
- Tett samarbeid med Renault Trucks for support og salg



SymbioFC³⁶ - Renault Trucks Midlum

- Større lastebiler, 12 til 19 tonn
 - 170 kW e-motor, 80kW brenselcelle FC + 40 kWh batteri
 - By-distribusjon for f.eks. supermarked og matvarer
 - 400 km rekkevidde
 - Første test av kjøretøy i 2016



SymbioFC³⁶ - Renault Trucks Premium

- Distribusjonsbiler, 38 til 44 tonn
 - 300 kW e-motor, 160 kW brenselcelle + 80 kWh batteri
 - 25 kg H₂, 500 km rekkevidde
 - Regional varedistribusjon (f.eks. Trondheim-Steinkjer)
 - Klar for test om noen år



I USA har det også de siste årene vært utviklet prototyper. Ett eksempel er en trekkvogn³⁷ for det nord-amerikanske markedet.

³⁶ http://www.symbiofc.com/symbio3/wp-content/uploads/2015/05/kangooZEH2_en2015-05.pdf

³⁷ <http://www.hydrogenics.com/docs/default-source/default-document-library/hypm-hd-30.pdf?sfvrsn=0>



Figur 37. Trekkvogn med brenselceller fra Hydrogenics³⁷.

Hydrogen-gaffeltrucker

Gaffeltrucker på hydrogen er allerede kommersialisert i USA/Canada av Plug Power. Over 6000 enheter var i drift ved utgangen av 2014³⁸, hos store brukere som WalMart og BMW, i flåter på over 100 kjøretøy per lokasjon. Igjen er det stordriftsfordelene med hydrogen som bidrar til å gi positivt totalregnskap, og den store fordelen med hydrogen er kort fylletid vs. batteribytte/ladetid. Flere produsenter utvikler slike systemer i dag, bla Plug Power (US) HyPulsion (EU, Plug Power/Air Liquide), Fronius (Østerrike), H2Logic (Danmark), ITM Power + Infintium Fuel Cell Systems (UK). Nesten alle Plug Powers gaffeltrucker er solgt i USA/Canada; de første leveransene i Europa skjer i disse dager. I praksis lages komplette brenselcellesystemer som kan erstatte dagens batterier i eksisterende gaffeltrucker.



Figur 38. Hydrogendrevne gaffeltrucker har erstattet samtlige batteri-elektriske trucker i Walmarts største varehus i Balzac Alberta, Canada³⁹.

³⁸ <http://www.nrel.gov/analysis/pdfs/Fuel%20Cell%20Forklift%20Deployment%20in%20the%20US.pdf>

³⁹ <http://www.chfca.ca/say-h2i/materials-handling/walmart-canada-fuel-cell-forklift-fleet>

Hydrogentog

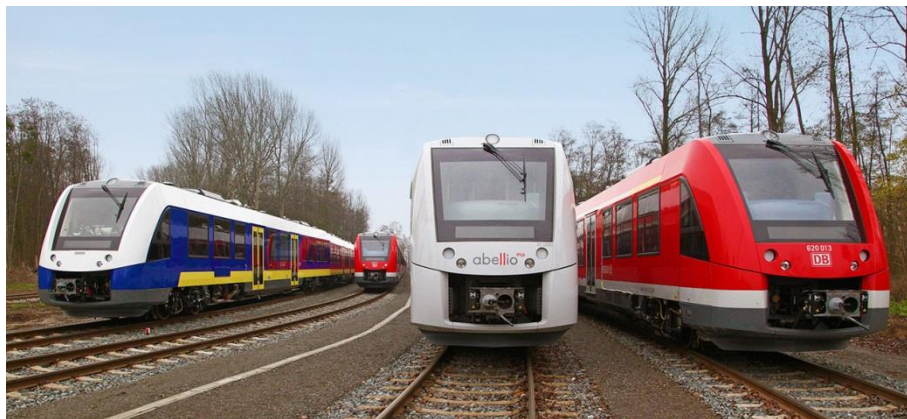
I mer enn 10 år har Japan Rail East operert en test-motorvogn (New Energy (NE) Train) som fra starten i 2003 ble drevet av en dieselhybrid. I 2006 ble forbrenningsmotoren og diesel byttet ut med brenselceller og hydrogen⁴⁰. Dette var verdens første hydrogen/batteri-hybrid. Fra 2009 ble motorvognsettet utstyrt med Li-batterier og pantograf. Hybrid-toget har en toppfart på 100 km, og den rene batteri-elektriske løsningen en rekkevidde på 50 km (se Figur 39).



Figur 39. Japan Rail East (JR) persontog ble satt i drift i 2006 som verdens første brenselcellehybrid.

Hydrogen egner seg som drivstoff for tunge kjøretøyer som skal ha lang rekkevidde. Dette er bakgrunnen for at flere industriaktører nå engasjerer seg innen bruk av hydrogen i tog.

Både Bombardier og Alstom har de siste årene utviklet konsepter for hydrogendrevne persontog. Alstoms versjon har et fremdriftssystem med effekt på 600 kW, og Alstom har nylig inngått et samarbeid med Canadiske Hydrogenics for leveranse av brenselcellesystemene.



Figur 40. Den franske togprodusenten Alstom har 50 persontog i bestilling fra 4 tyske regioner. De skal settes i drift i perioden 2018-2021. Regionene har opsjon på ytterligere 13 togsett.

⁴⁰ <http://www.jreast.co.jp/e/press/20060401/>

Hydrogen som drivstoff i anleggsmaskiner

Det er to hovedfordeler med elektriske drivlinjer i anleggsmaskiner. Den første er naturligvis utslippene. Den andre er fleksibiliteten mht. å drive ulikt tilleggsutstyr. Mens man i konvensjonelle anleggsmaskiner benytter mekanisk overført kraft via drivakslinger, vil man i de elektriske (og derunder hydrogen/brenselcelledrevne) systemene distribuere energien elektrisk (i kabler) og omsette denne i slitesterke elmotorer. Dette gir langt færre bevegelige deler og dermed mindre slitasje. Elektriske anleggsmaskiner forventes derfor å bli mer robuste og få betydelig lavere vedlikeholdskostnader. Den første traktor med brenselceller ble demonstrert i 1959 (Allis Chalmers). I 2012 demonstrerte New Holland en hydrogenmotor i Torino og to eksemplarer til ble bygget for demonstrasjon⁴¹. Kostnaden for vanlig traktor er 120-130 000 Euro, mens hydrogenprototypen kostet omlag 1 million Euro. I mindre serier, vil produsenten forvente en prislapp på omlag 800 000 Euro, hvilket fremdeles vil være prohibitivt for de aller fleste kunder.



Figur 41. New Hollands hydrogenrevne brenselcelletraktor demonstrert i Torino i 2012⁴²

Anleggsmaskinprodusenten JCB kjøpte seg tidligere i år inn i selskapet ITM Power som produserer brenselceller⁴². Hydrogenics, en av verdens ledende produsenter av brenselceller, lanserte i januar 2015 et produkt, Celerity, som skal være egnet for tyngre kjøretøyer, anleggsmaskiner⁴³, og gruvemaskiner⁴⁴.

Hydrogen som drivstoff i maritim transport

Hydrogen som drivstoff har også vært demonstrert i maritim sektor i en årrekke. Det skilles gjerne mellom to typer energibehov i større skip, framdrift og hjelpekraft, sistnevnte dekker så som utstyr ombord samt lasting og lossing, der hovedmaskineriet som oftest går på tomgang eller er avstengt.

⁴¹ http://www.hfcletter.com/issues/XXIV_3/stories/1290-1.html

⁴² <http://www.equipmentworld.com/jcb-just-bought-a-controlling-stake-in-a-hydrogen-fuel-cell-company-hmmm/>

⁴³ <http://www.truckinginfo.com/article/story/2015/02/hydrogen-fuel-cell-power-made-simple.aspx>

⁴⁴ <http://mdec.ca/2014/S2P1-Sookhoo.pdf>

En rekke demonstrasjoner har vært gjennomført over de to siste tiårene i ulike segmenter av maritim transport. Ett eksempel er Proton Motors ZEMShip "Alsterwasser"⁴⁵, et annet er Prototechs noe mindre demonstrasjon av brenselceller i MS Vågen (Bergen) for noen år tilbake (se Figur 42).



Figur 42. Hydrogendrevne skip med brenselceller, Alterwasser⁴⁵ i Tyskland (tv) og MF Vågen i Bergen (th), foto S. Møller-Holst.

Det har vært fokus på brenselceller for maritim bruk i Norge siden Hydro i 1999 initierte H2-ferry-prosjektet. Studien ble gjennomført av NTNU, SINTEF and IFE. For større skip, ble det først EU-prosjektet (FCShip) initiert og koordinert av SINTEF/Marintek. Prosjektet inkluderte et bredt Europeisk konsortium. FC-ship-aktiviteten ble fulgt opp av DnV, Wärtilä, Eidesvik og andre i Fellow-Ship prosjektet, som til dags dato er den største demonstrasjon av brenselceller i skip. Enheten på 320 kW leverte hjelpekraft i supply-shipet Viking Lady⁴⁶ og ble første gang vist fram under COP15-møtet i København i 2009. Supply-skipet er naturgassdrevet, og brenselcellen (høytemperatur smeltekarbonatbrenselcelle (MCFC)) ble drevet direkte på naturgass.

En utfordring er at det ikke finnes regelverk for bruk av hydrogen som drivstoff i skip. Da det tok 8 år å etablere regelverk for bruk av flytende naturgass (LNG) i skip, forventes det at det vil kunne ta adskillige år for hydrogen.

Sist, men ikke minst, har hydrogen vært benyttet som drivstoff i ubåter siden 1990-tallet både av den tyske og italienske marinen. Enheter for drift ubåter driftes på ren oksygen og hydrogen, og foretrekkes framfor stemplemaskineri fordi de gir lavere termisk signatur.

Hydrogen i havner

Norge er en betydelig sjøfartsnasjon, og har mange større havner. Når skip ligger til havn, bruker man per i dag dieselgeneratorer for å produsere strømmen skipene bruker. Et gjennomsnittlig cruiseskip forbruker 3000 liter diesel per time når det ligger til kai⁴⁷. En måte å løse denne utfordringen på er å oppgradere strømmettet lokalt og således kunne koble skipene til landstrøm direkte fra nettet. Arbeidet med å

⁴⁵ <http://domodos.blogspot.no/2012/06/barco-hibrido-pila-combustible.html>

⁴⁶ http://www.fuelcelltoday.com/media/1747433/12-12-05_fuel_cells_for_greener_shipping.pdf

⁴⁷ <http://www.elektronett.no/default.asp?menu=2&id=534>

implementere systemer som begrenser miljøpåvirkningen av skip som oppholder seg i havneområder er allerede i gang. Siden 2012 har ColorLines skip i Oslo havn koblet seg til landstrøm. I juni 2015 ble det første supply-skipet i Bergen Havn koblet til landstrøm⁴⁸. Besparelsene i utslipp for de to installasjonene tilsvarer henholdsvis 1700 og 4800 personbiler.

I naturskjønne områder med høy turisttetthet, som f.eks. i Geiranger, er det stadig økende fokus på lokale utslipp, og da spesielt NOx og partikler fra cruise-skip. Geirangerfjorden Verdsarv er blant pådriverne for å redusere miljøpåvirkningen av den betydelige turisttilstrømmingen. I slike områder, der det typisk er svakt nett (som f.eks. i Vestlandsfjordene), kan det være mer kostnadseffektivt å ta i bruk brenselceller for å levere landstrøm i turistsesongen. Hydrogen til brenselcellene kan produseres lokalt fra fornybare kilder (vann-, vind og småkraft) og lagres fra lavsesong til perioder med spesiell høye etterspørsel. Vi har imidlertid i denne studien ikke foretatt estimater for bruk av hydrogen til landstrøm.

Hydrogenrådet har anbefalt⁴⁹ at norske myndigheter i samarbeid med relevant maritim kompetanse utarbeider og publiserer en samlet oversikt over klimautslipp og klimapåvirkning fra norske havneaktiviteter. Rådet anbefaler videre at det gjennomføres systemvurderinger og mulighetsstudier av mulige klimavennlige løsninger på skip og for norske havner som kan bidra til å erstatte dagens utslipp med lavutslippsløsninger inklusive hydrogen. Det er mulig at slike løsninger kan være spesielt egnet i mindre byer med store havner og begrenset tilførsel av elektrisitet, for eksempel Larvik, Kristiansand, og Drammen, samt generelt i havner med stor cruisetrafikk. Om man har hydrogen tilgjengelig via landstrøm-løsninger, vil det også kunne benyttes som rent drivstoff til kjøretøy som er tilknyttet havnene.

⁴⁸ http://www.sysla.no/2015/06/17/maritim/na-far-offshore-bater-landstrom-i-bergen_52425/

⁴⁹ Hydrogenrådets Handlingsplan 2012-2015, <http://www.hydrogen.no/hydrogenradet/handlingsplan/handlingsplan-for-2012-2015/>

Vedlegg B - Rammeverk og metode for å predikere adopsjon av hydrogenkjøretøyer i ulike transportsegmenter

Hydrogenkjøretøyer har potensial for å dekke deler av behovet i en rekke segmenter av transport. Adopsjon av hydrogenkjøretøyer er avhengig av en rekke faktorer, og disse varierer igjen betydelig med hvilket transportsegment man ser på:

- Tilgang på kjøretøyer
- Tilgjengelighet av drivstoff
- Sluttbrukers totalkostnad (Total Cost of Ownership, TCO)
- Utskiftingstakt
- Krav/Reguleringer

I delkapitlene nedenfor vil disse faktorene diskuteres for ulike transportsegmenter, og basert på dette er tilnærming og metode for prediksjon av adopsjon tilpasset. Til slutt i hvert delkapittel peker vi på noen viktige barrierer for adopsjon i de ulike transportsegmentene.

Personbiler

Personbiler utgjør det klart største segmentet av transport når det gjelder antall kjøretøyer og der tilhørende klimagassutslipp. Tilgangen på hydrogenkjøretøyer er i dag svært begrenset (totalt 1-2000/år globalt), men forventes å øke betydelig de første 5 årene til noen 10 000 kjøretøyer i 2020. Norge vil kun motta en liten andel av disse. Antallet hydrogenbiler til Norge avhenger bla. av hvorvidt Norge kan framsette klare planer for hvordan hydrogen som drivstoff vil bli tilgjengelig.

Forholdet mellom andelen el- og hydrogenbiler i personbil- så vel som i taxi-segmentet (se påfølgende avsnitt) vil avhenge av de totale kostnadene for kjøretøyene inkludert driftskostnader. Man opererer her gjerne med begrepet Total Cost of Ownership (TCO⁵⁰), som et mål for totalkostnaden for sluttbruker av ulike kjøretøyer. Mens elektrisitet (for lading av elbiler) gir en svært lav driftskostnad (~20 øre/km?), forventes hydrogen å få en kostnad på linje med diesel og bensin (90 øre/km).

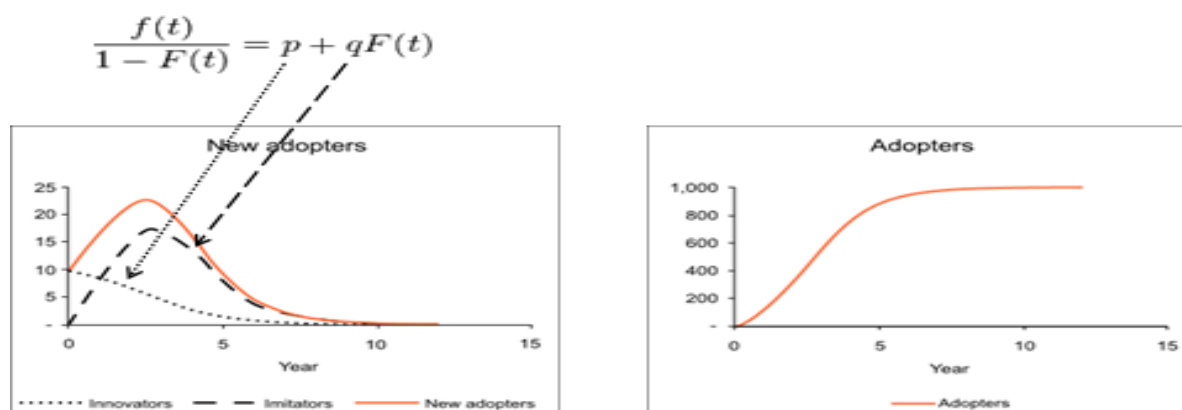
Kostnaden for selve kjøretøyet er avhengig av kostnadsutvikling for batteri- og hydrogenteknologi. En annen viktig parameter er kjøretøyenes levetid. Usikkerhet mht. levetid for nye teknologier gjør at annenhåndsverdien av kjøretøyene er usikker, hvilket igjen virker inn på kjøpernes vilje til å kjøpe disse. Det framsatt en rekke ulike scenarier både mht. forventninger til kostnader og levetid for batteri- og hydrogenteknologi for personbiler. Det vil være for omfattende å diskutere disse i detalj her.

Blant barrierer for implementering i av hydrogenbiler i personbilsegmentet kan nevnes:

- Høyere pris på kjøretøyet i en tidlig fase
- Begrenset tilgang på drivstoff (få hydrogenstasjoner)
- Få bilmodeller å velge mellom (personlige preferanser hos kjøper)
- Usikkerhet mht. kjøretøyenes annenhåndsverdi

⁵⁰ TCO, Total Cost of Ownership defineres som sluttbrukers totalkostnad i form av investerings- og driftskostnader over kjøretøyets levetid for en gjennomsnittlig årlig kjørelengde for denne type kjøretøy i et gitt brukerssegment.

En sondering av litteratur ledet fram til at Bass-modellen er egnet for å predikere adsorpsjon av hydrogenkjøretøyer i transportsektoren. Dens to hovedparametere beskriver to hovedgrupper av kundegrupper for bilene: Innovatørene som uavhengig av hva andre gjør, går til innkjøp av den nye teknologien til tross for at tilgang på drivstoff er begrenset og at kjøretøyene har en noe høyere pris enn tilsvarende konvensjonelle kjøretøyer. Denne gruppen gir den initielle etterspørselen idet produktet blir tilgjengelig, som så avtar kontinuerlig. Dernest tar Imitatorene etterhvert over, en kundegruppe som responderer i form av å etterspørre produktet avhengig av hvor mange andre som har kjøpt dette.



Figur 43. Bass diffusjonsmodell for adopsjon av nye teknologier, der man skiller mellom innovatører (p) og imitatorer (q) (tv) som tilsammen gir en adopsjon av teknologien (th).

Adopsjonen av teknologien er en funksjon av disse to kundegruppenes etterspørsel og øker inntil man møter metningspunktet (her 1000) i markedet som vist i Figur 43.

Bass-modellen i den form den her er formulert, tar imidlertid ikke hensyn til begrensninger i tilgang på kjøretøyer. Det er derfor valgt å avstemme resultatene fra Bass-modellen med bilprodusentenes uttalte planer for å produsere hydrogenkjøretøyer.

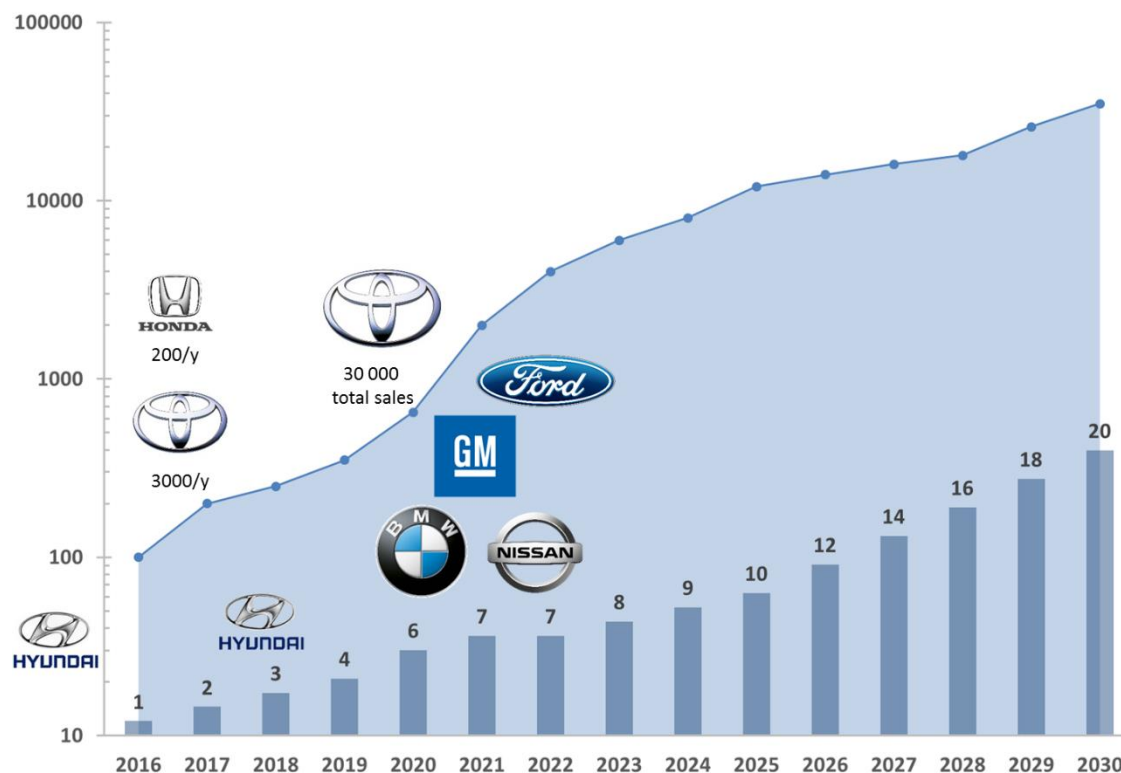
Det er viktig å ta inn over seg at det norske personbilmarkedet er meget lite i et internasjonalt perspektiv. Andre markeder, så som Japan, California og enkelte medlemsland i EU er førstevalget når det gjelder lansering av nye bilmodeller. Avgiftsfritaket og andre fordeler for 0-utslippsbiler har ledet til at Norge er i verdenstoppen mht. å implementere elbiler. Disse fordelene gjelder også hydrogenbiler, men begrenset tilgang på drivstoff (kun på Østlandet) og til nå kun 1 bilmodell i ordinært salg (Hyundai ix35) har bidratt til at salget av hydrogenbiler har vært svært beskjedent. Til tross for svært lave produksjonsvolumer (noen 1000 biler/år) viser imidlertid produsentenes estimater at prisen for hydrogenbiler forventes å bli tilsvarende plug-in hybridbiler med forbrenningsmotor (NB: før avgifter). Dette vil gjøre hydrogenbiler konkurransedyktige i Norge på et tidligere tidspunkt enn i de fleste andre land.

En modell, basert på antallet tilgjengelige bilmodeller med hydrogendrift, gjennomsnittlig salgsvolum av de ti vanligste bilmodellene i Norge og tilgjengelighet av hydrogen ble utviklet og er gitt i ligningen under.

$$n = \alpha \cdot A \cdot \beta \cdot N$$

Hvor n er antall solgte hydrogenbiler, α er antallet bilmodeller med hydrogendrift, β er dekningsgraden for hydrogenstasjoner, N er det totale antallet biler solgt og A gjennomsnittlig markedsandel for de ti mest solgte bilene i Norge. I tillegg ble det lagt inn et tak på antallet solgte biler som er estimert ut ifra signaler

fra bilprodusentene om produksjonsvolum og antall bilmodeller på hydrogendrift fram mot 2030. En oversikt over disse antagelsene er gitt i Figur 44.



Figur 44: Oversikt over anslått antall bilmodeller og totalt antall biler med hydrogendrift tilgjengelig i Norge fram mot 2030

Taxier

Taxier har typiske, årlige kjørelengder på 70 - 80 000 km⁵¹, hvilket er omlag 6 ganger lengre enn personbiler. En mye raskere utskifting (omlag 3 år) gjør at dette segmentet er spesielt interessant mht. å realisere tidlige reduksjoner i klimagassutslipp og lokal forurensning. Gjennom offentlige innkjøp av tjenester kan taxinæringen reguleres i form av krav og restriksjoner.

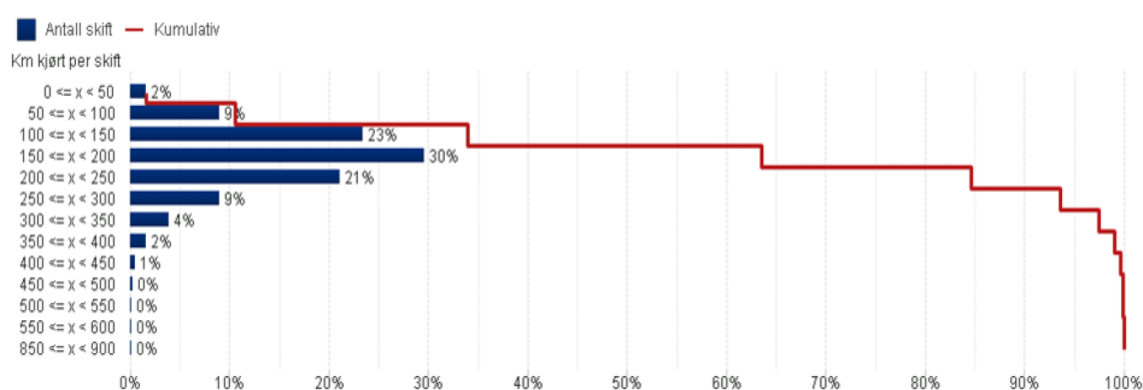
Potensialet for adopsjon av hydrogen som drivstoff i taxisegmentet må sees i forhold til:

- Tilgjengelighet på hydrogenbiler og deres ytelse (rekkevidde)
- Kostnad for hydrogenbiler og konkurrerende teknologier
- Teknologiutvikling for konkurrerende teknologier
- Typisk kjørelengde per skift for taxier
- Fleksibilitet mht. å kunne ta lengre turer

⁵¹ Gjennomsnittlig årlig kjørelengde er for Akershus ca 70 000 km, og Oslo ca 81 000 km (SBB 2014).

Dagens hydrogenbiler har en oppgitt rekkevidde på 500-800 km⁵². Tilsvarende har de fleste elbiler i dag en oppgitt rekkevidde på ca. 200 km (rundt 10 modeller i salg), mens Tesla Model S har en oppgitt rekkevidde på opptil 500 km. Noen andre bilprodusenter annonserer nå at de vil lansere elbiler med rekkevidde på nivå med Tesla Model S. Den reelle rekkevidden for elbilene som har maksimal rekkevidde på rundt 200 km, er på 130-150 km på sommeren, og enda lavere vinterstid. Det må bemerkes at kundene vinterstid neppe vil akseptere at taxien de setter seg inn i er kald, og dermed er rekkevidden om vinteren estimert til 100 km.

OsloTaxi har kartlagt antall kilometer kjørt per skift i Oslo (se Figur 45). Resultatene viser at 34 % er kortere enn 150 km og disse vil dermed kunne dekkes av ordinære elbiler av klassen e-Golf, Nissan Leaf o.l. sommerstid. Vinterstid, der rekkevidden av disse bilene er betydelig begrenset (< 100 km), vil de ordinære elbilene kunne dekke ~ 10 % av skiftene.



Figur 45. Resultater fra OsloTaxis kartlegging av lengden på skift (i km) i Oslo⁵³

Taxier er ofte middels til store biler, og det er derfor mer realistisk å vurdere Tesla Model S. Med en reell rekkevidde på rundt 400 km på sommeren, og rundt 300 km vinterstid, kan Tesla Model S dekke over 90 % av skiftene. Med mellomlading ved holdeplass i perioder med lite etterspørsel, vil Tesla Model S trolig kunne dekke behovet for alle skift.

En del taxier går flere skift per dag, og da vil de ordinære elbilene ikke strekke til, så lenge den maksimale rekkevidden er på rundt 200 km. Tesla Model S vil kunne ha rekkevidde til to påfølgende, gjennomsnittlige skift på 150-200 km sommerstid, mens to skift vil fordre mellomlading om vinteren.

I et regime der man i større byer vurderer å stille krav om 0-utslipp i kollektivtransport, er el- og hydrogenbiler i prinsippet de eneste alternativene.

Bruk av hydrogen som drivstoff for taxier fordrer tilgang på drivstoff. Med dagens rekkevidde (500-700 km), vil en hydrogentaxi kunne dekke 99 % av alle skift, og også 2 påfølgende skift på 500 km, da opptanking tar 3 minutter. En begrenset infrastruktur på sentrale steder (holdeplasser/knutepunkt) vil kunne dekke drivstoffbehovet. Gitt at omlag 50 % av antall tilbakelagte km med taxi er uten passasjerer, anses det ikke som noe betydelig problem for sjåfører å fylle ifm. "tomturer". Hvis et visst antall taxier i et selskap blir hydrogendrevne, vil en hydrogenstasjon knyttet til selskapets hovedkontor være hensiktsmessig.

⁵² Toyota FCEVadv (2008) 6-800km avhengig av kjøresyklus, Hyundai ix35 (2013) 594km, Toyota Mirai (2014) >500 km

⁵³ Introduksjon av elbiler i Oslos drosjenæring, Bellona rapport 2013,

http://bellona.no/assets/fil_Oslo_Taxi_rapport_komplett.pdf

Basert på den evaluering som er gjort i dette delkapitlet, forventes det at hydrogen vil komme til å spille en vesentlig rolle som drivstoff i taxisegmentet. Hovedårsaken ligger i fleksibiliteten disse kjøretøyene kan tilby knyttet til rask opptanking (3-4 minutter) og derigjennom ingen begrensning i rekkevidde, samt forventningen om at hydrogenbiler vil få en lavere kostnad enn elbiler når rekkevidden er høy⁵⁴. Logistikken rundt opptanking er forholdsvis enkel for flåtekjøretøyer, da disse typisk har tilhold ved holdeplasser mellom turene. Et mindre antall hydrogenstasjoner i Oslo vil dermed kunne tilfredsstillende behovet for tilgang på drivstoff. Bruk av hydrogen i taxinæringen vil bidra til høy(ere) utnyttelsesgrad av stasjoner og det vil bidra til lavere produksjonskostnad for hydrogen.

Barrierer for adopsjon av hydrogenbiler i som taxier i storbyene:

- Høyere pris på kjøretøyet i en tidlig fase
- Begrenset tilgang på drivstoff (få hydrogenstasjoner)
- Få bilmodeller å velge mellom (personlige preferanser hos løyveeiere)
- Usikkerhet mht. kjøretøyenes annenhåndsverdi
- Etablering av en egen hydrogenstasjon fordrer et visst antall taxier i ett selskap

Modellen som er benyttet for å beregne innfasing av Taxier har et øvre tak på andelen hydrogentaxier på 30 % for lav og medium scenario og 50% for høy scenario videre antas en årlig salg av biler som tilsvarer salget i personbilsektoren for det lave scenariet, mens for de to andre scenariene legges det til grunn at en tredel av taxiflåten hvert år byttes ut fra og med 2017. I tillegg er salget av taxier også sjekket mot taket for totalt tilgjengelige personbiler gitt i modellen for personbiler og det er i denne koblingen av modellene antatt at personbilmarkedet har prioritert fremfor taximarkedet.

Denne koblingen har i våre beregninger gitt utslag i at antallet taxier i **medium** scenario går noe ned i en periode grunnet mangel på tilgjengelige biler.

Busser

Hydrogenbusser er i prøvedrift i en rekke Europeiske byer (se vedlegg A). Erfaringene er delte, og det er betydelig nedetid på dagens teknologi. Driftsstabiliteten øker imidlertid stadig og mye av problemene er ikke direkte koblet til selve brenselcelleteknologien, men mer med umodent software og hybridløsninger. Modellen for innfasing av busser tar utgangspunkt i Ruters oversikt over tidspunkt for reforhandling av sine busskontrakter som et anslag på forventet utbyttingstakt av busser i alle storbyområdene, denne utbyttingstakten definerer antallet by og regionsbusser som byttes ut pr år fram mot. Denne utbyttingstakten blir deretter multiplisert med andelen bybusser og regionsbusser med forskjellig drivstofftyper som i scenarioene er definert pr. salgsår. Dette gir et resultat som inneholder antallet nye busser med ulik drivstofftype pr. år fram mot 2030. Tabell 1 og Tabell 2 viser et eksempel på tallene brukt i denne utregningen og Figur 46 viser andelen busser med ulike drivstofftyper fram mot 2030 for de tre scenarioene i denne rapporten.

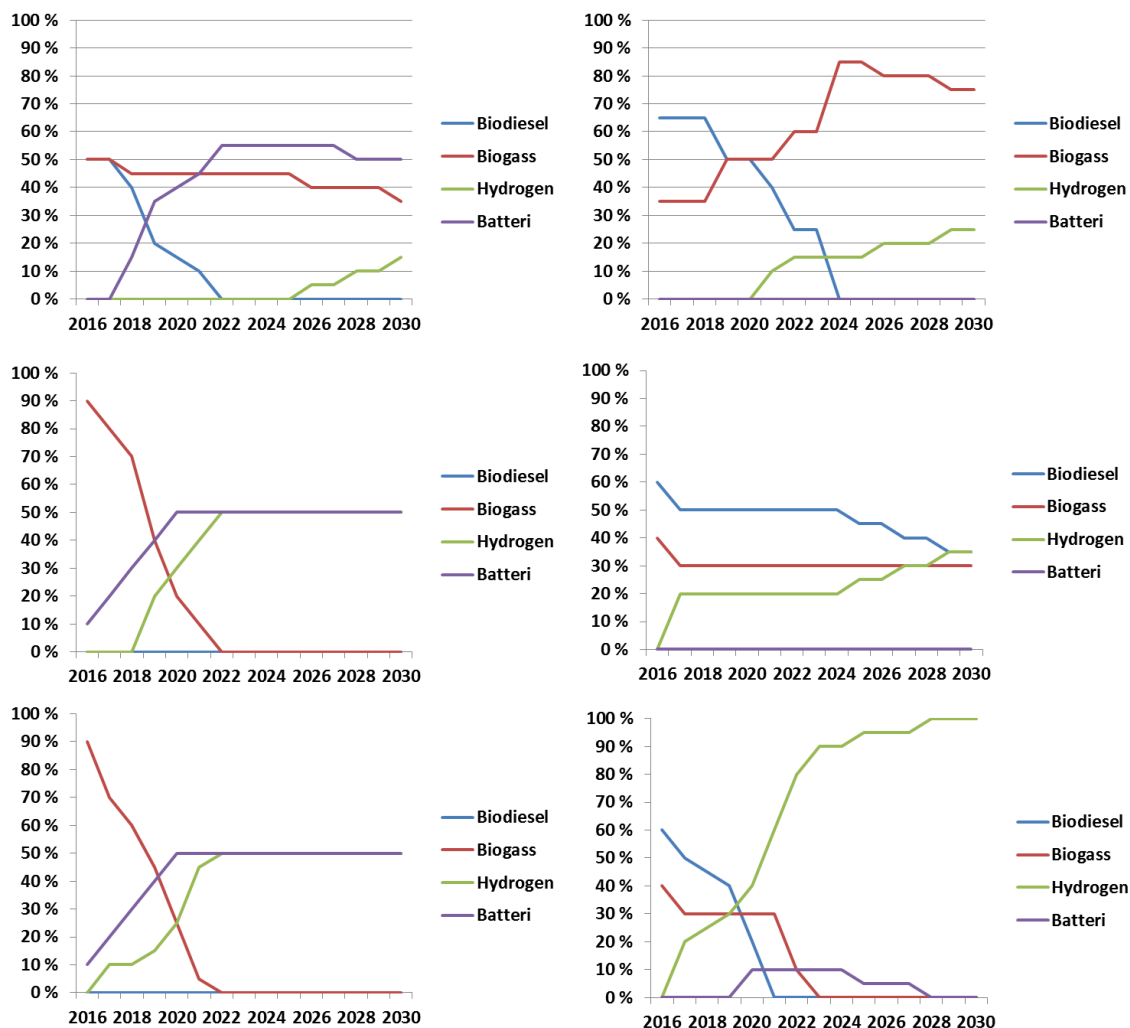
Tabell 1: Utskiftingstakt av busser operert av ruter

⁵⁴ McKinsey-rapport (2010), samt Toyotas forventninger

<i>Ruter utskiftningstakt</i>	Region	By
2016	79	86
2017	53	0
2018	0	151
2019	7	0
2020	375	0
2021	171	0
2022	0	118
2023	0	78
2024	0	50

Tabell 2: Andelen bybusser solgt med ulike drivstoff, lavt scenario.

Andel bybusser solgt				
	Biodiesel	Biogass	Hydrogen	Batteri
2016	50 %	50 %	0 %	0 %
2017	50 %	50 %	0 %	0 %
2018	40 %	45 %	0 %	15 %
2019	20 %	45 %	0 %	35 %
2020	15 %	45 %	0 %	40 %
2021	10 %	45 %	0 %	45 %
2022	0 %	45 %	0 %	55 %
2023	0 %	45 %	0 %	55 %
2024	0 %	45 %	0 %	55 %



Figur 46: Andelen busser med ulike drivstofftyper fram mot 2030 for by(buene) og regions(høyre) busser. Lavt Scenario (topp), medium scenario (midt) og høyt scenario (bunn).

Vare- og Godstransport

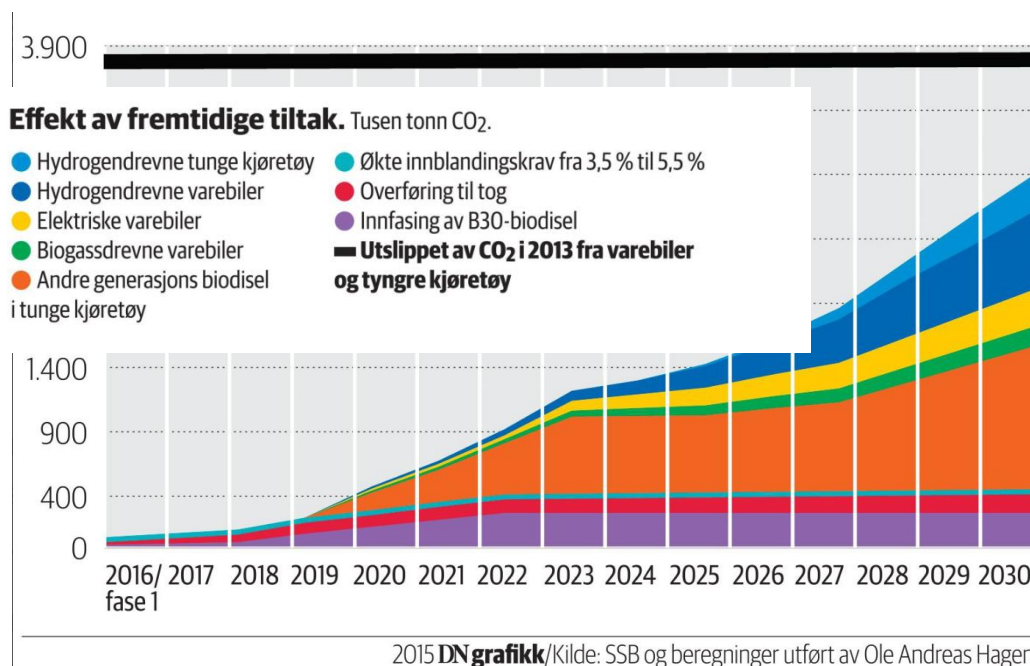
Innen vare- og godstransport finnes det en rekke kjøretøyklasser, med nyttelast fra under 1 til over 30 tonn, og der tilhørende effektbehov fra rundt 50 til over 300 kW.

SSB definerer en varebil som en bil for godsbeholdning med tillatt totalvekt opp til 3500 kg. Avgiftsmessig inndeles varebiler etter klasse 1 og 2. Varebil klasse 1 er i samme avgiftsklasse som personbiler, mens varebiler klasse 2 er i en egen avgiftsklasse. Varebil klasse 2 skal kun ha én seterad med godsrom eller lasteplan bak og det skal være en fast beskyttelsesvegg bak setene. Godsrommet til en varebil klasse 2 må kunne romme en rettvisklet kasse med lengde/ bredde/høyde 140 x 90 x 105 cm. Varebiler klasse 2 har lavere engangsavgift enn varebiler klasse 1 (samme avgiftsklasse som personbiler).

Drivlinjen i de minste varebilene sammenfaller i stor grad med personbiler, mens hydrogen/brenselcellesystemer for trailere for langtransport har betydelige likhetsstrekk med de vi i dag finner i buss-segmentet (se delkapittel 0).

Potensialet for utslippsreduksjoner innen godstrafikken er ble nylig kartlagt av NHO Logistikk og Transport/PostNord. Det konkluderes i studien med at "allerede høsten 2015 kan man starte innfasing av biodiesel (B30)⁵⁵, og fra 2020 kan biodiesel gi store CO₂-besparelser, når 2.generasjons biodiesel er klar på markedet. Hydrogen er antakelig også godt egnet for tunge kjøretøy og vil kunne få stor effekt."

I denne framskrivningen mot 2030 vil hydrogendrevne tunge kjøretøy kunne bidra til utslippsreduksjoner på omlag 250 000 tonn CO₂/år, mens man innen varebilsegmentet kan redusere med hele 600 000 tonn CO₂/år på landsbasis (se Figur 47).



Figur 47. Potensial for å redusere utslipp fra godstrafikk ved innfasing av ulike alternative drivstoffer og nye framdriftsteknologier (kilde: NHO Logistikk og Transport/PostNord).

Thema consulting har evaluert insentiver for miljøvennlige varebiler⁵⁶ på oppdrag fra Klima og miljødepartementet. I rapporten konkluderes bla. med at "Fritak på mva. har liten effekt for varebiler fordi de fleste kjøpes av virksomheter som uansett har mva-fradrag. I tillegg er engangsavgiften lav for varebiler generelt, slik at fritak for engangsavgift for elbiler har mindre betydning i varebilsegmentet enn for personbiler." og videre at "...verdien av gratis bompassering, parkering og ferge avhenger av hvor mye disse fordelene utnyttes. Levetiden for elvarebiler er både usikker og har stor betydning for kostnadsanslagene." Disse vurderingene vil naturligvis også gjelde hydrogenbiler. Dette peker i retning av at andre virkemidler vil

⁵⁵ Siden 2010 har det vært halv veibruksavgift. Biodiesel fikk en avgiftslettelse på 0,23 kroner per liter fra 1.juli 2015 og veibruksavgiften på biodiesel ble fjernet fra og med 1. oktober 2015, hvilket gjør dette drivstoffet mer konkurransedyktig.

⁵⁶ <http://www.thema.no/wp-content/uploads/2015/04/THEMA-rapport-2014-39-Insentiver-for-milj%C3%B8vennlige-varebiler.pdf>,

være påkrevd for å lykkes med innfasing av lav og 0-utslippskjøretøyer i varebilsegmentet, så som krav og pålegg til de næringsdrivende eller etablering av lav og 0-utslippssoner i byene.

Modellen for vare og lastebiler bygger på samme modell som benyttet for busser, men her er utbyttingshastigheten basert på en gjennomsnittlig levetid for de ulike kjøretøysklassene på 5 år for varebiler og 7 år for lastebiler. Ulike drivstofftyper som er inkludert i innfasingstallene er konvensjonelt drivstoff, biodrivstoff/plugin-hybrid, ren elektrisk drift, rekkeviddeforlenger på hydrogen og ren hydrogendrift. Kombinasjonen av disse opsjonene gir totalt 765 ulike datapunkter for innfasing av kjøretøy i dette segmentet i tre scenarier fram mot 2030. Tabellene under viser antatt andel av nybilsalget for de ulike segmentene fram mot 2030 for det høye scenariet.

Varebiler	Konv.drivstoff	Plugin/hybrid	Batteri	Rekkeviddeforlenger	Hydrogen	Totalt
2016	98 %	2 %	0 %	0 %	0 %	100 %
2017	85 %	6 %	6 %	1 %	0 %	98 %
2018	70 %	15 %	10 %	2 %	0 %	97 %
2019	45 %	15 %	14 %	3 %	1 %	78 %
2020	20 %	15 %	28 %	5 %	2 %	70 %
2021	0 %	20 %	35 %	10 %	5 %	70 %
2022	0 %	20 %	35 %	15 %	10 %	80 %
2023	0 %	15 %	35 %	20 %	15 %	85 %
2024	0 %	10 %	35 %	25 %	20 %	90 %
2025	0 %	5 %	35 %	25 %	30 %	95 %
2026	0 %	0 %	35 %	25 %	35 %	95 %
2027	0 %	0 %	35 %	25 %	35 %	95 %
2028	0 %	0 %	35 %	25 %	35 %	95 %
2029	0 %	0 %	35 %	25 %	35 %	95 %
2030	0 %	0 %	35 %	25 %	35 %	95 %

Små lastebiler	Konv.drivstoff	Plugin/hybrid	Batteri	Rekkeviddeforlenger	Hydrogen	Totalt
2016	98 %	2 %	0 %	0 %	0 %	100 %
2017	85 %	15 %	0 %	0 %	0 %	100 %
2018	73 %	20 %	3 %	2 %	2 %	100 %
2019	55 %	25 %	11 %	5 %	4 %	100 %
2020	35 %	32 %	15 %	10 %	8 %	100 %
2021	10 %	40 %	20 %	15 %	15 %	100 %
2022	5 %	35 %	20 %	20 %	20 %	100 %

2023	0 %	30 %	20 %	25 %	25 %	100 %
2024	0 %	25 %	20 %	25 %	30 %	100 %
2025	0 %	20 %	20 %	25 %	35 %	100 %
2026	0 %	20 %	20 %	20 %	40 %	100 %
2027	0 %	20 %	20 %	20 %	40 %	100 %
2028	0 %	20 %	20 %	20 %	40 %	100 %
2029	0 %	20 %	20 %	20 %	40 %	100 %
2030	0 %	20 %	20 %	20 %	40 %	100 %

Store lastebiler	Forbr.Motor, inkl hybrider (diesel/bensin)	Biodrivstoff (diesel/biogass)	Elektriske (ren El)	Range extender (El/H2)	Hydrogen (BC)	Totalt
2016	98 %	2 %	0 %	0 %	0 %	100 %
2017	95 %	5 %	0 %	0 %	0 %	100 %
2018	90 %	10 %	0 %	0 %	0 %	100 %
2019	80 %	15 %	0 %	5 %	0 %	100 %
2020	70 %	20 %	0 %	10 %	0 %	100 %
2021	60 %	25 %	0 %	10 %	5 %	100 %
2022	50 %	30 %	0 %	10 %	10 %	100 %
2023	40 %	35 %	0 %	10 %	15 %	100 %
2024	30 %	35 %	0 %	15 %	20 %	100 %
2025	20 %	35 %	0 %	15 %	30 %	100 %
2026	10 %	40 %	0 %	10 %	40 %	100 %
2027	10 %	30 %	0 %	10 %	50 %	100 %
2028	10 %	30 %	0 %	5 %	55 %	100 %
2029	10 %	30 %	0 %	5 %	55 %	100 %
2030	10 %	30 %	0 %	5 %	55 %	100 %

Vedlegg C - Drivere og barrierer for hydrogenstasjoner - en institusjonell analyse basert på intervjuer med sentrale aktører

Bakgrunn

Tidligere studier på tilrettelegging for hydrogenbasert transport i Norge fokuserer i hovedsak på tre temaområder: a) teknologiske muligheter og begrensninger, b) økonomi/virkemiddel, og c) brukerksept, i transportnæringen og i befolkningen generelt.

Når det gjelder potensial og barrierer for etablering av hydrogenhydrogenstasjoner i kommunene vil imidlertid også andre aspekter ved den samfunnsmessige konteksten ha innflytelse. Nyere forskningsperspektiver på styring og innovasjonsopptak legger vekt på at interessentenes oppfatninger, motivasjoner, og ikke minst relasjonene mellom dem utgjør en viktig del av bildet. Sosiokulturelle prosesser vil i stor grad påvirke ambisjoner, risikovilje og hva som defineres og derfor faktisk også kommer til å utgjøre potensial og barrierer.

Som del av grunnlaget for denne rapporten er det gjennomført en studie basert på et rammeverk for analyse av den institusjonelle konteksten rundt innovasjonsopptak, tidligere utviklet og anvendt i EU prosjektet DESSIN.⁵⁷ Det er gjennomført i alt 11 semi-strukturerte intervjuer med sentrale aktører og interessenter. Selv om studien har vært av begrenset omfang, dekker utvalget de fleste ledd i verdikjeden og inkluderer stemmer fra alle storbyene som er oppdragsgivere for prosjektet:

- Hyundai Norge
- NEL/H2 Logic⁵⁸
- Hyop
- Virke KBS
- NHO Logistikk & Transport
- Ruter
- ENOVA
- Trondheim Kommune
- Bergen Kommune
- Oslo Kommune
- Rogaland Venstre

Intervjuene foregikk i de fleste tilfeller per telefon, og omhandlet fem dimensjoner ved den institusjonelle settingen rundt etablering av hydrogenstasjoner i Norge:

- 1) Styringsnivåer, skala
- 2) Aktører, nettverk
- 3) Mål og ambisjoner
- 4) Barrierer og virkemidler
- 5) Ansvar og ressurser

⁵⁷ Rouillard, J.J., Vidaurre, R., Brouwer, S., Damman, S., Antorán Ponce, A., Gerner, N., Riegels, N., Termes, M. (2015): Governance regime factors conducive to innovation uptake. Report from FP7 DESSIN (Demonstrate Ecosystem Services Enabling Innovation in the Water Sector) project.

⁵⁸ Etter anmodning fra H2 Logic svarte NEL på begge selskapenes vegne.

Sammensetningen av spørsmål og analysen av svarene ble gjennomført etter mal fra det nevnte rammeverket. I delkapitlene som følger presenteres og drøftes intervju-resultater langs de fem dimensjonene. Hovedvekten ligger på å formidle de erfaringene og synspunktene som fremkom. Der vi har nok data, forsøker vi også å si noe om kvaliteter ved relasjonene, dvs. utstrekning/rekkevidde, samspill, fleksibilitet og intensitet, i betydning av hvor sterkt elementene trekker i retning av flere hydrogenstasjoner og en større hydrogensatsing i Norge.

Styringsnivåer, skala

Sterk innflytelse fra EU

De fleste som ble intervjuet i dette prosjektet mente at EUs arbeid med å fremme fornybar energi og hydrogen-basert transport har vært avgjørende for hydrogen-satsningen i Norge.

I SETIS-systemet spores EUs rolle tilbake til etableringen av the European Hydrogen Association (EHA) i 2000, via en High Level Group på hydrogen og brenselceller i 2002, til International Partnership for Hydrogen Economy (IPHE) i 2003, og en egen European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform i 2004.⁵⁹ Siden fulgte HyWays prosjektet (2004-2007), der hoved-leveransen var anbefalinger til en europeisk Hydrogen Energy Roadmap og flere norske aktører var med. Plattformen produserte tre kjernedokumenter som i 2008 munnet ut i Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU), et industri-ledet partnerskap for å akselerere utvikling og bruk av teknologien. Her er også norske forskningsmiljøer med. European Energy Research Alliance (EERA) lanserte et Joint Program on Fuel Cells and Hydrogen Technologies i 2011, og i 2014 vedtok kommisjonen å fortsette FCH JU innenfor rammen av Horizon 2020, der 1.33 milliarder euro er øremerket FCH 2 JU.

EU fremmer samtidig hydrogen-basert transport gjennom pakken Clean Power for Transport, som bygger på direktivet for fornybar energi (RES Directive, 2009/28/EC). Denne består blant annet av en drivstoff strategi som setter mål for etablering av felles infrastruktur for alternative drivstoff innen 2020 (COM (2013) 17), og et direktiv vedtatt høsten 2014, som krever at medlemslandene etablerer policies for utvikling av marked og infrastruktur for alternative drivstoff. Her slås det blant annet fast at for land som velger å inkludere hydrogen i sine strategier skal det være etablert et "passende antall fyllpunkter" innen utgangen av 2025 (Directive 2014/94/EU).

I norsk sammenheng fremheves spesielt HyWays, H2 Moves Scandinavia, som bl.a. var delfinansiert av Transnova, Interreg prosjektet NextMove, som gikk på barrierer, kompetansebygging og samspill mellom ulike aktører og regioner, og det pågående CHIC (Clean Hydrogen In European Cities), som Ruters demonstrasjonsaktivitet på hydrogenbusser inngår i, som viktige EU prosjekter. Mulighetene slike prosjekter gir til både kunnskaps-, kapasitets- og nettverksbygging, har vært avgjørende. Det er ellers verdt å merke seg at viktigheten av EU-samarbeid understrekes både blant de norske aktørene som har vært aktive deltakere, og blant de som hittil ikke har vært det. Noen nevnte også at de benytter erfaringer og

⁵⁹ <https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-magazine/fuel-cells-and-hydrogen/set-plan-update-fuel-cells-and-hydrogen>

nettverk fra tidligere EU-samarbeid på ladeinfrastruktur for elektriske biler i sitt arbeid for å legge mer til rette for hydrogen.

Så langt mest synlig engasjement på lavere forvaltningsnivå i Norge

Føringene fra EU ble ansett for å være særlig viktige fordi man ikke opplever et tilsvarende engasjement på det nasjonale nivået. De fleste som ble intervjuet mente at det kunne vært sendt tydeligere signaler fra nasjonale myndigheter. Mange ga uttrykk for at verken politikere eller det miljøadministrative apparatet har *"snakket hydrogen"* i stor nok grad. Andre mente at det er politisk vilje, men satt på spissen, at *"byråkratiet lever sitt eget liv"*.

De fleste poengterte at det fylkeskommunale nivået har vært viktig hittil, og understreket at Akershus Fylkeskommune har vært en viktig pådriver. Østfold har også vært aktive. Hordaland bidrar til å få opp aktivitet i Bergens-regionen, og det er et visst engasjement i Vestlandsrådet, mens det har vært mindre engasjement hos fylkene i Midt-Norge og i Rogaland de seneste årene.

Kommunalt nivå er kanskje enda viktigere, ettersom byutvikling og kollektivtrafikk, egne flåter for person- og varetransport, taxi-løyver, samt tilgang på sentrale tomter og store transport-opdrag knyttet til omfattende entreprenør-virksomhet forvaltes her. Oslo Kommune har vært en viktig pådriver, i samarbeid med Akershus. I de andre storby-kommunene ønsker man også å tilrettelegge, men hvor langt man er kommet i dette varierer.

Fokus på storbyene

Når det gjelder skala, var ambisjonen i HyNor, som landets første, store hydrogen-infrastrukturprosjekt, å lage en hydrogen "highway" fra Oslo til Stavanger. Stasjonene ble bygget, men etter at Statoil la ned stasjonen i Stavanger og Hyop tok over på Østlandet i 2011 har konseptet langt på vei dødd ut.⁶⁰ De fleste vil i dag si at fokus ligger på storby-regionene. Samtidig understreker både Oslo og Trondheim betydningen av interregionalt samarbeid. I Bergen ser det ut til at det er en mer lokal orientering, mens Stavanger foreløpig ikke har lagt noen strategi for å stimulere til ny aktivitet på hydrogen, så langt vi kjenner til.

Potensial i bedre samspill

Mens det er generell vilje til å understøtte alternative drivstoff og transport-teknologier på alle nivåer, ser det ut at det er et varierende engasjement når det gjelder akkurat hydrogen. I Oslo/Akershus har man fått en synergi-effekt der felles strategi og samarbeid gir kapasitet til deltakelse i EU-samarbeid og større forsknings- og utviklingsprosjekter. I Bergen/Hordaland har det hittil vært mest mindre prosjekter, men det ser ut til at man er i ferd med å bygge opp et liknende samspill. I Trondheim og Stavanger har man ikke tilsvarende effekter, og heller ikke like uttalte, konkrete planer om hydrogen-fyllestasjoner. Dette kan det være mange grunner til, men mangel på en overordnet nasjonal strategi kan være et forhold som bidrar til at engasjementet varierer og gir lavere intensitet i arbeidet for å fremme løsninger for hydrogen-basert transport enn man kunne hatt, dersom alle nivåer spilte sammen.

⁶⁰ Navnet Hynor lever videre i Hynor Lillestrøm, som er en inkubatorbedrift under Kjeller Innovasjon (<http://hynor-lillestrom.no>)

På den annen side har mangelen på overordnet strategi gitt rom for fleksibilitet. Per i dag har man stor frihet til å følge ulike strategier på lavere nivåer. Ettersom det også ligger ulike muligheter og begrensninger i ulike regioner, har man fått et mangfold av perspektiver, erfaringer og argumenter som kan komme til nytte senere i prosessen.

Aktører, nettverk

Når en snakker om aktører og nettverk i sammenheng med innovasjonsopptak er det gjerne de private aktørene i selve verdikjeden en er mest opptatt av. I dette tilfellet er vi imidlertid i en tidlig fase, hvor offentlige aktører ikke bare definerer rammebetingelser og bidrar med støtte, men også jobber aktivt med å få verdikjeden opp og stå.

Ulike aktører førende i ulike faser

Flere av de som ble intervjuet understreket at ulike aktører har vært viktige i ulike faser. I startfasen bidro fagmiljøene i Zero Emission Resource Organisation (ZERO), Institutt for Energiteknikk (IFE) og SINTEF sterkt. Mange mente også at engasjementet fra Statoil i starten var helt avgjørende for at Norge kom tidlig med og stadig regnes med blant foregangslandene for hydrogen i Europa. Etter at Transnova ble etablert i 2008, ble samspillet med dem svært viktig. Da hydrogenbilene lot vente på seg og Statoil trakk seg ut av hydrogensatsingen i 2011 fikk man et nytt tyngdepunkt, rundt samarbeidet mellom Hyop, Transnova og Akershus Fylkeskommune, som også inkluderte Oslo og flere av de mindre kommunene i hovedstadsregionen. Flere av de som ble intervjuet påpekte også at innsats fra individuelle nøkkelpersoner, som Solveig Schütz, som leder Hovedutvalg for plan, næring og miljø i Akershus Fylkeskommune, og Øystein Ihler, fagansvarlig for innovasjon og utvikling under Klima og Energiprogrammet, har hatt stor betydning.

Det siste er en interessant observasjon, ettersom studier fra andre sektorer påpeker at individuelle ildsjeler, ikke bare business entreprenører, men også det en kan kalle "policy entrepreneurs", spiller en viktig rolle ved innovasjonsopptak, som kan være med på å forklare hvorfor en får til et suksessfullt opptak tidlig i noen regioner, men senere i andre.^{61,62} Det ser også ut til at tilstedeværelse av slike aktører er mer avgjørende i tidlige enn i senere faser, når nettverk og samarbeidskonstellasjoner i større grad er blitt institusjonaliserte.

Med den internasjonale utviklingen som bakteppe, mente mange av de som ble intervjuet at innovasjonsopptaket nå er i ferd med å trå inn i en tredje fase. Samtidig som Transnova inngikk i ENOVA fra 1. januar 2015, leveres de første privatbilene basert på hydrogen til Norge. At Spetalen-gruppen via NEL ASA kjøpte danske H2 Logic i mai 2015 har gitt ny oppmerksomhet rundt hydrogen og bidratt til ny optimisme i bransjen. Flere mente interessen fra en større, privat investor viser at teknologien har modnet og konteksten har endret seg slik at det nå ligger mer attraktive business case i hydrogen som drivstoff i transport enn tidligere.

⁶¹ Roberts N og P King (1988): Policy Entrepreneurs: Catalysts for Innovative Public Policy. ACAD MANAGE PROC August 1988 (Meeting Abstract Supplement) 313-317.

⁶² Brouwer, S (2015): Policy Entrepreneurs in Water Governance. Strategies for Change. Dordrecht: Springer International Publishing.

Når det gjelder selve verdikjeden, finnes det flere alternative kjeder for produksjon, distribusjon og salg. For de fleste leddene har man også flere aktører som allerede er i ferd med å bygge opp aktivitet og/eller utforske mulighetene for å inkludere hydrogen som drivstoffalternativ. Etter at Statoil trakk seg ut av hydrogensatsingen er bensinstasjonskjedene i Norge fortsatt positive, men forholder seg noe avventende. Flere større transportkunder viser interesse. Energikjøpere, som er de som faktisk utøver transportoppgavene og fyller drivstoffet, er i stor grad styrt av de betingelser transportkundene setter. Likevel er det viktig å involvere også dette leddet i dialogen tidlig.

På leverandørsiden er Hyundai de eneste som leverer hydrogenpersonbiler til det norske markedet i dag. De er også aktivt med på å promotere hydrogen og fremme nye prosjektinitiativer, uten at de vil gå inn med direkte pengestøtte. Flere av de som ble intervjuet poengterte at det er en utfordring at man fortsatt mangler større aktører, som har både vilje og økonomisk ryggrad til å satse.

Rom for dialog og samarbeid

Den årlige ZERO-konferansen utgjør et sentralt forum. Mange mente også at Norsk Hydrogenforum er viktig og samler de fleste av aktørene i bransjen. Enkelte antydte imidlertid også at det har vært noe mindre engasjement i disse foraene nå enn tidligere. Noen oppfattet Hydrogenforum som en bransjeforening som kan være viktig, men ikke favner og er like relevant for alle, som for eksempel transportselskaper, bensinstasjon-kjeder og offentlige aktører. Samtidig nevnte flere at Oslo Kommune og Akershus Fylkeskommune er flinke til å spre informasjon og arrangere møteplasser, og det var ingen som savnet dedikerte fora.

Det ble ellers uttrykt stor interesse for dialog og erfaringsdeling mellom storbykommunene. At det ikke har vært så mye konkret samarbeid mellom regionene til nå ble ansett som et uttrykk for at feltet fortsatt er nytt og man har hatt begrenset kapasitet.

På den annen side var det flere som antydte at man er inne i en fase preget av gryende konkurranse og posisjoneringsspill. Dette ble igjen sett i sammenheng med mangel på en overordnet nasjonal strategi.

Når det gjelder aktører og nettverk viser intervjumaterialet at innovasjonsopptaket fortsatt er i tidlig fase. Offentlige aktører og ledende fagmiljøer er koblet sammen gjennom ulike prosjekter og har bidratt til strategier og virksomheter i de byene de har tettest forhold til. Det er etablert egnede fora, men noen opplever likevel dialogen som fragmentert og med preg av et visst posjonerings-spill. I sosial nettverks-terminologi ser vi en form for "klikker", det vil si fortetninger der det er flere direkte bånd og tettere kommunikasjon mellom noen aktører enn andre.⁶³⁶⁴ Dette er en nøytral observasjon, som ikke nødvendigvis innebærer at relasjonene er ekskluderende eller fungerer negativt, men like gjerne kan henge

⁶³ Hanneman, Robert A. & Riddle, Mark (2011). "Concepts and Measures for Basic Network Analysis". The Sage Handbook of Social Network Analysis. SAGE. pp. 346–347.

⁶⁴ Moody, James, and Douglas R. White (2003). "Structural Cohesion and Embeddedness: A Hierarchical Concept of Social Groups." American Sociological Review 68(1):103–127

sammen med at folk jobber aktivt med nettverksbygging og at man er i bevegelse fra mindre, løse nettverk mot større og tettere samarbeid.

I og med at verdikjeden ikke er endelig etablert må den kunne sies å ha stor fleksibilitet. Det er flere alternativer for hvert ledd, og dermed ulike strategier som kan velges dersom rammebetingelsene skulle endres. Intensiteten har derimot vært lav til nå, da de fleste aktørene har begrenset kapasitet.

Mål og ambisjoner

Perspektiver i storby-kommunene

Det er forskjellige forutsetninger i de ulike storbykommunene, både når det gjelder ressurstilgang, næringsinteresser, infrastruktur og transportbehov, institusjonelle forhold, og tidligere erfaring med tilrettelegging for alternative drivstoff.

Oslo-Akershus er som tidligere nevnt den storbyregionen som har kommet lengst når det gjelder det å etablere en satsing på hydrogen. Fylkeskommunen og kommunen har etablert en felles hydrogenstrategi for 2014-2025, med påfølgende handlingsplan for 2015-2016. Mål og fokus i strategien er presentert i hovedrapporten. I intervjuene kom det fram at innenfor den felles strategien har Oslo og Akershus litt ulik orientering. Mens fylkeskommunen i stor grad har fokus på rene hydrogenstasjoner, videreføring av eksisterende prototyper og potensial i forhold til privatbilsegmentet, tenker Oslo Kommune mer i retning av energistasjoner med en miks av fornybare drivstoffer. På sikt ser man kanskje det største potensialet for hydrogen innenfor tyngre kjøretøy, selv om man også vil adressere de andre segmentene, ikke minst taxi-flåtene og kommunenes egne flåter.

I Bergen tas det utgangspunkt i samme klimamål som for Oslo-Akershus. For å nå målene angående mobile utslipp sier gjeldende Klima og energihandlingsplan at det må legges til rette for økt utfasing av kjøretøy basert på fossilt drivstoff og at disse i større grad erstattes med elbiler, eller biler basert på biodrivstoff eller hydrogen. I utkast til ny klimahandlingsplan på høring til 30. november d.å. omtales også hydrogen når det gjelder transport, og det slås fast at det skal være god tilgang på drivstoff. Slik utkastet er presentert, ser det imidlertid ikke ut til at hydrogen blir tillagt ny vekt, sammenliknet med tidligere. Det er heller ikke planer om å utarbeide en egen strategi for området. Det nye Byrådet har imidlertid uttalt at Bergen skal bli Norges grønneste by, noe som kan gi et utvidet fokus.

Hos Klimaseksjonen i Bergen følger man utviklingen når det gjelder hydrogen med stor interesse, men ser foreløpig ikke så stort potensial innenfor eget område. Det største potensialet anses å ligge i privatbil og varetransport. I forbindelse med at det opprettes et såkalt "grønt energipunkt" på Danmarks plass i 2017 støtter man opp under CMR Prototechs initiativ for å få opp en hydrogen-fyllestasjon innenfor det samme konseptet. Kommunen har allerede satt av areal, strøm og vann, og ser på hva de kan gjøre mer for å legge til rette, sammen med Hordaland Fylkeskommune og ENOVA.

I Trondheim kommune er det først nylig man har begynt å jobbe aktivt med hydrogen. Fokus inntil nå har vært på miljøvennlig transport i bredere forstand, med mest fokus på el, men også biogass. Man ser imidlertid klare paralleller mellom hydrogen og el. Utgangspunktet i Trondheim er klimamål om at

utslippene av klimagasser i 2020 skal være minst 25 % lavere enn i 1991. Verken i den gjeldende utgaven eller i høringsversjonen av den reviderte Energi- og klimahandlingsplanen for kommunen går man inn på hydrogen som fornybart drivstoff-alternativ, og det er heller ikke tema i tilgjengelige strategi-dokumenter angående miljøvennlige kjøretøy.

I og med at arbeidet er i en tidlig fase, legger man i Trondheim vekt på å "selge inn" hydrogen, både i forhold til befolkningen generelt, aktører i næringslivet, og andre deler av forvaltningssystemet. Det drives aktiv "book-keeping" for å bygge nettverk, og blant andre ASKO, Posten, SINTEF og taxi-næringa viser interesse for hydrogensamarbeid. Det viktigste redskapet man i øyeblikket har med tanke på hydrogen Interreg-prosjektet Smart Green Region Mid-Scandinavia, hvor flere av partnerne vil være aktuelle også når det gjelder samarbeid om hydrogeninfrastruktur. Det anses også naturlig å tenke forbindelser østover, langs aksene Trondheim-Østersund-Sundsvall, basert på det eksisterende samarbeidet. Et scenario er å få etablert en energistasjon på Sandmoen, basert på et konsept kommunen har fått utarbeidet tidligere. Her har man egnet tomt, i et område nær E6 hvor det er planlagt mye næringsutvikling fremover. I et tiårs-perspektiv ser man for seg at el og hydrogen vil kunne utfylle hverandre på lette kjøretøy, og at infrastruktur i Trondheim burde inkludere begge teknologier.

Stavanger har som mål å redusere klimagass-utslippene med 20% fra 1991 til 2020. Kommunen fikk landets første hydrogenstasjon i 2006, i forbindelse med HyNor-initiativet, men etter at Statoil la ned stasjonen i 2011 har ikke hydrogen vært et spesielt aktuelt tema. Rogaland Fylkeskommune kunne valgt å overta, men det var ingen politisk vilje til det da. I Rogaland Venstre ser man imidlertid for seg at det kan komme endringer nå, etter det politiske skiftet og med det økende fokuset på hydrogen i Bergen og i Oslo. Den kanskje viktigste jobben vil være å få næringslivet til å investere i hydrogenbiler. Hadde økonomien vært slik den var for et par år siden anser man at dette ikke ville vært vanskelig, men i dag har mange av bedriftene i Rogaland mer fokus på å spare enn å vise en miljøprofil. På den annen side kan den økonomiske situasjonen kanskje føre til økt interesse fra noen leverandørselskaper, som søker flere bein å stå på. Regionen har også store miljøer innenfor forskning og utvikling på energi. Sammen med den internasjonale utviklingen og prosjektene i Oslo-Akershus kan dette gjøre at det ligger godt til rette, så snart sentrale aktører får tillit til at hydrogen-løsninger kan fungere i et marked.

Perspektiver blant de private aktørene

Som vist over har storbykommunene ulike ambisjonsnivå og ulike perspektiver på hvordan en best kan legge til rette for etablering av hydrogenstasjoner. Mål og perspektiver blant de private aktørene varierer likeledes. I dette avsnittet ser vi kort på tre hovedtema som har særlig relevans for den øvrige analysen i rapporten.

Geografisk fokus

De større og mer etablerte aktørene, som Hyundai, NEL, H2 Logic og Hexagon, en internasjonal innretning. Hos NEL ønsker man samtidig å gjøre det samme i Norge som H2 Logic har gjort i Danmark, der man ikke bare har levert tekniske løsninger men også gått inn i joint venture selskaper, og levert driftsavtaler for å bygge opp et marked flere steder i landet. På billeverandørsiden regner man med at hydrogen i transport virkelig vil ta av internasjonalt fra 2017, og Hyundai ser fram til å få konkurranse og drahjelp fra de tyngre

varemerkene i Norge. Fokus ligger i første omgang mest på Oslo, ettersom det er der det finnes flest stasjoner, men man ser også potensial i Bergen, hvor luftforurensing er et stort problem, og man ikke opplever et like tungt byråkrati.

Mindre selskaper, som Greenstat og Hynor Lillestrøm, har i utgangspunktet fokus på å bygge opp lokal aktivitet. For Hyop har også det viktigste målet hittil vært å ivareta kompetanse og drive demo-infrastrukturen etter HyNor videre. Slik de ser det, er det imidlertid på tide å starte markedsintroduksjon nå. Det største potensialet anses for å være i Oslo-Akershus, ettersom det er her forvaltningen er mest engasjerte og man har eksisterende infrastruktur, men man ser også muligheter i Bergen og Trondheim.

Tilgang og potensial for ulike kjøretøy-kategorier

De fleste aktørene som ble intervjuet mente at tilgangen på biler ikke vil være noe problem. Slik de fleste så det, ligger det til rette for flere hydrogenbiler til Skandinavia, og masseproduksjon vil komme. Det var ulike syn på om og når hydrogenbiler vil slå an blant private brukere, men de fleste mente at rekkevidden og kjøreegenskapene gjør at hydrogen etter hvert vil bli et viktig supplement til elbiler.

I likhet med bilprodusentene ser Hyop størst potensial i personbilsegmentet i den første fasen. Hyop tror også at tyngre kjøretøy og busser vil komme, men anser at disse fortsatt er for dyre, slik at det er innenfor privatbilmarkedet man raskest kan oppnå et tilstrekkelig volum. I NEL/H2 Logic ser man også størst potensial i privatbilmarkedet først, og regner med at markedet for nyttetransport vil bygges tregere.

Det var også en oppfatning blant flere av at det gjenstår mer utvikling før hydrogenbusser er klare for kommersiell drift. Bussene som testes i Oslo i forbindelse med CHIC prosjektet er vedlikeholds-intensive og har hittil hatt en teknisk tilgjengelighet på 60-75%. Verdikjedene oppleves dessuten som umodne – det tar lang tid å få reservedeler, osv. I de andre CHIC casene har man liknende erfaringer. I underlagsrapporten for Ruters strategi Fossilfri 2020, anses hydrogen-busser som et egnet alternativ, men som en løsning som bare delvis/usikkert vil være kommersielt tilgjengelig innen 2020.⁶⁵

Når det gjelder tungtransport, mener NHO Logistikk og Transport at biodiesel er det alternative drivstoffet som bør fases inn først. Hydrogen vurderes også som teknologisk modent, men ettersom man mangler hydrogenstasjoner og serieproduserte lastebiler, anses det ikke for å bli et reelt alternativ før etter 2020. I Virke KBS vurderes hydrogen som mest relevant for den mer energikrevende delen av tungtransporten, både til lands og til vanns. Gaffeltrucker blir ansett for å være modnere, men for å utgjøre et smalt felt. Totalt sett har man derfor tro på det å satse bredt.

Hydrogenstasjoner vs. energistasjoner

Når det gjelder etablering av hydrogeninfrastruktur i tilknytning til eksisterende bensinstasjoner i dag, var enkelte informanter skeptiske. Ettersom løsningene er relativt dyre og plasskrevende vil de fleste bensinstasjonseiere foretrekke å gjøre alternative investeringer, med mindre det etableres omfattende

⁶⁵ https://ruter.no/globalassets/dokumenter/fossilfri-2020/ruter-fossil-free-2020_report-on-renewable-energy-powertrain-options_june-2015.pdf

støtteordninger og/eller flåteavtaler som sikrer startvolum. Andre mente å spore større interesse fra bensinstasjoner som vil "rebrande" og kjempe for å få opp nye energistasjoner.

Hyop og NEL/H2 Logic er åpne for å tenke både energistasjoner og mer selvstendige hydrogenstasjoner. En utfordring det ble pekt på når det gjelder energistasjoner er imidlertid at det fort blir svært komplekse prosjekter, flere aktører, overstyring, som kan føre til at ting tar lenger tid.

Bortsett fra klimamålene, hvor det er liten grad av variasjon, ser vi at det er ganske store forskjeller hva mål og perspektiver angår. De tydeligste skillelinjene går på i hvilken grad hydrogenbaserte transportløsninger er modne for markedet, og hvorvidt det er tilgang på biler eller hydrogen-fyllestasjoner som utgjør den viktigste begrensningen i denne fasen. Dette bidrar til en usikkerhet, som også kan se ut til å påvirke motivasjonen blant enkelte aktører negativt.

Ansvar og ressurser

Flere ga uttrykk for at det er naturlig og riktig at fylkeskommunene hittil har hatt en ledende rolle, ettersom det er på dette nivået mye av ansvaret for infrastruktur og transport ligger i Norge. Tilsvarende kan manglende engasjement på fylkesnivå utgjøre en barriere. Enkelte var imidlertid også inne på at fylkene i realiteten få ressurser og maktmidler å sette inn.

De kommunale miljøenhetenes rolle er å bidra med planlegging, koordinering og fagkompetanse for politikerne som styrer, men som vi har sett over har de større påvirkningsmuligheter når det gjelder å få opp etterspørselen.

På grunn av EFTA reglementet er muligheten for å bidra med offentlig støtte begrenset, og forsknings- og utviklingsprosjekter har hittil vært det viktigste virkemiddelet for å legge til rette for hydrogen i transport.

Det at Transnovas oppgaver ble overført til ENOVA fra 1. januar 2015 har skapt en viss usikkerhet rundt betingelsene for offentlig støtte til hydrogenrelaterte prosjekter. Man har beveget seg fra et system med en nokså åpen inngangsport, men færre midler og sterk konkurranse, til en ordning med en mer veldefinert inngangsport, men langt større midler. At ENOVA klassifiserer hydrogen-baserte transportløsninger som "ny teknologi", innebærer at støtten vil være rettet mot å ta teknologien fra lab og ut i markedet, men foreløpig ikke mot å få til en bredere utrulling.

Mens Transnova kunne støtte drift, har ENOVA en annen hjemmel som ikke gir rom for dette. I forhold til EFTA reglementet og hva som defineres som lovlig støtteintensitet er det også forskjeller: Der Transnova opererte under en gruppeunntaksforordning, søker ENOVA forhåndsgodkjenning for sine programmer. Der Transnova lå under Vegvesenet og var mer direkte styrt av departementet, har ENOVA en avtale med Olje- og Energidepartementet og en mer langsiktig bevilgning knyttet opp mot kvantitative energimål, som gir et mer selvstendig ansvar. Disse mandatforskjellene gir ulike utgangspunkt for samarbeid med fylkeskommunene og kommunene.

Mange av aktørene understreket at de har en god dialog med ENOVA. Det var imidlertid også flere som oppfattet ENOVA som uklare. Dette ble i sin tur sett i sammenheng med mangelen på en overordnet nasjonal strategi.

Det ble ellers understreket at god dialog mellom Olje- og Energidepartementet og Samferdselsdepartementet er en forutsetning, og at det er viktig med et godt samspill mellom ENOVA, Innovasjon Norge og Forskningsrådet, slik at man får støttet tilstrekkelig opp under alle ledd i innovasjonskjeden.

Oppsummering

Kartleggingen av institusjonelle drivere og barrierer viser at det er gode prosesser i gang for å få til en større satsing på hydrogenbasert transport. Arbeidet befinner seg nå i en avgjørende fase – i overgangen fra en periode da sterke forskningsmiljøer og offentlige aktører har vært førende, til at også tyngre, private aktører er i ferd med å posisjonere seg med tanke på en markedsintroduksjon.

Når det gjelder nivåer og skala, har det sterkeste engasjementet til nå vært på fylkesnivå, men både her og på kommunalt nivå er det betydelig regional variasjon. I følge mange utgjør mangel på en overordnet nasjonal strategi en viktig barriere.

Storbykommunene har i stor grad parallelle mål, men legger vekt på ulike tema og vinklinger i sine strategier. Mens noen har et fokus på klima og byutvikling alene, kobler andre dette i større grad opp mot effektive energisystemer og/eller næringsutvikling i sine ambisjoner og argumenter for hydrogen i transport. Denne variasjonen gir stor spennvidde og grad av fleksibilitet, men bidrar sammen med nevnte nettverksforhold til at enkelte opplever innovasjonsopptaket som en fragmentert prosess.

Blant aktørene er det forskjellige syn på modenhet og potensial i ulike kjøretøysegmenter, og på om det er rene hydrogenstasjoner eller energistasjoner man bør satse på i tidlig fase. Noen mener det må mer utvikling og testing til før teknologien er klar for utrulling, mens andre anser utviklingen for å ha kommet så langt at verdikjeden må opp og stå og etterspørselssiden må stå i fokus. Det er imidlertid enighet om at den aller viktigste barrieren nå går på økonomisk lønnsomhet – at det vil ta lang tid før investering i hydrogenstasjoner kan betale seg.

Sist, men ikke minst, viser kartleggingen at interessentenes oppfatninger, motivasjoner, og relasjonene mellom dem preger handlingsrommet for etablering av hydrogenstasjoner.

Ved siden av støtte- og insentiv-ordninger la de som ble intervjuet vekt på at noe av det viktigste aktørene kan gjøre nå er å samles om "å snakke opp hydrogen", og bygge tillit til at markedet kommer. Her spiller ENOVA en sentral rolle, og en overordnet nasjonal strategi vil ha stor betydning.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no