H2OSL Forprosjekt

Sluttrapport

August 2015

KUNNSKAPSBYEN LILLESTRØM

OSL

IFE

Hynor Lillestrøm

HYOP

AKERSHUS fylkeskommune

enova

ULLENSAKER KOMMUNE

Innholdsfortegnelse

Forord ... 3
Sammendrag og anbefalinger ... 4
1. Bakgrunn ... 8
2. Produksjon og tilveiebringelse av hydrogen ... 10
2.1 Hydrogenforbruk og stasjonskapasitet ... 10
2.2 Systemdesign og teknologi ... 11
2.3 Teknisk-økonomisk analyse ... 13
2.4 Praktiske betraktninger ... 15
2.5 Konklusjoner og anbefalinger ... 16
3. Anvendelsesmuligheter for hydrogen ... 17
3.1 Små kjøretøy ... 17
3.2 Utvikling og modenhet innen nyttekjøretøy ... 21
3.3 Hydrogenbusser ... 24
NewBusFuel, nytt storskala infrastruktur-forprosjekt for hydrogenbusser ... 26
Testing og utvikling mot neste generasjon modne hydrogenbusser ... 27
3.4 Bakkekjøretøy på flyside ... 29
3.5 Brenselceller i fly ... 32
4. Hydrogenstasjon på Gardermoen ... 34
4.1 Generelt om hydrogenstasjoner og sikkerhet ... 35
Vurdering av risikoaspekter ... 35
Fareidentifikasjon - HAZID ... 36
4.2 Etablering av hydrogenstasjonen på Gardermoen ... 36
Hydrogenstasjonens oppbygging ... 36
Lokalisering og omgivelser ... 36
LRCs konklusjoner for stasjonslokalisering på tomten på Gardermoen ... 38
Muligheter for bruk av stasjonen på flysiden ... 38
5. Scenarier for bruk av hydrogen ved Gardermoen ... 40
5.1 Kostnadsbildet for de ulike kjøretøytyper og infrastruktur ... 43
6. Næringsutvikling og profilering ... 45
6.1 Tidlig satsing gir muligheter for næringsutvikling ... 45
Testsenter for hydrogenteknologi ... 46
Behovet for kompetanse blir synlig ... 46
Samarbeid for næringsutvikling ... 47
6.2 Synliggjøring av hydrogensatsingen ... 47
7. Konklusjoner og videre arbeid ... 52
Ordliste, forkortelser og definisjoner ... 54

Forord

For å redusere klimagassutslippene må transportsektoren i større grad bruke utslippsfri energi, basert på fornybare energikilder. Hydrogen peker seg ut som en av energibærerne som vil være sentral for å løse utfordringene. I en mulighetsstudie fra 2012 vurderte man muligheter for produksjon og anvendelse av hydrogen på og i tilknytning til Oslo Lufthavn Gardermoen. Anbefalingene fra mulighetsstudien var tenkt som en idekatalog, der spørsmål vedrørende realisering og teknisk-økonomiske konsekvenser kun ble berørt i beskjeden grad. Disse spørsmålene ble anbefalt vurdert i et oppfølgende forprosjekt.

Hensikten med dette forprosjektet har vært å gå grundigere inn i disse spørsmålene. Hovedmålet for prosjektet har vært å fremlegge et konkret forslag til etablering av en fyllestasjon for hydrogen på Gardermoen, samt å gi en konkret vurdering av type og antall kjøretøy som bør tilknyttes hydrogenstasjonen.

Prosjektgruppen har hatt som målsetting å legge til rette for etablering av en hydrogenstasjon på Gardermoen. Som en utløsende årsak av dette arbeidet, av OSLs miljøengasjement samt av andre forhold, er det svært gledelig å kunne levere sluttrapport fra forprosjektet samtidig med at det nå faktisk åpnes en hydrogenstasjon på Gardermoen. Flyttingen av HYOPs stasjon fra Kjellstad i Drammen til Gardermoen markerer en begynnelse på det som kan bli en større satsing på hydrogen til transport ved Norges viktigste samferdselsknutepunkt. Arbeidet igangsatt gjennom forprosjektet har dermed allerede utløst betydelige investeringer for hydrogen på Gardermoen, som et første ledd i satsingen.

Arbeidet med forprosjektet er finansiert av Akershus fylkeskommune, Enova, OSL og Ullensaker kommune. Prosjektleder for arbeidet har vært Kristian E. Vik, Kunnskapsbyen Lillestrøm. Prosjektgruppen for øvrig har bestått av Jan Carsten Gjerløw (Hynor Lillestrøm AS), Øystein Ulleberg (IFE), Bjørn Gregert Halvorsen og Ulf Hafseld (HYOP AS) og Hege Ringnes (OSL). Lloyds Register Consulting har gjennomført en kvalitativ risikovurdering av hydrogenstasjonen på ny lokasjon. Prosjektgruppen takker finansiørene og aktører som har bidratt med innspill og informasjon i prosjektet for godt og konstruktivt samarbeid!

Prosjektgruppen vil påpeke at utviklingen innen bruk av hydrogen og brenselceller nå går raskere enn noen gang. Omsetning og salg av brenselcellesystemer er mangedoblet de siste årene. Vi vil derfor presisere at de funn og anbefalinger som presenteres i rapporten ikke er uttømmende. Mange nye applikasjoner forventes utviklet og lansert de kommende årene. Forprosjektet tar derfor utgangspunkt i etableringen av dagens stasjon og et utvalg av hensiktsmessige muligheter som pr. i dag finnes for videre utvikling de nærmeste årene.

Med åpningen av hydrogenstasjonen på Gardermoen har den ambisiøse hydrogensatsingen i Osloregionen nådd en ny milepæl. Prosjektgruppen mener at dette er et viktig steg for å sette fart på utviklingen av hydrogen som drivstoff i Norge, og dermed også for å nå Akershus fylkeskommunes ambisiøse målsettinger, og for å få til næringsutvikling på området.

Kjeller, august 2015

Sammendrag og anbefalinger

Norge har frem til nå vært anerkjent for å ha en godt utbygd infrastruktur for hydrogen til transport. Dette har gjort Norge til et attraktivt land for utprøving av bilprodusentenes demonstrasjonsflåter av kjøretøy. Det har også gitt kompetanse og erfaringer som gjør oss i stand til ytterligere satsing på hydrogen til transport, og med potensial til å etablere nye og grønne arbeidsplasser. Per juni 2015 finnes det 6 hydrogenstasjoner i Osloregionen, hvorav èn er kun til busser. De fem stasjonene for biler er demonstrasjonsstasjoner, med liten kapasitet, ingen redundans og dermed begrenset leveringssikkerhet.

Fra 2015 har Hyundai startet serieproduksjonen av sin første hydrogenbil ix35 FCEV. Hyundai har pekt ut Norge, Danmark og Nederland som hovedsatsingsområder i Europa, og kan nå levere bilen i et stort antall i disse landene. Samtidig har Toyota startet serieproduksjonen av sin hydrogenbil Mirai, og en rekke billeverandører bekrefter sine videre satsinger. I et historisk perspektiv markerer 2015 år 0 for kommersialisering av hydrogen i bilindustrien, da også det store gjennombruddet for infrastrukturutvikling skjer i år. Et lite antall biler fra Toyota blir i år levert til Tyskland, Danmark og Storbritannia som den første utrullingen i Europa. I Norge antas det at de første eksemplarene kan leveres neste år. Dette avhenger blant annet av infrastrukturutviklingen i Norge, men også av utviklingen på etterspørselen i Japan som hittil har vært langt større enn først antatt.

Fra 2017 og etterfølgende år lanserer også Honda, Mercedes, Nissan, Ford, Mazda, Renault, Opel (GM), BMW og Audi sine hydrogenbiler. Parallelt med at hydrogenbilene nå er kommet i kommersielt salg og til en pris som gjør de konkurransedyktige, utvikles hydrogen- og brenselcelleteknologien også for andre kjøretøygrupper. Busser, tyngre kjøretøy og båter er svært interessante anvendelsesområder. Hydrogenbusser planlegges nå for storskala europeisk kommersialisering fra 2018 av flere store bussprodusenter. Også for jernbane og maritim sektor arbeides det nå for å ta i bruk hydrogen som drivstoff.

Et stort antall demonstrasjonsprosjekter de siste årene, store satsinger og investeringer i bilindustrien, flere leverandører, og stadig utvikling av mer effektive og billigere brenselcellesystemer både i stasjonær og mobil sektor, har medført at teknologien har blitt moden. Det er derfor rimelig å anta at et gjennombrudd for denne frem til nå marginale nisjen er nært forestående.

En slagkraftig internasjonal infrastruktursatsing

I takt med økt tilgjengelighet av kjøretøy, og dermed også økt anvendelighet av hydrogen, satser stadig flere land på utbygging av infrastruktur. Danmark er et godt eksempel i så måte. Infrastrukturen bygges nå ut til å dekke hele landet, og det selges mange biler. Pr i dag er det 5 stasjoner i drift, og det er planlagt etablert ytterligere 6 stasjoner i løpet av 2015 og 2016. Den samme utviklingen kan vi se i andre land. Det store nasjonale programmet i Tyskland skal ha 50 stasjoner installert i løpet av 2015. Toyotas satsing, er naturlig nok også del av en storstilt industrisatsing i Japan.

Den nye generasjonen stasjoner har en større kapasitet og leveringssikkerhet enn demonstrasjonsstasjonene som hittil har preget utviklingen i Norge. Dersom Norge skal følge med i denne utviklingen, og opprettholde fortrinnet med å være tidlig ute, kreves det nå en styrket nasjonal satsing på hydrogeninfrastruktur.

Dette forprosjektet baserer seg på arbeidet som ble gjort i mulighetsstudien *H2OSL Mulighetsstudie: Muligheter for anvendelse av hydrogen på Oslo Lufthavn Gardermoen og tilknyttede områder.* Mulighetsstudien tok for seg alternativer for produksjon og anvendelse av hydrogen knyttet til OSL. Ulike scenarier ble vurdert, samt hvilke konsekvenser disse ville ha med hensyn til blant annet behov

for investeringer og CO_2-utslipp. Mulighetsstudien ga også forslag til videre arbeid for å nærme seg en realisering av en hydrogenstasjon lokalisert på Gardermoen.

Forprosjektet tar som utgangspunkt at det skal etableres en hydrogenstasjon ved Gardermoen, og at denne skal være en del av totale hydrogeninfrastrukturen i Osloregionen. Ut fra dette har vi vurdert mulig beliggenhet for en stasjon, hvilke sikkerhetshensyn som må tas, hvilken kapasitet stasjonen bør ha, hvordan den bør dimensjoneres for å dekke dagens og morgendagens behov for hydrogen i området, og hvordan hydrogenet skal fremskaffes. Vi har også vurdert mulig integrasjon mot flyplassområdets energibehov og tjenestetrafikk. Prosjektgruppen har også diskutert hvilke muligheter hydrogensatsingen i regionen gir for næringsutvikling på området, og hvordan satsingen kan synliggjøres overfor allmennheten.

Prosjektgruppen har samlet sett omfattende kompetanse på de områdene forprosjektet behandler, og har et nasjonalt og internasjonalt nettverk som har vært nyttig i gjennomføringen, og som har blitt videre utviklet gjennom arbeidet.

Stasjonsetablering på Gardermoen
Oslo Lufthavn (OSL), har vært aktivt med i prosjektgruppen. Ulike avdelinger i OSL har vært involvert i prosjektets aktiviteter, og OSL som organisasjon har fått økt kunnskap om hydrogen som alternativt drivstoff. Dette har også medført at OSL anskaffet sin første Hyundai iX35 FCEV til bruk som kjøretøy for Airport Patrol høsten 2014. Interessen for å få etablert en stasjon i området har vært økende fra OSL sin side, for etterhvert å kunne drifte flere nullutslippskjøretøy.

Parallelt med arbeidet i forprosjektet, har det åpnet seg en mulighet for å få lokalisert en av HYOPs hydrogenstasjoner til Gardermoen. Statoil Fuel and Retail sa opp avtalen med HYOP om bruk av arealet på Kjellstad ved Drammen. Stasjonen måtte følgelig flyttes i løpet av juni 2015. Det var et ønske fra flere hold om at denne skulle flyttes til Gardermoen. Dette har nå blitt virkelighet. Stasjonen er i normal drift august med offisiell åpning planlagt tidlig september 2015.

Etableringen av stasjonen ved Gardermoen er et direkte resultat av H2OSL forprosjektet. Etableringen kommer som en følge av OSLs deltagelse i prosjektet, og kommunikasjonen som ble etablert mellom involverte avdelinger der. Søknad om etablering av stasjonen ble behandlet hurtig og effektivt av OSL. Søknad om medfinansiering til flytting og igangkjøring ble også raskt behandlet av Akershus fylkeskommune. Sammen med godt arbeid fra flere hold har dette ført til at stasjonen nå er etablert ved utkanten av parkeringsplassen P5 langs Edvard Griegs vei på Gardermoen.

Det er HYOP som eier og drifter stasjonen, og som er ansvarlig for flyttingen. Stasjonen har liten kapasitet, men prosjektgruppen mener dette er et viktig første skritt på vegen til en større stasjon som kan gi et fullverdig tilbud til hydrogenkjøretøy i regionen. Med dette kan vi altså si at hydrogensatsingen har nådd Gardermoen. Den tredje stasjonen er etablert i Akershus fylke, den første i Ullensaker kommune. H2OSL-forprosjektet har vært den utløsende faktor. Det er fra flere hold høye ambisjoner om å ta dette videre i en større hydrogensatsning på Gardermoen.

Anvendelse
Når det gjelder anvendelse av hydrogen, har vi i forprosjektet gjort en prioritering og kvalitativ vurdering av mulighetsstudiens kartlegging av kjøretøy på flyside og landside. Arbeidet er utført i samarbeid med OSL og andre relevante aktører.

De langt fleste av dagens kjøretøy ved OSL drives av bensin og diesel, mens noen har batteridrift. Hydrogen og brenselcelledrift er et reelt alternativ for flere av disse. Det er imidlertid verdt å merke seg at det er svært hard konkurranse innen luftfarten, så også blant selskapene som leverer tjenester

til flyplasser og flyselskap. Dette er en stor utfordring for innføring av ny teknologi, spesielt på områder som ikke gir noen direkte konkurransefordel.

I løpet av prosjektperioden har det vært en omstrukturering av operatørselskapene for bakkeoperasjoner ved flyplassen, hvor kjøretøyene for bakkehåndtering nå er blitt samlet i det nye handlingsselskapet TCR. Prosjektgruppen har ikke gått i dialog med TCR, men skissert mulige kostnader for en testflåte av bagasjetraktorer og gaffeltrucker. Dette forutsetter nytt byggetrinn på hydrogenstasjonen med 350 bars trykk, på lik linje med standarden som gjelder for busser.

Overgangen til alternativt drivstoff er kostbart i en tidlig fase, og i en presset konkurransesituasjon er dette kostnader som er vanskelig for ett enkelt selskap å dekke. Samtidig ser vanlige personbiler og busser ut til å være fremst i kjøretøyindustriens satsing på hydrogen. Vi mener derfor det er mest realistisk at anvendelse av hydrogen i første omgang vil skje på landside. Dette er knyttet til de mest modne kjøretøysegmentene buss og bil, med et stort realiserbart potensiale for en taxiflåte på kort sikt. For å få til dette må dagens stasjon raskt utvides slik at den får større kapasitet.

Anbefalinger

Prosjektgruppen har følgende anbefalinger:

1. Prosjektgruppen mener stasjonen som nå etableres må være starten på en større satsing på bruk av hydrogen til transport på landside og flyside ved Gardermoen. Vi anbefaler at involverte aktører snarest blir enig om hvordan man går videre basert på resultatene i dette forprosjektet.
2. Hydrogenproduksjon lokalt ved bruk av elektrolyse er det mest aktuelle alternativet for lokal produksjon og større omsetning av hydrogen.
3. Videre utbygging bør gjøres modulært, slik at stasjonen kan utvikles i takt med økt etterspørsel. Vi anbefaler å starte med en vannelektrolysør med kapasitet 500 kg /dag, og legge til rette for senere utvidelser med flere elektrolysører. Det må også tas høyde for eventuell bruk av hydrogen på flyside.
4. Det bør etableres redundans i systemer, og også legges til rette for å kunne bruke tilkjørt hydrogen for å for å styrke leveringssikkerheten.
5. Vi anbefaler at det gjennomføres en spesifikk risikovurdering for å avklare om kapasiteten kan økes ved dagens stasjon, eller om det må bygges en ny stasjon på en annen lokasjon.
6. Vi anbefaler at man snarest etablerer et taxiprosjekt knyttet til stasjonsutviklingen på Gardermoen. Dette vil gi en rask økning i etterspørselen fra stasjonen, og det vil engasjere en ny og prioritert brukergruppe i hydrogenstrategien. Det vil også bidra til å øke andelen nullutslipps reiser til og fra flyplassen, og vil kunne gi høy synlighet for hydrogensatsingen.
7. Vi anbefaler at man etablerer et bussprosjekt knyttet til stasjonsutviklingen på Gardermoen. Dette vil også gi en rask økning i etterspørselen fra stasjonen, og gjøre stasjonsdriften mer kommersielt drivverdig. Det vil også bidra til å øke andelen nullutslipps kollektivreiser til og fra flyplassen, og kunne gi høy synlighet for hydrogensatsingen.
8. Vi anbefaler at OSL og regionale aktører deltar i EU-finansierte og / eller nasjonale prosjekter hvor man kan få støtte til en økt satsing på hydrogen og ta i bruk hydrogen på nye områder på flyside.
9. Vi anbefaler at det etableres et prosjekt for synliggjøring av hydrogensatsingen i Osloregionen, som tar utgangspunkt i konseptet utviklet i forprosjektet. Det bør også utarbeides en overordnet kommunikasjonsplan for regionens hydrogensatsing, med Gardermoen som en viktig del av dette.

10. Vi anbefaler at det påbegynte samarbeidet med NHO om næringsutvikling innen hydrogen også inkluderer satsingen på Gardermoen, og at man ser på mulighetene for å skape nye arbeidsplasser knyttet til anvendelse på landside og flyside.
11. Vi anbefaler at det etableres et program for kompetanseutvikling innen hydrogen- og brenselcelleteknologi. Dette bør ha som mål at bedrifter, organisasjoner, offentlig sektor, lærere og elever, studenter og andre som har tilknytning til hydrogensatsingen får økt kompetanse. Hensikten er å bidra til å dekke den økte etterspørselen etter kompetent arbeidskraft, og til å stimulere til nyskaping og utvikling av grønne arbeidsplasser på området.

1. Bakgrunn

Utgangspunktet for H2OSL Forprosjekt er et mulighetsstudie utført i 2011-2012; *H2OSL Mulighetsstudie: Muligheter for anvendelse av hydrogen på Oslo Lufthavn Gardermoen og tilknyttede områder*. Mulighetsstudiet konkluderte blant annet med følgende:

Det anbefales å gjennomføre et forprosjekt for nærmere utredning av produksjon, distribusjon, aktuelle bruksområder og kostnader knyttet til dette, samt muligheter for finansiering av et slikt prosjekt.

Forprosjektets mål
Forprosjektet har hatt følgende hoved- og delmål:

Hovedmål:
Forprosjektet skal fremlegge et konkret forslag til etablering av en fyllestasjon for hydrogen på Gardermoen. Det skal tas hensyn til fordeler og ulemper ved etablering i tilknytning til - eller helt uavhengig av - eksisterende bensinstasjon. Det skal også legges frem konkrete forslag til type og antall kjøretøy som bør tilknyttes hydrogenstasjonen.

Delmål:
For å bidra til oppfyllelse av hovedmålet skal følgende delmål/aktiviteter realiseres:

1. *Gi en konkret anbefaling vedr. produksjon/tilveiebringelse av hydrogen*
2. *Gi en konkret anbefaling vedr. lokalisering, finansiering, eierskap og drift av fyllestasjon*
3. *Gjennomføring av sikkerhetsvurderinger - HAZID*
4. *Underbygge estimatene fra mulighetsstudien vedr. antall, tilgjengelighet og kostnader for aktuelle kjøretøy*
5. *Forslag til etablering av et show case for profilering av teknologi og fremtidsvyer*
6. *Vurdering av potensialet for næringsutvikling*
7. *Forslag til struktur for et hovedprosjekt*

Bruk av hydrogen relatert til luftfart
Luftfarten er en kilde til CO_2-utslipp. Som følge av internasjonale målsettinger om reduksjon av utslipp fra transport får hydrogen stadig større oppmerksomhet også i denne bransjen. Utslippene fra innenriks flytrafikk i Norge utgjorde i 2014 rundt 2,6 prosent av de totale norske klimagassutslippene. Det var en kraftig økning på nesten 8 prosent mellom 2012 og 2013, men veksten har avtatt og stabilisert seg det siste året. Det er ventet en betydelig vekst i flytrafikken fram mot 2040. Prognoser fra arbeidet med Nasjonal transportplan 2014-2023 viser en årlig vekst i både innenriks og utenriks flytrafikk på 2,3 prosent.

Utslipp relatert til luftfart – Avinors målsetting

Utslipp fra luftfart er hovedsakelig knyttet til utslipp fra flytrafikken, utslipp knyttet til tilbringertjenesten (trafikken til og fra flyplassen) og utslipp som følge av flyplassdrift. I Avinors miljøstrategi 2016-2020 er den konsernovergripende miljøpolicyen oppsummert i et hovedpunkt «Avinor skal forbedre egen miljøprestasjon og være en drivkraft i miljøarbeidet i luftfarten». Avinors konsernovergripende mål for klima er «Avinor skal innen 2020 halvere egne totale kontrollerbare klimagassutslipp sammenlignet med 2012, og bidra til å redusere klimagassutslipp fra tilbringertjenesten og flytrafikken.»

Oslo Lufthavn, som er et datterselskap i Avinor, besluttet i mai 2014 å etablere et ambisiøst klimamål som underbygger Avinors satsing; «Innen 2020 skal OSL ikke ha fossile klimagassutslipp fra direkte kontrollerbare aktiviteter». I praksis betyr dette at hovedflyplassen ikke skal slippe ut klimagasser fra egen kjøretøypark, ved bruk av brannøvingsfeltet, som følge av baneavising eller ved bruk av termisk energi innen 2020. For å nå dette målet, ble det i juni 2014 etablert et Klimaprogram som skal identifisere kortsiktige og langsiktige tiltak for å redusere utslipp av klimagasser innen hver av flyplassens utslippskilder. Det er etablert arbeidsgrupper som arbeider med tiltak for å redusere klimagassutslipp på følgende områder; kjøretøy, energi, avfall, LTO-syklus[1] (arbeidet inkluderer også tiltak utover 3000 fot), reiser (inkluderer utslipp knyttet til trafikken til/fra flyplassen, ansattes reiser til/fra jobb og tjenestereiser), brannøving, avising, handlere og andre aktører.

OSL har siden 2009 vært akkreditert i en europeisk bransjeordni ng, Airport Carbon Accreditation[2] (ACA), på høyeste nivå (3+). For å kvalifisere til deltakelse i ordningen må egne utslippskilder av klimagasser ved flyplassen kartlegges (nivå 1). Deretter er målet å redusere utslippene og man må dokumentere at man faktisk reduserer klimautslippene fra år til år (nivå 2). Nivå 3 omfatter at klimagassutslipp fra flyplassens samarbeidspartnere kartlegges, og at disse påvirkes til å redusere egne utslipp. Det høyeste akkrediteringsnivået omtales som 3+, «Neutrality». For å kompensere for gjenværende klimagassutslipp som OSL kontrollerer, investeres det årlig i utslippsrettigheter gjennom FNs grønne utviklingsmekanisme (CDM-Clean Development Mechanism).

Akershus – en foregangsregion innen hydrogen

Akershus fylkeskommune har vedtatt og implementert landets mest ambisiøse strategi og handlingsprogram for utbygging av hydrogeninfrastruktur. Hydrogenstrategien gjelder for 2014-2025, og er forankret i fylkeskommunens klima- og energiplan[3]. Her framgår det at fylkeskommunen *har som visjon at utviklingen i Akershus skal baseres på prinsippene om langsiktig bærekraft, med så lave klimagassutslipp at fylket framstår som en foregangsregion i internasjonal målestokk. Frem til 2030 er det målsettingen at Akershus skal halvere fylkets totale klimagassutslipp, sett i forhold til 1991-nivået.* I planen understrekes det at måloppnåelse og prioriteringer vil være avhengig av hvordan Staten og andre aktører benytter sine virkemidler, og at det ved første rullering av planen vil være viktig å prioritere de tiltak og virkemidler som er mest hensiktsmessig å benytte for fylkeskommunen.

Handlingsprogram for hydrogen for 2015-2016, som ble vedtatt oktober 2014, legger opp til investeringer opp mot 90 millioner kroner, i et spleiselag mellom industrien, regionale og nasjonale finansiører, og aktiv deltagelse med medfinansiering fra EU-prosjekter[4]. Det er lagt opp til etablering av minst to stasjoner i fylket i handlingsprogrammet, under forutsetning om statlig bidrag fra Enova.

[1] LTO-syklus betyr Landing and Take Off cycle og omfatter utslipp under 3000 fot
[2] Airport Carbon Accreditation: http://www.airportcarbonaccreditation.org/
[3] Klima- og energiplan Akershus 2011-2014, se http://www.akershus.no/file/295c5cdd2d2432814e35d98d11ea976e/Klima-energiplan%20Akershus_ver101124-final.pdf
[4] Handlingsprogrammet for hydrogenstrategien, Akershus fylkeskommune. http://www.akershus.no/ansvarsomrader/miljo-og-natur/hydrogensatsing/?article_id=203340

2. Produksjon og tilveiebringelse av hydrogen

I mulighetsstudien ble det gitt følgende anbefalinger:

1. *Hydrogenproduksjon lokalt ved bruk av elektrolyse anses som det mest aktuelle alternativet.*
2. *En elektrolysør med kapasitet på 60 Nm3/h[5] vil dekke antatt behov for hydrogen i en pilotfase.*

Hydrogenstrategien for Oslo og Akershus gir en viktig føring for H2OSL-prosjektet. Målet for 2025 er å få på plass en hydrogeninfrastruktur for 10 000 hydrogendrevne brenselcellebiler og 100 busser. I første fase av infrastrukturoppbyggingen legges det hovedsakelig opp til bruk av vannelektrolyse.

Småskala lokal (*on-site*) reformering av biogass til hydrogen vil ikke være konkurransedyktig med vannelektrolyse i Oslo og Akershus, men et større anlegg for reformering vil i framtiden eventuelt kunne installeres på Romerike biogassanlegg (RBA) på Nes. Dette vil imidlertid kreve en politisk beslutning om at biogass skal omdannes til hydrogen, og at det skal bygges ut en tilhørende infrastruktur for distribusjon av hydrogen i regionen. Vi går her ikke nærmere inn på diskusjonen om bruk av biogass til produksjon av hydrogen.

Lokal (*on-site*) vannelektrolyse er enklere å få til, i hvert fall for hydrogenstasjoner med en H_2-produksjonskapasitet på mindre enn 500 kg/dag. Det finnes flere kommersielle leverandører av vannelektrolysører som kan bygge anlegg med en H_2-produksjonskapasitet på 125-250 kg/dag, mens utvalget av leverandører er litt mer begrenset for de større anleggene på 500-1000 kg/dag.

I dette forprosjektet har vi fokusert på systemer og teknologier for stasjoner med en H_2-produksjonskapasitet på 250-1000 kg/dag. Ruters hydrogenanlegg på Rosenholm (250 kg/dag, lokal vannelektrolyse) for fylling av brenselcellebusser er her et viktig referanseprosjekt (***Figur 1***).

Figur 1 – Hydrogenstasjon (250 kg/dag) for busser på Rosenholm. Foto: Ø. Ulleberg, IFE

2.1 Hydrogenforbruk og stasjonskapasitet

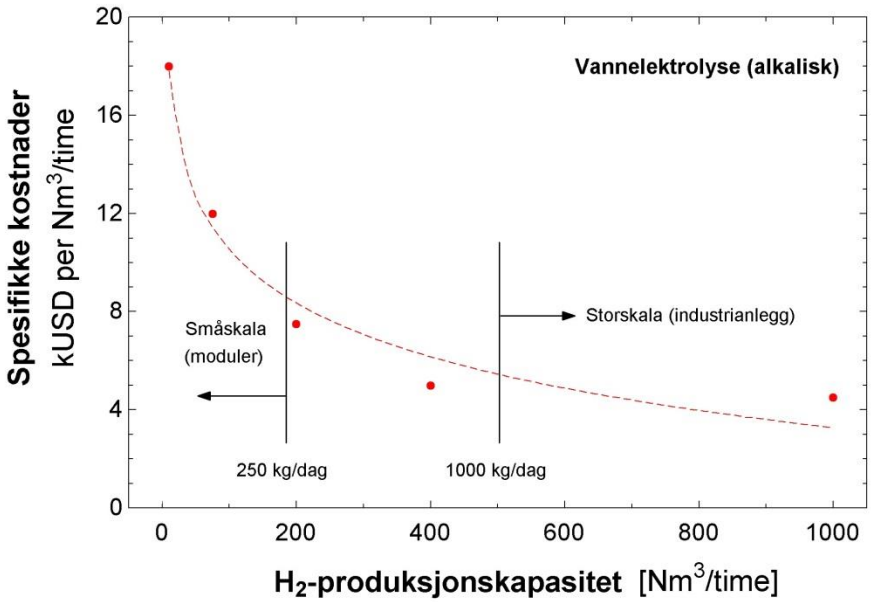
Det forventede daglige behovet for hydrogen har stor betydning for design og utforming av en hydrogenstasjon. Hydrogenbehovet er direkte avhengig av antall og typer kjøretøy som sogner til stasjonen, og bruksmønsteret til de ulike kjøretøyene. Busser og taxier vil f.eks. ha et mye større

[5] Normalkubikkmeter pr. time

hydrogenforbruk enn personbiler og mindre nyttekjøretøy. Erfaringer fra andre prosjekter viser at en brenselcelledrevet hydrogenbuss har et gjennomsnittlig hydrogenforbruk på ca. 0,13 kg/km[6], mens en brenselcellebil har et forbruk på ca. 0,01 kg/km[7]. Busser og taxier antar vi vil kjøre omtrent 300 km/dag, noe som gir et daglig hydrogenforbruk på henholdsvis ca. 39 og ca. 3 kg/dag.

Den spesifikke investeringskostnaden (NOK/kg) for vannelektrolysører avtar med økt kapasitet, og er mest kostnadseffektive når de er bygget som industrielle anlegg med en H_2-produksjonskapasitet større enn 1000 kg/dag (***Figur 2***)[8]. Hydrogenstasjoner basert på vannelektrolyse kan enten designes basert på mindre modulære enheter (containere), hver med en H_2-produksjonskapasitet på ca. 125 kg/dag, eller som ett større (og mindre fleksibelt) standard industrianlegg med en kapasitet mindre enn 1000 kg/dag.

Det er vanskelig å estimere hva slags størrelse det bør være på en hydrogenstasjon ved OSL, ettersom dette vil være avhengig av utbygging av annen hydrogeninfrastruktur i Oslo og Akershus. Taxier vil for eksempel kunne benytte flere stasjoner, avhengig av hvor de til enhver tid befinner seg. Dersom man ser bort fra annen utbygging og antar at det innen 2025 vil være flere 10-talls busser og taxier som daglig fyller ved OSL, viser beregninger utført i dette forprosjektet (detaljer nedenfor) at det er mest kostnadseffektivt å bygge en hydrogenstasjon med en H_2-produksjonskapasitet på minst 750 kg/dag.



Figur 2 – Spesifikke hydrogenproduksjonskostnader for vannelektrolyse (kilde: IFE).

2.2 Systemdesign og teknologi

Det finnes i dag både små og store kommersielle vannelektrolysesystemer, enten basert på alkaliske løsninger (KOH) eller protonledende membraner (PEM). Begge vil kunne egne seg for en H_2-stasjon ved OSL. PEM-teknologien er mer kompakt og enklere i drift enn alkaliske systemer, og er også godt egnet for hyppig start/stopp og drift på del-last (dvs. ikke full kapasitet). Den største ulempen med PEM-basert vannelektrolyse er de relativt høye kapitalkostnadene, som i dag typisk vil være 2-3

[6] Personlig kommunikasjon med Pernille Aga i Ruter, april-mai 2015

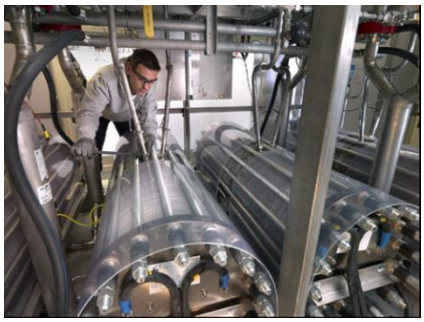
[7] IFEs brukererfaringer ved kjøring Mercedes-Benz F-CELL og Hyundai FCEV i Oslo og Akershus (2012-2015)

[8] IEA HIA Task 33 Local Hydrogen Supply for Energy Applications, http://ieahia.org

ganger høyere enn alkalisk vannelektrolyse. Det finnes imidlertid PEM-teknologiutvikling som viser at dette vil kunne endre seg i løpet av de neste 5-10 årene.

Ulempen med å installere en stor hydrogenstasjon (f.eks. basert på én stor standard industriell alkalisk vannelektrolyseenhet, ***Figur 3***b) er at det i begynnelsen trolig vil bli vanskelig å få utnyttet kapasiteten fullt ut. Det finnes flere eksempler rundt om i verden (f.eks. Japan) der det har blitt bygget hydrogenstasjoner med for stor kapasitet i den første fasen (demonstrasjonsprosjekter). Det andre alternativet er å installere én eller flere mindre enheter (moduler basert på PEM eller alkalisk vannelektrolyse, ***Figur 3***a), og gradvis bygge opp kapasiteten i flere trinn (f.eks. øke kapasitet med 250 kg/dag per trinn).

(a)



Kilde: Hydrogenics, Belgia

(b)

Kilde: NEL Hydrogen, Norge

Figur 3 – Vannelektrolyseteknologi for småskala (venstre) og storskala hydrogenanlegg (høyre)

Den største fordelen med å installere én stor elektrolysør (1000 kg/dag) er at denne vil da kunne forsyne andre stasjoner i regionen med hydrogen. Det utvikles nå nye modulære løsninger for mer effektiv distribusjon av hydrogen basert på komposittanker (Type 4: 500-1000 kg med 550-700 bars trykk) (***Figur 4***)[9], som evt. kan kobles opp mot et større vannelektrolyse- og kompressoranlegg på OSL.

(a)

Kilde: Hexagon, USA

(b)

Kilde: Hexagon, Norge

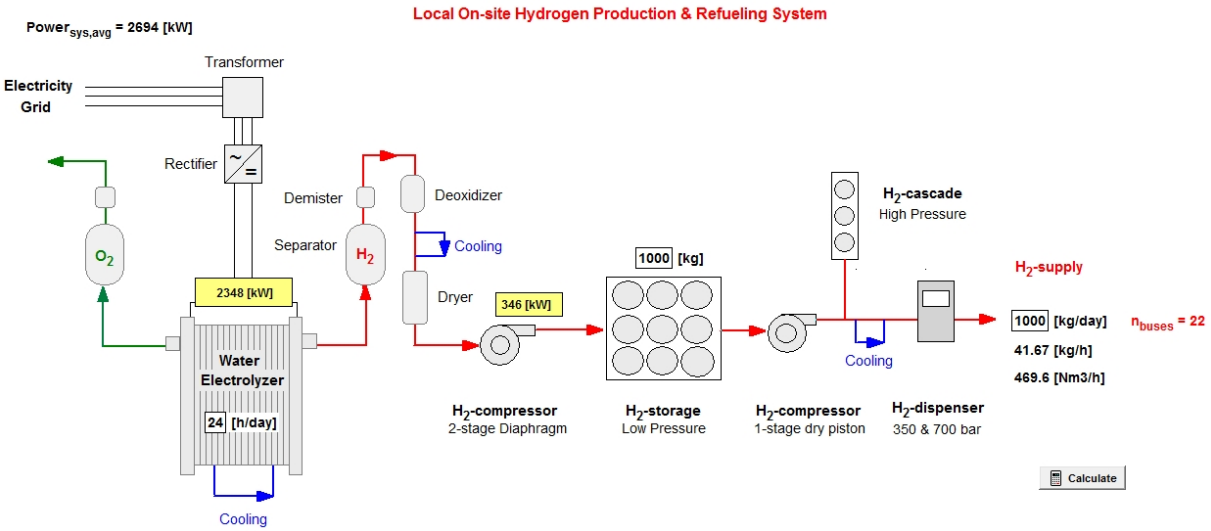
Figur 4 – H_2-distribusjon i Type 4 komposittanker (700 bar); løsninger klare til typegodkjenning.

Hovedkomponentene i en hydrogenstasjon med lokal H_2-produksjon basert på vannelektrolyse er skissert i Figur 5. I tillegg til H_2-produksjonsenheten vil det være behov for et H_2-kompressoranlegg, et H_2-lager og et H_2-dispensersystem som gjør det mulig å fylle busser og andre nyttekjøretøy ved 350 bar og taxier og personbiler ved 700 bar. På en stasjon med stor pågang vil det være nødvendig med redundans på H_2-kompressoranlegget. I praksis betyr det at det bør installeres én ekstra H_2-kompressor som kan settes i drift dersom den andre får driftsproblemer. Det bør også installeres et

[9] Presentasjon av komposittankteknologi fra HEXAGON, *Japan Norway Energy Science Week*, Tokyo, mai 2015

stort lokalt H_2-lager med en kapasitet som tilsvarer omtrent den daglige H_2-produksjonskapasiteten, slik at det er mulig å levere hydrogen ved kortvarige driftsstanser (1-3 dager) på vannelektrolysøren.

Et vanlig design for H_2-kompressoranlegget er å benytte en to-trinns membran kompressor (10-350 bar) mellom vannelektrolysøren og H_2-lageret, og en H_2-stempelkompressor for trykksetting før H_2-dispenser. Denne systemkonfigurasjonen er også anbefalt av DoE i USA[10].



Figur 5 – Skisse av hydrogenstasjon (skjermbilde fra simuleringsprogram utviklet ved IFE).

2.3 Teknisk-økonomisk analyse

Den teknisk-økonomiske analysen utført av IFE i dette forprosjektet er basert på tekniske og økonomiske data for et lokalt H_2-produksjons- og stasjonsanlegg, designet med hovedkomponentene beskrevet og skissert ovenfor. Andre hydrogenstasjonsoppsett kan gi andre kostnadsestimat og kalkyler.

Tekniske og økonomiske data for produksjon, distribusjon, lagring og fylling av hydrogen for ulike brenselcellekjøretøy på OSL er innhentet. Kilder for informasjonen har vært ulike hydrogenkonferanser (bla. WHEC 2014[11]), seminarer, workshops og møter (EUs Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking - FCH JU[12], IEA HIA[13], o.l.), og direkte henvendelse til ulike nasjonale og internasjonale leverandører av hydrogenteknologi (bla. Linde, HyGear, NEL Hydrogen, Hydrogenics, Proton Onsite, Siemens). IFE har også hatt samtaler med og befaring hos Ruter som opererer hydrogenbussene i Oslo, Van Hool i Belgia som har produsert disse bussene. En fersk rapport fra US DoE og NREL i USA om hydrogenstasjoner er også benyttet som referanse [14].

Hovedresultatene fra den teknisk-økonomiske analysen er oppsummert i *Tabell 1*, og viser at et stort hydrogenanlegg (1000 kg/dag, nok til 25 brenselcellebusser) vil være en god del mer kostnadseffektivt enn et mindre anlegg (250 kg/dag, nok til 6 busser). Resultatene viser at en stor H_2-

[10] Parks *etal* (2014) Se detaljer nedenfor.
[11] World Hydrogen Energy Conference 2014, Gwangju, 15.-20. juni 2014
[12] Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking, *Water Electrolysis Day*, Brussel, 3. April 2014
[13] International Energy Agency Hydrogen Implementing Agreement, Task 33 møter, 2014-2015
[14] Parks G., Boyd R., Cornish J., Remick R. (2014), *Hydrogen Station Compression, Storage, and Dispensing Technical Status and Costs*, Rapport NREL/BK-6A10-58564, U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information, Oak Ridge, Tennessee

stasjon med kapasitet på 1000 kg/dag gir en H_2-produksjonskostnad på ca. 46 NOK/kg, mens en mindre stasjon på 250 kg/dag gir en produksjonskostnad på ca. 54 NOK/kg. De totale investeringskostnadene for et 250 og 1000 kg/dag anlegg vil være på hhv. 16 MNOK og 48 MNOK.

Resultatene ovenfor er basert på et systemdesign med H_2-produksjon via alkaliske vannelektrolyse, et H_2-kompressoranlegg med 100% redundans (2 enheter) og et H_2-lager med en kapasitet tilsvarende et dagsforbruk med hydrogen. Dersom det benyttes PEM- vannelektrolyseteknologi så vil investerings- og H_2-produksjonskostnadnene være hhv. 32 MNOK og 80 NOK/kg for et mindre anlegg (250 kg/dag), og 62 MNOK og 55 NOK/kg for et større anlegg (1000 kg/dag) (ikke vist i *Tabell 1*).

Tabell 1 viser kostnader for CAPEX (kapitalkostnader) og OPEX (driftskostnader). Kapitalkostnadene er fordelt på de ulike hoveddelene av en hydrogenstasjon. Videre er det angitt kapitalkostnader pr år. Disse utgjør sammen med OPEX, kostnaden for produsert hydrogen. Av driftskostnaden utgjør kostnaden til strøm den største andelen. I tillegg omfatter OPEX blant annet kostnader for utskifting av teknisk utstyr, som i disse beregningene er anslått til 4% av årlig CAPEX.

Hydrogenproduksjonskostnaden for et anlegg basert på vannelektrolyse er svært avhengig av strømkostnaden. I denne studien har det blitt antatt tilknytning til det lokale distribusjonsnettet og kjøp av strøm til 0,50 NOK/kWh. Dersom strømprisen halveres fra 0,50 til 0,25 NOK/kWh (f.eks. avgiftsfritak for elektrisitet til H_2-basert transport), vil H_2-produksjonskostnadene reduseres med ca 15 kroner pr kg til henholdsvis ca. 40 NOK/kg for et mindre anlegg (250 kg/dag) og ca. 32 NOK/kg for et større anlegg (1000 kg/dag).

System	H_2-forbruk	Kraft-behov	Kapitalkostnader (CAPEX)				CAPEX	OPEX	H_2-kostnad
			H_2-prod.	H_2-komp.	H_2-lager	H_2-system			
Design	kg/dag	kW	MNOK	MNOK	MNOK	MNOK	MNOK/år	MNOK/år	NOK/kg
A1	250	673	10,7	1,2	1,2	14,9	1,9	3,0	54,3
A2	250	673	10,7	2,4	1,2	16,1	2,1	3,0	56,1
B1	500	1347	14,4	2,4	2,3	22,8	3,0	6,0	49,2
B2	500	1347	14,4	4,9	2,3	25,2	3,3	6,0	51,0
C1	750	2020	17,1	3,7	3,5	29,7	3,8	9,0	47,0
C2	750	2020	17,1	7,3	3,5	33,4	4,3	9,0	48,8
D1	1000	2694	20,1	4,9	4,7	37,0	4,8	12,0	46,0
D2	1000	2694	20,1	9,8	4,7	41,8	5,4	12,0	47,8

Tabell 1 – Hovedresultater fra teknisk-økonomisk analyse.

Merknader & antagelser til tabell 1:

a. Kostnader som ikke er inkludert: Engineering, grunnarbeider på tomt, elektriske arbeider, kjøretøy
b. Systemdesign A1, B1, C1 og D1: 1 stk. H_2-kompressor
c. Systemdesign A2, B2, C2 og D2: 2 stk. H_2-kompressor (100% redundans)
d. H_2-produksjon: Alkalisk vannelektrolyse
e. H_2-lager: Kapasitet = én dags H_2-forbruk
f. Strøm fra det lokale distribusjonsnettet: 0,50 NOK/kWh
g. Levetid på vannelektrolyse (stacker): 90 000 timer (ca. 10 år)
h. Økonomisk levetid: n = 10 år
i. Rente: i = 5%

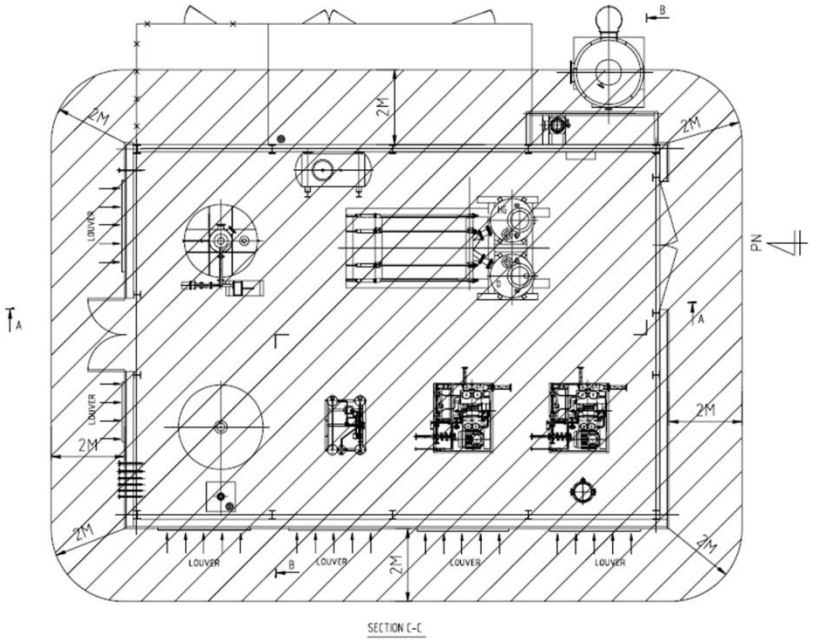
Det er viktig å merke seg at det i beregningene som ligger bak tabell 1 er forutsatt høy tilgjengelighet av stasjonen og høy utnyttelse av hydrogenet som produseres. I eksempel B2 utgjør CAPEX ca 35% av hydrogenkostnaden. Dersom man har overkapasitet, eller av andre grunner ikke få utnytte stasjonen fullt ut, vil CAPEX bli en relativt større andel av hydrogenkostnaden.

2.4 Praktiske betraktninger

Et av de viktigste elementene i planleggingen av en hydrogenstasjon vil være lokalisering, arealplanlegging og regulering av området der hydrogenanlegget skal stå. I et større anlegg (1000 kg/dag) vil det kunne være mulig å plassere H_2-produksjonsenheten et lite stykke unna selve H_2-stasjonen, avhengig av størrelsen på tomten. Dette vil imidlertid kreve at det legges H_2-rør (enten i luften, eller i bakken) fra H_2-produksjonenheten til H_2-stasjonen, noe som vil kreve litt ekstra arealplanlegging. En annen praktisk ulempe med denne løsningen vil være plasseringen av et større høytrykks (350-500 bar) H_2-lager, som helst bør plasseres nært H_2-stasjonen.

For hydrogenstasjoner med en H_2-produksjonskapasitet på <1000 kg/dag bør det være mulig å samlokalisere H_2-produksjonenhet og H_2-stasjon, ettersom arealbehovet ikke er altfor stort. Et stort (1000 kg/dag) H_2-produksjonsanlegg basert på alkalisk vannelektrolyse (1 atm) vil for eksempel ta opp et areal på ca. 14 × 20 = 280 m^2. I tillegg må det etableres en 2 meter bred sikkerhetssone rundt området for H_2-produksjonsanlegget[15], som vist i ***Figur 6***. Arealbehovet for et tilsvarende PEM-vannelektrolyseanlegg (30 bar) vil være på ca. 8 × 15 = 120 m^2 (eksl. EX-sone).

I tillegg til arealbruk H_2-produksjonsenheten (inkl. EX-soner), må det tas høyde for hensynsområde og EX-soner for et evt. høytrykks H_2-lager. For standard godkjente løsninger for trykktanker (f.eks. T4-komposittanker for lagring ved 700 bar), skal det kun beregnes EX-soner rundt opplegg for rørkoblinger og ventiler. Arealbehovet (*foot print*) for et høytrykks H_2-lager med en kapasitet på 1000 kg (700 bar) vil være på ca. 3 × 13 = 39 m^2 (eksklusive EX-sone). Et tilsvarende areal bør nok også holdes av for det tilhørende H_2-kompressoranlegget.



Figur 6 – Eksempel på arealbruk og sikkerhetssone rundt et 1000 kg/dag H_2-produksjonsanlegg basert på industriell atmosfærisk alkalisk vannelektrolyse. Kilde: NEL Hydrogen

[15] Personlig kommunikasjon med Eric Dabe i NEL Hydrogen, 16. oktober 2014

2.5 Konklusjoner og anbefalinger

Teknisk-økonomiske beregninger av en hydrogenstasjon på OSL viser at det er mulig å produsere hydrogen lokalt fra 46-55 NOK/kg, avhengig av størrelse på anlegget, basert på kommersiell og godt utprøvd hydrogenteknologi. Den totale investeringskostnaden for en hydrogenstasjon med en lokal H_2-produksjonskapasitet på 250 kg/dag vil være på ca.16 MNOK, og for et anlegg med en kapasitet på 1000 kg/dag ca. 42 MNOK. I tillegg til investeringskostnadene vil det påløpe kostnader til konsulentarbeid (planlegging, risikoanalyse, anbudsrunde, godkjenning o.l.), engineering, grunnarbeider og eventuelle byggetekniske arbeider på tomten (for større installasjoner som ikke kommer i containere), elektriske arbeider (oppkobling mot transformator og trekking av kabler), o.l. Det er viktig å planlegge *hele prosjektet* og inkludere alle disse andre kostnadene fra starten av, også for prosjekter der det er tenkt en stegvis oppbygging av infrastrukturen i flere etapper. Planlegging av arealbruk, inkludert ATEX-soning, vil være spesielt viktig i denne sammenhengen.

I vår analyse er det forutsatt at H_2-produksjonskapasiteten på anlegget utnyttes fullt ut. Dette vil i praksis være vanskelig å oppnå ettersom det vil ta litt tid før et visst antall kjøretøy er på plass. I en stor hydrogenstasjon (1000 kg/dag) med en viss overkapasitet bør det det derfor også vurderes om det skal inkluderes et opplegg for ekstra lagring og videre distribusjon av hydrogen (vha. trykktanker) til andre stasjoner i regionen. Eventuelle kostnader forbundet med dette må da også inkluderes i det totale regnestykket.

Et annet alternativ vil være å bygge en mindre hydrogenstasjon (f.eks. 250 kg/dag) som er designet for et gitt antall flåtekjøretøy (busser, taxier og/eller nyttekjøretøy) som på det på forhånd er bestemt eller antatt skal sogne til stasjonen. Dette vil sikre høyest mulig utnyttelse og regelmessig bruk av stasjonen. I mindre anlegg med lav utnyttelsesgrad, vil det også være viktig å satse på H_2-teknologi som gjør det mulig å holde driftskostnadene nede. Vannelektrolyse basert på PEM-teknologi kan her være et godt alternativ, selv om det gir høyere investeringskostnader.

I en tidlig fase, før mange kjøretøy kommer på plass, vil det også være viktig å satse på et fleksibelt systemdesign som gjør det mulig å utvide stasjonen i flere trinn. En mulig framgangsmåte her kan være å installere 100% kapasitet på H_2-stasjonsdelen med redundante systemer for H_2-kompressor og H_2-dispenser (f.eks. 2 stk. av hver), og å installere kun 50% av full kapasitet på H_2-produksjon og H_2-lageret. Så snart H_2-forbruket nærmer seg den installerte kapasitetsgrensen vil det være mulig å benytte seg av tilkjørt hydrogen i form av transportable H_2-lagringsmoduler (***Figur 4***b) uten å måtte oppgradere H_2-stasjonen med en gang. Dersom trenden i H_2-forbruket fortsetter å stige så kan det eventuelt investeres i en ny H_2-produksjonsenhet (de neste 50% av full kapasitet) og i en utvidelse av H_2-lageret.

3. Anvendelsesmuligheter for hydrogen

I mulighetsstudien ble det gitt følgende anbefalinger*:*
Det foreslås følgende anvendelsesområder:

1. *Flyside: Det legges til rette for følgende kjøretøy: Bagasjetraktorer, gaffel-trucker, varebiler/servicebiler og lette personbiler. Det kan suppleres med bruk til stasjonære applikasjoner som bagasjebånd og mobile bakkestrømenheter.*
2. *Landside: Det legges til rette for følgende kjøretøy: Shuttlebusser, taxier og leiebiler*

Ved oppstart av forprosjektet ble det gjort en vurdering og prioritering av modenheten rundt forskjellige segmenter av hydrogenkjøretøy, basert på anbefalingene gjort fra mulighetsstudien. En dialog med utviklingsaktører på kjøretøysiden har vært sentralt i dette. Som følge av dette og prosessen med tomtelokalisering, har kjøretøy på landside, og da primært drosjer og busser, har hatt førsteprioritet for de videre anbefalinger på kort sikt. Av flyplass-spesifikke kjøretøy er det gaffeltrucker og bagasjetraktorer som har oppnådd høyest modenhet i tiden etter mulighetsstudien. Det kreves imidlertid noe mer tid for videre uttesting hos tyske aktører før disse kan være aktuelle for innfasing i Norge. Kjøretøyvurderingene for flyside følger til slutt i dette kapitlet.

Den nylig etablerte stasjonen på Gardermoen har en kapasitet på ca 20 kg pr dag. Dette er lite, og en solid økning av kapasiteten vil være nødvendig om man skal ha et ambisiøst mål for innfasing av en større hydrogenkjøretøypark.

3.1 Små kjøretøy

En rekke store gjennombrudd rundt modning av hydrogenteknologi i personbiler har funnet sted de siste årene. Historien i bilindustrien går langt tilbake. Flere aktører har jobbet med brenselceller og hydrogen som alternativt drivstoff i flere tiår. En rekke forsøk tidlig på 2000-tallet ble gjort med dual-fuel, det vil si kjøretøy med både hydrogen og bensin til bruk i forbrenningsmotor. Dette er en kompleks sammenstilling, og forsøkene ga ikke overbevisende resultater med tanke på effektivitet, systemintegrasjon og virkningsgrad. Fra slutten av 2000-tallet og med viktige gjennombrudd for *PEM-brenselcelleteknologi,*[16] ble dette derfor etter hvert gjeldende teknologiske plattform for sporet det satses på i dag; brenselcelle-elektriske biler (FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle), som vi i Norge kort og godt betegner som hydrogenbiler.

Mangeårig testing fra 2009 fra særlig Hyundai, Mercedes og Honda med deres respektive modeller iX35 FCEV, B-klasse F-Cell og FCX Clarity, har gjort at en samlet bilindustri de siste årene har satset utelukkende på brenselcellebiler, og ikke på dual-fuel når det gjelder bruk av hydrogen.[17] Se figur 10 for skjematisk skisse av hvordan et brenselcellesystem med batteri, hydrogentanker og systemintegrasjon kan se ut.[18] Fra 2012 er det satt i gang store utviklings- og introduksjonsprogrammer og samarbeidsallianser mellom bilfabrikanter. Tabellen på neste side viser oppdaterte data for samarbeid og forventede år for introduksjon av kommende kommersielle modeller fra de forskjellige billeverandørene.

---

16 Proton Exchange Membrane, den nå gjeldende og vanligste brenselcelletypen for bruk med hydrogen og oksygen

17 Artikkel i Blomberg Business: http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-07-01/bmw-s-first-fuel-cell-car-starts-testing-in-clean-engine-push

18 For en mer grunnleggende innføring i hvordan brenselceller og hydrogenbiler fungerer henvises det til brosjyren "Hydrogen og brenselceller – viktige deler av et fornybart energisystem". http://www.hydrogen.no/assets/files/infomateriale/hydrogen_informasjonsbrosjyre_2013.pdf

Bilprodusenter og introduksjonsår for hydrogenbiler[19]

HYUNDAI:	Serieproduksjon av 1000 ix35 FCEV fra 2013-2015. I salg i Norge, og pr juni 2015 er det 13 registrerte biler. Ny modell kommer i 2018.
TOYOTA:	Lansering av Mirai i Japan april 2015, til California og Europa sommeren 2015; introduksjon i det norske markedet planlagt 2016. Flere modeller, deriblant også under merket Lexus, planlegges introdusert i forkant av Tokyo-OL i 2020.
HONDA:	Lansering i 2016. Rekkevidde oppgis til rekordhøye 75 mil pr fylling. Ny modell ventes i 2020, i samarbeid med General Motors.
MERCEDES:	Lansering 2017. Har hatt 200 stk F-Cell B-Klasse prototyper på veien i Europa de siste årene, 10 av dem i Norge.
NISSAN:	Lansering 2017.
FORD:	Lansering 2017.
MAZDA:	Samarbeidsavtale inngått med Toyota om utveksling av teknologi, lansering antatt mellom 2017-2020
RENAULT:	Mulig lansering av personbil rundt 2020, men bestillingsproduksjon av el-varebil (HyKangoo Z.E.) med brenselcelle/ hydrogen som rekkeviddeforlenger allerede i 2014.
GM/ OPEL:	Lansering rundt 2020, i samarbeid med Honda.
BMW:	Nye konseptbiler (i8 og 5-serie Gran Turismo, GT) vist frem i 2015, lansering rundt 2020, brenselcellesamarbeid med Toyota.
VW/ AUDI:	Lansering rundt 2020; tre pilotmodeller, Golf, Passat og Audi A7 Sportback h-tron vist frem i fjor høst, i samarbeid med brenselcelleleverandøren Ballard. Audi A7 ble presentert som plug-in, med 50 av 500 km ren laderekkevidde.
PORSCHE:	Flere modeller er tilgjengelige i hybrid og plug-in varianter, og som en del av VW-konsernets satsing planlegges (plug-in-) hydrogenvariant rundt 2020.
FIAT / CHRYSLER:	Lansering noen år frem i tid, årstall ikke fastsatt

Hyundais inntreden som første ordinært solgte hydrogenbil i Norge

Foruten 10 stk Mercedes B-klasse F-Cell testbiler og 5 Think City med hydrogen-rekkeviddeforlenger testet i Norge siden 2010, er det Hyundai som har dominert som den mest utbredte hydrogenbilen de siste årene. Bilen har også betydelig lengre rekkevidde enn forgjengerne. Selv om Hyundai markedsfører bilen med 594 km rekkevidde, har flere tester gitt stadig nye Norgesrekorder, med Skedsmo kommunes bil kjørt 620 km tur-retur Lillestrøm- Gøteborg (med økonomisk kjørestil) på en tank i september 2014. De to norske hydrogenpionerene Marius Bornstein og Arnt-Gøran Hartvig har tidligere kjørt 700 km på en tank, og satte nylig en rekord på 2.383 kilometer på 24 timer i en Hyundai iX35 FCEV. Rekorden ble satt i Tyskland, mellom de to byene Hamburg og Berlin. Kjøreturen foregikk på både motorvei og bygater under normale trafikkforhold.

Under arbeidet med faglige innspill til regional hydrogenstrategi i 2012 og -13, ble det diskutert anbefalinger for opptrapping av antall kjøretøy i regionen. Da taxier ble foreslått som tidlige flåtekjøretøy, var ikke Hyundai klare for å bruke bilene i taxisammenheng med den høye årlige kjørelengden som dette medfører (typisk 50-65.000 km pr år, og tre års brukstid før videresalg). Dette har endret seg etter at det ble avholdt et møte med Hyundai i Sør-Korea under World Hydrogen Energy juni 2014, hvor Akershus fylkeskommune fikk etablert et bilateralt samarbeid med Hyundai og Gyongji-provinsen. Dette ble et viktig møte som etablerte tillit til satsingen i Osloregionen. Det bidro også til at Hyundai har tilrettelagt for at regionen kan bli testarena for

[19] Datagrunnlag innhentet fra blant annet følgende kilder: Akershus fylkeskommunes hydrogenstrategi, www.fuelcellsworks.com, www.greencarreports.com, www.autoblog.com

verdens første «mellomskala»[20] hydrogenbilprosjekt for taxiflåter, med et tjuetalls biler. Taxikjøring betyr en intensiv bruk av bilene, og krever derfor et nært samarbeid med produsenten med tettere oppfølging. Oslo Lufthavn er fra Hyundais side ønsket som en av flere viktige baser for kjøretøy.

Hyundai ix35 i bruk som taxiflåte

HYOP har sammen med Akershus fylkeskommune utviklet et konsept for en taxiflåte. Det ble søkt om støtte til prosjektet fra Transnova høsten 2014, med et første trinn knyttet til en stasjon i Bærum. Et delprosjekt på Gardermoen gir nye muligheter for realisering av et taxiprosjekt, gitt en tilstrekkelig oppgradering av hydrogenstasjonen som nå har blitt etablert. Kunnskapsbyen Lillestrøm har i samarbeid med Hyundai Norge og Akershus fylkeskommune vurdert en mulig utvikling på Gardermoen, som kan danne grunnlag for bruk av hydrogenbiler hos Øvre Romerike Taxi og Nedre Romerike Taxi, og evt andre aktører på lufthavnen.

Hyundai Europe har pr. august 2015 et antall hydrogenbiler på lager og kan derfor gi et ekstra godt tilbud for å få etablert en taxiflåte i Norge. Det er tatt utgangspunkt i en første flåte på 10 biler, med opsjon for ytterligere 10. Det ble i fjor høst av HYOP og Akershus fylkeskommune laget et budsjett hvor kostnadene for drosjeeierne ble satt til 300.000 kr, hvilket betyr at det behøves ca 100.000 kr i ytterligere medfinansiering pr bil. Det må avklares om denne skal deles på regionalt nivå og evt Enova eller andre støtteorganer.

Andre brukere på og rundt lufthavnen

Oslo Lufthavn kjøpte sin første hydrogenbil i september 2014 til bruk av Airport Patrol, som patruljerer flyplassen, taxe- og rullebanene, og sjekker at området er klarert og fritt for hindringer. Med nyetableringen av hydrogenstasjon, kan OSL nå bruke denne bilen mer effektivt, og vil på sikt vurdere grunnlaget for å anskaffe flere hydrogenkjøretøy til sin egen bilpark. Flere Airport Patrol-kjøretøy kan være aktuelle. For andre typer kjøretøy kreves det en felles prosess med andre flyplasser i Europa som satser på hydrogen, for å fremskaffe større modenhet og nødvendig EU-medfinansiering. Dette fordrer at man fortsetter det etablerte samarbeidet med blant andre Hamburg, Frankfurt og London.

Figur 7: OSLs hydrogenbil som benyttes av Airport Patrol. Dette er [Norges mest avanserte og velutstyrte hydrogenbil]. Foto: Simarud Electronics

[20] London har testet 5 Black Cab FCEV-piloter gjennom HyTEC-prosjeket.

Hyundai iX35 kan brukes for andre småskala distribusjons- og persontransportoppgaver. Ved en oppgradering av stasjonen slik at den får større kapasitet og bedre leveringssikkerhet, kan en rekke aktører på og rundt flyplassen få tilbud om anskaffelse av slike biler. Også Ullensaker og andre kommuner i nærheten av flyplassen kan være blant aktuelle brukere av iX35 og andre kjøretøy, og dermed bli ambassadører for bruk av hydrogen til transport. Det anbefales å utrede dette og bruk av andre relevante hydrogenkjøretøy i et oppfølgingsprosjekt.

Fokus på personbiler eller andre typer nyttekjøretøy?
I bilindustrien ligger fokuset på kommersialisering av miljøvennlige kjøretøy i segmentene hvor det kan selges store volumer av biler i et globalt marked. Dette vil gi mest mulig igjen for kostbare investeringer. Derfor er personbilmarkedet i fokus. Gjennom den regionale hydrogensatsingen i Oslo og Akershus har det blitt identifisert stor offentlig og privat etterspørsel også etter nyttekjøretøy, gjerne med stor lasteevne, hengerfeste og firehjulstrekk. Like fullt er strategien i bilindustrien å rulle ut rene personbiler i store volumer, hvor salg, ettermarked og erfaring med disse vil legge grunnlaget for de neste kjøretøysegmentene.

Hydrogenbiler krever også en stor institusjonell omstilling i samfunnet hvor man må bygge opp både infrastruktur, system- og teknisk kompetanse på et helt nytt felt, så vel som interesse og etterspørsel. Dette tar tid, og samtidig vil bilindustrien gjerne hente mest mulig gevinst ut av de store investeringene de har gjort innen effektivisering av teknologien for forbrenningsmotorer og innenfor det eksisterende petroleumsbaserte drivstoffregimet, så lenge det ikke ligger større restriksjoner på salg av dagens modeller.

KL har god kontakt med leverandørene av kjøretøy. Generelt kan man si at Norge ikke anses som et ledende marked, da vårt land vurderes å ha et begrenset markedspotensiale. På grunnlag av dette bør man sørge for å tilrettelegge best mulig for å introdusere de kjøretøyene som bransjen satser først på. Da personbiler med lang rekkevidde og høyt komfortnivå (premium) ser ut til å være bilindustriens prioriteringer, bør dette være en viktig premiss for satsingen også i Norge. I tillegg til en drosjesatsing bør derfor de kommende hydrogenbilmodellene etter hvert også vurderes til persontransportsegmentet, dvs. privatbiler, leiebilmarkedet og leasingtjenester. Samtidig må vi fortsette med strategisk påvirkningsarbeid for å få fram nyttekjøretøy.

Som eksempel på en bilmodell som kan bli en suksess innen dette feltet kan vi trekke fram Audis A7 Sportback h-tron quattro, som med firehjulsdrift og 50 km rekkevidde på batteri, med hjemmelading om natten kan bli en svært attraktiv leie- eller leasingbil. Også Mercedes, Volkswagen, BMW, Mazda og Honda ser også ut til å rette seg mot dette segmentet. I løpet av 2015 og 2016 vil vi få mer klarhet i spesifikasjoner som disse leverandørene sikter seg inn mot.

Figur 8 - Audi A7 Sportback h-tron quattro. Den første reelle nullutslipps plug-in FCEV med 500 km rekkevidde hvorav 50 km kan normallades hjemme over natten. Testes for tiden i prototype-utgave i USA. Foto: Audi.

3.2 Utvikling og modenhet innen nyttekjøretøy

Flere leverandører av nyttekjøretøy tilbyr nå vare- og lastebiler med brenselcelle og hydrogendrift. Bilene produseres i samarbeid med selskaper som integrerer brenselcellesystemer i bilene for større rekkevidde. I Europa er SymbioFCell, Proton Motor og HyTrucks fra hhv. Frankrike, Tyskland og Nederland blant de viktigste aktørene for utviklingen. I H2OSL har KL vurdert behovet for små og større nyttekjøretøy i samråd med OSL. SymbioFCell i Grenoble er den som har kommet lengst mot kommersialisering, og ble i 2013 kontaktet for en dialog om mulige leveranser av Renault HyKangoo. Dette er en ny hydrogenvariant av plug-in elektrisk Kangoo som i tillegg til 16 mils batterikapasitet (på sommerføre uten bruk av klimaanlegg) har ytterligere 25 mil gjennom en brenselcelle rekkeviddeforlenger.

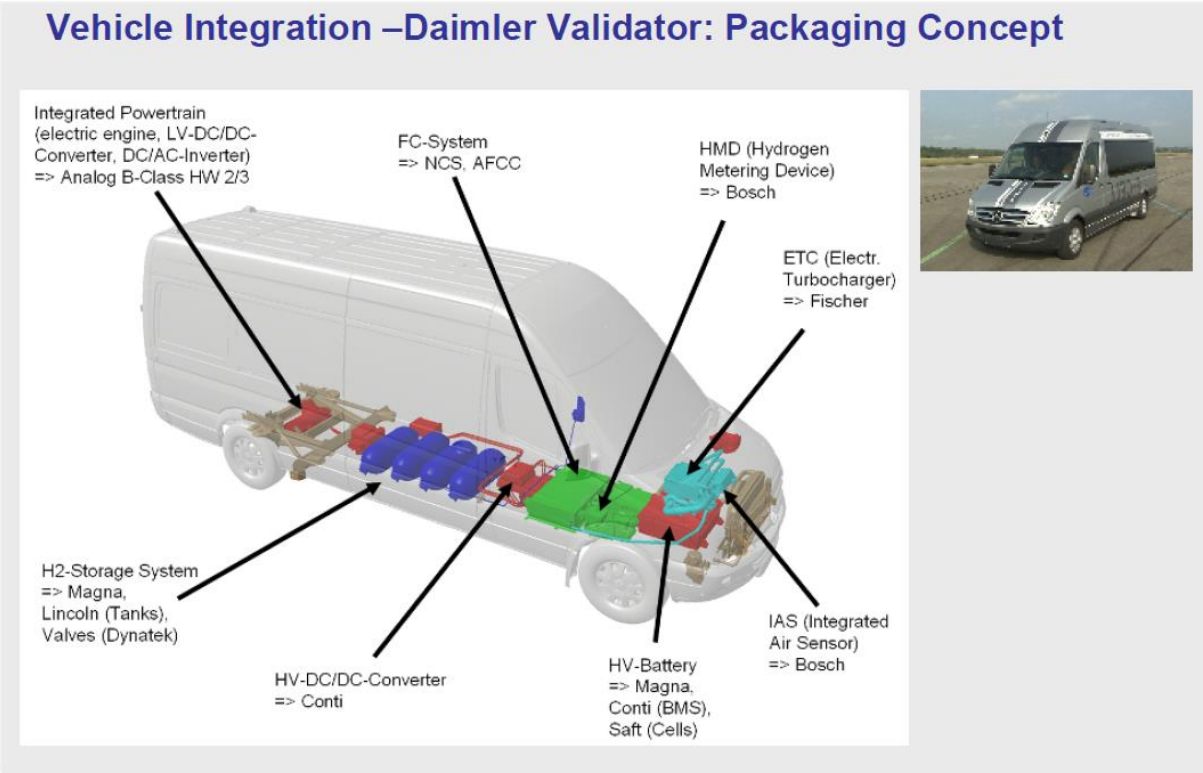
SymbioFCell og Renault har hatt stor suksess med testing og salg av bilen, i særlig Frankrike, og har en etterspørsel som er stor nok for en produksjon på 200 biler i 2015. Det planlegges en økning av produksjonen til 1000 biler neste år. HyKangoo kan også leveres som 5-seters personbil.

Figur 9 - To Renault HyKangoo ved den nye hydrogenstasjonen ved Saint-Lô i Normandie, Frankrike. Dette er de to første av 40 hydrogenkjøretøy bestilt av fylkesadministrasjonen i La Manche. Foto: Automobile Propre

Ved OSL tester man for tiden en elektrisk Kangoo med ren batteridrift. Andre lignende elektriske kjøretøy som kan benytte hydrogen og brenselcelle som rekkeviddeforlenger er under vurdering både for OSL og andre aktører ved Gardermoen. HyKangoo blir levert i Frankrike i 350 bars utgave, men det arbeides nå med en ny variant med 700 bar for Europeisk eksport. Det antas at HyKangoo kan selges i Norge i 700 bars versjon til ca. kroner 450 000,-. Kjøretøyet har blitt omfattende testet hos franske aktører, og salget går nå direkte fra Renault istedenfor gjennom SymbioFCell. Et distribusjonsapparat i Norsk sammenheng er likevel ikke pr. dags dato etablert, og vil være avhengig av en forutsigbar oppgradering av det norske hydrogenstasjonsnettverket.

Flere større nyttekjøretøy med rekkeviddeforlenger er under utvikling hos SymbioFCell, bl.a. Nissan EV-200, en større elektrisk vare-/personbil som har fått stor oppmerksomhet etter lansering sommeren 2014. Denne har også blitt tilgjengelig som 7-seters personbil fra høsten 2015.

Større varebiler som Mercedes Sprinter har også blitt testet gjennom HySys-prosjektet (2005-2010). Selv om Daimler valgte å gå bort fra de største kjøretøyene og arbeide videre med Mercedes B-klasse, og kjøretøyene i HySys-prosjektet ikke ble videreført, har prosjektet vært viktig for å validere systemintegrasjonen av brenselceller for større varebiler[21]. Det er viktig at Osloregionen fortsetter det strategiske arbeidet for videre utvikling for å engasjere brukere av de største varebilene, for dermed å påvirke etterspørselen på europeisk nivå.



Figur 10 - HySys-prosjektet, Daimler testet Mercedes Sprinter F-Cell i 2008-2010. Kilde: HySys.

[21] http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/ga2010/joerg_wind.pdf

Lastebiler og andre tyngre kjøretøy

Utviklingen for tyngre kjøretøy har også de siste årene gjort en rekke framskritt. I USA er en protype på semitrailer blitt testet i California, og EUs FCH JU-program legger opp til en bredere portefølje for utvikling av andre tunge kjøretøy. SymbioFCell, Renault Trucks og det franske postvesenet, som også har bidratt til HyKangoo-utviklingen, tester nå også Renault Maxity Electric, en liten lastebil som er utstyrt med brenselcelle rekkeviddeforlenger. Denne har i dagens utgave en totaltvekt på 4,5 tonn, hvorav 1 tonns lastekapasitet. Rekkevidden er med rekkeviddeforlenger doblet til 200 km, med 4 kg H2-kapasitet lagret på 350 bars trykk. Maks hastighet er 90 km/t og batteripakken på 42 kWh kan lades på 7 timer. Man benytter restvarmen i brenselcellen til oppvarming av kupeen, slik at dette ikke påvirker rekkevidden.[22]

Figur 11 - Renault Trucks Maxity H2 under testing hos La Poste. Til høyre sees også en av La Postes Renault HyKangoo. Foto: Renault Trucks

Renault og La Poste startet en ettårig uttesting av prototypen for en mulig serieproduksjon i februar 2015. Da KL allerede har en god dialog med SymbioFCell og Renault om mulige leveranser til vår region, anses også denne lastebilen som høyaktuell for uttesting i Norge. Oslo kommunes nye klima- og energistrategi stiller høye krav til utslippskutt i bysentrum, og flere distributører kan derfor være aktuelle for anskaffelse. En varedistributør på Gardermoen vil være aktuelt å inkludere i et mulig demonstrasjonsprogram i Osloregionen.

KL har også avholdt møter med Proton Motor og HyTrucks fra Tyskland og Nederland. Disse utvikler bl.a. 7,5 tonns lastebiler med lift og tilpasset forskjellige formål. Det er nødvendig å identifisere norske aktører for å vurdere mulige leveranser hit til landet. Foreløpig er det imidlertid behov for mer tid for utvikling og ytterligere test og demonstrasjon i hjemlandene før de vil være aktuelle for uttesting i norsk sammenheng. Det anbefales å videreføre dialogen og arbeidet med dette gjennom påfølgende prosjekter.

Kunnskapsbyen Lillestrøm gjennomførte i 2014 et eget mulighetsstudium for bruk av hydrogen til renovasjonsbiler i samarbeid med COWI, Romerike Avfallsforedling (ROAF) og Renovasjonsetaten i Oslo kommune (REN). Her ble også renovasjonsaktørene på Gardermoen kartlagt, men grunnet anbudssystemet for renovasjonstjenester rundt flyplassen er det lite rom for FoU-aktiviteter hos

[22] http://www.car-engineer.com/renault-trucks-test-hydrogen-powered-truck/#prettyPhoto

disse pr i dag. Det anses som mer hensiktsmessig at dedikerte regionale avfallsaktører som ROAF og REN står for pilotering og uttesting av slike kjøretøy i en tidlig fase. Dette er forholdsvis avanserte kjøretøy, og de vil trenge et par års utvikling med testing og optimalisering hos aktører som har tilstrekkelige ressurser for dette. Det kan være aktuelt for aktører i Norge å delta i et mulig EU-finansiert demonstrasjonsprosjekt i løpet av de kommende årene. Et slikt prosjekt vil by på en rekke renovasjonsfaglige problemstillinger som gjør at det er mer aktuelt å delta for de interkommunale renovasjonsaktørene enn for OSL.[23]

Andre relevante anvendelser av hydrogen

En rekke initiativ i inn- og utland vil de kommende årene fokusere videre på å utrede hydrogen som drivstoff til andre tunge applikasjoner. Det nye Interreg-prosjektet «The Blue Move for Green Economy» (2015-2018) i Øresund-Kattegat-Skagerak-regionen, skal blant annet gjøre et mulighetsstudie for utvikling og bruk av nullutslipps anleggsmaskiner for veibygging og byutvikling. Kunnskapsbyen Lillestrøm vil være norsk prosjektleder for dette prosjektet. SINTEF Materialteknologi i Trondheim planlegger også en rekke casestudier. Blant annet er det startet en mulighetsstudie for Mo Industripark, hvor man blant annet skal vurdere bruk av hydrogen til tunge kjøretøy.

Det er for tiden en økt interesse for bruk av hydrogen til maritime applikasjoner, både til bruk i skip og til havnelogistikk. CMR Prototech er sentral i NCE Maritime Cleantech, og bidrar i forskjellige studier både vedrørende ferjedrift, passasjerbåter, havnelogistikk og den nødvendige infrastrukturen. Det skjer mange tilsvarende initiativer i våre naboland og i EU, primært Skottland. Disse initiativene vil bidra til å påskynde utviklingen og modningen av brenselcelledrevne tunge applikasjoner, som igjen vil gagne utviklingen av en nasjonal infrastruktur i Norge.

Et stort gjennombrudd for tunge brenselcelleapplikasjoner skjedde i 2014, med den første kommersielle bestillingen av hydrogentog. Fire tyske provinser bestilte til sammen hele 50 hydrogentogsett fra fransk-tyske Alstom, med leveranse fra 2018 og utover. Canadiske Hydrogenics ble i år tildelt kontrakten for 100 heavy duty brenselcellesystemer til togsettene. Dette er den største enkeltkontrakten for mobile brenselceller. Dette medfører økt produksjon av brenselcellesystemer, og vil sannsynligvis bidra til at brenselceller kan kommersialiseres raskere til andre tunge kjøretøy.

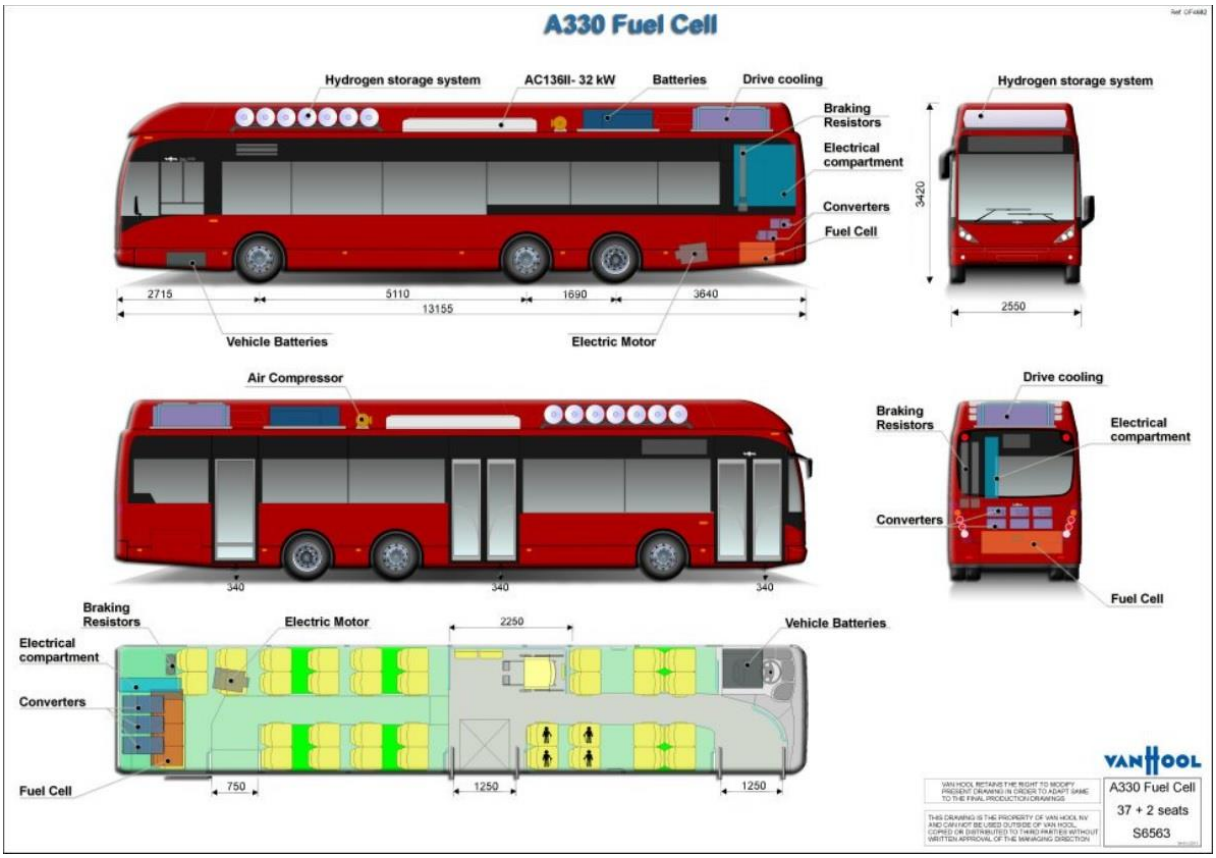
Mulige tidlige leveranser og leveringstid for nyttekjøretøy

Det er viktig å være klar over at anskaffelse av prekommersielle kjøretøy som testes i få antall som prototyper i 2014 og 2015, vil ha et utviklingsløp og leveringstid som er mye lengre enn ordinære leveringstider fra bildistributører. SymbioFCell og Renault sier at de inngår samarbeid og utviklingsløp med aktører som inngår forpliktende avtaler, som til enhver tid må tilpasses deres foreløpige småskala produksjonslinje. HyKangoo kunne pr våren 2014 leveres ca. 8 måneder etter bestilling. Populariteten for denne bilen har imidlertid ført til så mange bestillinger at man for denne og kommende modeller påregne leveringstider på nærmere to år. Det er derfor viktig å merke seg at man må starte dialogen tidlig for å kunne sikre leveranser og plass i deres produksjonslinjer, særlig med tanke på eventuelle spesifikke norske tilpasninger.

[23] Mulighetsstudie for renovasjonsbiler som går på strøm og hydrogen, Kunnskapsbyen Lillestrøm (2015)

3.3 Hydrogenbusser

Siden H2OSL mulighetsstudien ble gjennomført i 2012, har det skjedd mye rundt kommersialisering og modning av hydrogenbusser. Buss-segmentet har fra starten av dette forprosjektet hatt høy prioritet for utredningsarbeid, gitt de sterke signalene fra Akershus fylkeskommune og det strategiske ønsket om innfasing av større (modne) kjøretøy med høyere og mer forutsigbart forbruk av drivstoff. Dette kan også gi betydelig bedre økonomi for stasjoner i en tidlig fase. I CHIC-prosjektet har Ruter tatt i bruk 5 VanHool 13 meters hydrogenbusser. Oslo er en av 5 europeiske byer som til sammen tester 25 busser i prosjektet i perioden 2012 til 2016 (se bilde av stasjon og buss på Figur 1).



Figur 12 - Systemskisse for VanHool hydrogenbussene som er satt i trafikk i CHIC-prosjektet. Hydrogentanker, air condition og batterier er integrert på taket, brenselcelle (oransje) bak i bussen. Kilde: Hynor Oslo Buss

Planlegging for introduksjon av hydrogenbusser hos Ruter, bidro blant annet til nye spesifikasjoner og utvikling av en ny og mer EU-tilpasset, markedsmoden, generasjon av hydrogenbusser. Modellen skulle være klargjort for nordeuropeiske klimaforhold, ha universell utforming og tilfredsstille krav om rømningsveier med mer. VanHool utviklet et nytt design for en treakslet buss. Etter et par års innkjøring begynner disse bussene og tilhørende fyllestasjon på Rosenholm å oppnå god driftsstabilitet. Teknisk tilgjengelighet var de første driftsårene på et begrenset nivå grunnet en del problemer i startfasen, men prosjektet har oppnådd en god utvikling og økt teknisk tilgjengelighet de siste årene, i løpet av 2015 opp mot 80%. Målet ved avslutning av prosjektet i slutten av 2016 er 85% teknisk tilgjengelighet, og alt tyder på at man er godt i rute for å oppnå dette resultatet[24].

[24] Presentasjon under Ruters CHIC-referansegruppemøte 19. mai 2015.

Akershus fylkeskommunes hydrogenstrategi ble vedtatt i 2014, og sier at man skal ha minst 30 busser i 2018 og 100 busser i 2025. Dette er i tråd med lignende ambisjoner hos andre byer som er *early movers* på hydrogenbusser. CHIC-prosjektet er ett av flere demonstrasjonsprosjekter i regi av EU, som sammen med bl. a. High V.LO City får støtte fra FCH JU, EUs store hydrogenutviklingsprogram[25]. Videre kommersialisering skal gjøres gjennom det etterfølgende programmet FCH2 JU, i EUs nye programperiode under Horisont 2020 (2014-2020). I det nye programmet er ambisjonene enda høyere for storskala oppskalering og kommersialisering av hydrogenkjøretøy, med særlig vekt på hydrogendrevne rutegående bybusser.

Man tar i FCH 2JU sikte på å etablere samarbeidsprosjekter med EU-medfinansiering for storskala anskaffelser av hydrogenbusser i størrelsesorden 700-1000 busser. Et første forprosjekt kalt «Hydrogen Fuel Cell Bus Commercialisation Study», har sørget for å formalisere et samarbeid mellom 5 store bussleverandører – Evobus (Mercedes), Solaris, MAN, VanHool og VDL. I november 2014 signerte disse en intensjonserklæring om utvikling mot kommersialisering av hydrogenbusser fra 2018.

NewBusFuel, nytt storskala infrastruktur-forprosjekt for hydrogenbusser

Med ambisjonene som ble forankret i den nye regionale hydrogenstrategien, ble arbeidet med sonderinger av muligheter for hydrogenbusser i H2OSL tatt inn i bussplanleggingen for regionen generelt. Kunnskapsbyen Lillestrøm har gjennom sekretariatsansvaret for Norsk Hydrogenforum skaffet en stor kontaktflate i det europeiske hydrogenmiljøet, og innledet bl.a. tettere kontakt med HySolutions fra Hamburg under Hannovermessen april 2014. HySolutions er en av de mest fremtredende og proaktive regionale hydrogenutviklerne i Europa. Selskapet er organisert som et utviklingsforetak under Hamburger Hochbahn, et operatørselskap som tilsvarer Ruter i Oslo.

Dette ble fulgt opp med et møte i Hamburg juli 2014, for å høre om HySolutions' erfaringer fra Mercedes (Evobus) hydrogenbusser som de har testet i flere år, og utviklingsprosessen som også har brakt Solaris inn i hydrogenmarkedet. Hamburger Hochbahn bestilte de to første prototyper av Solaris Urbino 18, hydrogendrevne leddbusser som ble tatt i bruk i januar 2015. Ruters underleverandører opererer for øvrig større flåter av Solaris busser i Oslo-Akershus med gode driftserfaringer. Gjennom samarbeidet med HySolutions kom KL med i diskusjonen om et nytt europeisk infrastrukturstudie som ble utlyst fra FCH2 JU sommeren 2014. KL ble sammen med bl.a. Akershus fylkeskommune deltaker i et stort europeisk konsortium i en felles søknad til programmet. Prosjektet ble innvilget i februar, og startet i juli 2015.

Figur 13 - Solaris Urbino 18 Fuel Cell leddbuss, første prototype til Hamburger Hochbahn. Foto: Ballard

NewBusFuel er navnet på dette tekniske forstudiet, som finansieres av FCH JU, med 27 partnere fra 12 europeiske byregioner. Disse er en blanding av operatører og regionale myndigheter, samt industrielle aktører som vil evaluere forskjellige storskala distribusjonsløsninger. Studiet er organisert gjennom 13 parallelle regionale forstudier, som skal løfte kunnskapsgrunnlaget fra dagens demonstrasjonsprosjekter til *storskala bussanlegg med hydrogenfylling, i størrelsesorden fra 50-200*

[25] Se kapittel 2.3 og rapportens innledning.

busser. Det er vesentlige forskjeller i tekniske forutsetninger fra dagens småskala produksjonsanlegg på ca. 250 kg pr dag for fylling av 5-10 busser, og opp til 1.500 - 4.000 kg pr dag for fylling av et stort antall busser pr døgn. Blant annet gir behovet til bussene, med svært høy pågang under et begrenset antall timer og med ruteopphold om natten, en spesiell form for etterspørsel som må kunne håndteres.

Hovedfokus i studiet i NewBusFuel er på design og verifikasjon av robuste løsninger ved dimensjonering av storskala bussanlegg. Prosjektet vil imidlertid gi deltakerne utstrakt kompetanse og lærdom om driftserfaringer ved de pågående bussprosjektene i Europa. Prosjektet har et stort potensial for erfaringsoverføring. Erfaringen fra buss kan også gi nyttig kunnskap som er relevant for mange andre typer kjøretøy. Dette studiet vil bidra til utredninger og vurderinger for Osloregionen med solide referanser fra erfaringer i andre europeiske byer. Det vil også her vurderes om hydrogenbusser som kan ha relevant trafikk på Gardermoen kan dele spesifikk infrastruktur for busser med Ruter og andre aktører i regionen. Prosjektet vil således være svært relevant for den videre satsningen på bruk av hydrogen ved Gardermoen.

Testing og utvikling mot neste generasjon modne hydrogenbusser

KL har fulgt opp kontaktene med potensielle leverandører av hydrogenbusser. Belgiske VanHool er fulgt opp gjennom CHIC-prosjektet og nederlandske VDL har blitt besøkt i Amsterdam i forbindelse med renovasjonsbil-prosjektet som pågikk høsten 2014. Gjennom Norsk Hydrogenforum har KL deltatt jevnlig i referansegruppemøter for CHIC-prosjektet og vurdert de forskjellige leverandørenes erfaringer og utviklingsløp sammen med Ruter. Foruten VanHool benytter flere av byene i CHIC og andre hydrogenbussprosjekter Evobus Citaro (en del av Daimler/ Mercedes, Tyskland). EvoBus har lang fartstid og begynte med hydrogenbusser i CUTE-prosjektet for 15 år siden. De sikter seg inn mot en ny markedsmoden modell som er klar i 2018. KL har også avholdt et eget møte med Solaris Norge for berede grunnen for flere leverandører som allerede er etablert i Norge og regionen.

I CHIC-prosjektet har Ruter via operatør Unibuss gjennomført omfattende testing av 5 stk VanHool A330. Dette er 13 meter lange treakslede busser med høy kapasitet, med 39 sitteplasser og ca 100 personer med ståplasser. Se figur 12. I test-fasen i CHIC (2012-2016) er målsettingen ved avslutning en teknisk tilgjengelighet på 85%. Tilgjengeligheten har økt jevnt og trutt gjennom prosjektet og har våren 2015 passert 80%. I følge Ruter ligger man godt an til å nå prosjekts målsetting.[26]

VDL har levert prototyper på hydrogendrevne leddbusser til Amsterdam og Köln. Disse har også vist god teknisk tilgjengelighet, og med Solaris' inntreden for utvikling av leddbusser økes nå konkurransen mellom de forskjellige leverandørene. Disse bussene har kapasitet på totalt 160 passasjerer. Solaris Urbino 18 er i diesel-versjon allerede i bruk på lufthavnen som de gule OSL-matebussene. Bussene brukes til og fra fly som er parkert på utsiden av de vanlige gate-oppstillingsplassene. Det er også blitt mer vanlig å busse fra ankomst innlands gate til utlandsdelen av terminalen, eller vice versa, både som følge av økende trafikk ved OSL, og at flyplassen i flere år har vært en byggeplass gjennom etablering av T2. Det er intensjonen at flere fly vil oppstilles ved gater på relevant passasjerterminal når T2 er ferdig utbygget.

Hamburger Hochbahn har siden januar 2015 testet de første prototyper av Solaris leddbusser. Disse og busser fra VDL har vi derfor vurdert som potensielle for bruk som matebusser på OSL, men Solaris-bussen har pr. i dag bedre tilpasning for bruk på flyside. Hamburger Hochbahn tester også rene elektriske busser, og erfaringene derfra viser at det på de kaldeste dagene er et forholdsvis høyt forbruk av energi til oppvarming av bussene, så mye som opptil 60%.[27] Det har derfor vært behov for

[26] Presentasjon fra Ruter, referansegruppemøte CHIC mai 2014

[27] Samtale med Philipp Krüger i HySolutions, under NewBuesFuel oppstartsmøte i London, juli 2015.

å bruke dieselvarmer for å oppnå tilstrekkelig rekkevidde og akseptabel temperatur inne i bussen. Klimaforholdene på Gardermoen tilsier at det vil være en god del høyere energibehov for kupeoppvarming enn i Hamburg.

Hydrogendrevne busser med brenselceller har en fordel ved at man kan utnytte restvarmen i brenselcellene til kupeoppvarming. Det anbefales for videre arbeid med bruk av hydrogen på Gardermoen at det innhentes mer detaljerte erfaringer fra Ruter (VanHool) og Hamburger Hochbahn (Evobus og Solaris) for nærmere vurdering av oppvarmingsbehovet som en del av energiregnskapet for slike busser.

Fremtidige kostnadskutt for hydrogenbusser
Hydrogenbusser har noen år igjen på utviklingsstigen før de er å betrakte som kommersielt modne for ordinær markedsintroduksjon. EU satser gjennom sine programmer på at et kommersielt gjennombrudd vil skje fra 2018, og med et større antall demonstrasjonsprosjekter som pågår rundt omkring i verden er det ventet at utviklingen de kommende årene vil gå raskt. Utviklingsprogrammene har vært kostbare. Prototype-bussene som ble anskaffet i CHIC i Osloregionen kostet ca. 10 millioner kr. Medfinansiering fra FCH JU, Forskningsrådet og Transnova var helt nødvendig for å realisere prosjektet.

I det nevnte kommersialiseringsstudiet i FCH JU er det identifisert og kartlagt feilrettede barnesykdommer og barrierer i dagens demonstrasjonsprosjekter frem mot mellom- og storskala drift av hydrogenbussflåter.[28] Fra FCH JU har det blitt antydet at kostnadene vil synke ned mot 5 mill. kr pr buss i 2017-18, ved en bestilling av 50 busser som en andel av et stort felles EU-prosjekt på totalt 300-500 busser. Dette vil være første ledd mot kommersialisering, hvor kostnadene fram mot 2025 ved fortsatt oppskalering er ventet å synke med mot anskaffelseskostnadene forbundet med dieselbusser.[29] Ved realisering av hydrogenstrategiens målsetting fram til 2018, bør derfor en mindre flåte av hydrogenbusser med base på Gardermoen inngå som en del av en større felles anskaffelse av i størrelsesorden 25 busser. Disse kommer i tillegg til dagens 5 busser i CHIC-prosjektet, som gitt godt utviklet driftsstabilitet de siste årene trolig kan forlenges for operativ drift fram til rundt 2020.

Økt drivstoffeffektivitet
I produksjonskapitlet refereres det til hydrogenforbruket i dagens VanHool-flåte som driftes av Unibuss på oppdrag fra Ruter. Det antas at forbruket er en god del lavere for busser knyttet til flyplassdriften, dvs. shuttlebusser til hotellene og matebussene inne på flyside. Dette fordi disse benytter en større andel av driftstiden «på tomgang» mens de venter på av- og påstigning av passasjerer. I tillegg kjører de med betydelig lavere hastighet, og færre antall km pr dag enn ordinære by- og regionbusser. Terrenget rundt Gardermoen er også flatere enn på bussrutene mellom Kolbotn og Oslo nordøst (Mortensrud-Tveita-Grorud), som går i et mer kupert landskap med større utslag i høydeforskjeller. Driftserfaringen i CHIC viser at landskapet i dette området i sum har ført til et større hydrogenforbruk der enn hva som var antatt i planleggingsfasen. Kjørestil har også hatt betydning, man må lære å kjøre økonomisk på en annen måte med elektriske busser.

Neste generasjon hydrogenbusser vil nyte godt av inkrementelle forbedringer i teknologi og systemintegrasjon, med vektreduksjon og høyere systemeffektivitet. Estimater for hydrogenforbruket for busser på Øvre Romerike og Gardermoen er med grunnlag i disse faktorene justert i tabellene for scenarier for drivstoff-estimater (kapittel 5). I tillegg skjer det fortsatt teknologiutvikling for økt virkningsgrad i brenselceller som gir høyere drivstoffeffektivitet. Siden det

[28] CHIC presentasjon på Hannovermessen 2015 av status og foreløpige konklusjoner http://www.h2fc-fair.com/hm15/images/forum/ppt/03wednesday/16_00.pdf
[29] Hydrogenstrategi for Akershus 2014-2025, s. 18, Fuel Cell Bus Commercialisation Study (2014) og Urban buses: alternative powertrains for Europe, A fact-based Analysis, s. 9-12 (2013), begge FCH JU.

er vanskelig å gi eksakte anslag hvilke reduksjoner dette kan gi, er ikke dette tatt hensyn til i scenariene.

Videre satsing på hydrogenbusser i Osloregionen – hvordan tilpasse infrastrukturen?
I EU-målestokk planlegges det som nevnt for store, sentraliserte, bussanlegg i størrelsesorden 50-100 busser. For en hydrogenstasjon på Gardermoen krever dette en drivstoffkapasitet som er betydelig høyere enn produksjonskapasiteten som er beskrevet i scenariene i kapittel 2. Det bør derfor gjøres en regional strategisk vurdering av hvordan satsingen på buss og andre kjøretøy i regionen skal gjøres mer overordnet. Skal det være ett stort buss-/hydrogenanlegg i regionen, eller skal man ha flere anlegg? Økonomisk sett er det gunstig å satse på ett stort anlegg, men ser man fremover i ett lengre perspektiv med flere brukere vil det kunne være økonomi i flere store anlegg, særlig om man tar med de andre tunge kjøretøygruppene.

Dette er en overordnet strategisk problemstilling som går utover mandatet for H2OSL forprosjektet. En flåte av hydrogenbusser på Øvre Romerike og på Gardermoen vil være en viktig del av en slik diskusjon, og en større hydrogenstasjon vil trolig være en sentral premiss i den overordnede satsingen.

3.4 Bakkekjøretøy på flyside

Det har nylig skjedd en omstrukturering av bakkehåndteringsselskapene ved OSL som får betydelige konsekvenser for hvordan en nullutslipps kjøretøyflåte kan utvikles inne på flysiden. Handlingsselskapet TCR har overtatt eierskap og drift av alle bakkehåndteringskjøretøy fra SAS Ground Handling, Aviator, Menzies m.fl, og leier disse tilbake til operatørene. Denne prosessen er en del av en internasjonal trend, hvor internasjonale flyplasser i regional konkurranse opererer i et sterkt konkurranseutsatt marked. OSL konkurrerer både med København, Stockholm og Helsinki om størst mulige markedsandeler og rutenettverk til viktige byer i Amerika og Asia, men også med de mer lokale private aktørene Rygge og Torp Lufthavn.

Fokus i flyplassdriften ligger derfor på effektivisering, kostnadskutt og optimalisering av kjøretøyparken. Marginene i denne Ground Handling-bransjen har blitt svært lave. TCR har hovedkontor i Belgia og opererer i 12 land på 80 flyplasser. De drifter og vedlikeholder på disse flyplassene over 20 000 bakkehåndteringsmaskiner. Prosessen for denne overdragelsen har pågått parallelt med H2OSL forprosjekt, og vi har ikke sett det hensiktsmessig å gå i diskusjon med et stort internasjonalt konsern på et lokalt nivå for Oslo Lufthavn på dette tidspunkt. I stedet vil det være naturlig å jobbe videre med tilrettelegging og «klarering» av Oslo Lufthavn som H2-vennlig flyplass med infrastruktur tilgjengelig for deltagelse i mulige EU-prosjekter som kan sørge for uttesting av nullutslipps bakkehåndteringskjøretøy.

Dette er spesielle typer kjøretøy som trenger omfattende testing og optimalisering hos bedriftene som utvikler disse. Testfasen for slike kjøretøy krever tålmodighet og langsiktighet da luftfarten stiller svært høye krav til pålitelighet for bakkeoperasjoner. Erfaringene fra dialogen med de relevante utviklingsaktørene fra mulighetsstudiet fram til denne sluttrapporten kan oppsummeres med et ønske derfra om først å etablere et hjemmemarked for uttesting av prototype-kjøretøy ved tyske flyplasser, slik at ingeniør- og mekanikerteamene kan ha jevnlig oppfølging med de første flåtene. Gitt at det selges et antall av slike kjøretøy i Tyskland de kommende årene, vil det etter hvert bli aktuelt å kunne eksportere disse til andre europeiske land, deriblant Norge.

I Osloregionen har man (initiert gjennom H2Moves Scandinavia og bl.a. IFE og Hynor Lillestrøm) fra 2010 til 2014 fått erfaring med testkjøring av en liten flåte på 5 Think elbiler med hydrogendrevet rekkeviddeforlenger, ombygget av danske H2Logic. Disse ble bygd i en serie på 10 biler. Det viste seg

etter hvert klart at det var utfordringer med integrasjonen mellom brenselcellesystemet og bilens drivlinje. Bilene hadde behov for jevnlig teknisk oppfølging og feilretting. Dette ble krevende da kompetansen på brenselcellesystemet befant seg i Danmark og måtte tilkalles ved behov.

Det er derfor verdt å merke seg at import og bruk av spesialbygde brenselcellekjøretøy i flyplassdrift vil kreve en mye sterkere lokal teknisk mekanikerberedskap som kan håndtere så vel brenselcelleteknikk som elektronikk/batterier og generell kjøretøymekanikk. Det pågår for tiden en diskusjon i den norske hydrogenbransjen om etablering av nødvendig mekanikerkompetanse som kan håndtere løpende problemstillinger i aktuelle kjøretøyflåter, samtidig som vi ser at de vanlige billeverandørene håndterer servicerutinene på sine kjøretøy internt på sine utvalgte merkeverksteder. Pr i dag (2015) er vi tidlig ute for denne problemstillingen - det kreves større utbredelse av andre typer «spesialbestilte» kjøretøy – busser, lastebiler og andre spesialkjøretøy, for å få stor nok kritisk masse for å kunne etablere et fagmiljø og felles serviceordning på tvers av leverandører.

I tillegg kreves det ved planlegging for mulig uttesting av kjøretøy på flyside, nye kapasitets- og sikkerhetsvurderinger for fylling av hydrogen på innsiden av flyplassgjerdet. Siden dagens hydrogenstasjon er lagt helt inn til gjerdet, er det ut fra praktiske forhold relativt enkelt å utvide dagens stasjon med en dispenserløsning som kan gå i rør under gjerdet. Det må tas forbehold om eventuelle forhold for sikkerhetsvurderinger som må gjøres på nytt for innsiden når dette evt. blir aktuelt.

Bagasjetraktorer
En dialog med pilotprosjekter for flyplassrelaterte spesialkjøretøy har like fullt blitt videreført fra mulighetsstudien, særlig med Hamburg Airport. Der utvikles og testes det en mobil strømforsyningsenhet. I tillegg har Hamburg Airport hatt dialog med det FCH JU-støttede HyLift-prosjektet, hvor Still gaffeltrucker og MULAG bagasjetraktorer har vært testet ut. KL har kontakt med Mulag om potensialet for uttesting av bagasjetraktorer på OSL. De tester for tiden en første prototype Comet 4H med brenselceller.

Figur 14 - Mulag Comet Fuel Cell Towing Tractor 3 FC, bagasjetraktor. Foto: Mulag

Som hybrid variant har denne en budsjettkostnad på 78.000 euro, ca 700.000 kroner. Standard dieselvariant koster 410.000 kr. De estimerer en kostnad på rundt 90.000 euro (840.000 kroner) ved salg av brenselcellevariant i lavt antall, men prisen vil synke ved større leveranser. Mulag vil presentere sin H2-bagasjetraktor under Interairport-messen i München i oktober 2015, og planlegger å ha et par enheter i drift i 2015 og 2016 som pre-produksjonsvarianter, med testing av disse før de vil vurdere salg utenfor Tyskland. Det anbefales for OSL og relevante aktører å delta på denne

messen for å få informasjon som kan ligge til grunn for senere vurderinger av bruk av denne typen bagasjetraktorer.

Gaffeltrucker

Markedet for gaffeltrucker med brenselcelledrift har tatt av de siste årene. Dette er det mest kommersialiserte segmentet av hydrogendrevne mobile applikasjoner. Over 7.500 slike kjøretøy er allerede i drift hos store logistikk- og vareoperatører som Walmart, Sysco, Procter & Gamble, BMW, Coca-Cola, Central Grocers, FedEx, Bridgestone, Lowes, Mercedes-Benz, Volkswagen, Honda, Kroger, Wegman's, Whole Foods, WinCo Foods, m.fl.[30] For slike aktører er det et opplagt businesscase fremfor batteridrift. Kort fylletid, høy og kontinuerlig effekt uten gradvis svakere batterikapasitet, mer effektiv arealbruk, og totalt sett mindre ledigtid enn hva tilfellet er med batteridrevne flåter er fordelene med hydrogendrift.

Prosjektgruppen har hatt kontakt med Linde gjennom HyLift-prosjektet, men vi har ikke fått noen spesifikk pris på deres tilgjengelige gaffeltrucker (Still / Linde). Det antas at kostnadsbildet er noenlunde likt som for brenselcellevarianten av bagasjetraktorer. Vanlige dieseldrevne gaffeltrucker som selges i Norge varierer i pris fra 70.000 kroner og opp til store motvektstrucker opp mot 450.000 kroner, alt etter lasteevne. Tall fra Mulag indikerer en merkostnad på 40-60% for hydrogenvariantene.

Figur 15 – To stk Still FC RX 60-25 gaffeltrucker har blitt testet hos den Belgiske logistikkoperatøren Colruyt.[31] Foto: Still GmbH

Andre bakkehåndteringsapplikasjoner

Det pågår mye utviklingsarbeid på andre ulike bakkehåndteringsapplikasjoner. Flere av disse er beskrevet i mulighetsstudien, og vi har valgt å begrense våre vurderinger til de mest aktuelle. Vi vil likevel nevne pushback-traktorer og bagasjelastere da dette er store kjøretøy som bruker en stor del av sin operasjon på tomgang. Brenselcellesystemer gir derfor mye høyere effektivitet enn dagens dieselløsninger.

---

[30] http://www.forkliftaction.com/news/newsdisplay.aspx?nwid=16363

[31] Les mer på: http://www.fuelcelltoday.com/news-archive/2012/october/still-gmbh-trialling-fuel-cell-forklifts-in-germany,-belgium-and-denmark

Figur 16 - HyPulsion bagasjelaster under utvikling hos Axane (en del av Air Liquide) og Plug Power. Foto: Axane

Franske Axane som eies av Air Liquide og Plug Power, utvikler en brenselcelledrevet bagasjelaster for containerhandling på de største passasjerflyene (Airbus A330, A380 og Boeing 777 og 787, Dreamliner)[32]. Oslo Lufthavn planlegger å øke markedsandelen på interkontinentale ruter med den store utvidelsen med ny terminal fra 2017. Hydrogendrevne bagasjelastere og nye løsninger for store pushback-traktorer kan være relevante å innlemme i en framtidig hydrogenkjøretøyflåte på flyside.

3.5 Brenselceller i fly

Her følger en kort status for utviklingsprosjekter for flybårne brenselcelleapplikasjoner. Realisering av slike løsninger har en mye lengre tidshorisont, og vil ikke påvirke noen reelle vurderinger for investeringer som vil være aktuelle i Norge før tidligst etter 2020. Unntaket er et mulig besøk til Norge av et lite testfly fra DLR i løpet av de kommende årene.

Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) har i flere år drevet forskning på bruk av brenselceller i flyapplikasjoner. Foruten et lengre utviklingsløp for større Airbus jet-passasjerfly (A320), gjennomfører DLR et annet forskningsprosjekt på mindre propellfly. Her fokuseres nå på en 4-seters pilot som bygger på det første enpassasjers hydrogenflyet Antares DLR H2. Dette skal videre utvikles i en større 6-seters utgave, og vil bli testet i noen år for å verifisere brenselcellesystem og trykksatt hydrogen i luftfart (proof of airworthyness). DLR ønsker så snart det er gjennomførbart å ta dette flyet på «road tour» i Europa og trenger flyplasser å besøke med «hydrogentilgang».

Både OSL og flyplassen på Kjeller kan være aktuelle i så måte for å ta imot besøk av et slikt fly, for eksempel under den årlige Flydagen på Kjeller. Begge destinasjonene vil trolig forutsette et mobilt fyllekonsept som kan kjøres frem til flyoppstillingsplasser.[33] Et slikt besøk kan få stor internasjonal oppmerksomhet og styrke regionen som en innovativ og visjonær drivkraft innen lavutslippstransport, også innen luftfart.

---

[32] http://www.airliquideadvancedbusiness.com/en/who-we-are/hypulsion-1.html

[33] Mobile tankstasjoner på trailere har blitt utviklet siste årene, blant annet levert fra Linde. En slik trailer ble høsten 2014 leid ut til industribedriften Sandvik nord for Stockholm, en bedrift som har utviklet avanserte materialtekniske systemer for komponenter i brenselceller. Den mobile stasjonen sørget for hydrogen til to Hyundaier som ble brukt aktivt i markedsføring av hydrogen i Stockholmsregionen.

Målsettingen for DLR er å satse videre mot et 50-70-seters hydrogendrevet propellfly a la Bombardier Q400, det typiske Widerøe-segmentet. En vellykket testing av 6-seters Antares, vil kunne bane vei for en slik utvikling.[34] Dersom hydrogenapplikasjoner i større passasjerfly blir aktuelt å realisere hos kommersielle flyselskaper, vil det være en svært relevant referanse å ha hatt et lite testfly på besøk i Norge. I så fall kan norske aktører høste tidlige erfaringer for senere vurdering av de første test-flyruter som må etableres, og avstanden mellom tyske flyplassbyer og OSL gjør også denne strekningen til en god kandidat.

DLR, Airbus og Boeing har arbeidet med studier og bakke-testing av blant annet elektrisk taxing mellom rullebaner og flyterminaler. Potensialet for utslippsreduksjon ved å utsette oppstart av jetmotorer til rett før flyavgang er stort, men både omfattende teknologiutvikling og regelverk må utarbeides før flyprodusentene vil si noe mer eksakt om når slike systemer kan implementeres i nye fly. DLRs nye 6-seters prototype vil sørge for de nødvendige første erfaringer med hydrogendrift i passasjerfly. Kontakten som prosjektgruppen har etablert bør videreføres.

[34] Ref. møte med Dr. Josef Kallo i DLR under World Hydrogen Energy Conference i Sør-Korea juni 2014.

4. Hydrogenstasjon på Gardermoen

I mulighetsstudiet ble det gitt følgende anbefaling:

1. *Stasjonen bør designes slik at en kan utvide produksjonen med flere elektrolysører når behovet øker, samt ha mulighet for å benytte tilkjørt hydrogen.*
2. *Stasjonen bør lokaliseres på landside med stor synlighet og lett tilgjengelighet for biler og busser.*
3. *Implementering av hydrogen til mobil og stasjonær bruk på Gardermoen må ses i et langsiktig perspektiv, inndelt i faser. Dette har blant annet betydning for hvordan man designer stasjon og produksjonsanlegg, hvordan anlegget lokaliseres og hvor mye plass som settes av til framtidig utvidelse.*
4. *Det anbefales at man tidlig starter arbeidet med arealplanlegging, slik at et eventuelt anlegg kan passes inn i planer for forestående utbygginger og etableringer ved OSL*

En av de første prosessene som ble igangsatt under forprosjektet var planlegging for kartlegging og sondering av tomtealternativer for en hydrogenstasjon. En rekke møter ble avholdt mellom KL, HYOP og ulike avdelinger i OSL i løpet av 2014. Parallelt med arbeidet i forprosjektet åpnet det seg en mulighet for å få lokalisert en av regionens stasjoner til Gardermoen, da HYOP måtte iverksette flytting av stasjonen på Kjellstad. HYOP vurderte flere mulige scenarier. Da Gardermoen ble prioritert, ble de siste møter og avklaringer med OSL gjort i april 2015, og endelig beslutning om flytting ble gjort i mai. Byggearbeidet startet i juni, og stasjonen ble tatt i bruk i juli-august. Stasjonen er nå operativ og den åpnes offisielt 4. september.

Figur 157 - Hydrogenstasjonen på Gardermoen under etablering i juni 2015. Fra venstre: Hege Ringnes, miljørådgiver OSL, Bjørn Gregert Halvorsen, teknisk sjef HYOP, Vidar Haugen, Airport Patrol OSL, Kristian E. Vik, prosjektleder H2OSL hos Kunnskapsbyen Lillestrøm, Tom Erling Moen, miljøsjef OSL og Ulf Hafseld, daglig leder HYOP. Foto: Jan Ivar Bøe, Akershus fylkeskommune.

4.1 Generelt om hydrogenstasjoner og sikkerhet

I Norge har vi hatt hydrogenstasjoner i drift siden 2006. For tiden er 6 stasjoner i drift. I antall "stasjons-år" (antall stasjoner i drift x år) har en i Norge ca 28 "stasjons-år" (Forus, Stavanger: 5, Herøya, Porsgrunn: 6, Kjellstad, Drammen: 5, Økern, Oslo: 5, Lillestrøm: 3, Gaustad, Oslo: 2, Rosenholm, Oppegård: 2). Det har ikke vært noen alvorlige uhell forbundet med stasjonsdriften i disse årene.

Internasjonalt er det anslagvis 220 hydrogenstasjoner i drift pr juni 2015. De fleste av disse stasjonene er små demonstrasjonsstasjoner som er etablert de siste 10 årene. Det er ikke allment kjent noen fatale hendelser eller store ulykker ved noen av disse stasjonene. Som følge av at mange stasjoner er drevet av partnerskap og som internasjonale samarbeidsprosjekter, må en kunne anta at åpenheten omkring uhell har vært god.

Hydrogenstasjonsdrift i praksis har vært en aktivitet med få uhell og få tilløp til uhell. Dette skyldes flere faktorer:

- Sterk fokus på sikkerhet og HMS
- Godt etablerte standarder og en lang og god "ingeniør-praksis"
- Gode retningslinjer både fra myndigheter og internt hos den enkelte aktør
- Stor kompetanse og erfaring hos leverandører, operatører og eiere

En hydrogenstasjon bør ha så mye innebygd teknisk sikkerhet og så mange barrierer mot feil at en eller to uønskede hendelser samtidig ikke fører til et uhell. Eksempelvis, dersom en får en stor lekkasje, så vil denne oppdages og tiltak iverksettes automatisk slik at den ikke antennes og slik at dermed ingen eksplosjon eller brann oppstår.

I en risikovurdering er frekvens og konsekvens fastlagt og kombinert for å gi et riktig bilde av risiko. Ettersom dette er et forprosjekt er det ikke hensiktsmessig å gjøre en fullstendig kvalitativ eller kvantitativ risikostudie (QRA – Quantitative Risk Analysis). Vi har heller fokusert på å peke på og identifisere mulige farer og forhold som vil ha en risiko (HAZID).

Vurdering av risikoaspekter

Når en skal vurdere risikoaspekter setter en gjerne opp kriterier til akseptabel risiko for driftsfasen. Typiske stikkord i så måte er "individuell risiko" , "FAR" (Fatal Accident Rate) og "Samfunnsrisiko". Kriteriene prøves opp mot beregnet risiko som fremkommer i en kvantitativ risikoanalyse. En slik analyse er omfattende og inkluderer scenarier for blant annet eksplosjon og spredning av gass.

Når det gjelder arealmessige forhold, har en for det første de vanlige "sone 0,1,og 2" for "eksplosjonsfarlig område". Disse følger vanlige etablerte krav, men det kan også gjøres sannsynlighets- og driftsmessige beregninger av hyppighet for eksplosjonsfarlig atmosfære for å verifisere disse sonene.

For det andre kan en definere en sikkerhetssone. I så fall bør en på forhånd definere hva denne sikkerhetssonen innebærer av begrensinger (eksempelvis ikke lagre brennbart materiale, ikke parkere biler, ikke utøve aktivitet av bestemt type etc.), slik at det ikke er tvil om hva en sikkerhetssone i praksis innebærer.

For det tredje kan en ha et sikringsfelt, i henhold til Temaveiledning om gassanlegg fra DSB[35]. En kan også selv definere sikringsfelt ved å beregne ISO-risk-kurve rund stasjonen, og bruke denne som styrende for sikringsfeltet. Temaveiledningen sier en del om begrensninger innenfor sikringsfelt.

Fareidentifikasjon - HAZID
En HAZID (Hazard Identification) skal identifisere faremoment i forbindelse med drift av stasjonen med risiko for personskade (1., 2. eller 3. person), skade på ytre miljø, utstyrsskade eller omdømmetap.

En HAZID skal kunne brukes som grunnlag for risikoanalyse, evt. beregning av kvantitativt risikobidrag og til valg av risikoreduserende tiltak. En fullstendig HAZID fordrer at alle parter og rolleinnehavere (leverandør, eier, bygger, drifter, bruker) er med, og at HAZID fasiliteters av en bedrift som er kvalifisert for dette. En HAZID er også ment å danne grunnlaget for en QRA.

4.2 Etablering av hydrogenstasjonen på Gardermoen

HYOP har med sin kompetanse fra etablering, eierskap og drift av hydrogenstasjoner vurdert alternativer for lokalisering av hydrogenstasjon på Gardermoen, da særlig med tanke på HMS og risiko. Lloyds Register Consulting - Energy AS, (LRC), har gjennomført en kvalitativ risikovurdering av hydrogenstasjonen på ny lokasjon. Gjennom befaring og workshop har man identifisert forskjeller mellom hydrogenstasjonen på Kjellstad og slik den framstår på ny lokasjon. I etterkant har LRC dokumentert arbeidet i rapporten *Hydrogenfyllestasjon på Gardermoen,* ferdigstilt mai 2015.[36] I dette kapittelet ser vi nærmere på hvordan stasjonen er bygd, forhold rundt lokaliseringen og hvilke konklusjoner LCR har kommet til.

Hydrogenstasjonens oppbygging
Hydrogenstasjonen på Gardermoen har ikke egen produksjonsenhet, men benytter seg av tilkjørt hydrogen på industrigassflasker med 200 bars trykk. Hydrogenet fra disse flaskepakkene komprimeres opp til høyt trykk på stasjonen. For øvrig består stasjonen av et høytrykks hydrogenlager med komposittanker. Hydrogenet fylles så over til kjøretøy fra en dispenser. Denne er tilgjengelig når man har registrert seg som bruker hos HYOP.

Anlegget har et strømforsyningssystem bestående av transformator, likeretter og elektrisk sikrings- og distribusjons-panel. Anlegget vil også ha ulike hjelpesystemer, for kjølevann, instrument-luft, ventilasjon og oppvarming.

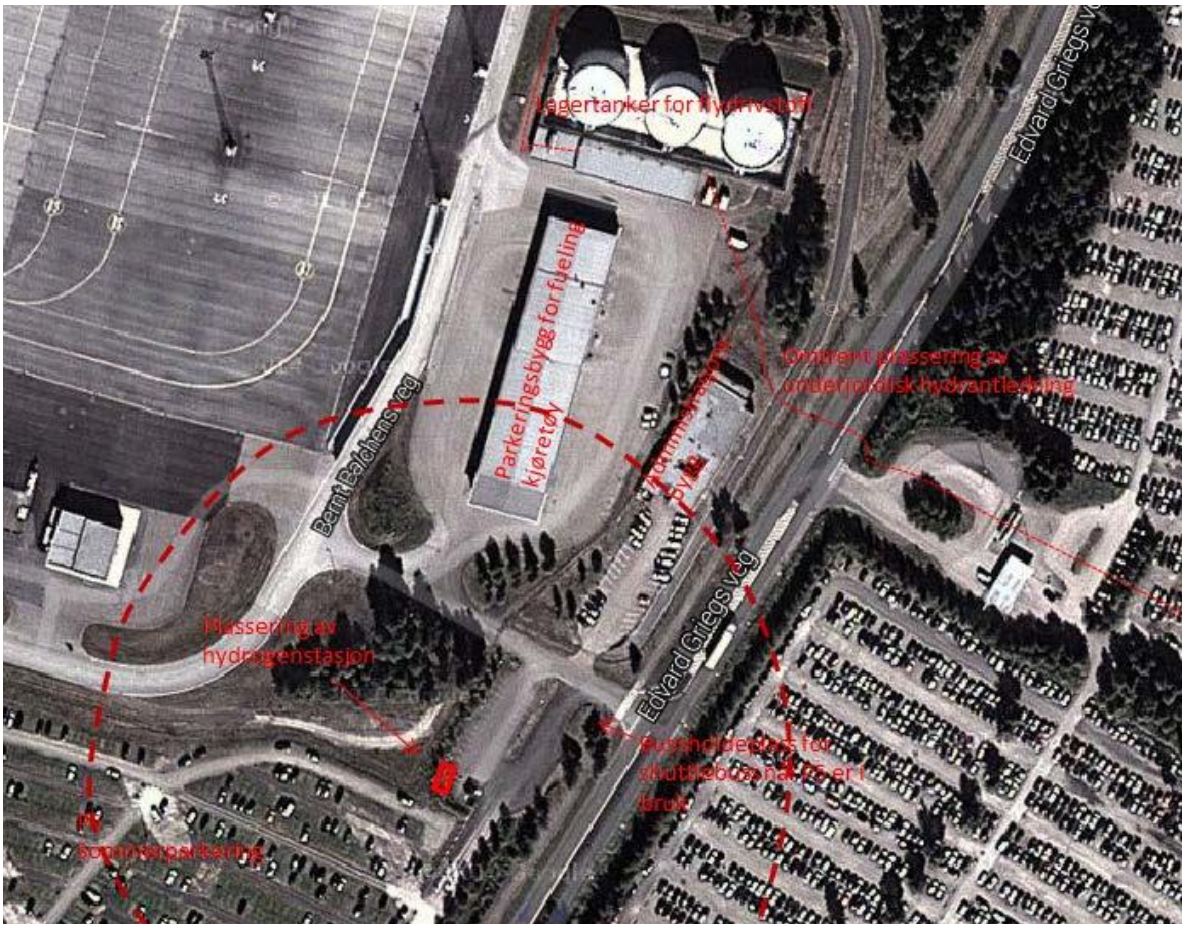
Ved en senere eventuell utbygging av stasjonen, eller etablering av en større stasjon, er det aktuelt å etablere en produksjonsenhet basert på vannelektrolyse, slik det er beskrevet tidligere i rapporten. Man vil da også ha en enhet som renser vannet før produksjonen. Mulighet for tømming, og/eller fylling til/fra et annet transportabelt lager eller trailer er også mulig ved en utbygging eller etablering av en større stasjon.

Lokalisering og omgivelser
Den nye lokasjonen for hydrogenstasjonen ligger i utkanten av parkeringsplassen P5 langs Edvard Griegs vei på Gardermoen. Den er plassert ca. 4 meter fra gjerdet til flyplassen. Ca. 40 meter

[35] Temaveiledning om gassanlegg: http://www.dsb.no/en/Ansvarsomrader/Farlige-stoffer/Brannfarlig-reaksjonsfarlig-og-trykksatt-stoff/Veiledninger/Temaveiledning-om-bruk-av-farlig-stoff/
[36] Hydrogenfyllestasjon på Gardermoen. Lloyds Register Consulting, Rapport nr.: 105673/R1 Rev: Sluttrapport, mai 2015. Rapporten er tilgjengelig fra KL på forespørsel.

nordvest for lokasjonen er det en bussholdeplass for shuttlebusser som kjører mellom P5 og terminalbygget. P5 er kun i bruk noen uker om sommeren. Omtrent 200 meter nord for hydrogenstasjonen ligger tankanlegget for flydrivstoff. Mellom lagertankene og stasjonen ligger det et parkeringsbygg for tankbiler og et administrasjonsbygg. Korteste avstand til gangvei og bilvei er omtrent 40 meter. Det er ingen boliger i nærhet av hydrogenstasjonen.

Det er planlagt å opprette en 6 meters sikkerhetssone rundt hydrogenstasjonen. Innenfor denne skal det ikke være tennkilder, og ingen biler skal kunne parkere der. Flystripene ligger ca. 100 meter nordvest og ca. 1.000 meter sørøst for hydrogenstasjonen. Det vil altså ikke være flytrafikk i direkte linje over stasjonen. Tankanlegget for flydrivstoff fylles fra tog. Lossestasjonen befinner seg 30 meter ved siden av hovedsporet til Gardermobanen og ca. 400 meter vest for hydrogenstasjonen.



Figur 18 - Flyfoto som viser lokaliseringen av hydrogenstasjonen med nærliggende bygg og installasjoner. Den rødstiplet linjen danner en sirkel rundt stasjonen i en avstand på 100 meter. Kilde: Lloyds Register Consulting.

Figur 19 - Foto fra Edvard Griegs vei over gangvei langs bilveien. Fotoet viser lokasjon for hydrogenstasjonen. Kilde: Lloyds Register Consulting.

LRCs konklusjoner for stasjonslokalisering på tomten på Gardermoen

LRC vurderer at flyttingen av stasjonen fra Kjellstad til Gardermoen ikke gir behov for en ny og detaljert kvantitativ risikoanalyse av hydrogenstasjonen på ny lokasjon. Selve stasjonen som flyttes blir teknisk sett uendret. LRC har gjort en kvalitativ vurdering av de identifiserte ulikheter mellom de to lokasjonene som følge av endrede forutsetninger knyttet til risikoeksponering til de nye omgivelsene, aktivitetsnivå og driftsfilosofi. Det er vurdert dit hen at når hydrogenstasjonen er lokalisert på Gardermoen vil den eksponere færre 2. og 3. parts personer over året sammenliknet med når den er lokalisert på Kjellstad. I sommerukene når P5 er i bruk vil imidlertid 3. part være eksponert for de fleste risikoscenariene som er vurdert for Kjellstad.

Figur 20. Hydrogenstasjonen på Gardermoen etter ferdigstillelse. Foto: HYOP.

Muligheter for bruk av stasjonen på flysiden

Hydrogenstasjonen blir altså lokalisert på landsiden, ca. 4 meter fra gjerdet til flyplassen. Det betyr at stasjonen i sin nåværende form ikke er tilgjengelig for eventuell fylling av kjøretøy på flysiden. Stasjonens kapasitet er så liten at dette heller ikke er relevant nå. Når man vurderer en utvidelse av stasjonen, enten ved utvidelse av dagens stasjon eller på en ny lokasjon, bør man vurdere om stasjonen også kan gjøres tilgjengelig for flysiden. Ved prosjektgruppens befaring ved

stasjonsinstallasjon juni 2015 ble det konstatert at det er gode muligheter for å opparbeide arealer som i dag står ubenyttet, både på innsiden og utsiden av flyplassgjerdet.

Ved en utvidelse av stasjonen kan man relativt enkelt etablere en dispenser på innsiden av flyplassgjerdet og forbinde denne med stasjonen med et rør i bakken. En dispenser kan uten spesielle tiltak plasseres inntil 5 meter fra stasjonens lagertanker. Dersom avstanden blir lenger må man kople sammen høytrykks hydrogenrør. Dette er noe man generelt ønsker å unngå. Dersom utvidelse av stasjonen må skje på en ny lokasjon, må en ta stilling til kombinasjonen landside / flyside ved valg av lokasjon.

OSLs prosess med vurdering av tomtealternativer sammen med HYOP og Lloyds, har vært et godt samarbeid som har gitt en meget attraktiv lokalisering av hydrogenstasjoen. Det er av prosjektgruppens oppfatning at lokasjonen har et godt potensiale for betydelig utvidelse fra dagens kapasitet. Dette må vurderes nøyere i det etterfølgende arbeidet, både gjennom formelle arealavklaringer så vel som en ny sikkerhets- og risikoavklaring for et større anlegg.

5. Scenarier for bruk av hydrogen ved Gardermoen

Hydrogenstasjonen ved Gardermoen har liten kapasitet, med maksimalt ca 20 kg levert hydrogen pr dag. I praksis vil det si at ca 5 Hyundai iX35 kan fylles ved stasjonen pr dag, dersom en antar at de fylles fra nesten tom tank og at de ankommer stasjonen i ideell tid i forhold til at hydrogenet skal komprimeres mellom fyllingene. Stasjonen vil i 2015 dekke behovet til Airport Controls bil og noen få ekstra av distriktets øvrige hydrogenbiler. Potensialet for bruk av hydrogen i området er stort, og ambisjonen må være at dette er første trinn i utviklingen av hydrogeninfrastruktur ved Gardermoen.

Vi har tidligere sett på hvordan en hydrogenstasjon kan bygges ut i takt med økt etterspørsel. I dette kapittelet ser vi nærmere på noen scenarier for hvordan man kan tenke seg utviklingen av kjøretøy som benytter hydrogen som drivstoff. De kjøretøyene vi har sett på er beskrevet tidligere i rapporten, og er som følger:

- Personbil, eksemplifisert med Hyundai iX35 FCEV med flere nye kjøretøy aktuelle de kommende årene. Disse kan benyttes av ulike aktører, og dermed også med ulikt antatt forbruk av hydrogen pr dag. Vi antar at denne i hovedsak benyttes på landside.
    - Taxi, som vi antar kjører ca 300 km pr døgn.
    - Airport Patrol, som vi antar kjører ca 400 km pr døgn.
    - Privatpersoner eller selskaper som benytter bilen som vanlig personbil. Her har vi tatt utgangspunkt i en antatt kjørelengde på 15.000 km pr år, noe som gir et gjennomsnitt på ca 41 km pr døgn.
    - Kommunale kjøretøy, Ullensaker og/eller andre kommuner, kjørelengde som privatpersoner, dvs. ca 41 km pr døgn.
- Lett varedistribusjon, eksemplifisert med Renault HyKangoo. Vi antar at denne kan benyttes både på landside og flyside, og at den har samme forbruk i begge tilfeller. Siden hydrogen her er rekkeviddeforlenger og det legges opp til jevnlig normallading antar vi et relativt lavt forbruk pr døgn. Antatt forbruk pr døgn: 50 km.
- Tung varedistribusjon, eksemplifisert med Mercedes Sprinter eller Renault Maxity. Vi antar for beregning av forbruk at denne kun benyttes på landside. Dette er kjøretøy som gjerne benyttes til lengre reiser, og vi antar dermed også et høyere forbruk av hydrogen pr døgn enn de lette varebilene. Antatt forbruk pr døgn: 300 km.
- Buss, eksemplifisert ved Solaris Urbino 13/ VanHool A330 som rutebuss og shuttlebuss på Landside, samt Solaris Urbino 18 leddbuss på Flyside. Bussene antar vi vil ha ulik kjørelengde avhengig av bruk:
    - Rutebuss og shuttlebuss ca 300 km pr døgn, men shuttlebuss med noe lavere forbruk av hydrogen pr km. pga. lav hastighet og flatt terreng.
    - Leddbuss Flyside ca 100 km pr døgn.
- Nyttekjøretøy Flyside, i form av
    - Bagasjetraktor som antas å bruke ca 3 kg pr døgn
    - Gaffeltruck som antas å bruke ca 2 kg pr døgn

I de etterfølgende scenariene har vi gjort antakelser for antall og drivstofforbruk pr år for de ulike kjøretøyene. Tabellene viser akkumulerte tall, årlig fra 2016 til 2020. Det antas at utviklingen vil gå raskere fra 2020-2025, men erfaringsmessig gjennom arbeidet fra Akershus fylkeskommunes hydrogenstrategi gir det lite mening å skissere utviklingen lengre frem på nåværende tidspunkt, da usikkerheten er høy. Vi antar i våre beregninger at alle kjøretøy utelukkende benytter stasjonen på Gardermoen. Dette er naturligvis en forenkling, spesielt når det gjelder personbiler på landside. Det realistiske er at stasjonen også benyttes av andre kjøretøy i Osloregionen, og at kjøretøy som ”sogner til” stasjonen også vil benytte regionens andre stasjoner. Allikevel mener vi at scenariene gir et godt bilde av hvordan utviklingen av bruken av hydrogen *kan* bli, og dermed også hvilket behov dette *kan* gi for fremtidig utbygging av hydrogenstasjonen.

Scenario 1 skisserer en høy utrulling av kjøretøy på landside. Dette er et optimistisk scenario som gir et høyt forbruk av hydrogen, hvor kapasiteten må økes kraftig allerede fra 2017, og med et totalt forbruk på hele 1.947 kg daglig i 2020. Dette vil stille store krav til infrastrukturplanlegging og -utbygging.

Scenario 2 skisserer en mer begrenset utrulling av kjøretøy på landside. Her trengs en høy kapasitet fra 2018 (det dobbelte av dagens Rosenholm-anlegg), men det må planlegges betydelig høyere kapasitet ved modulær utvidelse, til 735 kg pr dag.

Scenario 3 beskriver en høy utrulling på både landside og flyside. Totalt forbruk vil være opp mot 2.082 kg pr dag. Legg merke til at det er kjøretøyutviklingen på landside som står for brorparten av forbruket, som beskrevet i scenario 1. Det samme gjelder for planlegging av infrastruktur, og i tillegg må fylleløsning og tilstrekkelig manøvreringsareal på innsiden av flyplassgjerdet planlegges og bygges ut.

Scenario 4 beskriver begrenset utrulling både landside og flyside. Forbruket på flyside utgjør også her kun en begrenset økning utover scenario 2, til 786 kg.

Vi vil også presisere som tidligere beskrevet at det arealmessig må planlegges for større areal enn hva som her er beskrevet som akkumulert forbruk i 2020, dersom det er aktuelt med en videre satsing mot 2030 og utover. Vi har ikke gått i detalj om videre utvikling etter 2020, men tallene gir et realistisk bilde over hva som skal til av tilveiebringelse av hydrogen og fremtidig utvidelsesbehov, som beskrevet i kapittel 2.2.

SCENARIE 1	**Kun Landside**	**Høyt scenario**														
Landside						2016		2017		2018		2019		2020		
Kjøretøy	Modell	Segment	Estimert kostn. pr stk	Km pr dag	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag
Personbil	Hyundai iX35	Taxi	420 000	300	3,00	20	60	40	120	60	180	80	240	100	300
Personbil	Hyundai iX35	Avinor	460 000	400	4,00	2	8	3	12	3	12	5	20	5	20
Personbil	Hyundai iX35	Kommuner	460 000	41	0,41	2	1	4	2	6	2	8	3	10	4
Personbil	Hyundai iX35	Privatbiler	460 000	41	0,41	5	2	10	4	20	8	40	16	80	33
Buss	VanHool A330	Shuttlebusser	5 700 000	300	30,00		-	4	120	10	300	10	300	10	300
Buss	Solaris Urbino 13	Rutebuss	5 700 000	300	39,00		-	4	156	10	390	20	780	30	1 170
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50	2	1	6	3	20	10	40	20	60	30
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00		-	2	6	5	15	15	45	30	90
SUM Landside							**72**		**423**		**918**		**1 425**		**1 947**
Flyside							-		-		-		-		-
Bagasjetraktor	Mulag Comet 4H	Bagasjetransport	700 000		2,00		-		-		-		-		-
Gaffeltruck	Still	Gaffeltruck	300 000		2,00		-		-		-		-		-
Buss	Solaris Urbino 18	Leddbuss	6 500 000	100	5,00		-		-		-		-		-
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50		-		-		-		-		-
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00										
SUM Flyside							**-**		**-**		**-**		**-**		**-**
SUM Landside + Flyside							**72**		**423**		**918**		**1 425**		**1 947**

Tabell 2. Høyt scenario, kun landside. Akkumulerte antall kjøretøy pr år.

SCENARIE 2	Kun Landside	Lavt scenario														
Landside						2016		2017		2018		2019		2020		
Kjøretøy	Modell	Segment	Estimert kostn. pr stk	Km pr dag	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag
Personbil	Hyundai iX35	Taxi	420 000	300	3,00	10	30	20	60	30	90	40	120	50	150
Personbil	Hyundai iX35	Avinor	460 000	400	4,00	1	4	1	4	2	8	2	8	2	8
Personbil	Hyundai iX35	Kommuner	460 000	41	0,41	2	1	2	1	4	2	4	2	4	2
Personbil	Hyundai iX35	Privatbiler	460 000	41	0,41	5	2	10	4	15	6	20	8	25	10
Buss	Solaris Urbino 13	Shuttlebusser	5 700 000	300	30,00		-		-	2	60	3	90	5	150
Buss	Solaris Urbino 13	Rutebuss	5 700 000	300	39,00		-		-	5	195	5	195	10	390
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50		-	3	2	5	3	10	5	20	10
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00		-		-	1	3	1	3	5	15
SUM Landside							**37**		**70**		**366**		**431**		**735**
Flyside							-		-		-		-		-
Bagasjetraktor	Mulag Comet 4H	Bagasjetransport	700 000		2,00		-		-		-		-		-
Gaffeltruck	Still	Gaffeltruck	300 000		2,00		-		-		-		-		-
Buss	Solaris Urbino 18	Leddbuss	6 500 000	100	5,00		-		-		-		-		-
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50		-		-		-		-		-
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00										
SUM Flyside							**-**		**-**		**-**		**-**		**-**
SUM Landside + Flyside							**37**		**70**		**366**		**431**		**735**

Tabell 3. Lavt scenario, kun landside. Akkumulerte antall kjøretøy pr år.

SCENARIE 3	Landise + Flyside	Høyt scenario														
Landside						2016		2017		2018		2019		2020		
Kjøretøy	Modell *)	Segment	Estimert kostn. pr stk	Km pr dag	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag
Personbil	Hyundai iX35	Taxi	420 000	300	3,00	20	60	40	120	60	180	80	240	100	300
Personbil	Hyundai iX35	Avinor	460 000	400	4,00	2	8	3	12	3	12	5	20	5	20
Personbil	Hyundai iX35	Kommuner	460 000	41	0,41	2	1	4	2	6	2	8	3	10	4
Personbil	Hyundai iX35	Privatbiler	460 000	41	0,41	5	2	10	4	20	8	40	16	80	33
Buss	Solaris Urbino 13	Shuttlebusser	5 700 000	300	30,00		-	4	120	10	300	10	300	10	300
Buss	Solaris Urbino 13	Rutebuss	5 700 000	300	39,00		-	4	156	10	390	20	780	30	1 170
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50	2	1	6	3	20	10	40	20	60	30
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00		-	2	6	5	15	15	45	30	90
SUM Landside							**72**		**423**		**918**		**1 425**		**1 947**
Flyside							-		-		-		-		-
Bagasjetraktor	Mulag Comet 4H	Bagasjetransport	700 000		2,00		-	5	10	5	10	10	20	10	20
Gaffeltruck	Still	Gaffeltruck	300 000		2,00		-	5	10	5	10	10	20	15	30
Buss	Solaris Urbino 18	Leddbuss	6 500 000	100	5,00		-	2	10	5	25	5	25	8	40
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50		-	5	3	10	5	20	10	30	15
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00					5	15	10	30	10	30
SUM Flyside							**-**		**33**		**65**		**105**		**135**
SUM Landside + Flyside							**72**		**455**		**983**		**1 530**		**2 082**

Tabell 4. Høyt scenario, landside og flyside. Akkumulerte antall kjøretøy pr år.

SCENARIE 4	Landise + Flyside	Lavt scenario														
Landside						2016		2017		2018		2019		2020		
Kjøretøy	Modell	Segment	Estimert kostn. pr stk	Km pr dag	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag	Antall	Forbruk pr dag
Personbil	Hyundai iX35	Taxi	420 000	300	3,00	10	30	20	60	30	90	40	120	50	150
Personbil	Hyundai iX35	Avinor	460 000	400	4,00	1	4	1	4	2	8	2	8	2	8
Personbil	Hyundai iX35	Kommuner	460 000	41	0,41	2	1	2	1	4	2	4	2	4	2
Personbil	Hyundai iX35	Privatbiler	460 000	41	0,41	5	2	10	4	15	6	20	8	25	10
Buss	Solaris Urbino 13	Shuttlebusser	5 700 000	300	30,00		-		-	2	60	3	90	5	150
Buss	Solaris Urbino 13	Rutebuss	5 700 000	300	39,00		-		-	5	195	5	195	10	390
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50		-	3	2	5	3	10	5	20	10
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00		-		-	1	3	1	3	5	15
SUM Landside							**37**		**70**		**366**		**431**		**735**
Flyside							-		-		-		-		-
Bagasjetraktor	Mulag Comet 4H	Bagasjetransport	700 000		2,00		-		-	3	6	5	10	5	10
Gaffeltruck	Still	Gaffeltruck	300 000		2,00		-		-	3	6	5	10	5	10
Buss	Solaris Urbino 18 RE	Leddbuss	6 500 000	100	5,00		-		-		-	4	20	4	20
Lett varebil	Renault HyKangoo	Varedistribusjon	450 000	50	0,50		-		-	5	3	5	3	5	3
Tung varebil	Mercedes Sprinter	Varedistribusjon	800 000	300	3,00					1	3	1	3	3	9
SUM Flyside							**-**		**-**		**18**		**46**		**52**
SUM Landside + Flyside							**37**		**70**		**384**		**476**		**786**

Tabell 5. Lavt scenario, landside og flyside. Akkumulerte antall kjøretøy pr år.

Merknader & antagelser:

1. Scenariene 1 og 3 innebærer at hydrogenstasjonen må oppgraderes i løpet av 2016. For å realisere en stor kjøretøyflåte i 2017 må man igangsette planlegging av utbygging av infrastrukturen allerede høsten 2015.
2. Kjøretøy-modeller: Her er angitt eksempler som er omtalt i kapittel 3 og som er tilgjengelig eller planlagt for introduksjon eller kommersielt salg. Modelltypene kan variere, men det vil ha liten betydning for totalt forbruk av hydrogen.
3. Vi har angitt estimert kostnad pr kjøretøy i tabellen. Det er knyttet relativt stor usikkerhet til kostnaden for enkelte av disse kjøretøyene. Det forventes at prisen vil gå ned etter hvert som antall produserte enheter øker.
4. Kjøretøy for kommuner: Her kan mange ulike nyttekjøretøy være aktuelle. Hyundai iX35 er et eksempel, men kommunene vil også kunne benytte lette og tunge varebiler, pickuper etc.
5. Ved realisering av bussflåte på fly- og landside bør det lages et felles anlegg for fylling av disse.
6. Det kreves nødvendige verkstedfasiliteter for service og vedlikehold av hydrogenbusser og evt andre tyngre kjøretøy. Det finnes flere verksteder i området, som bør kunne tilpasses til dette formålet. Kostnaden for et slikt verksted er ikke vurdert av prosjektgruppen, men det finnes erfaringstall på dette fra Ruter og internasjonale prosjekter.

5.1 Kostnadsbildet for de ulike kjøretøytyper og infrastruktur

Kjøretøyflåter med hydrogendrift vil ha betydelige investeringskostnader i en tidlig fase, fra 2015-2018, da de tilgjengelige alternativene de kommende årene kun blir produsert i småskala pre-kommersielle produksjonslinjer. Vi har i scenariene angitt estimerte kostander for kjøretøyene. Hvis scenarie 3 vil samlet investering i kjøretøy være ca 200 millioner kroner fram til 2018, eksklusive privatbiler. Av dette er ca 150 millioner kroner knyttet til investering i busser, totalt 25 stk. Videre er ca 25 millioner kroner knyttet til taxinæringen, mens de resterende 25 millioner kroner er knyttet til ulike aktører. Det antas at kjøretøykostnadene reduseres fra 2018 på grunn av mer utbredt serieproduksjon og rimeligere komponenter. Kostnadsbildet etter 2018 er derfor usikkert.

Det er mange som vil dele på disse kostnadene. Det er vanskelig å se for seg at kostnadene vil tas helt og fullt av de private og / eller offentlige aktørene som anskaffer kjøretøyene. Det vil derfor kreve et omfattende bidrag av offentlig medfinansiering for å realisere disse anskaffelsene. En vesentlig andel av disse bør søkes å kunne dekkes gjennom FCH JUs finansieringsprogrammer. Særlig gjelder det for busser, men trolig også for flere andre nye kjøretøysegmenter.

Infrastrukturkostnadene er beskrevet i kapittel 2. IFE har beregnet driftskostnader (OPEX) for infrastrukturen fra 3 til 12 mill. kr årlig, alt etter hva som velges av systemdesign A1-D2 (250-1000 kg produksjon pr dag). Se tabell 1. Bygging av en stor stasjon med modulær utvidelse vil samtidig gi betydelige og mer forutsigbare driftsinntekter enn dagens stasjonssituasjon.

For en kapasitet på 250 kg pr dag har IFE estimert investeringskostnader på 16 MNOK, eksklusive engineeringskostnader og teknisk tilrettelegging av tomt. Kalkyler fra bl.a. HYOP AS og Hyme AS fra andre pågående prosjekter tyder på at man kan etablere et robust redundant stasjonssystem med kapasitet på 300 kg pr dag, inkl. bussfylleløsning, for mellom 20 og 25 MNOK. Dette inkluderer da engineering og tilrettelegging. Tallene fra IFE, HYOP og Hyme stemmer således godt overens.

Det presiseres at de teknisk-økonomiske betraktningene for infrastrukturutvidelse i forprosjektet er laget med en systemgrense mellom 250 kg og opp til 1000 kg hydrogenproduksjon pr dag. Det høyeste scenariet ved kjøretøyberegninger i dette kapitlet skisserer et potensielt forbruk på opptil det dobbelte av dette en gang rundt 2020, for å skissere et mulig ambisjonsnivå i et senere byggetrinn.

Det utarbeides for tiden en rekke tidligfase studier av store produksjonsanlegg på hydrogen i størrelsesorden 1000-2000 kg pr dag, blant annet i USA, Tyskland og Japan. Dette er blant annet knyttet til anvendelse på jernbane eller skipstrafikk.[37] Det er ventet at kostnadene vil synke vesentlig for store produksjonsanlegg så snart flere slike anlegg vil bli designet, prosjektert og realisert. Se kapittel 2.1 og figur 2. Med de store utbyggingsplanene i de nevnte landene, vil en serieproduksjon av hovedkomponenter og deler sørge for en jevn nedgang av systemkostnadene.

Prosjektgruppens beregninger og omfanget av kostnader i de angitte scenariene stemmer godt overens med de estimater og forventet investeringsnivå som er lagt til grunn i Akershus fylkeskommunes hydrogenstrategi. Det vil være et naturlig neste steg å se nærmere på hvordan videre utvikling på Gardermoen skal realiseres, der man tar utgangspunkt i et forventet forbruk av hydrogen og vurderer hva som vil være den mest hensiktsmessige utbygging av infrastrukturen sett i lys av det.

[37] http://fuelcellsworks.com/news/2015/07/28/red-and-white-fleet-going-green-with-hydrogen-fuel-cell-ferry/

6. Næringsutvikling og profilering

I mulighetsstudiet ble det gitt følgende anbefaling:

- *Det anbefales at det gjøres en nærmere vurdering av hvilke områder som er best egnet for næringsutvikling, og hvordan en i samarbeid mellom private og det offentlige virkemiddelapparatet kan legge til rette for næringsutvikling knyttet til implementeringen.*

Etableringen av en hydrogenstasjon på Gardermoen er en del av utviklingen av infrastruktur for hydrogen i regionen. Utbyggingen er forankret i Akershus og Oslos ambisiøse hydrogenstrategi. Flere og større hydrogenstasjoner vil innebære flere hydrogendrevne kjøretøy i regionen. Flere stasjoner og kjøretøy innebærer at hydrogenproduksjonen må økes. Det vil bli etterspørsel etter elektrolysører, kompressorer, lagertanker, rør, ventiler, styringssystemer osv. Flere kjøretøy vil gi behov for serviceverksteder og tjenester som gjør at eierskap og bruk av kjøretøyene blir like sikkert og godt som for andre kjøretøy. Det er også et næringspotensial for å legge systemintegrasjon for enkelte kjøretøynisjer til norske aktører, og bygge allianse med norske leverandører til bilindustrien (for eksempel Kongsberg Automotive). Det er viktig at norske selskaper kan bygge opp og levere den kompetansen og de produktene som er nødvendig.

I kjølvannet av satsingen på forskning og demonstrasjon av hydrogenteknologier vil det åpne seg store muligheter for næringsutvikling og verdiskaping. For at den ambisiøse satsingen i regionen skal lykkes, er man avhengig av hydrogenkompetanse på mange områder. Potensialet for næringsutvikling er derfor stort når satsingen på hydrogen nå skyter fart.

6.1 Tidlig satsing gir muligheter for næringsutvikling

Det er en klar sammenheng mellom Norge som tidligmarked og muligheten for utvikling av grønne arbeidsplasser. Muligheten for å lykkes på det internasjonale markedet øker betraktelig med at man har et hjemmemarked. Potensialet for nye arbeidsplasser vurderes blant annet som relevant i forhold til:

- produksjon - systemintegrasjon, ombygging eller tilpasning av kjøretøy
- utvikling av infrastruktur
- produksjon av drivstoff
- uttesting og bruk av kjøretøy - optimalisering av driftsprofiler og systemdesign
- tjenester relatert til det ovenfor nevnte
- internasjonal markedsføring og eksport

Det er her rom for selskaper som leverer komplette systemløsninger og for selskaper som spesialiserer seg på komponenter.

Et eksempel på en vellykket satsing er H2 Logic i Danmark. Selskapet ble etablert i 2003, og har spesialisert seg på utvikling av hydrogenstasjoner. H2 Logic er i dag den største uavhengige leverandøren av hydrogenstasjoner i verden med 20 leveranser i 7 land, nylig også med en viktig avtale om utbygging av stasjoner i Japan. De har ansvaret for drift av hydrogenstasjonsnettverket i Danmark, og var første utenlandske selskap som ble godkjent for drift av hydrogenstasjoner i Tyskland. Selskapet har drevet med vekst og overskudd siden starten i 2003. H2 Logic ble i juni 2015 kjøpt opp av norske NEL ASA, det børsnoterte selskapet som også er eneeier av NEL Hydrogen AS.

NEL Hydrogen AS er verdens ledende produsent av vannelektrolysører. De har sterk kompetanse på storskala alkaliske elektrolysører, og er derfor godt posisjonert etter hvert som det etterspørres større hydrogenstasjoner. NEL ASA har med overtakelsen av H2 Logic sikret seg en sentral posisjon

både innen produksjon og distribusjon av hydrogen. NEL Hydrogen sitter også på hydrogenstasjonsteknologien som ble utviklet av Norsk Hydro og Statoil, og har ivaretatt og videreutviklet den teknologien i datterselskapet Hyme AS. Akershus fylkeskommune bevilget i juni penger til at NEL Hydrogen etablerer en hydrogenstasjon i fylket, basert på nyutviklet teknologi, som inkluderer både et nytt elektrolysekonsept fra NEL Hydrogen, samt en hydrogenstasjon fra Hyme. NELs satsing er svært spennende, og gir håp om etablering av flere arbeidsplasser og større FoU-aktivitet på hydrogen i Norge.

HYOP planlegger å etablere en større hydrogenstasjon på Høvik i Bærum. Selskapet deltar i et EU-prosjekt hvor det er finansiering til en stasjon. I første omgang skal dagens stasjon på Økern flyttes til Høvik, men ambisjonen er å bygge ut denne til større kapasitet og med redundans i kritiske systemer. HYOPs lange erfaring fra drift av hydrogenstasjoner i Norge er en stort fortrinn for den videre utviklingen av infrastruktur i Norge, og gir også et potensial for internasjonal satsing.

Testsenter for hydrogenteknologi

Norge og Akershus har også et testsenter som kan spille en viktig rolle i arbeidet med utvikling av teknologi og arbeidsplasser i Norge. Hynor Lillestrøm er et internasjonalt testsenter for hydrogen- og brenselcelleteknologi, med fokus på innovasjon og næringsutvikling innen miljøvennlig produksjon av hydrogen til transport og stasjonære formål. Selskapets hovedmål er å:

- Bidra til næringsutvikling innen fornybar energi og hydrogen
- Legge til rette for testing og demonstrasjon av ny teknologi
- Tilrettelegge for tekniske besøk og kunnskapsformidling

Erfaringene fra Hynor Lillestrøm viser at det er en rekke typer virksomheter som involveres i etablering av anlegg for hydrogenproduksjon. Hynor Lillestrøms anlegg er etablert med infrastruktur i industristandard, og med for tiden tre aktører som demonstrerer sine systemløsninger i anlegget. Nærmere 50 underleverandører har levert komponenter, systemer og tjenester som er spesielt tilpasset hydrogen produksjon, lagring og komprimering til HL og samarbeidspartnerne. De fleste av disse har generell gassteknisk kompetanse, noen få er spesialister på hydrogen. Deres kompetanse er imidlertid svært viktig for at vi i Norge kan drive forskning og utvikling på området.

Behovet for kompetanse blir synlig

Osloregionen har med sine 6 hydrogenstasjoner, et 20-talls biler og fem busser, i et europeisk perspektiv gjennom flere år hatt høy aktivitet innen hydrogen. Vi står nå ved overgangen fra demonstrasjonsstasjoner til større og mer robuste stasjoner. Hydrogenbilene er nå å få kjøpt fra forhandler. Så langt er det de offentlige aktører som har kjøpt bil, men i juli ble den første bilen solgt til en privatperson i Norge. Flere initiativ for å øke bruken av hydrogen er planlagt og/eller iverksatt, og stasjonsprosjekter er under planlegging også i Bergen og Trondheim. Enova har i dialog lagt premissene for støtte til nye prosjekter og trolig vil 2016 bli året hvor infrastrukturen utvides fra østlandsområdet til et sørnorsk perspektiv. Vi ser nå at behovet for økt kompetanse på området blir synlig. Vi går fra en situasjon hvor prosjektene har vært avhengig av nøkkelpersoner, til en situasjon der større tilgjengelighet av organisert kompetanse blir avgjørende for å komme videre med satsingen.

Hyundai har valgt ut Norge, Danmark og Nederland som hovedsatsingsområder i Europa. Selskapet bygger ut sin serviceorganisasjon for å dekke kommende behov. Toyota Norge planlegger de kommende årene det tilsvarende. Utdanning av yrkesfagarbeidere med den nødvendige kompetansen blir viktig framover. Kunnskapsbyen Lillestrøm og Hynor Lillestrøm har derfor etablert kontakt mellom Hyundai og Strømmen Videregående Skole på dette området. Skolen har overtatt Kunnskapsbyens Think City H2EV for bruk i opplæringsformål både innen bilfag og elektro. Her er det

viktig å komme i gang tidlig for å unngå at mangel på kompetanse blir en hemsko for bruken av hydrogen til transport.

Den samme situasjonen gjelder for satsingen på hydrogenbusser. Ruter har bygd opp kompetanse hos nøkkelpersoner gjennom CHIC-prosjektet Hynor Oslo Buss. Akershus fylkeskommune, HYOP og Kunnskapsbyen deltar i NewBusFuel, et EU-forprosjekt for å legge til rette for ny og større satsing på hydrogenbusser. Her skal man identifisere aktuelle lokasjoner for stasjoner, vurdere dimensjonering og relevant teknologi for etablering av disse. Målet er å videreføre og utvide satsingen på hydrogenbusser i Osloregionen, i tråd med målsettingene i fylkets hydrogenstrategi. Det er også her viktig å ha tilgang på en større kompetansebase når nye prosjekter skal etableres, i en større skala enn hva tilfellet har vært så langt.

Samarbeid for næringsutvikling
Virkemiddelapparatets støtte til satsing på næringsutvikling og forskning på hydrogen er vesentlig for å få den ønskede utviklingen. Vi er fortsatt i en tidlig fase, og volumet av kjøretøy som bruker hydrogen er så lite at det er krevende å få lønnsomhet på investeringene i enda noen år. Samtidig er det nå det er viktig å bygge kompetanse og legge grunnlaget for bedrifter med nasjonalt og internasjonalt potensial.

Det er nylig etablert et samarbeid mellom Akershus fylkeskommune, Oslo kommune, Norsk Hydrogenforum, OREEC og Nasjonalt program for Leverandørutvikling i NHO. Programmet er kjent for å legge til rette for markedsdialog forut for en konkret anbudskonkurranse. Det legges opp til dialog for å utvikle få større forutsigbarhet for bilprodusenter og brukere, og for å få flere industrielle aktører med i utviklingen av produksjon og distribusjon av hydrogen. Nylig ble det arrangert et frokostmøte der nærmere tretti eksperter og representanter for næringslivet deltok. Arbeidet følges opp med en større leverandørkonferanse høsten 2015.

Gardermoen er det trafikknutepunktet i Norge som raskest kan bidra til økt bruk av hydrogen, og dermed også mulighet for lønnsomhet for de involverte aktørene. Gardermoen kan være en katalysator for næringsutvikling på området. Det kan også gi positive virkninger på andre områder. Vi ser for tiden en økt oppmerksomhet rundt bruk av hydrogen til maritime applikasjoner og som drivstoff til tunge kjøretøy. Satsingene vil forsterke hverandre, og økt fokus på mulighetene for å bruke hydrogen til transport gir økt potensial for utvikling av ny teknologi og nye tjenester. En satsing på Gardermoen passer derfor godt sammen med det arbeidet som er satt i gang sammen med Leverandørutviklingsprogrammet.

Den omfattende satsingen som Oslo og Akershus gjør må følges opp med bevilgninger fra Enova, Norges forskningsråd og Innovasjon Norge. De har hver sine fokusområder, og det er viktig at deres virkemidler fungerer sammen og kan benyttes til å stimulere til næringsutvikling og etablering av nye bedrifter.

6.2 Synliggjøring av hydrogensatsingen

I prosjektplanen for forprosjektet heter det at det skal *utarbeides et forslag til etablering av et show case for profilering av teknologi og fremtidsvyer.* KL og HL kontaktet Institutt for Produktdesign ved Høgskolen i Oslo og Akershus (HiOA) for å diskutere muligheten for et samarbeid om dette. Utgangspunktet var et showcase på OSL, da antall besøkende gjør dette til et svært attraktivt sted for promotering og synliggjøring. Mulighetene for bruk av OSLs arealer til dette formålet ble vurdert. Det ble identifisert noen begrensende faktorer både organisatorisk, med hensyn til plass som kan benyttes og kostnadene for å benytte seg av den. Prosjektgruppen ønsket derfor å få fram et konsept

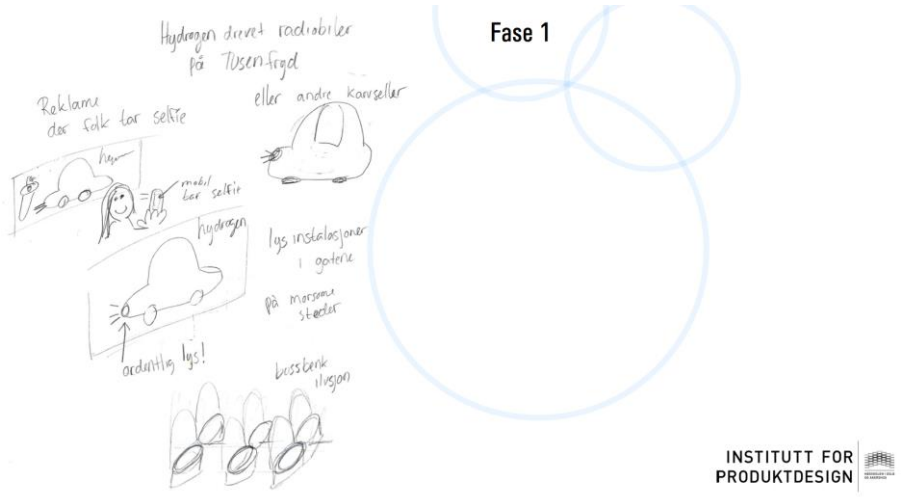
for profilering som kan brukes mer generelt – på OSL men også andre steder og i andre sammenhenger.

I løpet av fire uker høsten 2014 arbeidet ti designstudenter fra Institutt for Produktdesign på HiOA med denne oppgaven. Arbeidet ble ledet av Christin Mørch, Thomas Eriksson og Geir Foshaug fra 3BA. I samråd med prosjektledelsen og studentene ble følgende problemstilling formulert:

Hvordan belyse og skape engasjement rundt hydrogensatsingen i Oslo og Akershus?

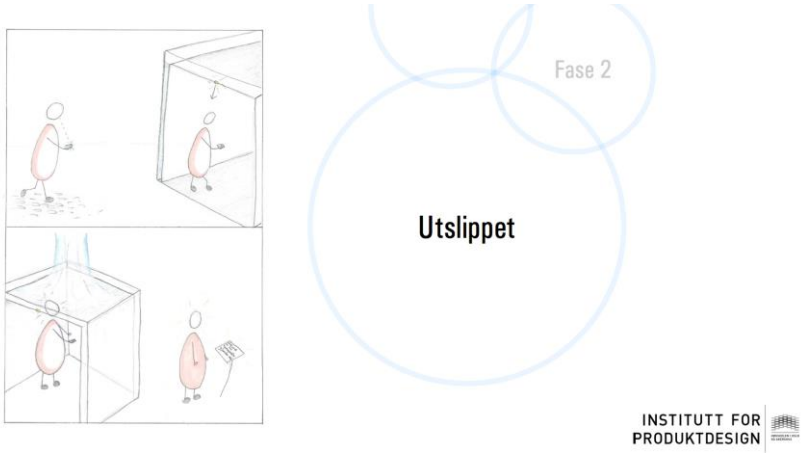
Arbeidet ble gjennomført i tre faser. Kunden for studentene var i denne sammenhengen prosjektledelsen, representert ved HL og KL.

Fase 1:
I den innledende fasen ble det lagt stor vekt på å kartlegge ulike informasjonskanaler og kommunikasjonsflater. Målet var å finne den mest hensiktsmessige måten å formidle budskapet om hydrogensatsingen i Oslo og Akershus til publikum. Fase 1 besto først og fremst av research og bred idégenerering.
Resultat: 12 idéer til konsepter presentert for kunden.



Figur 21 - Skisser fra fase 1.

Fase 2:
Med innspill fra kunden tok studentene med noen av idéene fra fase 1 videre. Noen av de mer interessante tankene ble utviklet ytterligere, og tre forskjellige satsingsområder ble etablert. I fase 2 ble det lagt vekt på å koble disse satsingsområdene med et visuelt uttrykk og en tekst som styrker budskapet.
Resultat: 3 Konsepter, presentert for kunden.



Figur 22 - Skisse fra fase 2.

Fase 3:
I sluttfasen arbeidet studentene med å ferdigstille det konseptet som teamet, med innspill fra kunden, så mest potensiale i. Fokuset var å utvikle et fleksibelt konsept som er lett å tilpasse avhengig av prosjektets videre gang.
Resultat: Ferdig konsept, sluttpresentasjon for kunden med inviterte eksterne parter.

Beskrivelse av det ferdige konseptet
I den avsluttende fasen utviklet studentene konseptet "Veien videre". Konseptet baserer seg på flere gjenkjennelige elementer, som gjør at budskapet vil kunne oppfattes i mange forskjellige settinger. Utgangspunktet til konseptet er fremstillingen av en bil. Her har studentene utforsket de kunstneriske kvalitetene og sett på hvor mye man kan abstrahere konseptet "bil", men fremdeles gi tydelige assosiasjoner til kjøretøy. Fra bilformen går to grønne dekkspor rundt på bakken. Dette skaper større kommunikasjonsflate og leder øyet mot bilen. I kombinasjon med sporene brukes teksten "Følg veien videre på hydrogen.no!". Det er tenkt at prosjektet kan bestå av flere installasjoner som plasseres i forskjellig kontekst.
For hver plassering gis installasjonen et slagord som er direkte knyttet til lokasjonen. Nedenfor vises illustrasjoner av det endelige konseptet, der bilformen er plassert i ulike sammenhenger.

Figur 23 - Ferdig konsept. Plassert i bybildet.

I naturen

INSTITUTT FOR PRODUKTDESIGN

Figur 24 - Ferdig konsept. Plassert i naturen.

P plass

INSTITUTT FOR PRODUKTDESIGN

Figur 25 - Ferdig konsept. Plassert på parkeringsplass.

På vann

INSTITUTT FOR PRODUKTDESIGN

Figur 26 - Ferdig konsept. Plassert på vannet.

På vegg

INSTITUTT FOR PRODUKTDESIGN

Figur 27 - Ferdig konsept. Plassert på vegg.

Videre arbeid

Det endelige resultatet er presentert i tre møter. Det første møtet i desember 2014 hos KL, der deltakere fra aktører i hydrogenbransjen var invitert. Det andre møtet var hos Akershus fylkeskommune i april 2015, med deltakere fra AFK, Oslo kommune og Skedsmo kommune. Det tredje møtet var en presentasjon for Klima- og energiprogrammet (KEP) i Oslo kommune i juni 2015. Alle parter har vist stor interesse for å gå videre med konseptet, og det vil bli diskutert hvordan det eventuelt kan realiseres høsten 2015.

7. Konklusjoner og videre arbeid

Arbeidet med å legge til rette for hydrogensatsingen på Gardermoen startet med mulighetsstudiet som ble utført i 2011-2012. Det er med stor glede at prosjektgruppen kan konstatere at satsingen nå for alvor er i gang ved at hydrogenstasjonen ved Kjellstad har blitt flyttet til Gardermoen. Dette er et viktig skritt i arbeidet med å få bruk av hydrogen på Gardermoen, og for å legge til rette for videre utvikling av satsingen i Osloregionen. Gardermoen er som et nasjonalt knutepunkt med stor trafikk av ulike kjøretøy et svært godt sted for raskt å kunne øke volumet av kjøretøy som bruker hydrogen som drivstoff.

Hydrogenstasjonen på Gardermoen kommer som en følge av blant annet H2OSL forprosjekt, men ville ikke blitt realisert uten velvilje og handlekraft fra flere hold. Samtidig innebærer flyttingen av stasjonen fra Kjellstad til Gardermoen at satsingen får et annet utgangspunkt enn om man skulle startet med å bygge en helt ny stasjon. Det gir noen føringer for fortsettelsen.

Prosjektgruppen har følgende anbefalinger for den videre utviklingen av hydrogensatsingen på Gardermoen:

1. Prosjektgruppen mener stasjonen som nå etableres må være starten på en større satsing på bruk av hydrogen til transport på landside og flyside ved Gardermoen. Vi anbefaler at involverte aktører snarest blir enig om hvordan man går videre basert på resultatene i dette forprosjektet.
2. Hydrogenproduksjon lokalt ved bruk av elektrolyse er det mest aktuelle alternativet for lokal produksjon og større omsetning av hydrogen.
3. Videre utbygging bør gjøres modulært, slik at stasjonen kan utvikles i takt med økt etterspørsel. Vi anbefaler å starte med en vannelektrolysør med kapasitet 500 kg /dag, og legge til rette for senere utvidelser med flere elektrolysører. Det må også tas høyde for eventuell bruk av hydrogen på flyside.
4. Det bør etableres redundans i systemer, og også legges til rette for å kunne bruke tilkjørt hydrogen for å for å styrke leveringssikkerheten.
5. Vi anbefaler at det gjennomføres en spesifikk risikovurdering for å avklare om kapasiteten kan økes ved dagens stasjon, eller om det må bygges en ny stasjon på en annen lokasjon.
6. Vi anbefaler at man snarest etablerer et taxiprosjekt knyttet til stasjonsutviklingen på Gardermoen. Dette vil gi en rask økning i etterspørselen fra stasjonen, og det vil engasjere en ny og prioritert brukergruppe i hydrogenstrategien. Det vil også bidra til å øke andelen nullutslipps reiser til og fra flyplassen, og vil kunne gi høy synlighet for hydrogensatsingen.
7. Vi anbefaler at man etablerer et bussprosjekt knyttet til stasjonsutviklingen på Gardermoen. Dette vil også gi en rask økning i etterspørselen fra stasjonen, og gjøre stasjonsdriften mer kommersielt drivverdig. Det vil også bidra til å øke andelen nullutslipps kollektivreiser til og fra flyplassen, og kunne gi høy synlighet for hydrogensatsingen.
8. Vi anbefaler at OSL og regionale aktører deltar i EU-finansierte og / eller nasjonale prosjekter hvor man kan få støtte til en økt satsing på hydrogen og ta i bruk hydrogen på nye områder på flyside.
9. Vi anbefaler at det etableres et prosjekt for synliggjøring av hydrogensatsingen i Osloregionen, som tar utgangspunkt i konseptet utviklet i forprosjektet. Det bør også utarbeides en overordnet kommunikasjonsplan for regionens hydrogensatsing, med Gardermoen som en viktig del av dette.

10. Vi anbefaler at det påbegynte samarbeidet med NHO om næringsutvikling innen hydrogen også inkluderer satsingen på Gardermoen, og at man ser på mulighetene for å skape nye arbeidsplasser knyttet til anvendelse på landside og flyside.
11. Vi anbefaler at det etableres et program for kompetanseutvikling innen hydrogen- og brenselcelleteknologi. Dette bør ha som mål at bedrifter, organisasjoner, offentlig sektor, lærere og elever, studenter og andre som har tilknytning til hydrogensatsingen får økt kompetanse. Hensikten er å bidra til å dekke den økte etterspørselen etter kompetent arbeidskraft, og til å stimulere til nyskaping og utvikling av grønne arbeidsplasser på området.

Ordliste, forkortelser og definisjoner

ATEX	Fra fransk: ATmospheres EXplosibles. ATEX direktivet anvendes for utstyr som enyttes i eksplosjonsfarlige områder, inkludert utstyr som er designet for å forhindre ksplosjoner. Direktivet omfatter kun utstyr som tilfører energi, elektrisk eller ıekanisk, til en potensiell eksplosiv atmosfære.
Brenselcelle	Engelsk: Fuel Cell. Produserer elektrisitet av hydrogen. Egentlig brenselcellestack (stabel), men det er blitt vanlig å forkorte begrepet da man i praksis aldri opererer kun med én enkelt brenselcelle.
CAPEX	Engelsk: Capital Expenditures. Investeringskostnader. Kostnader for nyutvikling eller nye investeringer, for eksempel innkjøp av komponenter og maskiner.
DoE	Department of Energy, USA
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle, hydrogenbil eller direkte oversatt; brenselcelle-elektrisk bil
FCH JU	Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking, en del av EUs satsing på hydrogen og brenselceller i Horisont 2020. Et unikt offentlig privat samarbeid som støtter forskning, teknologiutvikling og demonstrasjoner innen brenselcelle- og hydrogenteknologi i Europa, med et stort budsjett for medfinansiering til nye prosjekter
Flyside	Inne på flyplassområdet (innenfor flyplassgjerdet). Eng= Airside
GPU	Ground Power Unit. Bakkestrøm til fly som benyttes ved gaten.
HAZID	Hazard Identification Study
HL	Hynor Lillestrøm AS
HRS	Hydrogen Refueling Station – hydrogenfyllestasjon.
IFE	Institutt for energiteknikk
KL	Kunnskapsbyen Lillestrøm
KOH	Elektrolyse med bruk av alkaliske løsninger. KOH = Kalsiumhydroksid.
Landside	Utenfor flyplassområdet
LCR	Lloyds Register Consulting
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Tysklands nasjonale organisasjon for hydrogen- og brenselcelleteknologi.
NREL	National Renewable Energy Laboratory, USA
OPEX	Engelsk: Operating Expenditures. Driftskostnader. Løpende kostnader for å drifte et produkt, tjeneste eller system.
OSL	Oslo Lufthavn Gardermoen
PEM	Proton Exchange Membrane. Elektrolyse med bruk av protonledende membraner. Den dominerende membrantypen i mobile applikasjoner med den praktiske driftstemperaturen på rundt 80 gr C, som gir god oppvarmingseffekt i kjøretøy

Plug-in	Kjøretøy som kan lades med elektrisitet fra stikkontakten.
Reformering	Produksjon av hydrogen fra metangass, ved bruk av vanndamp med høy temperatur.
Vannelektrolyse	Metode for å spalte vann til hydrogen og oksygen ved bruk av elektrisk strøm.