

24.08.2017
Versjon: 2

Hydrogenbussprosjektet som del av CHIC Sluttrapport



Ruter#



1. Innledning

Ruters Hydrogenbussprosjekt har vært en del av EU-prosjektet Clean Hydrogen in European Cities (CHIC), som ble avsluttet ved utgangen av 2016. Ruter evaluerte prosjektet i april 2016, og Oslo kommune og Akershus fylkeskommune besluttet samme år å videreføre driften av de fem bussene og hydrogenstasjonen på Rosenholm bussanlegg. Denne sluttrapporten oppsummerer resultatene ved utløp av CHIC-perioden 31.12.2016. For en mer inngående beskrivelse av prosjektet og evaluering av måloppnåelse vises det til Ruters evalueringsrapport og til sluttrapport fra CHIC (www.chic-project.eu).

2. Bakgrunn

Hydrogenbussprosjektet har vært del av EU-prosjektet CHIC som testet brenselcellebusser i ordinær rutetrafikk og tilhørende hydrogen infrastruktur. Prosjektet har vært finansiert fra Akershus fylkeskommune, EU (via fondet FCH JU og Interreg), Norges forskningsråd, Oslo kommune, Ruter og Transnova.

CHIC besto av åtte regionale prosjekter – fem finansiert via CHIC (London, Milano, Bolzano, Aargau og Akershus/Oslo) og tre som var etablert før CHIC (Hamburg, Köln, og Whistler i Canada) med til sammen 56 brenselcellebusser.

I tillegg til kollektivselskapene som drev de regionale prosjektene besto konsortiet av tilsammen 23 samarbeidspartnere, fra industri (bl.a. bussprodusenter og hydrogenleverandører), forskning og kommunikasjon. EvoBus GmbH var prosjektleder.

Ruter har hatt ansvaret for gjennomføring av den norske delen av prosjektet, og anskaffet fem Van Hool-produserte busser og en hydrogenstasjon, bygget og driftet av Air Liquide. Unibuss har vært operatør av bussene, som del av kontrakten Busstjenester Oslo Syd. Bussene har gått i rutetrafikk mellom Oslo og Oppegård kommune i Akershus.

Målet med CHIC har vært å generere læring gjennom omfattende testing av teknologien, og å bringe teknologien nærmere kommersialisering. Det har også vært et mål å få kunnskap om miljømessige og sosiale konsekvenser av teknologien.

Hydrogenstasjonen og de fem brenselcellebusser ble satt i drift våren 2012, og i ordinær rutedrift i april 2013. Det var betydelige tekniske utfordringer med bussene i begynnelsen av prosjektet, men en positiv utvikling i retning av høyere driftsnivå for bussene fra 2014. Selv ved utgangen av 2016 var imidlertid driften fremdeles ustabil. Hydrogenstasjonen var lenge stabil og med høyt tilgjengelighetsnivå, men har hatt to alvorlige tekniske hendelser med oljelekkasje fra kompressor ut i gassrørene. Da dette siste hendte, i august 2015, ble fire av fem busser ble forurenset av olje og satt ut av drift i et halvt til ett år.



3. Resultater

Ruters vurdering er at prosjektet har vært vellykket som arena for læring og kunnskapsbygging om bruk av ny kjøretøys- og drivstoffteknologi generelt, og om hydrogen og brenselcelle-teknologi spesielt.

I tillegg til erfaringene fra eget prosjekt har samarbeidet i CHIC gitt et bredt sammenligningsgrunnlag. Erfaringer og data fra alle regionene i CHIC har blitt systematisert og analysert, og gitt generisk og stedsspesifikk kunnskap.

Prosjektet har styrket Ruters kunnskap og evne til å levere på regionens mål om å transformere kollektivtransporten til kun å gå på fornybar energi og deretter til utslippsfrie løsninger.

Det har vært betydelig interesse lokalt, nasjonalt og internasjonalt for hydrogenbussprosjektet som del av Oslo og Akershus' miljøatsing, og som ledd i Ruters miljøarbeid. Ruter har holdt innlegg på en rekke konferanser og møter, og lånt ut busser til særoppdrag i forbindelse med ulike arrangementer.

Bussdriften

Tekniske utfordringer med bussene, spesielt i de første årene av prosjektet, og oljelekkasjen fra stasjonen i 2015 førte til at målet for testomfang ikke ble nådd innen utgangen av 2016. Bussene kjørte under halvparten av måltallet for brenselcelletimer satt av CHIC. (Tabell 1).

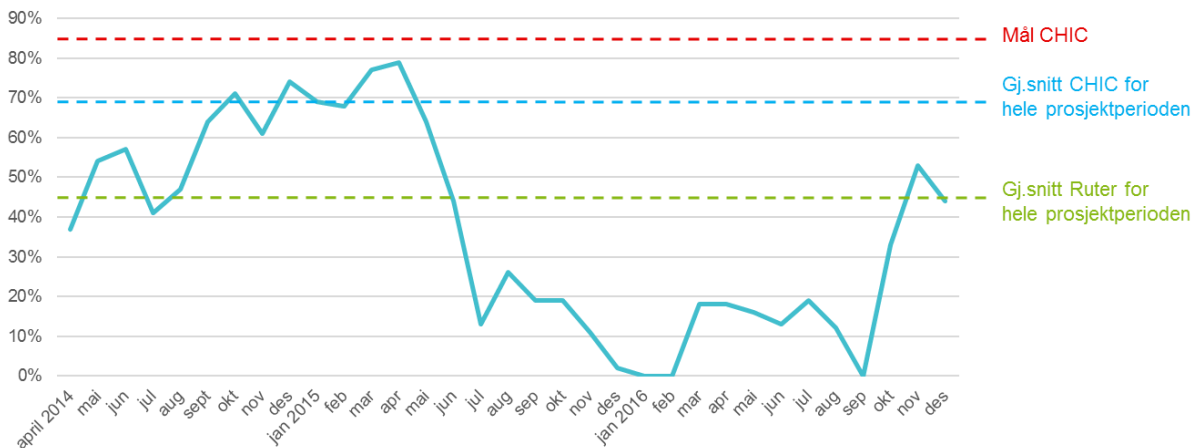
Tabell 1 Driftslengde per 31.012.2016

Buss nr:	1230	1231	1232	1233	1234	CHIC mål per buss 31.12.2016
Brenselcelletimer per buss	5 596	5 472	4 201	5 243	4 269	12 000
Km per buss	122 445	125 974	94 364	119 737	127 490	

Betegnelsen 'teknisk tilgjengelighet' beskriver hvor stor andel av døgnet den enkelte bussen har vært i teknisk stand til å bli brukt. (Figur 1). Denne har ligget betydelig under CHICs måltall på 85%. En dieselbuss ligger på om lag 95%.

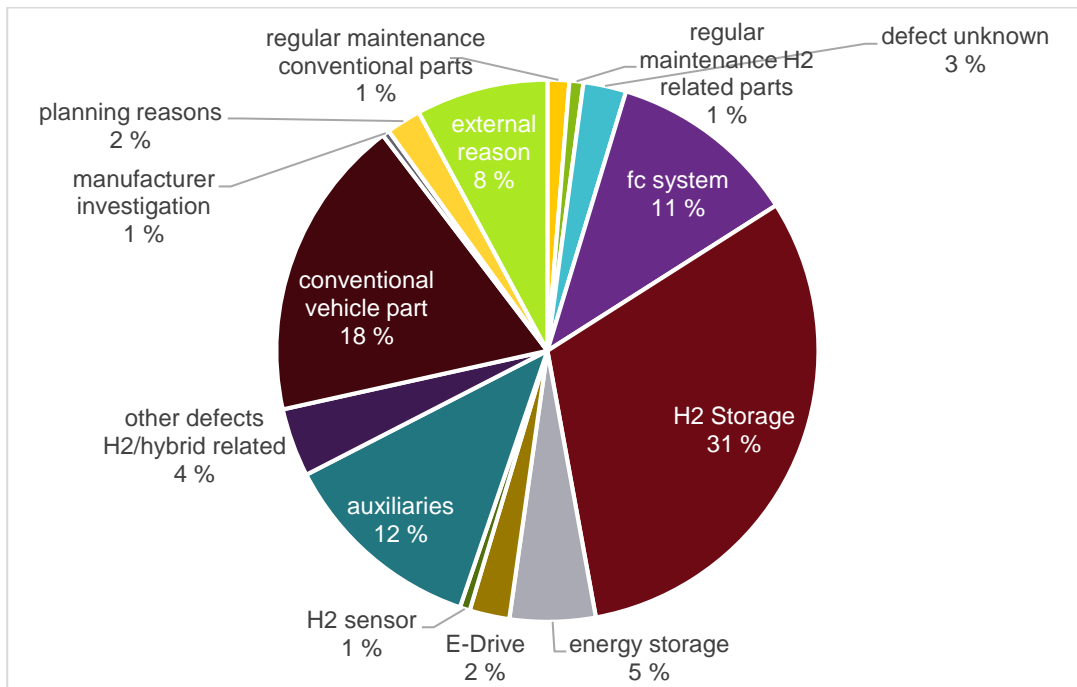


Figur 1 Teknisk tilgjengelighet Ruters hydrogenbusser april 2014 – desember 2016



Figur 2 viser hvilke tekniske problemer bussene har hatt. De viktigste tekniske enkeltårsakene til at bussene ikke har vært i bruk er oljelekkasjen i august 2015 som forurenset hydrogentankene på fire busser («H2 Storage»), og problemer med ordinære busdeler («Conventional vehicle parts»). En umoden verdikjede med få alternative leverandører, begrenset kapasitet eller erfaring hos leverandørene har gitt uforholdsmessig lang feilsøking- og feilrettingstid når problemer har oppstått.

Figur 2 Årsaker til manglende teknisk tilgjengelighet, april 2013 tom desember 2016



Bussene har hatt et hydrogenforbruk som i årsgjennomsnitt ligger på i overkant av 13 kg/100 km, med opp mot 15 kg/100 km om vinteren og 12 kg/100 km i sommerhalvåret. Ved testkjøring har man om sommeren nådd nesten 300 km i rekkevidde, men pga høyere forbruk om vinteren legges 220 km rekkevidde til grunn ved planlegging av driften.



Til sammenligning var gjennomsnittlig forbruk i CHIC 9,9 kg H₂/100 km. Ruters Van Hool-busser er lengre (13,6 m) og tyngre enn de øvrige bussene i CHIC og et noe høyere forbruk var å forvente.

Hydrogenstasjonen

Hydrogenstasjonen sto klar i 2012, og produserer hydrogen ved elektrolyse. Elektrisiteten som brukes til produksjonen er sertifisert fornybart kraft. Produksjonskapasiteten er på 250 kg H₂/døgn. Ved et godt driftsnivå for bussene er det tilstrekkelig til å forsyne om lag åtte busser. For å unngå lange fylletider forutsetter det at fyllingen skjer spredt ut i løpet av døgnet. En buss med tomme hydrogen tanker fylles opp på ca 10 minutter. Fylling gjøres manuelt av opplært personell.

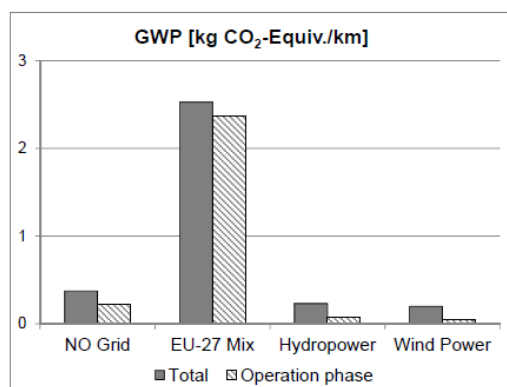
Driften av hydrogenstasjonen var i prosjektets første år stabil og med tilgjengelighet oppunder 100%. Ettersom bussenes driftsnivå økte sank tilgjengeligheten noe og stasjonen har hatt to langvarige nedstengninger pga oljelekkasje fra stasjonens kompressorer. CHICs måltall om en tilgjengelighet på over 98% ble derfor ikke nådd. Ved utløp av CHIC var tilgjengeligheten på Ruters stasjon 95%, mens gjennomsnittet for hele CHIC var 97%.

CHIC-målet om å få kostnaden for hydrogen ned under 10 €/kg for H₂ produsert ved elektrolyse har ikke blitt nådd og Ruters kontraktfestet pris har ligger i intervallet 110-150 kr/kg (om lag 12-17 €/kg). Ingen av partnerne i CHIC var under målprisen. Gjennomsnittlig elektrisitetspris (0,15 €/kWh) og elektrolyser-effektivitet (54%) i CHIC-byene gir alene en kostnad på 9,26 €/kg H₂, da uten at andre drifts- og investeringskostnader er inkludert.

Miljø

Miljøkonsekvensene av teknologien ble analysert i CHIC, blant annet gjennom livsløpsanalyser (LCA) for hver av partnerregionene. Analysene konkluderte med at hydrogen- og brenselcellebusser gir mellom 15 og 85 % lavere CO₂- utslipp enn dieselbusser, avhengig av primærenergikilde og drivstoff-effektivitet.

Figur 3 Global Warming Potential (GWP) fra hydrogenbuss ved bruk av ulike primærenergikilder¹



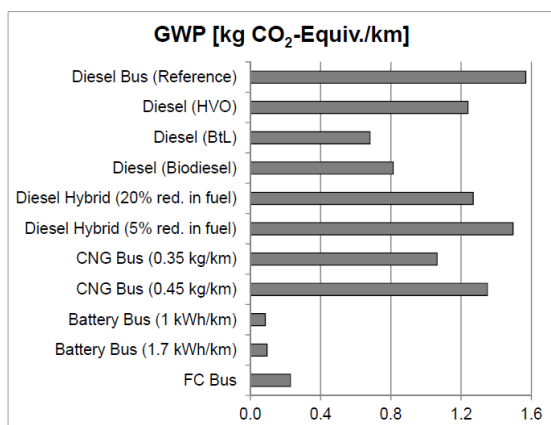
¹ CHIC Deliverable No. 3.9, Environmental Assessment over the Life Cycle of the Transport Systems, 2014



Figur 3 viser potensiell klimapåvirkning (GWP²) fra hydrogenbussene ved ulike primærenergikilder. Ved bruk av elektrisitet fra kraftnettet i Norge er klimaoppvarmingspotensialet langt mindre enn ved bruk av EUs elektrisitetsmiksblanding, som inneholder mye kullkraft. Ren vann- eller vindkraft ville gitt enda lavere klimapåvirkning. Figuren viser også at mesteparten av klimapåvirkningen skjer i bussens driftsfase og ikke ved produksjon av bussen.

Livsløpsanalyse av Ruters hydrogenbusser viser langt lavere klimagassutslipp sammenlignet med bruk av dieselbusser (Figur 4).

Figur 4 Sammenligning av GWP for ulike bussteknologier i Oslo/Akershus¹



Teknologiutvikling

Ruters fem busser var de første brenselcellebussene av denne modellen og generasjon (hybrid brenselcellebuss) fra produsenten som gikk i ordinær rutetrafikk. Produsenten og operatøren har samarbeidet tett om feilsøking, retting og utbedring. Dette har ført til tekniske forbedringer og utvikling av bussene, slik at senere versjonen av modellen har vist seg mer robuste.

Målet om å bidra til å bringe hydrogenbussen og –stasjonen ett skritt nærmere kommersialisering har blitt oppfylt. Etter Ruters vurdering har bussene i løpet av prosjektet har flyttet seg ett nivå opp teknologisk modenhet, fra et tidlig technology readiness level (TRL) 6 til et TRL 7. Figur 5.

Det første året kunne bussene ikke settes i ordinær rutetrafikk pga ustabil og lav teknisk tilgjengelighet. Dette tilsier maksimalt et TRL 6-nivå, der bussene kjørte i et relevant, men ikke et reelt driftsmiljø.

Etter hvert som bussene ble mer stabile ble de satt i ordinær rutetrafikk, noe som tilsvarer et reelt driftsmiljø.

Selv ved utløpet av prosjektet var hydrogenbussdriften betinget av tilpasset organisering og planlegging. Det var lang ventetid for reservedeler og problemløsning mye grunnet umodne verdikjeder, som var en større utfordring enn de tekniske.

² GWP-verdi viser effekten utslippet har på global oppvarming, dvs lav GWP-verdi betyr mindre klimapåvirkning.



Hydrogenstasjonen anslås å ligge mellom TRL 6 og 7. De første årene var læringsutbyttet fra hydrogenstasjonen lavere enn for bussene, fordi stasjonen ved lav utnyttelse hadde nær 100% tilgjengelighet.

Læringsutbyttet økte ved første oljelekkasje høsten 2013 og videre når bussene fra 2014 holdt et høyere driftsnivå slik at stasjonen ble satt mer på prøve. Ny oljelekkasje i 2015 viste at stasjonen var mindre teknologisk moden enn antatt tidligere i prosjektet. Ved utløpet av CHIC-perioden var gjennomsnittlig teknisk tilgjengelighet for stasjonen 95%, mens den for hele CHIC-gruppen var 97%. Kompressorene var en hovedårsak til nedetid også for de andre byene.

Figur 5 Teknologisk modenhet

Technology Readiness Level (TRL):

Metode bl.a. tatt i bruk i EUs programmer for å beskrive teknologisk modenhet, langs en skala fra 1 (tidlig forskningsstadium) til 9 (kommersiell):

TRL 5: Technology validated in relevant environment.

[Large scale prototype tested in intended environment]

TRL 6: Technology demonstrated in relevant environment [Prototype system]

TRL 7: System prototype demonstration in operational environment [Demonstration system]

TRL 8: System complete and qualified [First of a kind commercial system]

TRL 9: Actual system proven in operational environment [Full commercial application, technology available for consumers]

Ettersom fem busser utgjør en liten skala kan utgjorde ikke prosjektet et reelt driftsmiljø for hydrogenstasjonen. En bussflåte på 20-50 busser ville krevd andre løsninger, slik som reell redundans i hele systemet, et langt større produksjonsvolum, system for ubemannet tanking, mer robust brukergrensesnitt m.m. Prosjektet har bidratt med betydelig læring, men det er ikke gjort grunnleggende endringer ved stasjonen.

4. Prosjektkostnader

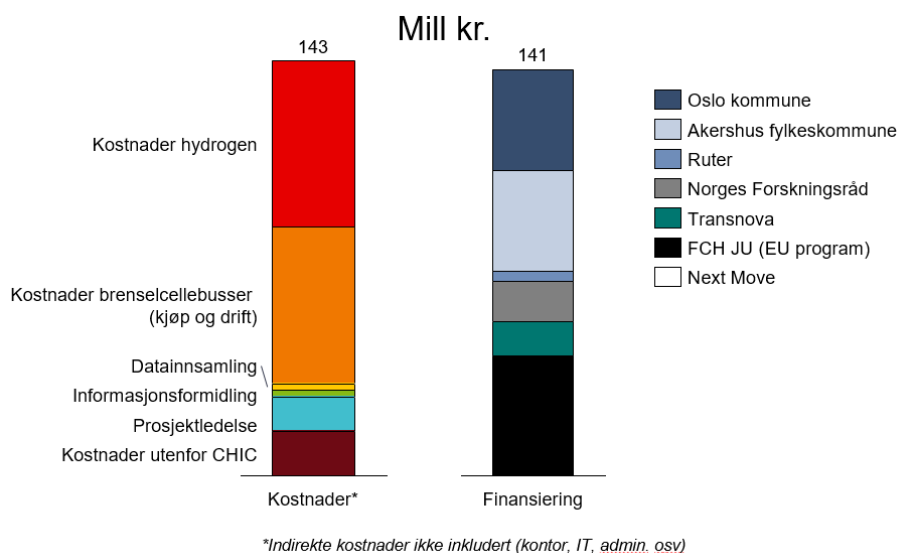
Hydrogenbussene har inngått som en del av bussparken i Ruters busstjenestekontrakt for Oslo syd. Bussene har i hovedsak erstattet dieselbusser som ellers ville betjent linjer i denne kontrakten. Finansieringen av hydrogenbussprosjektet har derfor kun dekket merkostnadene ved å kjøre hydrogenbusser sammenlignet med dieselbusser, samt prosjektkostnader.

Etter avsluttet CHIC prosjektperiode viser prosjektrengskapet kostnader på 143 mill kr, sammenlignet med finansieringen på 141 mill kr.



Figur 6 Kostnader og inntekter Hydrogenbussprosjektet 2012-2016, mill kr

Prosjektresultat 2012-2016: - 1,9 mill kr



Kostnadene var høyere enn forventet de første årene forårsaket av tekniske problemer med bussene. Bussene ble hele første året kjørt som tilleggskapasitet, heller enn å erstatte andre busser i rute, og fem dieselbusser ble beholdt som reserve igjennom hele prosjektet. Det har også vært andre uforutsette merkostnader relatert til drift og prosjektledelse. Lavt driftsnivå siden slutten av august 2015 (oljelekkasje 2) frem til høsten 2016 ga imidlertid reduserte driftskostnader, slik at prosjektresultatet ble et mindre underskudd enn prosjektets tidligere prognoser tilsa.

5. Oppsummering

Ruters evaluering viser at målene med CHIC-prosjektet og med Ruters hydrogenbussprosjekt i hovedsak har blitt oppfylt. Unntakene har vært knyttet til de tekniske målene satt for buss- og stasjonsteknologien.

Prosjektet har bidratt til å modne teknologien, som ved utløp av CHIC-perioden ble anstått å være på teknologimodenhetsnivå (TRL) 6-7, noe som tilsier at den ikke er klar for storskala utrulling i kollektivtransporten. Et viktig resultat har vært å avdekke en umoden verdikjede som har stor betydning for evnen til å holde bussene i drift.