

PROJEKTERING FÖR EL- OCH BRÄNSLECELLSDRIVNA BE-DRAGFORDON

RAPPORT 2019:559



TEKNIKBEVAKNING
BRÄNSLECELLER



Swedish
Electromobility
Centre



Projektering för el-och bränslecellsdrivna BE-dragfordon

BOH WESTERLUND

ISBN 978-91-7673-559-6 | © Energiforsk januari 2019

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

I syfte att koordinera teknikbevakningen, men också för att sammanställa, analysera och sprida information om utvecklingen inom bränslecellsområdet finansierar Energimyndigheten projektet Teknikbevakning av bränsleceller. Projektet och dess resultat vänder till svenska intressenter och genomförs under 2016 – 2019 som ett temaområde inom kompetenscentret Swedish Electromobility Centre med Energiforsk som koordinator och projektledare.

Denna rapport, som har tagits fram inom teknikbevakningsprojektet, är en förstudie för en projektering för el- och bränslecellsdrevna BE-dragfordon. Projektet har genomförts av Boh Westerlund, BW Konstruktion AB

Styrgruppen för teknikbevakningsprojektet har bestått av följande ledamöter: Pontus Svens/Annika Ahlberg-Tidblad, Scania, Staffan Lundgren/Johan Svenningstorp, AB Volvo, Stefan Bohatsch, Volvo Cars, Jörgen Westlinder, Sandvik Materials Technology, Andreas Bodén, Powercell, Bengt Ridell, Sweco Energuide, Göran Lindbergh, Swedish Electromobility Centre/KTH, Peter Smeds/Magnus Lindgren, Trafikverket, Elna Holmberg, Swedish Electromobility Centre och Bertil Wahlund, Energiforsk. Energiforsk framför ett stort tack till styrgruppen för värdefulla insatser.

Samtliga rapporter från projektet kommer att publiceras och fritt kunna laddas ner från Energiforsks webbplats under Teknikbevakning bränsleceller på www.energiforsk.se och på Swedish Electromobility Centres webbplats www.emobilitycentre.se.

Stockholm januari 2019

Bertil Wahlund, Energiforsk AB

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.



**Swedish
Electromobility
Centre**

Swedish Electromobility Centre är ett nationellt kompetenscentrum för forskning och utveckling av el- och hybridfordon och laddinfrastruktur. Vi enar Sveriges kompetens och utgör en bas för samverkan mellan akademi, industri och samhälle.

Sammanfattning

Det finns idag ett växande behov av mindre distributionslastbilar för stadsmiljö som kan framföras med en helt tyst och utsläppsfri drivlina, vilket i praktiken innebär eldrift. Några sådana typer av fordon finns nu att tillgå på den internationella marknaden, men inga som kan klara den kravbild som ställs av företag involverade i detta projekt, samt det nordiska klimatet. Projektets mål har varit att projektera en ny typ av bränslecellsbaserade eldrivna lastbilar, anpassade för aktuella behov i ett flertal större svenska bolag.

Batteritekniken och eldrift av personbilar med batterier som energilagring är etablerat i stads- och pendeltrafik. Vätgastekniken etableras nu också i snabb takt, först för truckar och personbilar samt bussar och nu kommer även lastbilarna, såväl lätta som tunga. Det finns idag ett litet men växande utbud av eldrivna lätta och tunga lastbilar. Dessa har bara i begränsad omfattning kommit till Skandinavien och därför inte heller anpassats för fram för allt den nordligaste delen av regionen med multipla krav på funktion i arktiskt klimat.

Modern och framtida City-logistik ställer en mängd nya krav på distributionsfordon för att kunna förbättra stadsmiljön, bland annat gällande minskad mängd utsläpp, minskad trängsel och lägre bullernivåer. Projektets huvudsakliga uppgifter har därför varit:

1. Specifiering och analys av ett antal konkreta fall där det finns behov av, och starka argument för, att utveckla bränslecellsbaserade lastbilar för användning inom flera svenska företag med stora transportbehov.
2. Verifiering av en befintlig elektrisk lastbil som är lämplig att komplettera med en bränslecells-räckviddsförlängare för att matcha företagets behov i punkt 1.
3. Utveckling och grundkonstruktion samt kostnadsberäkning för ett koncept för en bränslecells-räckviddsförlängare till en eldriven mindre lastbil avsedd för BE-trailer-transport av i första hand styckegods för distribution i stadsmiljö, men med vätgas som drivmedel för längre transporter.

För Intercitytrafik är vätgasdrift under utveckling, vilket också etableras på den internationella marknaden. Jämför t.ex. med Nikola Motor i USA och Hyundais leverans av 1 000 bränslecellsbaserade tunga lastbilar till Schweiz med början 2019, samt Scantias 10 första bränslecellsanpassade lastbilar.

För suburban logistics med nollemissionskrav är behovet av vätgasdrivna bränsleceller för elproduktion i lastbilarna uppenbart. Befintliga och kommande eldrivna fordon kan för att uppnå detta förse med vätgasdrivna räckviddsförlängare, s.k. Fuel Cell Range Extenders (FC-RE). Detta projekt har inriktats på denna nisch.

Den kravbild som tagits fram grundar sig på information från martin&servera, vilka efterfrågar en lastbil med bland annat emissionsfri drift, ett kylt lastutrymme med lastkapacitet på över 2 ton, med en räckvidd på 10-20 mil/dag i nordiskt

klimat, sommar som vinter. Ett sådant basfordon kan sedan enkelt anpassas även för andra kunder så som Polarbröd/Polfärskts behov.

Baserat på kravbilden från kunderna bedöms en BE-lastbil av typen Clickloader vara det som är mest lämpligt, främst på grund av dess höga lastkapacitet, trots att den får framföras med B-körkort.

Denna projektering visar att det redan idag är möjligt att ta fram prototyper och provserier av eldrivna lastbilar med bränslecellsbaserade räckviddsförlängare anpassade för samtliga lastbilstyper. BW Konstruktion fokuserar dock först på BE-dragfordon enligt redovisade kunders behov och begäran.

Summary

There is today a growing need for smaller Zero Emission trucks for distribution of goods in urban and suburban areas. That is electric trucks (E-Trucks). There is therefore now a continues presentation of new electric trucks to fill these needs, but we have found no E-Trucks that can fill the special need of our customers participating in this project, including the special demands that our arctic climate induces. The goal of this project has therefore been to analyze and present a reasonable solution based on a fuel cell range extended electric truck, capable of solving the needs of several bigger Swedish companies.

Battery Electric Vehicles (BEV) are now step by step taking over traffic in urban and suburban areas, where this is possible, and Fuel Cell Vehicles (FCV) are also starting to spread globally, first with fork lifts, then with cars and buses and now comes the trucks, both light weight and heavy duty versions. There is today a growing variety of electric trucks on the market, even though yet with limited production rate, but just about none of them have been put into traffic in the Scandinavian countries and especially not in the northern Arctic climate with it's special demands.

Modern and future city logistics puts up a number of new demands on vehicles for this area, to improve the urban environment. Among these can be noted; smaller vehicles for less traffic congestion and less or preferable zero emissions, including noise. The main goals of this projecting has therefore been to:

1. Specification of needs and demands for FC-Trucks as a zero emission alternative for city logistics within a number of Swedish companies with great needs of this.
2. Identification of a suitable electric baseic truck for retrofitting to FCV to meet the goals in point 1 above.
3. Developemnt and design including cost approximation for retrofitting an electric truck to a FC-EV truck according to the BE-concept and dthe demands according to point 1 above.

Fuel cell trucks for intercity traffic is now starting to establish as an alternative. Examples of this is Nikola Motors that takes orders in USA and now also in Europe and Hyundai that now in 2019 will start to deliver the first order of 1000 trucks to Switzerland. Scania is also now officially involved in FC-Trucks.

For zero emission suburban logistics Fuel Cell Range Extension (FC-RE) is needed for electric trucks. This project aims to develop FC-RE kits for retrofitting of urban logistics electric trucks to meet these needs.

The definition of a optimal zero emission distribution truck is based on our main customer martin&serveras needs and demands, including size and payload, cooled cargo compartment and variable range starting at 100 km/day, capable of function in both hot and cold climate as is the case in our arctic area.

Based on these demands an electric version of the BE-Truck type “Clicloader” is chosen to be the ultimate solution.

This study shows that it today is possible to build prototypes and pre-series of Fuel Cell Electric Trucks in all sizes according to customer demands. BW Konstruktion will though focus on the Electric BE-Truck according to our pilot customers demands.

Innehåll

1	Inledning	10
1.1	Bakgrund	10
1.1.1	Efterfrågan	10
1.1.2	Drivmedel	11
1.1.3	Vätgas som drivmedel	11
1.1.4	El- och bränslecellsfordon	12
1.1.5	Krav på yrkesförarbevis och BE-fordon	14
1.2	Projektnisch - Avsaknad på marknaden; BE-dragfordon med bränslecellsbaserad räckviddsförlängning (FC-RE BE-dragfordon)	14
1.3	Projekt mål	15
2	Kravbild från svenska aktörer	16
2.1	Fordonskrav	16
2.2	Kund 1. Martin&servera	16
2.2.1	Om Martin&servera	16
2.2.2	Fordonskrav	17
2.2.3	Lastkapacitet	17
2.2.4	Klimatkrav	17
2.2.5	Krav på drivlina	17
2.3	Kund 2. Polarbröd	18
2.4	Viktutmaningen	18
3	Val av grundfordon	20
3.1	Grundfordon	20
3.1.1	Prototyp BE-lastbil	21
4	Projektering av bränslecellsbaserad räckviddsförlängare till ett BE-dragfordon	23
4.1	Komponenter och dimensionering för FC-RE	23
4.2	Konstruktion med avseende på vikt och räckvidd	24
4.3	Teknisk grundkonstruktion	25
4.4	Kostnader för ett prototyp-projekt	25
4.5	Fortsatt arbete efter denna förstudie	28
4.6	TCO och andra faktorer	29
5	Slutsatser	30
5.1	Resultat	30
5.2	Kommentar till resultatet	31
5.3	BW Konstruktions kommentar gällande framtagning av ett FC-RE BE-dragfordon	31
6	Bilaga 1	32
6.1	Kontakter - Samarbetspartners, Leverantörer, Kunder, Referensgrupp och akademien	32

Ordlista

BC	Bränslecell
BE-dragfordon	Ett fordon som kan köras med BE-körkort; En lastbils kombination bestående av en lätt lastbil (3,5 ton) som kan framföras med B-körkort, samt ett tungt släp (3,5 ton) som kan framföras med tillägget E i körkortet.
BEV	Battery Electric Vehicle
FC	Fuel Cell, se BC för svenska
FC-modul	Bränslecellssystemet
FC-RE	Fuel Cell Range Extender, Bränslecellsbaserad räckviddsförlängare. Inkluderar FC-modul och vätgastankar
FC-RE BE-dragfordon	Ett BE-dragfordon (lastbil) med bränslecellsbaserad räckviddsförlängare
FCV	Fuel Cell Vehicle
Nollemission	Utan avgaser (enbart vattenånga och värme)
RME	En typ av flytande biodrivmedel, rapsbaserat
YKB	Yrkesförar-bevis, krävs för yrkesmässigt framförande av tunga fordon. ¹
LLB	Lätt lastbil

¹ "Förare som utför gods- eller persontransporter med fordon som kräver körkortsbehörigheterna C1, C1E, C, CE, D1, D1E, D eller DE. Krav på yrkesförarkompetens gäller i alla länder inom EU samt i Norge, Island och Liechtenstein, det vill säga alla EES-stater."
<https://www.transportstyrelsen.se/yrkesforarkompetens>

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Sveriges och världens nollemissions-ambitioner pekar ut 2030 som ett viktigt delmålår^{2,3}. När man betänker att det är mindre än tolv år dit måste vi tveklöst redan nu börja gå i den riktningen, för att ha en chans att uppnå målen.

Det finns globala, nationella och regionala beslut på att i första hand kraftigt minska användning av fossilbränsle och i andra hand på att nå noll-emissionsmål, redan inom de närmaste decennierna. Den mest effektiva lösningen för detta är eldrift av fordon men då den rena batteridriften har begränsningar vad gäller räckvidd så kan räckvidden behöva ökas i vissa segment med större effekt-/energibehov, vilket kan göras genom nyttjande av komprimerad vätgas som sedan i fordonet omvandlas till el i en bränslecell (Fuel Cell = FC). Detta är en nu en teknik som har börjat kommersialiseras och som sedan ett antal år serietillverkas av flera olika leverantörer. Ett flertal bilmärken erbjuder redan serieproducerade personbilar med FC-drift och projekt för utrullning av FC-bussar och, främst tyngre, lastbilar pågår globalt. EU stöder t.ex. utrullning av FC-bussar i Europa.

1.1.1 Efterfrågan

Den moderna distributionen av varor i städer efterfrågar redan idag tysta noll-emissionsfordon, samt mindre lastbilar för att minska trängseln på gator och i gränder där avlastning skall ske. Dessutom ökar nu, p.g.a. internethandeln, direktdistribution till kunderna till deras hem, vilket kräver att fordonen även skall kunna framföras i olika typer av bostadsområden på ett säkert, smidigt samt så hållbart som möjligt. Dessa multipla krav är dessutom olika beroende på stadsmiljön, regionen och klimatet. I detta projekt har tre (internationellt gångbara) typer av logistik särskiljts, med olika fordonsbehov:

- Urban logistics motsvarande distribution i innerstäder
- Suburban logistics motsvarande distribution i förorter
- Intercity logistics motsvarande landsvägstrafik

Där kunder med behov av suburban logistics är det främsta fokusområdet för detta projekt.

Den komplexa kravbild som presenteras ovan medför att man måste komma ifrån de stora tunga lastbilarna som fram tills nu varit dominerande för varudistribution. Det säljs redan idag ca tio gånger fler lätta lastbilar än tunga.⁴ Ett problem med detta är dock att de flesta lätta lastbilar inte lagligt kan ta erforderlig lastvikt varför de överlastas vilket myndigheterna nu börjat bevaka och beivra.^{5,6}

² <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/>

³ <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/kommittedirektiv/2012/07/dir.-201278/>

⁴ http://www.bilsweden.se/statistik/nyregistreringar_per_manad_1/nyregistreringar-2017

⁵ <http://www.transportarbetaren.se/overlast-ger-dryga-boter-for-varubilsforare/>

1.1.2 Drivmedel

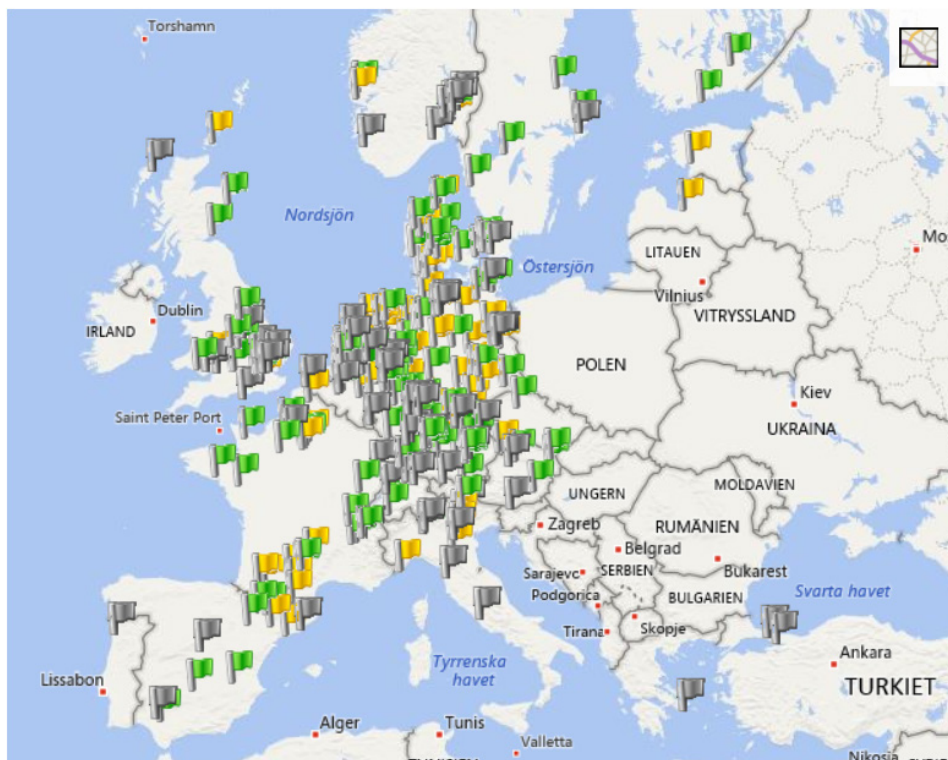
På kort sikt och främst för de etablerade fordonstillverkarna, pågår omfattande satsningar på icke-fossila alternativa drivmedel såsom syntetiska- och bio-bränslen som t.ex. biogas och RME. Samtliga dessa bränslen, trots deras fördelar gentemot fossila bränslen, är ändå bränslen för förbränningsmotorer som har låg effektivitet och som avger inte bara lokala avgaser utan även buller, något som vi numera kan komma ifrån med elfordon. Exempelvis för urban logistics kan ren batteridrift vara tillfyllest, men med krav på kyl- och frys-temperaturer i lastutrymmet blir räckvidden/ lastkapaciteten begränsad med nuvarande batteriteknik, pga av att den erforderliga mängden batterier för denna energiförbrukning blir stor.

1.1.3 Vätgas som drivmedel

Vätgas är ett drivmedel som mestadels används i bränslecellsdrivna fordon. Bränsleceller omvandlar vätgas till el, värme och vatten varför dessa är lokalt utsläppsfria. Vid krav på nollemissionsdrift för suburban logistics är vätgas som energilagring och vätgasdrivna bränsleceller för elproduktion ett utmärkt komplement. Befintliga och kommande eldrivna fordon kan för att uppnå detta förses med vätgasdrivna räckviddsförlängare, s.k. Fuel Cell Range Extenders (FC-RE). Det innebär att det eldrivna fordonet förses med enbart ett mindre batteripaket men med en vätgasdriven bränslecell som laddar batteriet under körning. För Intercity logistics med behov av långväga transporter är dagens batterier med tung vikt per energienehet otillräckliga och ren vätgasdrift utvecklas på den internationella marknaden, se nedan.

Det har byggts över 800 vätgastankstationer globalt och t ex Danmark har ett nät med drygt tio tankstationer spridda över landet. I Sverige finns 2018 dock bara fyra stationer i drift. Tyskland har med sin målsättning om 400 vätgastankstationer 2023 en av de mest ambitiösa planerna i Europa. För övrigt ligger länder såsom Japan, Sydkorea, Kanada och USA långt framme i sina planer. Se de båda bilderna nedan för nuläget år 2018.

⁶ <https://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20161212/polisinsats-mot-latta-lastbilar-korde-med-485-procent-overvikt/>



Figur 1 Utbredning av vätgastankstationer i Europa, hösten 2018. Grå flagga indikerar numera nedstängd stationer, grön en station i drift och gul en planerad station.⁷



Figur 2. Utbredning av vätgastankstationer globalt, hösten 2018. Grå flagga indikerar numera nedstängd stationer, grön en station i drift och gul en planerad station.⁷

1.1.4 El- och bränslecellsfordon

Internationellt sett finns det idag ett litet men växande utbud av eldrivna lätta och tunga lastbilar. Ett exempel är det tyska bolaget "Streetscooter", som är en produkt av att DHL och Deutsche Post tröttnade på att vänta på små eldrivna lastbilar för

⁷ <https://www.netinform.net/h2/H2Stations/H2Stations.aspx>

sina egna behov och därför utvecklade en egen produkt vilken redan tillverkats och sålts i över 10 000 exemplar.⁸

Den mest intensiva verksamheten bedrivs i Asien och främst i Kina där 10 000 – 100 000-tals eldrivna lastbilar redan är i kommersiell drift. Exempelvis tog en lastbilstillverkare med en normalproduktion på 175 000 lastbilar/år fram en provserie på 25 000 eldrivna lastbilar under vintern år 2017⁹.

Lätta och tunga lastbilar som drivs på el har bara i begränsad omfattning kommit till Skandinavien, varpå de modeller som finns idag inte heller anpassats för alla de krav som finns på funktion i arktiskt klimat.

Eldriften finns idag redan i t.ex. följande utföranden:

- Batteridrivna truckar, främst gaffeltruckar, som är den äldsta, mest använda och nu helt självklara fordonstypen för denna typ av verksamhet. (Detta främst för att tunga blybatterier inte är till nackdel på motviktstruckar.)
- Hybridfordon, vilka erbjuder en lättare övergång mot eldrift för både fordonstillverkare och kunder. Dessa har lägre nivåer av emissioner än fordon med enbart förbränningsmotor, men är fortfarande inte noll-emissionsfordon.
- Rena batterifordon (BEV = Battery Electric Vehicles) som idag är fullt utvecklade för stadstrafik och pendling men har klara begränsningar vid längre körsträckor och tyngre trafik.
- Bränslecellsfordon (FC-EV = Fuel Cell Electric Vehicles) som länge bara varit en dröm och vision, men som nu sedan 2013 börjat serietillverkas, om än i liten skala, och som löser problemet med att använda elfordon för längre körsträckor och tyngre laster.
- Nu sprids även batteridrivna elbussar världen över¹⁰.

Att kunna övergå till vätgasdrift i bränslecellsfordon är något som av många enbart har ansetts vara något för framtiden. I och med att de flesta fordonstillverkare visar upp och rullar ut vätgasbilar och tankstationsnätet byggs ut globalt så är tiden mogen för att på allvar projektera för denna lösning.

I USA bedrivs verksamheter med olika el- och vätgaskonverteringar. Ett exempel på en helt ny produktion är Nikola Motors satsning på fullstora vätgasdrivna långtradare, som släpps om ett par år¹¹. Det som är mest intressant med detta koncept är att hela affärsmodellen är ny. Nikola Motors leasar endast ut bilarna till en fast månadskostnad, inklusive drivmedlet vätgas, som kommer att kunna tankas på solcellsdrivna tankstationer runt hela USA.¹² En liknande implementering i Sverige och Europa skulle vara intressant, men kräver i dagsläget en finansieringsförmåga som är svår att uppnå. Ett annat exempel är Hyundai i Sydkorea som under många år sålt el- och bränslecellsdrivna lastbilar, personbilar, minibussar och stadsbussar i Asien. Under 2018 har Hyundai lanserat sin andra

⁸ Möte med deras Sales Director Marcus Arens på IAA i Hannover vecka 39 2018

⁹ Indirekt kontakt med leverantör.

¹⁰ "ZeEUS Ebus Report #2", UITP, 2018.

¹¹ <https://nikolamotor.com/>

¹² <https://nikolamotor.com/tre>

generationens kommersiella FC-personbil enligt plan¹³. De tecknade just en order med ett Schweiziskt företag, H2energy, om 1 000 FC lastbilar i 18-tonsklassen för leverans med början 2019¹⁴, vilket också är den första stora ordern i Europa. Scania bygger vidare ett 10-tal lastbilar med anpassning för bränslecellsdrift.¹⁵

1.1.5 Krav på yrkesförarbevis och BE-fordon

För att köra tyngre fordon som tunga lastbilar krävs numera inte bara C-körkort utan även yrkesförarbevis, YKB, vilket lett till dyr utbildning som även blivit en flaskhals med påföljden att det är en brist på utbildade lastbilsförare¹⁶ samt att det blivit allt dyrare att bedriva tung lastbilstransport¹⁷.

Ett BE-dragfordon är en lastbils kombination bestående av en lätt lastbil (3,5 ton) som kan framföras med B-körkort samt ett tungt släp (3,5 ton) som kan framföras med tillägget E i körkortet, alltså ett fordon som kan köras med BE-körkort.¹⁸

1.2 PROJEKTNISCH - AVSAKNAD PÅ MARKNADEN; BE-DRAGFORDON MED BRÄNSLECELLSBASERAD RÄCKVIDDSFÖRLÄNGNING (FC-RE BE-DRAGFORDON)

De stora etablerade lastbilstillverkarna har idag fullt upp med att möta marknadsbehovet av eldrivna lastbilar. De satsar främst på de modeller som har förutsättningar att snabbt nå större volymer, vilket innebär standardiserade lastbilstyper.^{19, 20, 21} Grundkonceptet för ett BE-ekipage är så pass annorlunda relativt de traditionella lastbilarna att det kräver speciell kunskap eller stora investeringar i inlärning för att kunna utvecklas med eldrift. Det finns därmed betydande utmaningar för att genomföra en elkonvertering, både på prototypnivå samt för serieproduktion. Marknaden för dessa BE-fordon är idag mycket begränsad, speciellt i jämförelse med de vanligaste lätta och tunga lastbilarna. De stora aktörerna, som VW, MAN, Scania, Daimler, Iveco, Volvo, Renault och inte minst de asiatiska leverantörerna, kommer att dominera marknaden för lätta och tunga lastbilar även i fortsättningen.

¹³ <https://www.hyundai.se/bilar/nexo> <https://www.greencarcongress.com/2018/09/20180913-hyundai.html>

<https://www.hyundai.news/eu/technology/hyundai-motor-and-h2-energy-will-bring-the-worlds-first-fleet-of-fuel-cell-electric-truck-into-commercial-operation/?L=0>

¹⁴ <https://insideevs.com/hyundai-launch-1000-hydrogen-trucks/>

¹⁵ <https://www.scania.com/group/en/scania-and-asko-test-hydrogen-gas-propulsion/>

¹⁶

https://www.google.se/search?q=brist+p%C3%A5+lastbilschauff%C3%B6rer&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwj_d_p3_3a_fAhUHp4sKHRAeBccQBQgpKAA&biw=1208&bih=640

¹⁷ <http://www.mynewsdesk.com/se/tya-transportfackens-yrkes-och-arbetsmiljoenaemnd/pressreleases/stor-brist-paa-chaufforer-kan-paaverka-samhaellet-negativt-2638415>

¹⁸ <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Korkort/ta-korkort/personbil-och-latt-lastbil/be-personbil/>

¹⁹ Sammantagen bedömning efter samtal med en mängd utställare på IAA i Hannover v39 2018.

²⁰ <http://www.trailer.se/fyra-eldrivna-lattlastare-med-battare-rackvidd/>

²¹ <http://miljofordonsverige.se/tag/eldriven-lastbil/>

En BE-lastbil med bränslecellsbasead räckviddsförlängning är en lösning som idag saknas på marknaden, men som skulle lösa flera av åkeribranschens utmaningar, däribland;

- Brist på chaufförer med yrkesförarkompetens (YKB behövs ej för BE-dragfordon)
- Krav på mindre och smidigare distributionsfordon för stadstrafik och närortsdistribution
- Krav på anpassning till nya varuflöden, som t.ex. ökad e-handel
- Krav på noll-utsläpp

1.3 PROJEKTMÅL

För att utveckla och projektera en ny typ av bränslecellsbaseade eldrivna lastbilar, anpassade för aktuella behov i ett flertal större svenska bolag, är detta utvecklingsprojektets tre huvudsakliga uppgifter:

1. Specificering och analys av ett antal konkreta fall där det finns behov av, och starka argument för, att utveckla bränslecellsbaseade dragbilar för användning inom flera svenska företag med stora transportbehov.
2. Verifiering av en befintlig elektrisk dragbil som är lämplig att komplettera med en bränslecells-räckviddsförlängare för att matcha företagets behov i punkt 1.
3. Utveckling och grundkonstruktion samt kostnadsberäkning för ett koncept för en bränslecells-räckviddsförlängare till en eldriven mindre lastbil avsedd för BE-trailer-transport av i första hand styckegods för distribution i stadsmiljö, men med vätgas som drivmedel för längre transporter.

2 Kravbild från svenska aktörer

Detta projekts första frågeställning lyder:

Hur ser några svenska företags behov ut där ett elfordon med bränslecells-räckviddsförlängare skulle vara en bättre lösning än de dragbilar som finns på marknaden idag?

2.1 FORDONSKRAV

Det går att efterkonvertera vissa befintliga lätta lastbilar till eldrivet BE-dragfordon. Det kan göras på flera olika sätt men fordonen måste anpassas till kundernas specifika behov samt våra speciella förhållanden i aktuella fall i norra Sverige. Vi har pratat med ett flertal kunder om detta projekt och har i år valt att koncentrera oss på en pilotkund med stora förutsättningar: martin&servera, med bl.a. en stor omlastningsdepå i Umeå.

2.2 KUND 1. MARTIN&SERVERA

Efter dialog med martin&servera inom detta projekt har de uppgifter som presenteras i detta kapitel konstaterats.

2.2.1 Om Martin&servera

Företaget martin&servera (m&s) är en betydande leverantör av råvaror och utrustning för restaurang- och storköksbranschen. De ägs av Axel Jonsson (AJ)-koncernen som har en uttalad målsättning att sträva mot nollemissionsdrift i sin verksamhet. martin&serveras ambitioner är att vara en förebild gällande användning av nollemissionsfordon. I AJ-koncernen ingår ett antal andra stora företag med i princip samma behov, t.ex. AX-food, Dagab, Willys och Åhlens, varför detta val av pilotkund är mycket strategiskt.

m&s har köpt in ett antal dieseldrivna BE-dragfordon och testat BE-konceptet med framgång, i syfte att i nästa steg få en av dessa konverterad till eldrift med uppfyllnad av nollemissionsmålet. Därefter avser m&s att få den kompletterad med en bränslecellsbaserad räckviddsförlängare för att uppfylla fullständiga krav på räckvidd och kapacitet för företaget.

För bolagets kommande transporter behövs nollemissions-fordon av en typ som idag inte finns på marknaden. Vi har ovan konstaterat att det redan finns ett antal eldrivna lätta lastbilar samt att det går konvertera vissa befintliga lätta dieseldrivna lastbilar till eldrivet BE-dragfordon, men eftersom det då skulle krävas en för lätta lastbilar oproportionerligt stark drivlina för ett att klara ett sju tons ekipage finns idag inga lämpliga el-lastbilar för detta behov. Då dessutom denna kraftigare drivlina medför extra stor energiförbrukning krävs en bränslecellsbaserad räckviddsförlängare för att det ska bli ett användbart fordon. Här följer en sammanfattning av företagets krav på ett FC-RE BE-dragfordon.

2.2.2 Fordonskrav

Viktiga fordons- och funktionskrav som ställs på ett logistikfordon för användning av m&s;

- En mindre lastbil för att kunna vara smidig i stadstrafik (För andra kunder gäller samma krav för distribution även i bostadsområden.)
- Eldrift för noll utsläpp och tyst trafik, med FC-RE för räckviddsförlängning.
- En lätt lastbil som kan framföras med B-körkort
- Räckvidd på minst 10, ibland mer än 20 mil/dag (Kortare vid innerstadstrafik i mindre städer. Längre vid större städer och förortstrafik). 10 mil är baskravet och det kan klaras med bara batterier, men när man lägger till upp till åtta timmars körning av kyl/frysaggregat räcker inte batterier till, alternativt minskar det möjliga lastvikt, varför det behövs FC-RE.

2.2.3 Lastkapacitet

- Lastkapacitet på över 2 ton (För att få ekonomi i transporterna)
- Flexibelt lastutrymme med möjlighet till kyl- och frysutrymmen i lastutrymmet
- Möjlighet att hålla varor kylde och frysa under transporterna (Detta även under nu allt varmare sommarperioder)
- Krav på att maximalt antal tunga pallburar skall kunna lastas. Maximalt antal rullpallar (mellan 10 – 20 st)
- Stabilt skåp som skall tåla dåliga vägar.
- Baggagehyft av lättast möjliga typ men med bibehållen kvalitet och funktion.
- Detta kan åstadkommas med ett BE-dragfordon av typen Clickloader. Fabrikatet Combistar är det enda som med framgång körts flera år i Sverige.

2.2.4 Klimatkrav

I ett klimat med temperaturer på mer än +30 grader på sommaren och under -40 grader på vintern ställs många speciella krav på fordonet. Vid 70 graders temperaturskillnad över året och även hastiga stora temperaturskillnader under ett och samma dygn ställs speciella krav på både traditionell teknik och den nya tekniken, t.ex:

- HVAC (Heat, Ventilation & AC) för ett klimat som varierar enligt ovan.
- Både kupé och lastutrymme skall kunna klimatstyras.
- Lastutrymmet skall kylas även när bilen står stilla.
- Batterierna måste kunna både kylas och värmas
- Fordonen måste kunna startas och köras efter natt- och helgparkering utomhus i sträng kyla.
- Körbarhet i vårt klimat med både kyla och värme samt besvärliga vintervägar.

2.2.5 Krav på drivlina

- Möjlighet till olika alternativa driftsmetoder beroende på ett flertal faktorer och driftsbehov.
- En kraftfull drivlina som kan hantera det norrländska sommar- och vinterväglaget. Därför krävs bakhjulsdrift (samt förberedelse för 4WD för mycket svåra förhållanden)

- Alternativa batterier och ladd-metoder för eventuell ren eldrift (korta sträckor) har presenterats. Genom val av snabb- eller ultrasnabb-laddningsbara batterier kan driftsträckan vid behov utökas eller batterivikten minskas genom snabbaddning under lastning och förarens lunchpaus.
- Vätgasdriven räckviddsförlängare (FC-RE)
- Den totala energiförbrukningen måste hållas så låg som möjligt.

2.3 KUND 2. POLARBRÖD

Dialogen med Polarbröd har pågått längre än med m&s varför vi enkelt kan konstatera att krav och behov är likartade.

Polarbröd kör sedan flera år sina produkter med BE-Trucks, vilka dock ännu bara finns för dieseldrift. Polarbröd har en uttalad ambition att bli fossilfria så fort som möjligt. De driver t.ex. sitt bageri i Älvsbyn med egen vindkraft. De vill snarast inkludera nollemissionsfordon i sin verksamhet och tittar på olika lösningar tillsammans med ett flertal fordonstillverkare.

Ett eldrivet BE-dragfordon av ovanstående typ är därför mycket intressant för Polarbröd varför företaget bevakar utvecklingen av ett sådant fordon för m&s som i sin tur har ambitionen att bli först ut med sådana fordon.

Den skillnad som föreligger mellan m&s krav och Polarbröds krav är främst krav på körsträckor, då Polarbröd besöker ett större antal butiker per dag än vad m&s gör vid sina planerade leveranser. Denna skillnad i kravspecifikation kommer att lösas med hjälp av större tankvolym för vätgas och eventuellt, vid behov, en kraftfullare bränslecellsmodul än vad m&s behöver i sina fordon.

2.4 VIKTUTMANINGEN

En lätt lastbil får bara väga 3 500 kg för att få framföras med B-körkort. Denna viktgräns kommer att höjas till 4 250 kg för eldrivna fordon. Släpet får väga max 3500 kg för att få framföras med BE-körkort. Med BE-körkort tagna före 2013 kan dock släpets vikt vara högre, enbart begränsat av fordonets tillåtna släpvningsvikt.

Ett för m&s lämpligt BE-släp har i originalutförande ett lastutrymme som kan ta upp till 21 (3x7) rullpallar med låg vikt. Då martin&servera (och andra i samma bransch) distribuerar mycket tunga matvaror blir den maximala rullpallsvikten om ca 250 kg avgörande. 21 x 250 kg blir över 5 ton vilket alltså inte är tillåtet att transportera varför viktbegränsningar och kontroll måste genomföras.

Med en beräknad energiförbrukning av i snitt ca 1,2 kWh/km (med kylaggregat för lastutrymmet) för en lätt lastbil skulle det behövas upp till 140 kWh för 100 km och 8 timmars drift en varm dag, vilket innebär ett batteripack på 175 kWh för rimlig marginal. Det innebär en batterivikt överstigande 1,5 ton. Med eldrift blir (förutom energilager) drivlinan i bästa fall 300 kg lättare, men den differensen räcker inte långt med den betydande batterivikten. Om man däremot utgår från den branschstandard som nu utvecklas; att det behöver läggas till 750 kg för batterier på en lätt eldriven lastbil för rimlig körsträcka så blir kalkylen bättre men ej tillräckligt bra ändå. (750 kg batterier ger på en normal lätt lastbil minst 100 km

driftsträcka men inte på detta fordon som är tyngre och därmed drar mer energi). Det innebär att man för ren batteri-eldrift måste ta en del av lastkapaciteten i anspråk för batterier.

Det är dessutom inte bara frågan om förhållandet mellan bruttovikt och lastvikt på själva bilen utan även en delikat fråga om viktfördelning mellan bilen och släpet och deras tre olika axlar, med och utan last, vilket gör den slutgiltiga lösningen relativt komplex. Det förstärker behovet av möjlighet till vätgasdrift, i likhet med vad som antagits från början.

3 Val av grundfordon

Detta projekts andra frågeställning lyder:

Verifiering av en befintlig elektrisk dragbil som är lämplig att komplettera med en bränslecellsräckviddsförlängare för att matcha företagets behov givna under kapitel 2.

3.1 GRUNDFORDON

Kravbilden från martin&servera som presenteras i Kapitel 2 påvisar behovet av att konvertera ett lämpligt dieseldrivet lastbilschassi till eldrift med FC-RE, bland annat för att möta viktutmaningen. Den typen av fordon som är bäst lämpad för en konvertering till eldrift bedöms av författaren vara ett BE-dragfordon av typen Clickloader²². Konceptet bygger på att man har en lätt lastbil med maximal lastvikt på under ett ton, som kopplas till en separat fast släpvagn med tillåten totalvikt på 3,5 ton (i vissa fall mer). Det expanderar den potentiella lastvikten till 2,5 ton eller mer, samtidigt som det förblir ett BE-fordon.



Figur 3. BE-lastbil av typen Clickloader, vilket är en sammankoppling av ett BE-dragfordon och ett fastsläp som möjliggör en högre lastkapacitet²³.

²² <https://www.noyenstrucks.be/nl/be-combinatie/be-clickloader>

²³ <https://www.noyenstrucks.be/nl/be-combinatie/be-clickloader>

Denna BE-fordonskombination ger i nuvarande dieselutförande en tillåten lastvikt på 2 600 kg vilket kan motsvara något av följande:

Rullpallsvikt 250 kg:	10 st
Rullpallsvikt 200 kg:	13 st
Rullpallsvikt 150 kg:	17 st

martin&servera har köpt in och testat två st BE-dragfordon och resultatet av dessa tester är att fler har beställts (2018).

3.1.1 Prototyp BE-lastbil

Flertalet etablerade lastbilstillverkare har idag olika koncept- och testfordon i form av olika typer av el- och vätgasdrivna lastbilar i drift runt om i världen. I princip alla dessa provserier har varit ombyggda produktionsbilar vars dieselmotorer ersatts med elmotorer. Det är därför rimligt att ta fram denna eldrivna BE-lastbil enligt samma metodik. Fördelarna är främst att:

- Det går relativt snabbt att bygga om befintliga fordon med i övrigt beprövad teknik.
- Det blir enkelt att jämföra prestanda mellan olika drivsystem.
- Det är billigare än att ta fram helt nya fordon i initialskedet.
- Det är möjligt att fortsätta använda fordon som annars måste skrotas pga. föråldrad drivlina. Sådana efterkonverteringar kan bli mycket lönsamma, för mindre företag, under förutsättning att fordonen även rekonditioneras så att man inte drabbas av framtida driftstörningar pga. slitna komponenter i de begagnade fordonen.

Nackdelarna är främst att:

- De första fordonen blir mycket dyrare än serieproducerade, baserade på helt nya grundfordon.
- De blir oftast även tyngre än fordon som från början är designade för eldrift. Detta är speciellt känsligt för lätta lastbilar (LLB) och BE-dragfordon.
- Det är svårt att få tillåtelse från leverantörer för att köpa lastbilar för vidareutveckling av dem²⁴. Att få en etablerad tillverkare att ta fram ett lämpligt eldrivet BE-dragfordon är dock inte heller rimligt, då marknaden är outvecklad varför de potentiella seriestorlekarna är för små. Dessutom riktar de flesta leverantörer in sig på traditionella lätta lastbilar samt tyngre lastbilar. Ett BE-dragfordon med en extra kraftigt men lätt byggd ram samt mycket stark motor faller därmed utanför ramarna.

För att bygga om en vanlig LLB till BE-lastbil krävs en speciell typ av grundfordon. Detta grundfordon måste vara ett tyngre fordon (4-5 ton) med det kraftigaste motoralternativet som klassats ner till LLB på 3,5 ton för att säkerställa en tillräckligt stark ramkonstruktion. Dessa grundfordon för BE-påbyggnader (som

²⁴ Dock finns undantag, se ASKOs satsning på vätgasdrift baserat på Scania's lastbilar: <http://lastat.se/scania-och-norska-asko-intressant-samarbete/>

görs av ett mindre antal påbyggare på kontinenten²⁵) har tidigare byggt på lastbilsmodeller från Mercedes och Volkswagen, men i dagsläget används främst Fiat med framhjulsdraft och Iveco med bakhjulsdraft.

Ett fåtal lastbilstillverkare har sedan en tid tillbaka börjat producera eldrivna lastbilar, exempelvis IVECO med sin Daily Electric²⁶. Ingen av dessa eldrivna lastbilar är dock lämplig för att bygga om till ett eldrivet BE-dragfordon av typen Clickloader. Detta främst på grund av att ramkonstruktionen och elmotorerna i lastbilarna är för svaga för att kunna bli BE-dragfordon. Dessutom är batterikapaciteten för låg för detta behov.

Vägen framåt är istället att konvertera ett dieseldrivet BE-dragfordon till eldrift, genom att först installera en tillräckligt stark elmotor, och därefter komplettera med en bränslecellsbaserad räckviddsförlängare (Fuel Cell Range Extender, eller FC-RE). Därtill kommer också ytterligare behov av anpassning, bland annat för klimatet på nordiska bredgrader samt för olika specialutföranden. Det fordon som identifierats som mest lämpligt att utgå från i denna konvertering är av typen IVECO 35 – Combistar.

²⁵ Exempelvis www.emoss.nl.

²⁶ <https://www.iveco.com/sweden/produkter/pages/versatility-electric-truck-iveco-daily-electric.aspx>

4 Projektering av bränslecellsbaserad räckviddsförlängare till ett BE-dragfordon

Detta projekts tredje och avslutande leverans avser:

Teknisk grundkonstruktion och kravspec samt kostnadsuppskattning för en konceptuell bränslecells-räckviddsförlängare utifrån företagsbehoven i kapitel 2 och fordonet i kapitel 3.

4.1 KOMPONENTER OCH DIMENSIONERING FÖR FC-RE

Efter inventering av många av marknadens tillgängliga bränslecellsstackar och moduler för fordonsdrift är följande grundläggande för kommande fordonskonstruktion. Inventeringen har skett i dialog med leverantörer av dessa komponenter, se bilaga 1 för en lista över de aktörer med vilka huvudsaklig dialog har hållits.

Livslängd i olika fordon - En personbil som körs 1 500 mil/år har en drifttid på sin FC på ca 200 – 300 timmar/år samtidigt som en stadsbuss som kör upp till 18 timmar/dygn 365 dygn/år får en drifttid på till 6 – 7 000 timmar/år. Detta innebär att det är mycket olika betingelser för FC i fordon, där det för privata personbilar nu produceras små lätta FC konstruerade för en total livslängd som en stadsbuss förbrukar under ett år. Samtidigt produceras FC för bussar som är betydligt större och tyngre men har en livslängd som räknas i tiotusental timmar²⁷.

Vår BE-truck beräknas köra ca 1 500 – 2 000 timmar/år.

Effekt - FC dimensioneras företrädesvis utifrån medeleffektförbrukning och låter ett batteripack ta toppbelastningar vid start, acceleration och backtagning²⁸. Batteripacket kan då även nyttjas för återgenerering vid inbromsning. Med en FC-RE kan man dessutom dimensionera så att man bara får just den räckviddsförlängning som man behöver i varje speciellt driftsläge. Man kan dessutom köra så att man nyttjar batteriet maximalt mot slutet av kör-cykeln för att sedan under t.ex. natten ladda med el vilket alltid är mest ekonomiskt. Med en drivlina på 150 – 200 kW, vilket kommer att behövas, är därför en FC-RE på 10 – 30 kW vara fullt tillräcklig, beroende på vilken räckvidd man önskar uppnå.

Vätgaslagringen anpassas till räckviddsbehovet.

Vikt - De stora 30 kW FC-modulerna för bussar väger idag upp till 300 kg, men det finns de som väger ca hälften och man förväntar sig att komma ner till under 100 kg om bara några år då fördelarna från serietillverkning börjar visa sig. Som en jämförelse kan vi då titta på Hyundais nya 95 kW FC som bara väger 89 kg (två av dessa används i deras tunga bussar och lastbilar tillsammans med batteripack). Vi har för vårt BE-projekt räknat med en FC-RE i en viktklass runt 250 kg inklusive tank/ar.

²⁷ <http://www.ballard.com/>

²⁸ Tex vid regeerativ bromsning

Kylvattentemperatur - Dagens FC har en normal effektivitet på ca 60 – 70 % (teoretiskt upp till 83 %) varför ca 30 % kan betraktas som spillvärme. Det är för vårt nordliga klimat en fördel om vi kan välja en FC som arbetar med en så hög temperatur att vi kan ta ut uppvärmt kylvatten på en nivå av +80 grader eller högre. Då kan detta kylvatten direkt användas för uppvärmning av kupén. För lägre temperaturer på kylvattnet krävs tillskottsvärme (el) för att kunna värma en kupé i vinterkyla. För ren eldrift används värmepumpsystem. Det kan även nyttjas för FC.

Vätgastank - Vätgastankarna är den andra tunga posten för en FC-RE. Då BW Konstruktion som utfört detta projekt är agent för en av världens största vätgastanktillverkare ILJIN composites i Korea (som tillverkat de flesta tankarna till Hyundai) samt finner dessa fullgoda för sitt ändamål, utgår vi direkt från deras tankar.

Vätgastankar för fordon tillverkas i två tryckklasser²⁹:

- 350 bar som använts till bussar
- 700 bar som används för personbilar

Man har ofta tagit för givet att 350 bar är en standard för tunga fordon, men så är det inte, och kommer förmodligen inte vara i framtiden. Vi inriktar oss här på 700 bars tankar, främst för att spara volym. Om vi t.ex. väljer ILJIN-tankar för 2 kg H₂ som väger drygt 50 kg/st så kan vi t.ex. få ett tankpaket för 6 kg vätgas som väger ca 160 kg.

4.2 KONSTRUKTION MED AVSEENDE PÅ VIKT OCH RÄCKVIDD

Sammantaget ger komponentinformationen ovan en FC-RE på upp till 30 kW som väger under 400 kg totalt. Med en batteribuffert på 350 kg ligger vi då inom den utökade viktgränsen på 750 kg för eldrivna LLB. En sådan enhet ger oss en körsträcka på 200 – 300 km.

Detta är dock inte den bästa lösningen för vårt projekt då vi väljer en mindre FC och färre tankar för att spara vikt och/eller utöka batterikapaciteten. Vi har kalkylmodeller som gör att vi kan optimera dessa fordon så att vi kan erbjuda bästa möjliga lösning för varje enskild kund och dennes specifika behov.

Enligt ovanstående analys har vi även möjlighet att, om vi så väljer, jobba inom ramen för den gamla viktklassen 3 500 kg genom att bara ta marginellt av vikt från lastkapaciteten, för att nå en körsträcka av garanterat 100 km eller mer. Då kan vi efter regeländringen till 4 250 kg lätt utöka både körsträcka och lastkapacitet.

I väntan på att vi tar fram en FC-RE kan driftsdata från batteri-eldriften insamlas för optimering av såväl batteridriften som FC-RE samt kan en FC-RE simuleras med extra batteripack i släpet, för att verifiera teoretiska beräkningar.

²⁹ Se även Vätgaslagring i vägfordon Energiforskrapport 2018-553

4.3 TEKNISK GRUNDKONSTRUKTION

De komponenter som utvalts i denna projektering, dvs bränslecellssystem, vätgaslager etc. är redan anpassade och utprovade för liknande fordonsanvändning av andra aktörer på marknaden, vilket innebär att tekniska och legala krav redan uppfyllts.

För vår första FC-RE utgår vi från en 15 kW FC-modul, HyPM HD 15, från Hydrogenics. Vid senare behov av mer effekt för kommande fordon kan denna enhet växlas upp till en HyPM HD 30. Den byggs, tillsammans med övrig kringutrustning (pumpar, fläktar, styrsystem mm) in i en speciellt designad kapslad och isolerad FC-RE-enhet som för detta projekt kan placeras ovanpå lastbilens ram, direkt bakom hytten. Ovanpå denna enhet placeras sedan vätgastankarna.

Livslängden för dessa bränslecellsstackar är idag begränsad, men dimensioneringen är tillräckligt lång för att våra kunder ska kunna testa sitt fordon i praktisk tillämpning över flera års tid.

Vi avser använda 700 bars vätgastankar (och tankventiler) från ILJIN Composites i Korea. Deras modell HT700-0521 (en av tankarna som fram tills nu använts i Hyundais ix35) rymmer 2 kg vätgas vilket räcker för de lägsta kraven, samt kan flera av dessa tankar staplas ovanpå varandra över den ovan beskrivna FC-RE-enheten, i en för denna FC-RE speciellt framtagen och designad strömlinjeformad mellandel som passar mellan hytten och lastutrymmet på detta fordon.

Alla övriga vätgaskomponenter och kringutrustning är standardkomponenter som finns på lager hos vår partner. Gällande DC/DC-konverter kommer komponenter från Visedo i Finland som visat hög effektivitet och bra kvalitet att användas.

De genomförda kostnadsberäkningarna nedan är baserade på dessa val. Kostnader för erforderlig systemering, inkluderande montering, tester, certifiering, besiktning m m är inkluderade i dessa kostnadsberäkningar.

4.4 KOSTNADER FÖR ETT PROTOTYP-PROJEKT

Budgeteringen för el- och vätgaskonvertering av en lastbil för kommersiell användning innefattar en mängd parameterar vilket gör uppskattningen ungefärlig. Grunden ligger i den kravbild som presenteras i Kapitel 2, samt teknisk grundkonstruktion enligt Kapitel 4.3, och innefattar bland annat parametrar som krav på räckvidd, drifttid, prestanda, kupéklimat, lastklimat och storleken på fordonet. Med denna komplexitet som bakgrund går det ändå att förenklat ange baskostnaden för enstaka elkonvertering med ett rimligt batteripack, för enklare driftsförhållanden. Samtliga kostnader som redovisas här är uppskattade utifrån erfarenheter och leverantörernas kostnadsuppskattningar vid dialog under 2018, se bilaga 1 för huvudsaklig dialog.

Grundkostnaden för ett nytt dieseldrivet BE-dragfordon

av typen Iveco 35 - Combistar ligger på 1 – 1,5 Mkr och kan bestå enligt nedan av följande delar (ungefärliga kostnader):

• Lastbilschassi diesel:	330 tkr
× Combistartillbyggnad:	140 tkr
• Trailer & Skåp:	350 tkr
× Kylaggregat:	170 tkr
• Extra utrustning, lyft mm:	240 tkr

Summa BE-lastbil (typexempel) ca: 1,25 Mkr

Grundkostnaden för en elkonvertering av ett BE-fordon enligt ovan ligger på 1 – 1,5 Mkr, men beroende på en mängd olika behov enligt listan nedan tillkommer ca 1 Mkr;

• El-drivlina	750 tkr
• Batteripack	500 tkr
• Laddare och annan eldriven utrustning:	250 tkr
• Utveckling och specialanpassning	500 tkr
• Typprovningar mm.	100 - 300 tkr
• Oförutsett:	200 tkr

Summa elkonvertering (typexempel), ca: 2,3 – 2,5 Mkr

Redan i produktion av ett tiotal räknar vi med att elkonverteringen kommer att kunna hamna på under 1 Mkr och naturligtvis ändå lägre vid större serier.

Kostnaden för dieselmotor och växellåda samt arbetet med att ta bort och sälja dem kommer ytterligare att sänka totalkostnaden då det vid ett större antal fordon går att köpa grundfordonen utan dessa komponenter.

Räckviddsförlängare FC-RE:

Principkostnaden för att ta fram en FC-RE prototyp ligger normalt på flera miljoner, men vi arbetar nu med en målsättning att kunna genomföra ett första steg med en prototyp för ca 2 Mkr.

Grundkomponenterna i ett sådant system är:

- Bränslecellsmodulen (bestående av stack, humidifier, interna pumpar fläktar mm)
- Vätgastankar (med tankventiler med reducering)
- Påfyllnadssystem (med tanknippel och IR-kommunikation)
- Rörsystem (för vätgas)
- Pumpar (för kylvatten)
- Luftpump (för syresättning)
- Förvärmningssystem (för vinterbruk)
- Blåspump (för renblåsning vid frysrisk)
- Kapsling av hela systemet
- Isolering (för vinterbruk)
- Styrsystem
- DC/DC-konverter (för anpassning till batteripack)

De dyraste komponenterna är³⁰:

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| • FC-modul i 30 kW-klassen: | 1 – 1,6 Mkr |
| • Vätgastankar med tankventiler: | 40 – 70 tkr/st |
| • DC/DC-konverter: | 80 – 350 tkr/st |

Alla komponenter för vätgas måste vara klassade³¹ varför även rör och enkla kopplingar är mycket dyra.

FC-system av olika typer är redan om inte hyllvaror så i alla fall något som byggs på löpande band av olika företag, till fasta priser.

Sammanfattningsvis kommer den första FC-RE BE-lastbilen uppskattningsvis att kosta 1,25 (lastbilen) + 2,4 (elkonvertering) + 2 (bränslecellsmodul) = 5,65 Mkr att bygga.

Det som tillkommer i vårt projekt och kommer att ta tid och kosta pengar är den speciella klimatanpassningen som måste till för det arktiska klimatet. BW Konstruktion har tio års erfarenhet av vinteranpassning av fordon så vi ser inget specifikt hinder med att lösa dessa problem, men vi måste dels testa systemen i kylrum och sedan testa hela fordonet i drift under minst en vinterperiod innan vi kan börja serieproducera dem.

Vid beställning av ett antal konverteringar av samma typ sjunker naturligtvis priset, dels genom lägre komponentkostnad men även genom att de alltid förekommande kundanpassningarna = utvecklingskostnaderna i början kan slås ut på flera fordon.

³⁰ Antagande 1 € = 10 kr

³¹Tex; EC TYPE-APPROVAL/ EXTENSION OF EC TYPEAPPROVAL OF A TYPE OF HYDROGEN COMPONENT PURSUANT TO REGULATION (EC) NO 79/2009 AS IMPLEMENTED BY REGULATION (EU) NO 406/2010 [Enligt CE-intyg 2018]

4.5 FORTSATT ARBETE EFTER DENNA FÖRSTUDIE

När nu detta projekt, vår förstudie (**Steg 1**) är avslarat är målsättningen att fortsätta utvecklingen av en FC-RE BE-lastbil enligt följande steg.

Vi avser att först bygga grundfordonet med vårt baskunnande och därefter söka separat finansiering för den slutgiltiga produktionsanpassningen inför serieproduktion.

Vi har en målsättning att kunna framställa lämpliga FC-RE i små serier för under 1 Mkr och i större serier för mindre än så. Vi kommer att ta fram en noggrannare prisbild i samband med den första prototypframtagningen.

Steg 2 innefattar grundläggande konstruktion för elkonvertering av den första konceptbilen som, förutom eldrift, bl.a. skall ha följande egenskaper:

- Den skall på alla sätt kunna fungera i vårt nordsvenska klimat, med allt vad det innebär, generellt samt speciellt vad gäller eldrift.
- Den skall med ett grundläggande batteripack i själva dragbilen vara möjlig att köra, om än i begränsad omfattning. Målet är 10 mil men om det inte går initialt (pga 3,5 tonsregeln) så kan det räcka med ett mindre pack i bilen samt snabbbladdning vid omlastning alternativt kompletterande batteripack på släpet. Det räcker med att den tomma bilen enbart kan köras en mindre sträcka eftersom själva dragbilen bara körs utan släp mycket korta sträckor, som t.ex. vid besiktning.
- Laddning av dragbilen kan ske på flera sätt:
 - × Ombordladdare är vanligast men rekommenderas inte här då det stjälar lastvikt och bilen kan laddas på depån under natten eller under lastning.
 - × Längsamladdning under natten är billigast då det kräver en liten laddare samt billigare batterier. Det har dock då den begränsningen att det med en sådan knappt är lönt att ladda under kort lastning eller korta raster.
 - × Uttag för snabbladdare kan däremot monteras på bilen och laddare placeras vid lastkajen varefter laddning kan ske både under raster och under lastning. (Vid så små batteripack som det här är frågan om är detta relativt enkelt och billigt)
 - × Ultrasnabbbladdning kan erbjudas under vissa omständigheter men kräver dyra batterier och dyra laddare. Med en sådan teknik kan dock en bil köra i princip dygnet runt hela veckor (24/7).
- Bilen skall vara förberedd för vägasdrift, vilken kommer att projekteras separat. Förberedelse för en senare tillbyggd FC-RE omfattar såväl bränslecell som vätgastankar mm.
- För att simulera körning med vätgas och testa längre körsträckor kan kompletterande batteripack monteras på släpet.

Denna bil skall så långt som möjligt byggas som prototyp, i ordets verkliga betydelse, och inte som konceptfordon. Detta betyder att den ska förberedas för produktion eller som det i detta fall blir frågan om i första fasen: rationell efterkonvertering, i mindre skala.

Den lämpligaste bas-bilen har definieras och inköpts i Sverige. Om man inte vill avvara den från m&s kan en ny bil köpas billigare nere i Europa. Därefter sker

konverteringen till eldrift av en noga utvald aktör och bilen registreringsbesiktas i detta utförande. Bilen förbereds även direkt för steg 3, 4 & 5:

Steg 3a Omfattar själva elkonverteringen som kommer att göras, enligt ovanstående slutsatser, av ett konverteringsföretag och därefter besiktas den som elfordon nere på kontinenten.

Steg 3b innebär att bilen tas till Sverige för påbyggnad av Combistar-systemet med kopplingsram på bilen samt clickloader-trailer med skåp (se Figur 3), utfört enligt m&s önskemål.

Detta kan även göras direkt av firman i steg 2, men vissa svenska krav talar för att vi, i alla fall i första skedet, skall göra det här i Sverige.

Bilen och släpet måste därefter på nytt omregistrerings-besiktas som BE-ekipage i Sverige med svenska skyltar.

Detta fordon skall förses med internetbaserat loggningssystem så att både körsätt och energiförbrukning kan följas. Vidare skall systemet utvecklas så att ev. fel kan upptäckas och åtgärdas i förtid för att förhindra driftstopp.

Steg 4 blir att driftsätta detta pilotfordon för att utvärdera funktionen i daglig drift. Där måste man vara beredd på att oväntade problem kan dyka upp, som då måste hanteras på bästa sätt. Alla körningar och tekniska funktioner skall loggas för utvärdering och analys av tekniska såväl som funktionsmässiga erfarenheter. Vi kan då, med hjälp av extra batteripack, även köra längre sträckor för att simulera vätgasdrift.

Steg 5 blir att komplettera fordonet med vätgasdrift, vilket kan ske i ett senare skede och via ett separat projekt. Fordonet förbereds dock för detta redan som rent elfordon.

4.6 TCO OCH ANDRA FAKTORER

Total Cost of Ownership (TCO) är gynnsam för elfordon som kör långa sträckor då vinsten tas hem på minskad drivmedelskostnad och service.

Beräknad pay off-tid för denna fordonstyp med korta körsträckor ger svaret att detta inte är ekonomiskt lönsamt, men till detta måste vi lägga följande faktorer som kan vara minst lika viktiga som slutpris för kunden:

- Möjligheten att köra med ett noll-emissionfordon
- Möjligheten att köra i miljözoner
- Möjligheten att få tag på chaufförer
- Lägre kostnader för chaufförer
- Möjligheten att ta nya kunder (då dessa höjer kraven)
- Marknadsföringsvärdet

Beakta även att om vi utökar driften från 10 till 20 mil/dag så minskar pay off-tiden med mer än hälften. Tänk också på att det bara är 12 år till 2030 då Sverige skall ha fossiloberoende fordonstrafik.

Vid serieproduktion kommer priset på denna typ av utrustning sänkas. Även det fåtal BE-fordon som finns nu är att betrakta som handbyggda.

5 Slutsatser

5.1 RESULTAT

Detta projekt har levererat följande;

1. Kravbild för ett fordon med bränslecells-räckviddsförlängare utifrån två svenska företags faktiska behov
2. Utvalt kommersiellt fordon att konvertera till eldrift och komplettera med en bränslecells-räckviddsförlängare för att matcha behoven i punkt 1
3. Teknisk grundkonstruktion och kravspec samt kostnadsuppskattning för en konceptuell bränslecells-räckviddsförlängare som passar fordonet i punkt 1 och behoven i punkt 2.

Sammanfattningsvis har detta projekt lett fram till följande slutsatser:

- Då ett BE-dragfordon i grunden består av en lätt lastbil måste denna dragbil vara eldriven och ha ett mindre batteri för att kunna besiktas som elfordon och för att kunna genomföra enklare rangeringar med bara batteridrift.
- För att nå rimliga körsträckor samt för att kunna hålla igång kyl- & frysaggregat på sommaren och värmesystem på vintern krävs FC-RE.
- En sådan FC-RE kan dimensioneras mycket mindre än vad som är fallet för "traditionella FC-fordon" för de analyserade kundkraven i detta projekt. Storleken på bränslecellen samt mängden erforderlig vätgas/cykel eller dag kan beräknas utifrån en mängd olika variabler baserade på kundernas önskemål.
- Hela eller delar av en FC-RE kan monteras på BE-lastbilens släp varvid den inte försumbara viktbalanseringen lättare kan hanteras.
- Kostnaderna för bränslecellssystem har varit mycket höga men krymper nu med hjälp av ny teknik samt ökad produktionstakt.
- För vårt projekt behövs betydligt mindre bränsleceller än vi trodde före projektet, samt även mindre mängd vätgas, varför kostnaderna kommer att kunna hållas betydligt lägre än först uppskattat, särskilt vid kommande serieproduktion.
- Vi utgick ifrån att vi skulle behöva ett system på ca 30 kW och har inventerat marknaden efter alternativa sådana system. Dessa har baspriser på 1 – 2 Mkr för prototyper. Vi har fått indikationer på kraftigt sjunkande priser vid serieproduktion och med hjälp av kommande utvecklingsarbete.³²
- Marknadens leverantörer bedömer det vid dialog som inte orimligt att prisutvecklingen för bränslecellsmoduler kommer att följa samma kurvor som för solceller det senaste två decennierna, där priserna har gått ner med ca 90 % mellan år 1998 och år 2014³³.
- BW Konstruktion uppskattar kostnaden för att bygga en första FC-RE BE-lastbil som mattchar kunde m&s krav till 5,65 Mkr, inkluderande grundfordonet, elkonvertering samt bränslecellsmodul.

³² PowerCell som bl.a. kommer att förse en del av Nikola Motors FC-lastbilar med bränsleceller.

³³ <https://data.nrel.gov/submissions/46>

5.2 KOMMENTAR TILL RESULTATET

Vare sig man driver en lätt eldriven lastbil med enbart batterier eller med vätgasdrivna bränsleceller blir vikten av drivlina och batterier samt bränsleceller fort större än för en dieselmotor. Detta är ett stort problem som uppmärksammas bl.a. i Tyskland³⁴, som nu ändrar maxvikten för en "Lätt lastbil" som är eldriven, från 3,5 ton, till 4,25 ton.³⁵ Detta torde bli en ny EU-regel och därmed komma att gälla även i Sverige inom en snar framtid.³⁶ Denna nya regel tillämpas redan idag på kontinenten, även om den inte ännu vunnit laga kraft, och vi har i vår projektering tagit hänsyn till detta. Detta kommer ytterligare att underlätta skapandet av de fordon som vi ser behovet av samt kommer det att förbättra prestanda och lönsamhet, inom en snar framtid. Vi förbereder oss därför på detta redan nu i detta projekt.

5.3 BW KONSTRUKTIONS KOMMENTAR GÄLLANDE FRAMTAGNING AV ETT FC-RE BE-DRAGFORDON

I och med denna projektering kan vi konstatera följande:

- BW Konstruktion och våra partners har kunskaper och resurser att ta fram både fordonet, eldriften och en FC-RE för dessa bilar, till ett enligt involverade kunder, rimligt pris.
- Vi kan redan nästa år (2019) genomföra en vätgassatsning som ett tredje steg i detta projekt,. Detta tack vare att:
 - × OAZER AB i Umeå nu kör igång en vätgastankstation för Svevias räkning, som kan nyttjas för initial testtrafik med ett FC-EV-fordon³⁷.
 - × OAZER AB planerar en större (ev. publik) station som m&s kan vara med att styra placeringen av. Den kan placeras på eller invid m&s fastighet på Västerslätt i Umeå och då utgöra ett komplement till den befintliga stationen hos Svevia, också den på Västerslätt. (Utkast till projektering för detta är under framtagande av OAZER AB)

Det är därför inte bara möjligt, utan helt realistiskt genomförbart, att på mycket kort tid ta fram såväl prototyp-fordon för test och utvärdering av detta koncept, som att få uppstartat av en, i första hand småskalig, produktion via efterkonvertering av fordon så att martin&servera (och våra andra kunder) kan ta täten inom nollemissionssatsningar i Norden, kanske även i Europa vad gäller denna typ av fordon. Vi har även förutsättningar att ta detta vidare med en rationell serietillverkning baserad på kinesiska chassin som anpassas för våra behov, i Europa eller i Sverige.

³⁴ IAA i Hannover samt besök hos leverantörer i Holland.

³⁵ <https://www.parkers.co.uk/vans-pickups/advice/2018/electric-van-guide/>

³⁶ Enligt utställare på IAA i Hannover, vecka 39 2018

³⁷ Se oazer.se

6 Bilaga 1

6.1 KONTAKTER - SAMARBETSPARTNERS, LEVERANTÖRER, KUNDER, REFERENSGRUPP OCH AKADEMIN

Då detta inte är ett forskningsprojekt utan en pragmatisk projektering av en ny typ av fordon avsett att tas fram i form av en prototyp, snarast (under 2019), samt då projektet bara är slutfasen i ett flerårigt projekt har vi inte genomfört det viktiga referensgruppsarbetet på traditionellt sätt utan det har genomförts på följande sätt:

En rad transport- och logistikföretag har besökts för kartläggning av deras aktuella och kommande behov. Bland dessa kan nämnas:

- DHL
- Ragnsells
- Bring
- PostNord
- Polarröd/Polfärskt
- Ragnsell Citylogistik (Klara Sthlm)
- Umeå assistans (Transporterar Volvos hytter genom Umeå)
- Umeå Tidningstransport (Lokal DHL-åkeri)
- martin&servera (Nationell verksamhet)

Fordonstillverkare/konverterare med eldriftsprojekt som besökts är bl.a.

- Smith Electric, UK. (Numera enbart verksamma i USA)
- SISU, Finland. (Enbart tyngre fordon)
- Ursus, Polen
- Autobox, Polen
- E.tron, Sverige
- Coman, Sverige
- Emoss, Holland

Bränslecellsproducenter som vi haft lång kontakt med är bl.a.

- Ballard, Kanada
- NedStack, Holland
- Hymove, Holland
- Hydrogenics, Tyskland
- Pure Energy Centre, UK
- PowerCell, Sverige

Förutom dessa kontakter har mässor som Hydrogen & Fuel Cells och IAA i Hannover samt olika seminarier besökts för att bevaka utvecklingen i branschen.

De personer som tillhört den inre kretsen med kontinuerlig kontakt och därför kan betraktas som en "referensgrupp" i mer traditionell mening är:

Peter Westh, martin&servera, Sverige	(Kundrepresentant)
Huib Hupkens Van der Elst, HyMove, Holland	(FC-expert)

Grzegorz Stawicki, Drabpol, Polen

(Elfordonsexpert)

Cecilia Wallmark, Sweco, Sverige

(Branschexpert)

Akademiska kontakter:

Vad gäller utvecklingen av bränslecellers inre teknologi är vår främste kontaktperson Thomas Wågberg, Associate Professor, Department of Physics, Umeå University, <http://www.umunano.org/> (The nano for energy group)

Vi har för framtida verksamhet identifierat en ny grupp, kallad Coldtech (Kunskapscenter inom snö, is och kyla) som nu bildas vid Luleå Tekniska Universitet. Huvudansvarig för detta är:

Rikard Gilbert, Rikard.Gebart@ltu.se

och för MIUN: Mikael Bäckström Mikael.Backstrom@miun.se

Vi har initierat samtal om hur vi kan samarbeta framledes.

PROJEKTERING FÖR EL- OCH BRÄNSLECELLSDRIVNA BE-DRAGFORDON

Det finns idag ett växande behov av mindre lastbilar för distribution i stadsmiljö som kan framföras helt tyst och utsläppsfritt, vilket i praktiken innebär eldrift.

Elektrifiering av lastbilar kommer nu starkare och starkare, främst i Asien med Kina i spetsen men även i Mellaneuropa. Det gäller framför allt lätta lastbilar men även tunga.

I mellanskiktet mellan lätta och tunga lastbilar finns en liten grupp som kallas BE-dragfordon. Det är en lätt lastbil med ett tungt släp, vilket ger en fordonskombination på minst 7 ton som kan framföras med BE-körkort.

Att elektrifiera den här typen av fordon medför ett flertal utmaningar som redovisas i rapporten tillsammans med principiella lösningarna på dessa utmaningar.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk