

Vätgasbaserade bränslen för arbetsmaskiner

Publik rapport

Björn Samuelsson, Anders Pettersson

Luleå tekniska universitet



FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	4
2 Executive summary in English.....	5
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	6
5 Mål	7
6 Resultat och måluppfyllelse	7
7 Spridning och publicering	12
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	12
7.2 Publikationer.....	12
8 Slutsatser och fortsatt forskning	12
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	13

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Förstudien Vätgasbaserade bränslen för arbetsmaskiner syftar till att undersöka tekniska och ekonomiska möjligheter för att kunna använda vätgas eller vätgasbaserade bränslen i arbetsmaskiner. Projektet studerar dels vilka tekniker som kan användas för nya maskiner, men framför allt hur befintliga maskiner kan ställas om till vätgasdrift. Likaså studeras tekniska och ekonomiska möjligheter för att lokalt producera vätgas.

Projektet kan konstatera att det finns goda förutsättningar att använda vätgas som bränsle för såväl nykonstruerade arbetsmaskiner som för befintliga maskiner, då genom en konvertering av dessa. Fokus i förstudien blev att studera konvertering av befintliga maskiner.

En vätgasdriven förbränningsmotor har en verkningsgrad på ca 40-45%, vilket är i samma område som en dieselmotor. Vidare har en vätgasdriven motor mått som är jämförbara med motsvarande dieselmotor varför det är relativt enkelt att ersätta den befintliga dieselmotorn med en vätgasdriven. Vid en konvertering till vätgasdrift kommer större delar av avgasrening att kunna tas bort eftersom utsläppen blir extremt låga. Eftersom vätgas har betydligt lägre energiinnehåll per volymenhet kommer dock bränsletanken att bli större och/eller intervallen mellan tankning blir tätare.

En konvertering av arbetsmaskinen innebär att befintlig dieselmotor byts ut eller konverteras till en vätgasdriven motor. Det finns idag minst en kommersiell tillverkare av vätgasdrivna förbränningsmotorer, Deutz, ytterligare fler, däribland Volvo Penta, förväntas presentera sådana motorer inom kort. Åtminstone en kommersiell aktör, Keyou GmbH, erbjuder ombyggnad av dieselmotorer till vätgasdrift.

En viktig faktor för införandet av vätgas är tillgången på denna. I dagsläget är tillgången på grön vätgas ytterst begränsad, den vätgas som finns är producerad genom ångreformering av naturgas. Jämfört med diesel innehåller vätgas betydligt mer energi per viktenhet, ca tre gånger högre. Räknat på energi per m^3 blir dock förhållandet betydligt sämre, vid 300 bars tryck upptar 30 kg vätgas 1 m^3 , detta leder oss därmed till att transportkostnaderna blir höga för vätgas. Då skalfördelarna vid vätgasproduktion är relativt begränsade framstår lokal/regional produktion av vätgas genom elektrolys som en nödvändighet för att kunna införa vätgasdrift. Vår analys av ett sådant lokalt produktionssystem visar att det finns goda förutsättningar att kunna producera vätgas till en kostnad jämförbar eller lägre än HVO.

Resultaten från förstudien pekar på att det finns goda skäl att gå vidare med en pilotstudie där en arbetsmaskin konverteras till vätgasdrift och att parallellt genomföra en fördjupad analys av en lokal vätgasproduktion.

2 Executive summary in English

In this feasibility study, we have investigated the possible role that hydrogen may play in future fossil-free work machines. The research project has been done in close collaboration with the company Roma Grus AB, which is one of the major actors in the industry on Gotland.

The results show that from a technical point of view it is possible to use hydrogen to replace fossil fuels. In our research we have focused on the possibility to convert existing work machines to hydrogen. A conversion means replacing the original ICE diesel with a hydrogen ICE. This can be done in existing design of the work machine which will facilitate the transition to fossil free machines. There are possibilities both to replace an existing engine with a hydrogen one, and to rebuild an existing engine.

However, even though the technical conditions for the hydrogen conversion exists, there are no cost-efficient supply chains for hydrogen available. Furthermore, almost all hydrogen available is so called grey hydrogen, i.e. produced by steam reforming of natural gas. To become fossil free, it is necessary to produce the hydrogen using electrolysis and renewable electricity.

Preliminary calculations show that to replace an annual demand of ca 500 000 liter diesel it can be economical feasible with a local production using an electrolyzer of 1,5 MW. The estimates show that the cost of using hydrogen is in the same range as diesel or even slightly cheaper.

There is a need for further research concerning practical implications when converting an existing work machine to hydrogen. Furthermore, it is necessary to analyze the possible supply chain of hydrogen.

3 Bakgrund

För att Sverige ska leva upp till Parisavtalet antog Riksdagen år 2017 ett klimatpolitiskt ramverk. Detta ramverk består av tre delar: klimatlag, klimatmål samt det klimatpolitiska rådet. I klimatmålen fastslås de mål som gäller för utsläpp av växthusgaser, där det övergripande målet är att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp. Sveriges klimatmål är att vi ska vara klimatneutrala år 2045, De uppsatta delmålen relaterar till utsläppen 1990 och slår fast att senast år 2030 ska utsläppen från transporter, arbetsmaskiner, mindre industri- och energianläggningar bostäder och jordbruk vara minst 63% lägre och år 2040 minst 75% lägre.

För att kunna uppnå dessa mål krävs en omställning till fossilfria bränslen. I detta projekt studeras arbetsmaskiner och hur omställningen till ett fossilfritt system för dessa kan skapas. I vår förstudie kommer vi specifikt att studera vilken roll grön vätgas kan fylla i detta sammanhang. Vilka fossilfria alternativ kan vätgasen erbjuda, vilken fordonsteknik finns, vilken infrastruktur och vilka försörjningssystem skulle en ökad vätgasanvändning kräva?

Vätgasens potential som en möjliggörare i omställningen till det hållbara samhället har under senare tid fått stor uppmärksamhet, såväl från politiken, näringslivet och media. EU-kommissionen presenterade 2020 sin vätgasstrategi (COM 2020) 301 final), där de fastslår att vätgas har en nyckelroll i The European Green Deal och omställning till ett hållbart

samhälle. Kommissionen uppskattar de kumulativa europeiska investeringarna i grön vätgas fram till år 2050 kommer att uppgå till mellan 180-470 miljarder euro.

Klimatpolitiska rådet skriver (Rapport 2021, sid 63) att de välkomnar regeringens initiativ till att låta elektrobränslen (ex.vis vätgas och metanol) ingå i reduktionsplikten, men konstaterar att det krävs produktionskapacitet och infrastruktur för vätgas. Man ser positivt på att regeringen har gett Energimyndigheten i uppdrag att ta fram en vätgasstrategi.

Regeringen beslöt i oktober 2020 (Bilaga 1 till beslut I 6 vid regeringssammanträde den 14 oktober 2020 I2020/02592) att ge uppdrag till Elektrifieringskommissionen bland annat att belysa hur elektrifieringen via vätgasdrift kan medverka till att uppnå en omställning till elektrifiering av transportsektorn.

Effekter av en inblandning av vätgas i diesel har beskrivits exempelvis av Talibi et al (2018) och Hamdan et al (2015), en sammanställning av artiklar i detta område presenteras av Akal et al (2020).

Genom att använda grön vätgas och bränsleceller skapas elektriska arbetsfordon utan de svårigheter och begränsningar batteriet medför. Fúnez Guerra et al (2020) undersöker om denna teknik kan användas vid underjordsarbete i gruvor. En sammanfattning av framsteg och problem med bränsleceller teknik presenteras av Rath et al (2019) En sammanfattning av elektrobränslen ges av Davidson et al (2017). En överblick över produktionsteknik och kostnader för elektrobränslen presenteras av Brynolf et al (2018)

Försörjningssystem för grön vätgas har beskrivits av till exempel Reuss et al (2018) i en jämförande studie av olika tekniker för produktion, lagring och transport. Bique och Zondervan (2018) studerar ett försörjningssystem med fokus på vätgasmackar. Hjelkrem et al (2020) undersöker i en studie vilka fossilfria alternativ som är möjliga i jordbruket. De kommer till slutsatsen att för tunga jordbrukstraktorer är batteridrift inte möjligt varför vätgas är att föredra.

De totala utsläppen av växthusgaser från arbetsmaskiner i Sverige uppskattades 2020 (Naturvårdsverket, 2020) till 3,2 Mton CO₂-ekvivalenter, att jämföras med de totala utsläppen av växthusgaser i Sverige 2020, vilka uppgick till 46,3 Mton CO₂-ekvivalenter. Merparten av utsläppen från arbetsmaskiner kommer från industri-och byggsektor, typiskt används här tunga maskiner med hög motoreffekt.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Syftet med förstudien Vätgasbaserade bränslen för arbetsmaskiner var att undersöka möjligheten att använda vätgas som bränsle för arbetsmaskiner. Dels generellt för nyproducerade arbetsmaskiner, men framför allt möjligheten att konvertera befintliga maskiner. För att uppnå syftet sattes konkreta mål upp: Kartlägga möjliga vätgasbaserade bränslen; undersöka tekniska och ekonomiska förutsättningar för att konvertera befintliga maskiner; peka ut framtida forskning och att kommunicera resultaten.

Projektets mål:

1. Att kartlägga möjliga vätgasbaserade alternativ för användandet av vätgas som bränsle för arbetsmaskiner, detta med såväl bränsleceller som förbränningsmotorer.

2. Att undersöka möjligheten att konvertera befintliga arbetsmaskiner, såväl ur teknisk som ekonomiska synvinkel
3. Att peka ut framtida forskningsområden
4. Att diskutera vätgasens roll för framtidens samhälle
5. Att kommunicera resultaten såväl vetenskapligt som i branschen

Metod:

Förstudien har genomförts av Björn Samuelsson och Anders Pettersson (LTU) i samverkan med Roma Grus AB. En analys av verksamheten vid RGAB tillsammans med litteraturstudier och kontakter med industrin utgör basen för denna förstudie. Detaljerad information från RGAB rörande arbetsmaskinernas användning och bränsleförbrukning analyserades. Tre fysiska möten med RGAB inkluderande även studiebesök på de krossanläggningar företaget driver. Utöver detta har flera distansmöten genomförts samt ett möte med branschorganisationen.

Baserat på den inhämtade informationen samt kontakter och diskussioner med representanter från såväl fordons- samt vätgasindustrin har forskningsfrågorna kunnat besvaras.

5 Mål

Förstudiens mål formulerades i ansökan som: *Målet för projektet är att undersöks vilka möjligheter vätgas kan erbjuda för omställningen till fossilfria arbetsmaskiner.*

Arbetet i projektet har huvudsakligen fokuserat kring möjligheterna att konvertera befintliga arbetsmaskiner till vätgasdrift.

6 Resultat och måluppfyllelse

Motorer och kraftkällor

Vätgas är ett bränsle som kan användas i många olika kraftkällor så som förbränningsmotorer, gasturbiner och bränsleceller. Olika kraftkällor kräver olika grader av anpassning för att kunna köra på vätgas. När vätgas används som bränsle är det billigt att nå "noll-utsläpp", dvs att utsläppen består av vattenånga.

Förbränningsmotorer

Vätgas kan användas som bränsle i förbränningsmotorer med måttliga modifieringar. Rätt utfört och injusterat så är utsläppen extremt låga. De emissioner som kan uppstå är NO_x vilka uppkommer när bränsle förbränns i luft vid hög förbränningstemperatur samt HC (kolväten) samt partiklar pga. förbränning av motoroljan.

NO_x utsläppen kan hanteras genom justering av motorns styrparametrar samt genom EGR (återcirkulation av förbränningsgaser). Man bedömer att traditionell efterbehandling för att motverka NO_x inte kommer att vara nödvändigt. Partiklar från motoroljan kan minskas genom att minimera motorns oljeförbrukning och genom att använda anpassade motoroljor. Det finns ett antal olika sätt man kan antända vätgasen, tändstift, pilotstråle med diesel eller kompressionständning. Vanligast tekniken är tändstift, precis som i en Otto-motor, (bensin) Moderna konverteringar visar på verkningsgrad i området 42-45%, vilket är något lägre men i samma härad som moderna dieselmotorer

Bränsleceller

I en bränslecell konverteras vätgas direkt till elektricitet utan traditionell förbränning. Bränslecellen uppfanns 1839 av William Robert Grove men det dröjde ända till mitten av 60 talet innan den kom till kommersiell användning i NASA's rymdprogram. Utsläppen från bränslecellen består endast av vattenånga. En nackdel med bränsleceller är att de kräver extrem renhet på vätgasen för att inte "förgiftas" och tappa effekt och verkningsgrad, vilken ligger inom intervallet 50-70%.

Gasturbiner

Gasturbiner kan använda vätgas som bränsle med mindre modifieringar. Utsläppen är normalt sett endast vattenånga.

Konvertering av förbränningsmotorer.

En konventionell förbränningsmotor kan relativt enkelt konverteras till att använda vätgas som drivmedel. Det är möjligt att utgå från såväl Otto som dieselmotorer.

För kommersiella fordon är det vanligast att utgå från deras befintliga dieselmotorer, då de är anpassade för tung kommersiell drift under lång tid.

Nödvändiga förändringar

För att konvertera en kommersiell dieselmotor är ett antal förändringar av hård och mjukvara nödvändiga. Topplocket måste modifieras för att vätgasinjektorn och tändstiftet ska passa. Studier visar att det oftast är möjligt att modifiera befintligt topplock för vätgasdrift. Exempel på övriga förändringar kan vara:

- Spjällhus, dieselmotorer arbetar normalt med luftöverskott, Otto behöver spjäll.
- Luftmassemätare, luften som sugas in måste mätas.
- Tändstift och tändsystem för att få vätgasen att brinna
- Nya injektorer anpassade för vätgas
- Bränslesystem för gas istället för diesel
- Positiv vevhusventilation, minskad explosionsrisk
- Sensorer: Knacksensor för att indikera "spikning" lambdasensor för att mäta syrehalten i avgaserna och därav hur förbränningen är.

Slutsats motorer och kraftkällor

Ur ett tekniskt perspektiv är vätgas absolut ett möjligt alternativ för arbetsmaskiner. Som framkommer ovan finns flera möjliga tekniska lösningar för vätgasdrift. För nya konstruktioner pekar mycket mot att bränsleceller kommer att vara den dominerande tekniken, mycket tack vare den högre verkningsgraden och den större flexibilitet som kommer med eldrift. Under våren har bland andra Volvo CE presenterat en konceptdumper utrustad med bränsleceller.

Det finns dock en intressant tillämpning för vätgasdrivna förbränningsmotorer, vilket är att ersätta den dieseldrivna motorn med en vätgasdriven dito. Genom att konvertera maskiner på detta sätt kan befintlig maskinpark ställas om till fossilfridrift, även för nytillverkning av arbetsmaskiner är alternativet med en vätgasdriven förbränningsmotor intressant. Detta då såväl befintliga konstruktioner som produktionssystem är uppbyggda kring förbränningsmotorn. Ett byte till vätgasdriven förbränningsmotor innebär relativt små förändringar i såväl konstruktion som produktionssystem, varför en övergång till fossilfria arbetsmaskiner kan påskyndas jämfört med eldrivna alternativ.

Vätgas

För närvarande används vätgas mestadels i kemisk/tekniska applikationer, till allra största del (>95%) är denna vätgas framställd genom ångreforming av naturgas, så kallad grå vätgas. För att vätgasdrivna arbetsmaskiner ska vara fossilfria krävs att den vätgas som används är producerad i en fossilfri produktion, så kallad grön vätgas.

Väte (H) är vårt såväl minsta som vanligaste grundämne. Två väteatomer som slås samman bildar vätgas, H_2 , vilken kan användas som en energibärare. Vätgasen har ett högt energiinnehåll per viktenhet, 120 MJ/kg att jämföras med diesel som har ca 40-44 MJ/kg. Detta innebär att ett kg vätgas innehåller samma mängd energi som 3,4-3,75 liter diesel. Sett till energiinnehåll per volymenhet ser det dock annorlunda ut, vid 300 bar väger 1 m³ endast 30 kg. Detta innebär att volymen är ett potentiellt problem, praktiska applikationer kräver höga tryck, typisk branschstandard på fordonssidan är numera 700 bars tryck.

Det vanligaste sättet att producera grön vätgas är att spjälka vatten till syrgas och vätgas. Detta görs i en elektrolysör, där man med tillförd elektricitet genomför denna spjälkning. För att producera 1 kg vätgas åtgår ca 50-55 kWh el och för att den producerade vätgasen klassificeras som grön krävs att den tillförda elen är förnyelsebar.

Infrastruktur

För närvarande finns väldigt liten produktionskapacitet för grön vätgas i Sverige, de största anläggningarna idag i drift i Sverige har en kapacitet på upp till 3 MW, vilket ger en produktionskapacitet på ca 1350 kg vätgas/dygn. I samband med satsningarna på fossilfritt stål pågår planeringen av en kraftigt utbyggd produktion av vätgas, exempelvis planeras en 780 MW elektrolysör för att försörja H2 Green Steels nya stålverk i Boden. Utöver detta mycket stora projekt pågår planering av vätgasproduktion i anslutning till olika industriprojekt, som exempel kan nämnas anläggningar i Perstorp och Hofors på ca 25 MW var. I Örnsköldsvik bygger företaget Liquid Wind en anläggning som ska producera e-metanol, för detta behövs en elektrolysör på ca 65 MW.

Typiskt för dessa planerade projekt är att produktionen av vätgas sker på plats där den storskaligt ska användas. Det saknas idag en effektiv försörjningskedja för vätgas motsvarande vad som finns för fossila bränslen. För att skapa detta försörjningssystem krävs att det finns en marknad och en efterfråga på vätgas. Samtidigt är det osannolikt att en efterfråga uppstår om det inte finns en fungerande infrastruktur. Ett klassiskt "hönan och ägget" problem applicerat på vätgassektorn vilket väl har beskrivits av Mäkitie et.al (2021).

På grund av den låga energidensiteten sett till volymen blir transportlösningarna jämfört med fossila bränslen betydligt högre. Ett storskaligt projekt som studerar transportproblematiken är projektet Bothnian Link där ett pipelinesystem runt Bottniska viken studeras. Ett sådant system kräver dock mycket stora volymer för att vara en lönsam investering.

Vätgasbehov Roma Grus

Företaget Roma Grus har drygt 20 arbetsmaskiner och krossar som skulle kunna vara aktuella för en konvertering till vätgasdrift. Totalt har dessa maskiner en årlig förbrukning om ca 550 000 liter diesel, detta skulle motsvaras av ca 160 000 kg vätgas per år, för att producera denna mängd krävs en elektrolysör med en kapacitet på minst 1 MW.

Kostnadsberäkningar egen produktion av vätgas

Baserat på Minutillo et.al (2021) estimerades en total investeringskostnad för en 1,5 MW anläggning till totalt 6 M€. I denna antagna anläggning förutsätts möjlighet att installera totalt 3 MW egen solcellsanläggning, vilken antas producera el under 29% av året. Under

maximal produktion skulle den producerade vätgasen ha en kostnad av 5,2 €/kg, vilket motsvarar ett dieselpriis på 1,48 €/liter (dieselekvivalent). I tabellen nedan redovisas antaganden, uppskattade investeringar och beräknade kostnader.

Plant lifetime (yrs)	20
Nominal interest rate (%)	3
PV-plant cost (€/kW)	950
Compressor cost (€)	
Electrolyzer cost (€/kW)	1100
Storage system cost (€/kgH ₂)	1644
Refrigerator cost (€/kW)	5374
Dispenser cost (€)	65000
	10
Replacement invest	696 846,00 €
Annulized	34 852,61 €
O&M PV plant (%)	1,58
O&M Electrolyzer (%)	2
O&M Compressor (%)	8
O&M Refrigerator (%)	3
O&M Dispenser (%)	3
Electricity (€/kWh)	0,05
Energy demand (kWh)	13 586 760
Energy production (kWh)	6 696 000
Energy demand 2 (kW/kg H ₂)	62
Portion PV electricity	0,29

Electrolyzer kap (kW)	1500
Capacity/day (kg)	600
Utilization	100%
PV installed (kW)	3000
Compressor (kW)	35
Refrigerator (kW)	16
PV-plant cost (€)	2 850 000,00 €
Compressor cost (€)	352 505,35 €
Electrolyzer cost (€)	1 650 000,00 €
Storage system cost (€)	986 400,00 €
Refrigerator cost (€)	85 984,00 €
Dispenser cost (€)	65 000,00 €
Total cost (€)	5 989 889,35 €
Annulized cost (€)	402 614,65 €
Capex per kg (€)	1,84 €
Repex per kg	0,16 €
O&M PV plant (€)	45 030 €
O&M Electrolyzer (€)	7 050 €
O&M Compressor (€)	132 000 €
O&M Refrigerator (€)	29 592 €
O&M Dispenser (€)	2 580 €
	216 252 €
Opex/kg (€)	0,99 €
Electricity cost/kg (€)	2,20 €
Total cost/kg H₂	5,18
	€

Minskas utnyttjandegraden till 75%, vilket ger genomsnittliga behovet för RGAB, ökar dieselevivalenten till 1,92 €/liter.

Dieselevivalenten som en funktion av utnyttjandegraden ges i nedanstående tabell:

Utnyttjandegrad	Dieselevivalent (€/l)
25%	5,50
38%	3,67
50%	2,82
63%	2,26
75%	1,92
88%	1,66
100%	1,48

En enkel känslighetsanalys genomfördes där nödvändiga investeringar höjdes med 50%, dvs en total investering på 9 M€. Motsvarande tabell med dieselevivalenten som en funktion av utnyttjandegraden redovisas nedan:

Utnyttjandegrad	Dieselevivalent (€/l)
25%	6,42
38%	4,34
50%	3,30
63%	2,68
75%	2,26
88%	1,97
100%	1,74

I detta scenario skulle en utnyttjandegrad på 75% ge en dieselevivalent på 2,26 €/liter

Slutsats vätgasproduktion

Enligt de beräkningar som redovisats ovan finns goda möjligheter att lokalt kunna producera vätgas till en kostnad som är i paritet med eller understigande kostnaden för HVO. För att kunna dra säkra slutsatser behövs ytterligare detaljerade analyser av investeringsbehovet och driftskostnader.

I processen att producera vätgas kommer dessutom två viktiga biprodukter att uppstå; dels värme, dels syrgas. Kan dessa biprodukter användas minskas motsvarande dieselevivalent. Exempel på användningsområden kan vara fjärrvärme och fiskodlingar (syrgas).

Slutsats vätgasdrivna arbetsmaskiner

Förstudiens resultat indikerar att det finns goda möjligheter såväl tekniskt som ekonomiskt att konvertera en fordonspark med en årlig förbrukning på ca 500 000 liter diesel/år. En fördjupad studie, inkluderande en konvertering av befintlig arbetsmaskin bör göras.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Resultaten visar att det finns goda möjligheter för vätgasdrivna arbetsmaskiner
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	För att verifiera resultaten och möjliggöra en realisering av resultaten bör en fördjupad pilotstudie genomföras
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

Samarbete bör ske med andra projekt inom området, exempelvis bör ett samarbete med RISE fördjupas

7.2 Publikationer

En vetenskaplig artikel kommer att lämnas för publicering under hösten. Artikel för branschorgan där resultaten sammanfattas kommer att skrivas under hösten

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Förstudiens resultat indikerar att det finns goda möjligheter såväl tekniskt som ekonomiskt att konvertera en fordonspark med en årlig förbrukning på ca 500 000 liter diesel/år.

Fortsatt forskning bör inbegripa en pilotstudie där en arbetsmaskin konverteras till vätgasdrift. Här bör studeras vilka praktiska problem som uppstår och hur de kan lösas. En längre driftsperiod bör studeras för att kunna dra slutsatser kring vilka eventuella praktiska problem som kan uppstå vid en övergång till vätgasdrift.

En fungerande övergång till vätgasdrift för arbetsmaskiner kräver en kostnadseffektiv och pålitlig försörjningskedja. Överväganden mellan lokal småskalig produktion, större regional eller storskalig tillverkning av vätgas behöver ytterligare belysas. I synnerhet behövs en analys av hur försörjningskedjan ska utformas under introduktionen av vätgasdrift för att säkerställa ett effektivt system, såväl kort som långsiktigt.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Förstudiens har utförts av:

Björn Samuelsson, projektledare, Luleå tekniska universitet

Anders Pettersson, Luleå tekniska universitet

I samarbete med:

Magnus Lindby, VD Roma Grus AB

Emil Höglund, Roma Grus AB

<http://romagrus.se/>

<https://www.ltu.se/>