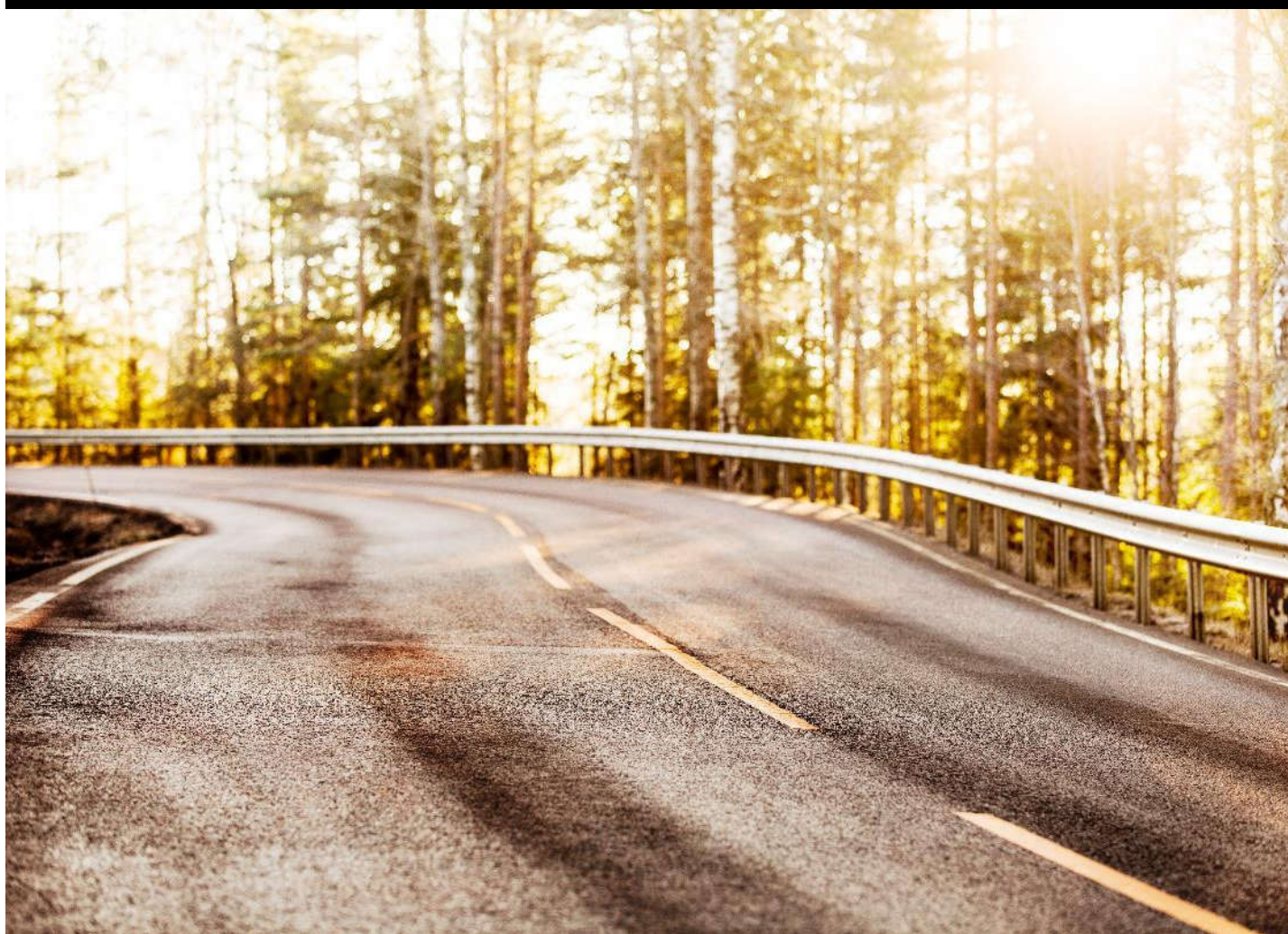


Vätgas i Green Drive Region

EN FÖRSTUDIE UTFÖRD FÖR AKTÖRERNA I GREEN DRIVE REGION



Rapporttitel	Vätgas i Green Drive Region
Status	Granskad
Rapportdatum	2017-02-08
Projektledare	Cecilia Wallmark, Sweco cecilia.wallmark@sweco.se +46 70 549 20 76
Författare	Mårten Larsson, Sweco Cecilia Wallmark, Sweco Farzad Mohseni, Sweco Daniel Bügel, Oreec

Förord

Denna rapport är skriven av Sweco på uppdrag av Green Drive Region med Daniel Bügel som ansvarig beställare och övriga medlemmar i Green Drive Regions ledningsgrupp som mottagare och granskare.

Rapportens syfte är att stödja förmedling av kunskap och information om vätgas och bränsleceller inom Green Drive Region, samt att utgöra en grund för fortsatt arbete. Uppdraget genomfördes under perioden oktober 2016 till februari 2017.



Innehåll

Sammanfattning	5
1. Introduktion	6
1.1 Metod	7
2. Nulägesbeskrivning.....	9
2.1 Green Drive Region.....	9
2.2 Bränslecellsfordon	16
2.3 Produktion	18
2.4 Distribution och lagring	22
3. Jämförelse - förnybara drivmedel	24
3.1 Funktion	25
3.2 Kostnad	26
3.3 Växthusgasutsläpp	28
3.4 Lokal miljöpåverkan.....	29
3.5 Säkerhet.....	30
4. Lokal och regional produktion	31
4.1 Distribution till andra regioner	33
5. Lokalisering av tankstationer	34
6. Aktörsanalys	38
6.1 Aktörer av betydelse för vätgasimplementation i regionen.....	38
6.2 Aktuellt och potential för lokal och regional näringslivsutveckling.....	39
7. Realiseringskostnader	42
8. Styrmedel	44
8.1 Befintliga och planerade styrmedel.....	44
8.2 Behov av styrmedel för vätgastankstationer	45
8.3 Behov av styrmedel för fordon.....	46
9. Slutsatser	49
9.1 Förslag på fortsatt arbete.....	49
Ordlista	51



Sammanfattning

I denna förstudie analyseras möjligheterna att använda vätgas i transportsektorn i Green Drive Region, vilken innefattar Dalarnas län, Värmlands län, Gävleborgs län, Hedmark fylkeskommun, samt vissa kommuner från Akershus fylkeskommun och Østfold fylkeskommun.

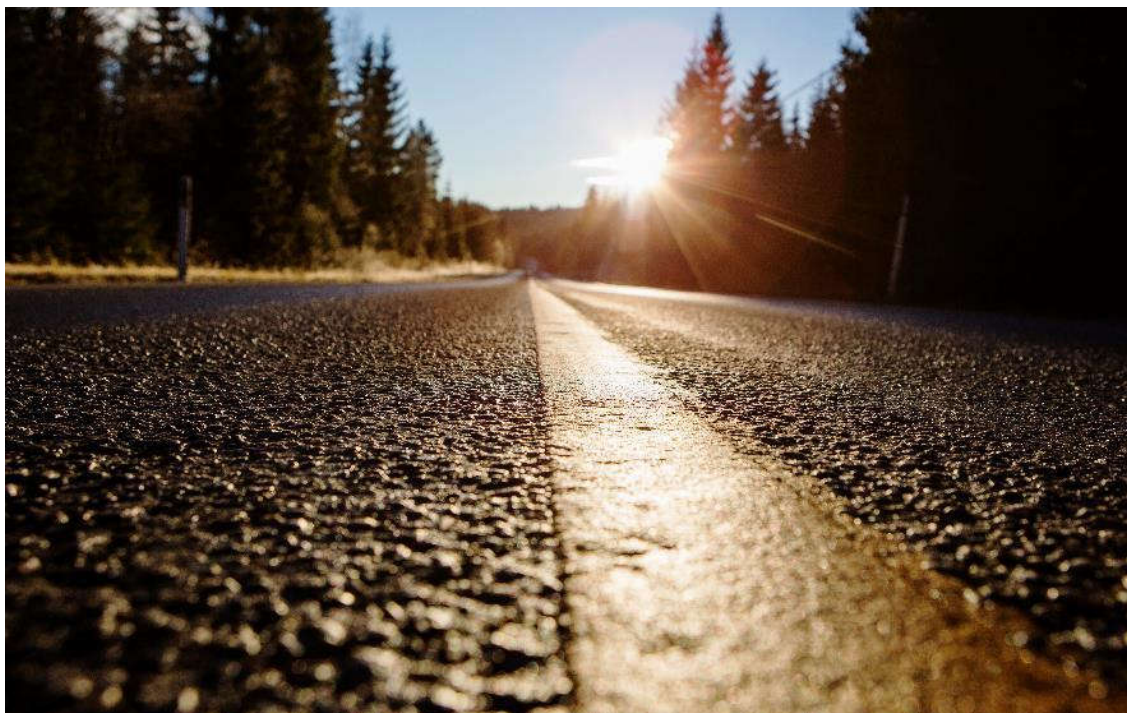
I studien görs en analys av möjligheterna för att producera vätgas från lokala förnybara energikällor samt en analys av var i regionen vätgastankstationer kan placeras utifrån befolkningsunderlag, trafikflöden och viktiga genomfartsleder. Vidare beskrivs och analyseras aktörer och näringsliv i regionen som kan spela en roll i introduktionen av vätgas och bränslecellsfordon.

Elproduktionen i regionen är till största del baserad på förnybara energikällor och det finns en god potential för att utöka användningen av förnybara energikällor som bioenergi, biogas, sol och vindkraft. En del av denna potential kan användas för att producera förnybar vätgas genom elektrolys, reformering av biogas, och på sikt förgasning av biomassa. Om storskaliga förgasningsanläggningar byggs skulle regionen potentiellt också kunna exportera vätgas till närliggande storstadsregioner.

Åtta intressanta lokaliseringar för vätgastankstationer lyfts fram i denna studie, och dessa kan troligen ge relativt god tillgång på vätgasinfrastruktur för större delen av befolkningen i regionen samt till genomfartsstrafik. Den totala investeringskostnaden för att realisera dessa åtta tankstationer samt tre elektrolysörer för vätgasförsörjningen uppskattas till cirka 130 miljoner kronor (SEK). För varje tankstation skulle det behövas runt 250 bilar alternativt 90 bilar plus fyra bussar för att nå break-even ekonomiskt.

Bilar är troligen den fordonstyp som kan introduceras först på relativt bred front för vätgas i Green Drive Region, men det kommer troligen även vara möjligt att hitta intressanta användningsområden för andra fordonstyper.

För att potentialen med vätgas och bränsleceller ska kunna förverkligas finns ett stort behov av en tydlig styrmedelsstrategi och för att komma fram till och besluta om detta behövs vidare arbete. I tidigare studier har behovet av främst kunskapsspridning, investeringsstöd och driftsstöd till vätgasinfrastruktur (produktion och distribution) samt en palett av åtgärder för att stötta fordonsköparna lyfts fram.



1. Introduktion

Transportsektorn har idag en betydande negativ inverkan på lokal och global miljö i form av olika typer av utsläpp från förbränningen av fossila drivmedel. De stora utsläppen av växthusgaser hamnar ofta i fokus men de lokala föroreningarna blir också allt mer påtagliga i många städer. Medvetenheten och viljan till förändring ökar allt mer på alla nivåer i samhället och manifesteras i nationella, regionala och lokala visioner för en mer hållbar och så småningom fossilfri transportsektor. Ett exempel är Sveriges vision om en fossiloberoende fordonsflotta 2030. Denna vision utreddes vidare i Innovationsagendan Fossiloberoende Fordonsflotta 2030, där ett 70-tal aktörer under ledning av Sweco arbetade fram ett förslag på handlingsplan för att uppnå målet.¹

Trots medvetenheten om problemen har utsläppen av växthusgaser från vägtransportsektorn varit svåra att minska ner. I Norge har utsläppen från vägtransportsektorn ökat med 31 procent från 1990 till 2014.² I Sverige minskade utsläppen från vägtransportsektorn under samma period med 17 procent, men utsläppsminskningen har avstannat under de senaste åren.³ Anledningen till denna avstanning är att trafikökningen tar ut utsläppsminskningar från energieffektivisering och ökad andel förnybara drivmedel.

Visionerna kan till viss del uppnås genom samhällsplanering och förändrade beteenden som ger ett mer transportsnålt samhälle samt en överflyttning från vägtrafik till andra transportsätt som gång, cykel, tåg, och sjöfart. Men oavsett den utvecklingen kommer det inom överskådlig framtid att finnas ett behov av olika typer av vägfordon för person- och godstrafik. Utmaningen är att ersätta de konventionella fordonen som drivs av diesel och bensin med fordon som kör på förnybara drivmedel. Det finns redan en palett av tekniker och drivmedel, bland annat flytande biodrivmedel, biogas, vätgas eller el, som alla på olika sätt kan minska klimat- och miljöpåverkan från transportsektorn. Dessa nya tekniker skapar samtidigt nya förutsättningar för att utnyttja lokala och regionala resurser och därmed utveckla näringsliv och arbetsmarknad.

¹ Cecilia Wallmark (Sweco), Mattias Goldmann (Fores med 2030-sekretariatet), Peter Berglund Odhner (Sweco) Sonja Forward (VTI), Kerstin Hoyer (Energiforsk), 2016, Fossiloberoende fordonsflotta 2030 – Hur realiserar vi målet?

² SSB, 2015, Utslipp av klimagasser, 2014

³ Naturvårdsverket, 2016, Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

Hittills har Sverige främst satsat på biodrivmedel som etanol, biodiesel och biogas. Norge har främst satsat på att introducera elbilar och till viss del satsat på att introducera vätgasinfrastuktur bränslecells-bilar, åtminstone mer än vad Sverige har gjort.

Bränslecellsfordon som körs på förnybar vätgas ger låg global och lokal miljöpåverkan samtidigt som de erbjuder en funktion (prestanda och räckvidd) som är konkurrenskraftig med konventionella fordon. Därför ser vätgasen ut att bli ett viktigt komplement till el, flytande biodrivmedel och biogas i omställningen av transportsektorn. Men kostnaderna för bränslecellsfordon och vätgasinfrastuktur är idag jämförelsevis höga, åtminstone initialt innan tillräckliga volymer nås för fordonstillverkarna och vätgasdistributörerna.

Förutsättningarna för vätgas i transportsektorn har bland annat utretts i en svensk studie finansierade av EU, HIT 1, där HIT står för Hydrogen Infrastructure for Transport - Vätgasinfrastuktur för Transporter.⁴ Därtill har flera lokala och regionala utredningar genomförts. Dessutom har en strategisk innovationsagenda utformats för vätgas för fordon.⁵

I Norge har Norwegian Hydrogen Council tagit fram en handlingsplan för vätgas 2012-2015⁶ och SINTEF har nyligen tagit fram en mer uppdaterad beskrivning av nationella förutsättningar och potentialen för vätgassatsningen i Norge⁷. Utöver det har lokala och regionala utredningar och strategier tagits fram, bland annat Akershus Vätgasstrategi 2014-2025.⁸

Sammanfattningsvis innebär introduktionen av bränslecellsfordon och vätgas möjligheter att uppfylla en rad lokala och regionala politiska visioner och mål, men måste också ses som en del i den omfattande omställningen av samhälle och transportsystem och därmed vägas mot andra lösningar och prioriteringar.

Syftet med denna förstudie gällande vätgas i Green Drive Region är att ge en överskådlig bild av de allmänna förutsättningarna för bränslecellsfordon och vätgas samt en analys av de specifika regionala förutsättningarna.

1.1 Metod

Förstudien baseras på litteraturstudier, statistik och intervjuer. Dessutom baseras resonemangen på författarnas tidigare erfarenheter och kunskaper om vätgas i transportsektorn. Rapporten "Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsningen i Norge" har utgjort ett viktigt underlag i denna studie när det gäller att beskriva de tekniska förutsättningarna för vätgas i transportsektorn.

Potentialen för att producera vätgas från lokala energikällor har uppskattats utifrån tidigare genomförda lokala och regionala inventeringar av potentialen för att utöka användningen av förnybar energi såsom bioenergi, biogas och förnybar el.

⁴ Cecilia Wallmark, Farzad Mohseni, Geert Schaap mfl, 2014, Vätgasinfrastuktur för Transporter – Fakta och konceptplan för Sverige 2014-2020.

⁵ Strategisk Innovationsagenda Vätgas för fordon, C. Wallmark/Sweco, B. Aronsson/Vätgas Sverige, P. Leisner/SP, 2016

⁶ The Norwegian Hydrogen Council, 2012, Norway – a global leader in hydrogen, Action Plan 2012-2015, how to maintain our pioneering role.

⁷ SINTEF Teknologi og samfunn, SINTEF Materialer og kjemi, NTNU, 2016, Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsningen i Norge.

⁸ Akershus Fylkeskommune, 2014, Hydrogenstrategi 2014-2025, Strategi for tidlig innføring av hydrogen-drivstoff

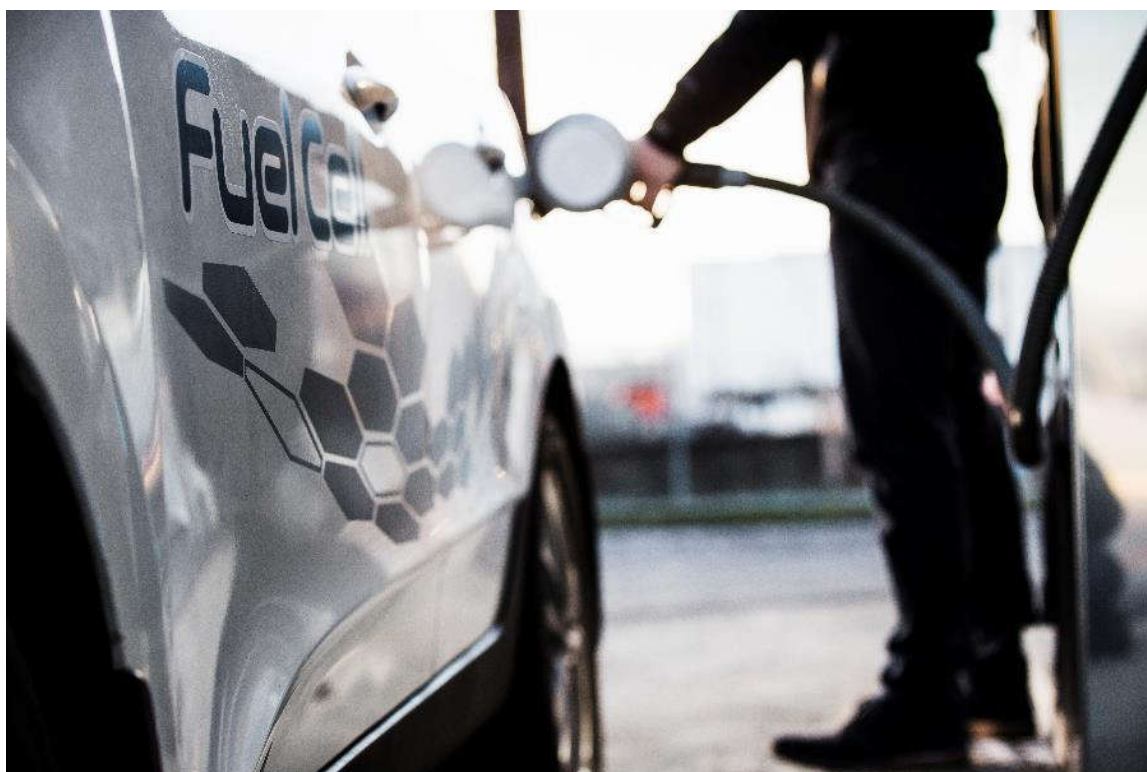
i Oslo og Akershus

www.sweco.se/vatgas

Lokaliseringsstudien för vätgastankstationer har genomförts med hänsyn till befolkningsunderlag, trafikflöden samt viktiga vägar, samt utifrån kända ambitioner bland regionens aktörer. Den baseras främst på kartor som beskriver dessa faktorer.

Aktörskartorna för Sverige och Norge är beskrivna utifrån författarnas förkunskaper och diskussioner med regionala representanter.

Realiseringskostnaderna har uppskattats utifrån Swecos interna underlag från tidigare uppdrag samt från kontakter med leverantörer.



2. Nulägesbeskrivning

Bakgrunden beskriver nuläget för det geografiska området som ingår i denna studie samt tekniska och ekonomiska förutsättningar för vätgas i transportsektorn. Här beskrivs regionens förutsättningar såsom befolkningsfördelning, elproduktion, drivmedelsanvändning samt potential för ökad användning av förnybara energi. Dessutom beskrivs nuläget för vätgasinfrastruktur i Norge och Sverige.

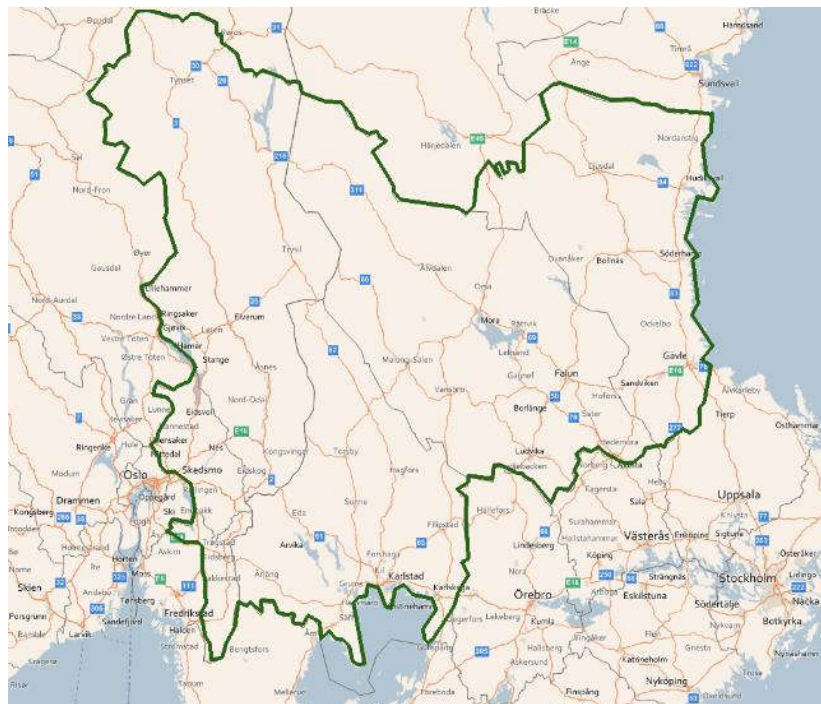
De teknoekonomiska förutsättningarna innefattar produktion, distribution och lagring av vätgas samt tillgängliga bränslecelfordon i olika segment av transportsektorn. De huvudsakliga produktionssätten i nuläget är elektrolys och på medellång sikt även förgasning av biomassa. Reformering av biogas är ett ytterligare alternativ för framställning för förnybar vätgas. Vätgas kan användas i många olika typer av fordon men personbilar är troligen det segment där vätgasen kan introduceras först.

2.1 Green Drive Region

Inre Skandinavien är ett område definierat inom Interreg⁹ som omfattar kommuner i Akershus, Hedmark, Østfold, Dalarna och Värmland, se Figur 1. I samarbetet Green Drive Region och i denna studie ingår också Gävleborgs län. I Akershus är följande kommuner med: Hurdal, Nannestad, Gjerdrum, Eidsvoll, Ullensaker, Nes, Skedsmo, Lørenskog, Nittedal, Rælingen, Fet, Sørum og Aurskog-Høland. I Østfold är följande kommuner med: Askim, Skiptvet, Eidsberg, Trøgstad, Marker, Rømskog, Aremark, Hobøl og Spydeberg. I övriga fylker/regioner är alla kommuner inkluderade.

⁹ EUs program för Europeiskt territoriellt samarbete över nationsgränser
www.sweco.se/vatgas

Figur 1 Green Drive Region



Inom Green Drive Region finns stora variationer i klimatet. Stora delar av regionen har ett typiskt inlandsklimat med väldigt låga temperaturer på höst, vinter och vår. Men vissa regioner nära kusten har ett något varmare klimat. Stora temperaturvariationer, främst de låga temperaturerna kan påverka möjligheterna för att använda olika typer av förnybara drivmedel. Till exempel ökar energianvändningen för elbilar på grund av uppvärmning av kupé och batteri.

Det definierade området för Green Drive Region hade 2015 en befolkning på cirka 1 350 000, varav cirka 515 000 i Norge och resten i Sverige, se Tabell 1. De befolkningstätaste områdena på den norska sidan är Lilleström med omnejd, Hamar och Elverum. På den svenska sidan är det Karlstad, Borlänge, Falun och

Gävle. Utöver de uppräknade områdena finns det stora arealer som är mer glesbefolkade, särskilt i Hedmark och Dalarna.

Tabell 1 Befolkning och ytareal för områden inkluderade i studien.

Område (Interreg- definierat)	Invånare (2014) ¹⁰	Areal i km ² ¹²	Invånare/km ²
Akershus	268 687	3 806	70,6
Hedmark	195 153	27 398	7,1
Østfold	51 263	1 489	34,4
Värmland	274 691	17 519	15,7
Dalarna	278 903	28 029	10,0
Gävleborg	279 991	18 118	15,5
Totalt	1 348 688	96 359	14,0
<i>Norge</i>	515 103	32 693	15,8
<i>Sverige</i>	833 585	63 667	13,1

2.1.1 Bilparken

I slutet av 2015 fanns cirka 747 000 personbilar registrerade i Green Drive Region, varav cirka 288 000 i Norge och resten i Sverige, se Tabell 2. Runt 60 procent av bilarna körs på bensin och runt 35 procent på diesel. Merparten av bilarna som körs på förnybara drivmedel finns på den svenska sidan och det är främst etanolbilar. Därtill finns en mindre andel elhybrider och gasbilar. På den norska sidan finns en relativt sett stor andel elbilar. Det finns även 26 bränslecells-bilar registrerade på den norska sidan av regionen (juli 2015).¹³ På den svenska sidan finns sju bränslecells-bilar i Sandviken.

Tabell 2 Bilparken i Inre Skandinavien 2015-12-31

	Norge	Sverige	Totalt	Norge	Sverige	Totalt
Drivmedel	<i>Antal bilar</i>			<i>Andel bilar</i>		
Bensin	146 720	306 956	453 676	50,90 %	66,84 %	60,70 %
Diesel	135 859	126 788	262 647	47,13 %	27,61 %	35,1 %
El	5 597	271	5 868	1,94 %	0,06 %	0,79 %
Elhybrider		2 221	2 221	0,00 %	0,48 %	0,30 %
Laddhybrider		404	404	0,00 %	0,09 %	0,05 %
Propan	2		2	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Annat (inkl vätgas)	62	29	91	0,02 %	0,01 %	0,01 %
Etanol / flexifuel		21 420	21 420	0,00 %	4,66 %	2,87 %
Gas / flexifuel	5	1 129	1 134	0,00 %	0,25 %	0,15 %
Totalt	288 245	459 218	747 463	100 %	100 %	100 %

Fordonen som är registrerade i regionen överensstämmer inte helt med fordonen som rör sig och tankar i regionen. Ett exempel är leasingbilar som kan vara registrerade på andra ställen än de används. Dessutom kan vissa fordon som är registrerade i regionen främst användas i närliggande regioner eller städer som har god tillgång på infrastruktur för alternativa drivmedel, till exempel Oslo.

¹⁰ SCB, 2015, Folkmängd i riket, län och kommuner 31 december 2014 och befolkningsförändringar 2014 http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/#c_li_26051

¹¹ SSB, 2015, Folkemengde og befolkningsendringar,

¹² Kartverket 2015: Arealstatistikk for Norge 2015.

¹³ Siffror från Opplysningsrådet for veitrafikk (OFV)

2.1.2 Användning av oljeprodukter

I fylkeskommunerna Akershus, Hedmark och Östfold samt länen Värmland, Dalarna och Gävleborg används totalt cirka 20 TWh drivmedel per år enligt statistik för leveranser av oljeprodukter, se Tabell 3. För de svenska länen inkluderas även leveranser av biogas och etanol. Statistiken från SSB och SCB har räknats om enligt värmevärden från Energimyndigheten.¹⁴

Tabell 3 Leveranser av oljeprodukter samt etanol och biogas år 2015 (GWh) ^{15, 16, 17}

	Motorbensin ¹	Dieselbränsle	Etanol	Biogas	Naturgas
Östfold	757	2 224			
Akershus	1 275	3 411			
Hedmark	505	1 950			
Värmlands län	1 060	2 158	16	31	4
Dalarnas län	1 144	1 976	13		
Gävleborgs län	1 175	2 653	13	7	4
Total energianvändning i transportsektorn	5 916	14 371	43	37	8

2.1.3 Vätgastankstationer

För närvarande finns det främst vätgastankstationer i storstadsregioner som Oslo, Stockholm, Göteborg men även på vissa andra ställen som till exempel Sandviken i Green Drive Region, se Tabell 4.

Majoriteten av de nuvarande och planerade vätgastankstationerna levererar vätgas som elektrolys, men det finns även stationer som försörjs med vätgas producerad genom eller vätgas från klorproduktion. Se befintliga vätgastankstationer, i och i närheten av regionen, i

¹⁴ Energimyndigheten, 2016, Värmevärden och emissionsfaktorer, <http://www.energimyndigheten.se/statistik/sluttlig-anvandning/varmevarden-och-emissionsfaktorer1/>

¹⁵ Energimyndigheten, 2016, Värmevärden och emissionsfaktorer, <http://www.energimyndigheten.se/statistik/sluttlig-anvandning/varmevarden-och-emissionsfaktorer1/>

¹⁶ SSB, 2016, Sal av petroleumprodukt, 2015, endelege tal, <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikk/petroleumsalg/aar/2016-04-05>

¹⁷ Statistiken är per fylkeskommun/län och överensstämmer alltså inte exakt med Green Drive Region.

Figur 16.

Tabell 4 Översikt av nuvarande, kommande och föreslagna vätgastankstationer i Sverige och Norge

	Operatör	Tryck (bar)	Kapacitet (kg/dag)	On-site?	Produktion	År
Gardermoen	HYOP	700	20	Nej	Levereras dit från olika producenter	2009-
Hynor Lillestrøm	HYOP	700	24	Ja/Nej ¹⁸	Elektrolys och biogasreforming	2012-
Porsgrunn	HYOP	350/700	130	Ja	Klorproduktion	2007-
Oslo - Gaustad	HYOP	700	20	Ja	Elektrolys	2011-
Rosenholm	Air Liquide	350	250	Ja	Elektrolys	2012-
Göteborg	Woikoski	350/700	50	Nej	Levereras dit från olika producenter	2015-
Stockholm - Arlanda	AGA Linde	700	768	Nej	Elektrolys	
Bærum - Kjørbo	Uno-X Hydrogen	700		Ja ¹⁹	Elektrolys	2016
Bærum - Høvik	HYOP	700		Ja ²⁰	Levereras dit från olika producenter	2017
Trondheim	ASKO?					2017+
Mariestad	NEL	700	100	Nej	Elektrolys	2017
Sandviken	AGA	700	768	Ja	Elektrolys	2016

Utöver de befintliga och planerade tankstationerna finns en rad potentiella lokaliseringar för tankstationer där det finns ett intresse bland lokala eller regionala aktörer. Figur 3 visar potentiella lokaliseringar på den svenska sidan. Notera att detta är potentiella lokaliseringar i Sverige och Norge som har föreslagits i andra studier eller sammanhang. I denna studie analyseras potentiella lokaliseringar specifikt för Green Drive Region och resultaten från det presenteras i kapitel 5.

2.1.4 Elproduktion

I fylkeskommunerna Akershus, Hedmark och Østfold samt länen Värmland, Dalarna och Gävleborg produceras cirka 22 TWh elektricitet per år. Majoriteten av elen produceras via vattenkraft och endast en liten andel produceras från fossila energikällor. I den svenska delen av regionen finns betydligt större elproduktion via termisk kraft. Till det används en hög andel förnybara bränslen men det finns fortfarande flytande och fasta fossil bränslen i mixen.

I den svenska statistiken är produktionsdata för vissa år och kraftslag hemlig. Därför presenteras i vissa fall data från tidigare år.

¹⁸ Stationen får vätgas levererad från olika producenter, elektrolysören är tagen ur drift tills vidare.

¹⁹ Väntar på tillstånd och lagringsvolym

²⁰ Väntar på tillstånd och lagringsvolym

Tabell 5 Elproduktion år 2014 per kraftslag.^{21, 22, 23}

	Vattenkraft	Termisk kraft	Vindkraft
Østfold	5364	11	0
Akershus	806	15	0
Hedmark	2724	38	0
Värmland	2539	881 ²⁴	84 ²⁵
Dalarna	3743	1055	606
Gävleborg	2665	669 ²⁶	795
Totalt (TWh per år)	17,8	2,7	1,5

2.1.5 Potential för ökad användning av förnybar energi

I regionen används redan förnybar energi i stor utsträckning för produktion av el och värme. Det finns också en potential för ett ökat uttag av förnybar energi från skogen och energiåtervinning från avfall, varav en del potentiellt skulle kunna användas till att producera drivmedel.

Vissa av underlagsrapporterna med potentialbedömningarna för förnybar energi är något daterade, men de har ändå inkluderats här eftersom potentialbedömning i sig troligen inte har förändrats så mycket. Däremot kan en del av potentialen ha realiserats vilket innebär att den kvarvarande potentialen för ökat uttag är något mindre. Sol är inte inkluderat i bedömningarna eftersom det inte är en fråga om geografisk eller fysisk begränsning gällande investeringar, utan kostnader.

De ska noteras att potentialuppskattningar kan variera beroende på metodik och antaganden. Maxpotentialen anges vanligen som teknisk eller teoretisk potential. Denna kan sedan begränsas av hållbarhetsaspekter, ekonomi och marknad. När alla eller vissa av dessa aspekter inkluderas i potentialbedömningen kallas den ofta realiserbar potential. Merparten av potentialbedömningarna för bioenergi som anges nedan kan sägas vara realiserbar potential, medan bedömningarna för vindkraft i många fall får anses som teoretisk potential.

Østfold

Enligt underlagsrapporten för energi- och klimatplanen²⁷ bedöms potentialen för att använda bioenergi från skogen som god. Endast GROT från nuvarande skogsbruk innehåller runt 95 GWh per år. Det finns dock planer på en kraftig utbyggnad av biobränslebaserad fjärrvärme vilket skulle täcka in en del av uttaget från skogen.

Studien Bioenergi i Norge bekräftar att bioenergipotentialen i fylkeskommunen är relativt låg, men nämner ingen exakt siffra.²⁸

²¹ SSB, 2016, Electricity, 2014, <https://www.ssb.no/en/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar/2015-12-22?fane=tabell#content>

²² SCB, 2016, Elproduktion och bränsleanvändning (MWh), efter län och kommun, produktionssätt samt bränsletyp. År 2009 - 2014

²³ Statistiken är per fylkeskommun/län och överensstämmer alltså inte exakt med Green Drive Region.

²⁴ År 2011

²⁵ År 2013

²⁶ År 2010

²⁷ Østfold fylkeskommune Regionalavdelingen, 2008, Energi och Klima i Østfold - Grunnlagsrapport for fylkesplan og handlingsprogram.

²⁸ Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014, Bioenergi i Norge, Rapport nr 41

Biogaspotentialen i Östfold har skattats till 40 GWh per år från matavfall (inklusive det som används idag), 110 GWh per år från gödsel och 3 GWh per år från avloppsslam.²⁹ Den sammanlagda biogaspotentialen blir därmed cirka 153 GWh per år.

Akershus

Potentialen för bioenergi från skogen i Akershus fylkeskommun har bedömts till strax över 1 TWh per år.²⁸ Denna resurspotential anges som den realistiska potentialen och är cirka 30 procent lägre än den uppskattade teoretiska potentialen.

Biogaspotentialen i Akershus har skattats till 180 GWh per år från matavfall (inklusive det som används idag), 55 GWh per år från gödsel och 12 GWh per år från avloppsslam.³⁰ Den sammanlagda biogaspotentialen blir därmed 247 GWh per år.

Hedmark

Hedmarks fylkeskommun har en relativt stor resurspotential i bioenergi från skogen i jämförelse med övriga fylkeskommuner i Norge. Den har bedömts till cirka 2,8 TWh per år.²⁸ Denna resurspotential anges som den realistiska potentialen och är cirka 30 procent lägre än den uppskattade teoretiska potentialen.

Värmland

I en undersökning gjord av Skogsstyrelsen och Energikontor Värmland 2011, inom ramen för (projektet SWX-Energi) bedöms skogsbränslepotentialen, med dagens teknik och känd kommande teknik, mer än kunna fördubblas till början av 2020-talet, för att då uppgå till 3,1 TWh.³¹ På lång sikt bedömer man potentialen som mycket större: 7,3 TWh. Länets användbara biogaspotential har skattats till 0,18 TWh.

I länet har 8 av 16 kommuner gjort tematiska tillägg till översiktsplanerna eller motsvarande som visar på många möjliga lägen med en sammanlagd potential på uppemot 4,5 TWh vindkraft per år.

Gävleborg

Enligt energi- och klimatplanen finns en potential på 3,9 TWh GROT per år.³² Potentialen för att öka energiproduktionen inom jordbruket bedöms främst finnas inom biogas från gödsel, ca 100 GWh per år, samt odling på mark som ligger tråda 75 GWh per år. Vidare uppskattas energitillgången i avloppsslam till cirka 18 GWh per år varav 11 GWh utnyttjas idag.

Det föreslagna planeringsmålet för vindkraft är ca 1 TWh per år 2020, men det finns projekt under planering som tillsammans kan ge upp till 8 TWh.

Dalarna

Potentialen för att ta ut bioenergi ur skogen i Dalarna har skattats till 2,6 TWh per år med hänsyn taget till ekologi och teknik/ekonomi, vilket kan jämföras med dagens uttag på ca 0,15 TWh (2013). Skattningen innefattar träddelar från gallring, GROT och stubbar.³³ Potentialen för bioenergi från jordbruket i Dalarna har skattats till mellan 270 och 820 GWh per år. Potentialen för energiutvinning från avfallshantering skattas till 450 GWh per år varav cirka 50 GWh som biogas.

²⁹ Arne Fredrik Lånke, Heidi Ø.Berg, Anne Marit Melbye, Linn Helland, Fredrik Eikum Solberg, 2016, Markedsrapport – Biogass i Oslofjord-regionen.

³⁰ Arne Fredrik Lånke, Heidi Ø.Berg, Anne Marit Melbye, Linn Helland, Fredrik Eikum Solberg, 2016, Markedsrapport – Biogass i Oslofjord-regionen.

³¹ Länsstyrelsen Värmland, 2013, För ett klimatneutralt Värmland - Klimat- och energistrategi för Värmlands län, rapport nr 2013:21

³² Länsstyrelsen Gävleborg, 2008, Klimat- och energistrategi för Gävleborgs län, rapport nr 2008:13

³³ Länsstyrelsen Dalarnas Län, 2013, Underlag för potentialberäkningar av förnybar energi

Enligt Dalarnas klimat- och energistrategi bedöms 1,6 TWh vindkraftsproduktion per år som rimligt till 2020, men i en påföljande utvärderingsstudie bedöms det svårt att uppnå hela denna potential.³⁴

2.2 Bränslecellsfordon

Bränslecellsfordon är elfordon med vätgas som energikälla. Bränslecellen omvandlar vätgasen till elektricitet som i sin tur driver elmotorn. Det finns vanligen även ett batteri i drivlinan som kan tillföra extra eleffekt vid behov och även användas för viss hybridisering inkluderat regenerativ bromsning.

Vätgasen i fordonet är typiskt komprimerad till mellan 350 och 700 bar, och för personbilar gäller 700 bar idag. Den komprimerade vätgasen och bränslecellerna ger en relativt hög energidensitet i förhållande till vikt och volym i jämförelse med batterier, men lägre energidensitet än biogas och flytande biodrivmedel. Därför har bränslecellstekniken tidigare främst ansetts lämpad för de lättare fordonssegmenten och mindre för tyngre godstransporter. På sikt kan troligen bränslecellstekniken vara relevant för alla segment, eventuellt undantaget de allra längsta och tyngsta vägtransporterna. För tunga transporter är flytande vätgas en möjlighet som ökar energidensiteten i energilagret.

Enligt den Strategiska Innovationsagendan Vätgas för Fordon³⁵ som genomfördes i Sverige 2015-2016 är bland annat följande nischer tidigt intressanta för bränslecellstekniken:

- Personbilar, Taxi
- Bussar
- Lätta lastbilar, Distributionsfordon, Tunga lastbilar
- Gaffeltruckar, Skogsmaskiner, Övriga arbetsmaskiner
- Båtar

Inom en delstudie av den Strategiska Innovationsagendan jämfördes bränsleceller i gaffeltruckar, bussar, distributionsfordon och båtar med drivlinor för el och diesel. Slutsatserna från studien indikerade att gaffeltruckar är konkurrenskraftiga redan idag och att bränslecellsbusarna är konkurrenskraftiga år 2030. Dessutom att ett bonus-malus system behövs för att bränslecellsfordon ska bli konkurrenskraftiga i distributionstrafik. Studien visade också på att bränslecellsåtar eventuellt kan bli konkurrenskraftigt men att det är den nisch som har utvecklats minst. I Norge kommer man ha prova båttrafik med bränsleceller 2021.³⁶

I detta kapitel anges prisexempel för bränslecells-bilar, men övriga fordonstyper, bortsett från gaffeltruckar, har i princip inte serieproducerade fordon på marknaden ännu. Gällande gaffeltruckar är det specifika priset för en enskild truck mindre intressant än kostnaden för hela flottan inkluderat tankningsmöjlighet.

2.2.1 Personbilar

Dagens bränslecells-bilar har en räckvidd på runt 500 till 600 kilometer enligt tillverkarna och tankas på cirka 3 minuter, vilket innebär att de för användaren erbjuder samma funktion som konventionella fordon. Därmed kan bränslecells-bilar också ersätta konventionella bilar i de flesta typer av verksamheter.

Bränslecells-bilarna är idag relativt dyra, men tillverkningskostnaderna väntas sjunka kraftigt efter hand som produktionen skalas upp. Idag finns flera serieproducerade bränslecells-bilar men ingen av dem produceras i några stora volymer. Följande lista ger en överblick av marknaden:³⁷

³⁴ Länsstyrelsen Dalarnas län, 2011, Vindkraft i Dalarna - Underlag och konsekvensanalys. Rapport nr 2011:15

³⁵ Strategisk Innovationsagenda Vätgas för fordon, C. Wallmark/Sweco, B. Aronsson/Vätgas Sverige, P. Leisner/SP, 2016

³⁶ <http://www.tu.no/artikler/i-2015-ble-norge-forst-ut-med-elferge-na-skal-ny-milepael-nas/358972>

³⁷ SINTEF Teknologi og samfunn, SINTEF Materialer og kjemi, NTNU, 2016, Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogen-satsingen i Norge.

- Hyundai ix35 som säljs i Norge och Sverige (450 000 NOK) har producerats i runt 1000 exemplar. Hyundai har lovat en ny bränslecellsmodell till år 2018.
- Toyota Mirai som säljs i Norge och Sverige (609 000 NOK) har serieproducerats sedan 2015.
- Honda Clarity lanserades 2016 och kommer att produceras i ett hundratal exemplar.
- Mercedes-Benz GLC (plug-in hybrid) lanseras 2017.
- BMW samarbetar med Toyota och kommer att producera bilar med drivlina från Toyota. Ford/Nissan/Daimler samarbetar och planerar att lansera en bränslecellsbil 2017/2018.
- Andra bilmärken som Volkswagen, Audi med flera har modeller under utveckling

Figur 2 De båda första bränslecellsbilarna tillgängliga på marknaden, Toyota Mirai och Hyundai ix35. [Foto: Sweco respektive Hyundai]



2.2.2 Bussar

Räckvidden för dagens bränslecellsbussar varierar, men ligger mellan 300 och 450 kilometer och de tankas på cirka 10 minuter. Det innebär att bränslecellsbussarna kan användas på många av dagens bussruter. Bränslecellerna kan eventuellt också fungera som range extender ("räckviddsförlängare") i elbussar med batterier som energilagrar.

I Europa finns idag knappt 100 bränslecellsbussar i drift (eller planerad drift) i olika demonstrationsprojekt, och det finns runt 50 bränslecellsbussar i USA.⁴¹ Clean Hydrogen in European Cities (CHIC) är ett demonstrationsprojekt som innefattar 26 bussar i fem städer, bland annat Oslo. Sydkorea planerar att ersätta 26 000 bussar med bränslecellsbussar de kommande åren, med 2 000 bussar per år. I Kina genomförs ett samarbetsprojekt mellan kinesiska myndigheter och UNDP för att skynda på introduktionen av bränslecellsbussar.³⁸

Kostnaden är den största barriären för introduktionen av bränslecellsbussar. Den kommer att minska efter hand som produktionsvolymerna ökar men den totala användarkostnaden väntas fortsatt vara något högre än för andra alternativ som förnybar diesel, biogas och el.³⁹

2.2.3 Godstransporter

Inom godstransporter har hittills bränslecellssystem med vätgas främst använts för att förlänga den maximala körsträckan för elfordon (range extender). Med denna teknik ökar nyttjandegraden och användningsområdena för elfordonen. Sådana prototyper av mindre transportbilar och lastbilar testas redan, bland annat i Schweiz där COOP testar en 34 tons lastbil med en 100 kW bränslecellstack och 400

³⁸ http://www.china.org.cn/business/2016-09/01/content_39209811.htm

³⁹ Renewable energy powertrain options for Ruter, A report for Ruter – Public Transport in Oslo and Akershus Developed by Roland Berger Strategy Consultants, in cooperation with Ruter, April 2015.

kilometer räckvidd⁴⁰, och snart kommer även tyngre distributionsbilar (upp till 44 ton) att testas.⁴¹ Franska SymbioFCell och tyska Proton Motor ligger långt fram i denna utveckling.

Utvecklingen på detta område visar på möjligheterna i kombinationen av batterier och bränsleceller och indikerar att det finns en potential för dessa tekniker att få ett genomslag i sektorn godstransporter på väg.

I Norge har ASKO beställt fyra bränslecellslastbilar som ska användas i den dagliga verksamheten i regionen runt Trondheim.

2.2.4 Gaffeltruckar

Gaffeltruckar som drivs av bränsleceller är redan kommersiellt i USA och Kanada och används hos stora användare som BMW och WalMart, men nu levereras även sådana truckar till Europa. ⁴¹ Fördelen jämfört med eltruckar är den snabba tankningstiden, men förutsättningen för att bränslecellsalternativet ska vara ekonomiskt konkurrenskraftigt är för närvarande att det är större truckflottor. I dagens flottor av bränslecellstruckar är det vanligtvis fler än 100 truckar.

2.2.5 Arbetsfordon

Bränslecellsdrivna arbetsfordon, exempelvis traktorer, är under utveckling på flera håll och demonstrationsexemplar finns redan tillgängliga, fast till ett mycket högre pris än vanliga traktorer.⁴¹ Förutom att minska utsläpp av växthusgaser och lokala luftföroreningar, kan eldriften potentiellt ge robustare arbetsmaskiner med lägre underhållskostnader jämfört med dagens mekaniska system. Fordon såsom sopbilar kan med fördel vara bränslecellsdrivna eftersom sådana gärna får vara tysta och med minimala utsläpp i tätbebyggda områden.

I den tidigare nämnda Strategiska innovationsagendan – Vätgas för fordon uppskattade författarna att minst 4 procent av Sveriges arbetsfordon kan ha bränsleceller i drivlinan redan 2025 i Sverige.

2.3 Produktion

Vätgas kan idag framställas från en rad råvaror och energikällor och många nya produktions sätt är under utveckling, se Figur 3. Globalt sett är idag de huvudsakliga framställningsmetoderna reformering av metan (naturgas eller biogas) samt elektrolys av vatten, och de senare alternativet är den vanligaste framställningsformen i Sverige och Norge för vätgas till transportsektorn. De huvudsakliga kategorierna för vätgasproduktion är termokemiska processer, elektrolys, fotolys och biologisk produktion. Dessa innefattar en rad produktionsprocesser, se Figur 3. Här ges endast en kortfattad introduktion till de olika produktionsprinciperna samt där det är möjligt verkningsgrader och kostnader.

Det är främst de termokemiska processerna, inklusive förgasning eller reformering av fossil eller förnybar råvara, samt elektrolysprocesserna som är aktuella för kommersiell introduktion de närmaste åren.

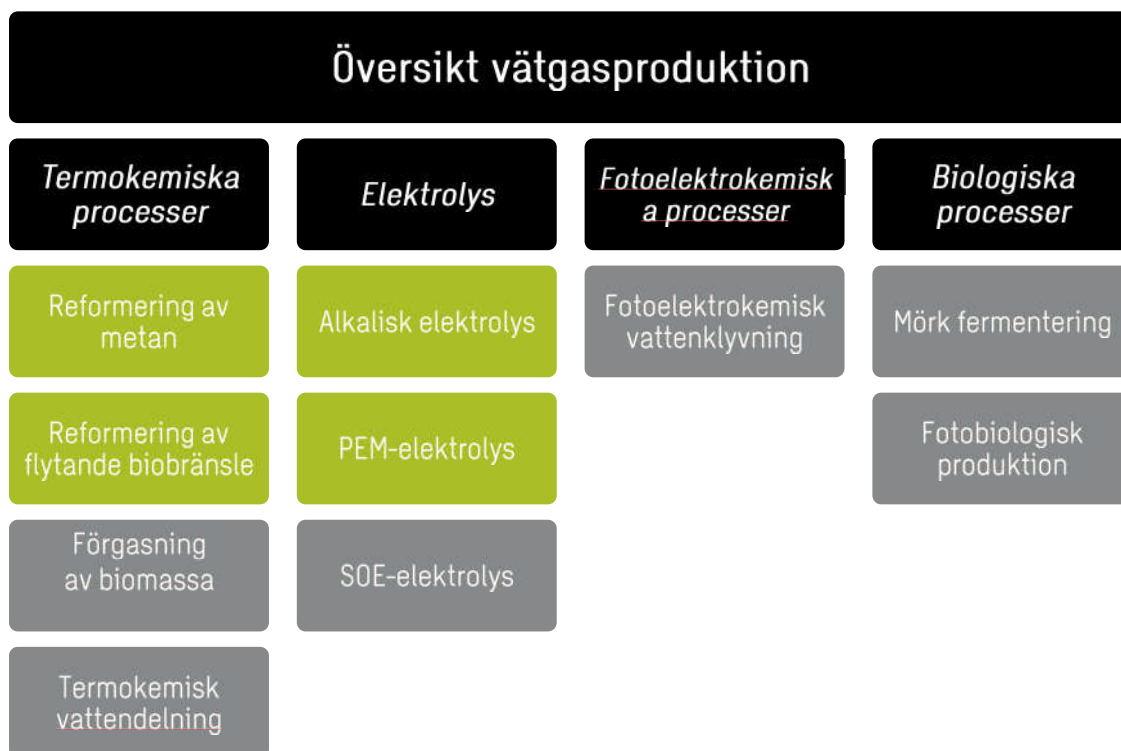
De fotoelektrokemiska och biologiska produktionsprocesserna kan på sikt leda till produktionsprocesser med låg miljöpåverkan och låga kostnader, men det är för tidigt att säga vilka av dem som kommer att få en kommersiell tillämpning.

Om vätgasen ska medföra stora minskningar i utsläpp av växthusgaser och anses som ett seriöst alternativ i omställningen till en fossiloberoende fordonsflotta, måste den produceras från förnybara energikällor och resurser. I dagsläget ligger förnybar el från sol, vind och vatten närmast till hands men även biogas, flytande biobränslen och fast biomassa är möjliga produktionsvägar.

⁴⁰ Fuel cell industry review 2016

⁴¹ SINTEF Teknologi og samfunn, SINTEF Materialer og kjemi, NTNU, 2016, Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogenproduksjonen i Norge.

Figur 3 Översikt över kommersiellt tillgängliga (i grönt) och framtida (i grått) processer för vätgasproduktion från förnybara energiresurser.



2.3.1 Termokemiska produktionsprocesser

I termokemiska processer omvandlas en råvara som biomassa eller biogas till vätgas genom värme, tryck och kemisk katalys till en syntesgas som bland annat innehåller vätgas. Genom olika separations- och reningssteg fås sedan ren vätgas.

Reformering av naturgas

Globalt sett är idag ångreformering av naturgas det vanligaste sättet att producera vätgas och 95 procent av all vätgas produceras på detta sätt. Men framöver kan även metan av förnybart ursprung användas som råvara.

Vid ångreformeringen blandas metan med vattenånga vid högt tryck och hög temperatur i närvaro av en katalysator. Förenklat beskrivet så innebär processen att metan spjälkas till vätgas och koldioxid.

Reformering av flytande biobränslen

Även flytande bioråvara/biobränslen som exempelvis etanol kan reformeras på samma som metan.

Förgasning av biomassa och kol

Vid förgasning används högt tryck, hög temperatur och eventuellt vattenånga och/eller katalysator för att förgasa biomassa eller kol till en energirik syntesgas. Syntesgasen är en blandning av kolmonoxid, vätgas, metan och koldioxid. Det är möjligt att styra produktionen så att en större andel vätgas bildas. Avgörande faktorer för vätgasframställningen är betingelser som råder i processen (tryck, temp, flöden m.m.), val av katalysator samt vilken råvara som används. Det metan och kolmonoxid som bildas jämte vätgasen kan processas vidare för att skapa ytterligare vätgas, men även en mängd andra typer av energibärare.

Termokemisk vattendelning

Termokemisk vattendelning är en process där hög temperatur, från exempelvis koncentrerad solstrålning eller kärnkraft används för att spjälka vatten till vätgas och syrgas.

2.3.2 Elektrolys

Vid elektrolys används elektricitet för att spjälka vatten till vätgas och syrgas. Det finns i dag två typer av elektrolysörer på marknaden, alkaliska och PEM. Det finns ytterligare tekniker under utveckling som baseras på högttemperaturelektrolys SOEC men dessa har endast demonstrerats i mindre kW-skala och har begränsad teknisk livslängd.

Verkningsgraden för vätgasframställning från el beror till största del elektrolyscellens resistens i kombination med processtryck och temperatur. Exempelvis underlättar höga temperaturer sönderdelning av vatten vilket innebär att högttempererade elektrolysprocesser har möjlighet att uppnå höga verkningsgrader.

Alkalisk elektrolys

Alkalisk elektrolys är en väl beprövad teknik som förekommer i småskaliga lösningar såväl som storskaliga lösningar uppemot flera MW. Processen nyttjar en elektrolyt, vanligen kaliumhydroxid (KOH), som löses i vatten, vilket har som uppgift att gynna elöverföringen mellan elektroder i vattnet. Elektrolyten skapar en frätande omgivning som medför att komponenter, bland annat elektroder, måste bytas ut efter en viss tid.

PEM (Proton exchange membrane eller Polymer electrolyte membrane)

PEM använder till skillnad från en alkalisk elektrolysör, ett fast material (polymer), för att gynna elöverföringen. Det fasta materialet ger möjlighet till reducerad volym jämfört med motsvarande alkaliska elektrolysör med samma kapacitet. På systemnivå reduceras därmed utrymmesbehovet kraftigt vilket öppnar för fler tillämpningsområden.

SOEC (Solid Oxide Electrolyser Cell)

SOEC-elektrolysören nyttjar likt PEM också en fast elektrolyt, som i detta fall består av ett keramiskt material. Huvudegenskaperna för detta material är god konduktivitet kombinerat med hög resistens mot upphettning. SOEC som arbetar i temperaturer kring 800 °C kräver mycket värmetåliga komponenter men vid dessa temperaturer är det dock möjligt att nå mycket höga teoretiska verkningsgrader jämfört lågttempererade elektrolysörer, typ alkaliska eller PEM, som arbetar kring 60 – 80 °C.

2.3.3 Fotoelektrokemiska processer

Fotoelektrokemiska processer är ännu på ett tidigt forskningsstadium men kan potentiellt vara en produktionsmetod med hög verkningsgrad och låg klimatpåverkan. I de fotoelektrokemiska processerna används solljus för att direkt spjälka vatten till vätgas och syrgas.

I dagens läge kan vätgas produceras från solenergi genom en kombination av solceller och elektrolys. Med fotoelektrokemiska processer kan verkningsgraden för denna omvandling potentiellt höjas och kostnaderna sänkas.⁴²

2.3.4 Biologiska processer

Ett antal biologiska processer är på ett tidigt forskningsstadium, till exempel direkt eller indirekt fotolys, fotofermentering, mikrobiologisk elektrolys och mörk fermentering. I dessa processer används mikroorganismer, till exempel alger, som på olika sätt kan omvandla solljus eller organiskt material till vätgas. Rent principiellt skulle detta kunna utgöra ett billigt sätt att producera vätgas då insatsvarorna som sol, vatten och mikroorganismer kan antas vara billiga, men låg verkningsgrad och stort ytbehov gör att kommersiell användning är relativt långt borta i tiden.

Mörk fermentering, där antingen algbiomassa eller organiskt avfall fermenteras i utan solljus, ses som ett av de mest lovande spåren inom biologisk produktion, men det är fortfarande under utveckling.⁴³

⁴² Ken Varner, Scott Warren, J.A. Turner, «Photoelectrochemical Systems for Hydrogen Production», FY2002-report, US. Department of Energy, 2002.

⁴³ Hollenbeck, P.C., Benemann, J.R., «Biological Hydrogen Production; Fundamentals and Limiting Processes», International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 27, No. 11-12, pp. 1185-1193, 2002

2.3.5 Resurseffektivitet och kostnader

Omvandlingseffektiviteten från olika råvaror till vätgas anges i Tabell 6 och Tabell 7. Notera att de olika omvandlingseffektiviteterna utgår från olika systemgränser.

Elektrolysörens investeringskostnader avgörs till stor del av systemets storlek och övriga utformning. Den specifika kostnaden (SEK/kW) sjunker ju större anläggningen är beroende på skalfördelar. En annan aspekt är trycksättningen. Alkaliska elektrolysörer kan byggas med möjlighet till att leverera trycksatt vätgas (upp till 30 bar) vilket gör de dyrare än motsvarande som endast levererar atmosfärisk vätgas.

Tabell 6 Vätgasproduktion baserad på förnybar energi. Modifierad från Holladay et al⁴⁴.
Omvandlingseffektiviteterna för elektrolys redovisas i separat tabell. * Ändrad till kommersiell enligt Millet och Grigoriev.⁴⁵

Produktionsprocess	Råvara	Effektivitet t	Mognad
Förgasning	Biomassa	35-50%	Kommersiell
Elektrolys, alkalisk	H ₂ O + elektricitet	-	Kommersiell
Elektrolys, PEM	H ₂ O + elektricitet	-	Kommersiell *
Elektrolys, högtemperatur	H ₂ O + elektricitet + värme	-	Utveckling
Fotolys	Solljus + H ₂ O	0.5%	Forskning
Mörk fermentation	Biomassa	60-80%	Forskning
Fotofermentation	Biomassa + solljus	0.1%	Forskning
Mikrobiologisk elektrolys	Biomassa + elektricitet	78%	Forskning
Termokemisk vattenklyvning	H ₂ O + värme	NA	Forskning
Fotoelektrokemisk vattenklyvning	Solljus + H ₂ O	12.4%	Forskning

Tabell 7 Jämförelse mellan elektrolysörer.⁴⁵ Omvandlingseffektivitet från elektricitet till vätgas (Higher heating value) samt kostnad

	Alkaline	PEM	Solid oxide
Temperaturintervall (°C)	Rumstemp/120	Rumstemp/90	800/1 000
Effektivitet vid $i(A/cm^2)/U_{cell}(V)/T(^{\circ}C)$	60-80 % 0,2-0,5/2,0/80	80 % 1.0/1.8/90	100 % 3.6/1.48/950
Livslängd (timmar)	80 000-100 000 ⁴⁶	50 000-80 000 ⁴⁷	500-2 000
Kostnad/kW (eleffekt in)	8 000 SEK/kW* alt 16 000 SEK/kW**		i.u

* Atmosfärisk elektrolysör > 2 MW eleffekt

** Elektrolysör med möjlighet att leverera 30bar, ca 1,5 MW eleffekt

⁴⁴ Holladay JD, Hu J, King DL and Wang Y. 2009. An overview of hydrogen production technologies, Catalysis Today 139, 244-60.

⁴⁵ Millet P and Grigoriev S. 2013. Chapter 2 - Water Electrolysis Technologies. In Renewable Hydrogen Technologies, edited by Gandía LM, Arzamendi G and Diéguez PM. Elsevier, Amsterdam, 19-41.

⁴⁶ Underlag från diskussioner med flera tillverkare

⁴⁷ Ibid.

2.4 Distribution och lagring

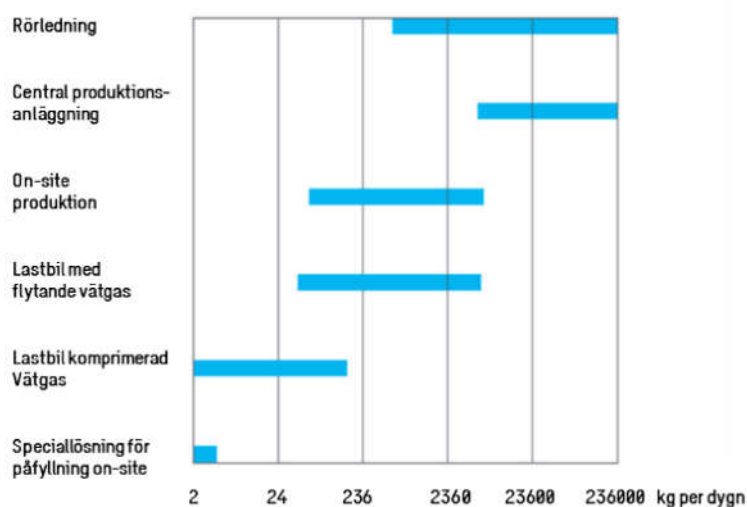
Vätgasen kan antingen framställas centralt i större anläggningar för att sedan transporteras till slutkund eller framställas vid användningsstället. Större användare, exempelvis industrier, tenderar i högre utsträckning att framställa vätgas på plats medan mindre användare, t.ex. tankstationer, generellt får gasen levererad till sig. Fördelen med egen produktion av vätgas reducerar sårbarheten från extern påverkan men medför generellt större investeringskostnader.

De distribueringsmetoder för vätgas som tillämpas är enligt följande:

- Pipeline
- Egen framställning på plats
- Distribution med tankbil/lastbil
 - Flytande vätgas för relativt stora mängder
 - Trycksatt vätgas för mindre transporter

I Figur 4 kategoriseras de olika distributionssätten efter vilka mängder vätgas som distribueras, vilka varierar kraftigt. Förenklat går det dock att utläsa att pipeline och vätgasproduktion på plats nyttjas främst för processer med störst vätgasbehov, medan lastbilstransporter räcker för att förse de processer med mindre behov, ur kostnadseffektivitetsaspekt.

Figur 4 Distributionslösningar efter kostnadseffektivitet för olika volymer⁴⁸ Bild: Air products and Chemicals



Under kedjan från produktion till användning måste vätgasen lagras, t.ex. vid produktionsanläggningen och vid tankstationen. Men även under transporten krävs effektiva sätt att lagra vätgasen. Följande lagringsmetoder kan användas.

- Trycksatt vätgas
 - I konventionella behållare
 - I själva gasnätet
- Trycksatt metan som reformeras vid behov
- Flytande vätgas

⁴⁸ <http://www.airproducts.com/microsite/h2now/>

- I metallhydridform

För att kunna transportera gasen vid gasnätsdistribution trycksätts gasen med ett tiotal bar. När gasnätet är fullt innebär att en ansenlig mängd gas som finns i grundläget att tillgå som "buffert" och kan på så sätt betraktas som lager.

Konventionella trycksatta lager kan bestå av gastuber/behållare med varierande volym och tryck. En vanlig lösning är "flakning" av gas vilket innebär att lagret består av ett lastbilsflak fyllt med gastuber där hela flaket lämnas av. Finns ett flak med tomma flaskor på plats tas detta med för påfyllning.

Flytande vätgas (LH₂) måste lagras nerkyllt och har en kokpunkt på nästan – 253 °C. Med en sådan extrem temperatur krävs en mycket välisolerad behållare, som dessutom inte tar skada av kylan inne i tanken. Oavsett isolering kommer dock vätskan successivt värmas upp av omgivningen vilket innebär att vätgasen kokar (förångas). För att förhindra tryckbildning måste förångad vätgas kontinuerligt tappas av och hanteras.

2.4.1 Kostnader lager och tankstation

Vätgastankstationer inkluderar generellt dispenser, kompressor och i vissa fall högtryckslager. Med tiden har tankstationer blivit billigare då produktionskapaciteten av dessa har ökat och blivit effektivare med mer standardiserade produkter. De större tankstationerna som finns på marknaden har en kapacitet på 20-30 kg vätgas per timme vilket kan förse en flotta på upp till 1500-2000 personbilar beroende på körsträcka och tankningsfrekvens. Dock förväntas stationerna vara mycket större framgent, antingen genom att dispenser med kringutrustning hanterar större flöden eller genom att flera enheter ställs bredvid varandra som dagens tankstationer.

I följande tabell presenteras kostnader för "externt" lager och tankstation utifrån en anläggning i kommersiell skala.

Tabell 8 Kostnader för lager och vätgastankstation

	Kapacitet	Kostnad (SEK)	Kommentar
Lager ⁴⁹	4 MWh (120kg)	750 000	Gas komprimeras till 200 bar
Vätgastankstation ⁵⁰	30 kg/h	10 000 000	Inkl. högtryckslager (900 bar), kompressor och dispenser

⁴⁹ Uppgifter inhämtade från diskussion med leverantör

⁵⁰ Uppgifter inhämtade från diskussion med leverantör

Figur 5 Vätgastankstationen i Göteborg vid invigningen oktober 2015⁵¹.



3. Jämförelse - förnybara drivmedel

I detta kapitel jämförs vätgas med andra förnybara drivmedel med avseende på funktion, kostnader, klimatpåverkan samt lokal miljöpåverkan. I jämförelsen visas att vätgasen kan vara lämplig för många segment av transportsektorn och utgöra ett bra komplement till el och biodrivmedel. Vidare visar jämförelsen att vätgasen har låg klimatpåverkan och lokal miljöpåverkan samt att användarkostanden för bränslecellsfordon på sikt kan bli konkurrenskraftig.

De huvudsakliga drivmedelsalternativen för en fossilfri fordonsflotta är flytande biodrivmedel, biogas, el och vätgas. De två förstnämnda alternativen används i den konventionella förbränningsmotorn med relativt små möjligheter för förbättrad energieffektivitet, medan de två sistnämnda används i eldrivlinor med högre energieffektivitet.

Bränslecellsfordon har högre energieffektivitet i drivlinan och i ett livscykelperspektiv (för drivmedel) än biodrivmedel och även lägre växthusgasutsläpp om vätgasproduktionen baseras på förnybara energikällor.

För flytande biodrivmedel och biogas finns det med dagens tekniska och ekonomiska begränsningar i produktionsvolymerna. El och vätgas kan däremot potentiellt produceras i större omfattning eftersom dessa energibärare kan produceras från en mängd råvaror och produktionsvägar.

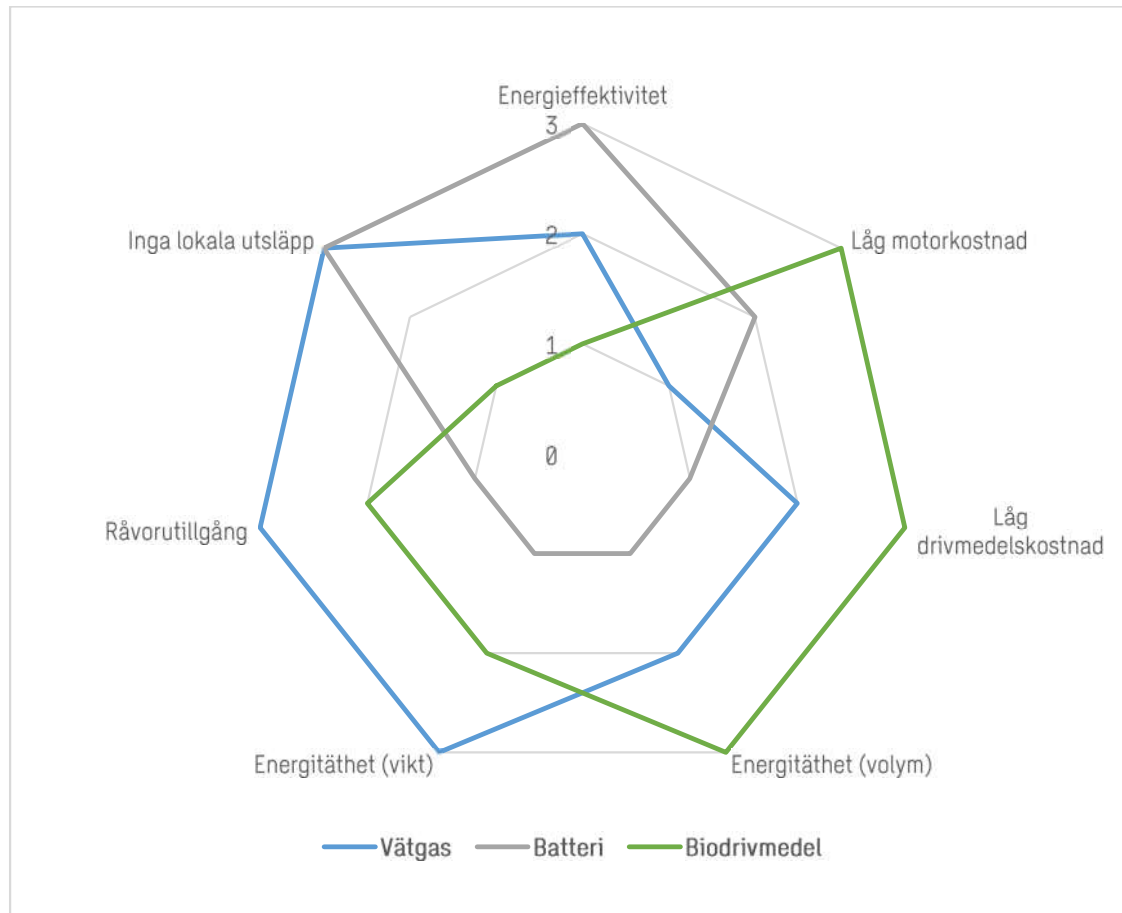
Det finns dock tekniska begränsningar i dagens elektriska drivlinor (bränsleceller eller batterier) som innebär att de inte kan användas i riktigt tunga och långväga transporter. Vidare är dessa drivlinor

⁵¹ www.hit-2-corridors.eu

fortfarande dyrare än den konventionella förbränningsmotorn och infrastrukturen för el och vätgas är begränsad.

En övergripande men något förenklad jämförelse av alternativen ges i Figur 6.

Figur 6 Jämförelse av batterier, vätgas och biodrivmedel. Modifierad från IFE (2016)⁵².



3.1 Funktion

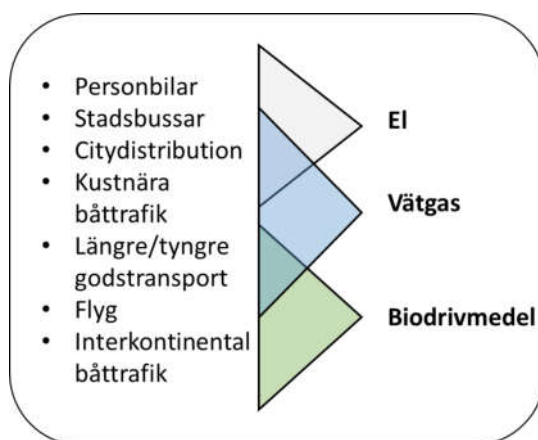
Biodrivmedel kan ersätta fossila drivmedel inom alla segment av transportsektorn eftersom de har liknande energidensitet och funktion som dem. Vätgaslager plus bränslecellsstack har tillsammans något lägre energidensitet än fossila drivmedel, vilket innebär vissa begränsningar i räckvidd och fordonsvikt. Dagens batterier har ännu lägre energidensitet än så och det finns därmed ytterligare begränsningar i tyngden på fordonet och räckvidden. Inom personbilssegmentet har redan tillräckliga räckvidder uppnåtts och de kommer att öka ytterligare de närmaste åren, men elbilarna med lång räckvidd är mycket dyrare än konventionella bilar och de bränslecellsbilarna som finns på marknaden. Elfordon med batterier kommer även att användas redan i tyngre fordon som bussar och distributionslastbilar, men möjligheterna till detta är kopplat till användarens behov samt tillgänglig infrastruktur.

Alla drivmedel och kombinationer av dem kommer troligen att användas i alla segment av transportsektorn, fast på olika sätt. Till exempel kan biodrivmedel eller vätgas användas som range extender ("räckviddsförlängare") i elfordon och därmed kan elfordonen användas i merparten av transportsektorns segment. Figur 7 visar en något förenklad beskrivning av var de olika typerna av drivmedel är mest lämpliga att använda. Figuren illustrerar också möjligheten för vätgasen att täcka upp

⁵² IFE, 2016, presentation på Transport 2016.

gapet i drivmedelsförsörjningen som riskerar uppstå i segmenten där batteritekniken inte är lämplig och där produktionspotentialen för hållbara biodrivmedel inte räcker till.

Figur 7 Exemplifiering av var de olika typerna av drivmedel passar bäst.



3.2 Kostnad

Kostnadsjämförelser mellan olika drivmedelsalternativ görs ofta genom att uppskatta den totala användarkostnaden inklusive inköp av fordon, drivmedel samt andra omkostnader.

Det är svårt att generalisera de totala användarkostnaderna för alla tillämpningar av förnybara drivmedel i transportsektorn, men bränslecellstekniken kan jämföras med batteritekniken efter vissa grundläggande principer.

Batteriet utgör stor del av den totala kostnaden för en batterielbil. Det innebär att kostnaderna ökar snabbt när räckvidden och därmed batterikapaciteten ska utökas. I bränslecells bilen dimensioneras bränslecellen efter effektbehov medan vätgastanken dimensioneras efter energibehov. Därför kostar det relativt lite att utöka räckvidden för en bränslecells bil jämfört med batteribilen.

Dessa förutsättningar innebär att batterielbilar kan byggas betydligt billigare än bränslecells bilar när det gäller kortare räckvidder, men över en viss räckvidd blir bränslecells bilen billigare.

För både bränslecellsteknik och batterier har kostnaderna sjunkit snabbt de senaste åren och kommer fortsätta att sjunka enligt nuvarande projektioner.^{53, 54} På sikt väntas den totala användarkostnaden för bränslecells bilar konvergera med batterielbilar, hybrider och konventionella fordon, men det är svårt att säga exakt när detta sker, se exempel på analyser av detta i Figur 8 och Figur 9. Användarkostnaden för bränslecells bussarna kommer också att sjunka men kommer troligen vara högre än för de andra alternativen även på sikt.⁵⁵ Frågan är om de högre kostnaderna för bränslecells fordonen kan accepteras utifrån deras unika kombination av funktion och miljöprestanda.

När det gäller infrastruktur för produktion och distribution av drivmedel är detta relativt dyrt för vätgas jämfört med olika typer av biodrivmedel. Kostnadsjämförelsen mellan laddinfrastruktur för elfordon och infrastruktur för vätgas är dock inte lika enkel och utfallet av den varierar med antaganden och förutsättningar. För en elbil som till stor del laddas i hemmet skulle den specifika infrastrukturkostnaden vara avsevärt billigare än för en bränslecells bil som tankas på en vätgastankstation med ett begränsat kundunderlag. Däremot skulle exempelvis transportkorridorer med snabbbladdare potentiellt kunna bli betydligt dyrare än transportkorridorer med vätgastankstationer.

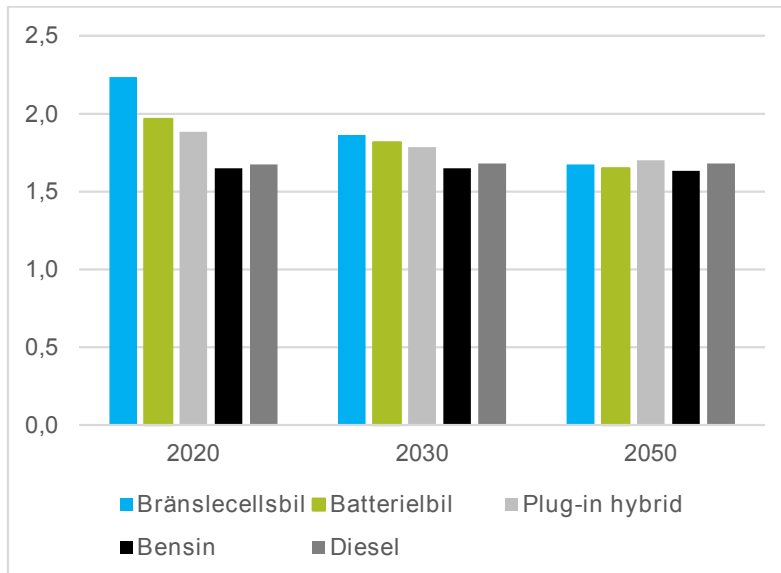
⁵³ B Nykvist och M. Nilsson, 2015, Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles, Nature Climate Change, vol. 5, April, pp 329-333.

⁵⁴ http://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f26/fcto_progress_and_accomplishments_august_2015.pdf

⁵⁵ Roland Berger, 2015, Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe. A Study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking.

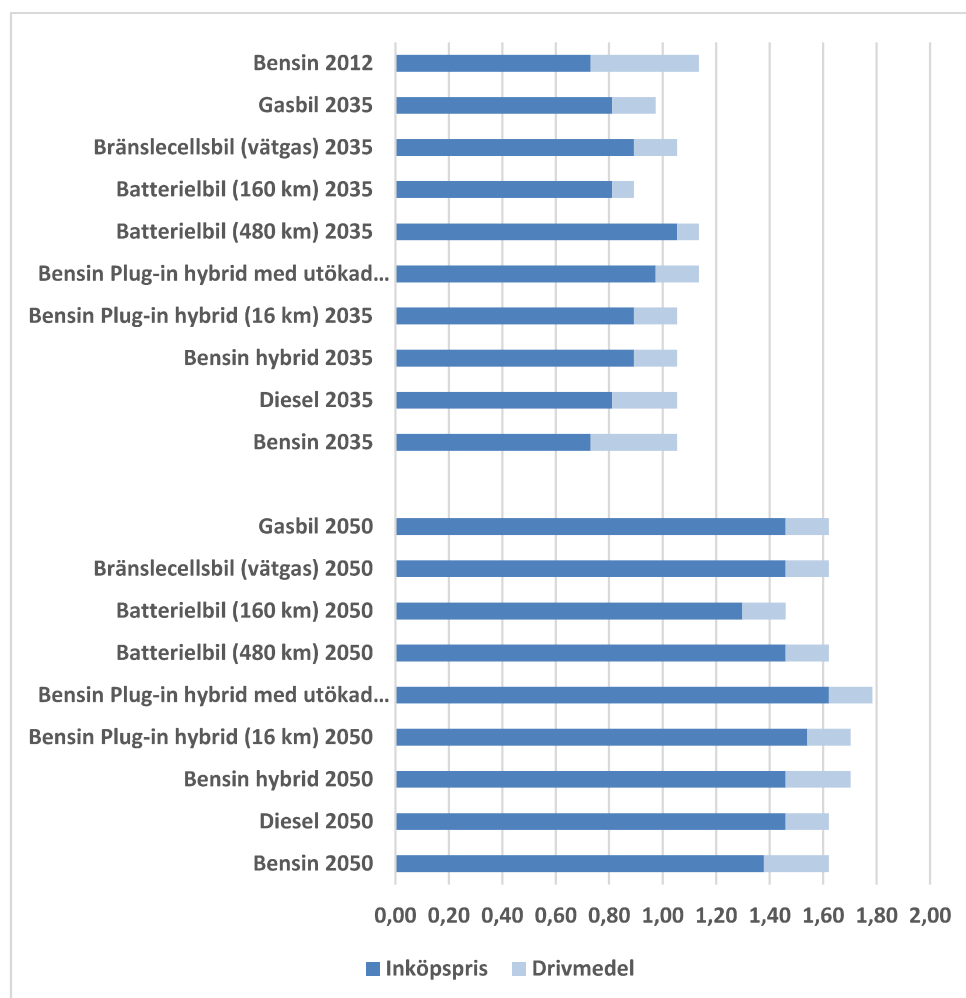
Den totala användarkostnaden för biodrivmedel är idag jämförelsevis låg eftersom de i många fall kan användas i nuvarande fordon och infrastruktur eller något modifierade versioner av dem.

Figur 8 Scenario för utvecklingen av den totala användarkostnaden för olika fordonstyper. Omräknad från McKinsey (2010).⁵⁶



⁵⁶ McKinsey, 2010, A portfolio of powertrains for Europe.
www.sweco.se/vatgas

Figur 9 Scenario för utvecklingen av den totala användarkostnaden i USA (SEK/km) för olika fordonstyper.⁵⁷



3.3 Växthusgasutsläpp

Utsläppen av växthusgaser från förnybara drivmedel beräknas vanligen i ett livscykelperspektiv och vanligen används den engelska termen well to wheel, som kan översättas med energikälla till hjul.

Vätgas som produceras från förnybara energikällor har väldigt låga utsläpp av växthusgaser jämfört med fossila drivmedel, men också jämfört med flera biodrivmedel. Vätgas producerad via naturgasreformering ger lägre utsläpp än fossila drivmedel medan vätgas som produceras från elektricitet som i genomsnitt har höga växthusgasutsläpp, till exempel EU-mix, kan ge lika höga utsläpp som fossila drivmedel.

I dagsläget ligger troligen elektrolys närmast till hands för att producera förnybar vätgas. Det innebär att växthusgasutsläppen från elproduktionen blir avgörande för vätgasens växthusgasutsläpp. De genomsnittliga utsläppen från elproduktionen kan beräknas i olika systemperspektiv, till exempel för EU, Norden, Norge, regionen eller specifikt för det lokala produktionssystemet.

Vissa typer av biogas och HVO samt vissa drivmedel som produceras via förgasning kan dock potentiellt ge lika låga utsläpp som vätgas från förnybara energikällor. Batterielbilar kan tack vare den höga energieffektiviteten i drivlinan ha ännu lägre växthusgasutsläpp än vätgas.

⁵⁷ Elgowainy m.fl., 2013, Cost of ownership and well-to-wheels carbon emissions/oil use of alternative fuels and advanced light-duty vehicle technologies. Energy for Sustainable Development 17 (2013) 626–641.

Figur 10 Well-to-wheel växthusgasutsläpp för olika drivlinor, avser 2020+ scenariot i JRCs Well-to-wheel rapport.^{58 59}



3.4 Lokal miljöpåverkan

Eldrivlinan i bränslecellsbilar och batterielbilar avger inget buller och har inga lokala miljöpåverkande utsläpp. Detta kommer att bli en allt viktigare aspekt efterhand som kraven för lokala luftföroreningar skärps i städerna.

⁵⁸ JRC, EUCAR, CONCAWE, 2014, Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, WELL-to-WHEELS Appendix 1 – Version 4.a.

⁵⁹ [A] Siffror för "Naturgas - EU mix" samt "Biogas - Organiskt avfall". Medelvärde för biogasinnehåll i Sverige under 2015 (SCB, 2016, Leveranser av fordonsgas år 2009–2015, totalt, http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Leveranser-av-fordonsgas/Aktuell-pong/307506/310231/).

[B] Egen beräkning utifrån elförbrukning enligt JRC samt utsläpp från (<http://www.klimatkompassen.se/index.php?id=348257>).

[C] Egen beräkning utifrån total energianvändning well to wheel enligt JRC och antagandet att all energi som används är elenergi och att utsläppen från elproduktionen motsvarar nordisk elmix (<http://www.klimatkompassen.se/index.php?id=348257>)

Olika biodrivmedel kan ge något lägre utsläpp av vissa luftföroreningar jämfört med fossila drivmedel men de har i stort sett samma utsläppsproblematik som dem. Utsläppen från förbränningsmotorn minskas efterhand med olika regleringar och tekniska lösningar, men det blir svårt att nå nollutsläpp.

3.5 Säkerhet

Fordon med vätgas är inte farligare, men innebär andra säkerhetsrisker än fordon med bensin eller diesel. Inget av dessa drivmedel är ofarliga, men diesel och bensin är allmänhet och räddningstjänst vana med att hantera. Fordon med vätgas hanteras av dess ägare som konventionella fordon. Drivlinan i ett bränslecellsfordon är elektrisk, vilket är något räddningstjänst med flera aktörer numera lär sig hantera efter sina respektive förutsättningar eftersom elfordon finns i många tusental på våra vägar. Vätgas är lättflyktigt och sprids mycket snabbt i luften vid läckage.

4. Lokal och regional produktion

I detta kapitel analyseras möjligheterna för lokal och regional produktion av vätgas från förnybara energiresurser som bioenergi, biogas, vind- och vattenkraft. Huvuddelen av vätgasen måste vara av förnybart ursprung om vätgasen ska ge stora miljömässiga fördelar och få acceptans på marknaden. Lokal produktion innebär besparingar i energianvändning och kostnader kopplade till distribution men också en utveckling av lokalt näringsliv och lokal självförsörjning. Dessutom kan lokalt producerade drivmedel få en större acceptans på marknaden jämfört med importerade drivmedel.

Denna inledande potentialbedömning visar att det finns goda möjligheter att täcka den lokala efterfrågan på förnybar vätgas till vägtransportsektorn och dessutom kan det bli aktuellt att distribuera vätgas till andra närliggande regioner. Enligt räkneexemplet i Figur 11 skulle den tekniska produktionspotentialen för vätgas vida överstiga den mängd vätgas som behövs för att ersätta en tredjedel av de drivmedel som idag används i regionen.

Potentialen för ökad användning av förnybara energiresurser som vindkraft, bioenergi och biogas används som underlag för att skatta potentialen för vätgasproduktion. Omvandlingseffektiviteten från respektive energiresurs till vätgas används för att göra denna skattning. Som jämförelse anges också den mängd vätgas som skulle behövas för att ersätta en tredjedel av den nuvarande användningen av transportbränslen i regionen.

I regionen är redan en stor andel av elproduktionen baserad på förnybar energi, främst vattenkraft men även bioenergi och vindkraft. Det finns fortfarande ett visst behov att ersätta fossila drivmedel inom kraftvärmesektorn, men ett ännu större behov av att ersätta fossila drivmedel i transportsektorn. Därför kan det antas att en del av potentialen för ökat utnyttjande av förnybara energikällor kan användas till att producera drivmedel. Det är möjligt att även en andel av den förnybara energi som idag utnyttjas i regionen framöver kommer att användas för att producera olika energibärare till transportsektorn, men det inkluderas inte i detta räkneexempel.

Det maximala behovet av vätgas i regionen skattas utifrån nuvarande användning av drivmedel i regionen och en generell skattning för skillnaden i energieffektivitet mellan bränslecellsfordon och fordon förbränningsmotor. Här antas förenklat att energiförbrukningen i en bränslecellsbil är hälften så stor som den i en bil med förbränningsmotor. Vidare antas att en tredjedel av nuvarande energianvändning i transportsektorn ersätts med vätgas och att resten ersätts med el och biodrivmedel. Utifrån dessa två antaganden blir vätgasbehovet en sjättedel av den nuvarande energianvändningen i transportsektorn.

Figur 11 Uppskattad potential för ökad användning av förnybar energi i de olika regionerna samt hur mycket vätgas som skulle kunna produceras från denna nämna potential.

	Östfold	Akershus	Hedmark	Värmland	Dalarna	Gävleborg	Totalt
Vindkraft ³³	* ⁶⁰	*	*	4500	1600	8000	14100
Bioenergi (skogs- och jordbruk) ⁶¹	95	1000	2800	1600	3220	3975	12690
Biogas	153	247	*	18	50	107	575
Vätgas från vindkraft ³³	*	*	*	2925	1040	5200	9165
Vätgas från bioenergi ⁶²	43	450	1260	720	1449	1789	5711
Vätgas från biogas ³⁴	107	173		13	35	75	403
Vätgas totalt ³⁴	150	623	1260	3658	2524	7064	15278
Vätgasbehov i transportsektorn ⁶³	497	781	409	545	522	642	3396

Elektrolys är den produktionsmetod som ligger närmast tillhands för att producera vätgas från förnybar energi. Några strategiskt placerade elektrolysörer skulle till en början kunna förse alla tankställen i regionen med vätgas. I kapitel 7 uppskattas realiseringskostnader för åtta tankstationer i regionen som försörjs med vätgas från tre elektrolysörer.

På något längre sikt är även förgasning av biomassa aktuellt, men denna teknik är endast i en tidig kommersiell fas i dagsläget. Reformering av metan är idag den mest använda produktionsmetoden för vätgas och lokala biogas resurser skulle kunna omvandlas till vätgas. Men om det redan finns satsningar på att introducera biogas i transportsektorn kan detta vara bättre att prioritera. På sikt kan det dock vara relevant att överväga att producera vätgas istället.

Förgasningsanläggningar måste vara storskaliga för att uppnå en rimlig enhetskostnad för producerat drivmedel, i detta fall vätgas. Studier pekar på att ekonomiskt konkurrenskraftig förgasningsanläggning måste baseras på flera hundra megawatt bränsle in i processen vilket per år motsvarar flera TWh bioenergi. I en tidigare utredning gällande produktion av olika biodrivmedel (metanol, dimetyler, Fischer-Tropsch diesel, syntetisk naturgas) via förgasning uppskattades att cirka 300 MW skogsbränsle skulle kunna vara en ekonomiskt försvarbar processkala och att investeringskostnaden skulle vara runt 4-6 miljarder för de olika typerna av anläggningar. ⁶⁴

Detta motsvarar cirka 2,4 TWh bioenergi per år och antaget en energiomvandlingseffektivitet om 45 procent (se sektion 2.3.5) skulle cirka 1,1 TWh vätgas per år produceras. Bioenergipotentialen i Hedmark,

⁶⁰ Potential ej känd

⁶¹ Potentialen för ökad användning av förnybar energi beskrivs närmare i sektion 2.1.5, där även källhänvisningar finns. Potentialen för energiåtervinning från avfall har endast inkluderats här om det rör sig om biogas.

⁶² Potentialen för vätgasproduktion har beräknats utifrån antaganden om omvandlingseffektiviteten i respektive produktionsprocess: elektrolys (65% (LHV)), förgasning av biomassa (45%) och reformering av metan (70%). Se sektion 2.3.5.

⁶³ Källdata från Tabell 3, omräknad enligt antaganden i texten.

⁶⁴ Region Värmland, 2012, Biodriv – Biodrivmedel i Värmland, Förstudie 2 – Potential för produktion av biodrivmedelvid bioraffinaderier i Värmland.

Dalarna eller Gävleborg skulle vara tillräckliga för en sådan anläggning och bioenergipotentialen i hela Green Drive Regionen skulle mer än väl räcka. Utmaningen för en sådan anläggning är främst att uppnå en tillräcklig marknad och ett tillräckligt distributionssystem för att kunna sälja sådana volymer vätgas.

Anledningen till att det behövs så stor skala är att produktionsprocesserna, främst bränslesyntes och rening, innehåller en lång rad komponenter som alla blir avsevärt billigare i större skala. Detta beror delvis också på att det inte finns någon efterfrågan på småskaliga processlösningar och att leverantörerna därför inte har några färdiga koncept för det. Bristen på långsiktiga regleringar och styrmedel för marknaden för förnybara drivmedel har hittills gjort det för riskfyllt att investera i storskaliga anläggningar med lång avbetalningstid. Men om de förutsättningarna förbättras finns det ett stort intresse bland aktörer att satsa på förgasning.

En sådan anläggning förutsätter ett brett marknadsunderlag för vätgas både i och utanför regionen. Men om de marknadsunderlaget finns så finns stor potential för ökat utökad uttag av bioenergi som mer än väl kan försörja en sådan storskalig anläggning.

4.1 Distribution till andra regioner

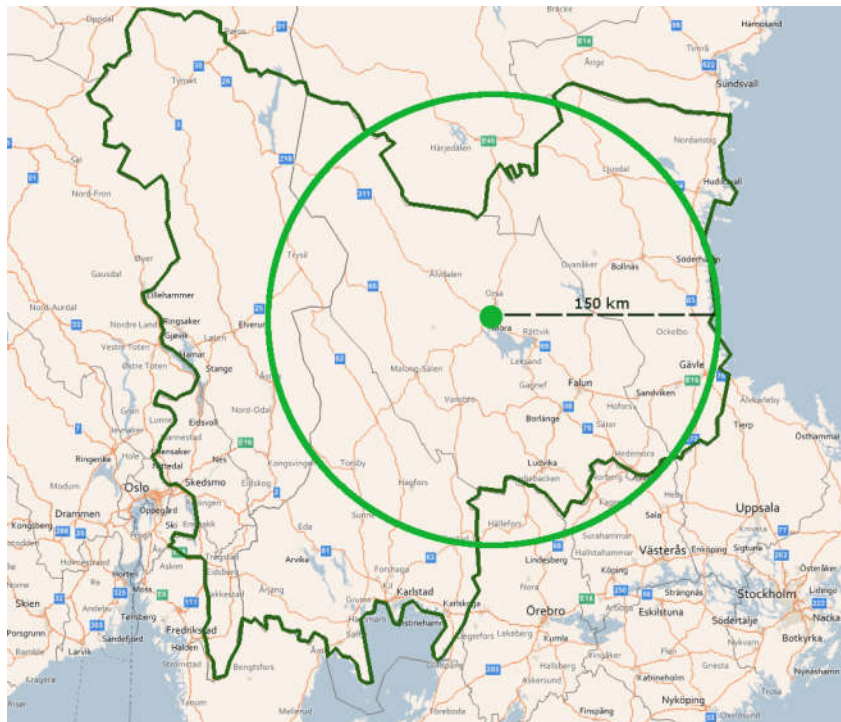
Om förgasning av biomassa blir en kommersiell och konkurrenskraftig teknik kommer regionen kunna bli nettoexportör av vätgas. Utifrån den nuvarande sammanställningen av potentialen för ökat uttag av bioenergi kan det bli aktuellt att bygga en sådan anläggning i Värmland, Dalarna, eller Gävleborgs län. Då öppnas troligen möjligheter för att distribuera vätgas till storstadsregionerna i Västra Götalandsregionen samt i Mälardalen. I dessa regioner finns redan ett fåtal vätgastankstationer och på sikt kan dessa storstadsregioner utgöra viktiga marknader för vätgas.

5. Lokalisering av tankstationer

I detta kapitel görs en analys av intressanta platser för vägtankstationer baserat på befolkningsunderlag, trafikflöden samt viktiga vägsträckor för genomfart. I regionen kan ett antal intressanta platser identifieras som har ett tillräckligt befolkningsunderlag, tillräckliga trafikflöden samt viktiga genomfartsleder. Men analysen indikerar också att dessa förutsättningar helt saknas i stora delar av regionen och att det kan bli en utmaning att tillhandahålla vätgasinfrastruktur även där.

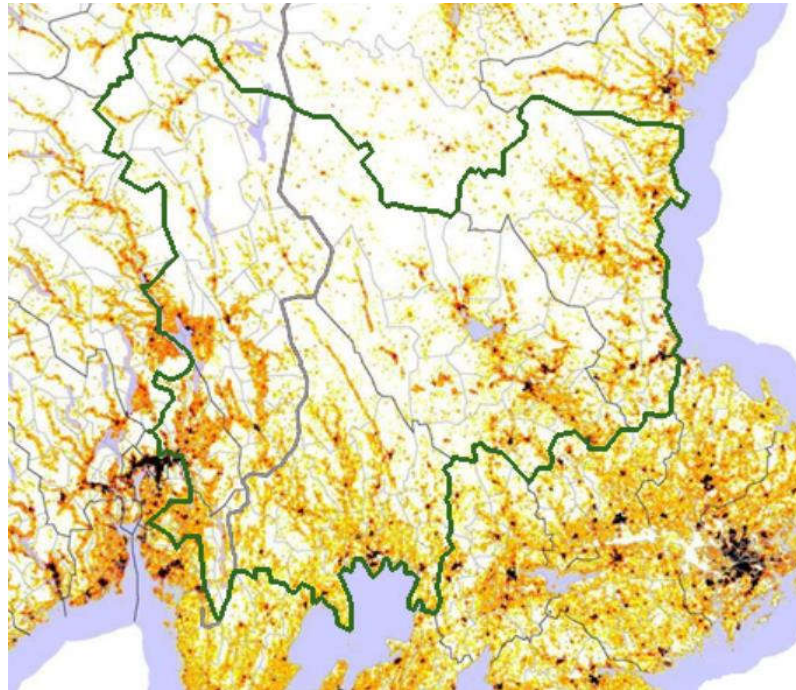
Lokaliseringen av tankstationer kommer att utgå från sträckningar med större trafikflöden (huvudvägar) samt städer och större tätorter med hög befolkningstäthet. Även EU:s "prioriterade transportkorridorer" är relevanta att ta hänsyn till. Utifrån dessa kriterier kan möjliga lokaliseringar för tankstationer hittas. Varje tankstation antas ha ett upptagningsområde på 150 km radie från sin placering. Angiven radie ger god marginal för möjligheten att tanka mellan två tankstationer som håller detta avstånd. Denna uppskattning behöver dock kompletteras med ytterligare faktorer vid bedömning av placering och antal stationer för att täcka in exempelvis storlek/kapacitet samt var de strategiskt bör förläggas. Figur 12 illustrerar vad 150 km radie innebär inom Green Drive Region.

Figur 12 Station placerad i Mora illustrerad med en radie på 150 km Karta: Trafikverket



I följande kartor illustreras de aspekter som nämns i ovan stycke, dvs befolkningstäthet, Europakorridorer och trafikflöden för att sedan presentera förslag på var förläggningen av tankstationer inom Green Drive Region bör prioriteras. Inga trafikflödeskartor har hittats för den norska delen av Green Drive Region varför endast befolkningstäthet och Europakorridorer använts som underlag för placeringarna i den norska delen. Föreslagna lokaliseringar för tankstationerna kommer rimligen tillgängliggöra vätgas för den största andelen av befolkningen som bor inom Green Drive Region samt de förbipasserande fordonen.

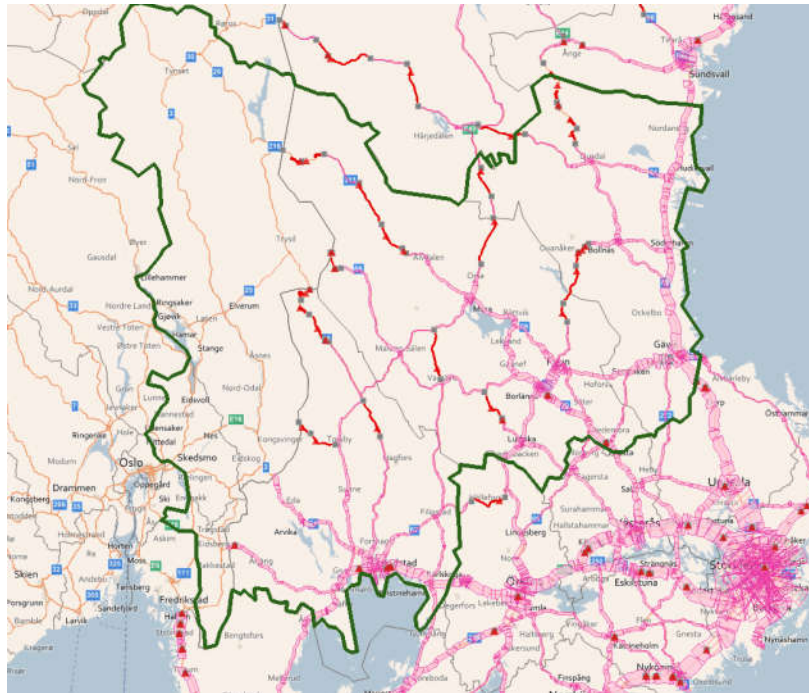
Figur 13 Befolkningstäthet inom GDR. Karta: SCB, Statistisk Sentralbyrå, Tilastukeskos Statistics Finland, 2000



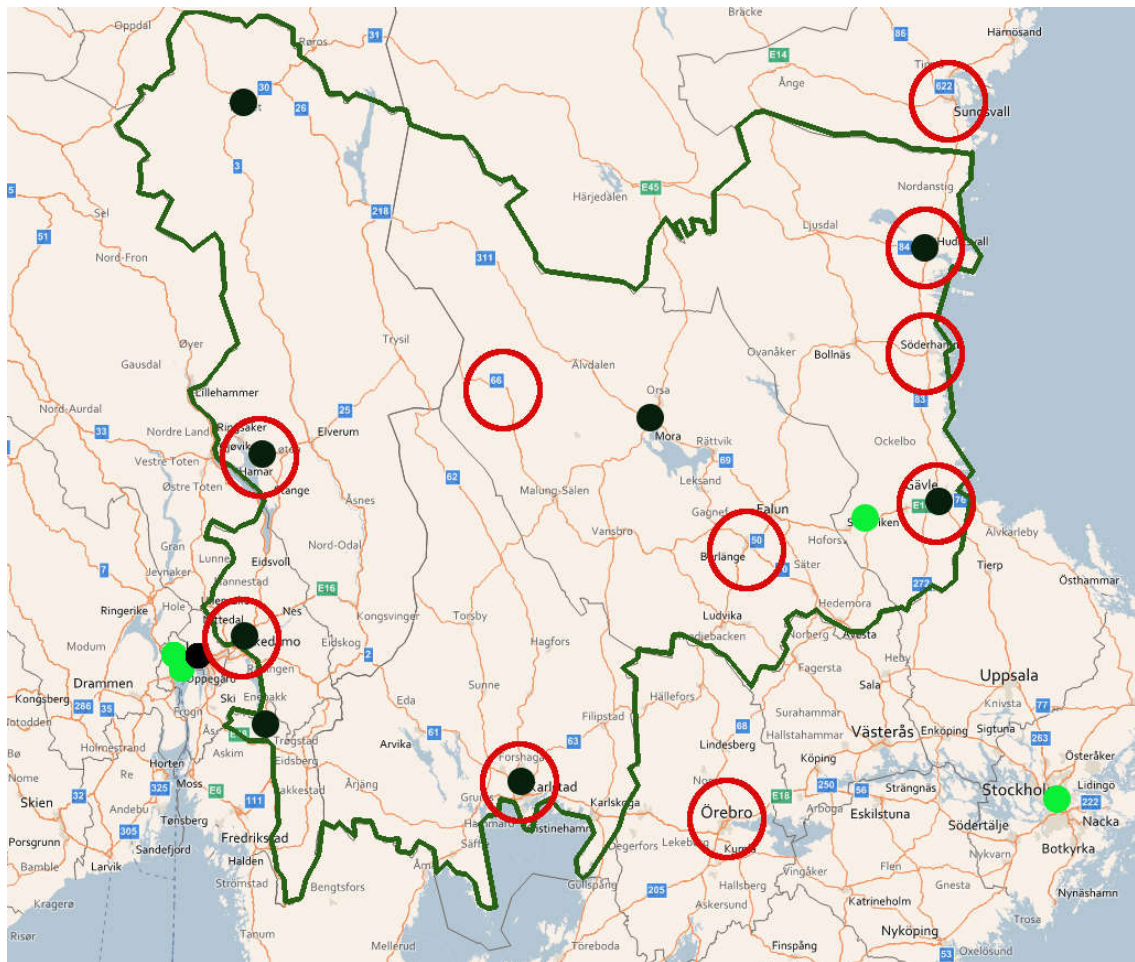
Figur 14 Europas "prioriterade korridorer" markerade med röda sträckor Karta: EU TENtec



Figur 15 Trafikflöden inom den svenska delen av Green Drive Region. De ifyllda rosa linjerna motsvarar trafikflöden på över tusen fordon per dygn och tjockleken på linjen indikerar storleken på flödet. Karta: Trafikverket



Figur 16 Föreslagna placeringar och befintliga tankstationer. Karta: Trafikverket



- Föreslås i denna analys
- Befintlig tankstation
- Tidigare föreslagen lokalisering

Huvudsyftet, och slutmålet, är att tillgängliggöra vätgas i städer/tätorter såväl som på landsväg för att säkra möjligheten att tanka då behov finns. I ett initialt skede, där de tidigast uppförda tankstationerna tar störst risk, måste dock stor hänsyn tas till den kommersiella aspekten. Det måste finnas ett tillräckligt underlag så tankstationsägaren får avsättning för sin produkt. Det görs främst genom placering av tankstationer i städer eller större tätorter. Ställs flera tankstationer i samma stad, skapas bättre förutsättningar för en lokal marknad då tillgången på vätgas tryggas ifall en tankstation står stilla. Om en sådan strategi förankras hos tankstationsägarna och lokala aktörer inom åkeri- och transportbranschen, ökar chanserna för en tankstationsägare att klara lönsamheten tidigare än annars. Fordonsparksägare, som äger flera fordon och har en relativt hög omsättning på dessa, har möjlighet att köpa in/handla upp många fordon på kort tid vilket är viktigt för den aktör som satsar på vätgasinfrastuktur.

Generellt är hänsyn taget till där marknadstillväxten bedöms som mest trolig vid val av placering. Dock måste det tilläggas att placeringarna i Tynset och Mora är valda för att ge en mer komplett "täckning" av vätgas för Green Drive Region.

6. Aktörsanalys

Både i Sverige och Norge finns det ett antal aktörer och eldsjälar som aktivt arbetar för introduktionen av vätgas och bränslecellsfordon. För att introduktionen ska kunna påbörjas behöver alla led i värdekedjan vara aktiva och delaktiga, från producent av vätgas till distributör och fordonsanvändare. Mer om detta nedan.

6.1 Aktörer av betydelse för vätgasimplementation i regionen

Man kan säga att det finns två avgörande drivkrafter för att starta implementeringen av vätgas som drivmedel där

- 1) miljöansvariga, såsom (fylkes-) kommuner och fordonsanvändare med behov av bränslecellsfordons funktionella fördelar (emissioner, räckvidd, mindre buller, tankningstider) står för en viktig drivkraft, samt
- 2) ekonomisk vinning är den starkaste drivkraften liksom för leverantörer av utrustning både kring drivmedlet och de vätgasdrivna fordonen.

Implementering av vätgas som drivmedel för fordon kräver både att det installeras ett antal vätgastankstationer och att det byggs upp en fordonsflotta som utnyttjar stationerna för en beständig uppbyggnad. Den huvudsakliga aktörskedjan för hårdvaran kring detta kan sammanfattas i följande grupperingar:

- Vätgasproduktion, distribution och lagring
- Tankstationsleverantörer
- Tankstationsoperatörer
- Fordonsleverantörer
- Fordonsanvändare

Förutom dessa tekniskt avgörande aktörer har även följande grupperingar betydelse för implementeringsprocessen:

- Nationella myndigheter
- Regionala myndigheter
- Högskolor och institut
- Finansiärer och bidragsgivare
- Industri
- Produktleverantörer
- Tjänsteleverantörer

De nationella och regionala myndigheterna påverkar implementeringen genom sina målsättningar inom miljö och tillväxt, samt i praktiken genom diverse styrmedel. Högskolor och institut kan potentiellt ha betydelse både vad det avser utbildning av tekniken och värdering samt stöd för forskning och utveckling av densamma. I det nuvarande stadiet där implementering av vätgas som drivmedel ska byggas upp från noll är bidrag och stöd för investeringar avgörande. Hittills har det funnits möjligheter att erhålla upp till 50 procent i investeringsbidrag för vätgastankstationer inom EU samt att ett visst bidrag till fordon. Nationella bidrag har typiskt gett stöd till etablering och drift av pilotanläggningar. Vätgas och bränsleceller som näringsområde har en stor tillväxtpotential för både Norge och Sverige, vilket gäller produkter såväl som tjänster.

I bilderna nedan har ett antal aktörer namngivits, för svenska respektive norska sidan, som redan är engagerade i vätgasfrågan. Dessutom har ett antal aktörer som potentiellt skulle vara intresserade nämnts.

Det är intressant att matcha ytterligare spetskompetens inom regionen mot marknaden för vätgas och bränsleceller för att ytterligare tillgodogöra sig dess tillväxtpotential globalt. Kunskap om tekniken och uppdaterad status behöver också kontinuerligt spridas så att nya aktörer ser när vätgas och bränsleceller blir bästa hållbara val lokalt i nya användningsområden.

6.2 Aktuellt och potential för lokal och regional näringslivsutveckling

I de tre regionerna Gävleborg, Dalarna och Värmland finns många aktörer som potentiellt skulle kunna skapa vinster baserat på vätgas och bränsleceller. Generellt finns lokala miljövinster, arbetstillfällen och tillväxt som drivkrafter för offentliga aktörer, potential för produktion och försäljning av vätgas samt komponenter och tjänster för bränslecellssystem.

I regionen finns starka industriaktörer såsom Sandvik och SSAB som redan exporterar stålprodukter på den globala marknaden, respektive genomför projekt inom utveckling av arbetsmaskiner och FoU för kolfri stålproduktion med hjälp av vätgas och som nämnt finns också drivande och offentliga föregångare inom regionen i Gävleborg och Sandvikens kommun. Gemensamt för dessa aktörer är att de även tar roller som informationsspridare, vilket snabbt attraherar fler kompetenser och aktörer till området för att undersöka de egna affärsmöjligheterna. Vätgastankstationen i Sandviken (Gävleborg) med invigning den 6/12 2016 får en visuell betydelse, liksom de sju fordon som nu körs lokalt. AGA Linde som är den aktör som byggt flest vätgastankstationer i världen, har valt att prioritera just denna lokalisering. Europas bränslecellsbyrå Sandviken, per capita räknat, ligger i Green Drive Region.

För att hitta igen andra nationella aktörer och samla ny kunskap inom vätgas och bränslecellsområdet kan rapporter såsom den tidigare nämnda Strategisk innovationsagenda – Vätgas för fordon, vara till hjälp, samt diskussionsgrupper i sociala medier såsom Sandviks #usemorefuelcells, eller branschorganisationerna Vätgas Sverige och Vätgas Norr. FuelCellWorks.com och fuelcellindustryreview.com är två exempel på internationella sidor för mer information. Se figuren nedan.

På den norska sidan är det relativt få aktörer som är verksamma inom industrin för vätgas och bränsleceller. Men, i Akershus är det ett antal aktörer som är i startfasen i sin utveckling av produkter och tjänster på området, till exempel Hystorsys, ZEG Power, HYOP och NEL Hydrogen / Uno – X Hydrogen.

Hystorsys utvecklar lagring och kompression av vätgas baserat på metallhydrider. ZEG Power fokuserar på vätgasproduktion från biogas med koldioxidavskiljning. HYOP driver merparten av dagens vätgastankstationer i Norge men även Uno-X driver vätgastankstationer. NEL står för utveckling av tankstationerna. Dessutom har man en stark kunskapsmiljö i Kjeller, bland annat på Institutt for Energiteknikk (IFE), Norsk Hydrogenforum och Kunnskapsbyen Lillestrøm.

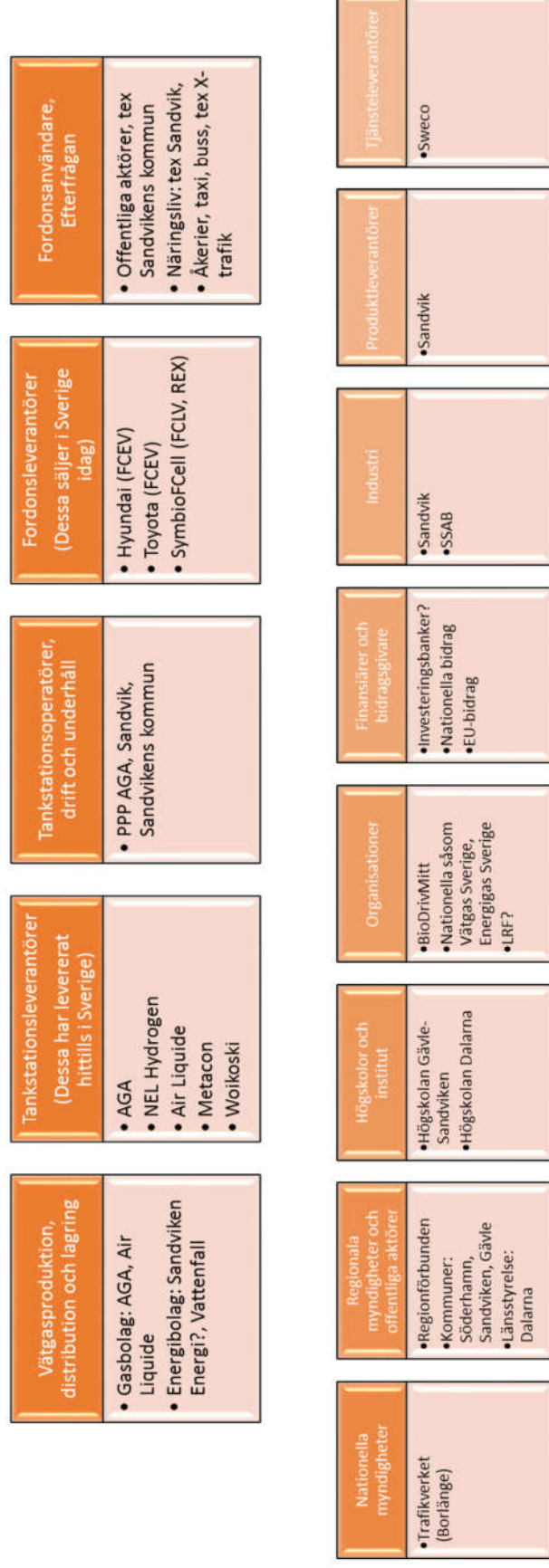
Forskningen vid IFE och den omgivande kunskapsmiljön har god potential för att bidra till utvecklingen inom vätgas och bränsleceller. Dessutom finns det möjligheter för olika aktörer att utveckla aktörer kring vätgasproduktion från biogas och bioenergi, särskilt i Hedmark som har stora bioenergiressurser. Aktörer som AGA skulle eventuellt kunna ha intresse av sådana möjligheter.

Dessutom finns det möjligheter för nya arbetstillfällen vid etablering av ett regionalt nätverk av vätgastankstationer. Detta är särskilt intressant för de nuvarande aktörerna inom vätgastankstationer men kan även bli intressant för andra aktörer i energibranschen.

Figur 17 Aktörer inom vätgas- och bränslecellsområdet inom Green Drive Regions svenska sida.

Redan engagerade aktörer – svenska sidan, samt exempel på möjliga intressenter (märkta med ?)

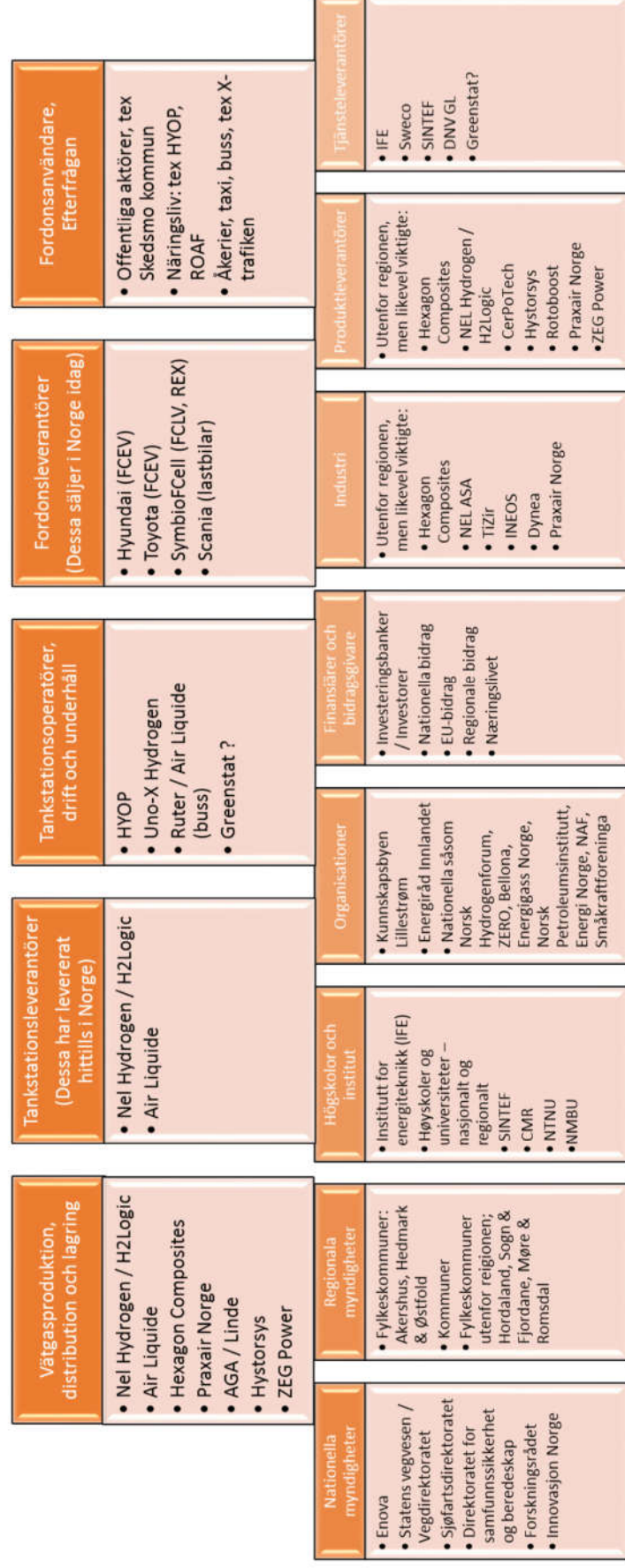
1. Huvudaktörskedja från vätgas till fordon och användare
2. Stödjande aktörer



Figur 18 Aktører inom vätgas- och bränslecellsområdet inom Green Drive Regions norske sida.

Redan engagerade aktörer – norske sidan, samt exempel på möjliga intressenter (märkta med ?)

1. Huvudaktörskedja från vätgas till fordon och användare
2. Stödjande aktörer



7. Realiseringskostnader

Detta kapitel beskriver uppskattade realiseringskostnader för produktion via elektrolys, vätgaslager och tankstationer. Den totala investeringen uppskattas till cirka 130 miljoner kronor (SEK). För varje tankstation skulle det behövas till exempel runt 250 bilar eller 90 bilar plus fyra bussar för att nå break even ekonomiskt.

Realiseringskostnaderna baseras på de åtta föreslagna tankstationerna i kapitel 5 samt de komponentkostnader som presenteras i kapitel 2. Kapaciteten på utrustningen är anpassad för att kunna driva verksamheten på kommersiell basis och kommer därför vara kraftigt överdimensionerad under etableringsskede, beroende på hur snabbt bränslecellsfordonen kommer i drift. Om utrustningen anpassas till lägre volymer ökar de specifika kostnaderna markant vilket gör det mycket svårt att nå kostnadstäckning, även vid fullt utnyttjande. Detta gäller även vätgasproduktion via elektrolysör där en minsta installerad effekt på 1,5 MW föreslås (motsvarande 200 000kg vätgas per år). Grovt räknat kan en elektrolysör av denna storlek förse två tankstationer med vätgas.

Inom regionen har behovet av tankstationer, i ett första steg, uppskattats till 8 st. Under en första period anses det rimligt att tre elektrolysörer på vardera 1,5 MW används för att förse dessa stationer med drivmedel. Antaget är att dessa förläggs tillsammans med en tankstation, den exakta lokaliseringen bestäms utifrån förutsättningar för etableringen samt förväntat behov på orten. Eventuellt skulle även småskalig reformering av biogas vara ett alternativ för att producera vätgas till vissa av tankstationerna.

Den befintliga elektrolysören i Sandviken (i AGAs regi) är en möjlig produktionsenhet till åtminstone den tilltänkta tankstationen i Gävle.

Tabell 9: Uppskattad realiseringskostnad för 8 tankstationer och 3 produktionsanläggningar för vätgas.

	Antal	Kostnad (SEK)	Totalkostnad (SEK)
Elektrolysörer ⁶⁵	3	13 800 000	41 400 000
Lager ⁶⁶	8+3 ⁶⁷	750 000	8 250 000
Vätgastankstation ⁶⁸	8	10 000 000	80 000 000
Totalkostnad			129 650 000
Totalkostnad vid 50 % investeringsstöd			64 825 000

Tabell 10: Antaganden för beräkningar av driftkostnad för föreslagna vätgasinfrastruktur

Antagande	
Elkostnad (inkl. nätavgift)	600 SEK/MWh
Vattenkostnad	20 kr/Nm ³
Försäljningspris vätgas	64 SEK/kg (80 SEK/kg inkl. moms)

⁶⁵ Kostnadsuppgift från leverantör, utöver elektrolyskostnaden har 15% etableringskostnader adderats.

⁶⁶ Uppgifter inhämtade från diskussion med leverantör

⁶⁷ Tre extra lager vid produktionsenheterna

⁶⁸ Uppgifter inhämtade från diskussion med leverantör

Drift & underhåll Elektrolysörer	2 000 000 kr/år
Drift & underhåll tankstation	2 400 000 kr/år 300 000 kr/(år, station)
Energiåtgång vätgasproduktion	5,2 kWh/Nm ³ ; 58 kWh/kg
Transportkostnader	Ej inräknat (gäller dock inte de 3 stationer som förses med elektrolysörer)
Livslängd	10 år (max 70 000 till 80 000 h för elektrolysören)
Stöd	50 % av investeringskostnaden

För att denna investering ska återbetala sig på 10 år krävs i snitt under perioden en försäljning på 50 000 kg per år och station förutsatt 50 % investeringsstöd och inget avkastningskrav. Denna omsättning innebär att en femtedel av den teoretiska maxkapaciteten av tankstationens används. Då nyttjandet av en tankstation inte är fördelat över hela dygnet motsvarar nämnda omsättning knappt hälften av den praktiska rimliga kapaciteten. För elektrolysören innebär en omsättning på 50 000 kg per år och station att de tre tilltänkta anläggningarna körs 4 400 fullasttimmar per år.

Ur ett etableringsperspektiv kan det även vara intressant att studera vilken omsättning som behövs för att täcka de löpande kostnader, vilket uppgår till ca 20 000 kg per år och station.

Dessa beräkningar ska ses som mycket grova uppskattningar men ger en indikation av vilket konsumentunderlag som behövs för att driva en tankstation. Det som kommer vara den stora utmaningen är att inom en kort tid från etableringen uppnå en kritisk massa. I tabellen nedan ges några exempel på hur ett underlag på 50 000 kg vätgas per år kan uppnås. En personbil som i snitt rullar 2000 mil per år ger ett relativt litet bidrag, 200kg/år, till omsättningen jämfört med taxi (ca 1000 kg/år) och buss (ca 8 000kg/år). Kommunerna i sin roll som bussaktör och med egna fordonsflottor skulle kunna vara en viktig aktör i ett etableringsskede. Vidare skulle kommunen genom sin resepolicy kunna vara en katalysator för att möjliggöra fossilfria taxiresor.

Tabell 11: Exempel på hur mycket fordon som krävs för att uppnå en omsättning på 50 000 kg/år.

	Case 1 – Privat flotta	Case 2 – Kommunal flotta	Case 3 – Blandad
Personbilar (200 kg/år)	250	90	105
Taxi (1 000 kg/år)			5
Buss (8 000 kg/år)		4	2
Totalförbrukning (kg/år)	50 000	50 000	50 000

8. Styrmedel

I detta kapitel summeras befintliga och kommande styrmedel kopplade till förnybara drivmedel och miljöbilar. Här ges också förslag på vilka styrmedel som skulle kunna behövas för att stötta introduktionen av vätgasinfrastruktur och bränslecells-bilar. Hur dessa styrmedel ska utformas, tillämpas och kombineras är en fråga som måste utredas vidare.

Det finns ofta en rad barriärer för att introducera nya drivmedel och fordon i transportsektorn. De har svårt att konkurrera med de nuvarande alternativen när det gäller acceptans, bekvämlighet, kostnader och i vissa fall funktion. Om sådana drivmedel på sikt kan medföra stora miljövinster och andra vinster som utveckling av det regionala näringslivet och försörjningstryggheten så finns det anledning att använda styrmedel för att stötta introduktionen.

Styrmedel delas vanligen in i fyra grupper: administrativa, finansiella, informativa samt bidrag till forskning&utveckling. Administrativa, finansiella och informativa styrmedel är avgörande i den tidiga introduktionsfasen. Administrativa styrmedel innefattar regelverk som kvotpliktssystem, krav på att tillhandahålla infrastruktur samt emissionsstandarder för drivmedel och fordon. Finansiella styrmedel kan på olika sätt kompensera för de initialt högre kostnaderna för en ny teknik genom till exempel skattebefrielse eller subventioner.

En rad olika styrmedel används redan för att stötta förnybara drivmedel och alternativa fordon. Men alla drivmedel har olika barriärer och överkomma. Vätgas och bränslecellsfordon skiljer sig på många sätt från de flytande fossila drivmedel som används idag och har därför andra barriär att överkomma än till exempel flytande biodrivmedel som kan låginblandas.

Initialt höga kostnader för vätgasinfrastruktur och bränslecellsfordon skapar en låsning i marknaden där det är svårt att finansiera infrastrukturen om inte bilarna finns och svårt att köpa en bränslecellsbil där ingen eller väldigt begränsad infrastruktur finns. Därför behövs en kombination av olika typer av styrmedel för att skapa en initial marknad för vätgas i transportsektorn. Kostnaderna för infrastruktur och fordon väntas sjunka drastiskt efter hand som en massmarknad utvecklas.

Investerare i vätgasinfrastruktur möter en rad risker:

- prisrisk: vad kan man ta betalt för vätgas nu och framöver.
- volymrisk: hur mycket vätgas kan man sälja.
- teknikrisk: är tekniken tillräckligt utvecklad och kommer den att vara konkurrenskraftig mot andra tekniker framöver.

De som köper fordonen möter också en rad risker:

- tillgänglighetsrisk: kommer det finnas vätgas att tanka.
- prisrisk: kommer inköpspriset att sjunka kraftig den närmsta tiden och finns det ett andrahandsvärde på bilen. Vad kommer vätgasen att kosta.
- teknikrisk: är tekniken tillräckligt utvecklad för att fordonet ska fungera relativt problemfritt och ha samma livslängd som ett konventionellt fordon.

8.1 Befintliga och planerade styrmedel

Här listas befintliga och planerade styrmedel som kan ha koppling till vätgasinfrastruktur och bränslecells-bilar, eller till andra förnybara drivmedel.

I Norge finns kraftfulla ekonomiska styrmedel för att stötta köp av miljöfordon, vilka minskar de överskjutande kostnaderna för bränslecellsfordon till en rimlig nivå. I Sverige är stödet till miljöfordon utspjutt på en rad olika styrmedel och bedöms inte ge tillräckligt stöd till bränslecells-bilar i den tidiga introduktionsfasen.

Det kan dock vara svårt att få investeringsstöd för vätgasinfrastruktur, vilket diskuteras mer i nästa kapitel.

Sverige

- Undantag från energiskatt på vissa förnybara drivmedel
- Koldioxidskatt på fossila drivmedel
- Klimatklivet där investeringsstöd kan ges till investeringar i infrastruktur och drivmedel
- Stöd till regionala klimat- och energistrategier
- Investeringsstöd till biogas och andra förnybara gaser
- Fordonsskattebefrielse under 5 år för miljöbilar
- Koldioxidbaserad fordonsskatt
- Nedsatt förmånsvärde för vissa miljöanpassade bilar
- Supermiljöbilspremie som ges till nollutsläppsfordon
- Pumplagen som innebär en skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel på tankstationer
- Elbusspremie
- Elbilupphandlingen
- Miljökrav vid upphandling av bilar och kollektivtrafik.

Norge

- Enovas stödprogram för transportsektorn
- Ökat avdrag på registreringsavgiften för bilar med koldioxidutsläpp under 105 g per km
- Befrielse från registreringsavgift för nollutsläpps-bilar
- Befrielse från moms för nollutsläpps-bilar
- Ökad avgift på utsläpp av NOX med 1,50 NOK per kg
- Vägavgiften gäller endast bensin, diesel och biodrivmedel som omfattas av kvotplikten
- Sänkt årsavgift för nollutsläppsfordon
- Halverad förmånsbeskattning för nollutsläpps-bilar
- Gratis parkering på offentliga parkeringsplatser
- Undantag från vägtullar
- Möjlighet att köra i körfält för kollektivtrafik
- Gratis bilfärjor

8.2 Behov av styrmedel för vätgastankstationer

I introduktionsfasen för vätgasen behövs troligen både investeringsstöd och driftsstöd för att minska riskerna för privata aktörer tillräckligt för att de ska våga investera.

Investeringsstöd ges idag genom bland annat genom ENOVA-programmet i Norge, Klimatklivet i Sverige och olika EU-program. ENOVA ställer dock vanligen krav på att det ska vara möjligt att uppnå lönsamhet under investeringens livstid och i Klimatklivet utvärderas investering på minskade koldioxidutsläpp per investerad krona. Det gör att det blir svårt för vätgastankstationer att få investeringsstöd från dessa nationella program. Då kvarstår EU-finansiering.

Driftsstöd kan minska pris- och volymriskerna för investerarna och kan ges enligt olika två olika modeller. Antingen baserat på såld volym vätgas (feed-in tariff) eller enligt ett fast belopp per tidsperiod. Skattebefrielse för el som används till vätgasproduktion och för vätgas som säljs som drivmedel är en variant på volymbaserat stöd. Certifikatshandel där vätgasproducenter får certifikat utifrån producerad volym vätgas och försäljare av fossila drivmedel måste köpa sådana certifikat skulle också ge ett driftsbaserat stöd.

Prestationsbaserade lån för investering och drift skulle kunna överföra risken från investeraren till en offentlig aktör. Lånet betalas bara tillbaka i sin helhet om marknaden och affären utvecklas enligt förväntningarna och investerarnas planer. I annat fall efterskänks delar av lånet och den offentliga aktören tar förlusten.

Investeringsstöd skulle även kunna ges på andra sätt än genom ekonomiska medel, till exempel genom att upplåta mark för vätgastankstationer.

8.3 Behov av styrmedel för fordon

I introduktionsfasen kommer bränslecellsbilar att vara betydligt dyrare än konventionella bilar och infrastrukturen kommer att vara begränsad. Dessutom finns en rad andra risker kopplade till användarkostnaden. Fordonsköpare kan stöttas med en rad olika administrativa och finansiella styrmedel som kan minska kostnaderna och göra det bekvämare att använda bilen.

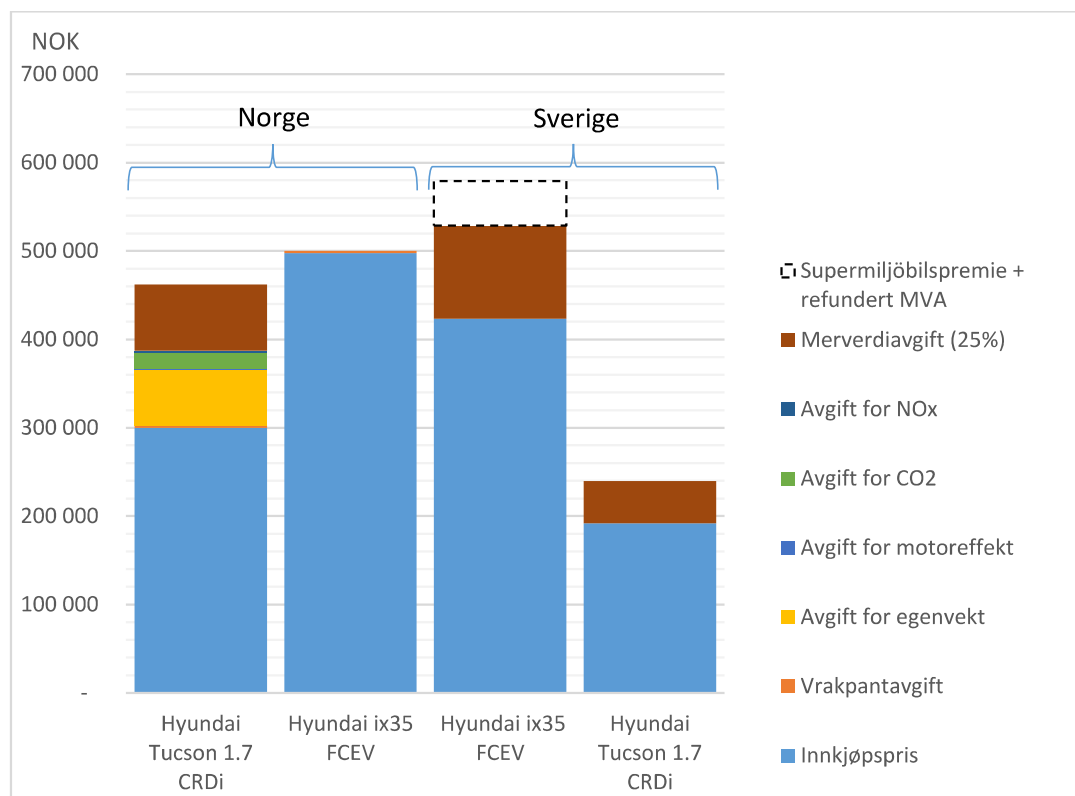
Följande styrmedel och incitament skulle kunna överkomma sådan risk och barriärer och därmed göra det attraktivt att köpa en bränslecellsbil:

- Skattefri vätgas
- Befrielse från trängselskatter
- Möjlighet att köra i körfält för kollektivtrafik
- Gratis parkering
- Gratis bilfärja
- Minskad förmånsbeskattning
- Befrielse från registreringskatt
- Befrielse från moms

I Norge har många av dessa styrmedel använts för att stötta introduktionen av nollutsläppsfordon som elbilar och bränslecellsbilar. Befrielsen från registreringskatt och befrielse från moms har varit effektiva men också kostsamma styrmedel i introduktionen. Därtill har gratis parkering och bilfärja samt tillgång till körfält för kollektivtrafik gjort det bekvämt och attraktivt att äga ett nollutsläppsfordon.

Den norska modellen med beskattning och styrmedel gör att inköpspriset för en bränslecellsbil är ungefär i nivå med en dieselbil, se Figur 19. Medan Sveriges modell innebär att inköpspriset för en bränslecellbil blir ungefär dubbelt så högt som för en dieselbil. Notera att fordonsskatten under fordonets livstid inte är inräknad här. I Sverige tas nu ett så kallat bonus-malus system fram som kommer innebära ökad fordonsskatt för konventionella bilar och olika typer av premier till bilar med lägre klimatpåverkan. Detta kommer att utjämna en del av skillnaden i inköpspris men troligen inte hela skillnaden.

Figur 19 Pris, registreringsavgifter och moms på två jämförbara bilar drivna av diesel och vätgas (per oktober 2016)



8.3.1 Krav vid offentlig upphandling

Krav på låg miljöpåverkan från upphandlade bilar eller transporttjänster har hittills varit ett viktigt styrmedel för att introducera miljöbilar. Upphandlingskraven kan ställas på både funktion och miljöpåverkan och kan utformas så att olika typer av drivmedel och fordon. Till exempel skulle krav på extremt låg miljöpåverkan och lång räckvidd göra att bränslecells-bilar blir det enda alternativet i en upphandling.

Flera offentliga verksamheter, till exempel Skedsmo kommun, har redan anskaffat bränslecells-bilar. Offentliga verksamheter kan också underlätta för vätgasinfrastuktur genom att bidra med mark för vätgastankstationer.

8.3.2 Krav på taxibilar

Taxibilar kan utgöra en viktig första marknad för vätgas eftersom de har lång körsträcka och relativt förutsägbart rörelsemönster. Det finns en rad möjligheter för att ställa krav på eller stötta taxiåkare som kör på alternativa drivmedel. Det skulle eventuellt gå att ställa krav på låg miljöpåverkan vid utlämning av taxitillstånd eller använda olika system där taxiåkare med låg miljöpåverkan på olika sätt går före i köer och får fler bokningar. Ett exempel på detta är att miljöbilar går först i kön på Arlanda flygplats.

Det är också möjligt att ge olika ekonomiska stöd för inköp av bränslecells-bilar till taxiverksamhet. Akershus fylkeskommun har infört ett sådant stöd.

8.3.3 Omställning av fordonsflottor för godstransport

Flottfordon för lokal distribution kan precis som taxi vara en viktig del av en första marknad för vätgas. Fordonsflottor i offentliga verksamheter kan vara föregångare i denna utveckling, men det går också att ställa krav på att upphandlade transporter och tjänster ska ha en låg miljöpåverkan.

8.3.4 Nollutsläpps zoner i städer

Etablering av nollutsläpps zoner skulle kunna vara ett effektivt styrmedel för att stötta bränslecells bilar och elbilar. Detta kan på sikt innebära ett förbud mot vissa typer av fordon och drivmedel men till en början differentierade avgifter som gynnar nollutsläppsfordon. Det senare alternativet liknar de trängselavgifter som redan tas ut i många städer.

9. Slutsatser

Vätgas bedöms ha god potential att utgöra ett relevant drivmedel i omställningen till en fossiloberoende fordonsflotta i Green Drive Region, liksom nationellt i Sverige och i Norge. Användning av vätgas i bränsleceller ger inga andra lokala utsläpp än vatten, i jämförelse med förbränningsmotorer som släpper ut koldioxid, kolväten, partiklar, kväveoxider och svaveloxider etc. Dessutom kan vätgas producerad från förnybara energikällor ge väldigt låga koldioxidutsläpp i ett livscykelperspektiv jämfört med alla alternativ förutom batterielbilar.

Resultaten från denna studie visar att elproduktionen i regionen till största del är baserad på förnybara energikällor samt att det finns en god potential för att utöka användningen av förnybara energikällor som bioenergi, biogas och vindkraft. En del av denna potential kan användas för att producera förnybar vätgas genom elektrolys, reformering av biogas och på sikt förgasning av biomassa. Om storskaliga förgasningsanläggningar byggs skulle regionen potentiellt också kunna exportera vätgas till närliggande storstadsregioner.

Många av världens biltillverkare tror på vätgas som ett nästa gemensamt drivmedel parallellt med el, och vätgasfordon är även de byggda med elektriska drivlinor som bärgar för hög energieffektivitet. Personbilar är ett av fordonssegmenten där bränslecellstekniken kan anses vara närmast kommersialisering, medan bränslecellstruckar redan är kommersiellt gångbart i vissa verksamheter. Bränslecellsbusar har utvecklats under lång tid och bränslecellslösningar för arbetsmaskiner och godstransporter är också under utveckling. Bränslecells-bilar är troligen den fordonstyp som kan introduceras först på relativt bred front i Green Drive Region, men det kommer troligen även vara möjligt att hitta intressanta applikationer för andra fordonstyper. Ytterligare potential med hela teknikområdet vätgas och bränsleceller uppstår globalt när efterfrågan ökar och både tjänster och produkter behöver produceras vilket kan ge både tillväxt och ny export. Här finns en regional potential för nya affärer. En stark regional aktör i Sverige som tar steget före och redan har denna marknad som sin är Sandvik. Sandvik producerar specialbelagt material för bränsleceller och har dessutom agerat tillsammans med Sandvikens kommun och AGA för att sätta upp en vätgastankstation, en station som invigdes i december 2016. I Norge finns flera initiativ inom vätgas för transporter. I Lilleström driver Institutet för energiteknik ett center för test och utveckling i anslutning till Akershus Energipark. Akershus fylkeskommun samt Skedsmo kommun har långtgående ambitioner om att introducera vätgastankstationer och öka användningen av vätgas i transportsektorn för att minska utsläppen. Den stora tillgången på förnybara energiresurser kan bli en viktig faktor för att kommersialisera vätgas.

För att potentialen med vätgas och bränsleceller ska kunna förverkligas finns ett stort behov av en tydlig styrmedelsstrategi och för att komma fram till och besluta om detta behövs vidare utredning. I tidigare studier har behovet av kunskapsspridning, investeringsstöd och driftsstöd till vätgasinfrastruktur (produktion och distribution) lyfts fram. På användarsidan har också en rad styrmedel som till viss del redan används i Sverige eller Norge föreslagits, till exempel undantag från registreringsskatt och moms, tillgång till bussfiler, gratis parkering och färjor. Dessutom kan krav vid offentlig upphandling, utsläppsregleringar i stadszoner, samt krav eller stöd till omställning av taxiflottor eller flottor för city logistik vara viktiga vid introduktionen.

9.1 Förslag på fortsatt arbete

För att vätgas och bränsleceller ska få fäste inom Green Drive Region behöver arbetet gå vidare och här följer en lista med förslag på fortsatt arbete:

Kunskapsspridning och styrmedel

1. Utredda regionala och lokala styrmedel och åtgärder, till exempel upphandling, miljözoner och parkeringsförmåner.
2. Genomför informationsinsatser på nya orter och för andra aktörer
3. Katalysera aktörssamarbeten – från leverantör och service till användare
4. Arrangera möten för kunskapsutbyte mellan aktörer och regioner

www.sweco.se/vatgas

5. Ordna studiebesök vid vätgastankstationer och utbildning för nyinsatta orter och aktörer
6. Ge offentligt stöd för att identifiera nya affärsmöjligheter för regionens aktörer
7. Skapa faktiska introduktionsplaner utifrån aktörernas ambitioner

Analys

8. Genomför anpassad behovsanalys för de mest relevanta kundgrupperna
9. Fortsatta studier av vilka platser som har de bästa förutsättningarna för att vätgasinfrastrukturen ska nå lönsamhet.
10. Scenarioanalys av möjligheterna för att uppnå fossiloberoende fordonsflotta och nödvändiga åtgärder för att nå dit.
11. Mer detaljerade kostnads- och lönsamhetsanalyser för vätgasinfrastuktur och bränslecellsfordon.
12. Fallstudie för storskalig produktion av vätgas i regionen, inklusive kostnader, lokalisering, marknadsunderlag, distribution till andra regioner.
13. Analys av kostnader för olika tankstationskoncept: on-site produktion med elektrolys, tillförsel med lastbilsflak från central elektrolysör samt tillförsel med lastbil från central förgasningsanläggning.
14. Mer detaljerad bedömning av marknadspotentialen för vätgas i regionen.

Ordlista

Batterielbil	Avses elbil med endast batteri som energilager
Biodrivmedel	Vätskeformiga eller gasformiga drivmedel för transportsektorn som framställs av biomassa.
Biogas	Ett bränsle som framställs från biomassa och som huvudsakligen innehåller metan
Bonus-malus system	Stödsystem där konventionella fordon för fossila drivmedel beskattas hårdare under sin livstid och fordon med låga växthusgasutsläpp tilldelas en bonus/premie i anslutning till inköpstillfället.
Bränslecellsfordon	Elfordon med vätgastank och bränslecell
Metan	Den huvudsakliga beståndsdel i naturgas och biogas
Gasfordon	I denna rapport avses fordon som tankas med fordonsgas
GWh	Gigawattimmar anger energimängd och motsvarar en miljon (10^6) kilowattimmar
Elektrolys	Process för sönderdelning av vatten till vätgas och syrgas
Etanol	Biodrivmedel som används i Sveriges transportsektor idag, låginblandat i bensin och i högre blandningar som E85 och ED95
Fordonsgas	Samlingsnamnet för biogas, naturgas och olika kombinationer av dessa, som används som drivmedel till fordon.
Förgasning	Vid förgasning av biomassa produceras en energirik syntesgas som kan användas för vidare kemisk syntes av olika drivmedel.
HVO	Hydrogenated vegetable oils, vätebehandlad vegetabilisk olja, en form av biodiesel som liknar fossil diesel. Produktionen baseras på olika typer av växtoljor eller biprodukter och avfall som tallolja eller animaliska fetter.
Hållbara drivmedel	Drivmedel som uppfyller hållbarhetskraven i EUs förnybarhetsdirektiv och i svensk lagstiftning som baseras på direktivet
kWh	Kilowattimmar anger energimängd
Laddhybrid	Fordon som kan laddas från elnätet, men även kan använda ett andra drivmedel som backup, idag vanligen bensin eller diesel i förbränningsmotor
Livscykelanalys	Används för att beräkna miljöpåverkan under en produkts livscykel, bland annat med avseende på växthusgasutsläpp.
MWh	Megawattimmar anger energimängd och motsvarar tusen (10^3) kilowattimmar
Range extender	"Räckviddsförlängare", ett kompletterande bränsle eller drivlina som kan förlänga räckvidden för ett elfordon
TWh	Terawattimmar anger energimängd och motsvarar en miljard (10^9) kilowattimmar
Well to wheel	Avser växthusgasutsläppen under hela bränslets livscykel, kan ses som en förenklad livscykelanalys (LCA)



Om Sweco och rapportförfattarna

Sweco planerar och utformar framtidens samhällen och städer. Resultatet av vårt arbete blir hållbara byggnader, effektiv infrastruktur och tillgång till el och rent vatten. Med 14 500 medarbetare i Europa kan vi erbjuda våra kunder rätt kompetens för varje sammanhang. Vi genomför uppdrag i 70 länder varje år. Sweco är det ledande konsultföretaget inom teknik och arkitektur i Europa med en omsättning på cirka 16,5 miljarder SEK. Företaget är noterat på Nasdaq Stockholm.

Denna rapport är skriven av ett expertteam på Sweco Energy Strategies som har lång erfarenhet av vätgasteknologi, -projekt och -implementeringsstrategier. Gruppchef Dr. Cecilia Wallmark har arbetat med vätgas och bränsleceller sedan 1999, Dr. Mårten Larsson är expert på styrmedel för förnybara drivmedel och TeknLic Farzad Mohseni är energisystemexpert med lång erfarenhet av vätgasbaserade energisystem. Daniel Bügel vid Oreec i Lilleström har beställt denna studie av Sweco samt bidragit med bakgrundsmaterial, samt en del texter för Norge.