

FÖRNYBARA DRIVMEDEL I VÄSTRA GÖTALAND – UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER

FÖRSTUDIE

2015-07-26



Författare:

Ingrid Nyström, f3 och CIT Industriell Energi AB

Stefan Heyne, CIT Industriell Energi AB

FÖRORD

Den här rapporten är resultatet av ett projekt inom Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel (f3). f3 är en samverkansorganisation, som fokuserar på miljömässigt, ekonomiskt och socialt hållbara förnybara drivmedel och som:

- Bidrar med bred, vetenskapligt grundad och trovärdig kunskap som strategiskt beslutsstöd till industri, myndigheter och politiska instanser,
- Bedriver systeminriktad forskning kopplat till alla steg i värdekedjan för förnybara drivmedel,
- Utgör en nationell plattform för samverkan nationellt och internationellt.

Till f3:s parter hör Sveriges mest aktiva högskolor och forskningsinstitut inom området samt en rad relevanta industriföretag. f3 har ingen politisk agenda och ägnar sig inte åt lobbying, varken för specifika bränslen eller system, eller för enskilda parter branschintressen. f3 finansieras gemensamt av sina parter, Energimyndigheten och Västra Götalandsregionen (se www.f3centre.se).

Denna rapport är en del av f3:s rapportering till Västra Götalandsregionen. Den har genomförts av Ingrid Nyström och Stefan Heyne, knutna till f3-kansliet och CIT Industriell Energi AB, i dialog med Tomas Österlund och Hans Fogelberg på Västra Götalands-regionen. Rapporten har kvalitetsgranskats genom f3:s forskarnätverk.

Denna rapport refereras på följande sätt:

Nyström I., Heyne, S., (2015), *Förnybara drivmedel i Västra Götaland – utmaningar och möjligheter*. Report No 2015:4, f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel, Sverige. Kan laddas ner från www.f3centre.se.

SUMMARY

This study has been made at request of the secretariats for Environment and Development within Region Västra Götaland, as part of their strategic planning aiming at long-term development of a regional, sustainable transport system. An important starting point for the regional analysis is the national study on pathways towards a fossil-independent transport sector in Sweden (FFF), presented in 2013. Central questions for the region's strategic work are:

- What is the potential for production and use of the various types of biofuels for transportation in Västra Götaland, and if/how do they differ from the nation as a whole?
- Which factors and necessary conditions impact the development of various systems?
- How can a transition from the current system to a long-term sustainable system take place, how can it be promoted, and what would the role of the region be in such a development?

This report contributes with *part of* the input needed to answer these and similar questions, by presenting an overview of facts related to the conditions for renewable fuels and by analysing and discussing these conditions from the perspectives of different controlling factors and time perspectives. The focus of the present report is on describing necessary conditions and measures to achieve practically possible goals rather than to point out a theoretically feasible development. Breaking down general prerequisites to a regional level is difficult and is done within the scope of this report on a qualitative level rather than on a quantitative one. The report focuses on the potential for development of different types of final renewable fuels for vehicles. Other factors that impact the transport system are not included.

The actual potential of a specific biofuel is dependent on all steps in the value chain, from feedstock potential to market conditions. In the present report, six so called controlling factors are discussed on: feedstock potential and flexibility; sustainability performance; fuel production; vehicle applications (engine technology); infrastructure; and market conditions. The idea with analyzing the biofuel potential with respect to these six factors is that all need to be developed simultaneously in order to achieve an actual growth in use of renewable fuels; an increase in production, for example, is of little use if the market is missing, and vice versa.

Within the framework of these six factors, fuels and value chains that are considered most relevant in the short- to medium term time frame are then presented in more detail. Specifically the development status for renewable diesel, alcohols and ethers, so called tailor made fuels, biogas/bio-synthetic natural gas (bio-SNG), dimethyl ether (DME), and electro fuels and electricity are discussed, with a focus on technological aspects. The various fuels and aspects are then analysed and discussed with respect to three different time frames: "Now", "Soon", and "Later". These are rather used to describe the degree of transition towards a fossil free system that needs to be achieved than to describe specific points in time.

In the time perspective "Now", the potential is determined by currently available markets, infrastructure, technology and feedstock, while we or "Soon" discuss the potential including considerable development and expansion, but without major system changes. Finally, on the long term (here called "Later"), developments that requires major changes of infrastructure and the system as a whole are included.

Renewable energy use in the transportation sector will consist of a *combination* of renewable electricity and biofuels. Electricity for road transportation (charging car batteries with grid electricity) is expected to play an important role with its highest share within the passenger car sector focusing on different types of plug-in hybrids. These types of cars may take a considerable market share, their hybrid configuration implying though that the need for liquid or gaseous fuel will remain. The market for pure battery electric cars may increase considerably but nonetheless it is expected that their total market share will remain marginal in the near to medium term.

Hence, biofuels can be expected to play an increasingly important role in the future energy supply for transportation. The potential for sustainable biofuels, based on available feedstock, can increase substantially compared to today, both in Sweden and globally, but is still limited compared to the amount of fossil gasoline and diesel currently used. Availability of sustainable biomass feedstock will therefore be crucial for a sustainable transportation sector. The actual potential for sustainable forest and agricultural feedstock is in the shorter time frame not seen as a limiting factor in this report. Nevertheless, feedstock availability may be the bottleneck for further deployment of a specific biofuel, as a result of both current sustainability criteria and process-specific technological restrictions. In the long run, the feedstock potential is highly uncertain as different pathways may result in either increased or decreased feedstock availability while the biomass demand is expected to rise steadily. The biofuel *share* of total energy demand in the transportation sector is also highly dependent on the development of total transportation demand, efficiency improvements and the development e.g. batteries for electric vehicles.

The production levels of today's biofuels based on established feedstock supply chains and production technologies (oil-based fatty acid methyl esters (FAME) and hydrogenated vegetable oil (HVO), biomethane from digestion, sugar- and starch-based ethanol) can be increased to some extent, but the potential is limited due to a number of factors. The production of similar or new biofuels based on new feedstock alternatives (mainly lignocellulosic feedstock) and new technologies (e.g. gasification) on the other hand is – for a number of pathways – on the verge of commercialization with demonstration plants being built during recent years. Due to a high level of uncertainty with respect to both policy measures and market scenarios (high volatility in fossil fuel prices) the future development of these pathways is currently quite uncertain. With respect to these biofuel pathways, the final fuel product is not considered a critical factor but a given technology platform – such as for example gasification – can produce a variety of different biofuel alternatives.

The biofuel share of the total energy use for transportation is also related to the use of (low-level) biofuel blends versus the use of pure biofuels. As long as energy use in the transportation sector remains high, biofuels will only cover a rather limited share due to, for example, feedstock limitations. Using them on a blend-in basis will then lead to lower transitional system costs. However, to achieve a fossil free transportation system, biofuels will have to be used in its pure form, in combination with drastic reductions of total energy use in the transportation sector.

During the transitional period, it is highly probable to expect a combination of low-level blending of biofuel in fossil fuels and the use of pure biofuels (or high-level blending) in adapted engine configurations and certain niche markets. The critical level for low blend-in depends on the biofuel produced but also on engine development, legal restrictions as well as fuel standards. As a consequence, there are strong incentives to develop drop-in biofuels that allow high-level blending (e.g. HVO) or ternary blends with fossil fuels.

With this knowledge on linkages and plausible development paths, the question about *how* the transition to a future fossil-independent transportation system can be accomplished remains. There are a number of controlling factors – from feedstock to market – that all are prerequisites for the break-through of a certain biofuel value chain and which therefore need to evolve together. This is true on the regional, national and global level.

SAMMANFATTNING

Den här förstudien har genomförts på uppdrag av Västra Götalandsregionens miljö- och regionutvecklingssekretariat, som en del av deras strategiska planering relaterat till utvecklingen av ett hållbart transportsystem i regionen. En viktig utgångspunkt för den regionalt inriktade analysen är den för Sverige aktuella utredningen om fossilfri fordonstrafik (FFF-utredningen). Centrala frågeställningar för det strategiska arbetet är:

- Vad är potentialen för produktion och användning av olika typer av drivmedel i Västra Götaland och hur/om skiljer sig dessa åt jämfört med nationen som helhet?
- Vilka faktorer och nödvändiga förutsättningar påverkar utvecklingen av olika system?
- På vilket sätt kan en övergång från dagens system till ett långsiktigt system se ut och främjas och vilken roll har regionen i en sådan utveckling?

Den här rapporten bidrar med *en del* av underlaget för att svara på dessa och liknande frågor genom att dels sammanställa faktaunderlag kring förutsättningarna för förnybara drivmedel, dels analysera och diskutera dessa utifrån olika styrande faktorer och tidsperspektiv. Fokus ligger på att beskriva nödvändiga förutsättningar för att uppnå en praktiskt genomförbar och sannolik utveckling snarare än en teoretiskt möjlig utveckling. Att bryta ner generella förutsättningar till regional nivå är svårt och görs i denna rapport framförallt på en kvalitativ, snarare än kvantitativ, nivå. Fokus ligger på att ge en översikt över potential och utvecklingsförutsättningar för olika typer av slutliga drivmedel för fordon. Övriga faktorer som påverkar transportsystemet tas inte upp.

Den faktiska potentialen för ett specifikt drivmedel är beroende av hela värdekedjan från råvara till marknad. I rapporten diskuteras sex olika styrande faktorer: råvarupotential och -flexibilitet, hållbarhetsprestanda, produktionsförutsättningar, förutsättningar för användning i fordon (fordonsteknik), behov av infrastruktur samt marknadsförutsättningar. Poängen med dessa sex styrande faktorer är att samtliga faktorer måste utvecklas parallellt för att en faktisk ökning av mängden förnybara drivmedel ska kunna ske. Det räcker inte med att produktion finns om marknaden saknas och vice versa.

Med dessa sex faktorer som bakomliggande ramverk presenteras sedan en något mer detaljerad faktasammanställning för de på kort- och medellång sikt mest aktuella förnybara drivmedlen. Särskilt tas förutsättningarna för förnybar diesel, alkoholer och etrar, s.k. skräddarsydda bränsle, biogas/bio-syntetisk naturgas (bio-SNG), dimetyleter (DME) samt elektrobränslen och el upp. Huvudfokus i den sammanställningen ligger på de mer tekniskt inriktade faktorerna. Analysen är sedan inriktad mot utvecklings-förutsättningar och -potential för dessa drivmedel utifrån tre olika tidsperspektiv, vilka klassificerats som ”nu”, ”snart” och ”sedan”. Dessa tidsperspektiv kan inte direkt kopplas till specifika årtal, utan beskriver snarare graden av omställning som behöver ske för att drivmedelpotentialen ska realiseras.

I tidsperspektivet ”nu” bestäms potentialen av den marknad, infrastruktur, teknik och råvaror som finns tillgängliga idag, medan vi i perspektivet ”snart” diskuterar potentialen med betydande utbyggnad och utveckling, men utan genomgripande systemförändringar. Slutligen på lång sikt (här kallat ”sedan”), inkluderar vi utveckling som förutsätter mer genomgripande systemförändringar och förändrad infrastruktur.

Förnybara drivmedel i transportsektorn kommer att bestå av en *kombination* av förnybar el och biobaserade drivmedel. El som drivmedel för vägtransport (d.v.s. via ”tankning” från nätet) förväntas få stor betydelse, men framförallt för personbilssektorn och med tyngdpunkt på olika typer av plug-in-hybrider. Dessa kan ta en betydande del av marknaden, men det innebär inte att behovet av flytande eller gasformiga drivmedel kommer att försvinna. Marknaden för rena elbilar kan komma att öka kraftigt, men trots det är det troligt att de kommer att svara för en liten andel av transportarbetet under överskådlig framtid.

Biodrivmedel kan alltså förväntas spela en betydande och ökande roll i transportsektorns framtida energiförsörjning. Den mängd biodrivmedel som kan framställas på ett hållbart sätt både globalt och i Sverige kan öka kraftigt jämfört med dagens volymer, men är begränsad jämfört med dagens totala användning av bensen och diesel. Tillgång till hållbar biomassa är därför centralt för en hållbar transportsektor. Den egentliga hållbara råvarupotentialen från skog- och jordbruk bedöms inte vara begränsande i ett kort tidsperspektiv. Trots detta kan det vara problematiskt att säkerställa ”rätt” råvara till ökande produktion, beroende på EU:s nuvarande hållbarhetskriterier i kombination med aktuella produktionsanläggningars krav på typ av råvara. På lång sikt är potentialen mycket osäker, eftersom olika utvecklingstrender kan ge både ökande och minskande potential samtidigt som efterfrågan och konkurrensen ökar. Hur stor *andel* av det totala energibehovet till transporter som kan täckas av biodrivmedel är, utöver tillgång till biomassa och effektivt resursutnyttjande, starkt beroende även av utvecklingen av totalt transportbehov, möjligheterna till effektivisering och utvecklingen på elsidan (t.ex. batterier).

Produktionen av idag tillgängliga drivmedel från de råvarugrupper och produktionstekniker som idag används (oljebaserade fettsyrametylestrar (FAME) och hydrogenated vegetable oil (HVO), biometan från rötning, socker- och stärkelsebaserad etanol) kan öka i viss mån, men potentialen är av olika skäl begränsad. Produktion av samma eller andra biodrivmedel baserat på nya råvaror (fr.a. lignocellulosa) och tekniker (t.ex. förgasning) står idag i flera fall på tröskeln till kommersialisering genom de demonstrationsanläggningar som uppförts under senare år. På grund av osäkert styrmedels- och marknadsläge (till exempel den fluktuerande oljeprisnivån) är dock den fortsatta utvecklingen mycket osäker. I denna utveckling bedöms inte det slutligt producerade drivmedlet vara avgörande, utan liknande produktionsteknik kan användas för produktion av olika drivmedel.

Biodrivmedlens andel av total energianvändning inom transportsektorn hänger också ihop med om biodrivmedel används som rena drivmedel eller för (låg)inblandning i fossila drivmedel. Så länge den slutliga energianvändningen inom transportsektorn är hög kommer biodrivmedel inte att kunna täcka mer än en mindre andel av total användning av flytande eller gasformiga drivmedel. De kan då i princip lika gärna användas huvudsakligen genom inblandning (till lägre omställningskostnader för systemet). Om man ska uppnå ett helt fossilfritt transportsystem i Sverige måste dock i slutänden användningen ske som rena biodrivmedel, samtidigt som den totala energianvändningen inom transportsektorn minskas drastiskt.

Med stor säkerhet kan man under övergångstiden förvänta sig en kombination av låginblandning i fossila drivmedel och ren biodrivmedelsanvändning (eller höginblandning) i anpassade motorer och inom vissa marknadssegment. Gränsen för låginblandning beror på vilken typ av biodrivmedel som produceras och används, men också på utveckling av motorer, regelverk och bränslestandarder. Det finns därför tydliga drivkrafter att utveckla bränslen som i högre grad liknar nuvarande fossila drivmedel.

Även fast vi kan konstatera dessa och andra viktiga samband och troliga utvecklingslinjer kvarstår frågan *hur* övergången från dagens system till ett fossilfritt system kan ske och hur vi undviker inlåsningar. Det är ett flertal styrande faktorer – från råvara till marknad - som samtliga utgör nödvändiga förutsättningar för genomslag av ett visst bränsle eller transport-lösningssystem och som därför måste utvecklas i takt. Detta gäller såväl på regional nivå, som nationellt och globalt.

Den här rapporten har baserats på befintlig litteratur och känd kunskap, som sammanställts utifrån ett något annorlunda perspektiv. Det nya med studien är alltså framförallt att vi har diskuterat förutsättningarna för drivmedelsutveckling utifrån hela värdekedjan i samma studie. Studien ger också en lättillgänglig översikt över aktuella spår och möjlig utveckling knutet till olika drivmedelsalternativ, snarare än ur ett teknikperspektiv.

För att göra en mer djupgående analys utifrån en sådan ansats krävs ett systematiskt scenarioarbete och analys av hur övergången kan ske ur ett historiskt innovationsperspektiv (transitionsanalys). Det fortsatta arbetet behöver alltså, med utgångspunkt i etablerad forskningsmetodik, på ett mer strukturerat sätt hantera samtliga styrande faktorer och tidsperspektivet för att visa på alternativa utvecklingsvägar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
SUMMARY	4
SAMMANFATTNING	7
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	10
1 INLEDNING	11
2 BAKGRUND – CENTRALA STUDIER OCH RAPPORTER	13
2.1 UTREDNINGEN OM FOSSILFRI FORDONSTRAFIK	13
2.2 INTERNATIONELLA STUDIER	15
3 FÖRNYBARA DRIVMEDEL I VÄSTRA GÖTALAND	19
4 STYRANDE FAKTORER	23
4.1 RÅVARUPOTENTIAL OCH -FLEXIBILITET	23
4.2 HÅLLBARHETSPRESTANDA	25
4.3 PRODUKTIONSFÖRUTSÄTTNINGAR	27
4.4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ANVÄNDNING I FORDON	29
4.5 BEHOV AV INFRASTRUKTUR	30
4.6 MARKNADSFÖRUTSÄTTNINGAR	32
5 FÖRNYBARA DRIVMEDEL	35
5.1 FLYTANDE DRIVMEDEL	36
5.2 GASFORMIGA DRIVMEDEL	42
5.3 ELEKTROBRÄNSLEN OCH EL	44
6 POTENTIAL I OLIKA TIDSPERSPEKTIV	49
6.1 NU	50
6.2 SNART	51
6.3 SEDAN	53
7 SLUTSATSER OCH DISKUSSION	55
7.1 ÖVERGRIPANDE SLUTSATSER	55
7.2 DISKUSSION OCH FORTSATT ARBETE	56
8 REFERENSER	59
BILAGA A – INBLANDNING ELLER RENA DRIVMEDEL?	63
BILAGA B – EXEMPEL: UTVECKLINGSSTATUS FÖR DRIVMEDEL I RELATION TILL STYRANDE FAKTORER	65

1 INLEDNING

Den här förstudien har genomförts på uppdrag av Västra Götalandsregionens miljö- och regionutvecklingssekretariat, som en del av deras strategiska planering relaterat till utvecklingen av ett hållbart transportsystem i regionen. En viktig utgångspunkt för det arbetet är den för Sverige aktuella utredningen om fossilfri fordonstrafik (FFF-utredningen, se avsnitt 2.1) och hur dess resultat kan brytas ner till regional nivå. Centrala frågeställningar för det strategiska arbetet är:

- Vad är potentialen för produktion och användning av olika typer av drivmedel i Västra Götaland och hur/om skiljer sig dessa åt jämfört med nationen som helhet?
- Vilka faktorer och nödvändiga förutsättningar påverkar utvecklingen av olika system?
- På vilket sätt kan en övergång från dagens system till ett långsiktigt system se ut och främjas?

Den här rapporten bidrar med *en del* av underlaget för att svara på dessa och liknande frågor genom att dels sammanställa faktaunderlag kring förutsättningarna för förnybara drivmedel, dels analysera och diskutera dessa utifrån olika styrande faktorer och tidsperspektiv. Fokus ligger på att ge en översikt över potential och utvecklingsförutsättningar för olika typer av slutliga drivmedel för fordon. Övriga faktorer som påverkar transportsystemet tas inte upp.

Som bakgrund till studien presenteras i Kapitel 2 några av nyckelresultaten från FFF-utredningen, tillsammans med en sammanfattning från aktuella internationella studier som jämför olika förnybara drivmedel. I Kapitel 3 beskrivs sedan översiktligt de specifika förutsättningarna i Västra Götaland och resultaten från några aktuella studier relateras till den regionala nivån.

I Kapitel 4 identifierar och diskuterar vi på en principiell nivå sex olika styrande faktorer som påverkar förutsättningarna för att realisera introduktion eller tillväxt för nya drivmedel – från råvarupotential till marknadsförutsättningar. Med detta som ett bakomliggande ramverk ges i Kapitel 5 sedan en något mer detaljerad faktasammanställning för de på kort- och medellång sikt mest aktuella förnybara drivmedlen. Huvudfokus ligger här på de mer tekniskt inriktade faktorerna.

I Kapitel 6 analyseras och diskuteras sedan utvecklingspotentialen för dessa drivmedel utifrån tre olika tidsperspektiv, vilka klassificerats som ”nu”, ”snart” och ”sedan”. Dessa tidsperspektiv kan inte direkt kopplas till specifika årtal, utan beskriver snarare graden av omställning som behöver ske för att drivmedelspotentialen ska realiseras.

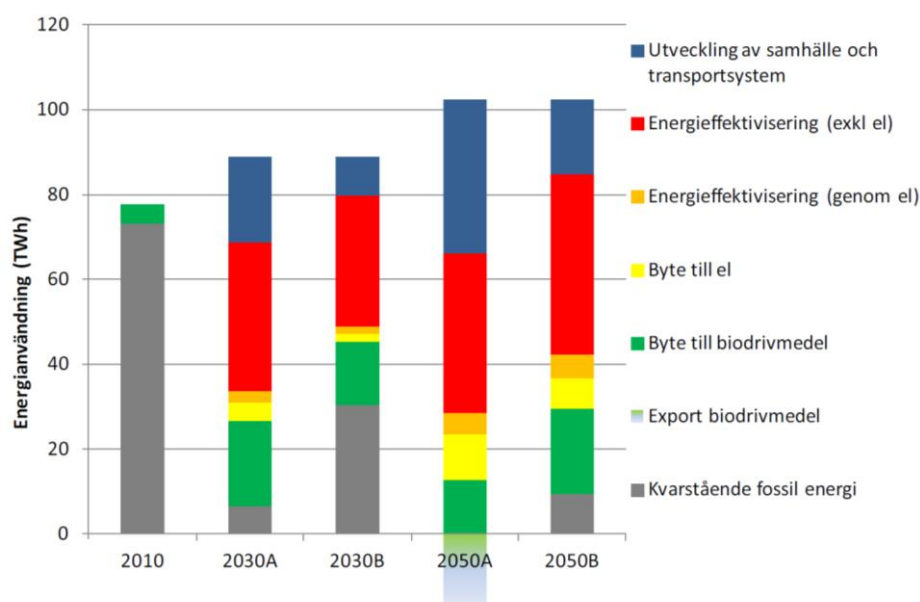
Slutligen innehåller Kapitel 7 några mer övergripande slutsatser samt en diskussion om hur denna studie skulle kunna användas som utgångspunkt för fortsatt forskning. I studien diskuteras nämligen hela kedjan av styrande faktorer som kan vara begränsande för olika typer av styrmedel, men på ett övergripande plan. Angreppssättet är inriktat mot att beskriva nödvändiga förutsättningar för att uppnå en praktiskt genomförbar och sannolik utveckling snarare än en teoretiskt möjlig utveckling. För att utifrån ett sådant helhetsperspektiv beskriva och identifiera vilka förutsättningar som krävs för utveckling av olika förnybara drivmedel – på regional eller nationell nivå – behövs mer djuplodande analys.

2 BAKGRUND – CENTRALA STUDIER OCH RAPPORTER

2.1 UTREDNINGEN OM FOSSILFRI FORDONSTRAFIK

Under hösten 2013 presenterades utredningen om fossilfri fordonstrafik (FFF-utredningen) av utredaren Thomas B. Johansson (Johansson, 2013). Utredningen visar på behov av både ganska drastisk energieffektivisering och en markant ökad användning av biodrivmedel och el inom transportsektorn.

Som bakgrund till sammanställningen i den här rapporten och till det regionala perspektivet, redovisas och diskuteras nedan några scenarier och resultat från FFF-utredningen. I Figur 1 visas den uppskattade totala energianvändningen inom vägtransportsektorn enligt FFF-utredningen för åren 2030 och 2050. De två olika scenarie-alternativen A och B representerar ytterlighetsfall av åtgärdsnivå. I scenario "A" antas högst åtgärdspotential inom alla områden, medan det i scenario "B" antas lägst åtgärdspotential inom alla områden.



Figur 1: Vägtransportens energianvändning 2030 och 2050 enligt scenarier i FFF utredningen (Johansson, 2013).

Av staplarna framgår hur mycket de olika åtgärdskategorierna (se Tabell 1) bidrar till minskningen av energianvändningen inom transportsektorn samt hur mycket fossil energianvändning som kvarstår. Inom begreppet "utveckling av samhälle och transportsystem" ryms ett flertal åtgärder såsom minskad efterfrågan av transporter, ökad transporteffektivitet, byte till andra trafikslag samt ökad användning av kollektivtrafik. Energieffektivisering redovisas dels som effektivisering genom elektrifiering av bilarna (rena elbilar, laddhybrider och vätgasfordon) och dels som övrig effektivisering (bättre förbränningsmotorer, viktnedskning o.s.v.). För scenariot med högst åtgärdspotential (scenario A) finns det även möjlighet till export av biodrivmedel år 2050 som indikeras i Figur 1.

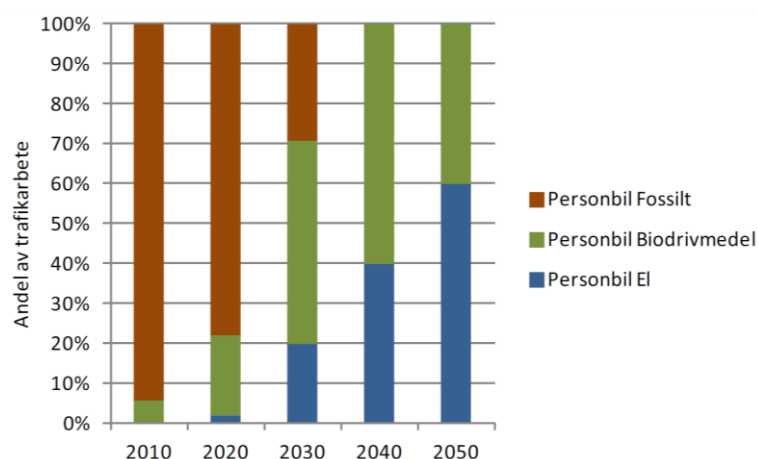
Tabell 1 redovisar de siffror som är underlaget för staplarna i Figur 1. Det antas att det finns ett ökat behov av transporter i framtiden som skulle leda till en ökning av energianvändningen med 15

respektive 32% år 2030 och 2050, om inga andra förändringar sker. Omställningar inom samhället för minskad efterfrågan av transporter samt energieffektiviseringsåtgärder uppskattas sedan bidra till att den slutliga energianvändningen minskar med uppemot två tredjedelar. El och biodrivmedel står för resterande minskning. Sammantaget uppskattas då användningen av fossila bränslen minska med mellan 58 och 91% år 2030 och från 87 till 100% år 2050.

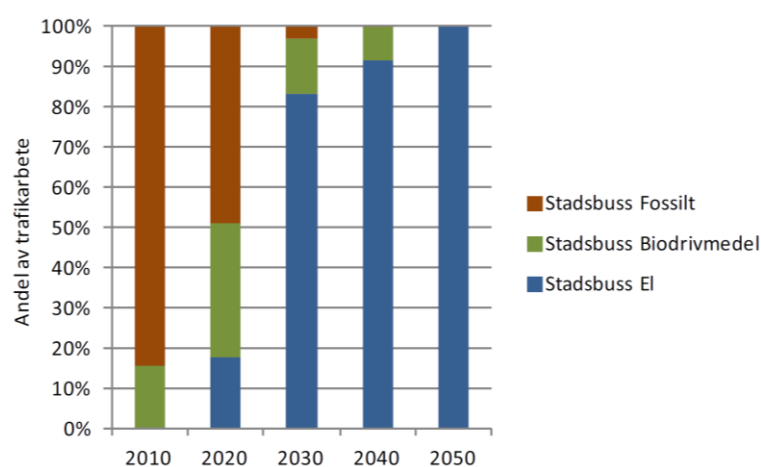
Tabell 1: Sammanställning av åtgärder och deras effekt på användning av energi och fossila bränslen för de olika scenarier i FFF utredningen (Johansson, 2013).

Åtgärdskategori	2030	2050
<i>Ökad trafik i referensscenariot</i>	<i>15 %</i>	<i>32 %</i>
Minskad efterfrågan på transporter och ökad transporteffektivitet	9–20 %	15–33 %
Byte till andra trafikslag (gods) och ökad användning av kollektivtrafik ¹	1–3 %	2–4 %
Energieffektivare fordon, inklusive hybridisering	34–42 %	45–49 %
Energieffektivare fordon, genom elfordon och laddhybrider	4–8 %	13–20 %
Energieffektivare framdrift av fordon	8–15 %	10–15 %
<i>Minskad energianvändning jämför med 2010</i>	<i>39–60 %</i>	<i>53–70 %</i>
El andel av energi	3–14 %	19–45 %
Biodrivmedel andel av energi	32–65 %	55–55 %
Fossila bränslen andel av energi	65–21 %	26–0 %
<i>Minskad användning av fossila bränslen jämfört med 2010</i>	<i>58–91 %</i>	<i>87–100 %</i>

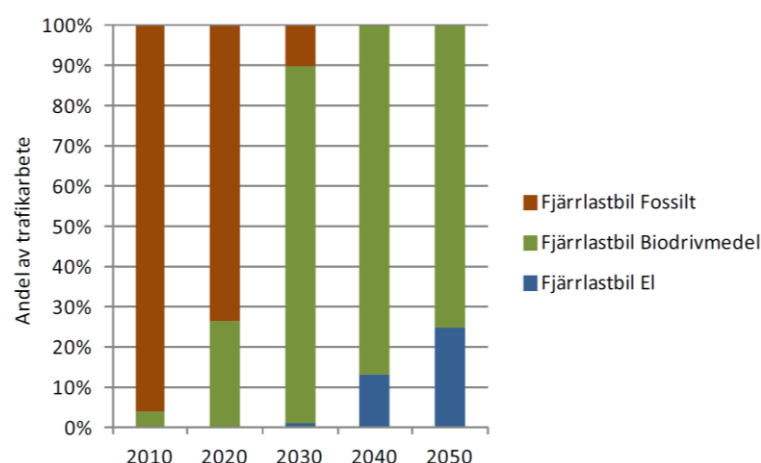
Eldriftens roll i transportsektorn innebär dubbla effekter: dels leder den till energieffektivisering av fordon och därmed indirekt till mindre användning av fossila bränslen, dels ersätter den fossila bränslen direkt som drivmedel. För att förtydliga elens roll redovisas i figurerna 2 till 4 fördelningen mellan eldrift, användning av biodrivmedel samt kvarstående användning av fossila bränslen för olika transportslag, enligt FFF utredningen. Eldrift förväntas slå igenom starkast inom den offentliga transportsektorn (stadsbussar), medan fördelningen mellan biodrivmedel och eldrift inom personbilssektorn antas vara ungefär jämn. Tunga långväga transporter förväntas även på lång sikt vara beroende av förbränningsmotorer och biodrivmedel skulle då spela en viktig roll för energi-försörjningen av dessa transporter. Som det visas i figur 4 så bedöms andelen eldrift i fjärrlastbilar som högst uppgå till en fjärdedel år 2050.



Figur 2: Personbilarnas trafikarbete fördelat på olika framdrift i åtgärdspotential A (Johansson, 2013).



Figur 3: Stadsbussarnas trafikarbete fördelat på olika framdrift i åtgärdspotential A (Johansson, 2013).



Figur 4: Fjärrlastbilarnas trafikarbete fördelat på olika framdrift i åtgärdspotential A (Johansson, 2013).

2.2 INTERNATIONELLA STUDIER

Studier på europeisk nivå av den framtida biodrivmedelsutvecklingen pekar ut inblandning i befintliga bränslen (bensin och diesel) med höjda inblandningsgränser som en central strategi

(E4tech, 2013; ERTRAC, 2014). I E4tech studien (E4tech, 2013), som har fokus på flytande bränslen, argumenteras t.ex. att en höjd inblandning av etanol i bensin till 20 procent (E20) är ett av de viktigaste stegen för att på relativt kort sikt höja andelen biodrivmedel. Utöver etanol som förnybar inblandning identifieras även biobutanol och etyltertiärbutyleter (ETBE) som intressanta alternativ. På dieselsidan anses fettsyrametylestrar (FAME) vara begränsad till dagens inblandningsgräns på 7 %, medan det anses vara av stort intresse att utveckla drop-in alternativ för diesel såsom hydrogenated vegetable oil (HVO) och skogs- eller algbaserade dieselsubstitut. HVO från oljebaserade råvaror är ett i stort sett kommersiellt bränsle redan idag och utveckling pågår för att kunna producera liknande drivmedel baserat på lignin som råvara. ERTRAC studien (ERTRAC, 2014) pekar i stort sett ut samma utvecklingsvägar som E4tech, men framhåller också tydligt fördelarna med att biogas kan blandas utan begränsning med fossil fordonsgas. Båda studierna anser att en av de största utmaningarna är att på ett hållbart sätt ta fram de stora mängder biomassa som behövs för att nå upp till den biodrivmedelsanvändning som krävs för att klara de europeiska ambitionerna för utsläppsminskning inom transportsektorn.

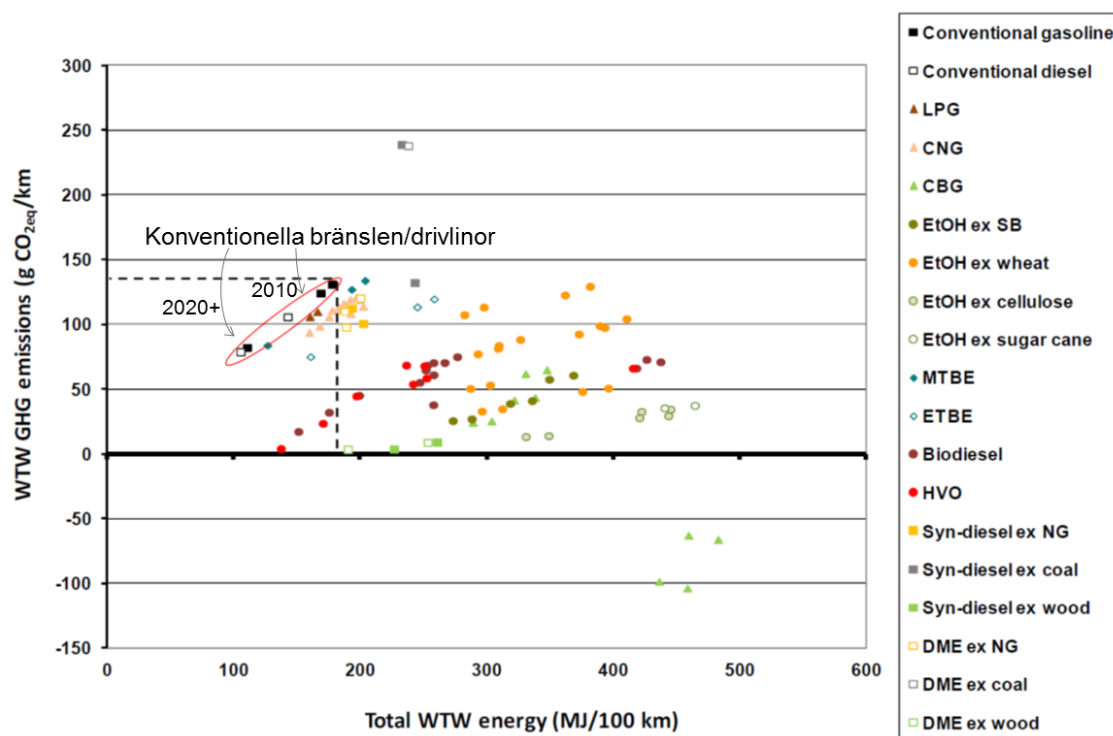
Volvo publicerade år 2008 en studie av möjliga framtida biodrivmedelsalternativ inom tunga transportsektorn (Volvo Group, 2008). Studien är under uppdatering och ska publiceras under 2015¹. Bränslealternativen klassas enligt olika kategorier, som beskriver deras potential samt prestanda ur miljö- och kostnadsperspektiv (se Figur 5). HVO som biodieselsalternativ, vilket utgör en betydande del av dagens biobränsleproduktion och -användning, är inte med i analysen, eftersom processen utvecklats i stor skala bara under de senaste åren. Ett spår som framställs som mycket intressant i Volvostudien är dimetyleter (DME) som dieselsubstitut. Bortsett från infrastrukturen för bränsledistribution som inte finns, så kan DME framställas mycket energieffektivt, i synnerhet baserat på svartlut inom pappers- och massaindustrin. Det senare kan också anses klassa bränslet lite som ett svenskt spår.

	Climate impact	Energy efficiency	Land use efficiency	Fuel potential	Vehicle adaptation	Fuel costs	Fuel infrastructure
Biodiesel	☼☼	☼☼☼	☼	☼	☼☼☼☼☼☼	☼☼☼	☼☼☼☼
Synthetic diesel	☼☼☼☼☼	☼☼☼ / ☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼☼☼	☼ / ☼☼☼	☼☼☼☼☼☼
DME – Dimethylether	☼☼☼☼☼	☼☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼
Methanol/Ethanol	☼☼☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼ / ☼☼☼☼☼☼	☼☼☼
Methanol/Ethanol	☼ / ☼☼☼	☼ / ☼☼☼	☼ / ☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼ / ☼☼☼	☼☼☼
Biogas	☼☼☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼☼☼	☼	☼☼ / ☼☼☼	☼
Biogas + Biodiesel	☼☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼☼☼	☼☼☼	☼ / ☼☼☼	☼
Hydrogen + Biogas	☼☼☼☼☼ / ☼☼☼☼☼	☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼☼☼	☼	☼☼ / ☼☼☼	☼

Figur 5: Volvos kartläggning och klassificering av olika biodrivmedelsalternativ för lastbilar (Volvo Group, 2008).

¹ Personlig kommunikation med Per Hanarp, Volvo Group Trucks Technology, 2015-01-26

En annan betydande studie på europeisk nivå – vilken också delvis ligger till grund för Volvostudien – är JEC well-to-wheel studien. Denna kom ut i december 2003 för första gången, men har uppdaterats kontinuerligt och den senaste versionen av rapporten publicerades våren 2014 (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014). I denna studie analyseras en lång rad olika drivmedel – fossila såväl som förnybara och el – i kombination med olika drivlinor, med syfte att peka ut de utvecklingsvägar som har störst potential ur energi- och miljösynpunkt från råvarukällan till körd sträcka. Tidsperspektivet för studien är 2020+. För biodrivmedel pekar studien framförallt på en markant ökning av den totala energianvändningen per körd km, beroende på förluster i omvandlingssteget från biomassa till flytande (eller gasformigt) drivmedel. Miljöprestandan i form av växthusgasemissioner för de olika bränslena visas vara mycket beroende av råvarutyp och produktionssätt för respektive drivmedel (se Figur 6). Naturgas, MTBE och ETBE (bensininblandning) och HVO (dieselinblandning) är de enda alternativen som enligt denna studie kan bidra till minskad primärenergianvändning och lägre växthusgasutsläpp samtidigt. Negativa utsläpp för biogas erhålls p.g.a. att man tillgodoräknar sig undvikta metanutsläpp från t.ex. gödsel som skulle släppa ut metan i atmosfären om den inte används för biogasproduktion.



Figur 6: Växthusgas- och energiprestanda av olika bränsle-drivlinjekombinationer enligt JEC WTW studien (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014).

Slutligen har tyska forskningsföreningen för förbränningsmaskiner (Forschungsvereinigung für Verbrennungskraftmaschinen – FVV) beställt en studie om framtida bränslen till motorer och turbiner med tidsperspektiv år 2020+ (Albrecht, et al., 2013). I expertpaneler och -diskussioner valdes 10 olika bränslen som analyserades i en så kallad fit-for-purpose matris (se Figur 7) för att bedöma deras potential för olika användningsområden.

Fuel	Cars	Duty vehicles	Ships	Aircrafts	Power / Stationary machines	Mobile machines
- Gas to liquids (GTL) - Hydrotreated veg. oils (HVO) - E-gasoline/E-kerosine/E-diesel - Heavy fuel oil to middle distillates						
Dimethyl ether (DME)	Like LPG	Like LPG				
Oxy-methylene ether (OME)	Blend	Blend	Blend			
Methanol (MeOH)					Handling?	
Compressed natural gas (CNG)		Long distance				
Liquefied natural gas (LNG)	Dormancy	Dormancy?				Dormancy?
Hydrogen (CGH2)				LH2?	Existing fleet?	

Strength/Opportunity

Undefined/Relative

Weakness/Risk

Figur 7: "Fit-for-purpose"-matris som bedömer användningspotential av drivmedlen i befintliga motorer (Albrecht, et al., 2013).

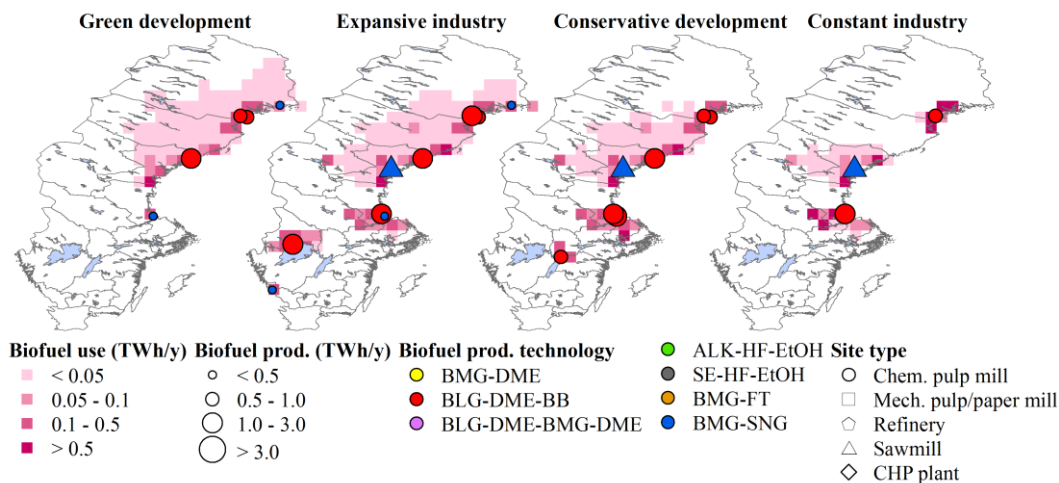
I studien kommer man fram till att det inte finns ett vinnande alternativ, utan att lösningen finns i en kombination av drivmedel under den närmaste framtiden (tidsperspektiv 2020+). Inblandning ses som ett mycket bra alternativ för en snabb ökning av andelen förnybar energi inom transportsektorn. Elektrobränslen visas vara klart dyrare i nuläget, jämfört med fossila alternativ, men deras stora potential för utsläppsminskning anses göra dem attraktiva på sikt. De kan spela en viktig roll i ett allt mer integrerat energisystem med stor andel förnybar elproduktion. HVO från alger ses som ett alternativ på lång sikt men man bedömer inte att det kommer in på marknaden till 2030. Metanol får låga betyg (enligt Figur 7), framförallt p.g.a. av dess toxicitet i samband med vattenlösligheten. I studien rekommenderas att fokusera forskningsinsatser på elektrobränslen och algbaserade bränslen, eftersom båda bedöms ha en stor potential på längre sikt. Framförallt e-bränslets roll för hela energisystemet (eftersom de kan användas som energilager för t.ex. överskott av förnybar elproduktion) bedöms vara av intresse för den framtida utvecklingen. Man lyfter dock även fram att forskning med fokus på att utreda osäkerheterna kring den faktiska potentialen för både algbaserade bränslen och elektrobränslen.

3 FÖRNYBARA DRIVMEDEL I VÄSTRA GÖTALAND

Generellt så beror omställningen till en mindre fossilberoende transportsektor i Västra Götaland i första hand på nationell och internationell (europeisk) utveckling. Marknaden för både bränslen och fordon är global och regelverk och standarder sätter gränser för hur mycket av olika biodrivmedel som kan användas t.ex. för inblandning. Dessutom påverkar de nationella styrmedlen i hög grad utvecklingen. Det råder i nuläget stor osäkerhet kring hur dessa styrmedel kommer att utformas efter år 2016.²

I detta avsnitt görs en översiktlig sammanställning av några viktiga regionala aspekter för utvecklingen av förnybara drivmedel, kopplat till några aktuella studier på nationell och regional nivå. Slutligen reflekterar vi över vilken industriell infrastruktur som finns i Västra Götalandsregionen och vilka synergier eller utvecklingsmöjligheter det finns för biodrivmedel.

BeWhere-studien (Wetterlund, et al., 2013) undersöker – på nationell nivå – möjliga synergieffekter med befintlig industri- och transportinfrastruktur vid lokalisering av anläggningar för biodrivmedelsproduktion. Den visar på fördelar med att förlägga en stor del av den framtida produktionen av biodrivmedel i anslutning till massabruk, vilka kan ses som dagens bioraffinaderier. Studien bygger på en geografiskt explicit optimeringsmodell för kostnadsminimering (ur systemperspektiv) för biodrivmedelsproduktion. Modellen pekar ut de minst kostsamma produktionsvägarna med hänsyn till råvarukostnader, anläggnings- och produktionskostnader samt distributionskostnader ur well-to-tank perspektiv. Det pekas på flera möjliga synergieffekter när man integrerar biodrivmedelsproduktion med befintlig industri. Kemiska massbruk lämpar sig t.ex. för både produktion av DEM och syntetisk naturgas (SNG) från svartlut och sågverk är en lämplig värmdindustri för produktion av SNG. Även andra integrationsmöjligheter med befintlig industri kan leda till bättre systemverkningsgrad (t.ex. integration med befintligt kraftvärmeverk). I Figur 8 visas lokaliseringen av drivmedelsproduktion för fyra olika scenarier.



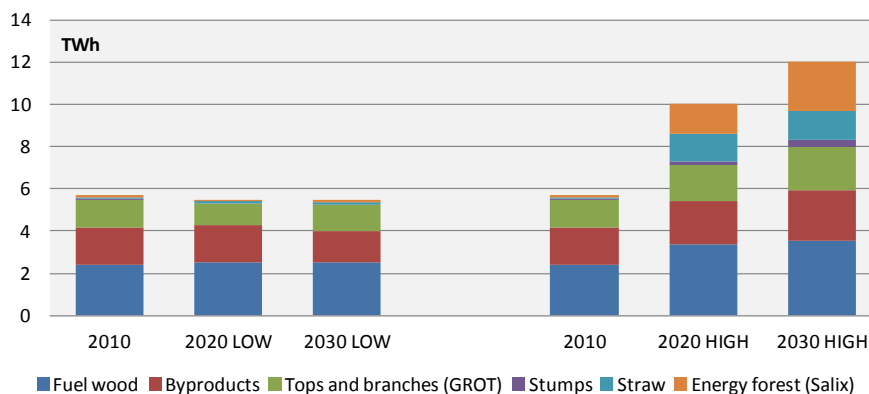
Figur 8: Preliminära resultat för lokalisering av biodrivmedelsprocesserna enligt fyra olika scenarier i BeWhere-studien (Wetterlund, et al., 2013).

² Dagens styrmedel gäller enbart till 31 december 2015. Regeringen har dock ansökt till EU om att få förlänga dessa ytterligare ett år, för att under tiden avsluta utformningen av och förankra ett nytt, mer långsiktigt, system.

Resultaten visar på ganska tydliga integrationsfördelar med att produktionen sker i norra Sverige med närhet till råvaran och massa- och pappersbruk. BeWhere-studien utvecklas löpande och fokus i den refererade studien har varit på skogsråvarubaserade processer. Resultaten ska därför betraktas som preliminära och indikativa där huvudsyftet är att bättre förstå de olika sambanden i hela värdekedjan för biodrivmedel.

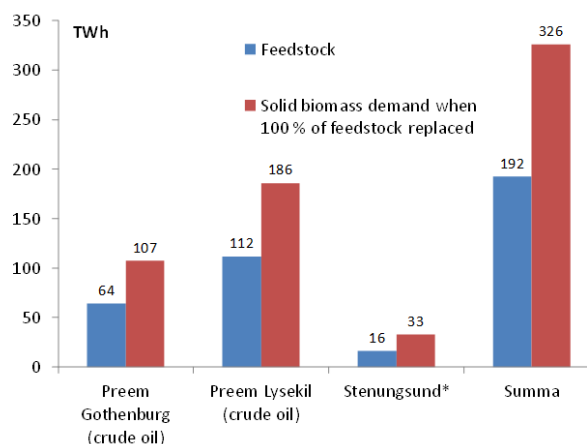
I en rapport om de regionala utmaningarna i den svenska Kattegatt/Skagerrak (KASK) regionen (Västra Götaland och Halland) påpekas att mycket som gäller på nationell nivå kan rakt av appliceras på KASK-regionen (Löfblad & Sköldberg, 2014). Nedskalning av nationell statistikdata för transportsektorn baserat på befolkningen (ca 20% av Sveriges befolkning bor i Västra Götaland och Halland) ger för nuläget bra överensstämmelse. Man antar därför att även färdplaner och framtidsscenarier för hela Sverige kan skalas ner till KASK-regionen med tillräcklig noggrannhet. Det påpekas även att en stor del av de åtgärder som behövs för att kunna nå de höga ambitionerna för utsläppsminskning inte kan påverkas av regionen, som till exempel ökad energieffektivisering av fordon.

En annan viktig aspekt som framhävs i en underlagsrapport är att regionen i nuläget importerar biomassa för att tillfredsställa behoven och även kommer att göra det i framtiden (Bisallion & Nilsson, 2014). Användningen av fast biomassa i regionen år 2010 på 7.5 TWh ställs mot en regional produktion av fast biomassa på 5.7 TWh. Uppskattningar av en maximal utveckling av potentialen för produktion av fast biomassa pekar på 10 TWh (år 2020) respektive 12 TWh (år 2039, se även Figur 9). Den uppskattade biomassapotentien räcker inte för att tillfredsställa det ökade behovet av biomassa inom alla olika sektorer inom regionen.



Figur 9: Potential för produktion av fast biomassa för energiändamål i den svenska KASK-regionen (tagen från Bisallion & Nilsson (2014))

I rapporten uppskattas också biomassabehovet om delar av den västsvenska raffinaderi- och kemiindustrin skulle ställas om helt och hållet till förnybara råvaror. Som visas i Figur 11 är det uppskattade biomassabehovet (326 TWh) ungefär tio gånger så högt som biomassapotentien till transportsektorn, enligt FFF-utredningen. Detta beror dels på att huvuddelen av produkterna från västsvensk raffinaderi- och kemiindustri exporteras och att den totala omsättningen av råolja därför överstiger total användning av drivmedel i Sverige, dels på effektivitetsförluster vid övergång till biomassa som råvara. Det måste påpekas att det är en mycket grov uppskattning av energibehovet, som trots detta dock kan användas som en illustration av hur stora energiflöden industrin hanterar och att fossilfrihet innebär stora utmaningar.



Figur 10: Grov uppskattning av råvarubehovet för två raffinaderier och en del av kemiindustriklustret i Stenungsund i Västra Götaland och motsvarande behov av biomassaenergi för en hundra procentig omställning till förnybara råvaror (tagen från Bisalloy & Nilsson (2014)).

Ytterligare en nationell studie om produktionspotential för biodrivmedel (Hansson & Grahn, 2013) pekar på en total biodrivmedelsproduktion på ca 25 TWh/år för 2030 under förutsättning av fortsatt utbyggnad av kapaciteten. Uppskattningen av produktionskapaciteten för de olika biodrivmedlen är baserad på information om planerade framtida anläggningar och antagande om en framtida tillväxt för respektive drivmedel. Om produktionspotentialen skulle skalas ner med en faktor sex, på samma sätt som i Löfblad och Sköldberg (2014), skulle detta motsvara en produktionspotential i Västra Götaland på 2,5 TWh år 2020 och 4,0 TWh år 2030.³ Eftersom denna studie baseras på faktiska och geografiskt specifika planer för utbyggnad av anläggningar kan dock en sådan schabloniserad nedskalning inte göras.

Argumenten för en fortsatt utbyggnad av biodrivmedelsproduktionen enligt Hansson & Grahn (2013) är bl.a. att Sverige som glest befolkat land inte borde ha några omedelbara markbegränsningar och att landet har en stor biomassapotentia. Dessutom nämns det att Sverige har ett försprång jämfört med andra EU-länder inom biodrivmedel, samt en väl utbyggd infrastruktur för både biomassahanteringen och distribution av alternativa drivmedel (E85). Vidare bedöms massa- och pappersindustrin kunna utgöra en betydande drivkraft för biodrivmedelsutvecklingen, med mycket kunskap och infrastruktur för bioraffinaderier på plats.

Inom Västra Götalandsregionen finns ett flertal viktiga industriella aktörsgrupper. Raffinaderi- och kemiindustrin är regionala aktörer som påverkar utvecklingen för bioenergi- och biodrivmedelsmarknaden i framtiden. Raffinaderiindustrin är t.ex. en mycket lämplig industri för integration av biodrivmedelsproduktion, eftersom upparbetningsstegen ofta redan finns på plats. Framförallt HVO-spåret är av stort intresse för raffinaderiindustrin och det pågår ett omfattande arbete med att bredda råvarubasen till bland annat lignin från skogsindustrin. Även kemiindustrin har ett stort intresse av övergång till förnybara råvaror. De fokuserar framförallt på att integrera biomassa-förgasning och kan därför bli en viktig drivkraft för utveckling av storskalig förgasningsteknik. Möjligheterna för Stenungsundsklustret att byta ut en del av de fossila råvarorna mot förnybar gas

³ I Löfblad & Sköldberg (2014) har de nationella siffrorna skalats ner till Västra Götalands region med en faktor 6 baserad på befolkningsstatistik från SCB (december 2013, Sverige: 9 644 864, Västra Götaland: 1 615 084).

- antingen producerad genom förgasning på plats eller importerad som biometan via naturgasnätet
- har till exempel studerats i Arvidsson (Arvidsson, 2014).

Även fordonsindustrin utgör en viktig aktör i regionen och flera satsningar görs inom t.ex. Volvokoncernen. Volvo har utvecklat både DME- och gashybridlastbilar som testats framgångsrikt i olika testprojekt (CleanTruck⁴, BioDME⁵) och jobbar mycket med profilen att företaget både är en del av problemet men även av lösningen till framtidens utmaningar inom transportsektorn. Denna drivkraft kan mycket väl tas tillvara på regional nivå för att realisera projekt och åstadkomma innovation inom biodrivmedelssektorn, även om själva Volvokoncernen är en global aktör som till största del styrs av internationella regler och lagar.

Slutligen så finns i Västra Götaland en kraftfull satsning på biometanproduktion från jordbrukssektorn, avfallsströmmar och skogsrester för att dra nytta av naturgasnätinfrastruktur och jordbruksresurser. 2010 beslutade regionen om ett regionalt program (Biogas Väst) för biometan med målet att öka produktion och användning av biobaserad fordonsgas till 2,4 TWh/år till år 2020.⁶ Göteborg Energis satsningar på biomassaeförgasning genom GoBiGas-projektet kan också ses som en mycket innovativ (om än vågad ur rent ekonomiskt perspektiv) satsning på ett av de huvudspår som pekas ut av FFF utredningen. Kompetensen inom förgasning som har byggts upp runt projektet GoBiGas och forskningen på Chalmers tekniska högskola om indirekt förgasning kan vara en viktig del i kunskaps- och innovationsspridning.

⁴ Lastbilar och bränslen som gör skillnad - CleanTruck (2010 – 2014), <http://www.stockholm.se/cleantruck> (2015-03-16)

⁵ BioDME project, <http://www.biodme.eu/> (2015-03-16)

⁶ Biogas Väst; <http://www.biogasvast.se/sv/Ovriga-sidor/Biogas-Vast/> (2015-03-31)

4 STYRANDE FAKTORER

I vilken utsträckning olika förnybara drivmedel har potential för att kunna bidra till en mer hållbar transportsektor och minskande utsläpp till miljön beror inte bara av egenskaperna hos det enskilda bränslet eller av produktionsprocessen för det bränslet, utan av de samlade förutsättningarna i ett komplicerat system. I Börjesson et al (2013) konstateras dessutom att inte heller omvandlings-effektivitet eller reduktion av växthusgaser generellt kan kopplas till ett specifikt drivmedel (t.ex. etanol), utan är beroende av hela processkedjan – från råvara till slutlig transportlösning.

I den här rapporten väljer vi trots det att diskutera potential och utvecklingsförutsättningar utifrån ett perspektiv där vi beskriver förutsättningar för olika typer av slutliga drivmedel, utan att i detalj specificera hela processkedjan (se Kapitel 5). Avsikten är att ge en förståelse för att det är olika typer av faktorer som är begränsande för olika typer av drivmedel. För att strukturera diskussionen har därför sex olika styrande faktorer som påverkar utvecklingen för ett enskilt drivmedel identifierats:

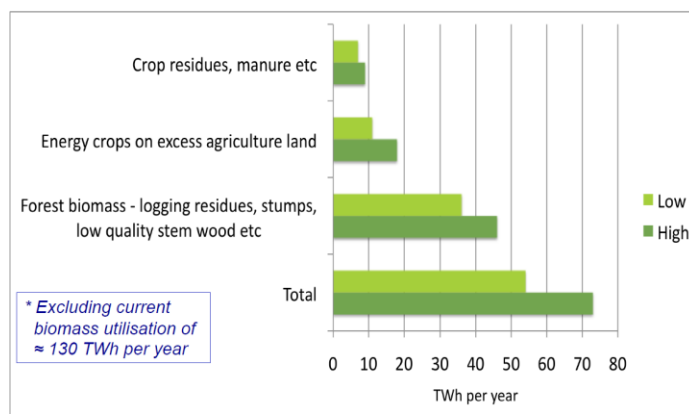
- Råvarupotential och -flexibilitet
- Hållbarhetsprestanda
- Produktionsförutsättningar
- Förutsättningar för användning i fordon
- Behov av infrastruktur
- Marknadsförutsättningar

Poängen med dessa sex styrande faktorer är att samtliga faktorer måste utvecklas parallellt för att en faktisk ökning av mängden förnybara drivmedel ska kunna ske. Det räcker inte med att produktion finns om marknaden saknas och vice versa.

I detta kapitel beskrivs på vilket sätt var och en av dessa faktorer påverkar potentialen för förnybara drivmedel generellt, respektive på vilket sätt de är kopplade mer direkt till typ av drivmedel. De senare, mer drivmedelsspecifika, aspekterna diskuteras sedan mer utförligt för varje drivmedel i kapitel 5. I mycket generella termer kan man säga att de första faktorerna ovan är mer knutna till typ av råvara och i mindre utsträckning beroende av slutligt drivmedel, medan det för de tre sista är tvärtom.

4.1 RÅVARUPOTENTIAL OCH -FLEXIBILITET

Den totala potentialen för biodrivmedel beror i första hand på den totala potentialen för hållbar biomassa (eller biobaserade biprodukter) av olika typer (se Figur 11).



Figur 11: Svensk biomassapotentia för biodrivmedel inkl. ekologiska, tekniska och ekonomiska begränsningar (Börjesson, et al., 2013)

Vilken typ av biodrivmedel som produceras och används har mindre betydelse, eftersom de flesta biodrivmedel *kan* produceras från vilken biomassa som helst. Naturligtvis skiljer sig omvandlingseffektivitet (och kostnad) från råvara till färdigt drivmedel åt beroende på processkedja, teknikutveckling, lokalisering, integrationsmöjligheter o.s.v. Om man pratar om en total bedömning av framtida potential är dock osäkerheten generellt så stor att dessa skillnader inte i större utsträckning påverkar bedömningen.

I Börjesson et al (2013) bedömdes därför den totala potentialen för produktion av biodrivmedel från svensk biomassa på kort sikt (ca 2030) till motsvarande i storleksordningen 25-35 TWh (50-70 TWh biomassa). En sådan omfattning förutsätter dock att biodrivmedel till kraftigt ökande andel produceras från skogsbaserad biomassa, eftersom denna står för nästan två tredjedelar av den tillkommande potentialen (mest avverkningsrester som grenar och toppar (GROT)). I denna bedömning ingår inte möjligheter till utökad råvarubas genom ökad tillväxt av stamved eller biomassa från alger. På längre sikt (30-50 års sikt) skulle potentialen kunna öka ytterligare till 40-50 TWh per år (80-100 TWh biomassa) eller dubbelt så mycket om ökad tillväxt av stamved (generellt och genom behovsanpassad gödsling) räknas in (uppemot 200 TWh biomassa). I bedömningen har nuvarande användning av biomassa inom skogsindustrin och dagens uttag av skogsbränsle undantagits. Å andra sidan har inte heller konkurrens från användning av biomassa för produktion av ”nya” biobaserade produkter tagits hänsyn till. Hur efterfrågan inom dessa områden utvecklar sig kan naturligtvis få betydande inverkan på total drivmedelspotential. Man kan dock notera att det finns trender som tyder både på minskande efterfrågan (t.ex. tidningspapper) och ökande (t.ex. kemikalier eller textilier).

Total potential beror också på typ av bioråvara, eftersom olika råvaror är olika svåra att omvandla till drivmedel lämpligt för transporter. Generellt kan man dock säga att potentialen för råvaror som enkelt kan omvandlas till drivmedel till stora delar redan utnyttjas och att tillkommande volymer av dessa råvaror kan anses vara begränsade. Huvuddelen av tillkommande potential utgörs, åtminstone i ett kort- till medellångt perspektiv, av olika former av lignocellulosa. På lång sikt skulle utveckling av särskilt anpassade algodlingar, eller liknande, kunna få en inverkan. Den långsiktiga tekniska potentialen för alger har bedömts vara mycket stor, men det finns stora osäkerheter.⁷

⁷ Den långsiktiga globala tekniska potentialen från alger har uppskattats till 515 EJ (143 000 TWh) per år (Florentinus, et al., 2014), d.v.s. i storleksordning av dagens globala totala energianvändning. Odlingen

Eftersom den totala potentialen inte kan kopplas direkt till drivmedelstyp och att produktion av *ett* biodrivmedel dessutom påverkar potentialen för andra drivmedel diskuteras inte denna aspekt vidare för enskilda drivmedelstyper i nästa kapitel. Däremot diskuteras *råvaruflexibiliteten* för olika drivmedel. Råvaruflexibilitet, liksom i vilken utsträckning omvandlingseffektiviteten påverkas av olika råvaror, skiljer sig mellan drivmedel. Detta kan också påverka produktionspotential för en viss kostnads- och/eller effektivitetsnivå. För ett visst drivmedel (t.ex. metan) kan man därför i princip ta fram en kostnads-potential-kurva (eller effektivitets-potential-kurva) där en viss mängd (från avfall och avlopp) finns tillgänglig till dagens kostnad, en större mängd kan utvinna vid rötning av andra restprodukter eller biogasgrödor och en tredje nivå (mer kopplad till total biomassapotential) fås om metan produceras via förgasning av lignocellulosa. För andra drivmedel är enbart den sista nivån relevant.

Potentialen för förnybar el som drivmedel, eller för produktion av flytande/gasformiga drivmedel med hjälp av el (s.k. elektrobränsle) har inte samma principiella råvarukopplade begränsningar. Här begränsas den totala potentialen mer av andra faktorer, som teknikutveckling på användarsidan, infrastruktur och marknad (se nedan) samt mer eller mindre direkt av produktionskostnaden för förnybar el.

4.2 HÅLLBARHETSPRESTANDA

Hållbarhetsprestandan⁸ hos olika förnybara drivmedel är absolut central för respektive drivmedels potential – både formellt, eftersom det finns tvingande regelverk för att säkerställa hållbarheten och mer informellt, eftersom konsumenternas attityder och marknaden påverkas kraftigt av om drivmedlet uppfattas som ett hållbart alternativ eller inte. Det är samtidigt en oerhört komplex fråga och det finns stora osäkerheter kring vad god hållbarhetsprestanda innebär *och* hur den kan beräknas/bestämmas och kontrolleras. Förenklat skulle man dock kunna säga att ett biodrivmedels hållbarhetsprestanda i de flesta fall påverkas mest av typ av råvara och råvarans ursprung samt av behovet och typ av energianvändning för odling. För samma råvara är dock även produktionsprocessen, inklusive hur produktionen integreras och biprodukter används, centralt. Slutligen har också effektiviteten i användarledet betydelse, men skillnaden mellan olika biodrivmedel är i det här perspektivet förhållandevis liten. Hållbarhetsprestandan kan därmed inte knytas direkt till typ av drivmedel, även om det för vissa drivmedel finns större potential för hållbar produktion i närtid än för andra.

bedöms ske mestadels i moderata till tropiska klimatzoner. Begränsningar (sociala, ekonomiska, ekologiska) för potentialen inte tagits hänsyn till i angiven källa, eftersom de är mycket svårbedömda. För odling av alger finns även stora tekniska osäkerheter (t ex kring energibalanser för att uppnå höga utbyten).

⁸ Här avses miljömässig och social hållbarhet, ekonomisk hållbarhet tas bara indirekt upp i rapporten, genom den genomgående diskussionen om olika drivmedels potential (vilken är kopplad till de ekonomiska förutsättningarna).

Det finns många olika aspekter som påverkar den totala hållbarhetsprestandan för ett förnybart drivmedel. Några av de aspekter som oftast lyfts fram är på vilket sätt drivmedelsproduktionen påverkar:

- Utsläpp av växthusgaser från odling och processer
- Biodiversitet
- Växthusgaser från förändrad markanvändning (direkt och indirekt)
- Socioekonomiska aspekter

Det är för den första av dessa aspekter som det hittills finns en kvantitativ reglering genom EU:s förnybarhetsdirektiv (2009/28/EG – Renewable Energy Directive (RED)).⁹ Enligt förnybarhetsdirektivet ska förnybara drivmedel reducera de totala utsläppen av växthusgaser från råvara till bränsle med minst 35% jämfört med motsvarande fossilt bränsle till och med 2016, med 50% från 2017 och med 60% från 2018, för att få räknas in i uppfyllelsen av de nationella målen för andel förnybara drivmedel eller utgöra grund för finansiellt stöd. Dessutom ingår krav kopplade till biodiversitet och mångfald genom att vissa marktyper undantas. I april 2015 har EU parlamentet röstat för en revision av både förnybarhetsdirektivet och bränslekvalitetsdirektivet.¹⁰ I revisionen begränsas möjligheterna för medlemsstater att nå upp till 10% förnybar energi inom transportsektorn genom biodrivmedel från grödor, som högst får stå för 7%. Resterande andel ska komma från elektrifiering, drivmedel från avfallsströmmar samt avancerade biodrivmedel. Syftet med revisionen är att minska risken för växthusgasutsläpp från indirekta markanvändningseffekter.

⁹ Förnybarhetsdirektivet är ett av de nationella och internationella regelverk som finns för att säkerställa hållbarheten hos drivmedel. Inom EU finns även Bränslekvalitetsdirektivet (98/70/EG), i USA ”Renewable Fuel Standard” och utveckling av standarder pågår inom EU/CEN och ISO. Olika frivilliga certifieringssystem (t.ex. Round Table of Sustainable Fuels) kopplas till Förnybarhetsdirektivet, d v s ett företag kan ansluta sig till ett av EU godkänt certifieringssystem för att bevisa att de uppfyller hållbarhetskraven som krävs i direktivet.

¹⁰ European Parliament, <http://www.europarl.europa.eu/oeil/popups/summary.do?id=1387307&t=e&l=en>, Preliminär utgåva av direktivet: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=EN&reference=P8-TA-2015-0100> (2015-06-20)

I Tabell 2 presenteras några generella hållpunkter rörande faktorer som åtminstone i de allra flesta fall kan knytas till högre eller lägre hållbarhetsprestanda. Samtliga dessa hållpunkter är oberoende av slutligt drivmedel.

Tabell 2: Generella aspekter som kan kopplas till hållbarhetsprestanda.

	Lägre hållbarhetsprestanda	Högre hållbarhetsprestanda	Kommentar
Typ av råvara (direkta effekter)	Råvara från mark med hög biodiversitet och från mark med hög andel markbundet kol. Hög energi-användning vid odling/skörd (oftast jordbruksgrödor). Fossil energi-användning vid odling/skörd.	Avfall och rest-produkter om dessa annars går till spillo. Låg energianvändning vid odling/skörd (t.ex. skogsråvara).	Råvara från mark med hög biodiversitet och från mark med hög andel markbundet kol får ej användas enligt RED. Effekter från alternativ användning av rest-produkter räknas ej in enligt RED.
Produktionsprocess	Låg energieffektivitet; större andel fossil energianvändning; outnyttjade biprodukter.	Hög energieffektivitet; förnybar energi; integrerad process och högt totalt råvaru-utnyttjande.	Effekter från användning av biprodukter räknas ej in i kriterier enligt RED-direktivet.
Indirekta effekter från förändrad markanvändning	Markanvändning i direkt konkurrerans med matproduktion (förmodligen/oftast).	Avfall, förmodligen även skogsråvara, alger.	Mycket svårt att sätta generella kriterier. Principer för reglering under debatt.
Socioekonomiska effekter	Länder med svag social lagstiftning och institutionell struktur för övrigt.	Länder med stark social lagstiftning.	Finns viktiga socioekonomiska effekter även från fossila bränslen. Kriterier saknas.

4.3 PRODUKTIONSFÖRUTSÄTTNINGAR

Naturligtvis är teknisk status för produktionsprocessen viktig för respektive drivmedels övergripande potential på kort och lång sikt. Den är också i viss utsträckning kopplad till vilket drivmedel som produceras och diskuteras därför vidare i nästa kapitel. Status för olika produktionsprocesser kan dock även beskrivas i mer generella termer och tillgängliga omvandlingstekniker kan då grovt delas in i tre grupper:

Idag kommersiell teknik för omvandling till förnybara drivmedel i (relativt) stor skala omfattar framförallt omvandling av oljerik råvara till biodiesel (FAME och HVO), socker- eller stärkelserik råvara till etanol samt omvandling av lämpliga biomassasubstrat till biogas via rötning. Gemensamt för dessa processer är att man utgår från en råvara som är relativt lätt, kemiskt sett, att omvandla till aktuellt drivmedel samt att det finns en stark koppling mellan den råvara som används och vilket drivmedel som produceras. Idag har processerna dessutom det gemensamt att tillgänglig, hållbar, råvarumängd är relativt sett begränsad och att en produktionstillväxt som leder till dramatiskt ökade volymer, jämfört med de nivåer som tillverkas idag, därmed är mindre sannolik. Detta behöver dock inte nödvändigtvis vara fallet på lång sikt, om nya råvaror som till exempel oljerika alger utvecklas. Utöver de processer som nämns ovan skulle även produktion av förnybar el som drivmedel kunna räknas till den här gruppen.

Produktionen av HVO kan i vissa avseenden ses som ett specialfall, eftersom processen i högre utsträckning bryter ner råvaran och dessutom integreras med befintliga raffinaderier. Detta skapar större råvaruflexibilitet än övriga processer i denna grupp och en lägre kostnadsbild än produktionsteknikerna i nästa grupp. Steget till att utöka råvarubasen kan för den här tekniken alltså ligga närmare i tiden.

Teknik för omvandling av lignocellulosa till förnybara drivmedel i stor skala befinner sig idag i demonstrationsstadiet och i vissa fall på gränsen till kommersialisering (där det finns tillräckliga styrmedel). Detta omfattar både biokemisk omvandling till alkoholer (oftast etanol) och termokemisk omvandling till syntesgas för fortsatt syntes till drivmedel, varav den förra dock har demonstrerats i något större omfattning. Gemensamt för dessa processer är dels att de baseras på en råvara som idag och på medellång sikt kan anses vara både generellt mer hållbar och ha större potential än de råvaror som hittills använts. Båda dessa processer har också något större flexibilitet när det gäller vilket slutligt drivmedel som kan produceras. Särskilt gäller detta den termokemiska processen, vilken är mycket flexibel och skulle kunna användas som grund för att ta fram ett skräddarsytt förnybart drivmedel (se nedan).

Ur rent teknikstatusperspektiv kan även tekniken för produktion av så kallade elektrobränslen (d.v.s. produktion av flytande eller gasformiga drivmedel med hjälp av el och en koldioxidström) anses ligga i den här gruppen. Själva produktionsprocessen består av känd och kommersiellt tillgänglig teknik. Denna process är dock längre från kommersialisering av kostnadsskäl.

Teknik som kan vara lovande på lång sikt, men som ännu befinner sig på ett tidigt utvecklingsstadium kan, slutligen, omfatta till exempel de flesta processer för algbaserade drivmedel samt olika former av artificiell fotosyntes eller liknande, där solljus till exempel omvandlas med hjälp av modifierade cyanobakterier direkt till diesel. Det finns här teoretisk potential att höja effektiviteten för omvandling från solljus till (flytande) drivmedel ytterligare, i och med att särskilt produktiva organismer används eller om steget att bilda biomassa kan hoppas över.

Ovanstående beskrivning ger en starkt förenklad bild av teknikläget för produktion av drivmedel. Inom varje grupp finns ett stort antal olika varianter, som skiljer sig åt sinsemellan vad gäller aktuellt teknikläge och det finns även produktionsprocesser som kan anses befinna sig i mellanstadier. Möjlig omvandlingseffektivitet skiljer sig också betydligt inom varje grupp, beroende på utformning av process och möjligheter till integration och samproduktion av flera produkter. I vissa fall, där skillnaderna är kopplade till typ av drivmedel, tas de upp i Kapitel 5, men för övrigt hänvisas till översikten i till exempel Börjesson et al (2013).

4.4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ANVÄNDNING I FORDON

På vilket sätt teknikens status för slutanvändning av förnybara drivmedel i fordon påverkar respektive drivmedels potential är på ett helt annat sätt än för ovanstående faktorer direkt beroende av vilket drivmedel som avses. Motorutveckling, -prestanda och på vilket sätt olika drivmedel påverkar utsläpp tas därför upp för de olika drivmedlen i Kapitel 5. Några principiella frågeställningar, mer kopplade till typ av fordon och grupper av drivmedel, beskrivs här.

Den första gruppen kan klassificeras som de fordon och motorer som finns idag. Dessa består till absolut övervägande del av bensin- och dieseldrivna vägfordon. Även inom övriga segment som arbetsfordon, sjöfart och flyg handlar det om motorer för fossila bränslen som diesel och jetbränsle. Huvuddelen av motorutveckling har fokuserat på dessa bränslen, varför vi också har haft en betydande effektivisering och minskande utsläppsnivåer från fordonen. För dessa fordon behövs alltså förnybara drivmedel som kan användas i befintliga motorer utan särskild anpassning.

Det första steget består av *inblandning* av förnybara drivmedel i de fossila bränslena (diesel och bensin). Detta steg har redan tagits i och med inblandning av FAME i diesel och etanol i bensin. Möjlig inblandningsgrad begränsas dels av tekniska skäl – högre inblandning kräver anpassningar av motorer och bränslesystem – men också av regelverk i form av t.ex. styrmedel, motorstandarder och bränslespecifikationer. Möjlig inblandning kan alltså ökas dels genom utveckling av de förnybara drivmedlen (som t.ex. skett genom utvecklingen av HVO), dels genom förändringar i regelverket. Dagens motorer skulle direkt eller med mycket små justeringar kunna hantera en något högre inblandning av t.ex. etanol (eller andra alkoholer) i bensinen (se även avsnitt 5.1.2).

Nästa steg brukar benämnas *drop-in-bränslen*. Det avser då bränslen som är i stort sett identiska med motsvarande fossila bränsle och som därför kan blandas in i valfri andel, utan att påverkas av motorstandarder eller bränslespecifikationer. I praktiken är det dock en flytande skala mellan inblandning och drop-in – HVO är ett exempel på ett bränsle som redan idag *nästan* motsvarar drop-in-kriterierna, men inte fullt ut. Hittills har utveckling och produktion av drop-in-bränslen fokuserat på dieselbränslen (eller bränslen som kan användas i dieselmotorer, vilket inte nödvändigtvis behöver vara samma sak) av framför allt två skäl; dels p.g.a. dieselmotorns högre effektivitet, dels på grund av att en ökande andel dieselfordon under senare år lett till ett visst underskott av diesel (och förväntan om att detta kommer att förstärkas). Det pågår dock utveckling även av s.k. syntetisk bensin som kan framställas från lignin¹¹. Exempel på drop-in-bränslen för andra (mindre) marknader är till exempel utveckling av förnybara jet-bränslen för flyg eller inblandningen av biogas i naturgasen för gasmotorer.

Anpassade motorer för förnybara drivmedel, avser tekniskt väl utvecklade motorer med dokumenterat goda utsläppskaraktistika, men för vilka det idag inte finns någon större produktion och/eller marknad, i alla fall inte i Europa. Även om dessa motorer har potential för hög verkningsgrad och goda kommersiella förutsättningar på lite sikt är de av naturliga skäl i allmänhet inte lika optimerade som de ovan, eftersom den sista utvecklingen sker först med ökande efterfrågan på tekniken. Exempel inom den här gruppen kan vara motorer särskilt anpassade för till

¹¹ Bensin av skogsrester hett spår för Preem, Dagens Nyheter, 2014-09-09, <http://www.dn.se/motor/bensin-av-skogsrester-hett-spar-for-preem/> (2015-03-31)

exempel etanol, metanol, metan eller DME, vilka samtliga är mycket bra bränslen ur ett motorperspektiv (se vidare Kapitel 5).

Motorforskningen har även lett till att nyutvecklade kombinationer av motorkoncept och drivmedel som kan bli särskilt intressanta i framtiden har identifierats. Det kan vara motorer anpassade för drivmedel som möjliggör framtida fordon med högre drivlineeffektivitet, lägre miljöskadliga utsläpp och i vissa fall även lägre kostnader. Sådana drivmedel har under senare tid börjat benämnas *skräddarsydda drivmedel* (eller tailor-made fuels) och forskningen inom området har intensifierats. Motortekniskt finns ju idag inte färdigutvecklade motorer som är särskilt optimerade för dessa drivmedel. Tanken utgår dock från att bygga vidare på dagens motorkoncept och utnyttja de mest fördelaktiga drivmedelsegenskaperna, vilket gör att steget till kommersiella motorer (om drivmedlen finns tillgängliga) bör vara relativt kort (kan även avse ”tailor-made drop-in”).

Slutligen förtjänar möjligen el- och hybridfordon en egen grupp, trots att de i vissa avseenden stämmer väl in på föregående och i vissa avseenden skiljer sig mycket åt sinsemellan. Både elfordon och hybridisering innebär betydande effektivisering av drivlinan samt låga utsläpp. Ur drivmedelsperspektiv är förnybar el dock ett rent ”drop-in-bränsle”, jämfört med fossil el, så de tekniska utmaningarna är inte knutna till just förnybarheten. För rena elfordon är nyckelutmaningen istället knuten till möjligheten att lagra energi, d.v.s. utveckling av långlivade batterier med hög kapacitet.

4.5 BEHOV AV INFRASTRUKTUR

Behovet av infrastruktur för en accelererad övergång till förnybara drivmedel omfattar flera olika områden. Här diskuteras dock främst infrastruktur för transport, distribution och tankning av förnybara drivmedel samt infrastruktur kopplat till produktion och råvaruhantering. Även den aktuella fordonsparken utgör en del av det befintliga systemet och av infrastrukturen ur det perspektivet att den tar tid att förändra. Här diskuteras dock omsättningen av fordon under marknad (se avsnitt 4.6).

Sverige är ett glest befolkat land, vilket gör att infrastruktur för transport och distribution av drivmedel är relativt sett mer kostsam än i många andra länder. Eftersom olika förnybara drivmedel ställer olika krav på anpassning eller uppbyggnad av sådan infrastruktur måste detta tas hänsyn till. Även när det gäller infrastruktur för transport och distribution, finns det betydande fördelar med drop-in bränslen, eftersom man då kan fortsätta använda samma tankbilar, tankstationer o.s.v., som idag. De förnybara drivmedel som ställer högst krav på ny infrastruktur är å andra sidan de som inte är i flytande form, d.v.s. gasformiga drivmedel och, i vissa avseenden, el (se vidare nedan). Mindre omfattande utveckling av infrastrukturen krävs för flytande drivmedel med delvis andra egenskaper än bensin och diesel, t.ex. avseende korrosion, smörjning eller brandsäkerhet.

I Sverige har betydande steg redan tagits för utveckling av infrastrukturen inom det här området. System för tankning av biogas täcker idag ca 30% av kommunerna och det finns tankningsmöjligheter för E85 i stort sett hela landet¹². När det gäller E85 (eller andra rena biodrivmedel) är tillgången till drivmedel i resten av Europa svag. Eftersom biogas är ett rent drop-in-bränsle för

¹² 87 av de 290 svenska kommuner har tankställen för gasbilar enligt Gasbilen.se (<http://www.gasbilen.se/Att-tank-a-din-gasbil/Tankstallen> – 2015-03-03)

naturgas i gasfordon har detta bränsle tvärtom en bättre utbyggd infrastruktur i många delar av Europa än i Sverige. Vidare så har EU kommit med ett direktiv för infrastruktur för förnybara bränslen där medlemsländerna ska ta fram en färdplan för att förbättra tankstationsinfrastruktur för bl.a. fordonsgas, el och vätgas till år 2025 (EU, 2014). Avståndet mellan compressed natural gas (CNG) tankstationer (för bilar) ska inte överskrida 150 km och mellan flytande naturgas (LNG – liquefied natural gas) terminaler (för tung trafik) bör det maximala avståndet enligt direktivet vara 400 km. För andra förnybara drivmedel (utöver inblandning och drop-in), som till exempel DME, metanol, ren rapsmetylester (RME) etc., pågår ingen särskild anpassning eller utveckling av generell infrastruktur. För denna typ av bränslen diskuteras istället oftast en introduktion på särskilda marknader, där behovet av infrastruktur är mer begränsat. Exempel är användning av metanol inom sjöfarten där ganska omfattande färjetrafik kan genomföras med bara enstaka tankningsstationer eller användning av ren RME inom ett specifikt åkeri med företrädesvis lokal trafik¹³.

För el som drivmedel kan infrastrukturensituationen ses ur två perspektiv. Å ena sidan har vi en mycket väl utbyggd infrastruktur för el generellt, där el finns framdragen i princip överallt. Den här infrastrukturen kan med ganska begränsade insatser användas för långsam laddning av elfordon (över natt eller under arbetsdagen), vilket skulle kunna vara tillräckligt för att ersätta en betydande del av bränsleanvändningen i olika typer av laddhybrider. Å andra sidan saknas nästan helt särskilt anpassad infrastruktur för snabbaddning av elfordon på motsvarande sätt som vi idag tankar våra bensin- och dieselfordon. Sådan infrastruktur krävs om el ska användas för längre transportsträckor även i rena elfordon eller om andelen eldrift i elhybridfordon ska nå mycket höga nivåer. För att den typen av infrastruktur ska utvecklas krävs omfattande investeringar. Ännu mer omfattande satsningar skulle krävas för att möjliggöra användning av betydande andel el i tunga vägfordon, genom utveckling av till exempel så kallade elvägar¹⁴.

Parallellt med långa avstånd, vilka försvårar och fördyrar även råvarutransporter, har Sverige på tillförselsidan också fördelar, genom ett väl utbyggt logistiksystem för hantering av skogsråvara och en omfattande skogsindustri och därmed betydande potential för integration med befintlig industri. I stor utsträckning diskuteras integration med skogsindustri och utveckling av integrerade bioraffinaderier. Det finns också möjlighet att utnyttja befintlig infrastruktur genom integrering med bränsleproduktion i oljeraffinaderier. Ett exempel på sådan integration är produktion av HVO, där slutsteget sker i utrustning som redan innan fanns tillgänglig i raffinaderiet. Studier av inverkan av geografiska aspekter som transportavstånd och befintlig infrastruktur (till exempel industri- anläggningar och fjärrvärmenät) på lämplig lokalisering av drivmedelsproduktion har genomförts med hjälp av BeWhere-modellen.

¹³ Exempel med regional (och generell) bäring omfattar Stenas satsning på metanoldrift i sina färjor – där den första färjan, Germanica, konverteras till metanol under våren 2015 – och Perstorps försäljning av B100 (år 2012 ca 50 000 m³) till bussbolag och liknande. Dessa behöver då göra vissa materialanpassningar (främst packningar och rör) samt få godkännande från motortillverkare (Börjesson, et al., 2013).

¹⁴ Detta "drivmedelsalternativ" för transporter tas inte upp i den här rapporten. Se istället till exempel FFF-utredningen (Johansson, 2013) och en av underlagsrapporterna till denna utredning (WSP, 2013).

4.6 MARKNADSFÖRUTSÄTTNINGAR

Diesel och bensin kommer att dominera drivmedelsmarknaden för transporter globalt under en betydande tid framåt. Även i Sverige kommer den befintliga fordonsparken att påverka marknadsförutsättningarna för förnybara drivmedel under åtminstone de närmaste 10-15 åren. Medelåldern för skrotning av svenska personbilar är ca 17 år¹⁵ och medelåldern för personbilar i trafik är ca 10 år. Tunga fordon i kommersiell drift har en något snabbare omsättningscykel och en medelålder på idag 6-7 år (SCB, 2015).

Detta påverkar naturligtvis också utbudet av fordon och utvecklingen av fordonsteknik. Under senare år har framförallt utvecklingen av mer bränslesnåla diesel- och bensinmotorer tagit stora steg framåt, bland annat genom införande av olika typer av hybridisering. De certifierade genomsnittsutsläppen för personbilar har, till stor del genom effektivisering, sjunkit från 194 g CO₂/km år 2005 till 133 g CO₂/km år 2013.¹⁶ De snålaste personbilarna i dagsläget är ladd-hybriderna som har utsläppsnivåer under 50 g CO₂/km eller rena elbilar som har nollutsläpp lokalt från bilen. Däremot leder även eldrift till utsläpp från elproduktionen, åtminstone på kort till medellång sikt. Även på den tunga sidan har man under senare år sett en tydlig utveckling mot effektivare fordon, bland annat genom delvis hybridisering. För fordon anpassade för rena eller höginblandade förnybara drivmedel har man hittills inte sett samma utveckling. Detta har gjort att marknaden för mer konventionella fordon på sätt och vis stärkts. I Europa har man under senare år också sett ett tydligt skifte mot en större andel bilar med dieselmotorer, genom deras betydligt bränslesnålare motorer samt deras utveckling mot renare avgaser och bättre drivmoment än tidigare. Detta har också medfört en ökad fokusering på dieselbränslen i utvecklingen av förnybara drivmedel.

Med denna bakgrund finns det många marknadsfördelar med drop-in-bränslen för bensin och diesel. Det innebär också att en snabb ökning av andelen förnybara drivmedel på kortare sikt förutsätter en utveckling mot ökad inblandning (och i förlängningen drop-in-bränslen). Det kan dock även finnas en risk för inlåsnings effekter, där man kan gå miste om möjliga fördelar med anpassade förnybara drivmedel, om fokus ligger allt för starkt på just drop-in. Möjliga scenarier för en övergång från inblandning till rena biodrivmedel skulle kunna skisseras utifrån FFF-utredningen (se Kapitel 2). Dessa räkneexempel säger dock inget om *vilka* rena biodrivmedel som skulle dominera, eller i vilken utsträckning fordonen behöver anpassas jämfört med dagens fordon.

Samtidigt finns det flera mindre marknader som redan idag har fordon anpassade för förnybara drivmedel och det finns också tydliga drivkrafter för utveckling och kommersialisering av alternativa fordonstyper. Gasmarknaden har, bland annat på grund av utvinning av skiffergas i USA, präglats av låga gaspriser vilket kan komma att påverka marknaden för gasfordon. I Europa kommer marknaden även att påverkas av det nya infrastrukturdirektivet (se ovan). Utvecklingen av gasfordon drivs framförallt av naturgasmarknaden, vilket gör att dessa har en viss internationell marknad trots att biogas för fordonsmarknaden finns i få länder. Trots det handlar det fortfarande om mycket små andelar av den totala fordonsmarknaden. År 2013 var andelen gasfordon i Europa 0,4 %, vilket motsvarar totalt ca 1,1 miljoner fordon (störst andel i Italien). Globalt är marknads-

¹⁵ BilSweden, Skrotade bilar per årsmodell, <http://www.bilsweden.se/statistik/bilskrotning/bilskrotningen-fran-03-13/bilskrotning-under-2013/arsmodellskrotade2013> (2015-07-01)

¹⁶ Transportstyrelsen, Statistik över koldioxidutsläpp, <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik-och-register/Vag/Statistik-over-koldioxidutslapp> (2015-07-01)

andelen större (1,6 % resp. 17,7 miljoner fordon), men drivs upp av ett fåtal länder med mycket hög marknadsandel (t.ex. Pakistan och Bangladesh).¹⁷ Marknaden för gasfordon för den tunga marknaden har hittills varit störst för bussar och inom kollektivtrafiken i Skåne, Västra Götaland och Stockholm. Genom utveckling av tankstationer för flytande fordonsgas har dock förutsättningarna för att kunna köra även tunga gasfordon längre sträckor förbättrats. Som ett resultat av samarbetet inom projektet BiMe Trucks 2010-2013 byggdes fem tankstationer för LNG och levererades totalt 70 tunga fordon med s.k. metandieselteknik (Larsson & Ekengren, 2014).

I USA och, framför allt, Brasilien finns också en betydande marknad för flexi-fuel-fordon, som kan köras på valfri blandning av etanol och bensin. I Brasilien bestod till exempel 88 % (eller nästan 3 miljoner) av nyregistrerade personbilar under 2014 av flexi-fuel fordon medan det i USA fanns år 2011 ca 1 miljon fordon totalt för E85 och E95¹⁸ (US DOE, Alternative Fuels Data Center). I Sverige har marknaden minskat betydligt sedan mitten av 00-talet, då förmånsvärdet för etanolbilar var särskilt gynnsamma, men det finns flera flexi-fuel bilar på den svenska personbilsmarknaden och under senare år har även deras bränsleekonomi förbättrats.

Hybridisering av fordon drivs i första hand av möjligheten till effektivisering av drivlinan som helhet och till stor del sker detta, som nämnts ovan, i bensin- och dieselbilar. Tekniken överförs dock gradvis även till andra fordon, i mars 2014 lanserades till exempel Volvo nya gasbilsmodeller med hybridisering för minska bränsleförbrukning.¹⁹

Under senare tid har även marknaden för plug-in hybrider och, i viss mån, rena elfordon börjat utvecklas. I båda fallen dock enbart för personbilsmarknaden. Plug-in-hybrider har under 2013/2014 lanserats av ett flertal olika fordonstillverkare. Antalet sålda fordon är fortfarande mycket lågt, men det finns en betydande potential, eftersom det med plug-in-hybrider finns möjlighet att kombinera fördelen med eldrift på korta distanser och bränsleekonomi för längre avstånd. Genom att körmönstren för en stor andel av personbilsmarknaden består av en stor andel korta körsträckor kan en betydande andel av total transportvolym klaras med eldrift samtidigt som kostnaden kan också hållas nere genom behovet av batterikapacitet begränsas.

Det finns även flera rena elfordon (framförallt personbilar) på marknaden och försäljningsvolymen har ökat, men från mycket låga nivåer. Inom det här området har Norge en särställning. Där såldes under 2010-2014 nära 42 000 elfordon (fr.a. Nissan Leaf, Tesla och VW e-Golf and e-Up)²⁰, vilket gör att Norge vid slutet av 2014 stod för närmare 6% av hela världens elbilsbestånd (både rena elbilar och laddhybrider). Andel elbilar i nybilsförsäljning uppgick till drygt 12% under 2014 i Norge (IEA, 2015). Marknaden har kommit som en följd av de mycket fördelaktiga styrmedlen, vilka omfattar undantag från trängselskatt, skattebefriande (moms och norsk bilskatt), gratis tillgång till färjor, möjlighet att köra i bussfiler och gratis parkering, bland annat. Vissa av

¹⁷ Statistical information on the European and Worldwide NGV status, <http://www.ngvaeurope.eu/statistical-information-on-the-european-and-worldwide-ngv-status> (2015-02-10)

¹⁸ US DOE, Alternative Fuels Data Center, Alternative Fuel Vehicles in Use, <http://www.afdc.energy.gov/data/10300> (2015-02-10)

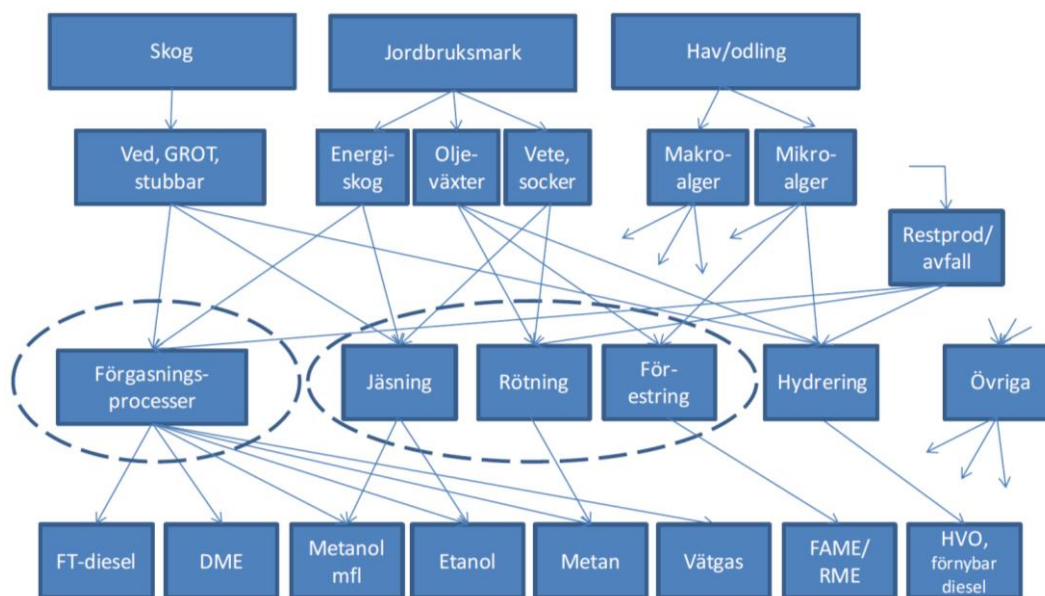
¹⁹ Se <http://www.biogasvast.se/sv/Ovriga-sidor/Biogas-Vast/Biogas-Vast/Notiser-biogas/Volvos-nya-gasbilar-har---med-langre-rackvidd/> (2015-03-31)

²⁰ EV Norway, <http://www.evnorway.no/> (2015-03-31)

förmånerna medför fördelar framförallt i Oslo-området, men det som mest driver elbilsmarknaden i Norge i nuläget är skattebefrielse vid inköp samt låga kostnader per körsträcka. Norges stödsystem för elbilar skulle sannolikt inte vara tillåtet inom EU, men frågan har inte testats. Utan kraftiga styrmedel, är kostnaden för att köpa en elbil fortfarande hög, särskilt när man tar hänsyn till deras kortare räckvidd.

5 FÖRNYBARA DRIVMEDEL

Som beskrivits ovan och i andra studier om biodrivmedel så går det inte att enkelt karakterisera ett enskilt bränsle utifrån de olika faktorer som beskrivits ovan. Skälet är att en typ av drivmedel i allmänhet kan framställas på många olika sätt och från olika råvaror, vilket i hög utsträckning påverkar dess prestanda enligt olika kriterier. Man måste därför ta hänsyn till hela processkedjan och inte bara vilket drivmedel som produceras. I Figur 12 illustreras mångfalden av olika processvägar från råvara till drivmedel. Illustrationen är inte komplett, utan avsikten är framför allt att visa att samma drivmedel kan produceras utifrån ett flertal olika processvägar.



Figur 12: Översikt av de mest aktuella processvägar för framställning av biodrivmedel (Börjesson, et al., 2013).

Det finns i dagsläget tre processplattformar av betydelse för produktion av flytande och gasformiga drivmedel från biomassa:

- termokemisk omvandling (d.v.s. framförallt olika typer av förgasning av råvaran) och
- biokemisk omvandling (d.v.s. fermentering, rötning och andra varianter av enzymatisk och bakteriell omvandling)
- hydrering och förestring (d.v.s. konvertering av oljebaserade material såsom vegetabiliska oljor eller animaliska fetter till drivmedel – huvudsakligen FAME och HVO)

Andra processer, som hydrotermisk likvifiering (hydrothermal liquefaction – HTL) eller förgasning (hydrothermal gasification – HTG) av t.ex. alger är processer som än så länge bara har undersökts i labbskala. Även lipidextraktion från alger är en processväg som diskuteras som möjlig framtida process.

Nedan diskuteras flertalet aktuella drivmedel grupperade utifrån om de är flytande eller gasformiga, samt i viss mån utifrån vilken typ av fordon de lämpar sig för. Dessutom diskuteras användningen av el som drivmedel och som energikälla för drivmedelsproduktion. *Urvalet* är gjort utifrån vilka drivmedel som man nu kan se kommer att vara aktuella på kort till medellång sikt. Det finns dock lite som talar för att ett längre tidsperspektiv kommer innebära övergång till helt andra drivmedel. Snarare handlar det då om större förändringar i infrastruktur som leder till annan

fördelning mellan transportslag och drivmedelstyper och utveckling av råvarubasen. Detta medför att vi i beskrivningen av förutsättningarna för olika drivmedel nedan inkluderar hela utvecklingsspannet från ”nu” till ”sedan”.

5.1 FLYTANDE DRIVMEDEL

5.1.1 Förnybar diesel

Det förnybara drivmedel som har störst marknadsandel av s.k. biodiesel är förestrade vegetabiliska oljor, FAME (fatty acid methyl ester). FAME blandas in i fossil diesel med max 7% sedan början av 2000-talet, men kan användas även som ren produkt. Vid användning som 100% biodrivmedel krävs dock vissa materialanpassningar (bl. a. packningar) i fordonet. FAME har goda egenskaper som dieselbränsle, är biologiskt nedbrytbart och inte toxiskt, men har sämre lagringsegenskaper än fossil diesel och andra typer av förnybar diesel. I Sverige består inblandad FAME helt och hållet av RME (rapsmetylester), på grund av att denna har bättre köldegenskaper än de flesta andra metylestrar och bättre hållbarhetsprestanda än t.ex. palmoljeester. RME produceras i Sverige av flera producenter, varav de två största är Perstorp (produktion i Stenungsund) och Energigårdarna i Karlshamn (Börjesson, et al., 2013), (Hansson och Grahn, 2013). Den RME som används i Sverige produceras till övervägande del också i Sverige, dock framförallt från importerad råvara (raps) från till exempel Australien, Danmark och Litauen (tre största importländer 2013) (Energimyndigheten, 2013a). Den genomsnittliga växthusgasreduktionen för RME i Sverige år 2013 låg på ca 43%, medan Perstorps RME med bäst hållbarhetsvärden uppvisade en reduktion på över 60%.²¹

Sedan 2010 blandas hydrerade vegetabiliska oljor (HVO) in i viss diesel på den svenska marknaden. Preem var först genom sin anläggning i Piteå (förbehandlingssteg) och Göteborg (slutbehandling i raffinaderiet) för talloljebaserad HVO. Produkten går under namnet Evolution diesel och produktionskapaciteten kommer under 2015 att utökas från 100 000 till 200 000 ton/år, genom utbyggnad av anläggningen i Göteborg. Enligt Preem är en av den största utmaningen för denna kapacitetsökning att hitta tillräckliga mängder hållbara råvaror. Andelen förnybar diesel i Preems Evolution diesel är idag som mest ca 32% (genom en kombination av inblandning av råttallolja i produktionen och 7% FAME i slutprodukten), vilket innebär en minskning av koldioxidutsläppen med 30%, enligt RED:s beräkningsregler.²² Övrig HVO på den svenska marknaden (vilken används i OKQ8:s produkt Diesel Bio++ och Statoils Miles diesel bio) utgörs av HVO producerad i Finland av Nesté. Denna HVO baseras på en blandning av animaliskt fett (slaktavfall), rapsolja och palmolja.

HVO är ett utmärkt dieselbränsle och kan teoretiskt blandas in i fossil diesel i valfri andel. I dag begränsas dock inblandningen av två skäl. Dels har HVO i vissa fall, beroende av produktionsprocess, sämre köldegenskaper än fossil diesel. Dessa kan dock förbättras genom en isomeriseringsprocess. Nestés HVO är idag isomeriserad och Preem kompletterar i samband med pågående utbyggnad sin anläggning med ett isomeriseringssteg (har hittills haft lägre inblandnings-

²¹ Se https://www.perstorp.com/en/media/pressreleases/2014/20140810_perstorp_presents_unique_bio-diesel_for_the_nordic_climate_at_elmia_lastbil_2014/ (2015-04-01).

²² <https://www.preem.se/evolution> (2015-04-01).

nivåer vintertid). Dels sätter dieselstandarden (EN 590) idag en gräns vid ca 30 % inblandning p.g.a. att densiteten skiljer sig från dieselstandarden (Neste Oil, 2014).

Hydrering skulle också kunna användas för att producera biodrivmedel från mer svårnedbrytbar biomassa, förutsatt att den genom förbehandling bryts ner till lämplig kemisk sammansättning i flytande form. Framförallt pågår utveckling av nya katalytiska processer för att selektivt bryta ner lignin till en flytande råvara lämplig för vidare hydrering. Målet är att göra det möjligt att uppnå goda köldegenskaper, utan avslutande isomeriseringssteg. För produktion av förnybar diesel (typ HVO) skulle detta alltså innebära en process i tre steg: utvinning av lignin ur lignocellulosa, katalytisk sönderdelning av lignin och hydrering. För det första steget finns det utvecklade och demonstrerade processer och det tredje steget motsvarar i stort sett befintlig produktion av HVO och är alltså utprovat. Mellansteget är dock bara testat i mindre skala. Det saknas idag också publicerade vetenskapliga systemutvärderingar för processkedjan som helhet (Börjesson, et al., 2013).

Slutligen kan förnybar diesel (FT-diesel) produceras genom den s.k. Fischer-Tropsch-processen, via förgasning. Processen från syntesgas till bränsle är en process som används kommersiellt, kopplad till naturgas eller förgasning av kol. Däremot är produktionen av syntesgas från biomassa på demonstrationsstadiet. Processkedjan innebär förhållandevis låg totalverkningsgrad och hög specifik investeringskostnad från biomassa till slutligt bränsle, jämfört med till exempel produktion av metanol eller DME från förgasning. Det förväntas därför bli svårt att få produktion av FT-diesel från biomassa, vilket också innebär betydligt mindre skala än vad som är aktuellt för kolbaserade anläggningar, kommersiellt intressanta. Produkten är dock helt jämförbar med fossil diesel och alltså ett komplett drop-in-bränsle.

Potentialen för den här typen av drop-in-bränslen för dieselmotorer måste delas upp för två olika fall. Så länge man begränsas av teknikutveckling och kostnader till den oljebaserade produktionen av HVO från vegetabiliska oljor och andra oljerika restprodukter (som slaktavfall) är potentialen begränsad och konkurrerar också till stor del direkt med produktionen av FAME. Råvarubasen är dock något större genom att kraven på oljekvalitet är lägre och att HVO av hög dieselkvalité även kan produceras från t.ex. tallolja och slaktavfall. I Hansson och Grahm (2013) bedömdes till exempel den teoretiska övre gränsen för HVO från tallolja till 1,3-1,75 TWh, vilket knappt motsvarar Preems anläggning, efter deras utbyggnad 2015.

Vid produktion av FT-diesel eller annan biodiesel baserat på skogsråvara är potentialen mycket högre, men konkurrerar då också direkt med annan skogsbaserad drivmedelsproduktion. Ytterligare en möjlighet att dramatiskt öka potentialen på lång sikt skulle kunna vara genom HVO-produktion baserad på oljerika alger.

5.1.2 *Etanol*

Etanol framställs huvudsakligen via fermentering av olika typer av biomassa. De vanligaste råvarorna är vete, sockerbetor, majs, eller sockerrör. Produktion av etanol leder alltid till någon/några biprodukt(er) och hur dessa används har stor påverkan på processprestandan. Det uppstod en omfattande diskussion kring etanolproduktion och dess påverkan på matpriserna, eftersom den delvis konkurrerar med livsmedelsproduktion. Sambandet mellan ökade matpriser och etanolproduktionen är dock komplext och hårt omdiskuterat. En nyligen publicerad studie indikerar t.ex. att ökad produktion av majsetanol i USA har bidragit till 14-48% av prisökningen på

majspriset under perioden 2000-2008 (Persson, 2015). Ett skifte till cellulosebaserade processer är under utveckling, eftersom även skogsråvaror eller halm kan användas för etanolproduktion. Då sker produktionen ofta i kombinat med biogasproduktion, vilket gör att man kan uppnå ett drivmedelsutbyte från råvaran i storleksordningen 60 % (Börjesson, et al., 2013). I Sverige sker cellulosebaserad etanolproduktion i Örnsköldsvik och det finns en del större projekt runt om i världen, som t.ex. halmbaserad etanolproduktion i DuPonts anläggning i Nevada i USA vilken ska tas i drift under 2015. Slutligen kan även etanol även produceras baserat på förgasning, där produktgasen från förgasningsprocessen kyls ner och renas för att sedan genomgå enzymatisk fermentering. Etanolutbytet i förgasningsbaserade processer ligger dock under 30 %.

År 2013 användes ca 2 TWh etanol inom svensk transportsektor och ungefär en fjärdedel kom från Sverige. 50 % kom från andra länder inom EU, ca 10 % var brasiliansk sockerrörsetanol med ca 15% kom från övriga länder (Energimyndigheten, 2013a). I Sverige produceras etanol huvudsakligen från vete i Agroetanols anläggning i Norrköping. Biprodukten är där drank, vilken kan ersätta djurfoder och därmed leda till minskad åkermarksanvändning för foderproduktion. Om man tar hänsyn till den minskningen uppskattas att nettobehovet av åkermark motsvarar ca 50 000 ha (2 % av Sveriges åkerareal) för att tillverka 1 TWh etanol, medan bruttobehovet är ca 80 000 ha/TWh (Börjesson, et al., 2013).

På Europeisk nivå diskuteras en höjd inblandningsgräns för etanol till 20 % (E20) som en av de viktigaste åtgärderna för att höja andelen förnybara drivmedel på kort till medellång sikt. Framförallt från fordonstillverkarnas sida ses det som en möjlighet till snabb förändring utan att behöva anpassa motorkoncepten för mycket (ERTRAC, 2014; E4tech, 2013). I Tyskland t.ex. har dock införandet av drivmedlet E10 under 2011 mötts av kritik från både bil- och raffinaderiindustrin och en dålig kommunikation om det nya drivmedlet ledde till trög försäljning i början. Under 2014 stod E10 för ungefär 16% av all bensin som såldes i Tyskland.²³ Globalt sett är etanol det dominerande biodrivmedlet och produktionen förväntas öka i många regioner i världen, både baserat på jordbruksgrödor (t.ex. sockerrör) och lignocellulosa (Börjesson, et al., 2013). I Brasilien t.ex. blandas etanol in i all bensin på en nivå mellan 18 och 25% och året 2013 var runt 62% av hela bilflottan flexibilar och 3 procent rena etanolbilar.²⁴

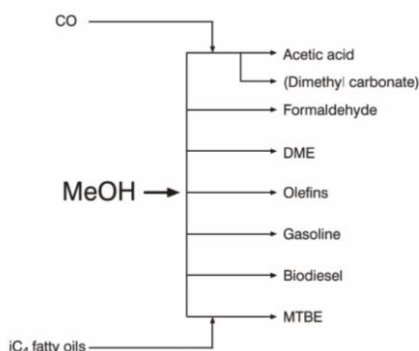
Om man jämför växthusgasprestandan mellan olika etanolspår som reduktion i ton CO₂-ekvivalenter per hektar åkermark och år för produktionsförhållanden i södra Sverige så visar sig importen av sockerrörsetanol faktiskt prestera bäst, följt av cellulosebaserad etanolproduktion i kombinat från salix, och etanol från sockerbetor. Produktionskostnaderna uppskattas ligga i storleksordningen 6-8 SEK/l för halmbaserad och 7-10 SEK/l bensinekvivalent för skogsflisbaserad etanolproduktion i kombinat med biogasproduktion, respektive. För veteetanol ligger produktionskostnaden runt 7-9 SEK/l bensinekvivalent (Börjesson, et al., 2013).

²³ Deutschland tankt mehr E10, <http://de.statista.com/infografik/3139/anteil-von-e10-am-verkauften-superbenzin/> (2014-03-31)

²⁴ Brazilian automobile and light vehicle fleet (otto cycle), <http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=55> (2014-03-31)

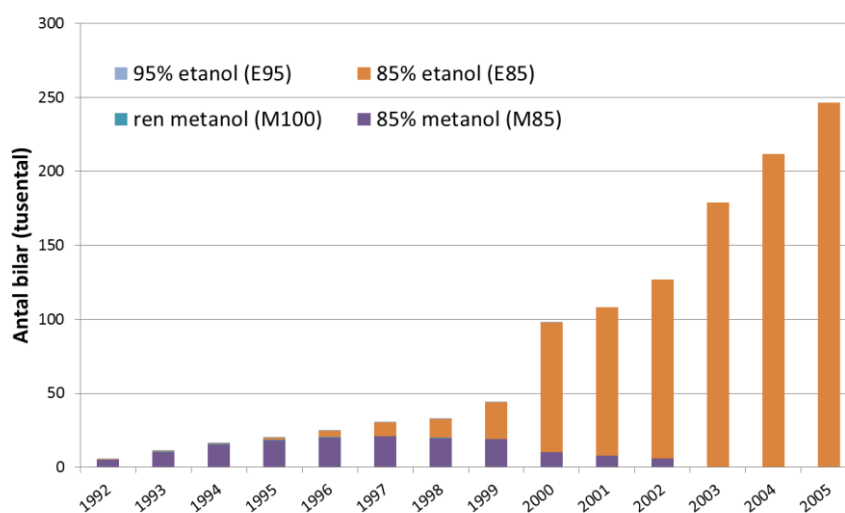
5.1.3 Metanol

Metanol kan användas både som ren eller höginblandat bränsle i anpassade motorer eller liksom etanol som låginblandad i dagens bensinmotorer. Det kan även fungera som intermediär produkt för en rad olika (bio)drivmedel såsom DME, MTBE eller rapsmetylester. Även produktion av bensin och diesel via metanol är processer som finns i industriell skala (Rostrup-Nielsen & Christiansen, 2011) och som är tänkbara för metanol från biomassa. I Figur 13 visas spektrumet av produkter med metanol som utgångspunkt.



Figur 13: Möjliga syntesprodukter med metanol som utgångspunkt (Rostrup-Nielsen & Christiansen, 2011).

I USA har metanol varit ett av de första biodrivmedlen som användes men som så småningom ersattes med etanol som drevs fram av styrmedlen i USA. I framförallt Kalifornien gjordes satsningar på metanolbilar under tidigt 1990-talet. Som syns i Figur 14 var antalet M85 bilar i USA som högst under 1997 (totalt ca 21 000) med ungefär 15 000 bilar i Kalifornien (Bromberg & Cheng, 2010).



Figur 14: Antal metanol- och etanolbilar i drift mellan 1992 och 2005 i USA.²⁵

²⁵ Källa: US Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, Alternative Fuels Data Center, <http://www.afdc.energy.gov/data/> (2015-06-28)

Anledning till att metanol ersattes av etanol som huvudspår för förnybara drivmedel i USA uppges dels vara att satsningen på metanol inföll under en period av fallande oljepriser som kraftigt försvagade de ekonomiska drivkrafter för metanol som drivmedel, samt att det gjordes stora satsningar på grödobaserad etanol som hade betydligt större stöd från regeringen. (Bromberg & Cheng, 2010). Ett annat argument som ofta kommer upp när det gäller metanol är dess toxicitet och vattenlöslighet. Intag av metanol i relativt små dosor kan leda till blindhet och andra neurologiska effekter. Erfarenhet från Kalifornien, där mer än 32 miljoner mil har körts och där inte ett enda fall av metanolförgiftning har rapporterats ifrågasätter dock faran (Bromberg & Cheng, 2010). Vad det gäller toxiciteten av metanol (mängd som leder till död) så är den i samma klass som bensin och diesel. Dessutom bryts metanol ner relativt snabbt i naturen och följderna av utsläpp vid olyckor bedöms vara mindre än för bensin eller diesel (Deeb, et al., 2013).

Metanol är bland de bränslen som har nämnts tidigt i samband med elektrobränslen. I en artikel om metanolekonomin nämns metanolsyntes från vätgas och koldioxid som utmärkt lagringsmöjlighet för överskottsel och metanol som en CO₂ neutral energibärare (Olah, 2005).

I Sverige finns planer på en förgasningsbaserad metanolanläggning i Värmland (Gillberg, 2015) som skulle kunna producera ungefär 390 000 l metanol/dygn (ca 71 MW_{metanol,LHV})²⁶. De fördelar som nämns för metanol som biodrivmedel är att det redan finns en befintlig infrastruktur samt bilar (E85-bilar) som kan använda 85% metanol som drivmedel rakt av, att en inblandning av metanol på 25% i bensin skulle kunna genomföras utan anpassning av bensinbilar, samt att metanol även skulle kunna användas i framtida bränslecellsdrivna bilar.

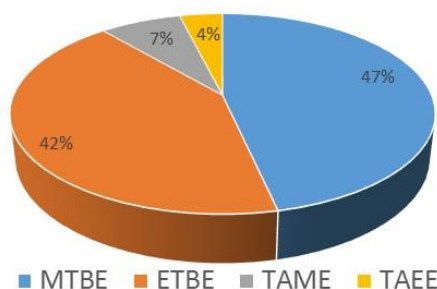
Framställning av biometanol i stor skala skulle huvudsakligen ske via förgasning av skogsråvaror och metanolspåret har ett drivmedelsutbyte i samma storleksordning som DME, vilket är avsevärt bättre än t.ex. FT-Diesel (Börjesson, et al., 2013). Eftersom skogsråvaror är den huvudsakliga råvaran är potentialen för metanolproduktion relativt stor.

5.1.4 Etrar

Etrar²⁷ funkar som tillsatser (så kallade oxygenater) i bensin som ökar syrehalten i drivmedlet och därmed leder till bättre förbränning och sänkta utsläpp av kolmonoxid och lättflyktiga organiska föreningar (VOCs). Både MTBE (metyl-tertiär-butyleter) och ETBE (etyl-tertiär-butyleter) är oktantalshöjande tillsatser i bensin som har ökat stort i användning under 1980-talet när bly började fasas ut som tillsats. Både MTBE och ETBE framställs genom reaktion av metanol respektive etanol med isobutylen (i-C₄H₈) och ungefär hälften av all inblandad bioetanol i Europa blandas faktiskt in i form av ETBE (EFOA, 2013). ETBE har några fördelar jämfört med etanol såsom lägre ångtryck och avdunstning för ETBE-bensin-blandningar, mindre risk för korrosion eftersom ETBE inte är hydrofil som etanol, samt lättare hantering och bättre materialkompatibilitet med dagens motorer. Även blandningar av etanol, ETBE och bensin är möjliga och finns på marknaden i dagsläget. År 2009 fördelades efterfrågan på de fyra vanligaste etrar som används som bränsletillsatser i Europa enligt Figur 15.

²⁶ Värmlandsmetanol uppger att anläggningen skulle producera metanol motsvaran 1200 fat olja per dygn

²⁷ I dagsläget används mest: MTBE (metyl-tertiär-butyleter), ETBE (etyl-tertiär-butyleter), TAME (tertiär-amyl-metyleter), TAEE (tertiär-amyl-etyleter)



Figur 15: Fördelning av efterfrågan på etrar som drivmedestillsats i Europa (2009; totalt ca 6.3 miljon ton) (EFOA, 2015).

Potentialen för etrar bedöms vara i samma storleksordning som för etanol och metanol eftersom produktionen utgår från dessa alkoholer. Institutioner som stödjer användningen av etrar framhåller deras lättare hanterbarhet samt effektivare distribution som leder till minskade utsläpp i källa-till-tank leden jämfört med etanol. Begränsningar kan finnas i bränslestandarder som sätter gräns för t.ex. syrehalten i drivmedel. Detta gäller dock i samma utsträckning för etrar som för alkoholer och en höjd inblandning över dagens 10 % -gräns kräver viss anpassning av motorer och komponenter.

5.1.5 Högre alkoholer

Butanol anses vara en potentiell ersättning för dagens etanol. Fördelarna är bland annat att värmevärdet för butanol är högre, vattenlöslighet och ångtryck lägre, samt att en större mängd butanol kan blandas i dagens motorer jämfört med etanol. En syrehalt på 3.6 wt-% (bensinstandardEN228 sätter en maxgräns på 3.7 wt-%) motsvarar ungefär 16 vol-% inblandning av butanol mot 10 vol-% etanol. Med hänsyn till det större värmevärdet butanol har är skillnaden ännu större på energibasis.

Framställning av butanol kan liksom för etanol ske både på biokemisk eller termokemisk väg. I Sverige har Perstorp utvecklat en industriell process för framställning av biobutanol via bakteriell fermentering i industriell skala²⁸ och även BP har utvecklat en process som kan användas för konvertering av befintliga etanolanläggningar²⁹. Ett exempel på ett termokemiskt spår för produktion av butanol är dess framställning från glycerin (som i sin tur kan vara biprodukt av t.ex. biokemisk etanolproduktion).

Oktanol är ett annat bränsle som har identifierats som mycket intressant biodrivmedel. Oktanol kan blandas mycket bättre med diesel jämfört med lättare alkoholer och blandas in i hög grad inom ramen för dieselspecifikationen. Oktanol är också ett av de bränslen som en forskningssatsning på skräddarsydda biodrivmedel i Tyskland har pekat ut som lovande alternativ.

²⁸ <https://www.perstorp.com/en/products/fuels/fuels/bio-butanol> (2015-06-28)

²⁹ <http://www.butamax.com/renewable-fuel-technologies.aspx> (2015-06-28)

5.1.6 "Skräddarsydda" bränsle

Ur förbränningssynpunkt finns det specifika egenskaper som ett bränsle ska ha för att fungera i en viss typ av motor. Till exempel brukar en hög syrehalt i bränslet leda till låga emissioner av kolmonoxid och oförbrända kolväten. Själva motorkoncepten utvecklas också vidare och det finns en vidareutveckling av Otto- och Dieselmotorer samt nya koncept som t.ex. HCCI eller PCCI motorer³⁰ som har potential till högre verkningsgrader. Alla olika motorkoncept kräver ett bränsle som är anpassat, vilket har lett till att forskningen om skräddarsydda bränslen från biomassa har intensifierats. Furaner, aldehyder, alkoholer och ketoner är bränslen som har diskuterats som skräddarsydda drivmedel för avancerade motorer. För att ett drivmedel ska fungera bra ur systemperspektiv krävs det dock inte bara att det har bra förbränningsegenskaper, utan det är många fler parametrar som måste tas hänsyn till såsom råvara, produktion, hantering, kompatibilitet med alla motorkomponenter och kringssystem, med mera.

Inom ett forskningsinitiativ i Tyskland har detta tankesätt använts för att identifiera lovande biodrivmedelsalternativ för framtidens motorer från grunden. Endast baserat på kemisk struktur har man försökt identifiera biodrivmedel som både ger bra resultat i motorförbränning och som kan syntetiseras på ett effektivt sätt från biomassa. Inom centret "Tailor Made Fuels from Biomass"³¹ har t.ex. iso-oktanol och 2-butanon pekats ut som lovande biodrivmedelsalternativ både ur framställnings- och förbränningssynpunkt (Julis & Leitner, 2012; Heuser, et al., 2013). Inom framställningen fokuserade man mycket på biokemiska processer som tar tillvara den existerande strukturen i biomassa och försöker minska antal omvandlingssteg med syfte att minska energiförluster under framställningen. Förgasningsspåret till exempel, där man först slår sönder biomassan för att sedan bygga upp ett bränsle genom syntes ur gasfas, har inte tagits hänsyn till. Hela produktionskedjan inom forskningscentret har endast undersökts på labbskala eller baserat på ren modellering och inga utredningar om storskaliga tillämpningar har genomförts hittills.

5.2 GASFORMIGA DRIVMEDEL

5.2.1 Biogas/Bio-SNG

Biogas från rötning eller syntetisk naturgas från biomassa (bio-SNG) genom förgasning är ett drivmedel som kan blandas i olika halter med eller rentav ersätta fossil naturgas. Ur det perspektivet kan det ses som ett alternativ som utan begränsning kan användas i dagens motorer. Andelen gasdrivna bilar är dock väldigt liten i Sverige och EU och fordonsgas (naturgas eller biogas) utgör bara ungefär 1 % av Sveriges energianvändning i transportsektorn (inkl. utrikes transport) i dagsläget (0.7 TWh biogas och 0.4 TWh naturgas av totalt 119.5 TWh år 2011 (Energimyndigheten, 2013b)).

I dagsläget produceras biogas nästan enbart genom rötning av t.ex. rötrest, matavfall, avloppsvatten eller energigrödor. Bara ungefär hälften av den producerade biogasen (som är en

³⁰ HCCI – homogeneous charge compression ignition – en mager blandning tänds i motorn genom kompression; PPC – partial premixed combustion – en mager blandning tänds genom en (eller flera) insprutning av ett lättant bränsle; mycket förenklat så möjliggör båda koncept förbränning vid lägre temperatur som leder till mindre förluster och därmed bättre verkningsgrad

³¹ <http://www.fuelcenter.rwth-aachen.de> (2015-07-01)

blandning av metan och koldioxid) uppgraderas till fordonsgaskvalité, medan resten används för kraft- och/eller värmeproduktion direkt på plats. På sikt finns det dock en betydligt större potential eftersom bio-SNG också kan produceras från skogsråvaror via förgasning. Göteborg Energi har under 2014 tagit i drift anläggningen GoBiGas³² som producerar 20 MW biogas från skogsråvaror under full drift. Anläggningen är den första demoanläggningen i världen i en skala som ligger nära industriell storlek och Göteborg Energi har planer på att utöka kapaciteten till 100 MW i projektfas 2 efter att GoBiGas fas 1 har intrimmats och utvärderats. Även E.ON har planer på en storskalig förgasnings-anläggning (200 MW biogas) i södra Sverige med projektet Bio2G³³. Inget av dessa stora projekt har beslutats än, eftersom det är svårt att motivera investeringen under nuvarande ekonomiska förhållanden samt osäkerheten kring de framtida politiska styrmedlen för biodrivmedel.

Uppskattningar av biogaspotentialen indikerar att man ungefär skulle kunna producera 10 TWh biogas från rötning (3-4 TWh från restströmmar och 6.5 TWh från energigrödor) samt 30 TWh från förgasning (Börjesson, et al., 2013). Sistnämnda potential står dock i direkt konkurrens till alternativa förgasningsalternativ där skogsråvara är råmaterialet. Inom Västra Götalandsregionen uppskattades den faktiska potentialen år 2009 till ca 1,2 TWh/år, varav 0,2 från gödsel, 0,5 från övriga restprodukter och 0,5 från energigrödor (Broberg, 2009).

Biogas har mycket bra växthusgasprestanda och även bio-SNG är bland de högst värderade alternativen inom förgasningsplattformen med hänsyn till växthusgasprestanda på grund av högt utbyte från skogsråvara till gas. En begränsande faktor för potentialen av biogas är dock behovet av transportinfrastruktur i form av naturgasnätet. Ett sätt att kringgå denna problematik är t.ex. att fokusera på kommunal trafik, framförallt för biogas från rötning. Drivmedelsbehovet för lokala och regionala bussflottor i Sverige uppskattas till ungefär 3.9 TWh och detta behov skulle kunna täckas helt och hållet med biogas, vilken då inte skulle behöva distribueras i större utsträckning (Börjesson, et al., 2013). Ett annat sätt att distribuera biogas på ett effektivt sätt är att göra den flytande och distribuera med lastbilar. Detta görs t.ex. i biogasanläggningen i Lidköping³⁴. Vidare så har EU kommit med ett direktiv för infrastruktur för förnybara bränslen där medlemsländerna ska ta fram en färdplan för att förbättra tankstationsinfrastruktur för bl.a. fordonsgas till år 2025 (EU, 2014). Avståndet mellan CNG tankstationer (för bilar) ska inte överskrida 150 km och mellan LNG terminaler (för tung trafik) bör det maximala avståndet vara 400 km.

5.2.1.1 DME

Produktionen av DME har många likheter med metanolproduktion och är även den baserad på förgasning och produktion av syntesgas. Processen har en förhållandevis hög verkningsgrad och i flertalet analyser av effektivitet och miljöpåverkan från råvara till tank blir utfallet för DME bland de mest fördelaktiga (se även Kapitel 2 och (Börjesson, et al., 2013)). DME produceras även idag, men då främst från kol- eller naturgasbaserad syntesgas och för andra syften än som drivmedel.

³² GoBiGas, <http://gobigas.goteborgenergi.se/> (2015-01-16)

³³ Bio2G: Biogas från skogen, <https://www.eon.se/bio2g> (2015-01-16)

³⁴ <http://www.biogasportalen.se/BiogasI Sverige Och Varlden/GodaExempel/samrotning/Lidkoping> (2015-01-16)

DME är ett gasformigt bränsle, som dock kräver ganska lågt tryck (ca 5 bar vid normal temperatur) för att bli vätskeformigt och som alltså har fysikaliska egenskaper liknande gasol.

DME används inte idag som något kommersiellt drivmedel. Det är dock ett mycket bra bränsle för användning i konventionella dieselmotorer. Fordonen behöver dock ett nytt bränsleinsprutningssystem, eftersom det krävs trycksättning för att behålla bränslet i vätskefas. Dessutom behövs en del anpassning av packningar och liknande. DME kan inte heller blandas i konventionell diesel och har en något lägre energitäthet (ca 70%) än diesel. Bränslet har låg miljöpåverkan, men dåliga smörjegenskaper och kräver tillsatser för att undvika motorslitage. Som påpekades ovan har Volvo lastbilar under de senaste åren tagit en aktiv ställning för DME som framtidens dieselbränsle. DME har producerats i Sverige från svartlutsförgasning, inom EU-projektet BioDME och även demonstrerats i kommersiell trafik genom 10 olika tunga fordon. Utvärderingen av detta projekt, baserad på bl.a. chaufförernas erfarenheter, har till övervägande del varit positiv.³⁵

DME har två viktiga nackdelar. Dels finns idag ingen kommersiell ”instegs-produktion”, som biogas för förgasningsbaserad bio-SNG eller FAME för HVO och i förlängningen skogsbaserad biodiesel. Utan en sådan stegvis utveckling är övergången till ett nytt bränsle svårare att realisera. Dels kräver bränslet både förändringar i fordonen (även om dessa kan ses som relativt begränsade) vilket gör att det inte kan användas direkt i dagens fordonspark och att särskild infrastruktur behövs för distribution av bränslet från produktion till användare. DME kan varken distribueras i dagens system för flytande drivmedel eller i gasnätet. Detta innebär en hög tröskel för en omfattande spridning av användningen, trots bränslets övriga fördelar. Dock kan man, liksom för biogas utanför naturgasnätet, tänka sig utveckling av lokala, flottbaserade lösningar.

5.3 ELEKTROBRÄNSLEN OCH EL

Begreppet *elektrobränsle* refererar till bränslen eller drivmedel som framställs genom syntes av väte och koldioxid där väte kommer från elektrolys som använder el (oftast överskottsel från förnybara källor). Konceptet är ett alternativ för energilagring av tillfälligt elöverskott från förnybara energikällor och bedöms vara en viktig pusselbit på vägen till ett fossilfritt energisystem. I t.ex. Tyskland används konceptet i så kallade Power-to-Gas anläggningar där man producerar metan (CH_4) genom syntes av H_2 och CO_2 . Metanet injiceras i naturgasnätet som fungerar som energilager i detta fall. Vätgasen till syntesen produceras genom elektrolys och CO_2 kommer från någon process där det är biprodukt. Det kan t.ex. vara biogasproduktion där rågasen (en blandning av CO_2 och CH_4) uppgraderas och en ren ström av CO_2 bildas som biprodukt. Även om konceptet diskuteras som ganska nytt så gäller det att ha klart för sig att:

1. Syntesen av *elektrobränslen* skiljer sig i stort sett inte från t.ex. syntes av biodrivmedel från biomassaförgasning, man kan i princip framställa samtliga syntetiska biodrivmedel som nämndes innan och användnings- och distributionsaspekter skiljer sig inte från de biomassabaserade drivmedlen.
2. Det behövs en källa av relativt ren CO_2 för att kunna syntetisera bränslen i stor skala. Detta kan leda till synergier med biomassabaserade drivmedelsproduktion där CO_2 ofta måste avskiljas.

³⁵ BioDME project, <http://www.biodme.eu/> (2015-02-27) samt Volvos hållbarhetsrapport, 2012.

T.ex. för bio-SNG skulle metanutbytet nästan kunna fördubblas om man konverterar avskilt CO₂ med hjälp av vätgas från elektrolys till metan.

3. Energieffektiviteten för elektrobränsleprocesser är lägre än för biomassabaserad drivmedelsframställning³⁶. En kunskapssammanställning om elektrobränslen kommer även fram till att den totala energiverkningsgraden för en elektrobränslebil kan vara så låg som en tiondel av verkningsgraden för en batteridrivna bil (Nikoleris & Nilsson, 2013)³⁷. Elektrobränslets attraktivitet ligger framförallt i lagringspotentialen för intermittent överskottsel från förnybara källor. Elektrobränslen måste därför analyseras i samband med den stationära energisektorn (framförallt elsektorn).

I en tysk studie (Albrecht, et al., 2013) har man tittat t.ex. på E-DME, E-OME³⁸, E-kerosin, E-Diesel, E-bensin, E-metanol och E-metan och kommit fram till att kostnaden (med hänsyn till produktion och distribution) för elektrobränslen är ungefär 3 – 7 gånger högre än bensin- och dieselpriiset och alltså betydligt högre än för motsvarande biodrivmedel. Det stora intervallet är ett resultat av de olika elektrobränslealternativ och antaganden om oljepriiset som har gjorts i studien. Bäst ekonomisk prestanda redovisas för DME och metanol som elektrobränslen i studien.

Elektricitet som drivmedel

Flaskhalsen för rena elbilar är trots omfattande teknisk utveckling fortfarande batteriet. Batterier är både dyra och har låg energidensitet jämfört med flytande drivmedel som leder till betydligt kortare räckvidd för elbilar. Batterier har blivit betydligt energitätare och kostnaden har sjunkit kraftigt. I dagsläget ligger priset på litiumjonbatterier runt 5000-7000 SEK/kWh³⁹. Uppskattningar pekar på en möjlig halvering av kostnaderna under de kommande 10-15 åren. Kostnadsminskningen är starkt kopplad till utvecklingen av marknaden. Ökar t.ex. produktionsvolymen med en faktor 4 så uppskattar man att kostnaderna kan sänkas med 25 %. Även genom standardisering kan man uppnå kostnadsbesparingar i storleksordning 5-10 % (Bergman, et al., 2013).

Det återstår dock en del för att nå de kostnads- och räckviddsmål som satts upp. Räckvidden för dagens bilmodellers (ca 100-200 km) skulle kunna fördubblas med ny batteriteknik som ligger nära marknadsintroduktion⁴⁰.

Genom hybridlösningar kan man dock nå en mycket stor del av målet. Med plug-in-hybrider, som laddas från elnätet kan en stor andel av den totalt körda sträckan täckas med el. Enligt Roadmap

³⁶ Verkningsgrad för elektrolys för att framställa H₂ är lägre än för förgasning (som genererar en gas som innehåller huvudsakligen H₂, CO, CO₂, CH₄ och H₂O), dessutom kan ett energibehov tillkomma för att avskilja CO₂ (som behövs för syntesen i elektrobränsleprocessen) från t.ex. rökgaser.

³⁷ Verkningsgraden i km per kWh_{el} för en elektrobränslebil anges som 0.5 – 1 km/kWh_{el} mot batteridrivna fordon som uppges ha en verkningsgrad på 5 km/kWh_{el} (Nikoleris & Nilsson, 2013).

³⁸ OME står för oximetylen eter (oxymethylene ether) och anses vara en lovande inblandningsalternativ för dieselmotorer eller ersättning av diesel som drivmedel, även förkortningen POMDME (polyoximetylen dimetyleter) används i sammanhanget eftersom syntesen av OME resulterar i eter av olika kedjelängd: CH₃O(CH₂O)_nCH₃ (n = 1-5); liksom DME framställs OME från metanol

³⁹ Priset gäller så "energioptimerade batterier" till helt elektriska fordon som ska ge längst möjligt räckvidd. "Effektioptimerade batterier" som används i hybridbilar anges vara 10-75% dyrare (Bergman, et al., 2013).

⁴⁰ <http://teknikensvarld.se/ny-billig-batteriteknik-ger-elbilar-dubbelt-sa-lang-rackvidd-156966/> (2014-08-22)

Sweden (Roadmap Sweden, 2013) är 80 % av den dagliga körda sträckan för persontransporter mindre än fem mil, vilket då skulle kunna täckas av ren eldrift med hybridbilar och destinationsladdning. Det finns idag utvecklade fordon inom hela spannet från lätt hybridisering till rena elfordon på marknaden. Priserna är dock fortfarande höga, vilket begränsar marknaden.

Tabell 3: Jämförelse av olika alternativ för fordon med elektrifierad drivlina (baserad på (Johansson, 2013)).

	Laddhybrid-fordon	Batteridrivna fordon	Bränslecellsfordon⁴¹
Kan fullt ut ersätta en traditionell bil	Ja	Nej, p.g.a. begränsningar i räckvidd	Ja
Viktiga faktorer för utvecklingen	- Batterikostnad (mindre kritisk än för batteribilar)	- Batterikostnad (2020+) - Ultralättviktsfordon - Acceptans för alternativa/nya transportsätt	- Bränslecellskostnad (2025+) - Bränsleinfrastruktur
Energisystemeffektivitet	Bra	Mycket bra	Ganska bra
Utsläpp	Låga utsläpp möjligt (nära noll i kombination med biodrivmedel)	Nollutsläpp med förnybar el	Nära nollutsläpp med förnybart bränsle
Användningsområden som ligger närmast i tid	Stadsbussar, distributionsfordon, (personbilar, tjänstebilar)	(Personbilar, tjänstebilar, bilpoolsbilar)	-

Analyserar man batteridrivna bilar ur livscykelperspektiv så är miljöbelastningen för fordonets livscykel något större än för fossila bilar. Andelen återvunnet material i fordonet kan dock göra stor skillnad. För de totala livscykelutsläppen är det dock av störst betydelse var elen kommer ifrån. Svensk genomsnittsel sänker utsläppen med 50 % för hela livscykeln om man jämför med

⁴¹ Förutom i den här tabellen diskuteras inte bränslecellsfordon i den här rapporten, se istället (Bergman, et al., 2013) eller (Steen, et al., 2013),

kolkondensel. Elbilarnas prestanda förväntas öka genom utveckling av nya, lättare komponenter, bättre verkningsgrad samt mer storskalig och energieffektiv tillverkning. En viktig aspekt för miljöprestandan är en effektiv materialåtervinning, eftersom vissa specialmetaller används i batteri- (och även bränslecells-)bilar. Dessa metaller måste återvinnas ifall batteribilar ska introduceras i stor skala (Steen, et al., 2013).

Även i FFF utredningen bedömer man att eldrivna fordon i stor utsträckning kommer att användas i lokaltrafiken och persontrafiken runt städer. För tunga och/eller långa transporter är eldrift bara ett alternativ på väldigt lång sikt. Möjligheter som kontinuerlig laddning (s.k. elvägar) kräver stora infrastruktursatsningar och som en följd av det kraftiga incitament för att realiseras. I Tabell 4 redovisas utredningens uppskattning av nya och befintliga fordon med eldrift för tidshorisont 2030 och 2050.

Tabell 4: Andel (procent) utfört transportarbete med eldrift för nya fordon och fordonsparken år 2030 respektive 2050 (Tabell 11.2 i FFF utredning) (Johansson, 2013).

	2030 nya fordon	2030 fordonspark	2050 nya fordon	2050 fordonspark
Personbil och lätt lastbil	20–40	9–20	40–70	35–60
Fjärrlastbil	0–1	0–1	17–25	17–25
Distributionslastbil	50–100	35–83	50–100	50–100
Stadsbuss	50–100	35–83	50–100	50–100
Landsvägsbuss	0	0	17–25	17–25

6 POTENTIAL I OLIKA TIDSPERSPEKTIV

För att bedöma olika biodrivmedels potential inom transportsektorn är det viktigt att tydliggöra analysens tidsperspektiv. I nuläget är det de bränslen det finns storskalig tillverkning för som har en faktisk potential. På längre sikt kan dessa bränslen ersättas eller kompletteras med andra mer fördelaktiga förnybara alternativ. I denna studie diskuteras potentialen för de olika biodrivmedlen baserat på tre olika tidsperspektiv, som vi har valt att kalla "nu", "snart" och "sedan".

De tre tidsperspektiven kan inte direkt kopplas till specifika årtal, utan beskriver snarare graden av omställning som behöver ske för att drivmedelspotentialen ska realiseras (se Figur 16). Åren 2030 och 2050 kan dock användas som hållpunkter för att ge en lite mer konkret bild av "snart" respektive "sedan". Det är också praktiskt eftersom dessa årtal används genomgående i ett flertal olika mål, strategier och studier (bland annat FFF utredningen), på både regional, nationell och internationell (t.ex. inom EU) nivå. Sättet att illustrera potentialen för de olika bränslen i förhållande till olika faktorer som visas i Figur 16 (samt i figurerna i bilaga B) är inspirerad från Volvo studien (Volvo Group, 2008) med tidsperspektivet som ytterligare dimension.

Nu (2015-2020)

"Nu" bestäms drivmedelspotentialen av den marknad, infrastruktur, teknik och råvaror som finns tillgängliga idag, eller med väldigt små förändringar av dagens system. Med små förändringar menar vi till exempel byte av råvara eller ökat kapacitetsutnyttjande av befintliga produktionsanläggningar eller att produktionsanläggningar under byggnation tas i drift. På användarsidan begränsas användningen på motsvarande sätt av dagens fordonspark och redan utbyggd infrastruktur.

Snart (ca 2030)

I perspektivet "snart" diskuterar vi potentialen för olika drivmedel med betydande utbyggnad och utveckling, men utan genomgripande systemförändringar. "Snart" skulle till exempel mer storskalig produktion av drivmedel kunna ske med teknik som idag testas och utvecklas i befintliga demonstrationsanläggningar. I detta perspektiv skulle också huvuddelen av dagens fordonspark hinna bytas ut. Samtidigt kommer bara sådana förändringar som ligger mycket nära i tiden att hinna implementeras för en betydande del av dessa nya fordon. Andra exempel på mer gradvisa systemförändringar omfattar möjligen ändringar i regelverket, som ändrade gränser för låginblandning eller anpassning av dieselstandarden, och utbyggnad av nya test- och demomiljöer.

Sedan (ca 2050)

Med "sedan" menar vi slutligen en punkt längre fram i tiden då mer genomgripande systemförändringar kan ha skett. Detta kan till exempel innebära uppbyggnad av ny infrastruktur för elburna transporter eller nya biodrivmedel, mer omfattande förändringar av transportsystem och fordon och en kraftfull utbyggnad av produktionskapaciteten för biodrivmedel från hållbara och anpassade råvaror. För att minska utsläppen av växthusgaser tillräckligt för att bromsa klimatpåverkan och enligt de målsättningar som satts upp i Sverige och Europa skulle denna tidpunkt behöva infinna sig runt 2050.

	Nu	Snart	Sedan
Produktions- teknik	- Befintliga och beslutade produktionsanläggningar - Idag kommersiell teknik	- Teknik för vilken det idag finns demo- och pilotanläggningar - Känd teknik	- Föregående nivå i större skala, till lägre kostnad - Ny teknik (idag på labbskala)
Fordons- teknik	- Befintlig fordonspark - Dagens motorer och nya motorer till ngt större andel	- Idag nya motorer som lägsta-nivå - Högre inblandning - ??	- Ny fordonsteknik - Motorer som ...
Infrastruktur	- Idag tillgänglig och faktiskt utbyggd infrastruktur	- Utveckling av dagens infrastruktur - Ökad täthet/ utbredning av bef. system - Nya demo-system	- Ny infrastruktur
Marknad	- Efterfrågan mot ökande effektivitet - ??	- EU 2030 ?? - ??	- EU 2050 ?? - ??

Figur 16: Principiell tolkning av de tre tidsperspektiven utifrån de fyra mer teknik- och bränsleberoende faktorerna.

Nedan har vi valt att, utifrån vart och ett av dessa tre tidsperspektiv, diskutera potentialer och möjliga förändringar i relation till de sex olika styrande faktorer som tagits upp i Kapitel 4 (råvarupotential och –flexibilitet; hållbarhetsprestanda, produktionsförutsättningar, förutsättningar för användning i fordon, behov av infrastruktur samt marknadsförutsättningar). Diskussionen sker utifrån ett regionalt (Västra Götaland) perspektiv, men till övervägande del är förutsättningarna generella för Sverige och i många fall även internationellt.

I den här förstudien genomförs i första hand en kvalitativ diskussion. För en bedömning av den kvantitativa potentialen krävs en mer genomarbetad analys (se avsnitt 7.2). Ett undantag är dock det mycket korta tidsperspektivet ”nu”, där vissa kvantitativa bedömningar kunnat göras.

6.1 NU

Inom tidsperspektivet ”nu” kommer systemet i stora drag att bestå av dagens fordon, infrastruktur och marknader. De förändringar som kan tänkas ske på mycket kort sikt är framförallt att redan planerade satsningar och projekt genomförs och får visst genomslag på marknaden och för framtida utveckling. I det här mycket korta tidsperspektivet är det förhållandevis lätt att specificera en trolig utveckling inom regionen:

- Den egentliga hållbara råvarupotentialen från skog- och jordbruk bedöms inte vara begränsande i detta korta perspektiv. Vi hinner inte öka användningen tillräckligt mycket för att ”slå i taket”. Trots detta kan det vara problematiskt att säkerställa ”rätt” råvara till ökande produktion, beroende på EU:s nuvarande hållbarhetskriterier (vilka t.ex. inkluderar

vissa mer generella begränsningar av jordbruksbaserade råvaror) i kombination med aktuella produktionsanläggningars krav på typ av råvara (t.ex. oljebaserad).

- Preem fördubblar produktionskapaciteten för HVO i Göteborg och ökar därmed inblandningen i diesel för den svenska marknaden. Parallellt ökar HVO-produktionen även i Finland genom satsningar av t.ex. UPM och råvarubasen breddas i viss mån. Inblandningen kan därmed öka till en hög nivå för den svenska dieselmärknaden, andelen av raffinaderiernas totala produktion är dock fortsatt låg.
- Kapaciteten för biogasproduktion från rötning av framförallt hushållsavfall och gödsel ökar. En övre gräns för VG-regionen inom det här tidsperspektivet får nog dock anses vara de ca 0,5 TWh som bedömts vara potentialen för biogas från restprodukter i regionen (exkl. gödsel).
- GoBiGas första steg kommer förmodligen att börja producera syntesgas med kontinuerlig drift och därmed ge tillräckligt underlag för beslut om fortsatta satsningar. Detta ger ett tillskott på ungefär 0,16 TWh eller en ökning med ca 10% av den totala biogasproduktionen i Sverige.
- Den totala användningen av biometan som fordonsgas i Västra Götaland kan öka med ca 74 GWh på mycket kort sikt, eftersom totala marknaden är 255 GWh och inblandningsgraden redan ligger på 71 % (vilket är högre än genomsnittet i Sverige).⁴² En större ökning förutsätter alltså en ökande marknad. På kort sikt bedöms marknaden främst kunna öka genom de satsningar som görs inom kommunala och offentligt styrda fordonsflottor.
- RME och etanol förväntas på kort sikt stagnera på grund av att andelen drivmedel från jordbruksgrödor begränsas till 7% i EU:s uppdaterade förnybarhetsdirektiv (EU Parlament, 2015).⁴³ Den låginblandning vi har idag på 7% RME i diesel och 5% etanol i bensin kan förväntas bestå, men kommer knappast att öka. Dessutom är förutsättningarna för utökad marknad för ren användning av dessa bränslen tämligen dåliga inom denna tidshorisont.
- Användningen av el i plug-in hybrider vinner viss marknad och kan förväntas bli etablerad som teknik, även om volymerna fortfarande är tämligen små.

6.2 SNART

Med tidsperspektivet ”snart” avser vi en period med en gradvis utveckling av produktion och drivmedelsmarknad, men utan mer omvälvande strukturförändringar. Redan i detta tidsperspektiv ökar dock osäkerheten betydligt. Man kan utgå från mer storskalig utbyggnad av teknik som idag finns på demonstrationsstadiet samt att huvuddelen av dagens fordonspark hunnit bytas ut. För att det senare ska innebära en omställning av fordonsparken till andra drivmedel, behöver dock marknaden förändras snabbt. Med stor säkerhet kan man dock säga att hybridisering och annan effektivisering av fordonen har fått ett stort genomslag.

⁴² Biogas Väst; <http://www.biogasvast.se/sv/Ovriga-sidor/Biogas-Vast/> (2015-03-31)

⁴³ Enligt direktivet begränsas den andel som får räknas in i uppfyllandet av förnybarhetsmålen och som får stödjas genom styrmedel. Tillåten andel etanol i bensin (p.g.a. bränslekvalitet) är 10%. Idag ligger dock inblandningsgraden på 5%.

Den fysiska biomassapotentialet bedöms inte ändras nämnvärt inom det här tidsperspektivet. Dock kan man förvänta sig att potentialen i större utsträckning utnyttjas och att konkurrensen om den och därmed prisnivån förmodligen ökar. En önskvärd utveckling, vilken också bedöms vara rimlig inom tidsperspektivet, är också att ökad kunskap och bredare syn på hållbarhetsfrågor leder till vidareutveckling av styrmedel och hållbarhetskriterier. Till exempel så att lokala/regionala förutsättningar tas hänsyn till i högre utsträckning och att arbetssätt som förbättrar hållbarhetsprestandan för en viss typ av råvaruuttag (t.ex. från jordbruksmark) premieras.

Några exempel på drivmedelsproduktion som skulle kunna få ett mer storskaligt genombrott i det här tidsperspektivet är:

- Utökad produktion av biometan eller andra drivmedel från förgasning.
Utan en tydlig rikttningsändring är en kraftigt ökad marknad för biometan som fordonsbränsle osäker, men utvecklingen skulle kunna stärkas genom synergier med andra marknader. Ett sådant exempel är förgasningsbaserad produktion av metanol, där marknader kan finnas inom till exempel som drivmedel till den marina sektorn, som biobaserad råvara till kemiindustrin och som inblandningsbränsle.⁴⁴ DME-produktion från förgasning ligger i samma utvecklingslinje, men är förmodligen bara intressant för begränsade marknader.
- Produktion av etanol eller andra alkoholer, som till exempel butanol, från lignocellulosa. Detta är mycket bra bränslen ur motorsynpunkt, infrastrukturen (i Sverige) är väl utbyggd och fordon finns på världsmarknaden. Det finns därför goda förutsättningar för en ökande marknad - genom ökad inblandning och i fordon anpassade för rena alkoholer - om etanolens nuvarande koppling till råvaror som också kan användas till livsmedel försvinner eller minskar. För detta finns det goda förutsättningar, eftersom tekniken för lignocellulosabaserad produktion ligger på gränsen till kommersialisering.
- Produktion av förnybar diesel (ungefär som HVO) från lignin eller liknande råvaror. Detta är teknik som hittills inte demonstrerats i stor skala, men delar av processen är välkänd och testad och enligt industrier som satsar på denna teknik skulle utvecklingen kunna gå fort. Särskilda drivkrafter finns också genom att produkten blir ett tydligt drop-in-bränsle med en ”obegränsad” marknad, både i Sverige, Europa och globalt.

Vilket av dessa produktionsspår som kommer att få störst genomslag är omöjligt att säga, men den totala rimliga volymen till 2030 har bedömts av FFF-utredningen till ca 15-20 TWh inom Sverige. Samtliga utvecklingsspår ovan förutsätter dock tydliga styrmedel som reducerar risken för investerande företag.

Annan drivmedelsrelaterad utveckling som kan ske parallellt med, och i vissa avseenden oberoende av, ovanstående, är:

- En betydande andel plug-in-hybrider i personbilsflottan.
Troligen kommer eldriften fortfarande framförallt kombineras med konventionella bränslen, men det är också sannolikt att plug-in-hybrider med fordonsgas och etanol (beroende på ovanstående) börjar ta plats på marknaden.

⁴⁴ Denna utveckling är å andra sidan beroende av hantering av metanolets toxicitet samt förändringar i regelverk och attityder.

- Fortsatt utveckling och effektivisering av förbränningsmotorn, mot ”hybridmotorer” som gör uppdelningen i bensin- och dieselmärknaden mindre relevant.
- Kraftig ökning av märknaden för rena elfordon i stadstrafik, vilket dock har en mindre påverkan på totalt drivmedelsbehov eftersom den totala andelen är fortsatt låg.
- En fortsatt utveckling av s.k. elektrobränslen i mindre skala i vissa regioner med stor intermittent elproduktion. Denna utveckling konkurrerar i viss utsträckning dock även med ökad nätintegration mellan regioner och andra alternativ för lagring av el.

6.3 SEDAN

Med ”sedan” menar vi slutligen en punkt längre fram i tiden då mer genomgripande systemförändringar kan ha skett. Detta kan till exempel innebära uppbyggnad av ny infrastruktur för elburna transporter eller nya biodrivmedel, mer omfattande förändringar av transportsystem och fordon och en kraftfull utbyggnad av produktionskapaciteten för biodrivmedel från hållbara och anpassade råvaror. Vilken inriktning utvecklingen tar beror på en stor mängd faktorer och även på vägval i tidigare skeden. Några möjliga (positiva) långsiktiga utvecklingsspår kan dock vara:

- Utökad biomassapotentia, genom till exempel förbättringar i skogsbruk, odlade energigrödor, utnyttjande av restprodukter och makroalger. Odling av mikroalger slår igenom i de fall energibalansen kan gå ihop genom integration med annan verksamhet (till exempel avloppsrening, överskottsvärme från industri o.s.v.). Parallellt utvecklas hållbarheten för biomassa genom reglering på markanvändningsnivå och genom aktiva strategier för att till exempel minska miljöpåverkan vid odling, utnyttja synergieffekter i produktion o.s.v.
- Produktion av skräddarsydda drivmedel, som är anpassade för de nya förbränningsmotor-koncepten (ovan), i stor skala. Produktion av flera drivmedel anpassade för olika marknadsnischer.
- Storskalig produktion av dessa skräddarsydda drivmedel baseras på samma teknikplattformar som byggts upp i steget innan, med relativt sett begränsad vidareutveckling av processen, framförallt i produktionens slutsteg. Omfattningen begränsas av tillgänglig biomassapotentia.
- Utveckling av infrastruktur för dessa drivmedel. Generellt bedöms denna bygga vidare på befintlig infrastruktur för flytande och gasformiga drivmedel. För fordonsflottor och särskilda märknader, som till exempel marina transporter, kan dock särskild infrastruktur utvecklas.
- Övergången till förnybar elproduktion i stort sett fullständig, vilket skapar utrymme för större volymer kompletterande produktion (av samma drivmedel) via s.k. elektrobränsle-processer.
- Fullständigt genomslag för eldrift för personbilar inom sina respektive marknadsegment – plug-in-hybrider för landsväg och elbilar för stadstrafik. Elvägar och kontinuerlig laddning även för tunga transporter i vissa centrala transportstråk, framförallt i tätbefolkade delar av Europa. Fortsatt effektivisering även genom ökad automatisering.

7 SLUTSATSER OCH DISKUSSION

7.1 ÖVERGRIPANDE SLUTSATSER

Enligt FFF-utredningen krävs både omfattande energieffektivisering och förnybara drivmedel för att uppnå ett fossiloberoende eller fossilfritt transportsystem. En kombination av beteende- och samhällsförändringar och tekniska effektiviseringsåtgärder skulle tillsammans kunna leda till en kraftig minskning av transportsektorns energianvändning. I FFF-utredningens mest åtgärds-intensiva scenario skulle transportsektorns energianvändning genom sådana åtgärder kunna minska med 74 % (uttryckt i nyttig energi) år 2050⁴⁵. Även år 2030 uppskattar FFF-utredningen att man genom effektiviseringsåtgärder skulle kunna undvika ca hälften av det uppskattade transport-energibehovet. En stor del av detta antas ske genom ökad hybridisering av fordonen (se Figur 1).⁴⁶

Förnybara drivmedel i transportsektorn kommer att bestå av en *kombination* av förnybar el och biobaserade drivmedel. El som drivmedel för vägtransport (d.v.s. via ”tankning” från nätet) förväntas få stor betydelse, men framförallt för personbilssektorn och med tyngdpunkt på olika typer av plug-in-hybrider. Dessa kan ta en betydande del av marknaden, men det innebär inte att behovet av flytande eller gasformiga drivmedel kommer att försvinna. Marknaden för rena elbilar kan komma att öka kraftigt, men trots det är det troligt att de kommer att svara för en liten andel av transportarbetet under överskådlig framtid.

Biodrivmedel kan alltså förväntas spela en betydande och ökande roll i transportsektorns framtida energiförsörjning. Den mängd biodrivmedel som kan framställas på ett hållbart sätt både globalt och i Sverige kan öka kraftigt jämfört med dagens volymer, men är begränsad jämfört med dagens totala användning av bensin och diesel. Tillgång till hållbar biomassa, effektiv användning av tillgänglig biomassa och utnyttjande av synergieffekter av olika användning av biomassan (material, kemikalier, energi, livsmedel och ekosystemtjänster) är därför centralt för en hållbar transportsektor. Hur stor *andel* av det totala energibehovet till transporter som kan täckas av biodrivmedel är, utöver tillgång till biomassa och effektivt resursutnyttjande, dock starkt beroende även av utvecklingen av totalt transportbehov, möjligheterna till effektivisering och utvecklingen på elsidan (t.ex. batterier).

Produktionen av idag tillgängliga drivmedel från de råvarugrupper och produktionstekniker som idag används (oljebaserad FAME och HVO, biometan från rötning, socker- och stärkelsebaserad etanol) kan öka i viss mån, men potentialen är av olika skäl begränsad. Produktion av samma eller andra biodrivmedel baserat på nya råvaror (fr.a. lignocellulosa) och tekniker (t.ex. förgasning) står idag i flera fall på tröskeln till kommersialisering genom de demonstrationsanläggningar som uppförts under senare år. På grund av osäkert styrmedels- och marknadsläge (till exempel den fluktuerande oljeprisnivån) är dock den fortsatta utvecklingen mycket osäker. I denna utveckling bedöms inte det slutligt producerade drivmedlet vara avgörande, utan liknande produktionsteknik kan användas för produktion av olika drivmedel.

Biodrivmedlens andel av total energianvändning inom transportsektorn hänger också ihop med om biodrivmedel används som rena drivmedel eller för (låg)inblandning i fossila drivmedel. Så länge

⁴⁵ Transportbehov uttryckt i termer av s.k. nyttig energi (kan även kallas efterfrågan på energitjänster).

⁴⁶ Detta är inte en prognos, baserad på pågående trender, utan en bedömning av vilken utveckling som skulle kunna vara möjlig, under förutsättning att de åtgärder vidtas, som ingår i respektive scenario.

den slutliga energianvändningen är hög kommer biodrivmedel inte att kunna täcka mer än en mindre andel av total användning av flytande eller gasformiga drivmedel (se även räkneexempel i Bilaga A). De kan då i princip lika gärna användas huvudsakligen genom inblandning (till lägre omställningskostnader för systemet). Om man ska uppnå ett helt fossilfritt transportsystem måste dock i slutänden användningen ske som rena biodrivmedel.

Med stor säkerhet kan man under övergångstiden förvänta sig en kombination av låginblandning i fossila drivmedel och ren biodrivmedelsanvändning (eller höginblandning) i anpassade motorer och inom vissa marknadssegment. Gränsen för låginblandning beror på vilken typ av biodrivmedel som produceras och används, men också på utveckling av motorer, regelverk och bränslestandarder. Det finns därför tydliga drivkrafter att utveckla bränslen som i högre grad liknar nuvarande fossila drivmedel (t.ex. HVO), eller som på olika sätt kompletterar varandra vid inblandning i fossila drivmedel. Gränsen mellan låginblandning och ren biodrivmedelsanvändning kommer därför att flyttas och med tiden bli en mindre viktig fråga. Dessa samband återspeglas i de bedömningar som görs för olika tidsperspektiv ovan; på kort till medellång sikt bedöms inblandning vara det dominerande spåret, medan det förväntas ett skifte till användning av rena biodrivmedel på längre sikt.

Även fast vi kan konstatera dessa och andra viktiga samband och troliga utvecklingslinjer kvarstår frågan *hur* övergången från dagens system till ett fossilfritt system kan ske och hur vi undviker inlåsningar. Det är, som diskuteras ovan, ett flertal styrande faktorer – från råvara till marknad – som samtliga utgör nödvändiga förutsättningar för genomslag av ett visst bränsle eller transportlösningssystem och som därför måste utvecklas i takt. Detta gäller såväl på regional nivå, som nationellt och globalt.

7.2 DISKUSSION OCH FORTSATT ARBETE

Den här rapporten har baserats på befintlig litteratur och känd kunskap, som sammanställts utifrån ett något annorlunda perspektiv. Det nya med studien är alltså framförallt att vi har diskuterat förutsättningarna för drivmedelsutveckling utifrån hela värdekedjan i samma studie. Studien ger också en relativt lättillgänglig översikt över aktuella spår och möjlig utveckling knutet till olika drivmedelsalternativ, snarare än ur ett teknikperspektiv.

För att göra en mer djupgående analys utifrån en sådan ansats krävs ett systematiskt scenarioarbete och analys av hur övergången kan ske ur ett historiskt innovationsperspektiv (transitionsanalys). Det fortsatta arbetet behöver alltså, med utgångspunkt i etablerad forskningsmetodik, på ett mer strukturerat sätt hantera samtliga styrande faktorer och tidsperspektivet för att visa på alternativa utvecklingsvägar. I den här studien har dessutom tyngdpunkten, utifrån använd litteratur och projektdeltagarnas bakgrund, legat på teknisk status för drivmedlens produktion och användning. I en djupare analys behöver därför särskilt underlaget för att diskutera utveckling av t.ex. infrastruktur och marknad förstärkas.

Vi bedömer dock att ansatsen som sådan skulle kunna användas och utvecklas i ett större projekt för att ge en bättre förankrad helhetsbild. Inom ett sådant projekt skulle det vara intressant och möjligt att i större detalj utarbeta till exempel:

- Alternativa scenarier för utvecklingen inom olika tids- eller ”systemförändrings”-perspektiv samt analys av hur dessa scenarier beror av olika framgångsfaktorer och flaskhalsar.

- Analys av övergången mellan de olika tidsperspektiven - särskilt mellan snart och sedan finns det i skissen ovan ett glapp. För att mer genomgripande strukturella förändringar ska vara möjliga, måste grunden för dessa läggas i det tidigare utvecklingsskedet.
- En fortsatt analys av vilken inverkan och betydelse regionala förutsättningar kan få för utvecklingen regionalt och nationellt samt på vilket sätt utvecklingen påverkar en enskild region (som till exempel Västra Götaland).
- Metod och forskningsmetodik för denna typ av analys. Till exempel metodik för att på ett systematiskt sätt relatera de olika geografiska nivåerna med varandra – regionalt, nationellt och globalt.
- Mer genomarbetade kvantitativa potentialer och möjlighet att illustrera utvecklingsstatusen för olika drivmedelsalternativ på ett överskådligt sätt – inom respektive scenario och för specificerade förutsättningar. I Bilaga B presenteras två exempel på diagram som skulle kunna användas som grund för att utveckla sådana illustrationer.

8 REFERENSER

- Albrecht, U., Schmidt, P., Weindorf, W. et al. (2013). *Zukünftige Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren und Gasturbinen*, Frankfurt am Main: FVV - Forschungsvereinigung für Verbrennungskraftmaschinen.
- Arvidsson, M., (2014). *Assessing the Integration of Biomass Gasification-Based Production of Chemicals - Case Study of an Oxo Synthesis Plant*. Göteborg: Chalmers University of Technology.
- Bergman, S., Berg, H. & Georén, P. (2013). *Kostnadsutveckling hos batterier och bränsleceller fram till 2025 - en sammanställning*, Stockholm: Stonepower AB, Libergreen AB & KTH.
- Bisallion, M. & Nilsson, K. (2014). *Mapping solid biomass potentials in the KASK region*, Mölndal: Profu.
- Broberg, A. (2009). *Potential för Biogasproduktion i Västra Götaland*, Vänersborg: Hushållningssällskapet.
- Bromberg, L. & Cheng, W. (2010). *Methanol as an alternative transportation fuel in the US: Options for sustainable and/or energy-secure transportation*, Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Börjesson, P., Lundgren, J., Ahlgren, S. & Nyström, I. (2013). *Dagens och framtidens hållbara drivmedel*, f3 rapport 2013:13, Göteborg: f3.
- Deeb, R. A., Anderson, T. L., Kavanaugh, M. C. & Kell, L. A. (2013). Methanol: Fate and Transport in the Environment. i: *The Toxicology of Methanol*. John Wiley & Sons, s.11-46.
- E4tech (2013). *A harmonised Auto-Fuel biofuel roadmap for the EU to 2030*, Lausanne: E4tech.
- EFOA (2013). *What are bioethers?*, Brussels, Belgium: The European Fuel Oxygenates Association.
- EFOA (2015). *The European Fuel Oxygenates Association*. www.efoa.eu (2015-04-15).
- Energimyndigheten (2013a). *Hållbara biodrivmedel och flytande biobränslen 2013*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten (2013b). *Energiläget 2013*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten (2014a). *Transportsektorns energianvändning*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten (2014b). *Kortsiktsprognos över energianvändning och energitillförsel år 2014-2016*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- ERTRAC (2014). *Energy Carriers for Powertrains - for a clean and efficient mobility*, Bryssel:ERTRAC.
- EU Parliament (2015). *Fuel quality directive and renewable energy directive - P8_TA-PROV(2015)0100*, Strasbourg: European Parliament.
- EU (2014). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/94/EU av den 22 oktober 2014 om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen*. Bryssel:EU.

Florentinus, A., Hamelinck, C., de Lint, S. & van Iersel, S. (2014). *Worldwide potential of aquatic biomass - Revision March 2014*, Utrecht: Ecofys.

Gillberg, B. (2015). Värmlandsmetanol. www.varmlandsmetanol.se (2015-04-15)

Hansson, J. & Grahn, M. (2013). *Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige*, Stockholm: IVL, Chalmers.

Heuser, B., Kremer, F., Pischinger, S. & Klankermayer, J. (2013). Optimization of Diesel Combustion and Emissions with Tailor-Made Fuels from Biomass. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants* 6(3) s. 922-934.

IEA (2015). *Global EV Outlook 2015 Update*, Paris Cedex: International Energy Agency.

JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration (2014). *WELL-TO-WHEELS Report Version 4.a*, Luxembourg: European Commission - Joint Research Centre - Institute for Energy and Transport.

Johansson, T. B. (2013). *Fossilfrihet på väg*, Stockholm: Statens offentliga utredningar.

Julis, J. & Leitner, W. (2012). Synthesis of 1-octanol and 1,1-dioctyl ether from biomass-derived platform chemicals. *Angewandte Chemie - International Edition* 51(34), s. 8615-8619.

Larsson, H. & Ekengren, T. (2014). *BiMe Trucks – energieffektiva tunga lastbilar för flytande biogas*, Eskilstuna: Energimyndigheten.

Löfblad, E. & Sköldberg, H. (2014). *Möjligheter till omställning av transportsektorn i Västsverige (KASK-regionen) – analys och jämförelse med nationella utredningar*, Mölndal: Profu.

Neste Oil (2014). *Hydrotreated vegetable oil (HVO) - premium renewable fuel for diesel engines*, Espoo, Finland: Neste Oil.

Nikoleris, A. & Nilsson, L. J. (2013). *Elektrobränslen - en kunskapsöversikt*, Lund: Lunds tekniska högskola - Lunds Universitet.

Olah, G. A. (2005). Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy. *Angewandte Chemie International Edition* 44(18), s. 2636-2639.

Persson, U. M. (2015). The impact of biofuel demand on agricultural commodity prices: a systematic review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment* 4(5), s. 410-428.

Roadmap Sweden (2013). *Roadmap Sweden - En färdplan för att främja elfordon i Sverige, nå klimatmålen och samtidigt stärka den svenska konkurrenskraften*, Stockholm: Roadmap Sweden.

Rostrup-Nielsen, J. & Christiansen, L. J., (2011). *Concepts in Syngas Manufacture*. World Scientific Publishing.

SCB (2015). *Fordonsstatistik*. Available at: <http://scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Transporter-och-kommunikationer/Vagtrafik/Fordonsstatistik/> (2015-07-01).

Steen, B., Kushnir, D., Ljunggren Söderman, et al. (2013), Emissioner av växthusgasen och förbrukning av naturresurser vid tillverkning av personbilar med olika drivkällor – ur ett livscykelperspektiv, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Wetterlund, E., Pettersson, K., Lundmark, R. et al. (2013). *Optimal localisation of next generation biofuel production in Sweden - Part II*, f3 rapport 2013:26, Göteborg: f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels.

Volvo Group (2008). *Climate issues in focus*, Göteborg: Volvo Group.

WSP (2013). *Elektrifierade vägar för tunga godstransporter - Underlag till färdplan*, Stockholm: WSP analys & strategi.

BILAGA A – INBLANDNING ELLER RENA DRIVMEDEL?

Scenarierna i FFF-utredningen kan användas för ett räkneexempel, som illustrerar möjliga förhållanden mellan inblandning och ren biodrivmedelsanvändning i olika tidsperspektiv. Idag ligger den genomsnittliga låginblandningen i Sverige i snitt på 10/90 (medräknat den högre inblandningen av HVO i viss diesel)⁴⁷. Till 2030 skulle man kunna räkna med en ökad inblandning upp mot 20/80, utan några större systemförändringar på användarsidan⁴⁸.

Enligt FFF-utredningens scenarier kommer förhållandet mellan mängden biodrivmedel och fossila drivmedel redan till 2030 vara betydligt större än både 10/90 och 20/80. Detta skulle innebära att det antingen kommer att krävas en ökad introduktion av fordonsflotta och infrastruktur för ren biodrivmedelsanvändning eller högre nivåer av inblandning. Samtidigt kan man konstatera att man i FFF-utredningens B-scenario (med lägre åtgärdsnivå) kommer en bra bit på väg enbart genom inblandning.

I Tabell 5 nedan visas några räkneexempel på vad olika nivåer av biodrivmedelsinblandning (10, 20 och 40%) skulle innebära för valet mellan inblandning och ren biodrivmedelsdrift, i relation till FFF-utredningens scenarier.

Tabell 5: Förhållande mellan biodrivmedel till inblandning i fossila bränslen och till rena biodrivmedel baserat på FFF scenarier (under antagandet att samma inblandning sker i alla fossila bränslen) för olika inblandningsnivåer.

FFF-Scenario	2030A	2030B	2050A	2050B
<i>Inblandningsnivå av biodrivmedel i fossila drivmedel på 10%</i>				
mängd bio inblandad (10/90) [TWh/år]	0.7	3.3	0.0	1.0
mängd ren biodrivmedel [TWh/år]	19.6	11.7	13.0	19.0
biodrivmedel till inblandning	3%	22%	0%	5%
ren biodrivmedel	97%	78%	100%	95%
<i>Inblandningsnivå av biodrivmedel i fossila drivmedel på 20%</i>				
mängd bio inblandad (20/80) [TWh/år]	1.5	7.5	0	2.3
mängd hel bio [TWh/år]	18.8	7.5	13.0	17.8
biodrivmedel till inblandning	7%	50%	0%	11%
ren biodrivmedel	93%	50%	100%	89%
<i>Inblandningsnivå av biodrivmedel i fossila drivmedel på 40%</i>				
mängd bio inblandad (40/60) [TWh/år]	4	15.0 ^a	0	6.0
mängd hel bio [TWh/år]	16.3	0	13.0	14.0

⁴⁷ Andel biodrivmedel på energibasis inom vägtransportsektorn uppgick till 9.7 % år 2013 enligt Energimyndighetens statistik. Beräkningar enligt europeiska förnybarhetsdirektivet resulterar i en andel förnybar energi inom vägtransportsektorn på 15.6% år 2013. (Energimyndigheten, 2014a)

⁴⁸ "Andelen förnybara drivmedel inom transportsektorn bedöms öka med 5 procentenheter mellan åren 2013 till 2016 och uppgå till knappt 20 procent år 2016." (Energimyndigheten, 2014b) Detta refererar till hela transportsektorn inkl. flyg-, vatten- och bantrafik och beräkningar enligt förnybarhetsdirektivet där dubbelräkning tillämpas. Utan dubbelräkning prognosticeras andelen förnybara drivmedel till 14.4 % år 2016. (Energimyndigheten, 2014)

biodrivmedel till inblandning	20%	100% ^a	0%	30%
ren biodrivmedel	80%	0%	100%	70%

^a motsvarar en genomsnittlig blandningsnivå på ca 33/67; all biodrivmedel går till inblandning i detta scenario

En inblandning av biodrivmedel på 20% i alla fossila drivmedel i scenario 2030B (i vilket man är mindre optimistisk både angående bioenergipotentialen och energieffektiveringseffekter) skulle då till exempel innebära att hälften av de biobaserade drivmedlen går till inblandning och resten används som rena biodrivmedel. Skulle motortekniken utvecklas så att man kan höja inblandningsnivån till 40%, så skulle i samma scenario allt biodrivmedel kunna användas på inblandningsbas. På det sättet skulle man alltså till exempel kunna minska behovet av att på kort sikt utveckla ny infrastruktur för distribution av ett rent biodrivmedel. Om man på längre sikt ska uppnå en helt fossilfri fordonstrafik, kommer dock andelen biodrivmedel som används i ren form naturligtvis att behöva bli 100% (som i scenario 2050A).

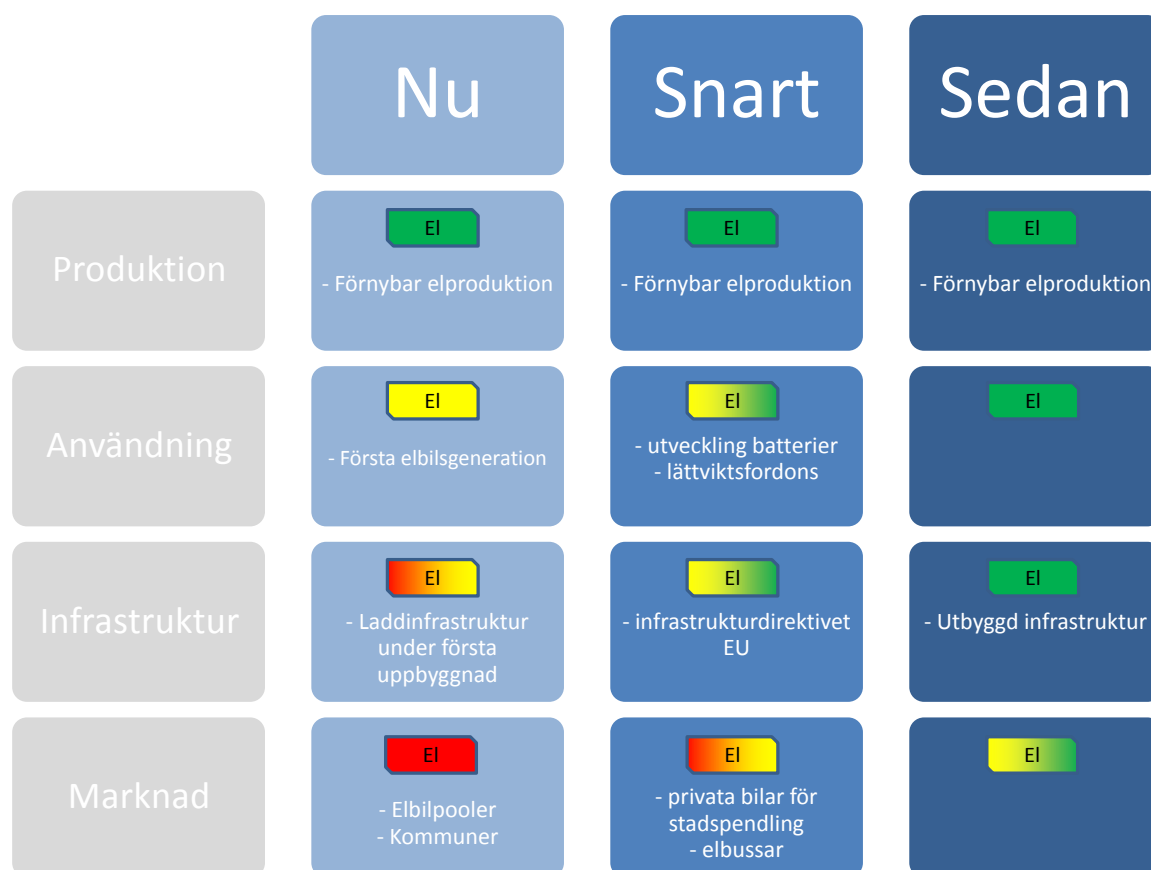
BILAGA B – EXEMPEL: UTVECKLINGSSTATUS FÖR DRIVMEDEL I RELATION TILL STYRANDE FAKTORER

Utvecklingsstatus för ett specifikt drivmedel i relation till olika styrande faktorer

I detta exempel representeras viss utvecklingsstatus med en femgradig skala - rött, halvgult, gult, halvgrön och grön – där rött innebär att förutsättningar för utveckling i det närmaste saknas medan grönt innebär förutsättningar för utveckling motsvarande bränslets fulla potential (vilket i allmänhet motsvarar stor skala och marknadsandel i storleksordningen 10-tals procent).

Diagrammet i denna version inkluderar inte faktorerna råvarupotential och hållbarhetsprestanda, eftersom dessa faktorer bara har en svag koppling till specifika drivmedel.

För att drivmedlet (t.ex. el eller metan) ska uppnå full potential inom ett visst tidsperspektiv, behöver alltså etiketten vara grön för samtliga fält i det tidsperspektivet (t.ex. “nu”). Med ett diagram på den här detaljeringsnivån (med kommentarer inlagda i resp. ruta) är det också möjligt att kommunicera vad som avses i bränslets olika utvecklingssteg – till exempel skillnaden mellan biogas från rötning av hushållsavfall och genomslag av biometansproduktion via förgasning av biomassa.



Utvecklingsstatus för olika drivmedel i relation till olika styrande faktorer

Det vore också värdefullt att kunna illustrera en översikt över utvecklingsstatusen för *olika* drivmedel i relation till samma styrande faktorer. För att en sådan översikt ska bli läsbar måste antalet dimensioner begränsas på annat sätt. I exemplet nedan föreslås att varje diagram tydligt avser en viss utvecklingsstatus, t.ex. första introduktion (motsvarande rött i exemplet ovan),

etablering (motsvarande gul i exemplet ovan) eller full potential (motsvarande grönt i exemplet ovan). För att underlätta läsbarheten bör dessutom, som framgår nedan, antalet drivmedel som inkluderas begränsas, baserat på den analys som ligger bakom diagrammet

Om vi antar att nedanstående diagram avser etablering av olika drivmedel så:

- Beskriver varje drivmedelsetikett inom fältet “produktionsteknik” när *produktion* av detta drivmedel bedöms kunna etableras.
- Etiketterna inom fältet “infrastruktur” beskriver när tillräcklig *infrastruktur* utvecklats för att kunna stödja drivmedlet i etableringsfasen, o.s.v.
- För att ett drivmedel (t.ex. etanol) ska kunna etableras inom ett visst tidsperspektiv (t.ex. “nu”), behöver dess etikett alltså finnas inom samtliga fält för det tidsperspektivet.

För att kunna tolka diagrammet behövs slutligen en tydlig definition av vilket drivmedel respektive etikett representerar. I en sådan här illustration (till skillnad från ovan) måste man till exempel skilja på biometan från rötning och biometan från förgasning. Dessa definitioner saknas i exemplet nedan.

