



Nr C 666
April 2022

Biogas till tunga fordon drivna av flytande metan – Erfarenheter från lastbilar i trafik

Systemstudier inom projektet Västsvensk arena för flytande biogas

Sebastian Bäckström, Karl Jivén



I samarbete med: Closer

Författare: Sebastian Bäckström, Karl Jivén

Medel från: Västra Götalandsregionen och tilläggsfinansiering från Energimyndigheten via Innovationskluster Drive LBG

Fotograf: Frontbild från FordonsGas (fordonsgas.se)

Rapportnummer C 666

ISBN 978-91-7883-370-2

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2022**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

Denna rapport är en delredovisning inom projektet *Västsvensk arena för flytande biogas* som projektleds av Closer och finansieras av Västra Götalandsregionen som också är nationell arena för just flytande biogas. Denna del av projektet ingår i de systemanalyser som IVL Svenska Miljöinstitutet har i uppdrag att utföra med hjälp av Chalmers Tekniska Högskola.

Denna studie har även fått finansiellt stöd från Energimyndigheten via Innovationskluster Drive LBG, i syfte att utvidga undersökningarna, för vilket vi på IVL är mycket tacksamma.

IVL vill tacka Volvo Trucks AB för omfattande stöd i form av tillgängliggörande av FMS-data för de studerade fordonen. Vi vill även tacka de tre Åkerier som deltagit i studien och tillgängliggjort drifts och lastdata till studien. Även i tidigare genomförda delstudier har vi fått stor hjälp från Åkerier. Vi vill särskilt nämna följande personer som med sitt arbete möjliggjort denna studie:

Lars Mårtensson - Volvo Trucks

Pernilla Svensson - Volvo Trucks

Erik Alfredsson – Alfredsson Transport AB

Magnus Nilsson - Sandahls Vårgårda AB

Håkan Landgren - Stay Fresh Sweden AB

Ulf Johansson - Götene Kyltransporter AB

Mattias Vilgfors - Götene Kyltransporter AB

Dan Nilsson – Litra Gas AB

Sylve Törnqvist - Uppdraget i Göteborg AB

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
Summary	6
Bakgrund och syfte	7
Frågeställning och metod	8
Frågeställning	8
Utvärderingsmetod.....	9
Datainsamling	12
Tillgång till fordonsdata.....	12
Analysmetodik	14
Urval av fordon	14
Metod för att analysera trafikering och prestanda	15
Sammanställningar och beräkningar	18
Dataunderlag från FMS-system	18
Dataunderlag från Åkerier.....	19
Orientering till tabeller - Exempel på kalkylresultat.....	20
Resultat - Beräknade indikatorer.....	23
Trafikrelaterade indikatorer	23
Transportrelaterade indikatorer.....	30
Utsläpp av klimatpåverkande gaser	35
Analys.....	39
Osäkerheter	40
Slutsats.....	41
Referenser.....	42
Appendix 1. Prestandaindikatorer för fordon från Åkeri 1.....	43
Appendix 2: Energi och klimatdata för bränslen	46
Diesel MK1 (B0)/(B23,2)	46
HVO(B100)	46
LBM(B0)/(B100)	47

Sammanfattning

Syftet med den studie som redovisas i denna rapport är att undersöka om lastbilar drivna med förvätskad biometan, LBM (eng. *Liquid Bio Methane*), i Sverige ofta benämnt LBG, kan användas på samma sätt som lastbilar med konventionell dieselmotor samt vilken klimatnytta som uppstår vid drift av förvätskad metan jämfört med dieselbränslen, fossila såväl som förnybara.

Studien har besvarat frågan genom att jämföra driftsdata för ett kalenderår för sammanlagt 10 LBG-lastbilar och 6 diesellastbilar från 3 olika åkerier. Fordonen har nyttjats för fjärrtrafik i södra Sverige. Genom att jämföra detaljerade data loggad i fordonens interna datasystem undersöks skillnader och likheter i hur de olika fordonstyperna presterar. De deltagande åkerierna ombads att välja ut fordon ur sin reguljära verksamhet som i så stor utsträckning som möjligt använde likartat avseende lasttyp och lastmängd, körsträckor, vägtyper, ruttlängder chaufförskompetens etc. I studien har det endast ingått fordon av fabrikatet Volvo.

Ett av de deltagande åkerierna har under kalenderåret 2021 nyttjat 6 LBG och 3 dieselfordon på nära nog exakt samma sätt vad avser de parametrar som karakteriserar hur fordonet används. Dessa fordons loggade bränsleförbrukning har sedan nyttjats för en beräkning av skillnaden mellan LBG och dieselfordonens energieffektivitet och klimatprestanda med olika bränsletyper.

Analysen visade på en likvärdig energianvändning och -330% lägre utsläpp av klimatpåverkande gaser för LBG-fordon tankade med förvätskad biometan (LBG) jämfört med dieselfordon tankade med rent biobränsle (HVO 100). Detta betyder att LBG fordonen när de är tankade med förvätskad biometan, där bränslet producerats med hög andel flytgödsel, redovisar negativa utsläpp av klimatpåverkande gaser, dvs. fordonen gör klimatnytta genom att förbränna metangas. Klimatnyttan kommer sig av att metangas är en mycket potent växthusgas, som annars hade släppts ut till atmosfären från jordbrukets gödselhantering. Även vid drift med helt fossila drivmedel, dvs. förvätskad naturgas respektive diesel utan inblandning av biokomponenter visar beräkningar i studien att LBG-fordonen har en klimatfördel med 13% lägre CO₂-ekv utsläpp.

Studiens slutsats är att det är möjligt för ett åkeri att ersätta dagens dieselfordon med LBG-fordon i fjärrtrafik med likvärdig energianvändning och betydande reduktioner av klimatpåverkande utsläpp.

Summary

The aim of the study presented in this report is to investigate whether trucks powered by liquefied bio methane LBM, in Sweden often called LBG, can be used in the same way as trucks with conventional diesel engines and what climate benefit arises from operating liquefied methane compared to diesel fuels, fossil as well as renewable.

The study has answered the question by comparing operating data for a calendar year for a total of 10 LBG trucks and 6 diesel trucks from 3 different hauliers. The vehicles have been used for long-distance traffic in southern Sweden. By comparing detailed data, logged in the vehicles' internal computer systems, differences and similarities in how the different vehicle types perform are examined. The participating hauliers were asked to select vehicles from their regular operations that are used as much as possible in the same way regarding load type and load quantity, mileage, road types, route lengths, driver competence, etc. The study only included vehicles produced by Volvo.

During the calendar year 2021, one of the participating hauliers has used 6 LBG and 3 diesel vehicles in almost exactly the same way with regard to the parameters that characterize how the vehicle is used. The logged fuel consumption of these vehicles has since been used to calculate the difference between LBG and the diesel vehicles' energy efficiency and climate performance with different fuel types.

The analysis showed an equivalent energy use and an improved climate efficiency of up to -330% for LBG vehicles fuelled with liquefied biomethane (LBG) compared to diesel vehicles fuelled with bio-diesel fuel (HVO 100). This means that LBG vehicles, when they are fuelled with liquefied biomethane, with fuel produced with a high proportion of wet manure, report negative emissions of climate-affecting gases. The vehicles benefit the climate by burning methane gas, which is a very potent climate gas, which would otherwise have been emitted from agricultural manure management. Even when operating with completely fossil fuels, i.e.. LNG (liquefied natural gas) and diesel respectively, LBG vehicles have a climate benefit with 13% lower CO₂-eq emissions.

The study shows that it is possible for a haulier to replace today's diesel vehicles with LBG vehicles in long-distance traffic with equivalent energy use and significant reductions in climate-affecting emissions.

Bakgrund och syfte

Samhället har satt upp mål för det pågående arbetet med att begränsa mängden växthusgaser i atmosfären, detta med syfte att minska de förväntade effekterna av den klimatförändring som utsläpp av dessa gaser ger upphov till. En del av detta arbete består av att fasa ut fossila bränslen och ersätta dessa med förnybara, så som t.ex. biogas framställd genom rötning och förgasning. För att nå de uppsatta målen ger svenska staten bland annat bidrag till inköp av lastbilar som drivs med förvätskad metangas (LMG – eng. *Liquid Methane Gas*) och till byggnation av produktionsanläggningar och tankstationer för förvätskad bio-metangas, i detta arbete benämnt som LBG. Benämningen bio-LMG kan i de flesta sammanhang ses som synonym med benämningen LBG, vilken ofta används i Sverige (jämför eng. *Liquid Bio Gas*). Den fossila motsvarigheten, dvs. förvätskad fossil naturgas benämns i denna rapport som LNG.

Inom projektet *Västsvensk arena för flytande biogas* genomförs aktiviteter för att samla in och bearbeta information och informera om förutsättningar och möjligheter till att LBG inom bland annat tung fordonstrafik. Projektet leds av Closer och IVL ansvarar tillsammans med Chalmers Tekniska Högskola för att genomföra analyser i form av systemstudier i relation till användning av LBG i verklig drift inom ramen för projektet.

Syftet med denna redovisning är att bidra till kunskap som kan användas till att värdera nyttan med samhällets satsningar på produktion och användning av LBG och i linje med uppdraget att genomföra systemanalyser inom projektet *Västsvensk arena för flytande biogas*. Systemanalyserna inom projektet ska ge oberoende granskning och analys av produktion och användning av LBG i bland annat tunga fordon.

Denna delrapportering inom projektet hanterar frågan om hur uppföljning och utvärdering av fordon som använder LBG i verklig trafik kan systematiseras och genomföras objektivt och generera nog med information för att generella slutsatser om skillnader mellan olika bränsleval ska kunna utföras.

Inom projektet har samarbete inletts med tre Åkerier som låtit projektet logga driftsdata från ett urval av deras fordon genom att ta del av den information som fordonens *Fleet Management System* (FMS) genererar. Denna information har sedan kompletterats med annan information och ligger till grund för fortsatt metodutveckling och analyser.

Mer konkret beskriver rapporten hinder och möjligheter med automatisk datainsamling, bearbetning av data, resultat från analyser och vilka tänkbara analyser detta medger framöver. Genom att automatisera datainsamlingen skapas möjligheter till att både analysera och optimera avsevärt effektivare men arbetet att nå dit innefattar en del arbete och lärdomar som också beskrivs i rapporten.

Frågeställning och metod

Tillverkare av tunga fordon erbjuder idag en rad olika lastbilsvarianter vilka drivs med förvätskad metan, i denna rapport benämnda Liquid Methane Gas (LBG-) fordon, oavsett om de nyttjar förvätskad naturgas (LNG) eller förvätskad biometan (LBG). Den tekniska prestandan hos fordonen vad avser effekt, räckvidd och körmönster anges av tillverkarna vara i paritet med motsvarande fordon med konventionell drivlina baserad på dieselmotor. Fordonstillverkare har valt olika tekniska lösningar för förbränningen av gasen i motorn, ottocykel eller dieselcykel. I Ottocykeln används tändstift för att starta/styra förbränningsprocessen medan det för dieselcykeln injiceras en liten mängd dieselbränsle vilket fungerar som tändbränsle. De två teknikerna har olika fysikaliska förutsättningar och dieselcykeln uppvisar den högsta energieffektiviteten. Utveckling av Ottotekniken under senare år, bla. ökat cylindertryck, har visat på förbättrad energieffektivitet även för denna teknik.

Den skillnad som vid introduktionen av LNG/LBG-tekniken föreligger för fordonsägaren, jämfört med ett fordon med konventionell dieselmotor, är i huvudsak det mindre antalet tankstationer som erbjuder förvätskad metan jämfört med dieselbränslen. Framför allt kan fordonsägaren inte lika enkelt nyttja en egen bränsleanläggning på sin terminal, vilket är vanligt med dieselbränsle. De Åkerier som väljer att byta till LBG fordon behöver initialt förhålla sig till dessa skillnader mot dieseldrift. T.ex. behöver fordonen sättas in på rutten som inte kräver bränslepåfyllning under körningen om rutten inte kan lägga så att man passerar de befintliga tankstationerna. Man måste även säkerställa att planerade körsträckor mellan tankstationerna understiger fordonets aktuella körsträcka. I takt med att stationsnätverket byggs ut och erfarenheterna med LBG-tekniken sprids förutses dessa skillnader minska. Även handhavande vid tankning skiljer sig åt och det finns begränsningar vad avser LBG-tankens möjlighet att bibehålla låg temperatur under flera dygns stillastående.

I många fall fasas LBG fordonen in i fordonsflottor och sätts då (vanligtvis) in i trafikupplägg tillsammans med befintliga dieselfordon. I sådana fall är det möjligt att studera om det finns skillnader mellan hur LBG och dieselfordon fungerar i verklig trafik. Med syftet att undersöka detta, dvs. om det finns några systematiska skillnader i hur diesel respektive LBG fordon används i verklig trafik, har denna undersökning genomförts.

Frågeställning

Den övergripande frågeställningen för denna undersökning är huruvida det finns några väsentliga skillnader i hur en diesel- respektive LBG driven lastbil används och presterar i verklig fjärrtrafik.

En första fråga är om fordonsägarna använder sina LBG-fordon på samma sätt som sina dieselfordon, dvs om fordonen kör i samma trafiktyp med slingor av samma längd och antal stopp och med liknande lastmängd.

För fordon som körs i liknande trafikupplägg undersöks sedan indikatorer kopplade till energianvändning och klimatprestanda för olika varianter av bränslen.

Utvärderingsmetod

Undersökningen utgår från en hypotes om att det finns skillnader i hur i övrigt likadana fordonskombinationer (Lastbil+släp) med respektive drivlina används och presterar. Undersökningen syftar till att falsifiera denna hypotes genom jämförelse av fordonens drift och nyttjande av de Åkerier som förfogar över fordonen. Genom att beräkna fram indikatorer kopplade till fordonens trafik- och transportproduktion jämförs de olika fordonstypernas, dvs. LBG respektive diesel, prestanda. Om inga skillnader kan påvisas indikerar detta att hypotesen kan vara felaktig, dvs. att fordonen i verkliga driftsförhållanden istället presterar likvärdigt. Om hypotesen istället bekräftas av undersökningen, dvs. om signifikanta skillnader påvisas, kan dessa beskrivas och analyseras vidare.

För att beskriva lastbilarnas användning och produktivitet samlades data huvudsakligen in från lastbilarnas FMS-datasystem (*Fleet Management System*). Dessa uppgifter kompletterades med uppgifter från Åkeriernas produktionssystem.

Den insamlade datamängden bearbetades och totalt 21 indikatorer beräknades med syfte att jämföra hur de olika fordonstyperna presterar. De indikatorer vilka beräknats anges i Tabell 1.

Tabell 1. Indikatorer för analys av diesel och LBG lastbilar.

Indikator	Trafikrelaterade indikatorer - TRF	
	TRF1	Körmönster
1	a)	medelsträcka per dygn med trafik (km)
2	b)	antal stopp, totalt
3	c)	antal stopp > 3min
4	d)	medelsträcka mellan stopp (km)
5	e)	Antal körsträckor > 2km per trafikdag
6	f)	Andel av körsträckor < 50 km
7	g)	Andel av körsträckor 50 km - 100 km
8	h)	Andel av körsträckor > 100 km
	TRF2	Tid i trafik
9	a)	i drift - medel tim. per dygn
10	b)	i rörelse - medel tim. per dygn
11	c)	stillastående - medel tim. per dygn
12	d)	nyttjande - andel av dygn
13	e)	andel av drift i rörelse
	TRF3	Framförande av fordon
14	a)	Snitthastighet under körning (km/h)
15	b)	Andel av körtid med > 90% belastning av motor
	c)	Antal aktiveringar av färdbröms per 100km
	d)	Andel av körsträcka med aktiverad färdbröms
	Transportrelaterade indikatorer – TRP	
16	TRP1	Genomsnittlig vikt på last (ton)
17	TRP2	Producerat transportarbete per dygn /tkm)
18	TRP3	Andel av körsträcka med
19	a)	Låg fordonsvikt (%)
20	b)	Medelhög fordonsvikt (%)
21	c)	Hög fordonsvikt (%)

För lastbilar som uppvisar identiska användningsmönster har sedan loggad bränsleförbrukning använts för att beräkna energi och klimatprestanda enligt uppställning i Tabell 2.

Tabell 2. Beräknade parametrar för bränsleförbrukning, energibehov och klimatutsläpp.

	Energi och miljöindikatorer -EoM	
22	EoM2	Bränsleförbrukning
	a)	Bränsleförbrukning motor på - Diesel (l/100km)
	b)	Bränsleförbrukning LBGmotor på (kg/100fkm)
	c)	Diesel - AdBlue förbrukning total (l/100km)
23	EoM1	Total energianvändning
	a)	Total energianvändning TTW – medel per sträcka (MJ/fkm)
	b)	Andel av energi från diesel (%)
	c)	Energi TTW Diesel (MJ/fkm)
	d)	Energi TTW LBG (MJ/fkm)
	e)	Energi Total, justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) (MJ/fkm)
	f)	Total energi per tkm (MJ/tkm)
	EoM3	Utsläpp av klimatpåverkande gaser
	a)	CO ₂ -ekv. utsläpp WTW total (g/fkm)
	b)	varav från dieselbränsle (g/fkm)
	c)	varav från LBG bränslen (g/fkm)
	d)	varav från AdBlue (g/fkm)
	e)	CO ₂ -ekv. utsläpp WTW total justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) (g/fkm)
	f)	CO ₂ -ekv. utsläpp WTW total justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation), per tkm (g/tkm)

Datainsamling

Den för undersökningen nödvändiga datan insamlades från två källor;

1. Fordonens FMS datasystem
2. Fordonsägarnas transportplaneringsystem

Tillgång till fordonsdata

FMS datasystem

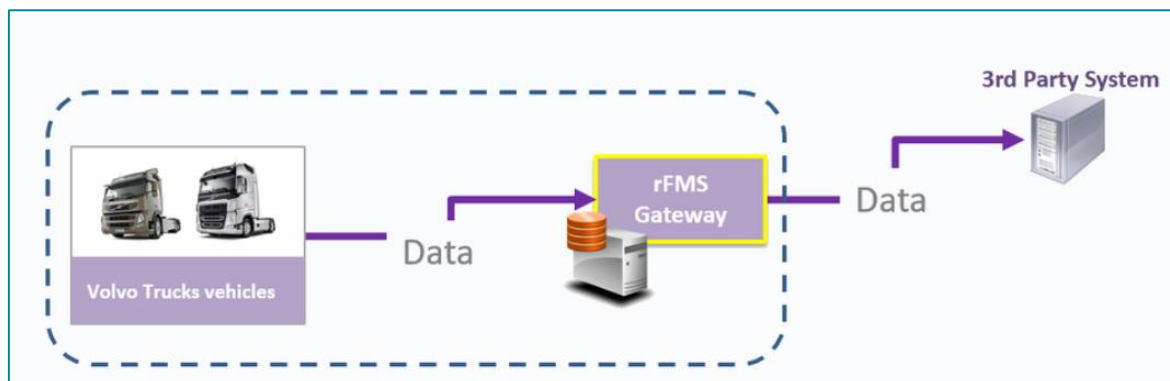
I moderna lastbilar finns ett så kallat 'Fleet Management System' installerat vilket utgörs av ett datorsystem för insamling, analys, lagring och kommunikation av driftsrelaterad information. Informationen insamlas från fordonets system för framdrift (såsom motor, transmission, broms, navigation, el etc.) kompletterat med en rad sensorer för övervakning och drift av övriga system, såsom trycksensorer, tanknivåmätare, odometer och GPS-data. Informationen sammanställs i fordonet och kommuniceras kontinuerligt med fordonstillverkaren via mobiltelefoninätet. På så sätt skapas detaljerade loggar om varje fordon status och trafikering. Beroende på valda inställningar samlas status in med olika frekvens och totalt loggas ca 300 olika parametrar i databasen. Normalt använder man samplingsintervall om 5–10 minuter, men för de fordon som loggas i detta projekt har en högre frekvens valt, en gång per minut. Från FMS-systemets databas kan sedan fordonsägaren via olika abonnemangstjänster erhålla såväl realtidsdata som analyser av historiska data för varje fordonsindivid. Data är åtkomlig dels via tillverkarens appar och hemsidor, dels genom API-protokoll (web services).

I projektet har de möjligheter att via webgränssnitt skapa och exportera historiska rapporter för fordonen nyttjas. De analysmöjligheter som baseras på dessa tjänster är mycket omfattande och täcker områden som energi, sträckor, tider, laster, körprofil, kraftutnyttjande, förbrukning mm. Rapporterna har exporterats för vidare analys i Excel.

Ecotell

Projektet har även haft möjlighet att via API-gränssnittet hämta ut en kopia av några av de parametrar som loggas av fordonens FMS system. Fördelen med detta förfarande är att man kan göra mer (i tiden) högupplösta analyser samt nyttja GPS-datan för att t.ex. förstå var fordonet befinner sig när det stannar eller vilken vägtyp det kör på. IVL disponerar ett egenutvecklat system, Ecotell, vilket fungerar som ett tredjeparts-system kopplat till Volvos databaser för fordonsdata, se Figur 1. Ecotell har tidigare haft integration mot både Scania och Volvos API:er, men i dagsläget är endast gränssnittet mot Volvo i drift (pga. en uppdatering i Scantias protokoll vilket ej implementerats i Ecotell). Av bland annat denna anledning har endast Volvo-fordon att ingå i denna studie.

Figur 1. Dataflöde mellan fordon och Ecotell (3rd Party System).



(bild från Volvo Trucks AB)

Till fordonstillverkarens web-service, i detta fall Volvo Connect, kan ett antal fördefinierade frågor ställas vilket genererar svar med efterfrågade dataposter. I vår API-applikation nyttjas en fråga om fordonstatus vilket genererar ett svar innehållande följande dataposter: Fordonets ID, tidsstämpel för sparad data, tid för angiven GPS-data, fordonets position (long, lat), färdriktning (kompasskurs från GPS), höjd över havet (från GPS), aktuell fart, aktuell ställning på odometer (kilometermätare), nivå i dieseltank samt ackumulerad förbrukning av diesel sedan fordonet tillverkades. I nuvarande version av systemet kunde tyvärr inte uppgifter om förbrukad mängd metangas hämtas på samma sätt som för dieselbränsle. Information om metangasförbrukning kunde således endast erhållas som aggregerat värde för den tidsperiod som väljs i de sammanfattningsrapporter som hämtades från Volvo Connects webbportal.

För mer detaljerad information om Volvo Connect och därtill kopplad API-miljö hänvisas till <https://developer.volvotrucks.com/>.

De datamängder som på detta sätt tillgängliggörs används för att i flera delsteg beräkna ett antal kompletterande nyckeltal. Dessa analyser görs semi-automatiskt genom algoritmer strukturerade i Excel.

Åkerier

Tre Åkerier vilka trafikerar både LBG och diesellastbilar har deltagit i denna studie. Åkeriernas främsta insats har varit att de öppnat upp för IVL att från Volvo Connect inhämta uppgifter via web-gränssnitt såväl som via web-service. Därutöver har Åkerierna för utvalda perioder sammanställt information om de lastmängder som medföljer lastbilen. Sammantaget är denna data tänkt att nyttjas för analys av hur lastbilarna används och presterar i verklig trafik, såväl som förklaring till eventuella skillnader i energianvändning för framdrift av fordonen.

Analysmetodik

Urval av fordon

Urvalet av fordon har påbörjat med att Åkerier som kan tänkas ha LBG och dieselfordon i likvärdig trafik kontaktats för att utröna om det verkar finnas förutsättningar för att använda dessa fordon för jämförande studier och om Åkerierna varit intresserade av att bidra till studien. Tre Åkerier bedömdes som lämpliga och visade också intresse för deltagande. I tidigare arbete inom projektet har även inledande studier utförts på andra Åkerier som gett viktiga kunskaper men där det efter hand visat sig vara för stor skillnad i användningen av LBG respektive dieselfordonen.

Urvalet av fordon har därefter genomförts av respektive Åkeri. Fordonsansvarig person ombads att välja ut LBG och diesellastbilar av samma storleksklass och som trafikeras i så lika transport och trafikupplägg som möjligt vad avser rutternas längd och typ av vägar, typ och mängd av last, erfarenhet hos chaufförer etc.

Då Ecotell-systemet i nuvarande utförande endast kan nyttja Volvos API:er ombads Åkerierna att endast välja ut fordon tillverkade av Volvo.

Vid studier av de körmönster som fordonen uppvisar ses att de flesta av fordonen nyttjas för långväga styckegodstrafik i kombinationer med bil och släp. Samtliga fordon är yngre än 3 år och uppvisar ett högt utnyttjande. Att fordonen kör i varierande turer och omlopp introducerar en osäkerhet vad avser uppkomst av skillnader i hur lastbilarna i detalj används. I ett motsatt scenario hade man kunnat identifierat lastbilar som kör i tidtabellsbundna fasta turer med stabila godsflöden, t.ex. flöden inom råvarubaserad processindustri såsom skogsråvara, malm eller andra insatsvaror, samt industrins utflöde av produkter.

Som underlag till resultatet i denna rapport har data analyserats från den uppsättning fordon som presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Fordon i dataunderlaget, endast lastbilar tillverkade av Volvo.

Åkeri	Ecotell ID	Modell	Trafiktyp	Motortyp	Max effekt (kW)	Bränsle
1	44	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	43	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	42	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	45	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	46	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	47	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	49	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL
	50	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL
	48	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL
2	51	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	53	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	52	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	55	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL
	54	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL
	56	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL
3	37	FHL3A62R	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	41	FHL3A62T	Fjärrtransport, jämn	G13C460	338	LBG
	40	<i>FHL3A62T</i>	<i>Fjärrtransport, jämn</i>	<i>G13C460</i>	338	<i>LBG</i>
	38	<i>FH13A62R</i>	<i>Fjärrtransport, jämn</i>	<i>D13K500</i>	368	<i>DIESEL</i>
	39	FH13A62R	Fjärrtransport, jämn	D13K500	368	DIESEL

Totalt ingår 11 LBG lastbilar och 7 diesellastbilar i analysunderlaget. Fordon nr. 40 och nr. 38 utgick senare ur studien pga. tekniska problem med fordonen och datainsamlingen.

Metod för att analysera trafikering och prestanda

För de fordon som ingår i analysen har detaljerade rapporter hämtats från det web-baserade gränssnittet Volvo Connect. För fordonen tillhörande Åkeri 1 och Åkeri 2 har data för helåret 2021 valts ut. Mer högupplöst data har även hämtats ut ur Volvo Connects webgränssnitt och lagrats i det interna verktyget Ecotell, se föregående sektion. För Åkeri 3 kom dataöverföringen till Ecotell igång i mitten av mars 2021 varför data fram till och med februari 2022 har ingått för dessa för att få så stort dataunderlag som möjligt till jämförelsen. Rapporterna genererades genom urval av fordon och parametrar inne i Volvo Connect systemet varefter de färdiga rapporterna exporterades till excel-datafiler för fortsatt analys.

För flera av de parametrar som genereras i rapporten kan jämförelser mellan diesel respektive LBG fordon göras direkt. För andra nyckeltal genomförs beräkningar baserat på den inhämtade datan. På detta sätt beräknas t.ex. den totala energianvändningen genom att multiplicera uppgiften om förbrukat dieselbränsle och LBG med respektive bränsles värmevärde.

För att skapa ett jämförbart underlag har ett viktat medelvärde beräknats för varje parameter baserat på Åkeriets ingående LBG fordon. Viktningen har baserats på antal dagar med registrerad trafik som ingår i dataunderlaget för respektive fordon. Detta har även gjorts för respektive Åkeris dieselfordon. Därefter har skillnaden mellan medelvärdet för LBG och dieselfordonen beräknats

och denna skillnad har slutligen relaterats till värdet för medelvärde för dieselfordonen. Vid ett högre värde för LBG fordonen erhålls ett positivt relativt värde och vid ett lägre ett negativt relativvärde. Ett lågt absolutvärde på den relativa skillnaden indikerar att de två lastbilstyperna presterar eller nyttjas på ett likvärdigt sätt. Ett högt värde pekar på en skillnad. Som indikator på skillnadens storlek i förhållande till spridningen inom respektive fordonsgrupp beräknades även ett spridningsmått i form av genomsnittlig avvikelse från medelvärdet. För parametrar där skillnaden mellan det viktade medelvärdet (för LBG respektive dieselfordon) är i samma storleksordning som det genomsnittliga avvikelserna från de viktade medelvärdena anses likhet mellan fordonsgruppernas prestanda råda. Hypotesen som skall prövas är att de relativa skillnaderna är små, med undantag för de som direkt relaterar till skillnaden mellan LBG och diesel som bränsle, som t.ex. utsläpp av koldioxid.

Ett totalt medelvärde baserat på samtliga elva LBG respektive sju dieselfordon har också beräknats och analyserats på motsvarande sätt.

Utifrån den tidsupplösta data som tillgängliggjordes med Ecotell skapades en analysrutin för att identifiera position för varje plats där fordonet står still under en period överstigande 3 minuter. Den angivna positionen undersöktes med hjälp av omvänd geokodning (ger gatuadress och ort) samt genom studier av Googles flyg och gatubilder. Detta möjliggjorde en karakterisering av platsen som t.ex. diesel-tankstation, rastplats, vägrestaurang, LBG-tankstation, godsterminal, lossning/lastning hos kund, tullstation, verkstad etc. Genom att bygga upp en databank med denna typ av platser kan systemet sedan automatiskt undersöka om en plats där ett fordon stannar redan är klassificerad. Vid starten av detta arbete antogs fordonen frekvent återkomma till ett begränsat antal platser. Under arbetets gång växte sig dock listan längre och det blev tydligt att flera av fordonen inte körs i sådana omlopp att huvuddelen av dess stopp sker på återkommande platser. Ambitionen att klassificera fordonets samtliga stopp, samt undersöka hur lång tid de olika typerna av stopp i genomsnitt tar i anspråk, tvingades överges på grund av allt för stora datamängder och allt för stor arbetsinsats. Om man vill gå vidare med denna typ av analyser måste studien avgränsas till fordon som har mer fasta trafikupplägg och rutter alternativt utveckla en automatisk identifiering av orsaken till varför lastbilen stannat på varje plats. I många fall visade det sig även svårt att enbart på adress och satellitbildmaterialet avgöra orsaken till att fordonet stannat. Tex. kan leveranser ske när fordonet är parkerat på en gata i ett industriområde, men ett sådant stopp kan även handla om en rast eller ett privat ärende såsom ett inköp i närliggande kiosk. På samma sätt är det svårt att avgöra om ett stopp vid en dieseltankstation avser tankning eller ej. I dessa fall får man göra kompletterande analyser av längden av stoppet samt göra en koppling till förändring av nivå i dieseltanken. Vad gäller den planerade beräkningen av tider för olika stopp försvårades analysen av att chauffören i samband med vissa stopp passar på att ta sin rast. Detta var t.ex. en utmaning vid analys av stopp vid olika tankstationer. Med andra ord blev det svårt att redovisa något meningsfullt värde på hur lång tid fordonen ägnade sig åt att tanka olika typer av bränslen.

Vad gäller tankning kunde information sparad i Ecotell möjliggöra en analys om ökning av nivån i dieseltanken. Frekvensen av stopp för att tanka diesel samt genomsnittlig körsträcka däremellan kunde analyseras. Ett försök att uppskatta tidsåtgång för tankning av diesel genomfördes men visade sig svårt att genomföra enbart baserat på positions och tidsdata. Huvuddelen av fordonens tankning av diesel verkar ske på den egna terminalen. Då motsvarande nivådata ej kunde fås för tanknivån för LNG kunde motsvarande analys ej göras för LBG fordonen.

Vad gäller körsträckor genomfördes en analys där först samtliga stopp identifierades baserat på längd (>3 minuter) och körsträcka sedan senaste stopp större än 2 km. På så sätt filtrerades stopp kopplat trafik (rödljus, köer etc.) och kortare förflyttningar på terminaler, industriområden,



bränslestationer etc. bort från analysen. Tid och sträcka för körningen mellan 'riktiga' unika stopp kunde därefter analyseras. För att jämföra lastbilarnas trafiktyp räknades antal körsträckor med sträckor inom tre intervall, 2 – 49 km, 50 – 100 km samt körsträckor över 100 km. Fördelningen jämfördes sedan för LBG respektive dieselfordon.

Sammantaget ledde ovanstående utmaningar till att den planerade analysen av syftet med varje stopp ej kunde genomföras som planerat, men att relevant information om lastbilarnas körsträckor ändå kunde beräknas.

Analysen om huruvida LBG och dieselfordon nyttjas på liknande sätt kom därför att i huvudsak baseras på den data som kan utläsas ur de summeringsrapporter som hämtades ur Volvo Connect systemet.

Sammanställningar och beräkningar

I denna sektion presenteras de beräknade indikatorerna för LBG respektive dieselfordonen. Redovisningen är omfattande vad gäller siffermaterialet och för att fokusera presentationen visas först ett exempel på det underlag som räknats fram. Detta exempel avslutas med en sammanfattande analys där skillnader mellan samtliga LBG respektive dieselfordon redovisas. De följande parametrarna redovisas endast i form av de sammanväga resultaten för samtliga fordon. Mer detaljerad redovisning av data för Åkeri 1 redovisas i appendix 1.

Dataunderlag från FMS-system

De resultat som redovisas i denna rapport baseras på data insamlade för totalt 18 tunga lastbilar med fördelning mellan LBG och diesel som huvudsakligt bränsle enligt Tabell 4. Fordonen har valts ut av respektive Åkeri utifrån en förfrågan om att välja fordon av samma storlek och som går i samma typ av trafik med samma typ av gods. Samtliga fordon uppges nyttjas i fjärrtrafik med kombinationen bil + släp. I tabellen visas även medelvärden per fordon för hur många dagar i trafik samt ackumulerad körsträcka som beräkningarna baseras på.

Tabell 4. Dataunderlag, trafikvolymer

	Antal fordons-individer	Bränsle	Antal dagar med trafik som ingår i underlaget	Total körsträcka i underlaget (km)
LBG-fordon	11	LBG	2 374	1 118 000
Diesel-fordon	7	DIESEL	1 254	648 000

Som visas i Tabell 4 baseras analysen på ett omfattande dataunderlag vad avser kalendertid och körsträcka¹. Således har skillnader mellan årstider, väglag, vägtyper, enskilda chaufförers körstilar och ev. felaktigheter på fordonen till stor del utjämnats i underlaget.

Fordonen trafikeras av tre olika Åkerier med olika trafikupplägg. För Åkeri 1 erhöles möjlighet att logga data för totalt 6 metan- (M) och 3 dieselfordon (D) under drygt ett kalenderår. Ett av fordonen var ur trafik under en period av 14 veckor under mätperioden. För Åkeri 2 kunde data endast insamlas för 6 fordon (3 M+3 D) under en tvåmånadersperiod. Åkeri 3 erbjöd 5 fordon (3 M+2 D), men tyvärr drabbades 2 av dessa av problem (driftstopp samt problem med insamlad data) varför dataunderlaget för dessa två fordon (ID 38 och ID 40) helt utgick i analysen. I Tabell 5 redovisas uppgifter om ingående fordon.

¹ Den ackumulerade

Tabell 5. Fördelning av ingående fordon mellan Åkeri och bränsletyp.

Åkeri	Ecotell Vehicle	Bränsle	Antal dagar med trafik i underlag	Loggad körsträcka (km)
1	44	LBG	290	151 215
1	43	LBG	293	145 948
1	42	LBG	232	100 665
1	45	LBG	267	129 117
1	46	LBG	266	123 696
1	47	LBG	277	130 073
1	49	DIESEL	271	143 479
1	50	DIESEL	267	122 138
1	48	DIESEL	248	111 374
2	51	LBG	59	31 223
2	53	LBG	58	26 975
2	52	LBG	61	30 656
2	55	DIESEL	63	34 764
2	54	DIESEL	61	33 969
2	56	DIESEL	61	40 818
3	37	LBG	278	129 218
3	41	LBG	293	119 428
3	40	LBG	70	15 777
3	38	DIESEL	38	24 176
3	39	DIESEL	283	161 261
Summa LBG-fordon			2 374	1 118 214
Summa diesel-fordon			1 254	647 803

Dataunderlag från Åkerier

Som en del i arbetet med att undersöka hur de olika fordonstyperna presterade i verklig drift efterfrågades detaljerade sammansättningar av de lastmängder som transporterades. Genom att i detalj följa hur fordonens lastmängd varierade under en körrutt skulle t.ex. storheter som andel tomkörning, genomsnittlig lastvikt/fyllnadsgrad samt relationen mellan lastmängd och bränsleförbrukning kunna klargöras. Två av Åkerierna försåg projektet med testdata framtagen från respektive Åkeris transportledningssystem. I datan återfanns uppgifter om försändelsers vikt, tidpunkt för lastning respektive lossning samt vilket fordon som utfört transporten. Genom att knyta denna information till den detaljerade FMS informationen i Ecotell genomfördes ett försök att ta fram efterfrågad information om hur olika fordonstyper presterar.

Den genomförda analysen visade sig dock ej kunna genomföras som planerat. Information om planerade laster och adresser visade sig inte vara helt synkroniserade med de trafik och fordon-data som inhämtats från FMS systemet. Erfarenheten från detta arbete är att uppgifter om lastvikter och förändringar av lastvikter för denna typ av analys troligen bör baseras på sensordata i fordonen och inte data om planerade laster. Alternativt att sådan data kan behöva bearbetas ytterligare. De uppgifter som funnits i transportplaneringssystemen har i dessa fall inte utgjort ett fullständigt och synkroniserat dataset.

Orientering till tabeller - Exempel på kalkylresultat

Syftet med studien är att undersöka om det kan påvisas några skillnader i hur LBG drivna lastbilar presterar i verklig trafik jämfört med fordon med traditionell dieselmotor. Genom att beräkna värdet på en stor mängd trafik- och transportrelaterade parametrar har ett underlag för jämförelse skapats. Därefter presenteras de skillnader i energianvändning och utsläpp av koldioxid som kan påvisas mellan de olika bränsletyperna.

Då fordonen i studien trafikerar av tre olika Åkerier görs jämförelsen mellan LBG och dieselfordon inom Åkerierna. För ett Åkeris LBG fordon beräknas ett medelvärde viktat med avseende på fordonens körsträcka under perioden. Detta medelvärde jämförs sedan med motsvarande viktade värde för Åkeriets dieselfordon. Utgångspunkten är att det inom Åkeriets verksamhet föreligger så lika förhållanden som möjligt mellan LBG och dieselfordon vad avser körsträckor, vägtyper, godsmängder etc. varför ev. påvisade skillnader mellan LBG respektive dieselfordon kan antas vara kopplade till skillnader i fordonets drivlina, dvs motor och bränslekombination.

Som jämförelse skapas på samma sätt även ett viktat medelvärde för samtliga LBG-fordon från alla tre Åkerier, vilket jämförs med motsvarande medelvärde för samtliga diesellastbilar. Då fordonen har olika geografiska trafikeringsområden och olika trafikupplägg förväntas större skillnader mellan bränsletyperna i denna jämförelse.

I Tabell 6 redovisas exempel på det dataunderlag som hämtats ut från Volvo Connect vad avser hur fordonen nyttjas mätt som tid. I vänstra kolumnen visas att sex LBG och tre dieselfordon omfattas för Åkeri 1. För respektive parameter redovisas det viktade medelvärdet för de 6 LBG och de 3 dieselfordon i den nedre delen av datatabellen. Därefter visas skillnaden mellan de viktade medelvärdena, dels som differensen mellan värden samt relativt medelvärdet för dieselfordonen.

Tabell 6. Exempel på dataredovisning – Åkeri 1.

Ecotell Vehicle ID	Bränsle	Tid i drift - medel tim. per dygn med trafik	Tid i rörelse - medel tim. per dygn med trafik	Tid stillastående - medel tim. per dygn med trafik	Andel av tid i drift med rörelse (hastighet >0)	Fordons-utnyttjande - % av tid i drift under perioden
44	LBG	8,6	8,1	0,6	94%	29%
43	LBG	8,2	7,8	0,5	95%	27%
42	LBG	7,3	6,7	0,5	93%	19%
45	LBG	8,0	7,4	0,7	92%	24%
46	LBG	7,7	7,1	0,6	93%	23%
47	LBG	7,7	7,2	0,5	94%	24%
49	DIESEL	8,7	8,2	0,5	94%	28%
50	DIESEL	7,7	7,2	0,5	93%	25%
48	DIESEL	7,5	7,0	0,5	93%	22%
Viktat medel 6 LBG-fordon		7,94	7,42	0,554	93,4%	24,8%
Viktat medel 3 Diesel-fordon		8,00	7,49	0,495	93,6%	25,2%
Skillnad, differens LBG - DIESEL		-0,06	-0,08	0,06	-0,3%	-0,4%
Skillnad, relativt DIESEL		-1%	-1%	12%		
Genomsnittlig avvikelse från medelvärde						
LBG-fordon		0,36	0,36	0,06	0,8%	2,3%
Dieselfordon		0,49	0,50	0,02	0,6%	2,1%

Vi ser i detta exempel att LBG fordonen i genomsnitt är i drift (tändning tillslagen) 0,06 timmar (dvs. drygt 3,3 minuter) kortare tid per dygn jämfört med dieselfordonen. Under den tid fordonen är i drift är LBG fordonen dessutom något mindre i rörelse, -0,3% av tiden i drift, vilket betyder att dieselfordonen i genomsnitt är i rörelse fyra och en halv minuter längre än LBG fordonen per dygn.

De två sista raderna i Tabell 6 redovisar spridningsmättet för respektive fordonsgrupp. Vi ser att för samtliga parametrar är spridningen inom respektive grupp större än skillnaden mellan gruppernas medelvärden, vilket indikerar att grupperna presterar likvärdigt avseende dessa parametrar. De skillnader mellan de viktade medelvärdena som framkommer är i sammanhanget därmed att betraktas som små och indikerar ingen relevant skillnad i hur respektive fordonskategori nyttjas i verklig trafik.

Motsvarande parametrar sammanställs även för hela fordonskollektivet. Resultatet av denna summering möjliggör studier av genomsnittsvärdet av samtliga LBG respektive dieselfordon. Som tidigare nämnts är denna jämförelse av mindre relevans för studiens frågeställning då skillnader troligen föreligger i hur de tre Åkerierna nyttjar sina fordon. Uppgifterna presenteras dock som en referens och som ett diskussionsunderlag. För rapportens slutsatser kommer dock endast skillnader mellan fordon som kör i identiska upplägg att ingå, dvs i praktiken jämförs bara fordon inom varje Åkeris flotta.

Tabell 7 Exempel på sammanfattande jämförelse mellan LBG och dieselfordon, samtliga fordon.

	Bränsle	i drift - medel tim. per dygn med trafik	i rörelse - medel tim. per dygn	stillastående - medel tim. per dygn	andel av drift i rörelse	nyttjande - % av tid
Viktat MEDEL 11 LBG-fordon	LBG	8,0	7,27	0,63	91%	26%
Viktat MEDEL 7 diesel-fordon	DIESEL	8,6	7,92	0,70	92%	29%
Skillnad, LBG-DIESEL		-0,60	-0,64	-0,07	-1%	-2,8%
Skillnad, relativt DIESEL		-7,0%	-8%	-10%		

När studiens samtliga fordon jämförs, se Tabell 7 Exempel på sammanfattande jämförelse mellan LBG och dieselfordon, samtliga fordon. framträder en bild av ett lägre genomsnittligt utnyttjande för LBG fordonen, 2,8% lägre än dieselfordonen räknat över tillgänglig tid. Här är det dock viktigt att komma ihåg att fordonen nyttjas av tre olika Åkerier vilka har olika sätt att trafikera fordonen. I Tabell 8 redovisas den relativa skillnaden mellan LBG fordon och dieselfordon för de tre Åkerierna. Storleken på skillnaden indikerar i vilken utsträckning respektive Åkeri nyttjar sina LBG respektive dieselfordon på liknande sätt.

Tabell 8. Relativa skillnader mellan Åkeriers nyttjande av LBG- och dieselfordon.

Skillnad, LBG fordon jämfört med dieselfordon	Årlig körsträcka (km) (beräknad)	I drift - medel tim. per dygn med trafik	Nyttjande - % av tid	Nyttjande, andel dygn i trafik/totalt antal dygn
Åkeri 1	3%	-1%	-0,4%	2,5%
Åkeri 2	-19%	-11%	-5,5%	-3,7%
Åkeri 3	-23%	-17%	-5%	0,7%
Total	-9%	-7%	-3%	0,0%

Vi ser i kolumnen längst till höger att fordonstyperna i genomsnitt nyttjas ungefär lika många av årets dagar, Åkeri 1 något högre nyttjande av LBG-fordonen jämfört med dieselfordonen (+2,5%) och Åkeri 2 något lägre (-3,7%). Skillnaden i den totala körsträckan (mellan LBG respektive dieselfordonen) varierar dock mer mellan Åkerierna. Åkeri 1 kör i genomsnitt något längre (+3%) med sina LBG-fordonen jämfört med sina dieselfordon, medan Åkeri 2 och 3 kör ca 20% kortare sträckor med sina LBG-fordon jämfört med sina dieselfordon.

Den slutsats vi kan dra av dessa indikatorer är att de mest intressanta resultaten förväntas erhållas vid studier av fordonen hos Åkeri 1 då de små skillnaderna redovisade i Tabell 8 indikerar att LBG och dieselfordon hos detta Åkeri används på ett likartat sätt.

I jämförelser av de indikatorer som redovisar energi och klimatdata är det viktigt att man inte jämför några absoluta tal för respektive fordonsgrupp då de kopplas till körsträcka. Av denna anledning har de valda indikatorerna formulerats som relativa värden, dvs. ett värde för en storhet uttryckt per tidsenhet (trafikdag, per timme), per trafikarbete (körd fordonskilometer – fkm) eller per producerat transportarbete (tonkilometer – tkm).

Resultat - Beräknade indikatorer

Den första frågan att besvara är om Åkerierna lyckats med sina urval av fordon att studera. Ett urval av LBG och dieselfordon i så liknande trafik och transportupplägg som möjligt efterfrågades. I verkligheten kommer dock skillnader uppstå pga. variationer vad avser godsmängder, chaufförsindivider, vägsträckor, väglag etc. Av denna anledning är det av stor vikt att data för en längre period jämförs och att flera fordon ingår i underlaget. Innan några slutsatser kan dras avseende eventuella skillnader i LBG och dieselfordonens prestanda måste hypotesen om olika sätt för nyttjande av fordonen falsifieras. Hypotesen prövas genom en jämförelse av de parametrar som listas i Tabell 1. I detta avsnitt redovisas jämförelser mellan en rad indikatorer med syfte att säkerställa liknande driftförhållanden.

Trafikrelaterade indikatorer

TRF1 Körmönster

Ett antal indikatorer kopplade till hur fordonens dagliga körmönster ser ut har beräknats för respektive Åkeri. Data för respektive Åkeri redovisas separat i Tabell 9–11.

Tabell 9 Körmönster, Åkeri 1.

	Medel-sträcka per dygn med trafik (km)	Antal stopp, totalt per dygn (Volvo Connect)	Medel-sträcka mellan stopp (km) (Volvo Connect)	Antal stopp > 3min (Ecotell)	Medel-sträcka mellan stopp (km) (Ecotell)	Antal kör-sträckor > 2km per trafikdag	Andel av kör-sträckor 2 - 50 km	Andel av kör-sträckor 50 km - 100 km	Andel av kör-sträckor >100 km
Viktat Medel 6 LBG-fordon	480,4	86,7	5,6	9,6	52,1	9,3	65%	18%	17%
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	479,6	91,1	5,3	10,1	51,4	9,3	68%	17%	15%
Skillnad LBG-DIESEL	0,81	-4,49	0,31	-0,45	0,69	-0,08	-3%	1%	2%
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	0%	-5%	6%	-4%	1%	-1%			
Genomsnittlig avvikelse från medelvärde									
LBG-fordon	22,44	8,76	0,31	0,77	1,96	0,72	2,4%	2,1%	0,4%
Dieselfordon	33,86	6,76	0,18	0,48	2,74	0,31	1,3%	2,0%	1,3%

Kommentar Åkeri 1: LBG fordonen gör något färre stopp per dygn. Om man antar att det görs lika många stopp för raster indikerar skillnaden att LBG fordonen gör 4% färre stopp vilket kan vara relaterat till deras något längre körsträcka mellan sina stopp. Skillnaderna är dock små och tolkas ej som att det föreligger några stora skillnader i hur respektive fordonstyp trafikeras. När man jämför storleken på den beräknade skillnaden mellan de viktade medelvärdena för LBG och dieselfordonen med den genomsnittliga avvikelsen från medelvärde inom respektive grupp (två sista raderna i tabellen) ser vi att spridningen inom respektive grupp är större än skillnaden mellan grupperna. Sammantaget visar data i Tabell 9 att LBG och Dieselfordon hos Åkeri 1 uppvisar ett mycket likartat körmönster.

Tabell 10 Körmönster, Åkeri 2.

	Medel-sträcka per dygn med trafik (km)	antal stopp, totalt per dygn (Volvo Connect)	Medel-sträcka mellan stopp (km) (Volvo Connect)	antal stopp > 3min (Ecotell)	Medel-sträcka mellan stopp (km) (Ecotell)	Antal körsträckor > 2km per trafikdag	Andel av körsträckor 2 - 50 km	Andel av körsträckor 50 km - 100 km	Andel av körsträckor >100 km
Viktat Medel 3 LBG-fordon	499	164	3,06	9,54	52,7	9,47	66%	18%	15%
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	592	134	4,40	9,80	66,7	9,03	60%	17%	23%
Skillnad LBG-DIESEL	-92,9	29,45	-1,35	-0,26	-13,9	0,43	7%	1%	-8%
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-16%	22%	-31%	-3%	-21%	5%			
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet									
LBG-fordon	22,58	8,31	0,13	0,33	1,36	0,40	2,8%	4,0%	1,3%
Dieselfordon	51,03	6,70	0,15	0,75	9,86	0,95	4,1%	2,8%	3,0%

För Åkeri 2 finner vi en skillnad på ca 9 mil kortare körsträcka per dygn (med trafik) för LBG fordonen jämfört med dieselfordon. LBG-fordonen gör fler stopp totalt, men lika många som varar längre än 3 minuter. Medelsträckan mellan varje stopp blir därmed ca 20% kortare. När man jämför storleken på den beräknade skillnaden mellan de viktade medelvärdena för LBG och dieselfordonen med den genomsnittliga avvikelsen från medelvärdet inom respektive grupp (två sista raderna i tabellen) ser vi att spridningen inom respektive grupp är mindre än skillnaden mellan grupperna. Detta indikerar att det finns signifikanta skillnader i hur de olika grupperna används. Sammantaget visar data i Tabell 10 att LBG och dieselfordon hos Åkeri 2 inte har ett likartat körmönster.

Tabell 11. Körmönster, Åkeri 3.

	Medel-sträcka per dygn med trafik (km)	antal stopp, totalt per dygn (Volvo Connect)	Medel-sträcka mellan stopp (km) (Volvo Connect)	antal stopp > 3min (Ecotell)	Medel-sträcka mellan stopp (km) (Ecotell)	Antal körsträckor > 2km per trafikdag	Andel av körsträckor 2 - 50 km	Andel av körsträckor 50 - 100 km	Andel av körsträckor >100 km
Viktat Medel 2 LBG-fordon	435	154	4,0	9	51	8,9	66%	17%	18%
1 Diesel-fordon	570	90	6,4	10	58	9,7	60%	18%	22%
Skillnad LBG-DIESEL	-134,37	64,36	-2,31	-0,93	-7,78	-0,81	6%	-2%	-4%
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-24%	72%	-36%	-9%	-13%	-8%			
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet									
LBG-fordon	22,44	8,76	0,31	0,77	1,96	0,72	2,4%	2,1%	0,4%
Dieselfordon	i,u,	i,u,	i,u,	i,u,	i,u,	i,u,	i,u,	i,u,	i,u,

Kommentar Åkeri 3: För Åkeri 3 är dataunderlaget osäkert pga. få fordonsindivider. Mätningen omfattade tre LBG fordon och 2 dieselfordon, men ett fordon av varje bränsletyp föll bort pga tekniska fel i datainsamlingen. LBG fordonen har 24% kortare dygnskörsträcka än dieselfordonet som utgör det enda jämförelseunderlaget. Det totala antalet stopp per dygn är 72% högre än för dieselfordonet varför trafiksituation och vägtyp troligen skiljer sig åt betydligt. LBG fordonen gör även kortare körsträckor mellan varje stopp. När man jämför storleken på den beräknade skillnaden mellan de viktade medelvärdena för LBG och dieselfordonen med den genomsnittliga avvikelser från medelvärdet för LBG fordonen (näst sista raderna i tabellen) (avvikelse från medelvärde kunde ej beräknas för dieselfordon pga. för litet dataunderlag) ser vi att spridningen inom respektive grupp är mindre än skillnaden mellan grupperna. Sammantaget visar data i Tabell 11 att LBG och Dieselfordon hos Åkeri 3 har inte har ett likartat körmonster.

Samtantaget gör detta att vi har en skillnad i hur LBG respektive dieselfordonen nyttjas för Åkeri 3.

Observationer från körmonster

De analyserade trafikrelaterade indikatorerna visar att skillnaden mellan hur LBG respektive dieselfordonen trafikeras är stor för Åkeri 2 och 3. För Åkeri 1 ser vi mindre skillnader varför en analys av dessa fordon har potential att visa eventuella skillnader mellan de olika teknikerna.

TRF2 Tid i trafik

En ytterligare dimension att jämföra är hur fordonen disponeras under tillgänglig tid. Data för respektive Åkeri redovisas separat i Tabell 12–14.

Tabell 12. Tid i trafik, Åkeri 1

	I drift - medel tim. per dygn med trafik	I rörelse - medel tim. per dygn	Stillastående - medel tim. per dygn i trafik	Andel av tid i drift i rörelse	Nyttjande - % av tillgänglig tid i perioden	Nyttjande - % av antal dygn i perioden
Viktat Medel 6 LBG- fordon	7,94	7,42	0,554	93,4%	24,8%	77,9%
Viktat Medel 3 Diesel- fordon	8,00	7,49	0,495	93,6%	25,2%	75,4%
Skillnad LBG- DIESEL	-0,06	-0,08	0,06	-0,3%	-0,4%	2,5%
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-0,7%	-1,0%	12%			
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet						
LBG-fordon	0,36	0,36	0,06	0,8%	2,3%	4,1%
Dieselfordon	0,49	0,50	0,02	0,6%	2,1%	2,7%

Kommentar Åkeri 1: Vad gäller nyttjande avseende tid ser vi endast mindre skillnader mellan LBG/LNG och dieselfordon i Åkeri 1s urval. LBG fordonen har i genomsnitt 3,5 minuter (0,06 timme) längre tid stillastående vilket skulle kunna bero på en längre tid för tankning. LBG fordonen nyttjas under 2,5% fler dagar under perioden, vilket skulle kunna bero på att nyttan med att ha dem rullande är större då sk. 'boil off' från LBG-tankarna kan öka vid långa parkeringstider. Att fordonen trafikeras ca 80% av tillgängliga dagar indikerar att dessa fordon huvudsakligen

används på vardagar. När man jämför storleken på den beräknade skillnaden mellan de viktade medelvärdena för LBG och dieselfordonen med den genomsnittliga avvikelsen från medelvärdet inom respektive grupp (två sista raderna i tabellen) ser vi att spridningen inom respektive grupp är större än skillnaden mellan grupperna. Detta indikerar att det finns stora likheter i hur de olika grupperna används i verklig trafik.

Tabell 13. Tid i trafik, Åkeri 2

	i drift - medel tim. per dygn med trafik	i rörelse - medel tim. per dygn	stillastående - medel tim. per dygn i trafik	andel av tid i drift i rörelse	nyttjande - % av tillgänglig tid i perioden	nyttjande - % av antal dygn i perioden
Viktat Medel 3 LBG- fordon	8,32	7,68	0,74	92%	33%	94%
Viktat Medel 3 Diesel- fordon	9,37	8,63	0,73	92%	38%	98%
Skillnad LBG- DIESEL	-1,05	-0,96	0,02	0%	-5,5%	-3,7%
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-11%	-11%	2%			
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet						
LBG-fordon	0,21	0,25	0,04	0,01	1,2%	1,8%
Dieselfordon	0,78	0,74	0,12	0,01	2,9%	1,4%

Kommentar Åkeri 2: Åkeri 2s fordon visar på en 11% lägre nyttjandetid än dieselfordonen, LBG/LNG fordonen nyttjas mindre än dieselfordonen. LBG fordonen nyttjas under 33% av tillgänglig tid medan dieselfordonen nyttjas 38% av tillgänglig tid under perioden. Detta reflekteras även i att större antal dagar då LBG fordonen ej är i trafik. Fordonen har jämfört med Åkeri 1 ett större utnyttjande och nyttjas såväl vardagar som under helger. När man jämför storleken på den beräknade skillnaden mellan de viktade medelvärdena för LBG och dieselfordonen med den genomsnittliga avvikelsen från medelvärdet inom respektive grupp (två sista raderna i tabellen) ser vi att spridningen inom respektive grupp är mindre än skillnaden mellan grupperna. Detta indikerar att det finns signifikanta skillnader i hur de olika grupperna används

Tabell 14. Tid i trafik, Åkeri 3

	i drift - medel tim. per dygn med trafik	i rörelse - medel tim. per dygn	stillastående - medel tim. per dygn i trafik	andel av tid i drift i rörelse	nyttjande - % av tillgänglig tid i perioden	nyttjande - % av antal dygn i perioden
Viktat Medel 2 LBG-fordon	8	7	0,83	83%	27%	78%
1 Diesel- fordon	10	9	1,27	87%	32%	78%
Skillnad LBG- DIESEL	-1,72	-1,88	-0,44	-4%	-5,3%	0,7%
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-17%	-22%	-35%			
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet						
LBG-fordon	0,48	0,17	0,01	7%	2%	2%
Dieselfordon	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.

Kommentar Åkeri 3: För Åkeri tre har vi 17% kortare driftstid för LBG fordon jämfört med Diesel. LBG/LNG fordonen nyttjas under 5% kortare tid än Diesel, dock under lika stort antal dagar under mätperioden. Liksom Åkeri 1 använder Åkeri 3 de undersökta fordonen endast på vardagar. Vid jämförelse av spridningen av data ser vi att skillnaden mellan fordonstyperna för flera parametrar är större än variationen inom LBG fordonen. Sammantaget indikerar data i Tabell 14 att LBG och dieselfordon hos Åkeri 3 nyttjas på olika sätt.

Observationer från tidsutnyttjande:

De tidsrelaterade indikatorerna visar att skillnaden mellan hur LBG respektive dieselfordonen trafikeras är stor för Åkeri 2 och 3. För Åkeri 1 ser vi ånyo mindre skillnader varför en analys av dessa fordon har potential att visa eventuella skillnader mellan de olika teknikerna.

Framförande av fordon

En tredje jämförelse mellan Åkerier och fordonstyper görs med fokus på hur fordonen framförs avseende hastighet, motorbelastning och bromsanvändning. Skillnader i dessa parametrar kan indikera att fordonen går på olika typer av vägar och i olika trafiktyper, t.ex. motorväg/landsväg eller stadstrafik, fritt flöde respektive trängsel. Data för respektive Åkeri redovisas separat i Tabell 15–17.

Tabell 15. Indikatorer för hur fordonen framförs, Åkeri 1.

	Snitthastighet under körning (km/h)	Motorbelastning över 90% av max effekt, andel av tid (%)	Genomsnittlig bromspedal-användning (antal/100 km)	Andel av körsträcka med färdbroms aktiverad	Körsträcka med färdbroms aktiverad, per dygn (fkm)
Viktat MEDEL 6 LBG-fordon	64,66	10,59	45,6	1,8%	8,7
Viktat MEDEL 3 DIESEL-fordon	63,66	9,76	49,9	2,0%	9,6
Skillnad LBG-DIESEL	1,00	0,83	-4,30	-0,2%	-0,86
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	2%	9%	-9%		-9%
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet					
LBG-fordon	0,67	0,93	3,47	0,3%	1,38
Dieselfordon	0,44	0,16	2,25	0,3%	1,50

Kommentar Åkeri 1: För Åkeri 1 ser vi att medelhastigheten för LBG och dieselfordonen skiljer med 1 km/h. Andelen av driftstiden då motorn belastas med mer än 90% av max effekt är något högre för LBG-fordonen, 10,6% jämfört med 9,8% för dieselfordonen. LBG fordonen använder bromsen vid färre tillfällen och andelen av körsträckan med aktiverad färdbroms är således något mindre, ca 900 meter kortare sträcka per dag (totalt bromsas det under 8,7 av 480 körda kilometer, vilket motsvarar 1,8% av den körda sträckan). Vad gäller dessa parametrar finner vi en viss skillnad. Att snitthastigheten är lika tyder på att fordonen kör stor del av körsträckorna på samma typ av vägar. Den något högre snitthastigheten för LBG fordon bekräftas i vidare analys bero på högre hastighet och inte trafik på andra vägtyper. Jämfört med dieselfordonen är andelen av körsträckan då fordonets maximalt tillåtna hastighet överskrider 0,12 procentenheter högre för LBG fordonen (6,02%) jämfört med dieselfordonen (5,91%).

Tabell 16. Indikatorer för hur fordonen framförs, Åkeri 2.

	Snitthastighet under körning (km/h)	Motorbelastning över 90% av max effekt, andel av tid (%)	Genomsnittlig bromspedal-användning (antal/100 km)	Andel av körsträcka med färdbroms aktiverad	Körsträcka med färdbroms aktiverad, per dygn (fkm)
Viktat Medel 3 LBG-fordon	65,35	17,15	94,66	5,7%	28
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	68,68	10,50	62,24	2,6%	15
Skillnad LBG-DIESEL	-3,33	6,65	32,42	3,1%	13
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-5%	63%	52%		1
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet					
LBG-fordon	0,89	0,89	5,27	0,4%	0,83
Dieselfordon	1,11	3,64	0,40	0,1%	1,32

Kommentar Åkeri 2:

För Åkeri 2 kör LBG fordonen något långsammare, ca 5% lägre snitthastighet. Andelen tid då motorn belastas med mer än 90% är betydligt högre för LBG fordonen jämfört med diesel, 17%

jämfört med 10%. Även bromsanvändningen uppvisar stor skillnad mellan LBG och diesel-fordonen. LBG fordonen applicerar bromsen under 5,7 % av sin dagliga körsträcka, motsvarande 28 km, medan dieselfordonen bromsar under 15 km, motsvarande 2,6% av körsträckan. Den stora skillnaden i bromsnyttjande, kortare medelsträcka mellan stopp och lägre snitthastighet, indikerar att LBG fordonen används i annorlunda trafik jämfört med de utvalda dieselfordonen. Det är troligen så att dieselfordonen har en större del av sin körsträcka på motorväg/landsväg medan LBG fordonen kör mer i tätortstrafik. Slutsatsen blir att LBG och dieselfordonen inte nyttjas på ett likartat sätt för Åkeri 2.

Tabell 17. Indikationer för hur fordonen framförs, Åkeri 3.

	Snitt-hastighet under körning (km/h)	Motorbelastning över 90% av max effekt, andel av tid (%)	Genomsnittlig bromspedal-användning (antal/100 km)	Andel av körsträcka med färdbröms aktiverad	Körsträcka med färdbröms aktiverad, per dygn (fkm)
Viktat Medel 2 LBG-fordon	64,4	15,6	78,4	4,0%	17
1 Diesel-fordon	66,0	13,2	50,4	Data saknas	Data saknas
Skillnad LBG-DIESEL	-1,57	2,40	28		
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-2%	18%	55%		

Kommentar Åkeri 3: Analysen för Åkeri 3 blir begränsad då dataunderlaget är litet, endast 3 fordon. Även för Åkeri 3 ser vi dock en skillnad i snitthastighet LBG fordonen 1,6 km/h lägre, samtidigt som andelen av tiden som motorn belastas över 90% är ungefär lika hög som för Åkeri 2. Dieselfordonet har lägre andel av tiden med motorbelastning över 90 % jämfört med LBG fordonen, detta trots i genomsnitt 10 ton tyngre last på dieselfordonen. Dieselfordonen har dock högre snittfart samt att fordonet är i rörelse under en större andel av tiden i drift. Tyvärr saknas uppgift om sträcka med färdbrömsaktiverad för dieselfordonet, men LBG fordonen från Åkeri 3 applicerar bromsen lika frekvent som fordonen från Åkeri 2, dock under en betydligt större andel av sin körsträcka, 4% motsvarande 17 km av 465 km körda per dygn (i trafik). Även dessa parametrar indikerar således att LBG och dieselfordonen hos Åkeri 3 trafikeras på olika sätt.

Observationer från framförande av fordon:

Sammantaget visar analysen att fordonen hos Åkeri 1 uppvisar jämförbara data, dock med vissa skillnader, medan fordonen hos Åkeri 2 visar stora skillnader och för Åkeri 3 är dataunderlaget för litet för att dra slutsatser.

Transportrelaterade indikatorer

I detta avsnitt jämförs hur mycket last fordonen i genomsnitt bär samt hur den totala körsträckan delas mellan situationer med låg, medel eller hög lastvikt. Data för respektive Åkeri redovisas separat i Tabell 18–20.

Lastvikt och transportarbete

Tabell 18. Indikatorer för hur lastas, Åkeri 1.

	Lastvikt, genomsnitt	Producerat transportarbete per trafikdygn (tkm/24h)	Andel av körsträcka med lastvikt (%):		
			Låg	Medelhög	Hög
Viktat Medel 6 LBG-fordon	33,92	16 224	0,14	29,8	70,0
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	36,61	17 557	0,08	20,8	79,1
Skillnad LBG-DIESEL	-2,7	-1 333	0,06	9	-9
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-7,3%	-7,6%			

Kommentar Åkeri 1: För Åkeri 1 har LBG fordonen i genomsnitt 7,5% lättare last, 34 ton jämfört med 36,6 ton för dieselfordonen. I genomsnitt kör dieselfordonen 80% av sin körsträcka med hög last, för LBG fordonen är motsvarande siffra 70%. Den lägre lastvikten är tillräckligt stor för att ge utslag i fordonens bränsleförbrukning. Baserat på de uppgifter som redovisas i det internationella verktyget HBEFA², kombinerat med antagande om en linjär relation för mindre viktvariationer, orsakar skillnaden om 7,3% vikt en skillnad i bränsleförbrukning om ca 3%. Således kan en approximativ korrigering för de olika lastvikterna göras i den fortsatta analysen.

Tabell 19. Indikatorer för hur lastas, Åkeri 2.

	Lastvikt, genomsnitt	Producerat transportarbete per trafikdygn (tkm/24h)	Andel av körsträcka med fordonsvikt (%):		
			Låg	Medelhög	Hög
Viktat Medel 3 LBG-fordon	36,55	18 265	0,75	10,6	88,7
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	39,32	23 422	0,07	19,1	80,9
Skillnad LBG-DIESEL	-2,8	-5 157	0,7	-8,5	7,8
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-7%	-22%			

Kommentar Åkeri 2: Även Åkeri 2 lastar i genomsnitt ca 7% mindre godsvikt på sina LBG fordon, 36,5 ton jämfört med 39,3 för dieselfordonen. Med de kortare körsträckorna ger det ett 22% lägre producerat transportarbete per trafikdygn. De kortare körsträckorna är troligen orsaken till att andelen av körsträckan för LBG fordonen med hög last trots allt är större än för dieselfordonen, detta trots att dieselfordonen visar ett högre transportarbete.

² HBEFA - The Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA) provides emission factors for all current vehicle categories (PC, LDV, HGV, urban buses, coaches and motorcycles), each divided into different categories, for a wide variety of traffic situations. Emission factors for all regulated and the most important non-regulated pollutants as well as fuel/energy consumption and CO₂ are included. (<https://www.hbefa.net/e/index.html>)

Tabell 20. Indikatorer för hur lastas, Åkeri 3.

	Lastvikt, genomsnitt	Producerat transportarbete per trafikdygn (tkm/24h)	Andel av körsträcka med fordonsvikt (%)		
			Låg	Medelhög	Hög
Viktat Medel 2 LBG-fordon	30	13 201	0,2	12,9	86,9
1 Diesel-fordon	40,07	22 835	0,03	18,8	81,1
Skillnad LBG-DIESEL	-10,2	-9 634	0,2	-6	6
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-25%	-42%			

Kommentar Åkeri 3: Även Åkeri 3 lastar lägre godsvikter på LBG fordon jämfört med dieselfordon, 30 ton respektive 40 ton. Kombinerat med dieselfordonets längre körsträcka ger det ett betydligt lägre utfall vad avser producerat antal tonkilometer för LBG fordonen.

Observationer från transportrelaterade indikatorer

Jämförelse av godsvikter visar att LBG fordonen genomgående lastar lägre godsvikter än dieselfordonen, för Åkeri 1 och 2 ca. 7% lägre genomsnittlig lastvikt. För den fortsatta analysen utgör inte denna skillnad ett hinder då korrigering kan ske baserat på antagande om linjär relation vid små skillnader i lastvikt.

Energi och miljöindikatorer – EoM

Baserat på rapporteringen från Volvo Connect sammanställdes genomsnittliga förbrukningssiffror för de studerade fordonen. Data för respektive Åkeri redovisas separat i Tabell 21-23.

Bränsleförbrukning

Tabell 21. Bränsleförbrukning, Åkeri 1.

	Dieselmotor på – diesel (l/100fkm)	LBG motor på (kg/100 km)	AdBlue (l/100 fkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon	2,3	26,3	1,8
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	38,7	0,0	2,8
Skillnad LBG-DIESEL			-1,0
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL			-37,0%

Tabell 22. Bränsleförbrukning, Åkeri 2.

	Dieselmotor på – diesel (l/100fkm)	LBG motor på (kg/100 km)	AdBlue (l/100 fkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon	2,41	30,20	1,96
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	36,58	0,00	1,94
Skillnad LBG-DIESEL			0,02
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL			1%

Tabell 23. Bränsleförbrukning, Åkeri 3.

	Dieselmotor på – diesel (l/100fkm)	LBG motor på (kg/100 km)	AdBlue (l/100 fkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon	2,8	34,0	2,1
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	38,25	0,00	2,98
Skillnad LBG-DIESEL			-0,90
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL			-30%

När man jämför de tre Åkerierna ser man att LBG förbrukningen är lägst för Åkeri 1. Vi noterar även variationer vad avser förbrukningen av AdBlue, där Åkeri 1 och 3 visar på 30–37% lägre förbrukning för LBG fordon jämfört med dieselfordonen.

Energianvändning

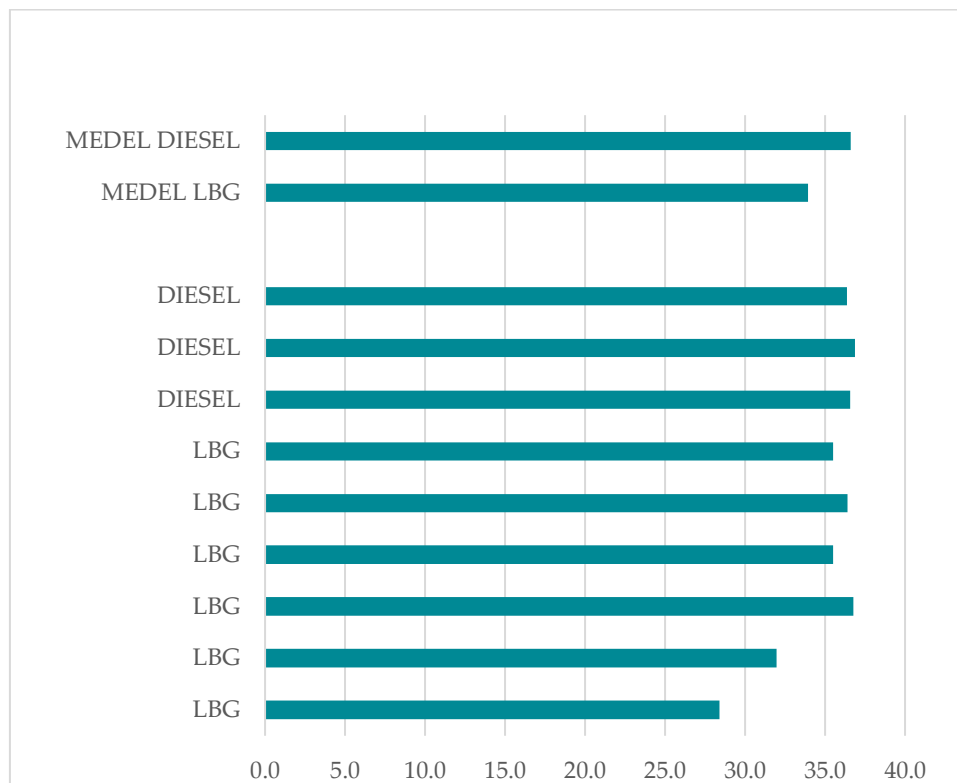
Baserat på rapporterad bränsleförbrukning och de uppgifter om bränslens värmevärden som presenteras i appendix 2 beräknades energibehovet för respektive fordonsgrupp. Data för respektive Åkeri redovisas separat i Tabell 24–26.

Tabell 24. Energianvändning, Åkeri 1

	Energi total TTW Diesel + LBG (MJ/fkm)	Andel energi från diesel	Energi TTW Diesel (MJ/fkm)	Energi TTW LBG (MJ/fkm)	Energi Total, justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) (MJ/fkm)	Total energi per tkm (MJ/tkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon	13,8	6,0%	0,83	13,0	14,2	0,39
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	13,7	100%	13,7	0	13,7	0,37
Skillnad LBG-DIESEL	0,09				0,55	0,01
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	0,6%				4%	4%
Genomsnittlig avvikelse från medelvärdet						
LBG-fordon	0,31				0,32	
Dieselfordon	0,15				0,15	

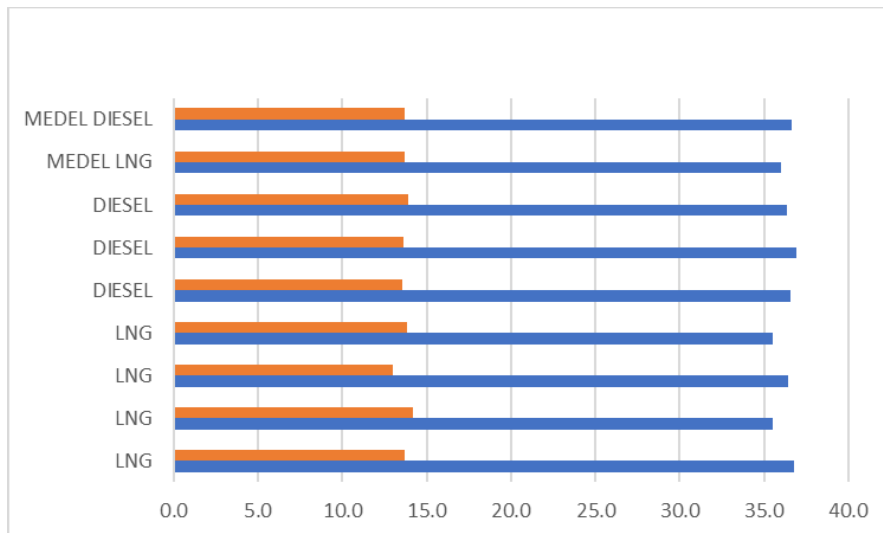
Kommentar Åkeri 1: Sammantaget indikerar tids- och trafikparametrar att LBG och dieselfordon nyttjas i samma typ av trafik. En liten skillnad i genomsnittlig lastvikt noterades med 2,7 ton lägre vikt på LBG fordonen, en skillnad mot dieselfordonen om -7,3%. (ca 33,9 ton mot dieselfordonens 36,6 ton.) När man studerar energibehoven för fordonens framdrift, med de olika snittlastvikterna, finner vi att det totala energibehovet är samma för de två fordonstyperna. Överlag är skillnaderna mellan fordonsindividerna i mätningen liten, den relativa medelavvikelsen från medelvärdet är i storleksordningen 1–2%. Om man justerar upp LBG fordonens energibehov, utifrån en linjär relation mellan lastvikt och energianvändning, beräknas LBG fordonen med samma lastvikt som dieselfordonen nyttja 4% mer energi än dieselfordonen. Variationen i genomsnittlig lastmängd för LBG fordonen orsakas av att två av de sex fordonen har lägre snittlast, se längst ner i Figur 2.

Vi vill i detta sammanhang poängtera att den energieffektivitet som redovisas för LBG-fordonen återspeglar förhållandet vid förbränning av gasen i en motor baserad på dieselcykel, dvs kompressionständning med hjälp av diesel/HVO som tändbränsle. Med andra motortekniker (t.ex. Otto) kan andra energiverkningsgrader uppvisas varför redovisade värden ej kan anses representativa för samtliga LNG/LBG-fordon. Då denna studie endast innehåller mätdata för LNG/LBG-fordon med dieselcykeln kan jämförelser med andra motortekniker ej presenteras i denna rapport.



Figur 2. Genomsnittlig lastvikt för Åkeri 1, per fordon, (ton).

Om värden för dessa två fordon tas ut ur underlaget för medelvärdesbildningen erhålls ett betydligt mer samstämmigt dataunderlag, se Figur 3.



Figur 3. Genomsnittlig lastvikt (röd stapel, ton) och energianvändning (blå stapel, MJ/fkm) för urval av fordon i trafik för Åkeri 1.

I Figur 3 ses hur skillnaderna avseende lastvikt mellan diesel respektive LBG fordon blir mycket små när dataunderlaget reduceras till 4 + 3 fordon. Genomsnittlig lastvikt är 500 kilo lägre (-1,5%) för LBG fordonen. Om justering av energibehovet görs för den lägre lastvikten kommer energibehovet i genomsnitt vara 0,5% högre för LBG fordonen jämfört med dieselfordonen. Denna skillnad är mindre än spridningen av mätvärden inom respektive fordonsgrupp vilket inte är en signifikant skillnad. Således visar dessa fordon på samma energianvändning. Notera att presenterade värden är baserade på ca 270 dagars drift under kalenderåret 2021 för samtliga sju fordonsindivider.

I denna mätning visar observationen tydligt att det är möjligt att använda fordonen på likartat sätt samt att energimässigt presterar fordonen med mycket små variationer. Vi har noterat att LBG fordonen hos Åkeri 1 dels har en 2% högre snitthastighet (+1 km/h), dels att de mer ofta överskrider fordonets tillåtna maxhastighet, faktorer som påverkar bränsleförbrukningen. Vi såg också att LBG fordonen hade en högre andel av körsträckan där motorn belastades med mer än 90% av max effekt vilket också kan påverka förbränningseffektiviteten och leda till högre förbrukning. Orsaken till den högre andelen drift med hög belastning kan möjligtvis återfinnas i skillnader i motorernas styrka. Dieselmotorerna har en maximal effekt som är 8% högre än LBG motorerna.

Tabell 25. Energianvändning, Åkeri 2

	Energi total TTW Diesel + LBG (MJ/fkm)	Andel energi från diesel	Energi TTW Diesel (MJ/fkm)	Energi TTW LBG (MJ/fkm)	Energi Total, justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) (MJ/fkm)	Total energi per tkm (MJ/tkm)
Viktat Medel 3 LBG-fordon	15,71	5%	0,85	14,87	16,23	0,43
Viktat Medel 3 Diesel-fordon	12,94	100%	12,94		12,94	0,33
Skillnad LBG-DIESEL	2,77				3,30	0,10
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	21%				25,5%	31%

Kommentar Åkeri 2: Dessa värden visas endast som illustration av de skillnader som kan uppstå vid olika typer av trafikering. Som visas ovan används LBG respektive dieselfordonen på olika sätt

och i olika trafiktyper varför skillnader redovisade ovan ej kan tillskrivas skillnader i typ av drivlina/bränsle.

Tabell 26. Energianvändning, Åkeri 3

	Energi total TTW Diesel + LBG (MJ/fkm)	Andel energi från diesel	Energi TTW Diesel (MJ/fkm)	Energi TTW LBG (MJ/fkm)	Energi Total, justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) (MJ/fkm)	Total energi per tkm (MJ/tkm)
Viktat Medel 2 LBG-fordon	17,7	5,6%	1,0	16,7	20,10	0,59
1 Diesel-fordon	13,5	100%	13,5		13,53	0,34
Skillnad LBG-DIESEL	4,20				6,57	0,26
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	31%				48,6%	76%

Kommentar Åkeri 3: Dessa värden visas endast som illustration av de skillnader som kan uppstå vid olika typer av trafikering. Som visas ovan används LBG respektive dieselfordonen på olika sätt och i olika trafiktyper varför skillnader redovisade ovan ej kan tillskrivas skillnader i typ av drivlina/bränsle.

Övergripande kommentarer energi:

Som indikatorer för trafik, tid och last visat är det endast fordonen hos Åkeri 1 som uppfyller villkoret att fordonen skall användas på liknande sätt. Energiberäkningarna visar att LBG lastbilar kan trafikeras med samma energianvändning som motsvarande dieselvariant. De små skillnader per fkm som kan noteras vid studie av samtliga fordon hos Åkeri 1 kan förklaras (delvis) med högre snitthastighet och större andel av driften med hög belastning av motorn jämfört med dieselfordonen.

För fordonen hos Åkeri 2 och 3 noterades allt för stora skillnader i hur lastbilarna används och trafikeras för att några relevanta jämförelser av energieffektiviteten mellan fordonstyperna skulle kunna genomföras.

Utsläpp av klimatpåverkande gaser

Då jämförbara användningssätt av LBG respektive dieselfordon endast föreligger för Åkeri 1 beräknas och jämförs utsläppen av klimatpåverkande gaser endast för deras fordon.

Sammansättningen av de bränslen som tankas av fordonen varierar pga. av val av råvara och inbladning av förnybara komponenter. Detta gäller för både diesel och LBG. För att visa skillnaden i klimatpåverkan beräknas två extremfall, i) användning av helt fossila bränslen och ii) användning av helt förnybara bränslen samt ett tredje fall iii) som motsvarar de bränslen som tankas idag (2020/21). För detaljerad information om bränslevarianterna hänvisas till appendix 2.

Klimatutsläpp vid helt fossila bränslen

I fallet med fossila bränslen baseras beräkningen på utsläppen av produktion och användning av svensk diesel utan inblandning av biokomponenter respektive naturgas från fossila källor. I beräkningen redovisas utsläppen för produktion och distribution av respektive bränsle samt emissioner från förbränning i fordon. Som jämförelse redovisas även emissioner relaterade till förbrukning av AdBlue (ureablandning) i avgasreningssystem. Utsläppen redovisas i Tabell 27 som Well-To-Wheel emissioner för klimatgaser sammanvägt som koldioxidekvivalenter, CO_{2e}.

Tabell 27. Utsläpp av klimatgaser, angivet som CO_{2e}, 100% fossila energikällor, Åkeri 1

	CO _{2e} emission WTW, total (g/fkm)	varav från Diesel (g/fkm)	varav från LNG (g/fkm)	varav från AdBlue (g/fkm)	Justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) total (g/fkm)	HBEFA justerat, total (g/tkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon, LNG	1 010	72	929	10	1 044	28,5
Viktat Medel 3 Diesel-fordon, MK1 (B0)	1 200	1 185	0	15	1 200	32,8
Skillnad LNG-DIESEL	-190	-1 113	929	-6	-156	-4,3
Skillnad, LNG jämfört med DIESEL	-16%	-94%		-37%	-13%	-13%

Övergripande kommentarer klimatpåverkande gaser:

Effekten av lägre kolintensitet i metan samt lägre förbrukning av AdBlue leder till reducerade utsläpp om 13% för LBG fordon som tankar LNG jämfört med dieselfordon som tankar diesel MK1 (B0), detta justerat för LBG fordonens lägre lastvikt. Exemplet indikerar att LBG tekniken har potential att leverera klimatnytta även på marknader med helt fossila drivmedelsalternativ.

I denna rapport tas ingen hänsyn till bidraget från de små mängder metangas och lustgas som släpps ut av fordonet vid drift. Det finns få publicerade mätningar vad avser storleken av dessa emissioner vid förbränning av metan i moderna dieselmotorer (Euro 6). Emissionsregleringen tillåter upp till 0,5 gram metan per kWh, vilket motsvarar ca 25 gram per fkm. De litteraturvärden som finns presenterade sammanfattas i Winnes et al. (2020) indikerar på ett bidrag om ca 12 gram CO_{2e} från oförbränt metan samt ca 6 gram CO_{2e} från små mängder av lustgas (N₂O) som bildas i avgasreningen. Då osäkerheterna kring dessa värden är stora tas de ej med i beräkningarna.

Klimatutsläpp vid helt förnybara bränslen

Som illustration av hur LBG-tekniken jämför med dieseltekniken vid helt fossilfria bränslealternativ har en beräkning genomförts med följande bränslealternativ; för dieselfordon antas drift med 100% HVO medan LBG fordonen drivs med LBG i form av 100% uppgraderad biogas från samrötningsanläggningar med hög gödselandel i substratet (Tabell 28). Beräkningen av biometanens klimatprestanda är genomförd enligt REDII³-metodiken där utsläppskrediter för reducerat metanutsläpp från flytgödsel ingår. Då dessa krediter är höga, och klimatutsläpp från odling, transporter och biogasproduktion är låga, redovisar biometan totalt negativa WTW-klimatutsläpp. Vad gäller råvaror till HVO100 tillverkning antas hälften härstamma från slakteriavfall och andra hälften från tallolja. För mer information om bränslen hänvisas till appendix 2.

³ REDII . Directive (EU) 2018/2001 (recast) on the promotion of the use of energy from renewable sources, se <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>. Uppdatering av Renewable Energy Directives anvisningar om hur livscykelberäkningar skall gå till, där 'krediter' för reduktion av metanutsläpp från flytgödsel tas med. Då metanutsläpp från flytgödsel är betydande, och metan har stor klimatpåverkan, tillräknas biogasproduktionen stor miljönytta då dessa utsläpp elimineras (se tabell "Disaggregerade normalvärden för biometan", sid 113 i Directive (EU) 2018/2001.

Tabell 28. Utsläpp av klimatgaser, WTW, förnybara energikällor, Åkeri 1

	CO _{2e} emission WTW, total (g/fkm)	varav Diesel- bränsle (g/fkm)	varav LBG (g/fkm)	varav från AdBlue (g/fkm)	Justerat med avseende på last (enligt HBEFA-relation) total (g/fkm)	HBEFA justerat, total (g/tkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon, LBG (B100) REDII med hög gödselandel	-614	16	-640	10	-635	-17,3
Viktat Medel 3 Diesel-fordon, 100% HVO tallolja och slaktavfall	284	269	0	15	285	7,8
Skillnad LBG-HVO100	-898	-253	-640	-6	-919	-25,1
Relativ skillnad, LBG jämfört med HVO100	-316%	-94%		-37%	-323%	-323%

I denna uträkning av biogasens klimatprestanda tar man hänsyn till att biogasproduktionen reducerar utsläppen av metangas från substratet flytgödsel, vilket har en kraftigt positiv effekt. Dessutom antas det nyttjade slakteriavfallet utgöra avfall varför ingen miljöbelastning från djuruppfödningen allokeras till detta substrat. De totala emissionerna av klimatpåverkande gaser blir negativa för LBG-fordon som tankat ren biometan. Kalkylen visar att för varje fordons-kilometer med HVO100-driven diesellastbil som ersätts med en LBG lastbil tankad med LBG reduceras utsläppen med drygt 900 gram CO₂(e), dvs. en reduktion med -320% jämfört med HVO100.

Klimatutsläpp med dagens bränslen 2022

Vid beräkning av utsläppen med dagens bränslen har följande antaganden gjorts angående bränslenas ursprung;

Diesel: Svensk MK1 diesel med inblandning av bioråvara enligt redovisning av kvotplikten presenterad av energimyndigheten/SCB. Förvätskad biometan: Vi utgår från uppgifter om substrat till svensk biogasproduktion redovisat i appendix 2. Resultaten visas i Tabell 29.

Tabell 29. Utsläpp av klimatgaser, dagens bränslen (2022), Åkeri 1

	CO _{2e} emission WTW, total (g/fkm)	varav Diesel - bränsle (g/fkm)	varav LBG (g/fkm)	varav från AdBlue (g/fkm)	Justerat med avseende på last (enligt HBEFA- relation) total (g/fkm)	HBEFA justerat, total (g/tkm)
Viktat Medel 6 LBG-fordon	-355	56	-421	10	-367	-10,0
Viktat Medel 3 Diesel-fordon MK1 (B23,2)	940	924	0	15	940	25,7
Skillnad LBG-DIESEL	-1 295	-869	-421	-6	-1 307	-35,7
Skillnad, LBG jämfört med DIESEL	-138%	-94%		-37%	-139%	-139%

När man räknar fram emissioner WTW för dagens bränslen (2021), dvs. med svensk MK1 diesel (B23,2)⁴ och förvätskad biometan⁵ (LBG) visar beräkningen en 140% lägre emission för LBG fordonen jämfört med dieselfordonen, korrigerat för lägre lastvikt hos LBG fordonen i mätningen. Orsaken till reduktionen återfinns i att man i beräkningen drar fördel av att produktionen av biogas från jordbrukets rötslam leder till en kraftig reduktion av utsläpp av metangas.

⁴ Genomsnittlig inblandning av biokomponenter i såld diesel till vägtrafik under 2021 uppgick till 23,2% enligt SCB rapportering, se <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/manatlig-bransle-gas-och-lagerstatistik/pong/tabell-och-diagram/2021/leveranser-av-biodrivmedel-till-vagtrafik-manadsvis-2021-m322/>

⁵ Klimatutsläpp för biogas såld 2021 beräknad utifrån redovisad substratmix och emissionsfaktorer i ett WTW perspektiv. Se appendix Klimatdata bränslen.

Analys

Analysen baseras på data för fordonen från Åkeri 1. Hypotesen att fordonen används på olika sätt kunde falsifieras endast för fordonen från Åkeri 1 vilka visade upp små skillnader för de indikatorer som analyserats. Trots analysen på detta sätt kommer att baseras på ett lägre antal fordon är det relevant att beräkna skillnaderna, särskilt som fordonen från Åkeri 1 visat sig användas i mycket liknande trafik.

Vid jämförelse av fordonens totala energianvändning ses ett något högre värde för de studerade LBG fordonen jämfört med dieselfordonen. I medel använder LBG fordonen 4% mer energi. Orsaken till detta kan delvis återfinnas i en något högre snitthastighet för LBG fordonen (+1 km/h) samt att den något svagare motorn (ca 8% lägre maxeffekt för LBG fordonen, 338 kW mot dieselmotorns 368 kW). Tillverkaren anger även att energianvändning i bränsleförsörjnings-systemet (pumpar) leder till en ökad energianvändning om ca 2% för LNG/LBG fordon jämfört med dieselfordon. Skillnaden mellan bränsletyperna är i samma storleksordning som variationen inom respektive fordonsgrupp. I dataunderlaget framkom att två av LBG fordonen från Åkeri 1 hade avvikande lastmängder. Om dessa tas bort ur dataunderlaget får LBG och dieselfordonen mindre skillnad i medellastvikt, och efter compensation uppvisar de båda fordonsgrupperna en skillnad i energianvändning om ca 0,5%. Denna skillnad är att betrakta som liten och avsevärt mindre än storleken på spridningen inom respektive grupp.

Vi vill i detta sammanhang även påpeka att de redovisade analyserna av energibehoven är avser förbränning av metangasen i en motor som nyttjar dieselcykeln. Andra tekniker för gasmotorer existerar och kan uppvisa andra värden och förhållanden jämfört med dieseldrivna motorer. Således skall redovisade värden ej antas vara representativa för LNG/LBG tekniken som helhet utan ses som ett illustrativt exempel för den valda motortekniken.

Vid jämförelse av fordonens utsläpp av klimatpåverkande gaser har tre beräkningar genomförts för olika kombinationer av bränslen; 1) Diesel MK1(B0)+LNG, 2) HVO100+LBG (hög andel flytgödsel) samt 3) Diesel MK1(B23,2) + LBG motsvarande svensk produktion 2021. För samtliga alternativ redovisar LBG fordonen lägre klimatpåverkande utsläpp.

I det första fallet (helt fossila drivmedel) orsakas minskningen av det lägre kolinnehållet per MJ i metangas jämfört med dieselbränslet. Reduktionen med LBG blir cirka 160 g CO₂-ekv per fordonskilometer jämfört med dieselfordonet, motsvarande 13% av dieselfordonets utsläpp.

I det andra fallet orsakas minskningen den klimatnytta som sker i samband med att metan-avgången från lantbrukets flytgödsel stoppas när biogas produceras. För både HVO100 och LBG redovisas utsläppen från förbränning i fordonet som nollutsläpp av klimatpåverkande gaser då allt ingående kol kommer från förnybara energiråvaror. När denna klimatnytta krediteras den producerade metangasen erhålls en 'kredit' om ca -100 g CO₂-ekv per MJ förvätskad biometangas. Då biogasen till svenska tankstationer tillverkas från en varierande mix av substrat gjordes ett antagande om en hög andel, 60%, flytgödsel i scenariot med helt förnybara energiråvaror. Med krediter inräknat får den antagna mixen ett utsläpp om ca -50 g CO₂-ekv. per MJ. På samma sätt varierar klimatnyttan per MJ bränsle för HVO100 beroende på vilken energiråvara som nyttjas i produktionen. För detta fall har en mix om 50% tallolja och 50% slakteriavfall använts när klimatprestanda för bränslet beräknas. Reduktionen med LBG jämfört med HVO100 blir i detta fall cirka -920 g CO₂-ekv per fordonskilometer, vilket motsvarar en reduktion om -300% av dieselfordonets utsläpp när detta körs på HVO100.

I det tredje fallet orsakas minskningen av den klimatnytta som sker i samband med produktion och användning av förvätskad biometan. Beräkningen av bränslets klimatprestanda baseras på produktions- och försäljningsstatistik för år 2021 och 2020. Vad gäller den förvätskade biogasen har den mix av substrat som redovisas av Energigas Sverige för 2020 använts tillsammans med de WTW emissionsvärden som redovisas av JRC i rapporten JEC Well-To-Wheel report version 5, se referens Prussi (2020). Reduktionen med LBG blir cirka -1300 g CO₂-ekv per fordonskilometer jämfört med dieselfordonet, motsvarande -140% av dieselfordonets utsläpp.

Osäkerheter

I analysen presenteras värden för fordonens användning under helåret 2021. Dataunderlaget spänner därmed över samtliga årstider, väglag och vädersituationer och utjämnar effekter av tillfälliga variationer i godsvolymer, lokalisering av adresser för hämtning och lämning av gods, chaufförens individuella körstilar och motsvarande faktorer som varierar över tid. Det omfattande dataunderlaget leder således till låga osäkerheter orsakade av denna typ av effekter.

De osäkerheter som återstår uppkommer i genereringen av mätdata i fordonen. Den stora data-mängden eliminerar förvisso alla former av stokastiska variationer med eventuella systematiska fel i t.ex. mätsensorer eller beräkningsalgoritmer introducerar fel och osäkerheter som påverkar resultatet. För studien är genereringen av uppgifter om fordonens bränsleförbrukning de data-mängder som kan introducerar relevanta osäkerheter. Enligt Volvo⁶ är osäkerheterna i angiven dieselförbrukning +/-2 % och motsvarande för LBG +/-4 %.

Den största osäkerheten i analysen består av bristen på detaljerade uppgifter om använda bränslens ursprung och miljöprestanda. I denna del av analysen övergår studien från att redovisa faktiska mätvärden från verklig drift till att visa illustrativa storleksordningar för olika varianter av typiska bränslen.

⁶ Enligt personlig kommunikation med N.N. 2022-04-28.

Slutsats

Utifrån redovisat dataunderlag och genomförd analys är det tydligt att LBG-fordon med motorer nyttjande dieselcykel kan användas i samma trafik och transportupplägg som motsvarande dieselfordon, när dessa nyttjas i fjärrtrafik. De undersökta LBG fordonen uppvisar, efter kompensation för 7% lägre lastvikt, en något högre energianvändning, +4%, (eller +0,5% om dataunderlaget begränsas ytterligare) vilken helt eller delvis kan förklaras med ökad intern energianvändning i bränslesystemet, något högre snitthastighet och högre andel tid då motorn nyttjades med hög belastning. Det senare kan i sin tur kopplas till LBG motorns 8% lägre max effekt. Skillnaden i energianvändning mellan LBG och dieselfordon är i samma storleksordning som, eller mindre, än spridningen inom respektive fordonsgrupp. Den skillnad som vi observerat är i samma storleksordning som variationen inom grupperna varför man kan påstå att fordons-grupperna i detta fall nyttjar lika mycket energi för framdrift. Vi påminner om att detta resultat är giltigt för de studerade LNG/LBG-fordonen vilka drivs med motorer baserade på kompressions-tändning enligt dieselcykeln. Då andra motortekniker existerar på marknaden kan resultatet ej ses som representativt för LNG/LBG-fordon generellt, hänsyn till typ av motorteknik bör ske vid jämförelser.

När utsläppen av klimatpåverkande gaser från de olika bränslealternativen beräknades uppvisade LBG fordonen genomgående lägre emissioner än dieselfordon. Lägst utsläpp erhöles vid nyttjande av 100% förvätskad biometan då utsläppen per fkm blev -635 g CO₂-ekv. per fordonskilometer för LBG bilarna och 285 g CO₂-ekv. för dieselfordon som körs på HVO100, en reduktion om 920 g CO₂-ekv. per fordonskilometer vid byte från HVO100 till LBG.

Klimatutsläppen vid beräkningen med medelbränsle för 2020 (LBG) och 2021 (HVO100 och diesel MK1(B23,2)) visade på ett utsläpp om -370 g CO₂-ekv. per fordonskilometer för LBG fordon. Motsvarande utsläpp för dieselfordon (med MK1(B23,2)) uppgår till 940 g CO₂-ekv. per fkm., dvs en reduktion om 1300 g per fordonskilometer vid byte från diesel MK1(B23,2) till LBG.

I varianten med helt fossila drivmedel släpper LBG fordonen ut 1040 g CO₂-ekv. per fkm. Medan dieselfordon med MK1 (B0) släpper ut 1200 g CO₂-ekv. per fkm., dvs en reduktion om 160 g per fordonskilometer vid byte från diesel (B0) till LNG.

Den övergripande slutsatsen av den genomförda studien visar att det är möjligt för ett Åkeri att ersätta dieseldrivna lastbilar med LNG/LBG drivna dito och erhålla samma prestanda vad gäller transportarbete, hastighet, energieffektivitet och tillgänglighet. Detta under förutsättning att tankinfrastruktur finns tillgänglig där fordonen ska operera. Samtidigt uppvisar LBG fordonen i studiens exempel på en betydande klimatnytta jämfört med fordon drivna med dieselbränslen, både vid användning av helt fossila drivmedel såsom vid nyttjande av förvätskad biometan. Störst klimatnytta erhålls då LBG fordonen tankas med LBG producerad från biogas i samrötnings-anläggningar med hög andel flytgödsel i substratet.

Referenser

Prussi (2020): Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M. and Edwards, R., *JEC Well-To-Wheels report v5*, EUR 30284 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-20109-0 (online), doi:10.2760/100379 (online), JRC121213.

Källmen et al. 2019, Albin Källmén, Simon Andersson and Tomas Rydberg, *WELL-TO-WHEEL LCI DATA FOR HVO FUELS ON THE SWEDISH MARKET*, Report from an f3 project, April 2019, report nr. f3 2019:04

Hallberg et al., (2013), Hallberg, L., et al., (2013) *Well-to-wheel LCI data for fossil and renewable fuels on the Swedish market*. Report No 2013:29, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at www.f3centre.se.

SCB (2022) Se <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/manatlig-bransle-gas-och-lagerstatistik/pong/tabell-och-diagram/2021/leveranser-av-biodrivmedel-till-vagtrafik-manadsvis-2021-m322/>

Energigas Sverige (2021) *Produktion av biogas och rötresten och dess användning år 2020*, Finns att ladda ner från: https://www.energigas.se/media/3zyj1lrf/biogasstatistikrapport_2020-energigas-sverige.pdf

JEC (2020 I) *JEC_WTTv5_Appendix 1_Pathways 1_Oil and Gas*, EXCEL FIL "JEC_WTTv5_Appendix 1_Pathways 1_Oil and Gas", flik "GRLG1", "Remote natural gas liquified at source, LNG sea transport, distribution by road as LNG, use as LNG in vehicle".

JEC (2020 II) *WTT JEC_v5_Appendix 1_Pathways 2_CBM*.

Winnes et al. (2020), Winnes H., Hult C., *Emission factors for methane engines on vehicles and ships, with a focus on methane emissions*, SMED Report No 8 2020.

Appendix 1. Prestandaindikatorer för fordon från Åkeri 1.

I tabellen nedan redovisas samtliga parametrar baserat på aggregerade mätdata för perioden 2021-01-01 till 2021-12-31 för de 9 lastbilar från Åkeri 1 som studerats. Data kommer från de rapporter som sammanställs av Volvo Connect i det webgränssnitt som systemet erbjuder. Rapporterna har exporterats i Excel-format och bearbetats vidare.

För varje parameter redovisas helårsvärde separat för varje fordon, därefter ett viktat medelvärde för LBM respektive dieselfordon, viktat med avseende på antal dagar i trafik.

Den absoluta skillnaden i medelvärde redovisas med enhet varefter den skillnaden relateras till värdet för dieselfordonen.

Storleken på skillnaden mellan LBM och dieselfordonen kan därefter jämföras med storleken på spridningen av mätvärden inom respektive fordonskategori. Spridningen redovisas som medelvärdet på absolutbeloppet av avvikelsen från mätseriens medelvärde.

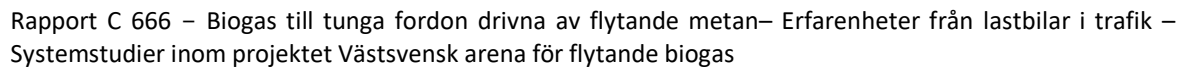
Om storleken på spridningen inom respektive grupp är av samma storleksordning som skillnaden mellan LBM och dieselfordonens viktade medelvärde ses det som en indikation på att skillnaden mellan fordonens prestanda är att betrakta som liten.

De parametrar som bedöms som relevanta för jämförelse mellan de olika fordonsgrupperna är markerade i lila. De parametrar för vilka storleken på skillnaden mellan fordonsgruppernas viktade medelvärde är stort är markerade i rött.



Rapport C 666 – Biogas till tunga fordon drivna av flytande metan– Erfarenheter från lastbilar i trafik – Systemstudier inom projektet Västsvensk arena för flytande biogas

Indikator skräddars i trafikering	Parameter	LMG-fordon 1		LMG-fordon 2		LMG-fordon 3		LMG-fordon 4		LMG-fordon 5		LMG-fordon 6		Diesel-fordon 1		Diesel-fordon 2		Diesel-fordon 3		Viktat Medelvärde (dagar med trafik) (LMG-fordon 1)	Viktat Medelvärde (dagar med trafik) (Diesel-fordon 1)	Skillnad, absolut	Enhet	Skillnad, relativ	Mean absolute deviation from average	Mean absolute deviation from average
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	272	262	9.95	dygn	4%	15.83	9.33
1	Antal dagar med trafik	290	293	232	267	266	277	271	267	248										272	262	9.95				
	Kraftuttag (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	Kraftuttag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0				
	PT01 (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	PT01 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0				
	PT02 (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	PT02 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0				
	PT03 (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	PT03 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0				
	PT04 (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	PT04 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0				
1	Luftkonditionering aktiverad (hh:mm)	3183.5	3322.0	1608.0	3128.6	2625.6	2857.2	2912.8	2943.5	2744.6										2.888	2.870	-32.21	timmar	-1%	430.94	81.58
	PTO vid körning (rFMS) (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	PTO vid stillastående (rFMS) (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	Utrullning (hh:mm)	237.4	240.7	134.6	192.3	186.2	210.2	266.8	256.2	103.9										203.19	201.57	-1.62				
	Utrullning, andel av tid (%)	9.50	10.00	8.00	9.00	9.30	9.90	11.30	10.90	5.60										9.30	9.37	-0.07	%-enheter	1%	0.55	2.44
	Utrullning (rFMS) (hh:mm)	324.6	275.2	207.1	266.3	260.9	267.9	325.7	325.7	233.5										269.24	278.02	-8.78				
	Farthållare (hh:mm)	1:31.7	1:26.4	1:01.2	1:05.8	1:04.8	1:06.0	1:06.6	1:06.0	1:06.6										1:28.66	1:22.66	-59.86				
	Farthållare, andel av tid (%)	52.70	52.60	47.60	49.40	51.00	49.60	47.70	49.60	51.00										50.6	46.3	-4.3	%-enheter	13%	1.62	1.62
	Farthållare, andel av tid (%)	38.1	29.9	11.3	17.8	16.0	16.1	12.7	12.8	13.2										30.96	12.88	-18.09				
	Överskriden hastighet (hh:mm)	86.0	72.4	68.5	120.0	99.4	84.4	85.1	79.1	88.4										88.55	84.10	-4.44				
	Överskriden hastighet, andel av tid (%)	3.7	3.2	4.4	6.1	5.2	4.2	3.8	4.1	5.1										4.1	3.1	-1.0	%-enheter	3%	0.80	0.5
	Körning, andel av tid (%)	93.80	94.80	93.00	91.80	92.80	93.80	94.30	93.40	93.00										93.37	93.65	-0.28	%-enheter	-0.3%	0.80	0.5
	Körning (hh:mm)	2:36.5	2:27.2	1:55.2	1:56.1	1:58.8	2:03.2	2:03.2	2:03.2	1:57.2										2:02.77	1:57.04	-45.73	timmar	3%	201.12	177.93
	Överskriden hastighet, andel av tid (%)	3.40	3.00	4.10	5.60	4.80	4.00	3.60	3.80	4.80										4.12	4.05	-0.07	%-enheter	2%	0.70	0.4
	Högsta växel (hh:mm)	1:25.0	1:15.8	7:08.4	9:59.4	9:56.3	9:58.4	9:58.4	9:58.4	9:58.4										1:08.91	87.59	-21.32				
	Högsta växel, andel av tid (%)	52.60	47.90	46.00	47.90	46.00	47.90	46.00	47.90	46.00										47.2	40.0	-7.27	%-enheter	20%	1.28	7.89
	Inom ekonomiväxel (hh:mm)	1:00.9	1:05.0	1:22.8	1:42.9	1:50.7	1:53.5	1:53.5	1:53.5	1:53.5										1:56.79	1:58.45	11.66				
	Över ekonomiväxel (hh:mm)	1:02.3	95.1	62.7	85.4	85.2	86.6	85.5	86.7	85.1										87.08	64.81	-22.27				
	Inom ekonomiväxel, andel av tid (%)	76.00	73.50	72.90	72.00	73.30	72.70	73.30	72.70	73.00										73.44	75.47	-2.03	%-enheter	3%	0.90	1.64
	Över ekonomiväxel, andel av tid (%)	4.10	4.00	3.70	4.00	4.00	4.10	3.60	3.30	2.10										4.02	3.02	-1.00	%-enheter	3%	0.12	0.60
	Överavard motor (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	Överavard motor (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										0.00	0.00	0.00				
	Tomgång (hh:mm)	1:44.5	1:20.0	1:14.7	1:14.7	1:14.7	1:14.7	1:14.7	1:14.7	1:14.7										0:00	0:00	0.00			#DIV/0!	
	Tomgång, andel av tid (%)	5.9	5.0	6.8	8.0	7.1	6.0	4.8	5.8	6.3										0.00	0.00	0.00				
	Stillastående (hh:mm)	1:02.6	1:13.2	1:25.6	1:26.6	1:27.9	1:27.9	1:27.9	1:27.9	1:27.9										1:04.40	1:05.75	20.66				
	Stillastående, andel av tid (%)	6.30	5.50	7.50	8.50	7.70	6.60	5.40	6.40	6.90										7.00	6.21	-0.79	%-enheter	10%	0.85	0.56
	Stillastående med parkeringsbroms (hh:mm)	1:01.9	1:11.7	1:24.1	1:25.1	1:26.1	1:26.1	1:26.1	1:26.1	1:26.1										1:01.29	1:22.49	18.80			23%	
	Stillastående med parkeringsbroms, andel av tid (%)	4.20	3.90	5.30	6.40	5.30	4.50	3.10	4.40	4.80										4.73	8.98	0.76	%-enheter	40%	0.88	0.60
	Stillastående utan parkeringsbroms, andel av tid (%)	2.40	2.50	2.10	2.10	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30										2.24	2.24	0.00	%-enheter	0%	0.17	0.09
	Stillastående utan parkeringsbroms, andel av tid (%)	58.7	60.6	36.2	36.1	44.4	43.7	51.7	51.7	51.7										49.12	47.25	-1.86	%-enheter	2%	2.29	2.13
	Fordonsanvändande, andel av tillgänglig tid (%)	28.60	27.40	19.20	24.40	23.40	24.40	24.40	24.40	23.20										24.78	25.19	-0.40	%-enheter	-2%	2.29	2.13
	Totalt (hh:mm)	2:50.8	2:40.3	1:58.3	2:04.1	2:04.1	2:04.1	2:04.1	2:04.1	2:04.1										2:10.68	2:03.05	-67.63				
	Motorbelastning (hh:mm)	2:27.7	2:24.2	1:57.2	2:04.8	2:11.8	2:28.2	2:25.5	1:59.7	1:58.8										2:11.18	2:08.49	-22.69				
	Motorbelastning (över 90% andel av tillgänglig tid)	9.10	9.70	12.10	12.40	10.30	11.20	9.60	9.70	10.00										9.76	0.83	-8.93	%-enheter	13%	0.93	0.16
	1-Shift i automatläge (hh:mm)	1:46.8	1:52.7	1:11.5	1:39.5	1:52.9	1:57.9	1:51.3	1:59.2	1:44.2										1:66.24	1:60.58	-5.66				
	1-Shift i manuellt läge, andel av tid (%)	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00										0.00	0.00	0.00				
	1-Shift i manuellt läge (hh:mm)	0.7	0.5	1.1	1.7	0.5	1.2	1.7	0.7	0.4										0.92	0.93	-0.02	%-enheter	5%	0.05	0.04
	1-Shift i automatläge, andel av tid (%)	100.00	100.00	99.90	99.90	100.00	99.90	99.90	100.00	100.00										99.95	99.97	-0.01	%-enheter	0%	0.05	0.04
	1-Shift i prestandaläge (hh:mm)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00										0:00	0:00	0:00				
	1-Shift i prestandaläge, andel av tid (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										0.00	0.00	0.00				
	Köräge Ekonomi (hh:mm)	2:05.5	90.6	47.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6																

45

Appendix 2: Energi och klimatdata för bränslen

Diesel MK1 (B0)/(B23,2)

Beräkning

Dieselbränsle av kvalitet miljöklass 1 har inblandning av biokomponenter för att nå villkoren uppsatta i lagen om reduktionsplikt. Den del av bränslet som består av fossil råvara antas vara diesel MK1 producerad i Sverige. För att beräkna WTT och WTW emissioner för svensk MK1 diesel har följande metod applicerats:

Beräkningen avser ett nationellt genomsnitt för valt kalenderår. Halterna av inblandade komponenter kan variera mellan olika leverantörer, tidsperioder och geografiska områden. Kalkylen baseras på de totala årliga volymer av biokomponenter rapporterade till Energimyndigheten vilka redovisas av SCB under rubriken (Hitta statistik/Energi/Månatlig bränsle-, gas- och lagerstatistik/), se SCB (2022). Leveranser av biodrivmedel till vägtrafik, månadsvis 2021, m3.

Vad gäller råvaran till redovisad inblandning av HVO antas 50% komma från tallolja och 50% från slakteriavfall.

Resultat:

		Diesel MK1 (B0) (SE)	Diesel MK1 (B23.2%) (SE)
CO ₂ (fossil) TTW	(g/l)	2 578	2 006
CO ₂ (fossil) WTW	(g/l)	2 785	2 192
CO _{2eq} (fossil) TTW	(g/l)	2 638	2 055
CO _{2eq} (fossil) WTW	(g/l)	2 879	2 387

Datakällor:

WTT och TTW data för

Diesel MK1(B0)

Hallberg et al., (2013)

HVO (B100)

Källmen et al. 2019

HVO(B100)

Beräkning

För beräkning av emissioner kopplat till tillverkning och förbränning av HVO har data för svensk produktion 2021 beräknats. Beräkningen baseras på antagande om att 50% av energiråvaran till produktionen kommer från råttallolja och 50% kommer från slakteriavfall. Då båda substraten räknas som avfall från respektive produktion allokeras inga emissioner från produktionen som leder till generering av avfallet (dvs pappersprodukter/massa och livsmedel) till HVO produktionen.

Resultat:

		HVO 100 (SE 2021) (prognos)
CO ₂ (fossil) TTW	(g/l)	0
CO ₂ (fossil) WTW	(g/l)	581
CO _{2eq} (fossil) TTW	(g/l)	0
CO _{2eq} (fossil) WTW	(g/l)	636

Datakällor:

WTT och TTW data för

HVO (B100)

Källmen et al. 2019

LBM(B0)/(B100)

Beräkning

För biogas har en beräkning av WTW emissioner gjorts med antaganden om andelen substrat som utgörs av flytgödsel. Då flytgödsel tilldelas klimatkrediter i beräkningen är antagen andel flytgödsel styrande för resultatet. För produktionen 2020 redovisas sammansättningen av substrat till samrötningsanläggningar av Energigas Sverige i rapporten ” Produktion av biogas och rötresten och dess användning år 2020”

Substrat till biogasproduktion (kton våtvikt), år 2020. Andel av total mängd (%) och förändring mot 2019 (%) visas i kursivt.

Typ av anläggning	Samrötningsanläggningar	
	(kton våtvikt)	Andel
Matavfall	398	42%
Avloppsslam	0	0%
Industrislag	0	0%
Gödsel	775	43%
Livsmedelsindustri	180	10%
Slakteri	180	10%
Energigrödor	26	1%
Övrigt	240	13%
Summa	1 799	100%

För beräkning av emissioner från LBG producerad med en hög andel flytgödsel har vi antagit att flytgödslets andel ökat till 60% och matavfall reducerats till 25%, övriga komponenter lika.

Emissionsvärden från LBG-produktionen har hämtats från datatabeller presenterade i referensen JEC (2020 II). Då kategorin 'livsmedelsindustri' och 'slakteriavfall' ej finns redovisad i referens JEC (2020 II) antas produktion från dessa substrat ge upphov till samma emissioner som kategorin hushållsavfall.

WTT data produktion av LBM, från referens JEC (2020 II).

Produktionsmetod	WTT - per produktionsmetod GHG emissions (g CO ₂ eq/MJ LBM)
Upgraded biogas from municipal organic waste as LBM. Closed digestate storage.	13.8
Upgraded biogas from sewage sludge as liquefied biogas (LBM) closed digestate storage	26.5
Upgraded biogas from wet manure as LBM Digestate storage closed (21) or open (22)	- 98.7 (obs. negativt värde)
Upgraded biogas from maize (whole plant) as LBM. Closed digestate storage.	30.5
Upgraded biogas from double cropping (barley/maize) as LBM. Closed digestate storage.	25.5

Resultat:

		LNG	LBM (SE 2020)
CO ₂ (fossil) TTW	(kg/kg)		
CO₂ (fossil) WTW	(kg/kg)		
CO _{2eq} (fossil) TTW	(kg/kg)		
CO_{2eq} (fossil) WTW	(kg/kg)	3.527	-2.430

Datakällor:

LNG: JEC (2020 I)

LBG: Energigas Sverige (2021)

JEC (2020 II)



IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se