

DATUM: 2012-03-15

DNR: 31-2011-0231

Potential för ny fordonsteknik och förnybara drivmedel inom vägtransportsektorn

Riksrevisionen har gett Jonas Åkerman, forskare vid avdelningen för Miljöstrategisk analys, Kungliga tekniska Högskolan, i uppdrag att genomföra en forskningsöversikt. Översikten utgör bilaga 3. Jonas Åkerman ansvarar för innehållet i översikten.

jonas.akerman@abe.kth.se



RIKSREVISIONEN



Innehåll

1	Introduktion	5
1.1	Syfte, metod och avgränsning	5
1.2	Systemperspektiv	5
1.3	Verkliga koldioxidutsläpp och ideala körcykler	6
2	Potential för effektivisering av konventionella bilar	9
3	Eldrivna fordon – renodlade elbilar och laddhybrider	11
3.1	Olika elfordons egenskaper	11
3.2	Elbilsteknik och batterier	12
3.3	Kostnadsjämförelse mellan laddhybrid och bästa konventionella teknik	12
3.4	Marknadspotential för elbilar	15
3.5	Koldioxidutsläpp från olika biltypers livscykel	17
3.6	Potential att minska utsläpp av koldioxid till år 2020 och 2030	21
4	Biodrivmedel	23
4.1	Dagsläge	23
4.2	Potential för ökad användning av biodrivmedel	24
4.3	Potential att minska utsläpp av koldioxid till år 2020 och år 2030	29
5	Potential för minskade koldioxidutsläpp år 2020 jämfört med antagandena i den nationella infrastrukturplaneringen 2010 2021	31
6	Slutsatser och diskussion	33
7	Referenser	35
8	Personlig kommunikation	39



1 Introduktion

1.1 Syfte, metod och avgränsning

Syftet med denna forskningsöversikt är att göra en analys av potentialen att minska utsläpp av koldioxid från resor med personbil med hjälp av mer energieffektiva fordon och alternativa drivmedel, samt att utifrån denna analys granska de antaganden som gjorts i den nationella infrastrukturplaneringen för perioden 2010-2021. Effektivare konventionella fordon ingår i studien, men fokus ligger på potentialen att minska koldioxidutsläppen med hjälp av elfordon (med möjlighet att ladda från elnätet) och biodrivmedel. Effektivisering av konventionella fordon kommer sannolikt att ge störst utsläppsminskningar av dessa tre kategorier fram till år 2020, men osäkerheten om hur långt man kommer nå till dess är förhållandevis stor. En bidragande orsak är EU:s förväntade, men ännu ej beslutade, krav på att nya personbilar år 2020 i genomsnitt inte ska släppa ut mer än 95 g CO₂/km. Efter år 2020 kommer sedan alternativa drivmedel och elektrifiering att bli allt viktigare. Bättre beläggning/kapacitetsutnyttjande i fordon ingår inte i studien och inte heller mer bränsleeffektiv körstil, så kallad ecodriving. I beräkningarna antas såväl beläggning som körstil vara oförändrad.¹ Ett livscykelperspektiv som inkluderar drivmedelsproduktion, samt tillverkning och underhåll av fordon, har använts i de flesta beräkningar och jämförelser.

Rapporten bygger på en genomgång av litteratur inom området samt på sju intervjuer av experter på området. Följande personer har intervjuats: Olle Hådel, Trafikverket, Håkan Johansson, Trafikverket, Bengt Dahlström, Toyota, Axel Edh, Volvo PV, Patrik Klintbom, Volvo LV, Göran Lindbergh, professor i Batteriteknik på Kungliga Tekniska Högskolan och Anders Ocklind, Cellkraft AB.

1.2 Systemperspektiv

I denna rapport tas ett övergripande systemperspektiv när antaganden görs om hur mycket biodrivmedel som de svenska vägtransporterna kan använda, i ett scenario där utsläppsminskningar av koldioxid globalt sett sker på effektivast möjliga sätt.

¹ Trenden är snarast en något sjunkande beläggning vilket innebär att det krävs en viss förbättring av körstil för att denna faktor ska vara oförändrad.

I många sammanhang begränsas analyser av potential för minskade koldioxidutsläpp till hur de direkta utsläppen från fordonen, mätta enligt den europeiska körcykeln NEDC (New European Drive Cycle) kan minska. I denna studie inkluderas även tre andra utsläppskategorier som har betydelse för hur stor den totala utsläppsminskningen blir. De koldioxidutsläpp per fordonskilometer som ges av den Europeiska körcykeln NEDC är betydligt lägre än utsläppen vid verklig körning. Dessa så kallade "off-cycle emissions" diskuteras i nästa avsnitt. Den andra utsläppskategorin omfattar koldioxidutsläpp som sker vid produktion och transport av drivmedel och den tredje omfattar koldioxidutsläpp vid tillverkning och underhåll av fordon. De två sistnämnda är speciellt viktiga att inkludera när elfordon jämförs med konventionella fordon. Koldioxidutsläpp förknippade med byggande, drift och underhåll av väginfrastruktur ingår inte i denna studies avgränsning, men är väsentliga att ta hänsyn till när transportpolitiken utformas.

1.3 Verkliga koldioxidutsläpp och ideala körcykler

Personbilars bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp jämförs vanligtvis med värden från den europeiska körcykeln NEDC (New European Drive Cycle). Denna körcykel (liksom många andra runt om i världen) innefattar emellertid en körning med relativt lugna accelerationer och mestadels låga farter, vilket ger betydligt lägre koldioxidutsläpp än vad som är fallet i verklig trafik. En bidragande orsak till denna skillnad är att ingen elektrisk utrustning är påslagen vid testningen.

Följande faktorer är inte inräknade i testproceduren och ökar de verkliga koldioxidutsläppen:

- Fler passagerare och mer last (än en person)
- Kallstarter (körcykeln antar cirka 20 graders temperatur)
- Backar
- Mer aggressiv körstil med högre farter och kraftigare accelerationer
- Dubbdäck
- Klimatanläggning, AC
- Annan elutrustning som strålkastare, CD-spelare, elvärmda rutor och sitsar, etcetera.
- Värmebehov i kupén som ökar energianvändningen för elbilar.

I en strävan att göra bilarna allt säkrare och mer komfortabla utrustas de med allt mer elektrisk utrustning. Trenden är att elbehovet för denna utrustning ökar (Burgdorf, 2011). Sammantaget innebär detta att gapet mellan koldioxidutsläpp enligt NEDC och verkliga koldioxidutsläpp tenderar att öka. Det är också så att gapet procentuellt sett i allmänhet blir större ju

mer bränsleeffektiv en bil är. Hur mycket koldioxidutsläpp i verklig trafik överskrider utsläpp enligt NEDC-körcykeln beror på vägtyp, biltyp, topografi, klimat etcetera, men skillnaden är i allmänhet 15-50 procent (Patterson, 2011). Ökningen av koldioxidutsläppen vid verklig körning är för en mellanstor personbil (Golfklass) cirka 25 procent. För hybriderna Honda Insight och Toyota Prius är skillnaden större, 54 respektive 47 procent. Att hybrider ger en högre skillnad visas också av Burgdorf (2011).

Om vi antar att de verkliga koldioxidutsläppen år 2006 var 25 procent högre än utsläpp enligt körcykeln (som enligt WSP var 206 g CO₂/km, inräknat även förnybara utsläpp), innebär det ett påslag på 51 g CO₂/km. Ovanstående resonemang tyder på att denna skillnad i absoluta termer kan komma att kvarstå över tiden. Detta skulle innebära att om koldioxidutsläpp i hela fordonsflottan enligt körcykeln minskar med 26 procent till år 2020 (till 152 g CO₂/km), så kommer de verkliga koldioxidutsläppen att minska med 21 procent. Det kan till och med bli så att påslaget kommer öka i absoluta termer på grund av att nya bilar förses med alltmer komfort- och säkerhetsutrustning som använder el. (Burgdorf, 2011). Om elförbrukningen skulle öka med 20 procent till 61 g CO₂/km, så skulle minskningen till år 2020 bli 17 procent istället för 26 procent då enbart koldioxidutsläpp enligt körcykeln inkluderas. En bidragande orsak till en ökning av andelen koldioxidutsläpp som är högre än i den officiella körcykeln skulle kunna vara en ökande andel stadskörning då andelen av Sveriges befolkning som bor i städer ökar.

2 Potential för effektivisering av konventionella bilar

Bränsleförbrukning för nya bilar, enligt den officiella Europeiska körcykeln NEDC, minskar i dag relativt snabbt. Som nämndes i föregående avsnitt minskar dock inte de verkliga koldioxidutsläppen lika snabbt. Dagens utveckling har åstadkommit genom en effektivisering av konventionell bilteknik (bättre aerodynamik, lägre rullmotstånd, ”downsizing” av motorer, start-stop funktion) och inte minst en övergång från bensin- till dieseldrivna fordon. Det finns potential för ytterligare reduktion av koldioxidutsläpp genom liknande åtgärder, men förbättringstakten kommer att avta och kostnaden för varje gram minskade koldioxidutsläpp ökar (Burgdorf, 2011).

Enligt (Burgdorf, 2011; Axel Edh, Volvo PV, personlig kommunikation) går det i praktiken att komma ner till 90-100 g CO₂/km utan full hybridisering för en bil av typ V70. Utvecklingen kommer troligen till stor del att styras av EU:s föreslagna mål att nybilar år 2020 i genomsnitt inte ska släppa ut mer än 95 g CO₂/km. Att man sannolikt inte kommer lägre beror på att detta mål kommer att kräva införandet av dyrare fordonsteknik, som hybridisering. Då målet gäller ett europeiskt genomsnitt och den svenska bilparken traditionellt innefattat relativt stora och tunga bilar, kommer den svenska nybilsförsäljningen då sannolikt ligga kring eller något över 95 g CO₂/km. EU:s förslag till mål är differentierat så att tyngre bilar tillåts släppa ut mer än lätta bilar. Att nå cirka 95 g CO₂/km för nybilar år 2020 motsvarar cirka 26 procents minskning av bränsleförbrukning per kilometer mellan åren 2006 och 2020.

Efter år 2020 kommer det att krävas en allt större andel hybrider (som Toyota Prius) eller laddhybrider/batterielbilar om koldioxidutsläppen fortsatt ska minska avsevärt. Dessa biltyper kommer dock att vara betydligt dyrare att tillverka än optimerade konventionella bilar med koldioxidutsläpp kring 95 g CO₂/km. Detta kan innebära att något färre hushåll har råd med egen bil, vilket skulle begränsa bilresandet. Man kan också tänka sig att det av detta skäl skulle bli svårt att få allmänhetens acceptans för att sänka utsläppsnivån i första skedet. Här kan man notera att traditionella hybrider (utan möjlighet att ladda el från nätet) funnits i drygt 10 år på den svenska marknaden. Trots förmåner som nedsatt förmånsvärde med 40 procent, stod de traditionella hybriderna ändå inte för mer än 1 procent av nybilsförsäljningen år 2010. En viktig orsak till denna låga andel är den fortfarande relativt stora merkostnaden jämfört med en motsvarande konventionell bil.

3 Eldrivna fordon – renodlade elbilar och laddhybrider

I detta avsnitt diskuteras bilar som kan köra på el laddad från elnätet, det vill säga renodlade elbilar och laddhybrider. Hur mycket renodlade elbilar och laddhybrider kan komma att minska koldioxidutsläppen beror på två faktorer. Den första är hur stor del av fordonsflottan som utgörs av dessa fordon vid en given tidpunkt, och den andra är hur mycket koldioxidutsläppen minskar när man ersätter ett konventionellt fordon med ett elfordon.

3.1 Olika elfordons egenskaper

En renodlad elbil kan bara använda el laddad från elnätet. Ett sådant fordon har en elmotor och ett stort batteri som mätt enligt officiell körcykel räcker för cirka 100-200 km körning innan batteriet behöver laddas. Räckvidden i verklig körning är oftast en tredjedel lägre, det vill säga om räckvidden officiellt är 150 km så kan den i verklig körning ligga närmare 100 km (Patterson et al, 2011; Duleep et al, 2011). Detta beror dels på att all elektrisk utrustning (strålkastare, stereo, AC med mera) är avslagen vid mätning enligt körcykeln NEDC, dels på att verklig körning är mer energikrävande än den relativt lugna NEDC-körcykeln. En ytterligare faktor som ökar verklig energianvändning för elbilar är behovet av kupévärm. Energianvändningen för en elbil i verklig trafik beror således på många faktorer varav klimat är en. Renodlade elbilar kommer under överskådlig tid att ha en för begränsad räckvidd för att duga som allroundbilar.² De skulle dock på lång sikt, mellan år 2030 och 2050, kunna nå cirka 10 procent av bilflottan, främst som hushålls andrabilar, under förutsättning att batterierna kommer ner i pris och blir tillförlitligare.

Laddhybrider har i likhet med konventionella hybrider (som Toyota Prius) både en förbränningsmotor och en elmotor. Skillnaden är att laddhybrider har ett betydligt större batteri för att kunna köra cirka 10-60 km enbart med elmotorn och el laddad från nätet. Detta gör att koldioxidutsläppen vid körning kan minska betydligt (hur de totala koldioxidutsläppen påverkas avgörs av hur elen

² Även om en elbil skulle kunna täcka behovet för 70-80 procent av ett hushålls körlängd, så kan den inte helt ersätta en konventionell allroundbil. För att kunna ersätta den senare krävs i princip att 100 procent av resorna kan ersättas. Ett snabbbladdningsnät som klarar det skulle sannolikt bli orimligt dyrt och dessutom riskerar snabbbladdning att snabbare slita ut batterierna (Göran Lindbergh, KTH, personlig kommunikation).

antas produceras) samtidigt som driftskostnaderna också minskar. Å andra sidan blir inköpskostnaden betydligt högre än för en konventionell hybrid som i sin tur är dyrare än en konventionell bil. En stor fördel för laddhybrider gentemot renodlade batterielbilar är att räckvidden i princip är lika bra som för en vanlig bil med enbart förbränningsmotor. När batteriet är urladdat slås förbränningsmotorn automatiskt på. Detta innebär att en laddhybrid funktionsmässigt skulle kunna ersätta en konventionell bil. För beräkningarna i denna rapport används 20 kWh per 100 km som ett typiskt värde för energianvändningen för en laddhybrid i mellanstorlek när den används i eldrift under verkliga förhållanden (Patterson et al, 2011).

3.2 Elbilsteknik och batterier

Den mest kritiska faktorn för elbilars möjlighet att nå en större marknadsandel är kostnaden och livslängden hos batterierna. Litiumjonbatterier är den batteriteknik som förefaller mest lovande i dagsläget. Denna batterityp har potentiellt hög prestanda men kräver också en omfattande utrustning för temperaturkontroll och övervakning av cellernas tillstånd i batteriet.

Enligt flera källor uppskattas kostnaden för batterier år 2020 uppgå till drygt 300 Euro per kWh år, exklusive vinst och moms (Duleep et al, 2011; Boston Consulting Group, 2009), vilket skulle innebära ungefär en halvering av kostnaden jämfört med 2010. Detta motsvarar ett marknadspris på 4 000-5 000 kr per kWh år 2020. Det har dock också framförts kritik mot dessa prisprognoser. Deloitte (2011) pekar på att lägre pris på grund av skal fördelar kan komma att motverkas av brist på kvalificerad arbetskraft och att kostnader för viktiga batterimetaller som nickel, mangan och kobolt kan komma att öka. Dessutom pekar man på att många av de ingående elektronikkomponenterna redan idag tillverkas storskaligt och därför inte kommer sjunka så mycket i pris. Även om batteriet i allmänhet står för den största merkostnaden bör det noteras att det för en laddhybrid också tillkommer signifikanta kostnader för en elmotor, styrelektronik etcetera.

3.3 Kostnadsjämförelse mellan laddhybrid och bästa konventionella teknik

Laddhybrider som kan köras med el laddad från nätet (cirka 10-60 km) och med en förbränningsmotor kräver inte några ändrade preferenser hos bilanvändarna eftersom laddhybrider (i de flesta fall) har likvärdiga egenskaper som dagens bilar vad gäller till exempel utrymmen, acceleration och inte minst räckvidd. De största hindren för ett genomslag är istället den höga

inköpskostnaden (till stor del beroende på batteriet) samt en osäkerhet om batteriernas livslängd.

Studier visar att en typisk bilköpare vid köptillfället sällan tar hänsyn till mer än fem års bränslekostnader. Inte sällan kräver man en återbetalningstid på maximalt 3 år (Greene, 2010). Detta innebär att ett högre inköpspris behöver betala tillbaka sig på mindre än fem år för att merparten av bilköparna ska välja en dyrare modell (givet en viss storlek och prestanda). Kunderna har emellertid olika preferenser. Det är därför så att en liten andel kunder börjar köpa laddhybrider när återbetalningstiden fortfarande är betydligt över 5 år. Men det är också så att omkring hälften av kunderna fortfarande avstår när återbetalningstiden kommit ner till 5 år.

Viktiga faktorer som påverkar en kostnadsjämförelse mellan en elbil och bästa konventionella fordon är följande:

- Skillnad i inköpspris för kunden gentemot referensbil.
- Drivmedelspris för konventionell bil och laddhybrid i icke-eldrift.
- Andel kilometer som körs med el laddad från nätet för laddhybriden.
- Bränsleförbrukning för laddhybrid när den körs på förbränningsmotor.³
- Bränsleförbrukning för jämförelsebil som representerar bästa tillgängliga konventionella teknik.
- Elkostnad (dock något mindre viktig).

Det finns åtminstone två vanliga felslut som ofta görs i bedömningar av marknadspotential för elbilar. Det första är att man antar att ett fordon är attraktivt att köpa om dess lägre driftskostnader – räknat över hela dess livslängd – uppväger ett högre inköpspris. Som nämnts ovan är det istället så att en typisk bilköpare inte räknar med mer än tre till fem års driftskostnader. Ett annat vanligt misstag är att jämföra framtida laddhybrider med genomsnittliga fordon i dagens bilpark, när de egentligen borde jämföras med de bästa nybilsalternativen. I en rapport från Elforsk (2008) jämförs bränslekostnaden för en laddhybrid med en konventionell bensinbil som drar 9 liter bensin per 100 km. Den kostnadsbesparing man då får per mil är mer än dubbelt så stor än om man istället jämför med dagens bästa nya bilar, som enligt körcykeln klarar sig på cirka 4 liter diesel, och i praktisk körning på cirka 5 liter diesel per 100 km.

Hårdare utsläppsregler för dieslbilar från år 2014/2015 kommer innebära dyrare dieslbilar, vilket skulle kunna öka elbilars konkurrenskraft. Enligt Axel Edh, Volvo Cars (personlig kommunikation) blir merkostnaden dock sannolikt måttlig, mellan 1 000 och 10 000 kr, troligen under 5 000 kr. Något

³ Det finns här en risk att man för att begränsa merkostnaden för laddhybriden väljer en billig men relativt ineffektiv förbränningsmotor, vilket gör att bränslebesparingen blir mindre.

som också skulle kunna öka elbilars attraktivitet är om batterierna leasas ut till kunderna. Detta gör att kunden inte behöver ta risken att batteriet behöver bytas innan bilens livslängd uppnåtts och detta kan också innebära något lägre kostnader för kunden, givet att biltillverkaren har en lägre diskontering av framtiden. Renault/Nissan kommer att erbjuda leasing av batterierna i företagets kommande renodlade elbilar. Toyota kommer däremot inte att erbjuda leasing av batterier i laddversionen av Toyota Prius (Bengt Dahlström, Toyota, personlig kommunikation). Dessa olika strategier kan delvis förklaras med att batterikostnaden för en renodlad elbil utgör en betydligt större andel av totalkostnaden än vad som är fallet för en laddhybrid.

I det följande görs en jämförelse mellan dagens bästa teknik, en diesebil med koldioxidutsläpp på 100 g CO₂/km enligt NEDC-körcykel och 120 g CO₂/km i verklig körning, och en framtida laddhybrid med bensinmotor (en hybrid med dieselmotor skulle ge lägre bränsleförbrukning, men ett ännu högre inköpspris). Tabell 3.1 visar de antaganden som använts.

Tabell 3.1: Antaganden för kostnadsjämförelse mellan diesebil och laddhybrid.

Bränsleförbrukning	Diesel, 100 g/km enligt NEDC	Laddhybrid
Elförbrukning (kWh/100 km)	–	20
	DIESEL	BENSIN
Bränsleförbrukning (l/100 km)	5,0	4,9
Pris per kWh el (kr)	–	1,60
Antal mil totalt per år	1 500	1 500
Antal mil på el per år	0	900
Total körsträcka (km)	200 000	200 000

Med utgångspunkt i antaganden i tabell 3.1 har vi beräknat vilket bränslepris som skulle krävas för att laddhybridens lägre bränslekostnader skulle uppväga den högre inköpskostnaden på tre till fem års sikt, det vill säga den återbetalningstid som en typisk bilköpare kräver. En kostnadsbild som indikeras av flera källor är att en laddhybrid med ett batteri på 12 kWh (som ger cirka 50 km körning på enbart el) år 2020 skulle medföra ett högre inköpspris på i storleksordningen 80 000 kr, varav batteriet står för drygt 50 000 kr (Duleep et al, 2011; Göran Lindberg, personlig kommunikation).⁴ Deloitte (2011)

⁴ Merkostnaden i de tre scenarierna i Kampman et al (2011) blir 102 000 kronor, 58 000 kronor respektive 124 000 kronor, när moms på 25 procent inräknats.

är mindre optimistiska medan en studie av Deutsche Bank (2009) är mer optimistisk.

Vid en merkostnad på 80 000 kr och 60 procent av körsträckan med eldrift krävs ett bränslepris på 44 kr/l för en återbetalningstid på 5 år. Om vi antar en statlig subvention på 40 000 kr per bil i linje med den föreslagna så kallade supermiljöbilspremiens⁵ (eller en motsvarande snabbare minskning av batterikostnaderna), så krävs fortfarande ett bränslepris på 25 kr/l för en återbetalningstid på 5 år och ett bränslepris på 38 kr/l för en återbetalningstid på 3 år. Det bör noteras att detta resonemang gäller år 2020. De närmaste åren kommer merkostnaden för laddhybrider att vara högre.

Även om inköpspris och drivmedelskostnad är viktigast, finns det också andra faktorer som påverkar bilkunden vid köptillfället. Att äga en laddhybrid kan för vissa grupper innebära ett mervärde i form av ”miljöimage” som kan motivera en merkostnad. Å andra sidan kommer en laddhybrid sannolikt att ha ett något mindre bagageutrymme på grund av batteriernas utrymmesbehov. En risk att batteriet inte håller hela bilens livslängd värderas negativt av en presumtiv kund. Om dessa faktorer sammantaget gör det mer eller mindre troligt att en kund väljer en laddhybrid istället för en konventionell bil vid en given kostnadsnivå är inte helt säkert, men så länge som kunden löper en påtaglig risk att få köpa ett nytt batteri innan bilen i övrigt har tjänat ut, är nettoeffekten sannolikt att många kunder tvekar att köpa en laddhybrid även om beräknad återbetalningstid är tre till fem år.

3.4 Marknadspotential för elbilar

Detta avsnitt fokuserar på marknadspotentialen för elbilar år 2020 och år 2030. Osäkerheten kring elbilars marknadsmöjligheter är stor och därför har tre typer av källor använts som underlag för detta avsnitt, och vägts samman i en sammanfattande bedömning av marknadsutsikter och osäkerheter. Den första källan utgörs av dokument som direkt prognostiserar andelen elbilar i nybilsförsäljningen eller bilflottan vid en viss tidpunkt. Den andra källan är prognoser för batterikostnader/elbilskostnader. Utifrån dessa diskuterades i föregående avsnitt vilka förutsättningar i form av drivmedelspris eller subventioner som skulle behövas för att nå ett genomslag på marknaden. Slutligen har sju intervjuer genomförts med experter inom bilbranschen. I tabell 3.2 redovisas resultat från ett antal elbilsprognoser.

⁵ Det är förstas osäkert vilka subventioner som kommer att gälla år 2020. Syftet med dagens subventioner är i första hand att öka volymerna av laddhybrider så att kostnaderna kan reduceras. På sikt ska sedan subventioner avvecklas och tekniken ska kunna ”stå på egna ben”, givet den beskattning av externa effekter som då gäller.

Tabell 3.2: Översikt för elbilsprognoser

Nr	Prognoser	Geografisk avgränsning	Typ av elbilar som ingår	Andel nybilar 2020	Andel av hela flottan 2020	Andel av hela flottan 2030	Övrigt
1	Trafikverkets åtgärdsplanering (WSP, 2010)	Sverige	Laddhybrider	45%	10%		
2	Kampman et al (2011): Scenario Medium	EU-27	Batteri+Ladd	5%	1,3% (varav 85% laddhybrider)	18% (varav 81% laddhybrider)	"Most realistic outlook of EV developments". "Government incentives for EVs are assumed to continue roughly as currently in place". Batterikostnad 2020: 310-350 Euro/kWh. Merkostnad för laddhybrid 2020: cirka 9000 Euro.
3	Kampman et al (2011): Scenario EV Breakthrough	EU-27	Batteri+Ladd	10%	2,1% (varav 84% laddhybrider)	33% (varav 80% laddhybrider)	"This scenario is the most optimistic one" "R&D leads to a rapid decrease of battery costs and increase of battery lifetime, from 2015 onwards".
4	Boston Consulting Group (2009): Scenario 2 Steady pace	Västeuropa	Batteri+Ladd	6%			Batterikostnad 2020: 700\$/kWh Utgår från 5 års bilkostnader
5	Deutsche Bank (2009)	Europa	Batteri+Ladd	20% (varav 70% laddhybrider)			Förutsätter att 95 g/km blir bindande genomsnitt för nya bilar år 2020 inom EU. Batterikostnad 2020: 325\$/kWh (för 25 kWh batteri)
6	IEA (2009): Reference scenario	Globalt	Batteri+Ladd	0%			
7	IEA (2009): 450 Scenario	Globalt	Batteri+Ladd	16% (varav 75% laddhybrider)			Energiscenario som kan nå 450 ppm CO ₂ -ekv. Kräver samordnade internationella avtal och styrmedel.
8	J.D. Power and Associates, 2010	Globalt	Alla fordon med batterier för framdrivning	7,3%			
9	Statens energimyndighet, 2009	Sverige	Batteri+Ladd		2%		

De rapporter som här refererats indikerar en andel för elbilar (laddhybrider och renodlade batterielbilar tillsammans) i nybilsförsäljningen år 2020 på i storleksordningen 5-10 procent, även om det både finns prognoser som ligger lägre och sådana som ligger högre. Detta skulle innebära en andel i bilflottan på ett par procent. Den kanske mest väl underbyggda av de här refererade prognoserna, Kampman et al (2011), som gjorts på uppdrag av EU-kommissionen, pekar på en andel av nybilsförsäljningen på mellan 3 och 10 procent år 2020. Den analys av återbetalningstider vid olika prispåslag och bränslepriser som gjordes i föregående avsnitt tyder på liknande, eller något lägre, andelar elbilar i nybilsförsäljningen år 2020. Inom ramen för denna studie har sju experter intervjuats (se lista i avsnitt 1). Ingen av dessa experter tror att andelen elbilar i nybilsförsäljningen kommer överstiga 10 procent år 2020. Flera uppger ”några procent” som en rimlig uppskattning. Intervallet 5-10 procent stämmer väl överens med Trafikverkets bedömningar enligt Olle Hädell (muntlig kommunikation).

De tre typer av källor som här använts pekar således alla på att den totala nybilsförsäljningen av elbilar år 2020 troligen kommer att hamna i intervallet 5-10 procent. Prognoserna pekar också på att laddhybrider kommer utgöra merparten av de sålda elbilarna. Slutligen är det viktigt att notera i detta sammanhang att andelen elbilar i bilflottan inte är detsamma som andelen kilometer körda med el laddad från nätet. Detta utvecklas i kommande avsnitt.

3.5 Koldioxidutsläpp från olika biltyper livscykel

I detta avsnitt beräknas koldioxidutsläpp för tre typfordon år 2020. En dieselbil som enligt NEDC-körcykeln släpper ut 90 g CO₂/km, en bensindriven laddhybrid med en räckvidd på cirka 50 km på el och slutligen en batterielbil med en räckvidd på cirka 150 km enligt NEDC-körcykeln. Storleken på dessa bilar antas vara som en VW Golf eller Ford Focus. För att kunna göra en rättvisande jämförelse mellan koldioxidutsläppen för olika typer av fordon krävs ett livscykelperspektiv. I detta avsnitt inkluderas därför, förutom direkta koldioxidutsläpp vid körning, även utsläpp vid tillverkning och underhåll av fordonen, samt vid produktionen av drivmedel. I tabell 3.3 sammanfattas de viktigaste antagandena som ligger till grund för beräkningarna i detta avsnitt. En del av dessa förklaras i det följande.

Tabell 3.3: Centrala antaganden för beräkningar av livscykelutsläpp av koldioxid för år 2020

Källa		
Utsläpp faktisk körning dieselbil:	108 g/km	Patterson et al (2011); Burgdorf (2011)
Utsläpp faktisk körning laddhybrid vid bensindrift:	104 g/km	10% lägre än Toyota Prius i landsvägskörning, det vill säga cirka 4,4 l /100 km
Elförbrukning vid eldrift (laddhybrid och batterielbil):	0,2 kWh/km	Patterson et al (2011)
Utsläpp vid elproduktion:	160 eller 600 g CO ₂ /kWh	Sköldberg och Unger (2008)
Utsläpp vid produktion av diesel/bensin från oljesand:	40 % i påslag	Charpentier et al (2009)
Andel av körsträcka som laddhybrid körs på el:	60 %	Åkerman et al (2007) samt antaganden i texten
Körsträcka under livstid för dieselbil och laddhybrid:	200 000 km	Se nedan.
Körsträcka under livstid för batterielbil:	150 000 km	Skillnaden mellan batterielbil och laddhybrid/dieselbil baserad på Kampman et al (2011).
Utsläpp av koldioxid vid tillverkning och underhåll av fordon under dess livslängd:	Dieselbil: 5,2 ton Laddhybrid: 6,3 ton Batterielbil: 6,9 ton	Zamel och Li (2006); Hussain et al (2007); Samaras och Meisterling (2008); Althaus och Gauch (2010); Patterson et al (2011); Samaras och Meisterling (2008)) samt antaganden i texten

På grund av att vi i detta avsnitt diskuterar förändringar av nybilsförsäljningen så används ett marginalresonemang för att beräkna koldioxidutsläppen under fordonens livscykel. Detta innebär att det är förändringen av de totala koldioxidutsläppen, som orsakas av en förändring *på marginalen*, till exempel en ökad elanvändning, som ska beräknas. Dock räknas här på den långsiktiga marginalen framemot år 2020. Detta innebär att det är en kombination av driftsmarginalen och utbyggnadsmarginalen som ska uppskattas. Här används därför ett av de scenarier som Sköldberg och Unger (2008) utvecklat, i vilket det förs en kraftfull klimatpolitik som i stort sett går i linje med

tvågradersmålet. De långsiktiga marginalutsläppen under perioden 2020-2030 blir i det scenariot kring 160 g CO₂/kWh.⁶

På liknande sätt kan man applicera ett marginalresonemang på produktionen av fossila drivmedel (Statens energimyndighet, 2008). Ett grundläggande antagande i föreliggande studie är att det framemot år 2020 kommer att finnas en ambition globalt sett att minska utsläppen av växthusgaser (även om Sverige/Europa kan gå lite före). I annat fall är det överhuvudtaget inte intressant att diskutera åtgärder för utsläppsreduktion i Sverige. Enligt Henry Chen et al (2011) kan förgasning av kol (coal-to-liquids/CTL), som är det mest koldioxidintensiva sättet att producera bensin och diesel, stå för en betydande del av världens produktion av drivmedel för transporter framemot år 2050 i ett scenario utan några policyåtgärder. I scenarier där substantiella klimatstyrmedel införs kommer däremot CTL att stå för en relativt blygsam andel av världens produktion, ofta i kombination med koldioxidavskiljning. En bidragande orsak till att det är tveksamt att räkna med CTL på marginalen är att denna produktion, som i dag i huvudsak sker i Sydafrika och Kina, i huvudsak är betingad av försörjningstrygghet för dessa länder och därför mer styrs av den inhemska utvecklingen av oljeanvändningen än av den globala utvecklingen. I beräkningarna i detta kapitel används ett påslag på 40 procent för indirekta marginalutsläpp vid produktion av fossila drivmedel. Detta motsvarar ungefär de utsläpp som uppstår vid produktion av bensin eller diesel från oljesand i Kanada (Charpentier et al, 2009). Påslaget för genomsnittlig global produktion av bensin och diesel i dag är som jämförelse cirka 20 procent (EC Joint Research Centre, Concawe och EUCAR, 2007).

För dagens koldioxidutsläpp vid tillverkning och underhåll av bilar har data från flera källor vägts samman (se tabell 3.3). Sedan har antagits att koldioxidutsläpp per fordon minskar med 25 procent i fordonstillverkning fram till år 2020. I brist på källor har det antagits att batterielbilen har 40 procent lägre utsläpp för underhåll jämfört med både dieseln och laddhybriden.

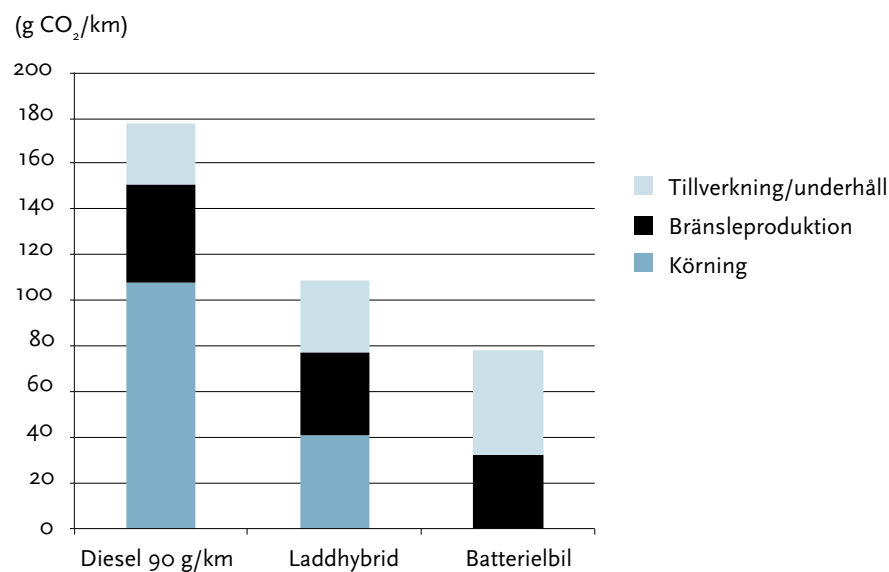
Andelen av körsträckan som laddhybriden körs på el har antagits vara 60 procent. Enligt Åkerman et al (2007) som gjort en bearbetning av den svenska resvaneundersökningen 1999-2001, kan en laddhybrid med räckvidden 50 km teoretiskt täcka 74 procent av alla körda personbilskilometer. På grund av att batteriet försämras med tiden minskar räckvidden under bilens livstid

⁶ På kort sikt finns det ett tak i EU:s utsläppshandel som gör att marginalutsläppen blir noll. Även om nu gällande beslut innebär att taket ska minska med 1,74 procent per år, så är det dock inte osannolikt att prisutvecklingen för utsläppsrätter kommer att påverka politiska beslut om takets framtida nivå i handelssystemet. (Ett högt pris leder till problem för den konkurrensutsatta industrin) Det bör observeras att detta i princip kan ske på två sätt. Nu gällande beslut kan eventuellt rivas upp, men det kan också vara så att dagens fastlagda takt för minskning i framtiden bedöms som otillräcklig, men att initiativ för att sänka taket snabbare blockeras med hänvisning till att priset på utsläppsrätter skulle bli för högt.

med cirka 20 procent. Behovet av kupévärm under den kalla säsongen gör att förbränningsmotorn ibland kan komma att användas även vid korta körningar. Andelen på el justeras därför ner med ytterligare 10 procent. Något som kan tala för att även 60 procent på el är något optimistiskt är att exempelvis Toyotas laddversion av modellen Prius bara kommer att ha en räckvidd på cirka 20 km på el.

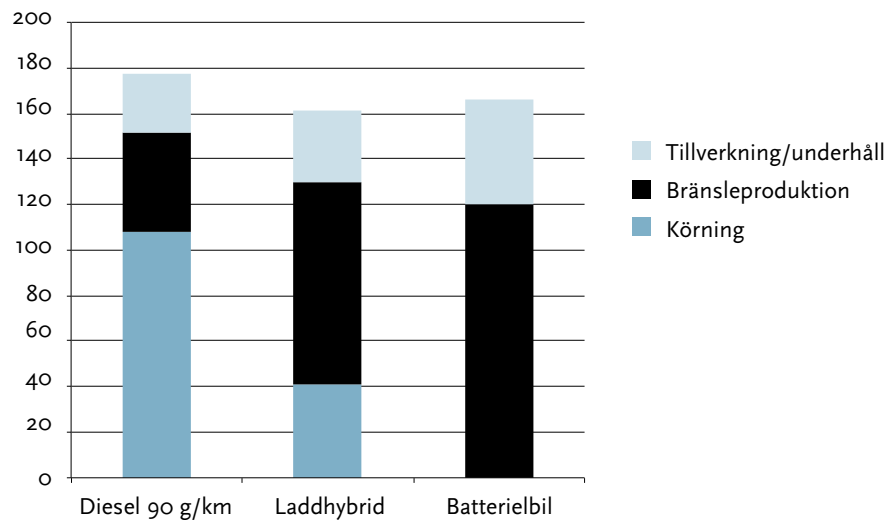
I figur 3.1 och 3.2 visas livscykelutsläpp av koldioxid år 2020 från de tre biltyperna vid två typer av elproduktion, dels 160 g CO₂/kWh som förutsätter en kraftfull klimatpolitik (Sköldbberg och Unger, 2008) och dels 600 g CO₂/kWh i ett scenario där klimatambitionen är betydligt lägre.⁷ Vid 160 g CO₂/kWh är elbilarna bättre än dieselbilen, men skillnaden är betydligt mindre än om man enbart beaktar koldioxidutsläpp vid körning. Vid 600 g/kWh har dock alla de tre biltyperna i stort sett samma livscykelutsläpp.

Figur 3.1: Beräknade livscykelutsläpp år 2020 för tre fordonstyper (storlek som Volkswagen Golf) vid en marginell elproduktion med utsläpp på 160 g CO₂/kWh.



⁷ 600 g CO₂/kWh ligger nära dagens marginalet i norra Europa.

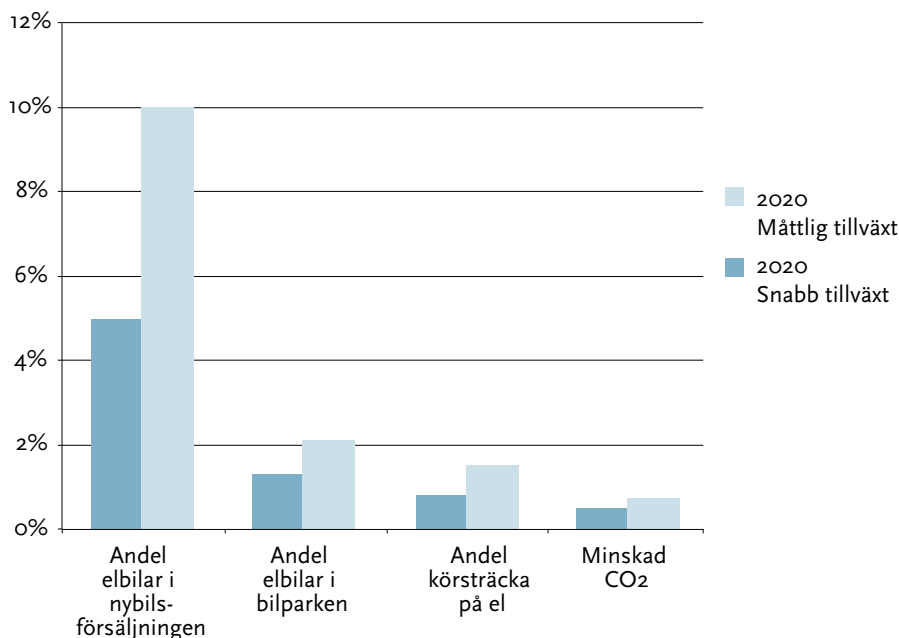
Figur 3.2: Beräknade livscykelutsläpp år 2020 för tre fordonstyper (storlek som Volkswagen Golf) vid en marginell elproduktion med utsläpp på 600 g CO₂/kWh.



3.6 Potential att minska utsläpp av koldioxid till år 2020 och 2030

I Figur 3.3 visas en uppskattning av hur mycket elbilar kan minska utsläppen av koldioxid jämfört med ett referensscenario utan elbilar om nybilsandelen når 5 respektive 10 procent år 2020. Andelar elbilar i nybilsförsäljningen är tagna från Kampmans (2011) scenarier med måttlig respektive snabb tillväxt av elbilsförsäljningen (i ett tredje scenario, med låg tillväxt var andelen 3 procent). Koldioxidutsläpp vid bränsleproduktion samt vid tillverkning och underhåll av bilarna ingår. Som visas i tabell 3.2 ligger de flesta prognoser i detta spann. Vid beräkningen av andel körda km på el har det antagits att 70 procent av elbilarna är laddhybrider och resten batterielbilar. Detta är i stort i linje med prognoserna i tabell 3.2, men vilket antagande som görs spelar liten roll för resulterande utsläppsminskning i figur 3.4 (en laddhybrid antas köras på el 9 000 km per år och en batterielbil 10 000 km per år). Total årlig körsträcka har antagits vara 15 000 km för laddhybrider. Värt att notera är att andelen elbilar i nybilsförsäljningen som synes är en dålig indikator på klimatvinsten. Med antagande att andelen elbilar i nybilsförsäljningen år 2020 uppgår till 5-10 procent, så kommer elbilar då sammantaget att minska personbilsflottans koldioxidutsläpp med mindre än 1 procent i ett livscykelperspektiv.

Figur 3.3: Två prognoser för elbilar år 2020 och resulterande minskning av koldioxidutsläpp.



Frammot år 2030 finns det dock möjlighet till en relativt kraftig ökning av elbilar i bilflottan. Enligt Kampman et al's (2011) scenarier med medium respektive snabb tillväxt skulle andelen elbilar i flottan då kunna uppgå till mellan 18 och 33 procent.⁸ Om marginalutsläpp från elproduktionen år 2030 kommit ner till 100 g CO₂/kWh, så skulle dessa elbilsandelar innebära 8-16 procent minskning av koldioxidutsläppen, jämfört med ett scenario helt utan elbilar. Om man istället räknar på prognostiserade medelutsläpp år 2030, 38 g CO₂/kWh enligt Statens energimyndighet (2006), så ger samma elbilsandelar 9-17 procent minskning av koldioxidutsläppen. I båda dessa fall antas här att fossilbränslen produceras från oljesand, vilket medför att bränsleproduktionen ger utsläpp av koldioxid motsvarande 40 procent av de som sker vid slutanvändningen i fordonen (Charpentier et al, 2009).⁹ Koldioxidutsläppen vid tillverkning och underhåll av bilar antas ha halverats till år 2030 jämfört med dagsläget.

⁸ I scenariot med långsam tillväxt uppgår andelen till 7 procent.

⁹ Om man antar ett för elbilar extremt fördelaktigt fall där fossilbränslen produceras genom förgasning av kol (CTL) med 2,5 gånger högre livscykelutsläpp (EC Joint Research Centre, Concawe och EUCAR, 2007) än för konventionell framställning, så blir utsläppsminskningen vid 33 procent elbilar cirka 19 procent.

4 Biodrivmedel

4.1 Dagsläge

Globalt stod förnybara drivmedel för cirka 2 procent av energianvändningen i vägsektorn år 2010 (Statens energimyndighet, 2011b). Motsvarande andel för Sverige år 2010 var 5,7 procent (Statens energimyndighet, 2011a). Total energianvändning i vägsektorn i Sverige år 2010 var 72 TWh varav 46 TWh användes av personbilar. Fördelningen på olika bränslen visas i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Förnybara drivmedel i vägtrafiken år 2010 (Statens energimyndighet, 2011a).

	(TWh)
Etanol låginblandat i bensin	1,27
Etanol i E85/ED95	1,09
Biogas	0,57
FAME låginblandat i diesel	2,06
Totalt:	4,99

Enligt EU:s direktiv 2009/28/EC ska andelen förnybara drivmedel nå 10 procent i varje medlemsland till år 2020. Värt att notera är att el räknas upp med en faktor 2,5 och att drivmedel från restprodukter (biogas) samt andra generationens drivmedel (cellulosaetanol samt förgasningsbränslen) får räknas upp med en faktor 2. Detta innebär att Sverige enligt denna beräkningsmetod redan har uppnått en andel på 7,9 procent. I Sverige har i stort sett all bensin haft en inblandning av 5 procent etanol fram till år 2011. EU tillåter enligt direktiv 2009/30/EC en tioprocentig volyminblandning av etanol i bensin, och sedan maj 2011 är detta också tillåtet enligt svensk lag. Enligt direktivet ökas också den tillåtna inblandningen av biodiesel i diesel till 7 procent. I USA är 10 procent etanolinblandning i bensin tillåten och man diskuterar nu en höjning till 15 procent. Det bör dock noteras att det i alla dessa fall rör sig om maxgränser och att andra faktorer avgör hur mycket som faktiskt blandas i bensinen av oljebolagen. I Sverige ger staten bara subventioner för 6,5 procent inblandning av etanol, och det är tveksamt om mer än så kommer att användas om inte detta ändras (Statens energimyndighet, 2011b).

I dagsläget är förnybara drivmedel i Sverige undantagna både från energi- och koldioxidskatt. Sådana undantag regleras av EU:s energiskattedirektiv. Ett förslag till nytt energiskattedirektiv har nyligen lagts fram där möjligheten till undantag från energiskatter för biodrivmedel föreslås tas bort. Detta ska dock (om förslaget till direktiv antas) först gälla från år 2023. Undantag från både energiskatt och koldioxidskatt¹⁰ är för de allra flesta biodrivmedel en förutsättning för att de i dag ska kunna konkurrera med fossila drivmedel. Ett alternativt styrmedel är att införa ett kvotpliktssystem.

4.2 Potential för ökad användning av biodrivmedel

I detta avsnitt berörs i huvudsak hur potentialen för förnybara drivmedel ser ut fram till år 2020 och 2030. Hur mängden förnybara drivmedel utvecklas beror på tre faktorer:

1. Pris och tillgång på primär biomassa för energiändamål för ett visst system (till exempel vägtransporter).
2. Produktions- och distributionsmöjligheter för förädlade biodrivmedel.
3. Fordonsflottans möjlighet att utnyttja tillgängliga drivmedel.

Hur mycket primär biomassa som kan komma att användas för produktion av drivmedel till svenska vägtransporter beror i sin tur på flera faktorer. En viktig utgångspunkt är den möjliga globala tillförseln av bioenergi givet att produktiv mark också behövs för produktion av mat, byggmaterial, fiber, ekosystemtjänster etcetera. Med uppgifter om motsvarande möjliga tillförsel i Sverige kan man sedan göra antaganden om hur mycket som kan användas i Sverige och hur mycket som kan tänkas exporteras (eller importeras) givet att de globala utsläppen av koldioxid ska reduceras på effektivast möjliga sätt. Detta innebär sannolikt att Sverige på sikt bör kunna bli en betydande nettoexportör av bioenergi, även om vi i dag är en nettoimportör. En faktor som talar för detta är att det oftast är mer effektivt att ersätta kol i kraftverk och industrier med biomassa, än att använda biomassa för produktion av drivmedel för transportsektorn (EC Joint Research Centre et al, 2007). Även om det som går att använda (eller bör användas) i transportsektorn kommer det att bli konkurrens om biomassan. EU:s mål att 10 procent av energi för transporter ska vara förnybart år 2020 kommer att driva upp efterfrågan på de internationella marknaderna. I dagsläget gör skillnader i beskattning av koldioxid det betydligt mer lönsamt att använda biodrivmedel i vägsektorn jämfört med flyg- och sjöfart. På sikt kommer detta att förändras och dessa två snabbt växande sektorer kommer då också att efterfråga stora mängder biodrivmedel.

¹⁰ Egentligen är det bara energiskatten som är ett undantag eller en subvention. Koldioxidskatt ska ju bara betalas för bränslen som ger nettoutsläpp av koldioxid.

Den andra faktorn handlar om hur snabbt man kan bygga ut drivmedelsproduktion och distribution. För andra generationens drivmedelsprocesser som Fischer-tropsch förgasning av skogsavfall, handlar det delvis om att tekniken ännu inte är tillgänglig i kommersiell skala. För drivmedel som kräver speciella fordon, till exempel biogas och DME, krävs dessutom att mängden sådana fordon ökar parallellt. Om ingen alternativ avsättning finns, till exempel i industrin, riskerar man en ”hönan och ägget”-problematik.

På kort sikt, fram till år 2020, kommer främst bränsleproduktionsledet och till viss del fordonsparken att begränsa möjlig användning. På lite längre sikt kommer det framförallt att vara tillgång på biomassa som kommer begränsa, eftersom både den globala konkurrensen om mark och konkurrensen om bioenergi mellan olika sektorer kommer att hårdna. Viktiga faktorer att ta hänsyn till vid val av drivmedel är:

- Totalt tillgänglig resursbas
- Minskade utsläpp av växthusgaser per ytenhet mark
- Energieffektivitet i hela drivmedlets livscykel
- Kostnad för drivmedlet och eventuella merkostnader för fordon och tankställen
- Produktionsteknikens utvecklingsläge
- Om det krävs speciella fordon
- Möjlighet till bred internationell användning om omfattande motoranpassning krävs.

I det följande kommer några av de mest intressanta drivmedelsspåren att kort beskrivas. För varje drivmedel uppskattas ett intervall för användningen år 2020 och dessa visas också i tabell 4.2. Uppskattningarna bygger i stor utsträckning på Vägverkets underlag (2009) men justeringar har gjorts bland annat för att ta hänsyn till nya uppgifter.

4.2.1 *Biogas*

Biogas (metan) från restprodukter har mycket goda klimategenskaper. Utvinning från gödsel kan ge en mer än 100-procentig minskning av klimatpåverkan på grund av att metan, som är en kraftfull växthusgas, annars hade avgått direkt till atmosfären. Mest kostnadseffektivt är det att använda biogas i lokala fordonsflottor, till exempel lokalbussar, eftersom man då kan minimera merkostnaden för fordon och tankställen. Potentialen för biogas från rötning av restprodukter uppskattas kunna öka till mellan 3 och 4 TWh enligt Statens energimyndighet (2010). Det påpekas dock också att användning av biogas för kraftvärme är ett attraktivt alternativ till att använda biogasen i transportsektorn. Hur mycket som kommer att användas som fordonsgas är

således osäkert. Biogas kan också produceras genom förgasning av träråvara (se nedan). Här antas i linje med Vägverket (2009) ett intervall på 1,2-3,0 TWh för all metan som produceras från förnybar råvara. Biogas från reningsverk och matavfall kan också ge en god klimatvinst jämfört med fossila bränslen. Här antas i genomsnitt 100 procents reduktion av växthusgaser jämfört med de fossila bränslen som ersätts.

4.2.2 *Etanol*

Etanol för den svenska marknaden är i dag främst brasiliansk sockerrörsetanol och svensk veteetanol från Lantmännens fabrik i Norrköping. Globalt kommer de största delarna av etanolen från sockerrör och majs (främst i USA). Brasiliansk sockerrörsetanol ger i genomsnitt 85 procent minskning av växthusgaser jämfört med bensin (EC Joint Research Centre, 2007) och svensk veteetanol ger cirka 65 procent minskning (Börjesson, 2009).

I dagsläget minskar försäljningen av E85-bilar snabbt. År 2008 var andelen E85-bilar i nybilsförsäljningen 23 procent och i oktober 2011 hade andelen sjunkit till endast 5 procent. Detta innebär att deras antal i bilflottan år 2020 sannolikt kommer att vara lägre än i dag och möjligen kommer möjligheten att tanka E85 att helt försvinna innan dess (Axel Edh, Volvo cars, personlig kommunikation). Med dagens regler för låginblandning kan teoretiskt 7 procent av bensinen (10 procent etanol mätt som volym motsvarar 7 procent energiinnehåll) och 7 procent av dieseln ersättas med förnybart drivmedel. Med tanke på dagens trend mot allt fler nya dieslbilar (över 60 procent av försäljningen 2011) kan bensinförsäljningen år 2020 hamna kring 20 TWh. En tioprocentig inblandning av etanol (mätt i volym) i all bensin skulle då motsvara 1,4 TWh från etanol, vilket i stort sett motsvarar dagens inhemska etanolproduktion från vete.¹¹ Om det även år 2020 kommer att vara lönsamt med etanolinblandning beror på hur EU:s reviderade energiskattedirektiv kommer att se ut. Dock kan ett kvotpliktsystem eventuellt också leda till en sådan inblandning. EU:s mål om 10 procent förnybara drivmedel år 2020 i kombination med många länders ambition att minska oljeberoendet kommer att driva upp efterfrågan på förnybar energi. Etanolanvändningen kan således komma att begränsas av tillgång eller avsättningsmöjligheter. Här antas att etanolanvändningen år 2020 kommer uppgå till mellan 1,4 och 2 TWh år 2020. I det första fallet är E85 helt utfasat.

¹¹ Dagens svenska skattebefrielse gäller enbart en inblandning på 6,5 procent vilket gör att 10 procent kan vara optimistiskt.

4.2.3 FAME

FAME är ett samlingsnamn för fettsyrametylestrar. De vegetabiliska oljor som används för att producera FAME är i Europa främst rapsolja och (i mindre utsträckning) solrosolja (Statens energimyndighet, 201b). Produktion med rapsolja som råvara ger en måttligt bra klimatvinst jämfört med diesel, i storleksordningen 50 procent (EC Joint Research Centre, 2007). Detta i kombination med att FAME konkurrerar om mark som är lämplig för matproduktion gör att potentialen för ökad produktion är begränsad. Här antas en användning på maximalt 1,5 TWh drivmedel år 2020 (Vägverket, 2009).

4.2.4 Förgasning av träråvara

Första generationens biodrivmedel (främst etanol och FAME) använder mark som också är lämplig för matproduktion. Med en växande världsbefolkning som dessutom ökar andelen animalisk föda (kött och fisk) kommer behovet av mark för matproduktion sannolikt att öka kraftigt. Att istället använda träråvara är ett sätt att undvika denna konkurrens. Dessa så kallade andra generationens biodrivmedel är dock, med några få undantag, ännu inte tillgängliga i kommersiell skala. Ett huvudspår är förgasning av råvaran till kolmonoxid och väte, följt av syntes (Fischer-Tropsch) till lämpligt bränsle. Flera olika bränslen är möjliga att tillverka, exempelvis metan, DME (dimetyleter), metanol eller syntetisk diesel. Energiverkningsgraden skiljer sig dock åt, kemiskt enkla bränslen som metan ger högst verkningsgrad och syntetisk diesel lägst verkningsgrad av de här nämnda bränsleslagen. När det gäller användning i fordonsflottan är dock syntetisk diesel betydligt lättare och billigare att fasa in, eftersom den har samma egenskaper som konventionell diesel. Både biogas och DME kräver specialbyggda fordon.

Fortfarande återstår problem att lösa innan förgasning av skogsavfall är kommersiellt tillgänglig i större skala. Att skala upp tekniken från mindre pilotanläggningar är en utmaning och ledtiderna är långa för att bygga storskaliga anläggningar. Möjligheterna att producera till en rimlig kostnad är också oklara (Vägverket, 2009). I Sverige byggs för närvarande två anläggningar för förgasning av skogsavfall till metan, en i Göteborg och en i Malmö. Förgasningstekniken kräver storskalighet för att nå kostnadseffektivitet. Stora anläggningar medför dock relativt dyra transporter för skrymmande bränslen som skogsavfall, även om metoder för kompaktering av skogsavfall är under utveckling. Potentialen att minska utsläpp av växthusgaser jämfört med fossila bränslen är god för förgasning av träråvara, över 90 procent, men energieffektiviteten är måttligt bra, cirka 50 procent för syntetisk diesel och cirka 60 procent för DME och biogas (EC Joint Research Centre, 2007). Detta innebär att det är betydligt effektivare ur klimatsynpunkt att ersätta kol i kraftverk och industrier med träråvara än att göra fordonsbränsle av det.

Kostnaden uppskattas vara för höga för att någon större produktion av syntetisk diesel ska komma till stånd fram till år 2020 (Vägverket, 2009). I Göteborg beräknas man starta produktion av metan genom förgasning av träråvara år 2013. Detta är dock tekniskt enklare och billigare. År 2020 förväntas den anläggningen producera 1 TWh biogas, men det är oklart hur stor del som kommer att gå till transportsektorn.

4.2.5 Förgasning av svartlut

Istället för att använda skogsavfall kan man utgå ifrån svartlut. Svartlut är en biprodukt i massaindustrier som idag används internt för värmeproduktion. Om man avlägsnar svartluten från massafabriken behöver den ersättas med något annat bränsle, till exempel skogsavfall. Att förgasa svartlut istället för skogsavfall är tekniskt enklare eftersom svartlut är en mer homogen produkt och dessutom blir energiverkningsgraden och klimatvinsten större. Utsläpp av växthusgaser reduceras med cirka 95 procent jämfört med fossil diesel (EC Joint Research Centre, 2007). En pilotanläggning för framställning av DME från svartlut från massaindustri finns i dag i drift i Piteå. Produktionen används av Volvo för en testflotta på tio lastbilar. En större anläggning planeras i Örnsköldsvik. Produktion av DME ger en högre verkningsgrad och lägre kostnader än produktion av syntetisk diesel, men DME kräver å andra sidan speciella fordon. En nyckelfråga är då hur en synkroniserad utbyggnad av produktionskapacitet och DME-fordon skulle kunna åstadkommas. En utjämnande faktor skulle kunna vara om DME tillfälligt kan ersätta metanol och/eller gasol i industrin under tiden som DME-fordon introduceras (Olle Hådel, muntlig kommunikation). En större användning av svartlut för drivmedelsproduktion skulle kräva avsevärda ombyggnader i massafabriker för att kunna använda annat bränsle än svartlut och ekonomin i detta är osäker. Alternativt kan man nöja sig med att anpassa nya fabriker, men eftersom livslängden är 30-40 år så skulle det ge en mycket långsam utveckling. Svartlut kan också komma att efterfrågas av kemiindustrin som ersättning för fossil råvara. Kostnaden för att producera till exempel DME från svartlut blir lägre än att producera diesel genom förgasning av träråvara, och produktionen förväntas bli lönsam, även med energiskatt (Vägverket, 2009). Det är dock oklart hur stora kostnader för ombyggnad av massabruk som är inräknade i dessa kalkyler.

4.2.6 HVO

Hydrotreated Vegetable Oils (HVO) är en metod att tillverka biodrivmedel från tallolja som utvinns ur svartluten. Preem producerar idag nära 1 TWh syntetisk diesel på detta sätt, för inblandning i vanlig diesel (Vägverket, 2009). Preems produktionsanläggningar har i dag en kapacitet på 1,6 TWh, men den möjliga inblandningen under den kalla årstiden begränsar praktisk möjlig

volym (Sören Eriksson, Preem, muntlig kommunikation). Man konkurrerar också om råvaran med den kemiska industrin som tillverkar bland annat lim och alkydfärger. Redan i dag använder Preem cirka 1/3 av tillgänglig råtallolja i Sverige (Sören Eriksson, Preem, muntlig kommunikation). HVO går att producera även från andra råvaror, till exempel rapsolja, solrosolja eller animalisk fetter, men tillgången på dessa för energiändamål är också starkt begränsad. Kostnaderna för HVO förefaller vara lägre än för förgasningstekniken, mycket beroende på att man startar från halvfärdiga molekylkedjor till skillnad från förgasningstekniken (Vägverket, 2009). Dagens undantag från både energiskatt och koldioxidskatt kan ändå bara nått och jämnt täcka merkostnaden i förhållande till fossil diesel (Sören Eriksson, Preem, muntlig kommunikation). Här uppskattas produktionen vara mellan 1 och 1,6 TWh år 2020. HVO uppges enligt Preem själva (2012) minska utsläppen av koldioxid med 85-90 procent jämfört med fossil diesel.

4.3 Potential att minska utsläpp av koldioxid till år 2020 och år 2030

I tabell 4.2 visas den sammantagna mängden biodrivmedel i vägtransportsektorn år 2020 i två olika scenarier, med antagande om hög respektive låg nivå för användning av biodrivmedel. I scenariot med antagandet om en låg nivå ökar biodrivmedel bara marginellt från dagens nivå. Detta skulle kunna bli följderna om efterfrågan på biodrivmedel ökar kraftigt inte minst i Europa, med stigande priser som följd, samtidigt som kommersialiseringen av andra generationens drivmedel går långsamt. Även det lägre scenariot uppnår EU:s krav på 10 procent biodrivmedel år 2020, främst genom att andelen drivmedel som får räknas upp med en faktor två ökar, det vill säga biogas andra generationens biodrivmedel. Energianvändningen för personbilar år 2020 uppskattas kunna bli cirka 43 TWh utifrån analysen i avsnitt 2 och 3, givet att personbilsresandet ökar med 12 procent mellan åren 2006 och 2020 i linje med antagandena i den nationella infrastrukturplaneringen 2010-2021.¹² Under förutsättning att personbilar använder 60 procent av biodrivmedlen blir andelen biodrivmedel då 7 respektive 14 procent i de två scenarierna.¹³ Med antagande om att biodrivmedel som ersätter fossila bränslen minskar utsläppen av koldioxid ur ett livscykelperspektiv enligt texten ovan (i genomsnitt med cirka 84 procent), så blir utsläppsminskningarna 6 procent respektive 12 procent. I dessa uppskattningar har hänsyn inte tagits till negativa effekter som kan uppstå vid förändrad markanvändning. Studier gjorda i

¹² Denna ökningstakt förutsätter dock att EET-styrmedlen skulle ha implementerats, vilket bara i mindre utsträckning blivit fallet.

¹³ Här antas samma andel biodrivmedel för personbilar som för resten av vägtransporterna år 2020.

USA och Brasilien har visat att när naturmark tas i bruk för odling så kan betydande mängder koldioxid som funnits bunden i marken initialt frigöras (Searchinger et al, 2008; Fargione et al 2008). För skogsavfall måste man också ta hänsyn till att grenar, toppar och stubbar skulle utgöra en kolsänka (det vill säga binda koldioxid) om de låg kvar i skogen. Detta minskar klimatnyttan, speciellt för stubbar som kan stå kvar under lång tid (Holmgren et al, 2007). Detta är inte heller inräknat i kalkylerna här. Sammantaget kan således minskningspotentialen på 6-12 procent ur ett livscykelperspektiv vara något optimistisk.

Tabell 4.2: Uppskattning av en låg och en hög nivå för användning av biodrivmedel år 2020. År 2010 uppgick biodrivmedelsanvändningen till 4,99 TWh (Statens energimyndighet, 2011a).

	Lågt	Högt
	(TWh)	(TWh)
Etanol	1,4	2,0
Biogas	1,2	3,0
FAME via raps	0,5	1,5
DME från svartlut	1	2,0
Dieselsättning via HVO	1,0	1,6
Totalt:	5,1	10,1

Potentialen för användning av biodrivmedel till år 2030 är mycket svår att förutsäga. Å ena sidan är det möjligt att flera storskaliga anläggningar som kan producera biodrivmedel från träråvara/svartlut är i drift i Sverige. Å andra sidan kommer konkurrensen om biomassan att hårdna. Kraft- och värmesektorn, industrin, flyget och sjöfarten kommer alla att efterfråga betydande mängder bioenergi. Även den kemiska industrin kommer sannolikt att vilja ersätta olja med bioråvara.

5 Potential för minskade koldioxidutsläpp år 2020 jämfört med antagandena i den nationella infrastrukturplaneringen för perioden 2010 – 2021

I den nationella infrastrukturplaneringen för perioden 2010-2021 antas att koldioxidutsläppen minskar med 34 procent för personbilar mellan åren 2006 och 2020, i ett scenario med styrmedel enligt EET-strategin (Banverket et al, 2009). I detta avsnitt jämförs denna minskning med den bedömning som görs i denna rapport baserat på skriftliga källor och expertintervjuer. Den effektivisering av fordonsflottan som antas i den nationella infrastrukturplaneringen (WSP, 2008), 26 procent lägre bränsleförbrukning per fordonskilometer år 2020 jämfört med år 2006, bedöms vara realistisk. I enlighet med resonemanget i avsnitt 2 behöver man dock även ta hänsyn till att koldioxidutsläpp i verklig trafik är betydligt högre än de som anges i den officiella körcykeln och att dessa koldioxidutsläpp inte kommer att minska i samma takt som koldioxidutsläppen enligt körcykeln, om de ens minskar alls. Här antas att koldioxidutsläpp per fordonskilometer i verklig trafik minskar med 17 respektive 21 procent i två scenarier med låg respektive hög minskning av koldioxidutsläpp. Potentialen för minskade koldioxidutsläpp genom en elbilsintroduktion behandlades i avsnitt 2. Avsnittets slutsats är att elbilar år 2020 kan minska vägtransporternas utsläpp av koldioxid med 0-1 procent (vid 160 g CO₂/kWh). Om dessa bedömningar kombineras med uppskattningarna av potential för biodrivmedel (enligt tabell 4.2), så erhålls drivmedelsanvändning för personbilar enligt tabell 5.1 (personbilar antas använda 60 procent av för vägtransporter tillgängligt biobränsle i tabell 4.2):

Tabell 5.1: Användning av drivmedel i ett scenario med låg effektivisering och ett scenario med hög effektivisering.

Drivmedel	2006	2020 Alt. Låg effektivisering	2020 Alt Hög effektivisering
	(TWh)	(TWh)	(TWh)
Fossilt	46,4	41,5	35,9
Förnybart	1,6	3,1	6,1
Totalt	48	44,6	42,0

Med ett antagande att biodrivmedel som ersätter fossila bränslen minskar koldioxidutsläppen ur ett livscykelperspektiv (se avsnitt 4), så innebär detta att koldioxidutsläppen till år 2020 bedöms minska med mellan 10 och 21 procent. Detta kan jämföras med den nationella infrastrukturplaneringen där det antas en 34 procent minskning under samma period (Banverket et al, 2009). Både i den nationella infrastrukturplaneringen och i de beräkningar som gjorts i detta avsnitt har det antagits att personbilsresandet kommer öka med 12 procent mellan år 2006 och år 2020 i enlighet med ett scenario där EET-styrmedel införs (Banverket et al, 2009). EET-styrmedel har emellertid bara implementerats till en mindre del. Utan några EET-styrmedel alls skulle personbilsresandet istället öka med 24 procent mellan 2006 och 2020, och om denna trafikutveckling istället kombineras med resultaten i föreliggande rapport erhålls en minskning av koldioxidutsläppen med mellan 0 och 13 procent.

6 Slutsatser och diskussion

Fram till år 2020 kommer effektivisering av konventionella fordon att ge störst klimatvinst. För att därefter nå lägre utsläppsnivå än 95 g CO₂/km kommer det att krävas betydligt dyrare lösningar i form av hybrider och laddhybrider, samt i viss mån renodlade elbilar. En nyckelfråga är hur mycket EU vågar sänka utsläppsnivån för nya personbilar om det innebär att färre hushåll kommer ha råd med egen bil. Värt att notera är att gapet mellan verkliga koldioxidutsläpp och utsläpp enligt den officiella körcykeln (NEDC) tenderar att öka när fordonen blir allt effektivare, beroende på att energibehovet för komfort (värme, kyla, musik, ljus etcetera) ökar.

Utifrån en genomgång av litteratur och intervjuer är bedömningen att potentialen för elbilar år 2020 av många aktörer är kraftigt överskattad. Den absoluta merparten av de expertbedömningar vi gått igenom, samt egna beräkningar, tyder på att elbilars andel av nybilsförsäljningen år 2020 sannolikt kommer ligga i intervallet mellan 5 och 10 procent. Detta kan exempelvis jämföras med prognosen i den nationella infrastrukturplanen på en 45 procentig andel av nybilsförsäljningen (WSP, 2010). Med antagande att andelen elbilar i nybilsförsäljningen år 2020 uppgår till 5-10 procent kommer elbilar då sammantaget att minska personbilsflottans koldioxidutsläpp med mindre än 1 procent i ett livscykelperspektiv. Framemot år 2030 finns det dock möjlighet till en relativt kraftig ökning av elbilar i bilflottan. Enligt en scenariostudie (Kämpman et al, 2011) med scenarier med medium respektive snabb tillväxt skulle andelen elbilar i bilflottan kunna uppgå till mellan 18 och 33 procent år 2030. Om koldioxidutsläpp från elproduktionen år 2030 kommit ner till mellan 38 och 100 g CO₂/kWh så skulle dessa elbilsandelar innebära 8-17 procents minskning av koldioxidutsläppen, jämfört med ett scenario helt utan elbilar.

Biodrivmedel kan enligt bedömningen i denna studie minska koldioxidutsläppen från personbilstrafiken med mellan 6 och 12 procent ur ett livscykelperspektiv där utsläpp vid bränsleproduktion ingår. I den nationella infrastrukturplaneringen 2010-2021 förefaller man ha antagit mer än 20 procents reduktion genom användning av biodrivmedel för personbilar (WSP, 2008; WSP, 2010). Det är dock svårt att urskilja exakt vad som antagits i den nationella infrastrukturplaneringen 2010-2021.

Hur stor roll biodrivmedel kan komma att spela år 2030 är mycket svårt att bedöma. Å ena sidan finns det möjlighet att flera storskaliga anläggningar som kan producera biodrivmedel från träråvara/svartlut är i drift i Sverige. Å andra sidan kommer konkurrensen om biomassan att hårdna. Kraft- och värmesektorn, industrin, flyget och sjöfarten kommer sannolikt alla att efterfråga betydande mängder biodrivmedel. Om det fortfarande finns kol att ersätta år 2030 kommer det ge en betydligt större klimatnytta att använda biomassa där istället för att göra drivmedel till transportsektorn. Även den kemiska industrin kommer sannolikt att vilja ersätta olja med bioråvara.

En osäker faktor är hur markanvändningen kommer att förändras framöver. En ökad konkurrens om mark, delvis driven av ökad efterfrågan på biodrivmedel, kan öka uppodlingen av naturmark vilket leder till ökad koldioxidavgång från marken. Detta minskar då klimatnyttan av biodrivmedel. En annan osäker faktor är hur en kraftigt ökad efterfrågan på batterimetaller kan komma att påverka priset och därmed kostnaden för batterier. I denna fråga finns olika ståndpunkter.

7 Referenser

- Althaus, H.J., Gauch, M., 2010. Vergleichende ökobilanz individueller Mobilität: Elektromobilität versus konventionelle Mobilität mit Bio- und fossilen Treibstoffen. Life Cycle Assessment and modelling Group. EMPA.
- Banverket, Vägverket, Transportstyrelsen och Sjöfartsverket (2009). Samlad beskrivning – Effekter Nationell plan. Publikation 2009:101.
- Boston Consulting Group, 2009. The Comeback of the Electric car? – How Real, How Soon, and What Must Happen Next.
- Burgdorf, Klaas, Volvo Car Corporation, 2011. Challenges and opportunities for the transition to highly energy-efficient passenger cars. SAE International 2011-37-0013.
- Börjesson, P., 2009. Good or bad bioethanol from a greenhouse gas perspective – What determines this?. Applied energy 86 (2009) 589-594.
- Charpentier, A.D., Bergerson, J.A., MacLean, H.L., 2009. Understanding the Canadian oil sands industry's greenhouse gas emissions. Environ. Res. Lett. 4 (2009) 014005 (11pp). Doi:10.1088/1748-9326/4/1/014005.
- Deutsche Bank, 2009. Electric cars: Plugged in 2.
- Deloitte, 2011. Unplugged: Electric vehicle realities versus consumer expectation.
- Duleep, G., van Essen, H., Kampman, B., Grunig, M., 2011. Impacts of Electric Vehicles – Deliverable 2. Assessment of electric vehicle and battery technology. CE Delft, April 2011.
- EC Joint Research Centre, Concawe och EUCAR, 2007. Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Well-to-wheels report. Version 2c, March 2007.
- EC, Directive 2009/28/EC
- EC, Directive 2009/30/EC
- Elforsk, 2008. Plug-in hybrider – Elhybridfordon för framtiden. Sten Bergman. Elforsk rapport 08:10.

- van Essen, H., Kampman, B., 2011. Impacts of Electric Vehicles – Summary report. CE Delft, April 2011.
- Fargione et al 2008. Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. www.sciencexpress.org / 7 February 2008 / Page 1 / 10.1126/science.1152747
- Greene, D., 2010. Why the Market for New Passenger Cars Generally Undervalues Fuel Economy. Joint Transport Research Centre Round Table 18-19 February 2010. OECD/- International Transport Forum, Paris.
- Henry Chen, Y.-H., Reilly, J.M., Paltsev, S., 2011. The Prospects for Coal-to-Liquid Conversion: A General Equilibrium Analysis. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Report No. 197.
- Holmgren et al, 2007. Biofuels and climate neutrality – system analysis of production and utilisation. *Elforsk Rapport* 07:35.
- Houssain, M.M., Dincer, I., Li, X., 2007. A preliminary life cycle assessment of PEM fuel cell powered automobiles. *Applied Thermal Engineering* 27 (2007) 2294-2299.
- IEA, 2009. World energy outlook. International energy agency.
- J.D. Power and Associates, 2010. Drive Green 2020: More Hope than Reality? A Special Report by J.D. Power and Associates. November 2010.
- Kampman, B., van Essen, H., Braat, W., Grunig, M., Kantamaneni, R., Gabel, E., 2011. Impacts of electric vehicles – Deliverable 5. Impact analysis for market uptake scenarios and policy implications. CE Delft, April 2011.
- Patterson, J., Alexander, M., Gurr, A., 2011. Preparing for a Life Cycle CO₂ measure. RICARDO.
- Preem, 2012. http://evolution.preem.se/assets/upload/documents/Preem_tabell_Evo_1105_se.pdf (12-02-14)
- Samaras, C., Meisterling, K. (2008), Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from plug-in hybrid vehicles: Implications for policy. *Environ. Sci. Technol.*, 2008, 42 (9), 3170-3176.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T.-H., 2008. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land Use Change. www.sciencexpress.org / 7 February 2008 / Page 1 / 10.1126/science.1151861
- Sköldberg, H., Unger, T., 2008. Effekter av förändrad elanvändning/ elproduktion – Modellberäkningar. *Elforsk rapport* 08:30.
- Statens energimyndighet, 2006. Miljövärdering av el: Marginal el och medel el.

- Statens energimyndighet, 2008. Koldioxidvärdering av energianvändning – Vad kan du göra för klimatet?. Underlagsrapport.
- Statens energimyndighet, 2009. Kunskapsunderlag angående marknaden för elfordon och laddhybrider (KAMEL). ER 2009:20.
- Statens energimyndighet, 2010. Förslag till en sektorsövergripandeövergripande biogasstrategi – Slutrapport. ER 2010:23.
- Statens energimyndighet, 2011a. Transportsektorns energianvändning 2010. ES 2011:05
- Statens energimyndighet, 2011b. Analys av marknaden för etanol och biodiesel. ER 2011:13.
- WSP, 2008. Bilparksprognos i åtgärdsplaneringen. Rapport 200825.
- WSP, 2010. Dokumentation av beräkningar av koldioxidutsläpp för olika scenario i åtgärdsplaneringen. PM 2010-12-30.
- Vägverket, 2009. Vad krävs för att uppnå tio procentandelar förnybar energi i vägtransportsystemet år 2020? Olle Hådem. Publikation 2009:48.
- Zamel, N., Li, X., 2006. Life cycle analysis of vehicles powered by a fuel cell and by internal combustion engine for Canada. Journal of Power Sources 155 (2006) 297-310.
- Åkerman, J., Isaksson, K., Johansson, J., Hedberg, L., 2007. Tvågradersmålet i sikte? - Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050. Naturvårdsverket rapport 5754.
- Åkerman, J., Åhman, M., 2008. Förnybara drivmedels roll för att minska transportsektorns klimatpåverkan. Rapporter från riksdagen 2007/08: RFR 14.

8 Personlig kommunikation

Eriksson, Sören, Preem. Telefonsamtal 2012-01-22.

Dahlström, Bengt, Toyota. Intervju 2011-10-24.

Edh, Axel, Volvo PV. Telefonintervju 2011-11-01.

Hådell, Olle, Trafikverket. Intervju 2011-10-17.

Johansson, Håkan, Trafikverket. Telefonsamtal 2011-12-12.

Klintbom, Patrik, Volvo LV. Telefonintervju 2011-11-02.

Lindbergh, Göran, Professor i Batteriteknik, KTH. Intervju 2011-10-28.

Ocklind, Anders, Cellkraft AB. Intervju