

Drivmedel för personbilar ur miljö- och konsumentperspektiv

Axel Hällfors

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	7583
Författare:	Axel Hällfors
Arbetets namn:	Drivmedel för personbilar ur miljö- och konsumentperspektiv
Handledare (Arcada):	Mariann Holmberg
Uppdragsgivare:	Arcada, Institutionen för Energi- och Materialteknologi
<p>Abstrakt:</p> <p>Detta examensarbete behandlar olika drivmedel, d.v.s. bränslen, som finns att tillgå i dagens personbilar. Bränslena är indelade i bränsleklasserna: fossila, el och alternativa bränslen. Fossila bränslen, bensin och diesel, har funnits i över 100 år i personbilar och har alltid varit en majoritet av bränslen som används. Problemet med dessa bränslen är växthusgaser som finns i avgaserna som uppstår vid användning av dem, vilket bidrar till klimatuppvärmningen. Därför måste andelen fossila bränslen som används i personbilar globalt minskas. Det är här som el och alternativa bränslen som använder förnybara energikällor kunde komma till användning, eftersom de i praktiken kan minska på bilsektorns klimatavtryck. Men tekniska och ekonomiska faktorer som t.ex. räckvidd och inköpspris för elbilar försvårar genombrott för dessa bränslen. Dessutom finns infrastrukturella komplikationer som t.ex. antalet allmänna laddningspunkter och biobränslestationer. Bränsleklasserna presenteras i skilda kapitel, men jämförs i ett kapitel. Där jämför jag de olika bränslena i en och samma bilmodell för att presentera skillnader som: inköpspris, bränslekostnader samt koldioxidutsläpp. Slutligen presenteras vilka åtgärder Finland och EU har vidtagit för att minska på växthusgaserna från bilar. Dessa är miljömål och utsläppskrav som ställs på bilindustrin nu och i framtiden.</p>	
Nyckelord:	Förbränningsmotor, batterier, biobränslen, bränslecell, förnybar energi, koldioxidutsläpp
Sidantal:	47 + 19
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	29.5.2020

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energy and Environmental Engineering
Identification number:	7583
Author:	Axel Hällfors
Title:	Fuels in cars from an environmental and consumer perspective
Supervisor (Arcada):	Mariann Holmberg
Commissioned by:	Arcada, Department of Energy and Materials Technology
<p>Abstract:</p> <p>This thesis is about fuels used in cars today. The fuels are divided into the following fuel groups: fossil, electric and alternative fuels. Fossil fuels, petrol and diesel, have been around for over 100 years and have always been the majority of fuels used in cars. The problems with these fuels are the greenhouse gases in the exhaust gases from when we use them, which contributes to the global warming. This is the reason why the amount of fossil fuels in cars used globally must be reduced. This is where electric and alternative fuels that use renewable energy could come in handy, because they have the potential to reduce car industry emissions. But technological and economic factors like electric cars' purchase price and range are halting the expansion of these fuels. There are also infrastructural drawbacks like for example the amount of public electric chargers and biofuel stations. The fuel groups are presented under different headings but are compared in a comparison heading. Here the fuels are compared to each other in the same car to present differences like purchase price, fuel price and carbon dioxide emissions. Ultimately the measurements that Finland and EU are making to prevent the amount of greenhouse gases in cars are presented. These are environmental goals and emission requirements in present day and in the future.</p>	
Keywords:	Internal combustion engine, batteries, biofuels, fuel cell, renewable energy, carbon dioxide emissions
Number of pages:	47 + 19
Language:	Swedish
Date of acceptance:	29.5.2020

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte och struktur.....	8
1.3	Frågeställningar.....	9
1.4	Avgränsningar	9
2	Personbilar i Finland	10
3	Fossila bränslen	11
3.1	Råolja	12
3.2	Fossila bränslens miljöpåverkan	12
3.3	Förbränningsmotor	13
3.4	Bensin.....	16
3.5	Diesel.....	17
3.6	Hybridbilar	18
3.7	Oljans rykte.....	20
3.8	Framtiden för förbränningsmotorer.....	21
4	Elbilar	23
4.1	Finlands elproduktion	25
4.2	Elmotor	26
4.3	Batterier.....	28
4.4	Laddning och laddningspunkter	30
4.5	Elbilens miljöpåverkan.....	32
4.6	Framtiden för elbilar.....	35
4.6.1	<i>Konduktiv laddning</i>	36
4.6.2	<i>Induktiv laddning</i>	36
5	Alternativa bränslen	37
5.1	Biobränslen.....	37
5.1.1	<i>Biogas</i>	38
5.1.2	<i>Etanol</i>	39
5.1.3	<i>Biodiesel</i>	40
5.1.4	<i>Framtiden för biobränslen</i>	42
5.2	Bränsleceller.....	42
5.2.1	<i>Problematiken med bränslecells-bilar</i>	43

6	Jämförelse	45
7	Miljömål och utsläppskrav	48
7.1	EU.....	49
7.2	Finland.....	50
8	Diskussion	50
9	Sammandrag	52
	Källor	54
	Bilagor	61

Figurer

Figur 1.	Nyregistrerade bilars bränslen i Finland (2019)	11
Figur 2.	Mild hybrid (förbränningsmotor).....	14
Figur 3.	Fyrtaktsmotorns fyra steg (bensin)	15
Figur 4.	Laddhybridbilens funktion.....	20
Figur 5.	Finlands elproduktion år 2015	25
Figur 6.	Elmotor	27
Figur 7.	Elbilens funktion.....	28
Figur 8.	Litium-jon batterier prisutveckling 2010-2018 (i amerikanska dollar)	30
Figur 9.	Snabbladdningstider för olika elbilar.....	32
Figur 10.	Koldioxidutsläpp per livscykel för olika bränslen (2014)	34
Figur 11.	Bränslecellbilens funktion	43

Tabeller

Tabell 1.	Antalet nyregistrerade personbilar i Finland år 2015-2019.....	10
Tabell 2.	Nyregistrerade personbilars bränslen i Finland år 2015-2019 (3).....	10
Tabell 3.	Antalet elbilar globalt år 2013-2017	24
Tabell 4.	(Bilaga 6-7).....	46
Tabell 5.	(Bilaga 8).....	46

Tabell 6.	47
Tabell 7. Euro 1-6 utsläppskrav.....	50

FÖRORD

Jag vill tacka min examenshandledare Mariann Holmberg som inspirerade mig med sin iver och entusiasm att skriva ett längre examensarbete än vad jag ursprungligen hade tänkt.

1 INTRODUKTION

Bilen är en av de viktigaste uppfinningarna genom tiderna. Bilar möjliggör att vi kan utföra vardagliga ärenden som jobb- och butiks färder smidigt. Vi har lärt oss att leva med bilar som ett bekvämt transportmedel där vi själva kan bestämma vart vi vill åka, istället för kollektiv trafik som har bestämda rutter att följa. Problemet med dagens personbilar är att majoriteten producerar förorenande avgaser vid användning. Dessa avgaser som uppstår huvudsakligen från när vi använder fossila bränslen, bidrar till lokala skador samt globala eftersom de bidrar till klimatuppvärmningen. Förutom användning är även framställning av olika bränslen ett miljöproblem, vilket många inte känner till. Därför måste lösningar finnas för att vi kan fortsätta använda bilar på ett sätt som är hållbart för klimatet och framtiden.

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till valet av detta ämne är två orsaker:

Den första orsaken är ett personligt intresse för bilar. Jag har varit intresserad av bilar ända sedan jag var liten så valet av detta ämne var enkelt. Mitt intresse för detta arbete är hur de olika bränslena används idag samt hur framtida teknologier förbättrar dem. Detta reflekteras i arbetet i form av praktiska och ekonomiska faktorer för bilägare.

Den andra orsaken är min oro över klimatförändringen. Den globala uppvärmningen är något vi alla människor på jordklotet borde vara oroliga över. Jag minns när jag i lågstadiet hörde om den globala uppvärmningen och hur rädd jag blev. En rädsla som finns inom mig än idag med tanke på de katastrofala konsekvenser som uppstår exempelvis högre havsnivåer, ökenspridning, olika arters utrotning och så vidare. På grund av dessa orsaker valde jag att studera Energi- och miljöteknik, vilket har inspirerat detta slutarbete. Detta syns i det här arbetet i form av miljöfaktorer för de olika bränslena samt framtida utsläppsmål.

1.2 Syfte och struktur

Syftet med detta arbete är att presentera olika bränslen som finns tillgängliga i Finland och jämföra dem sinsemellan vad gäller tekniska-, ekonomiska- och miljöfaktorer. Dessutom presenteras antalet bilar med olika bränslen i Finland samt vilka förändringar som sker i framtiden. Detta arbete kunde användas av någon som har avsikt att skaffa en ny bil men tvekar vilket drivmedel som lönar sig. Arbetet presenterar skillnaderna mellan de olika bränslena och hur bränslenas motorer fungerar.

Arbetet är uppbyggt efter följande struktur: Kapitel 2 behandlar statistik för nya bilar som kommer att användas längs med hela arbetet. Kapitel 3-5 är arbetets huvudkapitel som behandlar de olika bränsleklasserna: fossila, el och alternativa bränslen. Strukturen för dessa kapitel är följande:

- Antal bilar i Finland, presenterar hur många bilar som finns och som sålts de senaste åren (2019) samt funderingar på hur framtida försäljningssiffror ser ut.
- Allmän information, behandlar hur bränslet framställs, vilken typ av motor, bränslets egenskaper och dess energieffektivitet.
- Miljöpåverkan, analysera och presentera utsläpp av växthusgaser, där koldioxid är huvudfokuset, för de olika bränslen.
- Framtid och teknologi, fundera på hur framtida innovationer kunde förbättra bl.a. bränsleförbrukning och utsläpp.

Kapitel 6 presenterar en jämförelse av olika bränslen i en och samma bilmodell. Syftet här är att med ett konkret exempel presentera bränslenas skillnader i bl.a. bränsleförbrukning, pris och koldioxidutsläpp. Kapitel 7 behandlar vilka miljömål och utsläppskrav som satts upp på EU och finsk nivå. Slutligen sammanfattas och diskuteras arbetet i kapitel 8 och 9.

1.3 Frågeställningar

Frågeställningar för arbetet har bestämts både före och under själva skrivandet. Frågeställningarna är följande:

- Hurudant klimatavtryck har de olika bränslen?
- Varför har dieslbilar så dåligt rykte?
- Har elbilar verkligen inga utsläpp av skadliga gaser?
- Klarar Finlands elnätverket om antalet elbilar stiger?
- Vad är biobränslen och hur kan de tillämpas i dagens samt äldre bilar?
- Varför har inte bränslecells-bilar slagit igenom med tanke på att bränslet är väte, det vanligaste grundämnet i universum?
- Vilka miljömål samt utsläppskrav har EU och Finland satt upp för framtiden samt vad göra för att uppnå dem?

1.4 Avgränsningar

Fokuset på detta arbete är personbilar, det vill säga att lastbilar och kollektiv trafik såsom bussar, flyg samt båtar avgränsas bort.

Fokuset i arbetet ligger huvudsakligen på bilars bränslen och motorer. Detta betyder att faktorer som påverkar bilens prestanda i form av t.ex. aerodynamik och storleken på bilen inte tas i beaktande.

2 PERSONBILAR I FINLAND

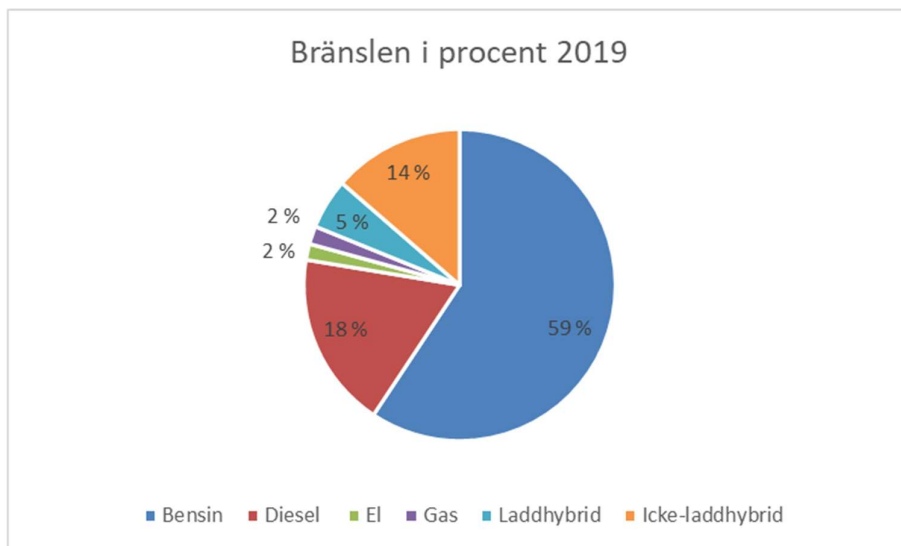
En personbil är en bil avsedd främst för (privat) persontransport där det totala antalet sittplatser är högst 8 utöver föraren (Fordonslag § 10) ^[1]. I Finland var antalet registrerade personbilar 2 720 307 år 2019 ^[2]. I tabellerna 1-2 samt Figur 1 presenteras nyregistrerade bilar antal för ett visst år samt deras bränslen i siffror och procent. Nyregistrerad bil syftar på en ny såld bil som registreras (inte begagnade bilar som hämtats från utlandet och registreras för första gången).

Tabell 1. Antalet nyregistrerade personbilar i Finland år 2015-2019

2015	108 812
2016	119 000
2017	118 587
2018	120 505
2019	114 199

Tabell 2. Nyregistrerade personbilars bränslen i Finland år 2015-2019 (3)

År	Bensin	Diesel	El	Gas	Laddhybrid	Icke-laddbarhybrid	Etanol
2015	66 248	38 797	243	158	415	2846	105
2016	73 251	39 451	223	165	1208	4679	14
2017	70 520	36 060	502	433	2553	8514	1
2018	73 065	28 710	776	1161	4932	11 855	0
2019	67 751	20 871	1897	2142	5966	15 572	0



Figur 1. Nyregistrerade bilar bränslen i Finland (2019)

3 FOSSILA BRÄNSLEN

Det här kapitlet behandlar bilar som använder fossila bränslen, i det här fallet olja som har raffinerats till bensin eller diesel. Naturgas som är ett fossilt bränsle nämns i Kapitel 5.1.1 Biogas. Bilar som använder fossila bränslen drivs av en motor som kallas förbränningsmotor, vilket innebär att bränslet förbränns inne i motorn. Den här typen av motorer har varit de vanligaste i bilar i över hundra år där grundprincipen för hur motorerna fungerar är den samma än till denna dag ^[3].

Förbränningsmotorn har varit och är den överlägset mest använda typen av motorer i bilar både i Finland och världen ^[4] ^[5]. Av nyregistrerade bilar 2019 i Finland så var det endast ca 2% (elbilar) som inte använder någon form av förbränningsmotor (Figur 1). Orsaken varför dessa är de vanligaste motorerna är för att de har hög hållbarhet samt för att infrastrukturen, bl.a. bränslenätverket, har hunnits utvecklas under en längre tid ^[5]. Detta gör att priset är relativt lågt för dessa motorer.

3.1 Råolja

Råolja är en fossil energikälla som finns lagrad i jordskorpan. För att nå råolja måste man borra fram till den, vilket är problematiskt eftersom den kan finnas på problematiska ställen som t.ex. på havsbotten. Detta leder till stora investeringskostnader. De största kända oljereseverna finns bl.a på arabiska halvön och i Ryssland. Efter att råoljan tagits fram transporteras den för raffinering ^[6].

Råoljan innehåller en blandning av kol och väte, så kallade kolväten, vilka innehåller en stor mängd lagrad energi. För att framställa bensin, diesel och andra produkter måste råoljan raffinerats vilket innebär att den hettas upp och de olika produkterna separeras. Lättare kolväten (bensin) stiger medan tyngre kolväten (diesel) stannar på botten under raffineringsprocessen ^[7].

3.2 Fossila bränslens miljöpåverkan

Orsaken varför vi inte kan fortsätta använda förbränningsmotorer i personbilar, åtminstone inte med fossila bränslen, är för att de producerar avgaser som har förorenande gaser och partiklar när man kör med dem. Dessa gaser kallas för växthusgaser, där koldioxid (CO_2) är den gas som tas mest i beaktande eftersom den står för 80% av alla växthusgaser ^[10]. Andra växthusgaser som uppstår från förbränningsmotorer är: kväveoxider (NO_x), metan (CH_4) och ozon (O_3). Med hjälp av skatter försöker man minska på användandet av dessa typer av bilar samt pressa på bilindustrin att göra dem så bränsle- och utsläppsnåla som möjligt med hjälp av olika utsläppskrav för att uppnå mindre utsläpp. Genom att använda katalysatorer och partikelfilter i avgasrör fångar man upp den största delen av de skadliga gaserna och partiklarna som bildas i motorn innan avgaserna förs ut i atmosfären via ett avgasrör ^[8].

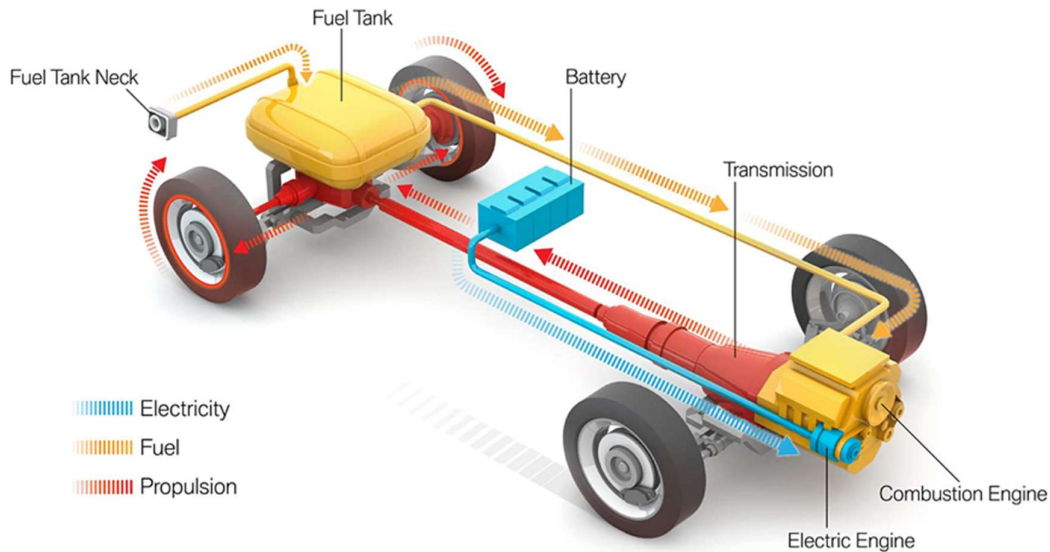
I Finland baseras bil- och fordonsskatten på CO₂ utsläppen som uppstår från användningen av bilen, detta betyder att ju högre CO₂ som släpps ut per kilometer leder till högre fordonsskatt ^[8]. Exempel på utsläppsnivåer och skatter mellan bränslen tas upp i Kapitel 6 Jämförelse.

3.3 Förbränningsmotor

Förbränningsmotorn utvecklades i mitten av 1800-talet där den snabbt slog igenom eftersom den var säkrare och mindre komplicerad än ångmotorn, dåtidens mest populära motor. Genombrottet för förbränningsmotorn kom år 1876 då Nikolaus Otto och Eugen Langen presenterade en fyrtaktsmotor som kallas för ”ottomotor”. Denna typ av motor är fortfarande den vanligaste förbränningsmotorn som nästan uteslutande används i bilar än idag ^[3].

En förbränningsmotor fungerar genom att ett bränsle, i det här fallet bensin eller diesel, blandas med luft och genom tändning (tändstift eller hög värme) börjar bränslet att brinna inuti i ett slutet kärl, en cylinder. När bränslet brinner omvandlas det till en gas som har hög värme och högt tryck, vilket trycker ner en kolv inuti cylindern som för rörelseenergi till en vevaxel. Vevaxeln för rörelsen vidare till en växellåda som är kopplad till hjulen (via en drivaxel) vilket får hjulen att röra på sig ^{[3][9]}.

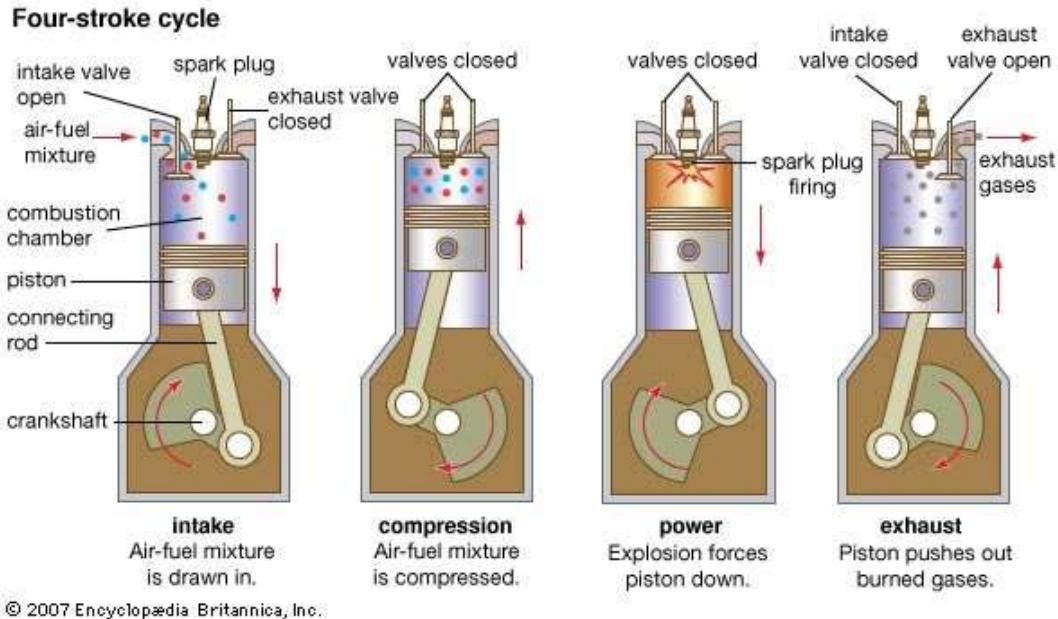
I Figur 2 presenteras visserligen en mild hybridbil men om man ignorerar elmotorn och batteriet får man en bild av hur förbränningsmotor fungerar i en bil.



Figur 2. Mild hybrid (förbränningsmotor)

Bensin och diesel har ett bränslenätverk över hela landet i form av bränslestationer. Bränslet tankas in i fordonets bränsletank som sedan förs till motorn. Förbränningsmotorns storlek och effekt bestäms efter funktionen av volymen förbränt bränsle och luft, det vill säga ju mera bränsle och luft desto mera effekt. Dessutom påverkar cylinderns storlek, antalet cylindrar och motorvarvtalet (vevaxelns rotationer per minut) effekten på motorn ^[11]. Effekten anges, som på alla bilar, officiellt i kilowatt (kW) medan kraftenheten hästkraft används oftast i vardagligt tal och i USA. Storleken på en förbränningsmotor anges av den totala cylindervolymen som oftast anges i liter.

Fyrtaktsmotorn (ottomotor) som nämndes tidigare syftar på de fyra olika steg som sker inuti en cylinder (Figur 3).



Figur 3. Fyrtaktsmotorns fyra steg (bensin)

1. Intake (intag), luft och bränsle dras in i cylindern via insugsventiler, kolven förs neråt.
2. Compression (kompression), ventilerna stängs, luften och bränslet pressas uppåt av kolven och blandas. (Kolla Kapitel 3.5 Diesel för hur steg 1 och fungerar i dieselmotorer)
3. Power (kraft), en gnista från ett tändstift (för bensinbilar) får luft-bränsleblandningen att explodera vilket för kolven igen neråt. Det är från det här steget all kraft kommer vilket driver hjulen.
4. Exhaust (avgaser), utsugsventiler öppnar och avgaser förs ut ur cylindern till ett avgasrör.

Inuti en förbränningsmotor i en personbil finns det flera stycken cylindrar där ett vanligt antal cylindrar är fyra. Cylindrarna är synkroniserade på ett sådant sätt att en cylinders ventiler, tändstift och kolv inte är på samma steg i fyrtakten samtidigt utan istället medan en cylinder är på kraft steget är en annan cylinder på intagssteget och så vidare ^[11].

Verkningsgraden för förbränningsmotorer, det vill säga förhållandet mellan tillförd energi och utvunnen energi, begränsas av termodynamikens andra huvudsats. Detta be-

tyder att 100 % verkningsgrad är omöjligt att uppnå eftersom spillvärme alltid uppstår vid förbränning. Ett vanligt värde för verkningsgrader i förbränningsmotorer är 20-50 % [12].

3.4 Bensin

Bensin är det vanligaste använda bränslet i bilar sett både på globalt och i Finland [4] [5]. I Finland var 2019 av det totala antalet nyregistrerade bilar ca 59 % renodlade bensinbilar, om man räknar med hybridbilar som har en bensinmotor stiger siffran till 77%. Detta betyder att bensinbilars andel är den största andelen av bilindustrin. Om man jämför försäljningssiffror mellan åren 2015-2019 så har bensinbilars andel av bilmarknaden i Finland inte ändrat avsevärt. Det som dock har ändrat är att hybridbilar med bensinmotor har ökat rejält, år 2015 var andelen sålda bensinhybridbilar ca 3 % medan andelen sålda bilar år 2019 var ca 18 % (Tabell 2, Figur 1). Mera om hybridbilar i Kapitel 3.6 Hybridbilar

Den första stationära bensinmotorn uppfanns 1879 av Carl Benz och 1885 presenterade Benz (1886 fick han patent) ett fordon med tre hjul som hade en bensinmotor som drivmedel, detta anses vara den första bilen driven av bensin samt en förbränningsmotor [13].

Bensinmotorernas verkningsgrad är ca 20-30% vilket är lägre än t.ex. för el och diesel. Detta betyder att ca 70-80% av energin som finns i bensinen som används i motorn går åt till värme. Den här spillvärmén går inte att utnyttja i en konventionell bensinmotor till annat än att värma kupén när det är kallt [14]. Detta är motorernas verkningsgrad, energin som förs till hjulen är ännu lägre på grund av förluster i bl.a växellåda och kraftöverföring mellan axlar.

En annan faktor som begränsar verkningsgraden i en bensinmotor är kompressionsförhållandet (bensin- och luftblandningen) eftersom ett för högt värde här kan leda till självtändning. Detta kallas för ”knackning” och är skadligt för motorn eftersom detta inte

är en kontrollerad explosion, vilket betyder att motorn går ojämnt ^[a]. (Ferguson, 2015 s. 7)

I Finland finns det två olika typer av bensin för bilar, 95 E10 och 98 E5, där 95 och 98 står för oktantalet medan exempelvis E10 betyder att 10 % av bränslets innehåll är etanol. Oktantalet anger hur bra ett bränsle tål temperatur och tryck. Ett högt värde här minskar på risken för ”knackning”. Enligt Motiva går 95 E10 att använda i ca 70 % av alla bensinbilar i Finland. 98 E5 som innehåller 5 % etanol går att använda i alla bensinbilar men är avsett för äldre bensinbilar som inte klarar av den högre etanolandelen i 95 E10 ^[15]. Orsaken varför bensinen innehåller etanol är för att minska på andelen fossila bränslen. Detta behandlas mera i Kapitel 5.1 Biobränslen.

3.5 Diesel

Diesebilens andel av nya bilar i Finland har minskat avsevärt om man jämför försäljningssiffror åren 2015-2019. 2015 var andelen nyregistrerade bilar i Finland ca 36 % renodlade dieselmotorer, andelen dieselhybridbilar förändrar inte procentandelen anmärkningsvärt. År 2019 var andelen nya renodlade dieselmotorer ca 18 % (19 % om man räknar med dieselhybrider) (Tabell 2, Figur 1). Orsakerna till att dieselmotorers försäljning har minskat behandlas i Kapitel 3.7 Oljans rykte.

Däremot så har antalet registrerade dieselmotorer ökat från ca 680 000 år 2015 till ca 760 000 år 2019 medan bensinbilar totala antal har hållits ungefär samma (runt 1,9 miljoner). Detta kan tyda på att hållbarheten samt andrahandsvärdet på dieselmotorer är generellt sett högre än för bensinbilar ^[4].

År 1892 introducerade Rudolf Diesel den första dieselmotorn. Dieselmotorn fungerar på samma grundprincip som bensinmotorn, det vill säga vanligen en fyrtaktsmotor. Istället för att bränsle och luft förs in i cylindern på intagssteget förs bara luft in i cylindern. Dieseln sprutas in i cylindern vid kompressionssteget och på grund av hög värme antänds bränslet, detta betyder att dieselmotorer inte behöver tändstift. På grund av att dieselmotorn

antänder via självantändning istället för via ett tändstift kan kompressionsförhållandet vara högre än i en bensinmotor. Detta resulterar i att verkningsgraden är generellt sett högre för dieselmotorer än för bensinmotorer (30-40 % ^[16]) ^[a]. (Ferguson, Colin R, s. 7)

Diesel har ett högre energiinnehåll (värmevärde) per volymenhet (liter) 10 kWh/l (bensin 8,9 kWh/l) (Bilaga 1). Detta leder till att dieselmotorer vanligen har en lägre bränsleförbrukning. Dessutom är det billigare att framställa diesel än bensin eftersom det finns färre oljeraffineringssteg. Detta betyder att diesel har ett billigare inköpspris ^[17].

Koldioxidutsläppen på dieselmotorer är vanligtvis lägre än bensinmotorer, men problemet med dieseln är att den producerar mera av andra växthusgaser och partiklar per liter än bensin där NO_x och svavel är de mest kritiska föroreningarna. Dessa föroreningar och partiklar är mindre skadliga för atmosfären än koldioxid men skadligare på en lokal nivå. Detta innebär att de kan vara skadliga för människor och djur. Gaserna kan förorsaka irritationer i luftvägar och slemhinnor samt sura regn vilket skadar mark och vattendrag ^[18] ^[19]. Detta har lett till att flera stora städer, bl.a Oslo och Köpenhamn, har förbjudit användningen av äldre dieselmotorer (och bensin) i vissa stadsdelar ^[20]. I Helsingfors har man än så länge bestämt strängare utsläppskrav på bussar i en så kallad miljözon som omfattar centrala Helsingfors ^[21].

I livscykelanalysen gjord av Europaparlamentet (Figur 10) så har dieselmotorer något lägre koldioxidutsläpp under hela bilens livscykel. Detta eftersom tillverkning och skrotning av bensin- och dieselmotorer anses vara likvärdiga medan bränsleproduktionen som tidigare konstaterats är mindre komplicerad vilket resulterar i mindre koldioxidutsläpp under bränsletillverkningsfasen. Däremot så är dieselmotorers koldioxidutsläpp i genomsnitt högre i den här livscykeln vid förbrukning än för bensin. Mer specifika utsläppssiffror vid användning behandlas i Kapitel 6 Jämförelse.

3.6 Hybridbilar

Ordet hybrid betyder blandning vilket en hybridbil är, flera olika bränslen används i ett fordon. Vanligtvis då man talar om hybridbilar syftar man på att en förbränningsmotor (oftast bensin eller diesel) och en eller flera elmotorer används för att driva fordonet. Hybridbilar erbjuder en kompromiss mellan fossila bränslen och el med en räckvidd som inte begränsas av laddningstider tack vare förbränningsmotorn samt tyst och avgasfri körning från elmotorn. Grundprincipen är densamma för alla elhybridbilar, motorerna i bilen arbetar gemensamt där elmotorn hjälper förbränningsmotorn att uppnå förbättrad bränsleförbrukning, effekt samt mindre utsläpp av avgaser. Det finns tre olika typerna av hybridbilar: mild-, full- och laddhybrid som kan delas in i två kategorier, vilka är följande ^[22]:

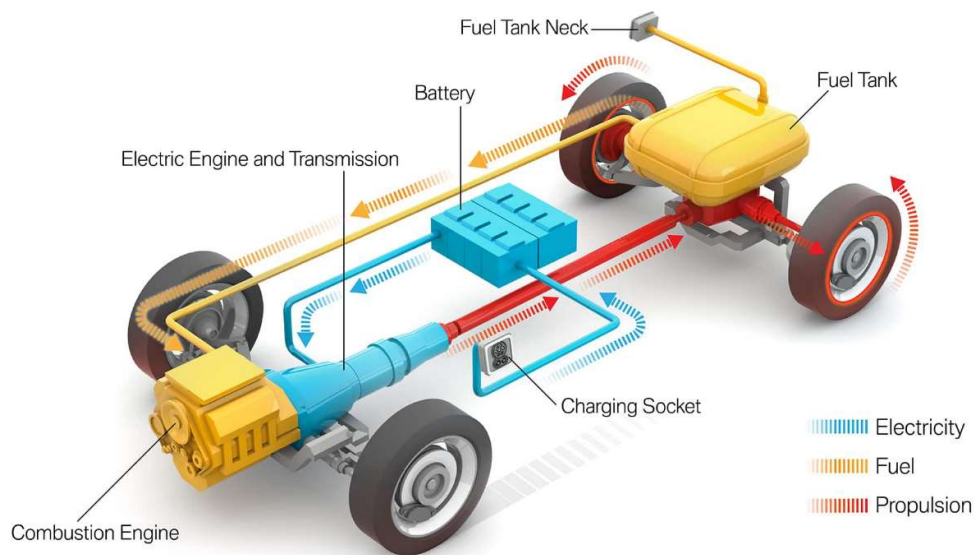
Icke-laddningsbara hybrider

Till den här kategorin hör mildhybrid, MHEV (mild hybrid electric vehicle) och fullhybrider, HEV (hybrid electric vehicle) som fungerar genom att förbränningsmotorn sköter det största arbetet. Elmotorn eller elmotorerna kan inte laddas från en extern energikälla med hjälp av en kabel utan istället laddas batterierna endast av förbränningsmotorn. Batterierna får sin laddning från kinetisk energi från inbromsningar samt spillvärme och rotation från förbränningsmotorn. Bilen kan använda båda motorerna samtidigt eller separat under färd. I en fullhybrid går det att använda endast elmotorn, men endast ett fåtal kilometer, medan i en lätthybrid går det inte att använda elmotorn utan att förbränningsmotorn är på. Figur 2 visar en översikt av hur icke-laddbar hybrid fungerar ^[22].

Laddhybrider

En laddhybrid, PHEV (plug-in hybrid vehicle), fungerar på samma sätt som en icke-laddningsbar hybrid, det vill säga ta till vara energi från förbränningsmotorn och inbromsningar. Skillnaden med laddhybrider är att de går att ladda från en extern energikälla med en laddningskabel eftersom de har ett större batteri än icke-laddningsbara hybrider, men avsevärt mindre än elbilar. Det här betyder att man kan köra, beroende på tillverkare och modell, på endast eldrift ca 30-80 kilometer. Det här möjliggör att man

kan köra på el kortare sträckor tills förbränningsmotorn tar över ^[22]. Mera om elmotorer, batterier och laddning i Kapitel 4 Elbilar. Figur 4 presenterar hur en laddhybrid fungerar.



Figur 4. Laddhybridbilens funktion

Som tidigare har nämnts så har ökningen av hybridbilar ökat avsevärt de senaste åren. Jämförelsevis var antalet nya hybridbilar år 2015 3261 medan år 2019 nyregistrerades 21 538 hybridbilar, detta är ökning på 560 % (Tabell 2). Av år 2019:s nyregistrerade hybridbilar var ca 72% icke-laddningsbara hybrider ^[23].

3.7 Oljans rykte

På grund av förbränningsmotorernas avgas- och partikelutsläpp som påverkar klimatuppvärmningen negativt vid användning av dessa bilar, har de fått ta emot kritik från allmänheten. Detta är dock ingen nyhet eftersom fossila bränslen och deras tillämpningar i bilar har länge setts som miljöfarliga på grund av avgaserna.

Den bränsletyp som fått ta emot mest kritik de senaste åren inom bilsektorn är diesel. En av orsakerna kan vara för att år 2015 avslöjades tyska biltillverkaren Volkswagen ha fuskat med mjukvaran i sina dieslbilar i den så kallade "dieseldate" skandalen. I skandalen kom det bl.a. fram att Volkswagens dieslbilar registrerade när de blev testade för utsläpp så att de kunde visa mindre kväveoxidhalter (NO_x) än vad de egentligen hade. Över 11 miljoner bilar globalt bevisades ha manipulerad mjukvara, vilket har lett till stora protester som har gett negativ kritik till både diesel och märket Volkswagen. Denna skandal blev mycket omtalad eftersom en av världens största biltillverkare hade fuskat med sina utsläppssiffror för att få sina bilar sålda istället för att tänka på vad för konsekvenser de högre utsläppen kan orsaka. Det har även kommit fram senare att andra biltillverkare också har fuskat med sina utsläppsvärden. I respons till detta införde EU år 2017 ett strängare sätt att mäta utsläppsnivåer, WLTP. Det nya systemet ger en bättre simulering av hur utsläppen ser ut vid riktiga körförhållanden samt svårare att ge falska värden ^[24] ^[25].

Som tidigare konstaterats så har dieslbilar mindre koldioxidutsläpp vilket även presenteras i Kapitel 6 Jämförelse. Det här betyder att dieslbilar är med tanke på den globala uppvärmningen (CO_2) något bättre än bensinbilar men är en större hälsorisk för människor på en lokal nivå (NO_x).

3.8 Framtiden för förbränningsmotorer

De flesta är eniga om att olja som bränsle måste minskas rejält eller försvinna. Däremot går det inte att snabbt övergå till ett annat bränsle eftersom hela världen är uppbyggd med ett nätverk avsett för olja på grund av årtals användning. Att byta infrastruktur till ett annat bränsle t.ex el kommer att kräva enorma summor pengar och tid ^[26]. De olika miljömål som tas upp senare i texten påpekar ändå på att fossila bränslenas andel i bilar kommer fortfarande att vara majoritet år 2030.

Oljereserverna minskar hela tiden på jorden men oljan kommer aldrig att ta helt slut eftersom priset kommer att öka hela tiden på grund av bl.a ökade skatter. Dessutom om

alla kända oljereserver används upp måste man hitta nya och borra efter dem, vilket kan vara dyrare än att ersätta dem med något annat bränsle. Det här betyder att olja i framtiden kommer vara en lyxprodukt bara för de som har råd eller är villiga att betala för den. När det händer kommer det ännu finns olja kvar i marken men man har istället övergått till billigare alternativ ^[27].

För att minska på oljans utsläpp i bilar har strängare utsläppskrav satts på nya bilar vilket har lett till att moderna bensin- och dieselmotorer blivit effektivare och bränslesnålare. Däremot har detta lett till att motorerna blivit mera komplicerade vilket betyder att kostnaderna har stigit ^[16]. Dessutom ökar skatten på fossila bränslen kontinuerligt vilket leder till högre bränslepriser och dyrare användning.

För att få effektivare förbränningsmotorer måste verkningsgraden i motorerna förbättras. Att förbättra verkningsgraden på förbränningsmotorer är väldigt komplicerade och tekniska där det handlar bl.a. om att förbättra på bränsleinsprutning med hjälp avancerad ventilstyrning samt stänga en eller flera cylindrar när effektbehovet är lågt ^[28].

Den största delen av energin får ju som tidigare nämnt till värme, där den största delen inte används, så därför undersöks det hur spillvärmens från avgaserna kunde utnyttjas. En teknologi som förbättrar på effektiviteten i förbränningsmotorer är tidigare nämnda elhybrider. Effektiviteten stiger när en elmotor tar till vara energi från spillvärme, motorn och inbromsningar. Detta har märkts som tidigare nämnt i att försäljningen av hybridbilar har ökat och flera biltillverkare har börjat ge ett större utbud av hybridbilar. De erbjuder bättre bränsleekonomi och mindre utsläpp samtidigt som man kan använda bensin- och dieselmotorer istället för att bara förlita sig på eldrift.

Om man dessutom skulle konvertera existerande bensinbilar att använda förnybara energikällor i form av biobränslen (Kapitel 5.1 Biobränslen) skulle man kunna fortsätta använda äldre bilar eftersom alla inte har råd att köpa nya bilar och på så sätt minska på utsläppen i den begagnade bilsektorn. En optimal lösning, sett ur minsta miljöpåverkan, för förbränningsmotorer skulle vara att använda biobränslen i samarbete med hybridteknik.

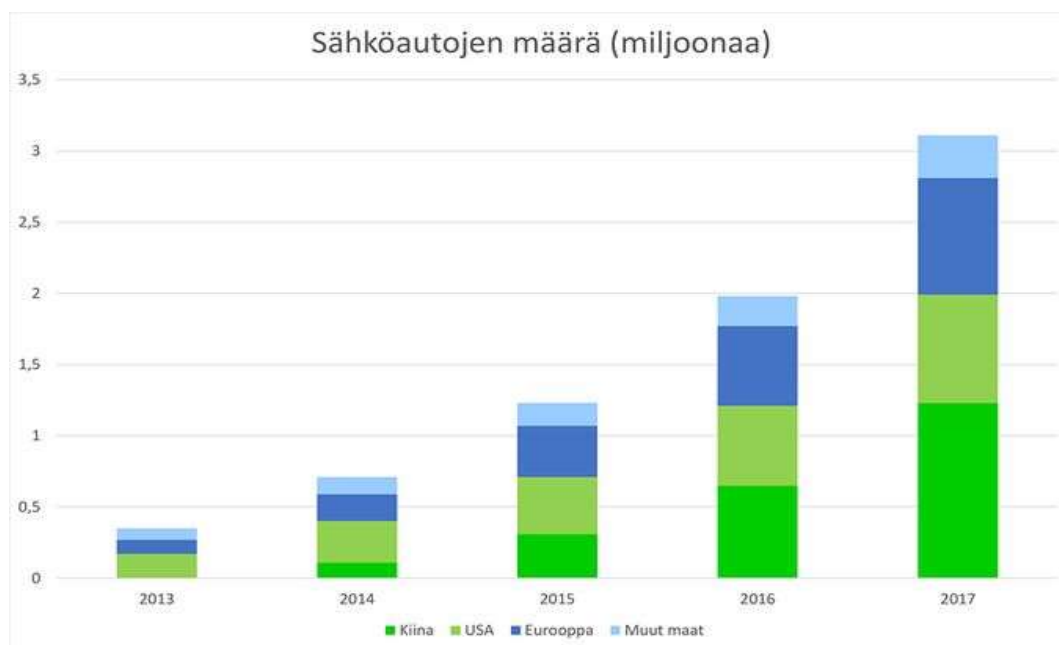
4 ELBILAR

Det här kapitlet kommer att behandla helt eldrivna elbilar, även kallade BEV (battery electric vehicle). Elbilar har ökat rejält de senaste åren försäljningsmässigt bl.a. av att de anses vara miljövänliga med deras utsläppsfria körning. De flesta bilmärken, bl.a. de två största: Toyota och Volkswagen, har börjat investera stora summor pengar på elbilar och deras teknologi ^[29]. Dessutom har nya biltillverkare som endast tillverkar elbilar uppkommit på de senaste åren. Ett exempel är amerikanska Tesla som sägs vara pionjärer inom elbilsindustrin. Här kan nämnas att Tesla Model 3 var den mest sålda elbilen både i Finland (ca 800 st) ^[30] och världen år 2019 ^[31].

Försäljningsstatistik för nya bilar i Finland visar att andelen sålda elbilar 2019 var ca 1900 stycken (lite under 2 % av alla nyregistrerade bilar), jämfört med år 2015 som det såldes endast 243 stycken elbilar (Tabell 2). För att ge en bild av hur antalet el- och laddhybridbilars ökat i Finland fanns det år 2010 endast 23 elbilar och inga laddhybrider, medan år 2019 fanns det 4661 elbilar och 24 704 laddhybrider. Finland har satt som mål för 2030 att det finns 250 000 el- eller laddhybridbilar, vilket är rimligt med tanke på deras ökning de senaste åren ^[32].

Tabell 3 visar hur mängden elbilar har ökat mellan åren 2013-2017 globalt indelat i Kina, USA, Europa och övriga länder. Tabellen visar det totala antalet elbilar det vill säga inte nya elbilar per år. Man kan notera antalet elbilar har mer än sexdubblats 2017 jämfört med 2013.

Tabell 3. Antalet elbilar globalt år 2013-2017

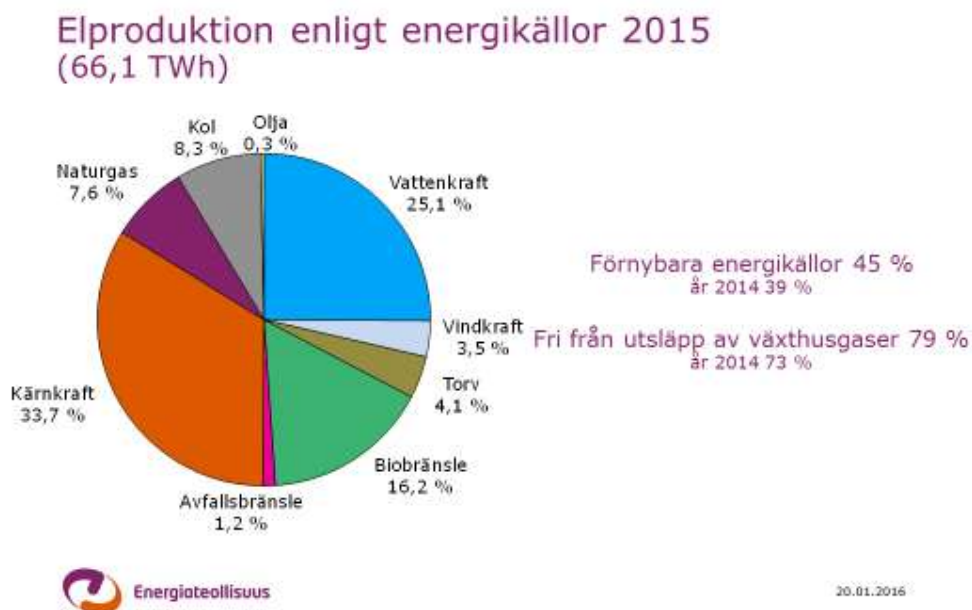


Elbilen har blivit något av en trend på 2010-talet och sägs vara framtidens teknologi. Egentligen så är elbilar ingen ny innovation utan har funnits i över hundra år, i princip lika länge som bilar med förbränningsmotorer. Den första användbara elmotorn presenterades redan år 1834 av Moritz Jacobi. Många är eniga att William Morrisons elbil från 1890 var den första riktigt användbara elbilen men det fanns redan på 1830-talet fordon som använde en elmotor för att röra på sig, dock för små för att transportera personer. Dessutom bör det nämnas att början av 1900-talet räknas som elbilens tidiga glansdagar eftersom det fanns flera elbilar än bensindrivna bilar i USA samt ett tiotal tillverkare av elbilar. Stora städer som New York och London hade taxin som var elbilar i sin flotta ^[33]^[34].

Elbilens popularitet började sjunka på 1910-talet då bensinens inköpspris blev billigare samt introduktionen av T-Fordens gjorde att bensindrivna bilar var billigare att köpa och använda. Även tack vare att infrastrukturen förbättrades med längre vägnät ledde till att det behövdes bilar som var snabbare och med en längre räckvidd, två områden där elbilen inte kunde tävla med fossila bränslen ^[34].

4.1 Finlands elproduktion

Elen som används i elbilar måste produceras genom energikällor för elproduktion. För att få en bild av de olika energikällorna som används i Finlands elproduktion (2015) presenteras de i ett cirkeldiagram (Figur 5). Här kan man konstatera att 45% av energin kommer från förnybara energikällor och totalt 79% av energikällorna producerar inga växthusgaser.



Figur 5. Finlands elproduktion år 2015

Den förnybara elens (46.2% år 2018) betydelse för elbilens koldioxidutsläpp behandlas i Kapitel 4.5 Elbilens miljöpåverkan.

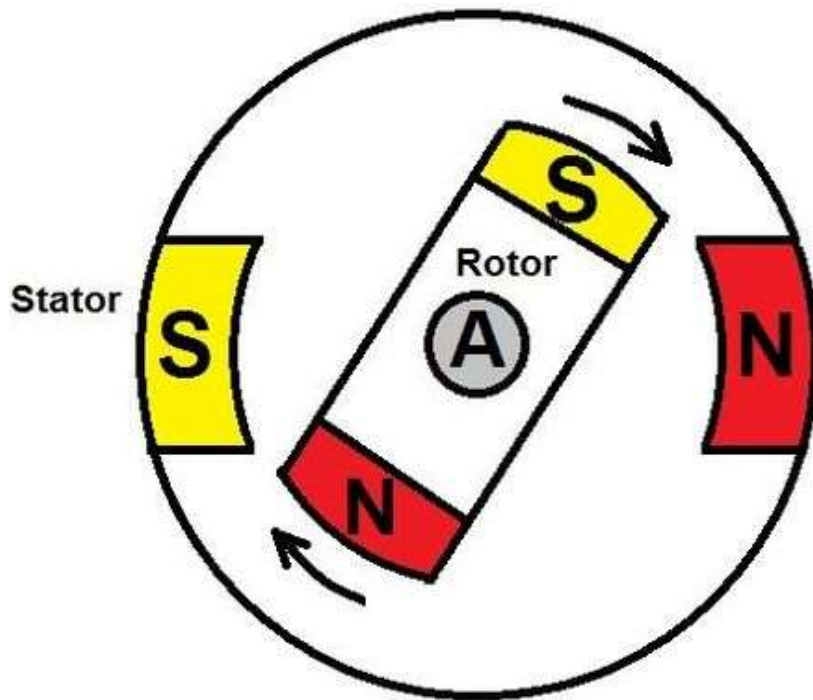
Enligt Fingrid, Finlands elnätverksbolag, skulle det tidigare uppsatta målet på 250 000 elbilar stå för ca 1% av den totala elproduktionen vilket inte skulle innebära kräva utbyggnad av elnätet. Detta kan betyda att om alla bilar i Finland (ca 2.7 miljoner) skulle bytas ut mot elbilar skulle ta upp ca 10% av Finlands elproduktion. Med hjälp av smart laddning skulle laddningen kunna styras så att laddningen sker när elnätet är som

minst belasta. Dessutom skulle elbilar kunna mata tillbaka el i elnätverket vid behov för att jämna ut effekttoppar ^[35].

4.2 Elmotor

En elmotor består av två huvuddelar, en fast del som kallas stator och en rörlig del som kallas rotor. Principen för alla elmotorer är att få rotorn i rörelse genom att framkalla med elektriska laddningar ett magnetfält som får två poler att antingen dras till eller stöta i från varandra. Genom elektromagnetism kan man ändra statorns magnetiska poler och på så sätt få rotorn att rotera. Elektromagnetism uppstår t.ex. då man lindar koppartråd i form av spolar kring delarna både i rotorn och i statorn och sedan kör elektricitet igenom dem. Detta blir ett roterande magnetfält i statorn där polerna hela tiden byter plats och flyttar sig runt. Rotorns magnetpoler jagar då efter statorns magnetpoler och en rotation uppstår d.v.s motorn går. Kraften på den utgående axeln kommer direkt, vilket gör att en växellåda inte behövs ^[36].

I Figur 6 illustreras en simpel elmotor med endast två magnetpoler på stator och rotor, i verkligheten finns det flera poler som sitter jämnt runt hela varvet vilket ger ett jämnare kraftflöde och en starkare motor.



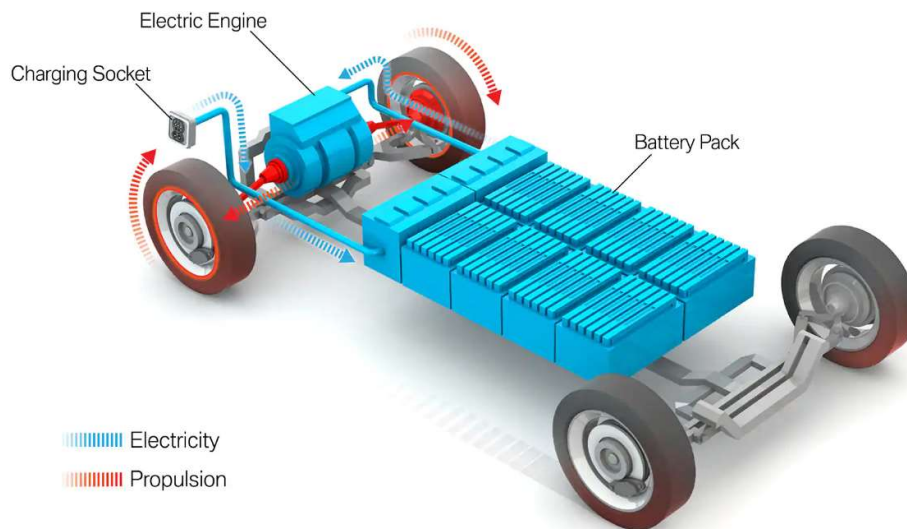
Figur 6. Elmotor

S = sydpol
 N = nordpol
 A = axeln som för vidare energin

Elmotorer har en del fördelar över förbränningsmotorer, bl.a. har de färre rörliga delar vilket underlättar på bl.a service och slitage i motorn samt en högre motorverkningsgrad på upp till 95 % ^[37]. Det här betyder att de använder mindre energi, ca 10-15 kWh/100 km medan en bensinbil med en förbrukning på 8 liter bensin per 100 km använder ca 70 kWh/100 km. Dessutom kan en elmotor fungera som en generator och ta till vara kinetisk energi från när man bromsar, energi som annars skulle gå förlorad, och föra tillbaka den in i batterierna ^[38]. Eftersom ingen förbränning uppstår i elmotor uppstår ej heller några avgaser från elbilen vid själva användningen, dock så är de inte helt utan miljöpåverkan, detta behandlas i Kapitel 3.5 Elbilens miljöpåverkan. Elmotorer skapar nästan inget ljud vilket är positivt för att de minskar på trafikbuller. Däremot måste elbilar producera ett artificiellt ljud för att de ska höras av t.ex. fotgängare och djur.

4.3 Batterier

För att kunna använda en elbil behöver den elektrisk energi lagras i batterier. Dessa batterier placeras så lågt ner som möjligt i bilen för att spara på utrymme samt för att hålla tyngdpunkten låg. Från batterierna förs energin till en elmotor som sedan för rörelseenergin till hjulen. Figur 7 demonstrerar hur en elbil fungerar.



Figur 7. Elbilens funktion

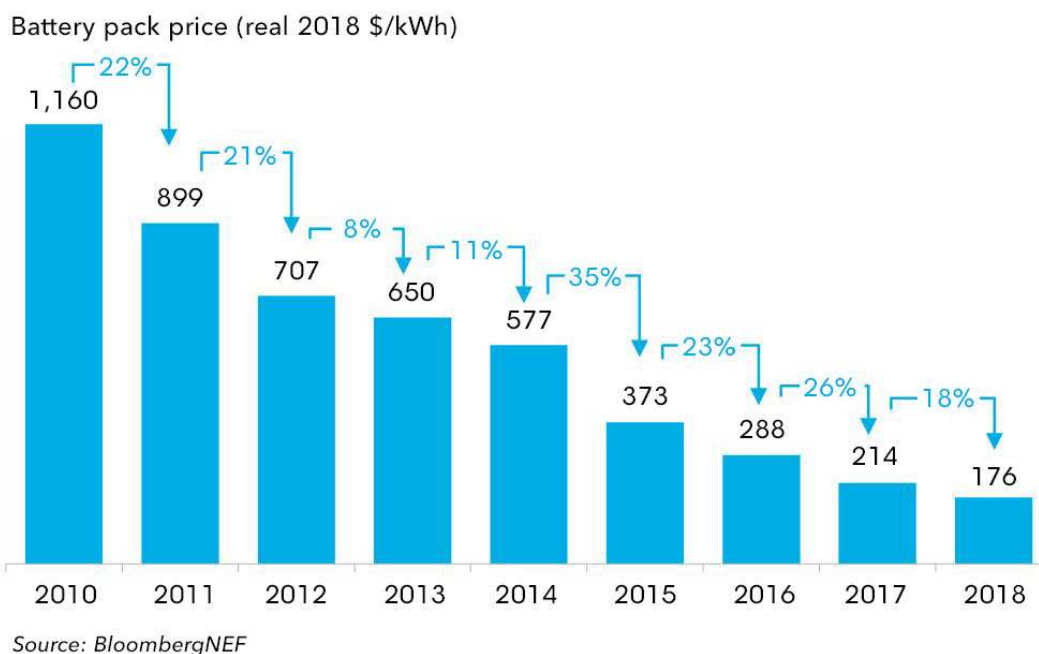
Den typ av batterier som är vanligast i dagens moderna elbilar är litium-jon (Li-jon eller Li-ion på engelska) som även används i t.ex. telefoner och bärbara datorer. Skillnaden är dock att elbilar använder flera hundra batterier som är kopplade samman till ett batteripaket istället för endast ett batteri som i telefoner och datorer. Batteripaketets kapacitet, det vill säga hur mycket energi det kan lagra, anges i kWh^[39]. Storleken varierar ofta mellan 25 och 100 kWh i elbilar. Ett batteripaket på 20-30 kWh har en räckvidd på ca 150-250 km medan 75-100 kWh kan ha över 500 km^[38]. Ett större batteripaket har en lägre räckvidd men också mera vikt. De största batteripaketerna (över 75 kWh) kan väga över 500 kg. Detta försämrar bilens prestanda eftersom extra vikt leder till att mera energi behövs för att driva bilen samtidigt som köregenskaper försämrar. Dessutom ökar bromssträckor och bl.a. slitage på däck.

Orsaken varför litium-jon är den mest använda batteritypen i dagens läge är för att de har högre energidensitet än andra alternativ t.ex. bly. Biltillverkarna vill ha så lätta batteripaket som möjligt i sina bilar för att inte vikten skall påverka dem negativt.

Batterierna tappar sin energidensitet längs med åren vilket leder till sämre räckvidder och effekt. Detta märks när batteripaketets kapacitet går under 80 %. En elbil kan ha en garanti för batteripaketet på 8 år eller efter 160 000 körda kilometer (Bilaga 2) men detta är bara ett referensvärde, de kan hålla längre. När batteripaketet blir sämre måste det bytas ut, vilket som tidigare nämnt är en stor kostnad. De gamla batterierna kan återvinnas till en viss del på material eller återanvändas till exempel i hushåll för att komplettera förnybara energikällor. Detta gör att batterierna används till det fulla och livscykeln förlängs ^[39].

I Figur 8 presenteras hur priset (i amerikanska dollar) på litium-jon batterier (kWh) har sjunkit med 85 % från år 2010 till 2018. Experter förutspår att priset kommer att vara under 100 \$/kWh före år 2024 ^[40]. Det skulle innebära att ett 30 kWh batteripaket skulle kosta under 3000 euro år 2024.

Lithium-ion battery price survey results: volume-weighted average



Figur 8. Litium-jon batterier prisutveckling 2010-2018 (i amerikanska dollar)

Elmotorn påverkas inte av kallt klimat men däremot gör batterierna det. Batteriernas förmåga att ladda och ge energi försämras i kallt klimat samtidigt som passagerarkupén måste värmas med energin som finns i batterierna istället för spillvärmens som finns förbränningsmotorer. För att förbättra på räckvidden i kyla rekommenderas förvärmning av batteriet och kupén innan avfärd ^[41].

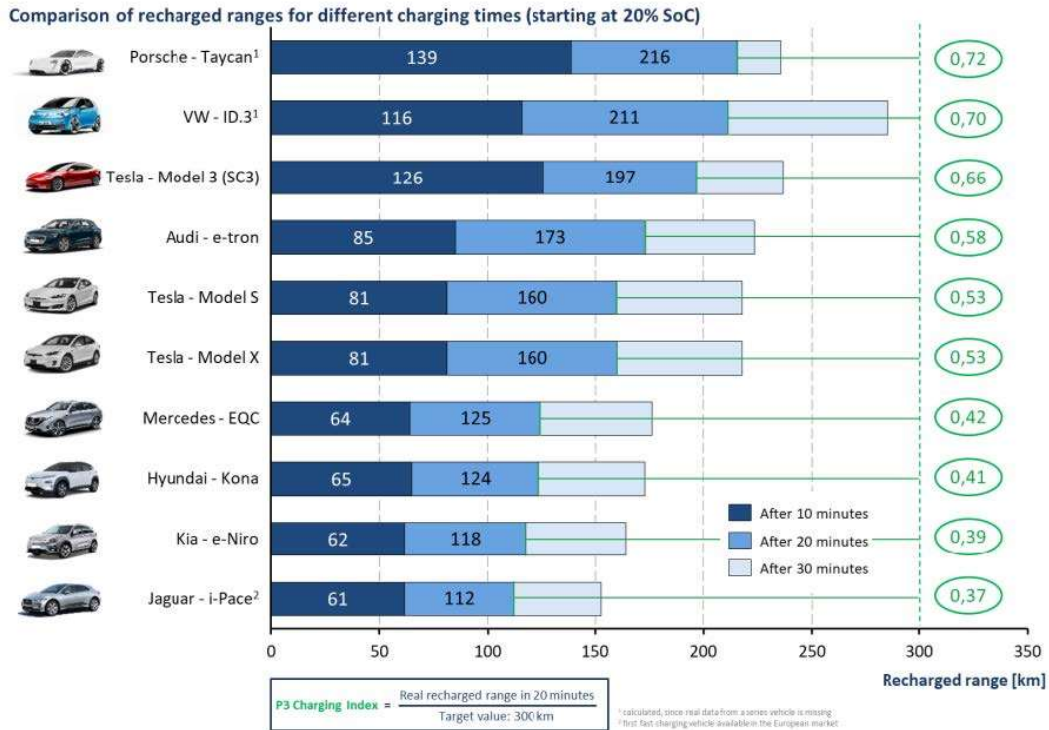
4.4 Laddning och laddningspunkter

När elen i batterierna tar slut bör de laddas. Laddning sker via en laddningskabel, ungefär som en telefon men i mycket större kapacitet, som är kopplad till en laddningspunkt. För el- eller hybridbils ägare lönar det sig att installera en laddningspunkt i sitt hem där de flesta elbolag, t.ex. Helen, har tjänster för installationer av laddningspunkter. Laddningstiden varierar beroende på storleken på batteripaketet och laddeffekten men kan variera från under en timme till över tolv timmar. Laddeffekten för en bil bestäms efter

storleken på batteripaketet t.ex. en hybridbil har ett mindre batteripaket och därför en mindre laddeffekt medan en helt elektrisk bil har högre laddeffekt ^[42].

Det finns allmänna laddningspunkter och laddningsstationer, det vill säga en station med flera stycken laddningspunkter, utspridda i våra samhällen, ofta på bensinstationer eftersom infrastrukturen för bensin- och diesel redan är byggd samt för att de ofta har butiker och restauranger som man kan fördriva tiden i medan man väntar på att bilen laddas. I takt med att elbilsantalet ökar stiger behovet för laddningsstationer runt om i samhället vilket gör att infrastrukturen ökar. I början av 2019 fanns det ca 2000 allmänna laddningspunkter. Laddstationer har kraftigare laddare, med mera laddeffekt, vilket gör att laddningen är snabbare där än hemma. Statistik visar att 80 % av laddningen sker hemma medan resterande 20% laddas på allmänna laddningspunkter i Finland^[42] ^[43].

Det har även börjat förekomma snabbbladdning, det vill säga en typ av laddning som kan ladda batterierna upp till 80% oftast under en timme vilket en del elbilsmodeller stöder. I en undersökning gjord av P3 Group testade man ett antal elbilars räckvidd efter 10, 20 och 30 minuters snabbbladdning där batteriet hade 20% kvar när laddningen startade (Figur 9).



Figur 9. Snabbladdningstider för olika elbilar

Snabbladdning visar en stor potential för att minska på långa laddningstiderna, ett av elbilens största problem, där t.ex en Porsche Taycan kan nå en räckvidd på 139 kilometer efter 10 minuters laddning [44].

4.5 Elbilens miljöpåverkan

Elbilar producerar som sagt inga avgaser vid användning vilket betyder att i praktiken påverkar de inte klimatet lokalt eller globalt. Det finns två faktorer som avgör hur mycket koldioxid en elbil producerar och hur miljövänliga de är: batteritillverkning och vilken typ av el man laddar i bilen.

Tillverkningen av batterier är krävande och ger ett stort klimatavtryck, vilket leder till att elbilar är dyrare och ger mer koldioxidutsläpp vid själva biltillverkningen än andra bilar. Batterierna (Litium-jon) innehåller icke-förnybara material i form av metaller så som litium samt vanligtvis en kombination av kobolt, nickel och mangan som kräver

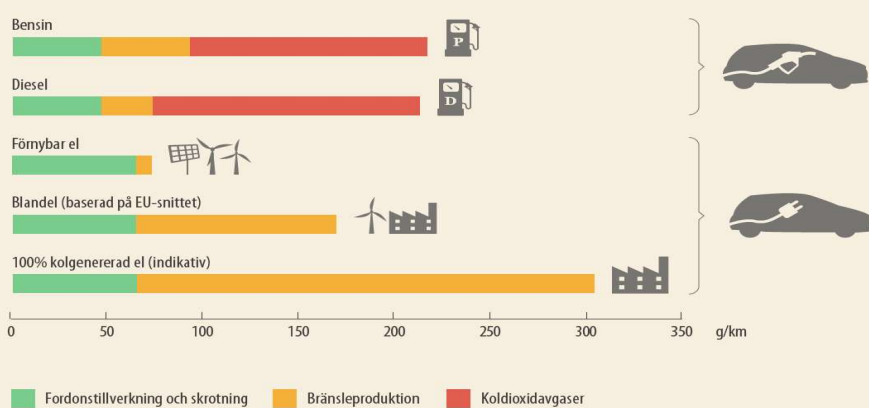
gruvdrift för att framställas. Gruvdriften samt framställandet av mineraler för batterierna ger elbilens största koldioxidutsläpp samt klimatuppvärmningspotential ^[45]. Dock så har klimatutsläppen från batteritillverkning minskat på senare år eftersom batterifabrikerna har blivit större och har en större produktion, vilket leder till mer effektivitet per producerad enhet. Detta syns bl.a. i att priset gått ner (Figur 8). Dessutom så har batterifabrikerna börjat använda mera förnybar energi i takt med att andelen och kraven på att använda förnybar energi har ökat ^[46].

Enligt IVL Svenska Miljöinstitutet varierar koldioxidutsläppen från batteritillverkning mellan ca 60-150 kg CO₂ per kWh. Detta skulle innebära att ett 100 kWh batteri släpper ut 6-15 ton CO₂ vid tillverkning ^[46]. För att jämföra elbilens utsläpp med andra bilar utsläpp tar man i beaktande batteritillverkningens utsläpp och jämför med t.ex. fossila bränslebilars utsläpp vid användning. Eftersom som fossila bränslebilars utsläpp ökar med distans kommer eventuellt ett kilometerantal där fossila bränslen har producerat lika mycket koldioxid som tillverkningen av ett batteri. Efter det här kilometerantalet blir elbilar miljövänligare eftersom de i princip har nollutsläpp (förnybar energi). Exempel på ett kilometerantal när en elbil blir miljövänligare än en bensinbil behandlas i Kapitel 6 Jämförelse.

För att demonstrera hur mycket koldioxidutsläpp per kilometer bensin-, diesel och elbilar med olika sorters el (förnybar, blandad och kol) har Europaparlamentet sammanställt en livscykelanalys (2014) mellan de olika bränslena (Figur 10). Det som tas i beaktande för koldioxidutsläppen i livscykelanalysen för de olika bilarna är deras: tillverkning och skrotning, bränsleproduktion samt koldioxidutsläpp vid användning (bensin och diesel).

KOLDIOXIDUTSLÄPP FÖR TRANSPORTER I EU

Graden av koldioxidutsläpp per livscykel och olika fordon/bränslen (2014)



Källor: Europeiska miljöbyrån, TNO



Figur 10. Koldioxidutsläpp per livscykel för olika bränslen (2014)

Figur 10 visar att det är stor skillnad på om man väljer el genererad från fossila bränslen eller förnybara energikällor för bilens utsläpp under hela livscykeln. En elbil som laddas med förnybar energi kan ha upp till tre gånger mindre utsläpp per kilometer än en bensin- eller diesebil medan en elbil som använder kolgenererad el har sämre koldioxidutsläpp över hela livscykeln än både bensin och diesel. Detta betyder att den aldrig kan bli miljövänligare än de två sistnämnda ^[48].

Valet av el som laddas in i bilen påverkar man hur klimatvänlig bilen blir. Eftersom råolja är en resurs som de flesta länder, Finland inräknat, inte har tillgång till måste den köpas från utländska nationer vilket påverkar bl.a. pris och transportsträckor. Genom att använda el i bilar används (oftast) det egna landets energiproduktion som energikälla. Detta betyder att man reglera priset på en nationell nivå istället för att förlita sig på utländska prisregleringar.

En elbil är som sagt dyrare att köpa (kolla Kapitel 6 Jämförelse) än andra bilar på grund av batteripaketets framställningskostnader, men i takt med att batterifabrikerna blir större och effektivare sjunker priset på batterier. Däremot så är det billigare att köra en elbil än något annat bränsle eftersom det kostar ca 2 euro per 100 kilometer (Bilaga 2) att använda en elbil. Dessutom kan man ansöka om en subvention, en miljöbilspremie, som utbetalas av staten, på 2000 euro om man köper en elbil (Bilaga 2). Det finns ett par krav för att få subventionen som till exempel måste bilägaren vara en privatperson, bilen får inte ha registrerats tidigare samt inte överskrida 50 000 euro ^[49].

4.6 Framtiden för elbilar

Elbilen har en ljus framtid med tanke på stigande försäljningssiffror och möjligheter till låga utsläppsnivåer med förnybar energi. Elbilens största problem är att batteritillverkningen lämnar ett större klimatavtryck än andra bilar vid tillverkningsprocessen. Dessutom så är räckvidden och laddningstiden fortfarande inte lika smidiga som fossila bränslen. Därför finns det ett stort behov och intresse att försöka skapa nya batterier som är lättare, miljövänligare och har bättre räckvidd.

En batteriteknologi som undersöks och som kan vara en möjlighet för framtidens batterier är litium-luft batterier (lithium-oxygen) som uppskattas kunna ha en kapacitet på upp till 5-10 gånger mera energi i en laddning jämfört med ett lika stort litium-jon batteri. Dessa batterier är så länge bara i prövo- och laboratorium fas. Största problemet med litium-luft för tillfället är att de håller länge men ger inte speciellt mycket energi vilket betyder att man skulle kunna köra en elbil men då i så fall långsamt. Forskarna säger att det finns hopp eftersom litium-jon hade samma problem för 20-30 år sedan när de börjades användas ^[50].

Förutom inköpspriset är räckvidden och laddningstiden på elbilar de största faktorerna varför bilköpare tvekar för att välja elbilar enligt en undersökning av Forbes ^[51]. Men i takt med att batteriteknologin utvecklas, samt utveckling av snabbladdning och dess

nätverk, minskar dessa problem. Ett sätt som undersöks för att förlänga räckvidden och på så sätt minska på storleken på batterierna skulle vara att använda någon form av elektriska vägar. Det finns två olika teknologier som kunde tillämpas för elektriska vägar: konduktiv och induktiv laddning. Skillnaden är följande:

4.6.1 Konduktiv laddning

Elektrisk energi överförs från vägbanan med hjälp av t.ex. skenor från vägen eller elledningar ovanför bilen. Bilen skulle i så fall behöva en ledare av något slag som skulle nå skenan eller elledningen, lite som en spårvagn. Då skulle bilen kunna laddas medan man kör eller står stilla. Frågor som hur kopplingen till vägen skulle ske och hur det skulle se ut i praktiken samt förändra på vägen för andra trafikanter måste lösas ^[52].

4.6.2 Induktiv laddning

Den här typen av laddning skulle innebära trådlös laddning. Stationär induktiv laddning, det vill säga laddning när bilen står stilla, skulle innebära installation av induktionsmottagare i bilar och placera laddningsplattor på strategiskt placerade platser där bilar måste stanna t.ex rödljus. Dessa laddningsplattor behöver inte vara synliga utan kan placeras under asfalt. Induktiv laddning skulle även kunna användas när bilarna kör om man bygger ut ett nätverk längs med vägar, vilket skulle vara ett bättre och smidigare system än konduktiv laddning med tanke på att man inte skulle behöva skenor eller elledningar ^[52].

5 ALTERNATIVA BRÄNSLEN

Detta kapitel behandlar alternativa bränslen i form av bibränslen och bränsleceller (vätgas). Dessa bränslen är redan nu, samt kommer att vara i framtiden, alternativa system för användning i förbränningsmotorer (biobränslen) och elmotorer (bränslecell).

5.1 Biobränslen

Biobränslets användning i bilar och andra fordon har uppstått i svåra tider som t.ex. i de båda världskrigen i brist på fossila bränslen. Detta ledde till att man måste improvisera och hitta alternativa bränslen ^[53].

Biobränslen är förnybara energikällor som använder identiska eller något modifierade förbränningsmotorer som fossila bränslen använder. Infrastrukturen för biobränslen är precis som med elbilar behöver byggas ut men det finns redan bensinstationer som har olika utbud av biobränslen samt skilda bränslestationer för biobränslen. Det som är allmänt för alla biobränslen är att de består av eller utvinns från växtdelar som avger koldioxid vid förbränning, precis som bensin och diesel, men eftersom växterna har tagit upp koldioxid i samband med fotosyntesen räknas de som koldioxidneutrala ^[54].

Biobränslen har olika energiinnehåll och verkningsgrader på motorerna är liknande som bensin och diesel. Det som de har gemensamt är att utsläppen av koldioxid är lägre för bränslets hela livscykel och vanligtvis även lägre vid förbränning jämfört med fossila bränslen. Precis som för elbilar betalas en subvention ut av staten vid köp av eller konvertering till gas- och etanolbilar.

Enligt ”Lagen om främjande av användningen av biodrivmedel för transport”, §5, måste alla bränsledistributörer i Finland sälja minst 20% biobränslen av den totala andelen sålda bränslen, år 2030 skall siffran vara 30% ^[55]. För att uppnå detta blandas t.ex. etanol i bensin.

Det här kapitlet presenterar tre olika typer av bibränslen för bilar och de är följande:

5.1.1 Biogas

Gasbilar använder gas som bränsle för att antändas i en förbränningsmotor. Gaserna är naturgas eller biogas, där naturgas inte är en förnybar energikälla och hör därför inte till biobränslen. Naturgas har ett högre energiinnehåll än ren biogas eftersom det innehåller mera metan (ca 98%) till skillnad från ren biogas som innehåller ca 50-70% metan. Resten av gasen är till största delen koldioxid. Biogasen kan dock uppgraderas genom att separera koldioxid och metan med till exempel kylning tills koldioxid kondenserar, vilket leder till att man kan nå upptill 97% metan. Termen fordonsgas betyder att det är en blandning av bio- och naturgas ^[57].

Biogas går att framställa från nästan vilka organiska material som helst. Det är oftast någon form av bioavfall, avfallslam, spillning från djur och industriellt restavfall som används som material vid tillverkningen. Eftersom biogas är en restprodukt av organiska produkter betyder det att de är en förnybar energikälla. En biogasbil kan ha upptill 85% mindre utsläpp under hela livscykeln jämfört med en bensinbil och ca 25% mindre vid förbränning. Metan är dessutom mellan 20-70 gånger skadligare för atmosfären än koldioxid och eftersom förbränning av metan skapar just koldioxid betyder det att det är en bättre kompromiss för miljön att förbränna den än att den inte används alls ^[58] ^[59].

De flesta bensinbilar går att konvertera till en gasbil. Det som behövs är modifikationer på motorn för användning av gas samt utrymme eftersom en gasbil har två bränsletankar, en för bensin och en för gas. Det går att konvertera en diesebil till en gasbil men detta är mera problematiskt och ger inte samma miljönytta eftersom en dieselmotor måste blanda diesel med gasen för att antändas, medan en bensinmotor kan använda endast gas. Biogas har som sagt mindre koldioxidutsläpp vilket betyder mindre bil- och fordonsskatt. Dessutom är de billigare per 100 kilometer (gas räknas i kilogram istället för liter) ^[58] ^[59]. En ungefärlig kostnad för biogas är ca 8 euro per 100 kilometer och ca 7 euro per kilometer för naturgas. Dessutom betalas en subvention på 1000 euro om man konverterar till gasbil (Bilaga 3).

Antalet nya gasbilar har ökat i ungefär samma takt som elbilar, år 2015 nyregistrerades ca 260 stycken medan 2019 nyregistrerades 2140 stycken. Finland har satt som mål för 2030 att det skall finnas 50 000 gasbilar i trafik (ca 9400 st år 2019) ^[4]^[60].

5.1.2 Etanol

Etanol är det vad vi kallar för alkohol. Etanol framställs från olika grödor och växter som har ett högt innehåll av stärkelse och socker t.ex spannmål och sockerrör. Dessutom kan det produceras från olika restprodukter inom jord- och skogsbruk t.ex. sågspån och ogräs.

Det finns två sätt att producera etanol, där det vanligaste globalt är spannmål som man fermenterar (jäser) för att omvandla stärkelse till socker och sedan låta sockret fermentera för att bli etanol/alkohol. Det går även att använda sockergrödor som går att jäsa direkt till etanol.

Det andra sättet, som håller på att utvecklas, att producera etanol är genom att bryta ner cellulosa i växtfibrerna. Detta är mer mångsidig och hållbar metod eftersom träd och andra växter inte behöver lika mycket energi och vatten som jordbruksgrödor och kan växa på mera krävande platser. Dessutom om man använder restprodukter och avfall istället för att använda matgrödor sparar man på matprodukter och på odlingsmark som kan användas för odling av mat. Detta behövs med tanke på den hela tiden växande populationen ^[61].

Den typ av etanolbränsle som används idag i Finland är E85 vilket betyder 85% etanol och resterande 15% är bensin. Det går att köra på endast etanol men etanolen har sämre tändning i kallt väder vilket är orsaken varför man blandar med bensin (40). Detta gör att etanolbilar oftast inte är koldioxidneutrala på grund av bensindelen men skapar ändå jämförelsevis mindre koldioxid ^[59]. De flesta bensinbilar kan konverteras till etanolbilar, vilket skapar en möjlighet att göra äldre bilar miljövänligare. Det är billigare att konver-

tera till etanol än gas eftersom etanolbilar inte behöver en extra bränsletank men det är dyrare att använda än gas eftersom det kostar det ca 10 euro per 100 kilometer (Bilaga 3). Detta på grund av bl.a. att etanol har ett mindre energiinnehåll (ca 6kWh) (Bilaga 1) än andra bränslen vilket betyder att det går åt mera bränsle per 100 kilometer. Dessutom är subventionen mindre, 200 euro, för att man konverterar bilen till etanoldrift (Bilaga 3).

Nya etanolbilar i Finland har sjunkit från 105 stycken år 2015 till 0 år 2019. Orsaken varför andelen etanolbilar har minskat är för att EU har bestämt att minska på skattelättnaden på dessa bilar eftersom de inte vill se biobränslen som etanol skall konkurrera med livsmedel om odlingsjord ^[62]. Detta syns bl.a i att subventionen som betalas ut för etanolbilar är mindre än för gas- och elbilar. Dessutom så är bränslekostnaderna lägre på de två sistnämnda bränslena än etanol vilket gör att de är mera attraktiva att använda. Förutom detta så har som tidigare nämnts de flesta biltillverkare gått in för att satsa på el- och hybridbilar vilket betyder att etanolbilens framtid i nuläget inte ser speciellt lovande ut.

5.1.3 Biodiesel

Benämningen biodiesel delas in två kategorier: biodiesel och förnybar diesel. Det som skiljer biodiesel och förnybar diesel åt är bl.a. blandförhållande, tillverkning, renlighet och kvalitet. Fakta om de båda dieseltyperna hittas nedan:

Biodiesel

Biodiesel kallas FAME eller Fatty Acid Methyl Ester (fettsyrametylestrar). Biodiesel framställs genom förestring av vegetabiliska oljor och animaliska fetter. Förestringen begränsar användningen av orenare råmaterial av sämre kvalitet i form av avfall och restprodukter. Kvaliteten och egenskaperna för bränslet bestäms och begränsas av råmaterialen som används, vilket leder till varierade energiinnehåll, ett referensvärde på energiinnehållet av biodiesel är ca 9.2 kWh/liter (Bilaga 1). FAME har en begränsning

på hur stor andel man kan använda där den maximala tillåtna koncentrationen är 7% (i Europa), vilket gör att den resterande delen är fossil diesel (kallas för B7 Diesel). Högre koncentrationer än 7% kan orsaka skador i motor och bränslesystem. Det här betyder att nyttan av att använda biodiesel är anmärkningsvärt mycket lägre än förnybar diesel. B7 diesel fungerar på samma sätt som etanolen i bensin, det vill säga minska på den totala andelen fossilt bränsle som används ^[63]^[64].

Förnybar diesel

En variant som klassas som förnybar diesel kallas HVO eller Hydrotreated Vegetable Oil (vätebehandlad vegetabilisk olja). Denna kallas ofta för ”andra generationens biodiesel” på grund av det är nyare version av biodiesel (FAME). Förnybar diesel kan framställas ur samma vegetabiliska oljor och animaliska fetter som biodiesel men kan även använda olika typer av avfall och restprodukter. Vid tillverkningsprocessen renas och avlägsnas orenheter bort från råmaterialen och behandlas sedan med väte i hög temperatur, detta gör att slutproduktens kvalitet alltid är den samma oavsett råmaterialets kvalitet eller ursprung. Energiinnehållet för HVO är runt 9.4 kWh/liter vilket är lägre än fossil diesel men högre än bensin (Bilaga 1).

Vid tillverkning av förnybar diesel kan man framställa kolväten som har liknande kemiska egenskaper som fossil diesel. Förnybar diesel har bättre tändningsegenskaper och kan förvaras längre utan användning än biodiesel (FAME). HVO innehåller inte svavel eller aromater vilket minskar på utsläpp av partiklar och koldioxid. Enligt Neste Oil så har deras förnybara diesel, Neste MY Renewable Diesel™, upp till 90% mindre koldioxidutsläpp under hela bränslets livscykel jämfört med fossil diesel ^[65]. Den förnybara dieseln största problem är att den visserligen har lägre kväveoxidnivåer (NO_x) än fossil diesel men inte tillräckliga låga för att göra någon större skillnad på de lokala miljöproblemen diesel skapar ^[65].

På grund av lägre utsläpp av partiklar förlängs livslängden på partikelfilter. Dessutom går det att använda förnybar diesel i alla dieselmotorer utan modifikationer, med biltillverkarens tillåtelse, vilket gör att blandförhållandet mellan fossil och förnybar diesel är obegränsat, vilket betyder att 100% förnybar diesel kan användas ^[63]^[64].

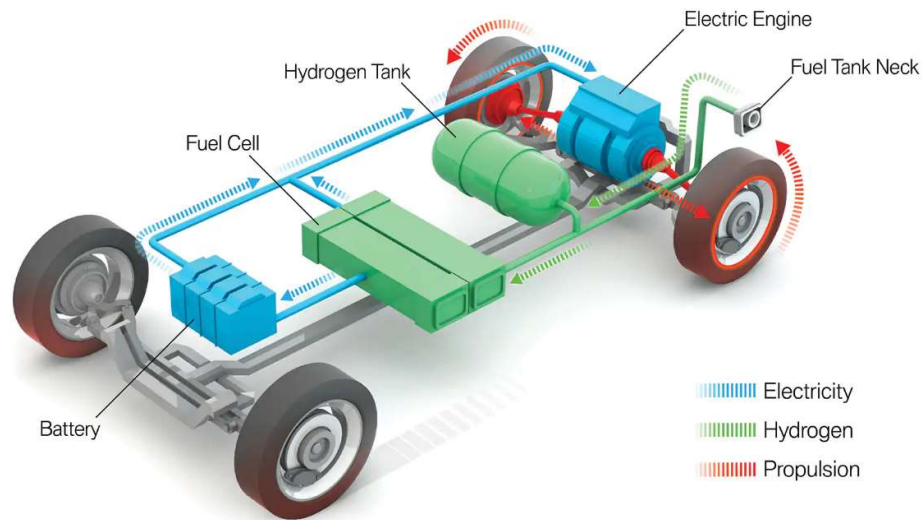
5.1.4 Framtiden för biobränslen

Framtida material för utvinning av biobränslen sägs vara alger. Alger konkurrerar inte om odlingsmark och vattenresurser. De kräver mindre utrymme för odling, eftersom alger har upp till 100 gånger mera energi per ytenhet än andra biobränslegrödor. Dessutom kan de lagra stora mängder CO₂ och rena avloppsvatten. För att skapa en kostnads-effektiv storproduktion krävs investeringar vilket fattas i dagens läge ^[b]. (Dahiya 2015 s. 17-18)

5.2 Bränsleceller

Bränslecellsbilar, FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle), använder en eller flera elmotorer för att driva bilen. Skillnaden till en konventionell elbil (BEV) är att bränslecellsbilar producerar elen i själva bilen med hjälp av bilens egna kraftverk, bränslecellen, istället för att ladda el från en extern källa. Bränslet som tankas in i en eller flera tankar är vätgas som sedan förs till bränslecellen tillsammans med luft som tas från omgivningen. I bränslecellen reagerar vätgas (H₂) och syre (O) med varandra i en process som kallas omvänd elektrolys. I reaktionen uppstår elektrisk energi, värme och vatten (H₂O), där vattnet förs ut ur bilen genom ett avgasrör i form av vattenånga. Detta betyder att bränslecellsbilar är totalt utsläppsfria från skadliga gaser och partiklar när de används ^[66]^[67].

Elen används därefter, beroende på behovet just då, antagligen direkt i en elmotor eller för att ladda ett batteri som sparar elen för användning senare. Eftersom elmotorn kan matas direkt med el behöver inte bränslecellsbilar ha lika stora batterier som elbilar vilket leder till mindre vikt. Precis som i elbilar kan kinetisk energi från inbromsning tas tillvara och föras till batteriet för att sedan användas. I Figur 11 illustreras hur en bränslecellsbil fungerar.



Figur 11. Bränslecellbilens funktion

Bränslecellsbilar har liknande goda egenskaper som elbilar i form av att de är tysta och inte avger avgaser vid användning. Eftersom de går att tanka vätgas på mindre än 5 minuter behöver man inte oroa sig över räckvidd (som uppges vara ca 480 kilometer på en tank) och laddningstider. Dessutom påverkas inte bränslecellen av temperaturen utomhus vilket gör att energin inte minskar vid kallt väder som för batterier i elbilar ^[66] ^[67].

5.2.1 Problematiken med bränslecellsbilar

Bränslecellsbilar låter som en optimal lösning för framtida bilar eftersom de kombinerar smidigheten av att kunna tanka som fossila bränslen och samtidigt vara miljövänliga vid användning som elbilar. Det finns dock ett antal problem, vilka är följande:

Framställning av vätgas

Väte, som är det vanligaste grundämnet i universum, finns inte i ren form på jorden. Istället framställs vätgas på för tillfället det vanligaste sättet genom att låta naturgas (bi-

ogas, olja och kol går också att använda) reagera med hög temperaturs ånga, detta kallas ångreforming, vilket leder till två huvudprodukter, vätgas och koldioxid ^[68].

En miljövänligare sätt att framställa vätgas är att använda en teknik som kallas elektrolys. Det betyder att man spjälkar upp vatten i dess beståndsdelar, det vill säga väte och syre. Om man använder förnybar energi är det här en koldioxidneutral metod men den här metoden är dyrare, kräver mycket energi där dessutom ca 30-40 % av energin förloras i elektrolysen. Effektiviteten av framställningen ur elektrolys metoden förväntas dock bli bättre i framtiden ^[68]. Med dagens teknologi är det effektivare att använda elen direkt i elbilar än att skapa vätgas ^[69].

Vätgas distribution och infrastruktur

Vätgas är svårt att transportera, förflytta och förvara. Det finns två sätt att förvara vätgas: det första sättet är komprimera gasen med tryck upptill 700 bar som sedan förvaras i gasflaskor men komprimeringen leder till 5-10% energiförluster. Det andra sättet är genom att kyla ner gasen till -253°C så att den blir i flytande form som sedan kan förvaras i kryotankar. Det här tar mindre utrymme än i gasform men orsakar en energiförlust på ca 30% samt avdunstning sker längs med tiden. Infrastrukturen för privatpersoners bruk av vätgas är obefintlig i Finland, det finns ingen allmän bränslestation där man kan tanka vätgas men det finns att beställa på industriellnivå i gasflaskor. I USA och Tyskland finns ett tiotal bränslestationer i varje land där man kan tanka vätgas. Precis som med alla bränslen skulle infrastrukturen förbättras i takt med efterfrågan ^[66] ^[68].

Pris

Eftersom antalet bränslecellsbilar är lågt på grund av de är i olika testfaser och småskalig serieproduktion betyder de att de är dyra att tillverka eftersom det inte finns en storskalig tillverkning. Dessutom höjs priset på grund av att den sällsynta och dyrbara metallen platinum behövs för bränslecellens elproduktion men mängden platinum som behövs har minskat med åren samt fortsätter att minska ^[66]. Priset på vätgas i Tyskland är ca 9.50 euro per kilometer (1 kilogram vätgas kostar 9,50 där förbrukningen är 1 kg vätgas/100km) vilket betyder att priset är ungefär den samma som en bensinbil, dock så

är bränslepriserna lägre i Tyskland på grund av lägre beskattning ^[70]. I dagens läge är bränslebilar nästan dubbelt så dyra som motsvarande stora elbilar ^[66]. För att ge ett exempel kostar en Toyota Mirai vätegasbil i Tyskland ca 80 000 euro. Detta är en medelstor sedan med en effekt på 113 kW ^[71].

Effektivitet

Verkningsgraden för en bränslecellsbil är mellan 25-35%. Den största delen av energin förloras i den omvända elektrolysfasen samt när vätegasen omvandlas till elektrisk energi. Detta betyder att en elbil är upp till tre gånger effektivare (verkningsgrad upp till 95%) än bränslecellsbilarna ^[69].

6 JÄMFÖRELSE

Det här kapitlet demonstrerar skillnader mellan olika bränslen i en och samma bilmodell. Bilen i fråga är en Volkswagen Golf årsmodell 2019. Orsaken till valet av just den här bilen är för att det var den femte mest sålda bilen i Finland år 2019 ^[72] men huvudsakligen för att den finns i bensin, diesel, gas, laddhybrid och el utförande. Alla priser, bränsleförbrukningar och koldioxidutsläpp är från Volkswagens sidor (Bilaga 6-8).

I Tabellerna 4-5 presenteras de olika bränslena under optimala förhållanden (i verkligheten skulle bränsleförbrukningen vara högre för alla bränslen), där skillnader som tas i beaktande är bränsleförbrukning, koldioxidutsläpp, bilskatt samt bilens pris före och efter bilskatt. Alla bilarna har liknande motoreffekt (gas något lägre) med automatväxellåda (DSG) förutom bensin (1,0 l) och diesel (1,6 l) som finns för att demonstrera de billigaste varianterna av de vanligaste bränslena.

Tabell 4. (Bilaga 6-7)

Bränsle	Motorstorlek i liter	Medelförbrukning liter/100 km	CO ₂ g/km	Effekt (kW)	Pris före skatt €	Bilskatt €	Pris to- talt €
Bensin	1,0	5,7	128	63	18 440	2 144,66	20 584,46
Bensin	1,5	6,3	142	110	23 840	3 788,14	27 618,14
Diesel	1,6	4,9	130	85	21 310	2 584,18	23 894,18
Diesel	2,0	5,3	138	110	25 120	3 634,40	28 754,40
Gas	1,5	4,1 (kg/100 km)	113	96	27 400	2 321,01	29 721,01
Hybrid (bensin)	1,4 + elmotor (batteri 8,7 kWh)	1,9 + ca 11 kWh el	43	150	41 240	1 446,01	42 686,01

Tabell 5. (Bilaga 8)

Bränsle	Batteri (kWh)	Medelförbrukning kWh/km	CO ₂ g/km	Effekt (kW)	Pris före skatt €	Bilskatt €	Pris to- talt €
El	35,8	15,4	0	100	34 200	889,89	35 089,89

Problemet med hybrid- och elbilar är att det inte finns ett lika stort utbud när det kommer till motorer, det finns endast i nuläget en variant vardera av el och hybrid Volkswagen Golf.

I Tabell 4 kan man konstatera att hybridbilen är ungefär dubbelt så dyr som den billigaste bensinbilen (1,0 l) men har över dubbelt så mycket effekt och nästan tre gånger mindre bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp. Gasbilen är något dyrare än de båda dieselbilarna men har lägre koldioxidutsläpp. Elbilens inköpspris är lägre än hybridbilens men som tidigare konstaterats högre än de andra bränslen, dock så har denna elbil rätt till den tidigare nämnda subventionen på 2000 €, vilket skulle föra ner priset till ca 33 000 €.

I Tabell 6 presenterar de olika bränslenas kostnad per 100 kilometer och årsförbrukning samt CO₂ utsläppen på ett år. Den genomsnittliga körsträckan (medeldistans) för en personbil i Finland är ca 13 800 km ^[73].

Bränslepriserna är följande:

Bensin 1,52 €/l (95 E10 februari 2020) ^[74]

Diesel 1,39 €/l (februari 2020) ^[74]

El 0,13 €/kWh (Medelpris Finland år 2017) ^[75]

Biogas 1,49 €/kg (Gasum april 2020) ^[76]

Formler för Tabell 6

- **€/100 km:** medelförbrukning * bränslepris
- **Bränslekostnader/år:** medelförbrukning * bränslepris * (medeldistans/100 km)
- **CO₂/år:** medelförbrukning * CO₂ utsläpp * (medeldistans/100 km)

Tabell 6.

Bränsle	€/ 100 km	Bränslekostnader/år	kg CO ₂ /år
Bensin (1.5l)	9.58	ca 1320	1960
Diesel (2.0l)	7.37	ca 940	1904
Biogas	6.15	ca 850	1560
Hybrid	3.75 (bensin och el)	ca 520	593
El	2	Ca 276	0

Sammanställningen i Tabell 6 visar att de årliga bränslekostnaderna för bensinbilen är betydligt högre än de andra samt att CO₂ är högst. Gasbilen har både en lägre förbrukning och mindre CO₂ utsläpp än dieselbilen (effekten är visserligen lite lägre men skulle ändå bättre värden om den hade samma effekt som dieselbilen). Hybridbilen har samma bensinmotor som bensinbilen (110 kW), men har betydligt lägre bränslekostnader och koldioxidutsläpp på en årlig nivå. Här kan man konstatera att elmotorn hjälper, åtminstone i det här fallet, att förbättra på bensinmotorers förbrukning och miljöpåverkan.

Elbilen årliga bränslekostnader är ca 276 € vilket betyder i den är vid användning det billigaste alternativet i längden. Om man använder de utsläpps siffror för batteritillverk-

ning som nämndes tidigare i arbetet (ca 60-150 kg CO₂/kWh^[46]) skulle det innebära att batteriet i det här exemplet skulle producera ca 2,2-5,4 ton koldioxid. Jämfört med en bensinbil skulle elbilen bli miljövänlig efter 17 000 - 44 000 kilometer. Detta betyder att i denna jämförelse är elbilen miljövänligare än eftersom utsläppsfri körning kan uppnås före batteriets potentiella livscykel tar slut enligt garanti (160 000 km). Förutsatt att elen är koldioxidfri vill säga.

7 MILJÖMÅL OCH UTSLÄPPSKRAV

Enligt FN:s klimatpanel (IPCC) får den högsta globala medeltemperaturförändringen vara högst 1,5 grader Celsius. Att överskrida den här siffran kan leda till oåterkalleliga konsekvenser orsakade av klimatuppvärmningen. För att förhindra detta måste koldioxidneutralitet uppnås senast år 2050 där likadana klimatmål finns i Parisavtalet från 2015 underskrivet av 195 länder, däribland EU (Finland). I Parisavtalet finns viktiga beslutspunkter som bland annat att ambitionerna skall ökas efterhand, ha sammanträden vart femte år samt att industrialiserade länder skall stöda utvecklingsländer i form av finansiering och teknik^{[77][78]}.

Koldioxidneutralitet betyder att mängden koldioxidutsläpp som släpps ut binds eller tas upp i koldioxidsänkor, vilket betyder att balansen mellan utsläpp och upptagning är noll. En koldioxidsänka är något som tar upp mera koldioxid än vad det avger. De största koldioxidsänkorna är jorden, skogar och hav. De finns inte i nuläget några artificiella koldioxidsänkor vilket betyder att vi måste förlita oss på naturen. Koldioxiden släpps ut tillbaka i atmosfären i samband med till exempel skogsbränder och avverkning. Man kan även minska på koldioxidutsläpp genom att klimatkompensera vilket betyder att man kan kompensera för en sektor t.ex. industri med en annan sektor ex. förnybar energi^[77].

7.1 EU

EU:s mål är att bli koldioxid neutralt senast år 2050, därför har man satt upp ett delmål att minska på växthusgaserna till 2030 med 40% jämfört med 1990:s nivåer. De andra stora sektorerna för koldioxidutsläpp som energi, industri, bostäder och jordbruk har minskat sina utsläpp 2016 jämfört med 1990 medan transportsektorn har ökat (Bilaga 5). EU har satt upp ett mål för transportsektorn där utsläppen skall vara år 2050 60% lägre än 1990:s nivåer ^[48].

För att uppnå lägre koldioxidutsläpp på personbilar har EU bestämt att biltillverkares nya bilar från 2021 skall ha ett genomsnittligt utsläpp av koldioxid på högst 95g CO₂/km. Detta betyder att hela biltillverkarens flotta måste på ett genomsnitt nå 95g CO₂/km. Överskridning av det genomsnittliga koldioxidvärdet leder till böter. Eftersom det här utsläppsvärdet bara gäller vid endast användning vid själva användningen klassas elbilar som nollutsläpp. Detta betyder att biltillverkare måste klimatkompensera sina bilar som har förbränningsmotorer, speciellt de med hög förbrukning t.ex. sportbilar, med hybrid- och elbilar. Misslyckandet av att uppnå medeltalet CO₂ bestraffas med böter. Dessutom bör 35% av alla nya bilar i EU år vara antingen hybrid- eller elbilar år 2030. För att uppnå dessa krav krävs det stöd för att underlätta bilindustrins skifte mot renare bilar genom att skydda jobb och stödja tillverkningen av bilbatterier i Europa ^[79].

Kraven på NO_x och partikelmängder klassas i utsläppskraven Euro 1-6 där Euro 6 är den nyaste som trädde i kraft 2015. Tabell 7 visar hur utsläppskraven har ändrat längs med åren. För Euro 6 så är kraven på partikelmängder samma för bensin och diesel medan den högsta tillåtna mängden NO_x för diesel är något högre. Förändringen från Euro 5 till Euro 6 tillämpades för att sänka på NO_x utsläppen i dieslbilar.

Tabell 7. Euro 1-6 utsläppskrav

Euro standard	Introduction dates		Petrol		Diesel		Petrol & Diesel
	New approvals	All new registrations	NOx (g/km)	Mass of particles (g/km)	NOx (g/km)	Mass of particles (g/km)	Number of ultra-fine particles per km
Euro 1	1 July 1992	31 December 1992	0.97 ⁽¹⁾	-	0.97 ⁽¹⁾	0.14	-
Euro 2	1 January 1996	1 January 1997	0.5 ⁽¹⁾	-	0.9 ⁽¹⁾	0.1	-
Euro 3	1 January 2000	1 January 2001	0.15	-	0.5	0.05	-
Euro 4	1 January 2005	1 January 2006	0.08	-	0.25	0.025	-
Euro 5	1 September 2009	1 January 2011	0.06	0.0045 ⁽²⁾	0.18	0.0045	6 × 10 ¹¹ (3)
Euro 6	1 September 2014	1 September 2015	0.06	0.0045 ⁽²⁾	0.08	0.0045	6 × 10 ¹¹ (4) (5)

⁽¹⁾ Expressed as HC+NOx.
⁽²⁾ Applicable to direct injection petrol engines.
⁽³⁾ Applicable to diesel engines only.
⁽⁴⁾ Limit of 6 × 10¹¹ in the case of direct injection petrol engines.
⁽⁵⁾ Common limit of 6 × 10¹¹ for direct injection petrol engines and diesel engines from September 2017/September 2018.

7.2 Finland

Finland har som mål att bli koldioxid neutralt redan år 2035 eftersom Finland ligger före EU:s plan på att sänka växthusgasutsläppen jämfört med 1990:s nivåer [80]. Som tidigare nämnts så skall 30 % av sålda bränslen vara biobränslen samt 250 000 hybrid- eller elbilar år 2030.

8 DISKUSSION

Bilen som transportmedel kommer alltid att finnas i någon form. De bränslen som vi använder nu och i framtiden kommer att ha en stor betydelse för hur vårt klimat påverkas. Vi får inte glömma att oljesektorn är ekonomiskt betydande med ledande marknadsandelar vilket försvårar etableringen av alternativa miljövänligare lösningar. Detta betyder att länder där oljan är en betydande del är eventuellt inte intresserade att byta till andra bränslen. Samtidigt som fossila bränslen må vara en miljöbov kan vi inte bara helt

plötsligt ersätta dem med något annat bränsle utan stora investeringar och krävande utbyggnader av infrastruktur.

Elbilarna kan anses som utsläppsfria vid användning men när det kommer till batteritillverkning har de stora utsläpp. Problemet med batteritillverkningens livscykelanalyser är att de alla ger olika resultat för utsläppsvärden. Här borde biltillverkarna presentera mera exakta koldioxidutsläppsvärden vid batteritillverkning på en enskild bil. Med dessa värden kunde man som konsument fundera på om en bättre räckvidd är värt det extra klimatavtrycket. Elen som används är som sagt viktig för elbilens klimatavtryck. Förnybara energikällor är bättre för miljön och att beställa någon form av miljö el, även om det är dyrare, leder till att utbyggnaden av dem ökar. Tills hela elproduktionen är koldioxidneutral har elbilarna ändå ett klimatavtryck vid användning. Detta på grund av att fossila bränslen används i så fall på andra områden om elbilar exklusivt använder förnybar energi.

Trots att biobränslen potentiellt kan ha liknande om inte mindre klimatpåverkan än elbilar talas det inte så ofta om dem i media. Biobränslets sämre popularitet kan bero på att biobränslen anses som smutsiga eftersom de ofta härstammar från avfall medan el ses som en "ren" energiform.

Bränslecellsbilar är kanske den mest intressanta formen av bränsle med sitt futuristiska sätt att producera el i fordonet med bara vatten som biprodukt. Visserligen finns det frågetecken och problem angående framställning och förvaring av vätgas, men ifall man hittar lösningar på dessa kan bränslecellsbilar bli en viktig kandidat för framtidens bränsle i personbilar.

Det kommer att bli spännande att följa med hur utvecklingen av bränslen och bilar förändras under det kommande decenniet i form av priser och teknologi. För framtida arbeten skulle man kunna med rätt resurser göra egna livscykelanalyser på batteritillverkningen eller helt enkelt fråga av biltillverkarna. Dessutom skulle biobränslena kunna analyseras noggrannare för att ta reda på deras potential jämfört med t.ex. elbilar.

Slutligen vill jag säga att enligt min personliga åsikt finns det inget som kan jämföra sig med en gammal bensinbil i form av körglädje och känsla. Elbilar kan inte enligt mig i nuläget erbjuda de två sistnämnda men som ett fordon för vardagliga ärenden skulle jag kunna tänka mig en elbil. Biobränslen eller småskalig användning av bensin blir troligtvis det som jag kommer att använda i framtiden om jag har en äldre bil i användning bara för nöjets skull.

9 SAMMANDRAG

Bensin- och dieseldrivna bilar har varit och kommer att vara de närmaste åren de vanligaste bilarna på vägarna. Infrastrukturen har byggts runt dessa bränslen i över hundra års tid vilket betyder att världen är utformad efter användning av dessa bränslen. Utsläppen från fossila bränslen måste minska för att vi skall uppnå målet att begränsa medeltemperaturhöjningen till 1,5 grader Celsius. För att minska på användningen av fossila bränslen har man höjt skatter och infört strängare utsläppskrav på nya bilar. Om man jämför diesel- och bensinbilar med varandra så har dieslbilar generellt sett mindre klimatpåverkan globalt men är skadligare lokalt.

Biobränslen kan minska på utsläppen eftersom de generellt sett har lägre koldioxidutsläpp under hela bränslets livscykel och räknas som förnybara bränslen. Biobränslena är en lösning som kan tillämpas direkt för att sänka på utsläppen t.ex. i äldre bilar som inte uppnår lika snåla utsläpp som moderna bilar. För att kunna utnyttja biobränslets fulla potential som ett koldioxidneutralt bränsle måste de utvinnas främst ur restprodukter. Biobränslen som skapas ur grödor som har såatts får inte orsaka konkurrens om odlingsmark med ätbara grödor.

El som bränsle ser ut som framtiden i nuläget för personbilar. Antalet hybridbilar har ökat avsevärt det senaste decenniet där elmotorn hjälper förbränningsmotorn att uppnå bättre bränsle och utsläppsnivåer, vilket betyder att man smidigt kan använda båda teknologierna. De helt elektriska bilarna har en potential att ha lägre utsläppsnivåer än bensin- och dieslbilar. Laddningstiden och räckvidden förbättras i takt med att batteritek-

nologin går framåt samtidigt som infrastrukturen byggs ut. Batteritillverkningen är en kostsam process som skapar ett stort klimatavtryck, vilket påverkar inköspriset och elbilens miljöpåverkan. Elbilar blir bättre för miljön efter ett visst kilometerantal jämfört med fossila bränslen där användningen av förnybara och koldioxidfria energikällor för elproduktion avgör användningen av elbilars koldioxidutsläpp. Detta betyder att i framtiden måste andelen fossila bränslen i elproduktionen minskas för att elbilar skall vara lönsamma miljömässigt.

Bränslecells-bilar erbjuder ett spännande alternativ till elbilar där egenskaper som att kunna tanka bilen vilket eliminerar batteriernas laddningstider. Däremot behövs bl.a utbyggnad av infrastruktur och bättre teknologier för framtagning av vätgas samt dess förvaring.

KÄLLOR

Böcker

[a] Ferguson, Colin R, 2015, Internal combustion engines: Applied thermosciences, tredje utgåvan

[b] Dahiya, Anju, 2015, Bioenergy: Biomass to biofuels

Internetkällor

[1] Fordonslag <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2002/20021090> hämtad den 13.5.2020

[2] Liikennekäytössä olevan autokannan kehitys
http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/ajoneuvokannan_kehitys hämtad den 29.3.2020

[3] Förbränningsmotorn <https://www.tekniskamuseet.se/lar-dig-mer/100-innovationer/forbranningsmotorn/> hämtad den 2.2.2020

[4] Henkilöautokanta käyttövoimittain
http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/autokanta_kayttovoimittain/henkilöautokanta_kayttovoimittain hämtad den 28.2.2020

[5] Most EU cars run on petrol <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20191024-1> hämtad den 14.5.2020

[6] SBPI Produktion <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/produktion/> hämtad den 3.5.2020

[7] SBPI Raffinering av råolja <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/produktion/raffinering-av-raolja/> hämtad den 3.5.2020

[8] Automotive industry and climate change
http://www.aut.fi/en/environment/automotive_industry_and_climate_change hämtad den 21.2.2020

[9] Internal combustion engine basics <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/internal-combustion-engine-basics> hämtad den 2.2.2020

[10] Utsläpp av växthusgaser per land och sektor Europaparlamentet
<https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20180301STO98928/utslapp-av-vaxthusgaser-per-land-och-sektor-nyhetsgrafik> hämtad den 13.5.2020

[11] Combustion engine for power generation: Introduction <https://www.wartsila.com/energy/learn-more/technical-comparisons/combustion-engine-for-power-generation-introduction> hämtad den 15.4.2020

[12] Thermal efficiency https://energyeducation.ca/encyclopedia/Thermal_efficiency hämtad den 14.5.2020

[13] Benz patent motor car. The first automobile (1885-1886)
<https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html> hämtad den 13.2.2020

- [14] Toyotas nya bensinmotor kan nå 40 procents verkningsgrad
<https://www.nyteknik.se/fordon/toyotas-nya-bensinmotor-kan-na-40-procents-verkningsgrad-6901727>
hämtad den 18.2.2020
- [15] Bensiini
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/valitse-auto-viisi-aasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/flexfuel-eli-etanoli-bensiiniauto> hämtad den 23.4.2020
- [16] Håller förbränningsmotorn på att komma till sin ändhållplats?
<https://svenska.yle.fi/artikel/2018/12/09/haller-forbranningsmotorn-pa-att-komma-till-sin-andhallplats>
hämtad den 23.3.2020
- [17] Diesel fuel <https://www.britannica.com/technology/diesel-fuel> hämtad den 18.2.2020
- [18] Diesel engine <https://www.britannica.com/technology/diesel-engine> hämtad den 18.2.2020
- [19] Fakta om kväveoxider i luft <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kvaveoxider/> hämtad den 10.5.2020
- [20] 15 major cities around the world that are starting to ban cars
<https://www.businessinsider.com/cities-going-car-free-ban-2018-12?r=US&IR=T> hämtad den 8.5.2020
- [21] Helsingfors miljözon <https://www.hel.fi/helsinki/sv/kartor-och-trafik/gator/miljokonsekvenser/zon>
hämtad den 8.5.2020
- [22] Elbil och hybridbil <https://www.renaultforsaking.se/elbil/hybridbil> hämtad den 18.3.2020
- [23] Ensirekisteröidyt henkilöautot käyttövoimittain
http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kayttovoimat/henkiloautojen_kayttovoimatilastot hämtad den 18.2.2020
- [24] Megaprocess mot Volkswagen – 450 000 bilägare kräver pengar
<https://www.svt.se/nyheter/utrikes/megaprocess-mot-vw-450-000-bilagare-kraver-pengar> hämtad den 5.4.2020
- [25] The EU’s response to the “dieseltgate” scandal
https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/brp_vehicle_emissions/brp_vehicle_emissions_en.pdf
hämtad den 5.4.2020
- [26] IJER editorial: The future of the internal combustion engine
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1468087419877990> hämtad den 14.5.2020
- [27] We will never run out of oil <https://www.thoughtco.com/we-will-never-run-out-of-oil-1146242>
hämtad den 5.4.2020
- [28] Fuel-Saving Innovations <https://www.consumerreports.org/fuel-economy-efficiency/fuel-saving-innovations/> hämtad den 13.5.2020
- [29] The great electric car race is just beginning
<https://edition.cnn.com/interactive/2019/08/business/electric-cars-audi-volkswagen-tesla/> hämtad den 14.5.2020
- [30] Koeajossa Tesla Model 3 – alkuihastuksesta karuun todellisuuteen
<https://teknavi.fi/autot/koeajossa-tesla-model-3-alkuihastuksesta-karuun-todellisuuteen> hämtad den 23.4.2020

- [31] Best-selling plug-in electric vehicle models worldwide in 2019
<https://www.statista.com/statistics/960121/sales-of-all-electric-vehicles-worldwide-by-model/> hämtad den 14.5.2020
- [32] Liikennekäytössä olevat sähköautot
http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys hämtad den 13.4.2020
- [33] Elbilens historia – del 1 <https://teknikensvarld.se/elbilens-historia-del-1/> hämtad den 18.3.2020
- [34] Sähköautoilla huristeltiin jo 100 vuotta sitten <https://yle.fi/uutiset/3-8042447> hämtad den 18.3.2020
- [35] Sähköautot, uhka vai mahdollisuus <https://www.fingridlehti.fi/sahkoautot-uhka-vai-mahdollisuus/> hämtad den 3.5.2020
- [36] Elmotorn – så fungerar den <https://teknikensvarld.se/elmotorn-sa-fungerar-den-116707/> hämtad den 19.3.2020
- [37] Han tror på elbilens framtid <https://www.finlandsnatur.naturochmiljo.fi/artiklar/miljoteknik/article-91890-36531-han-tror-pa-elbilens-framtid> hämtad den 19.4.202
- [38] Sähköautot
https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viis_aasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot hämtad den 19.4.2020
- [39] All about electric car batteries <https://www.edfenergy.com/electric-cars/batteries> hämtad den 29.3.2020
- [40] A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> hämtad den 13.5.2020
- [41] Electric vehicle driving in sub-zero temperatures <https://www.virta.global/blog/ev-driving-in-sub-zero-temperatures> hämtad den 9.5.2020
- [42] Egen laddstation för elbilen <https://www.helen.fi/sv/elbilar/egen-laddstation-for-elbilen> hämtad den 2.4.2020
- [43] Sähköauton lataus <https://www.lumme-energia.fi/sahkoauton-lataus> hämtad den 15.5.2020
- [44] P3 Charging index - Comparison of the fast charging capability of various electric vehicles from a user's perspective <https://www.p3-group.com/en/p3-charging-index-comparison-of-the-fast-charging-capability-of-various-electric-vehicles-from-a-users-perspective/> hämtad den 28.4.2020
- [45] Elbilars batterier påverkar klimatet kraftigt <https://teknikensvarld.se/elbilars-batterier-paverkar-klimatet-kraftigt-481493/> hämtad den 11.4.2020
- [46] Elbilars batterier påverkar miljö och klimat allt mindre <https://teknikensvarld.se/elbilars-batterier-paverkar-miljo-och-klimat-allt-mindre/> hämtad den 28.4.2020
- [47] Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives - TERM 2018 : Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report s. 27 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c2046319-0731-11e9-81b4-01aa75ed71a1> hämtad den 2.5.2020
- [48] Koldioxidutsläpp från bilar i siffror
<https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20190313STO31218/koldioxidutslapp-fran-bilar-i-siffror-nyhetsgrafik> hämtad den 11.4.2020

- [49] Sähköauton hankintatuki <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki> hämtad den 23.4.2020
- [50] Research into lithium-oxygen batteries could boost performance of electronics, cars <https://phys.org/news/2019-01-lithium-oxygen-batteries-boost-electronics-cars.html> hämtad den 15.4.2020
- [51] Why americans don't buy EVs <https://www.forbes.com/sites/brookecrothers/2019/09/22/why-americans-dont-buy-electric-cars-hey-the-tesla-model-3-isnt-that-popular/#46fe3a8537fd> hämtad den 15.4.2020
- [52] Framtidens laddning <http://emobility.se/startsidea/laddinfrastruktur/framtidens-laddning/> hämtad den 15.4.2020
- [53] A brief history of biofuels: from ancient history to today <http://www.biofuelnet.ca/nce/2013/07/31/a-brief-history-of-biofuels-from-ancient-history-to-today/> hämtad den 2.5.2020
- [54] Biobränsle <https://el.se/biobr%C3%A4nsle> hämtad den 22.4.2020
- [55] Lagen om främjande av användningen av biodrivmedel för transport <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2007/20070446> hämtad den 27.4.2020
- [56] Bioenergian käyttö https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto hämtad den 27.4.2020
- [57] Basdata om Biogas <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/BasdataomBiogas2012.pdf> hämtad den 22.4.2020
- [58] Biogas – ecofriendly all the way source to tank <https://www.gasum.com/en/For-private-customers/Fill-up-on-gas/miksi-biokaasu/biogas--eco-friendly-all-the-way-from-source-to-tank/> hämtad den 22.4.2020
- [59] Biokaasu https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu hämtad den 22.4.2020
- [60] Rapport: Kostnadseffektiva åtgärder behövs för att stödja el- och gasbilar https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/10616/raportti-sahko-ja-kaasuautot-tarvitsevat-kustannustehokkaita-tukitoimia?_101_INSTANCE_LZ3RQQ4vvWXR_languageld=sv_SE hämtad den 3.5.2020
- [61] Biofuels explained: ethanol <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/ethanol.php> hämtad den 22.4.2020
- [62] Flexfuel eli etanoli-bensiiniauto https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/flexfuel_eli_etanoli-bensiiniauto hämtad den 22.4.2020
- [63] What is the difference between renewable diesel and traditional biodiesel - if any? <https://www.neste.com/what-difference-between-renewable-diesel-and-traditional-biodiesel-if-any> hämtad den 27.4.2020
- [64] Vad är skillnaden mellan Neste MY Renewable Diesel™ (HVO) och biodiesel FAME? <https://www.neste.se/vad-%C3%A4r-skillnaden-mellan-neste-my-renewable-diesel%E2%84%A2-hvo-och-biodiesel-fame> hämtad den 27.4.2020

- [65] Reduced emissions <https://www.neste.com/companies/products/renewable-fuels/neste-my-renewable-diesel/reduced-emissions> hämtad den 27.4.2020
- [66] Hydrogen fuel cell cars: everything you need to know <https://www.bmw.com/en/innovation/how-hydrogen-fuel-cell-cars-work.html> hämtad den 27.4.2020
- [67] Polttokennoauto https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viis-aasti/autotyyppe/polttokennoauto hämtad den 28.4.2020
- [68] Vätgas <https://www.energigas.se/library/1684/vaetgasbroschyr.pdf> hämtad den 28.4.2020
- [69] Hydrogen or battery? A clear case, until further notice <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/08/hydrogen-or-battery--that-is-the-question.html> hämtad den 28.4.2020
- [70] Wasserstoff <https://www.shell.de/energie-und-innovation/mobilitaet/wasserstoff.html> hämtad den 28.4.2020
- [71] Toyota Mirai <https://www.toyota.de/automobile/mirai/ausstattungen-und-spezifikationen> hämtad den 13.5.2020
- [72] Henkilöautojen ensirekisteröinnit malleittain 2019 http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/henkiloautojen_vuosittaiset_merkit_ja_mallitilastot/2019/henkiloautojen_ensirekisteroinnit_malleittain_2019 hämtad den 29.4.2020
- [73] Tieliikenteen ajokilometreissä edelleen hienoista kasvua <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2019/tieliikenteen-ajokilometreissa-edelleen-hienoista-kasvua/?listing=simple> hämtad den 29.4.2020
- [74] Polttoainehinnat euroopassa <https://www.autoliitto.fi/polttoainehinnat-euroopassa> hämtad den 30.4.2020
- [75] Suomen sähkö yhä edullista <https://www.energiuutiset.fi/etusivu/suomen-sahko-yha-edullista.html> hämtad den 12.5.2020
- [76] Maa- biokaasun hinnat tankkausasemilla <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkaushinnat/> hämtad den 30.4.2020
- [77] Vad betyder koldioxidneutralitet och hur kan det uppnås till år 2050? <https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20190926STO62270/vad-betyder-koldioxidneutralitet-och-hur-kan-det-uppnas-till-ar-2050> hämtad den 28.4.2020
- [78] Parisavtalet <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Klimatkonventionen/Parisavtalet/> hämtad den 28.4.2020
- [79] Mindre utsläpp av koldioxid: Vad innebär de nya utsläppsmålen för bilar? <https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20180920STO14027/mindre-utslapp-av-koldioxid-vad-innebar-de-nya-utslappsmalen-for-bilar> hämtad den 28.4.2020
- [80] 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi> hämtad den 13.5.2020

Figurer

Figur 1

https://www.bmw.com/content/dam/bmw/marketBMWCOM/bmw_com/categories/Innovation/evs-explained/ee-03-media-hd-en.jpg?imwidth=1920 hämtad den 30.4.2020

Figur 2 <https://cdn.britannica.com/s:1500x700,q:85/72/93572-004-26C16785/engine-strokes-combustion-intake-compression-exhaust-stroke.jpg> hämtad den 29.3.2020

Figur 3

https://www.bmw.com/content/dam/bmw/marketBMWCOM/bmw_com/categories/Innovation/evs-explained/ee-04-media-hd-en.jpg?imwidth=1920 hämtad den 30.4.2020

Figur 4 https://energia.fi/files/1357/textsize/Elproduktion_2015.png hämtad den 3.5.2020

Figur 5 <http://www.classicmotor.se/artiklar/experten/20130521/hur-fungerar-en-elmotor/> hämtad den 29.3.2020

Figur 6

https://www.bmw.com/content/dam/bmw/marketBMWCOM/bmw_com/categories/Innovation/evs-explained/ee-02-media-hd-en.jpg?imwidth=1920 hämtad den 2.5.2020

Figur 7 <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> hämtad den 13.5.2020

Figur 8 https://www.p3-group.com/wp-content/uploads/EN_Press-Information_P3-Charging-Index_Bild_03.jpg hämtad den 2.5.2020

Figur 9

<https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20190313STO31218/koldioxidutslapp-fran-bilar-i-siffror-nyhetsgrafik> hämtad den 14.4.2020

Figur 10

https://www.bmw.com/content/dam/bmw/marketBMWCOM/bmw_com/categories/Innovation/wasserstoff/wss-02-media-hd-en.jpg?imwidth=1920 hämtad den 27.4.2020

Tabeller

Tabell 1

http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/autojen_ensirekisteroinnit_ajoneuvolajeittain hämtad den 29.3.2020

Tabell 2

http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kayttovoimat/henkiloautojen_kayttovoimatilastot hämtad den 29.3.2020

Tabell 3 <https://omaavoimaa.fi/artikkelit/liikenteessa-jo-yli-3-miljoonaa-sahkoautoa> hämtad den 29.3.2020

Tabell 4-6 <https://www.volkswagen.fi/fi/mallit/golf.html#MOFA> hämtad den 25.4.2020

Tabell 7 https://www.acea.be/uploads/news_images/Euro_Standard_limits_PC_1000.png
hämtad den 2.5.2020

Bilagor

Bilaga 1

https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/energiالاhteet 15.3.2020

Bilaga 2 <https://www.traficom.fi/fi/ajavaihtoehtoa/sahkoauto> hämtad den 12.4.2020

Bilaga 3 <https://www.traficom.fi/fi/ajavaihtoehtoa/kaasuauto> hämtad den 12.4.2020

Bilaga 4-5

<https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20190313STO31218/koldioxidutslapp-fran-bilar-i-siffror-nyhetsgrafik> hämtad den 2.5.2020

Bilaga 6-8 <https://www.volkswagen.fi/fi/mallit/golf.html#MOFA> hämtad den 27.4.2020

BILAGOR

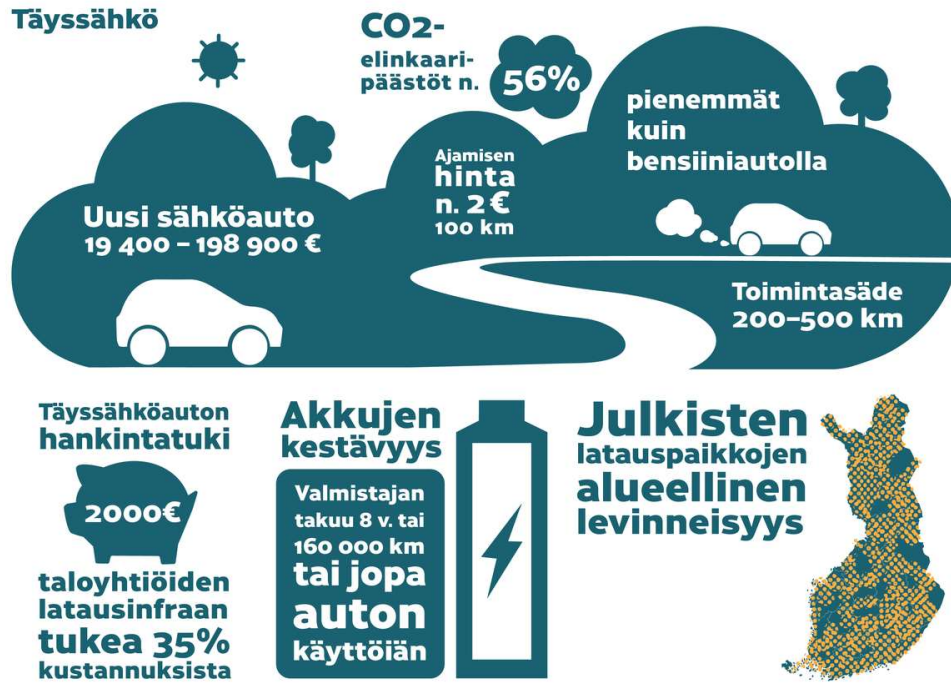
Bilaga 1

Energialähde	Energiasisältö kWh/litra	Kasvihuonekaasupäästöt (elinkaari) g CO ₂ ekv./kWh	Kasvihuonepäästöjen vähenemä *	HUOM!
Bensiini (E0)	8,9	302	-	
Etanoli	5,8	45 - 91	70 - 85 %	lignoselluloosasta
Bensiini (E10)	8,6	-	-	
Korkeaseosetanoli (E85)	6,3	-	-	
Diesel (B0)	10,0	302	-	
Biodiesel (perinteinen FAME)	9,2	51 - 245	19 - 83 % (EU:ssa minimi 35 % **)	määrittelemätön palmuöljy - biodiesel kasvi- tai eläinöljyjätteestä
Uusiutuva diesel	9,4	15 - 223	26 - 95 % (EU:ssa minimi 35 % **)	määrittelemätön palmuöljy - uusiutuva diesel jätetuusta
Diesel (B7, FAME)	9,9	-	-	
Diesel (B20, uusiutuva diesel)	9,9	-	-	
Maakaasu	13,9 kWh/kg	255	-	
Biokaasu	13,9 kWh/kg	54 - 83	67 - 79 %	yhdyskuntajäte - kuivalanta
Sähkö	-	0 - 207 - 700	-	uusiutuva - keskimääräinen - marginaali

* fossiiliseen vertailupolttoaineeseen nähden (esim. etanolilla bensiini, biokaasulla maakaasu jne.)

** EU:n alueella biopolttoaineen minimivaatimuksena 35 prosentin päästövähennys

Bilaga 2

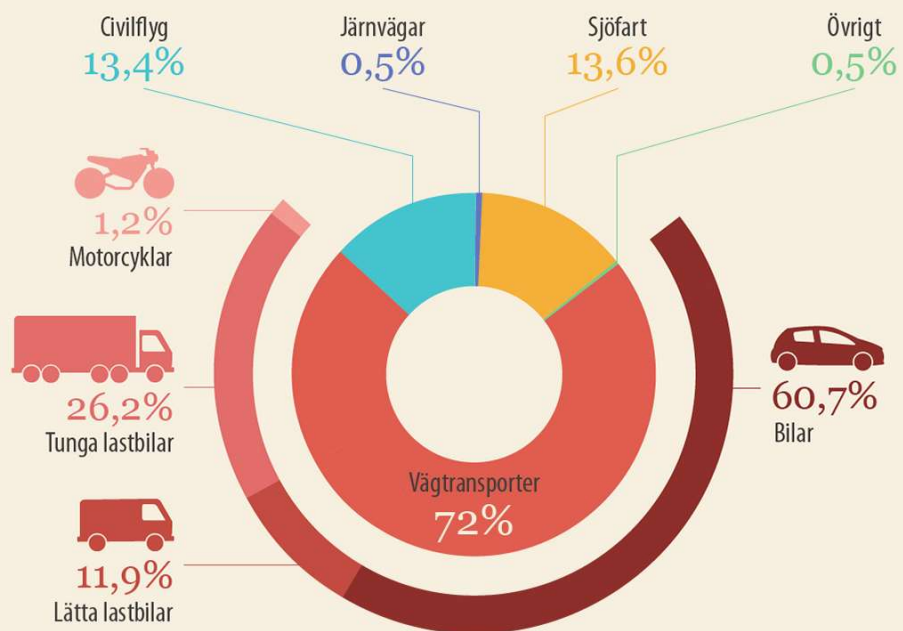


Bilaga 3



KOLDIOXIDUTSLÄPP FÖR TRANSPORTER I EU

Utsläpp fördelat på transportsätt (2016)

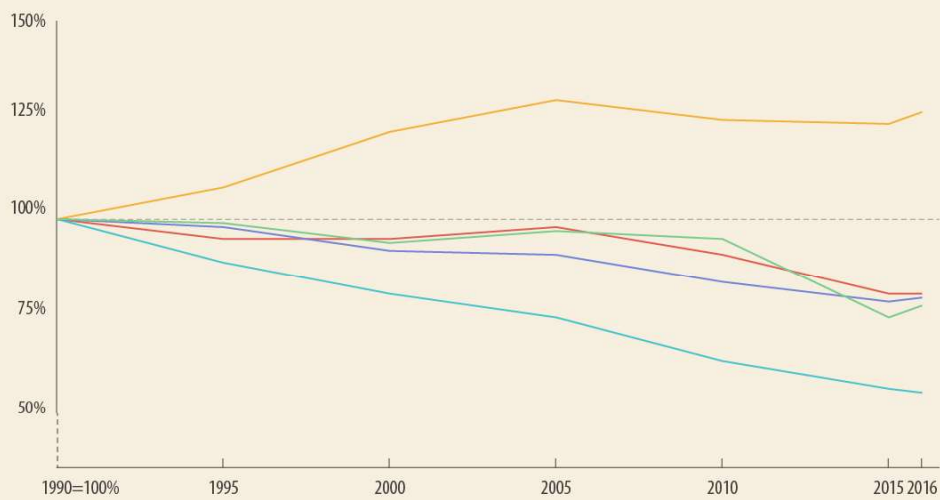


Källa: Europeiska miljöbyrån

Bilaga 5

KOLDIOXIDUTSLÄPP I EU

Utvecklingen av koldioxidutsläpp per sektor (1990-2016)



⚡ Energi 🚚 Transport 🏭 Industri* 🏠 Bostäder 🚜 Jordbruk, skogsbruk, fiskeri

* Tillverknings- och byggindustri

Källa: Europeiska miljöbyrå



Bilaga 6



Golf

HINNASTO (WLTP) - EI UUSIA TEHDASTILAUKSIA, VAIN TILAUSKANNASSA OLEVAT AUTOT

Pvm 20.11.2019

Nro 162

KOODI	MALLI	Teho kW/hv	Vaihteisto	EU-yhd. l/100km	CO ₂ g/km *	Vapaa-autoetu	Käyttö-etu	Verotusarvo €	Autoveroton hinta € (sis. alv 24%)	Arvioitu autovero €	Kokonais-hinta €
BENSIINI											
BQ12AA	¹⁾ Trendline 1,0 TSI 63 kW	63/85	M5	5,7	128	510	345	18 440	2 144,46	20 584,46	
BQ12CX	¹⁾ Trendline 1,0 TSI 85 kW	85/115	M6	5,7	126	520	355	19 180	2 119,40	21 299,40	
BQ13CX	¹⁾ Comfortline 1,0 TSI 85 kW	85/115	M6	5,7	124	550	385	21 610	2 291,13	23 901,13	
BQ14CZ	¹⁾ Highline 1,0 TSI 85 kW DSG-automaatti	85/115	A7	6,2	140	600	435	23 770	3 585,90	27 355,90	
BQ13GP	¹⁾ Comfortline 1,5 TSI EVO 96 kW BLUEMOTION	96/130	M6	6,0	127	570	405	22 330	2 550,79	24 880,79	
BQ14GL	¹⁾ Highline 1,5 TSI EVO 96 kW BLUEMOTION DSG-automaatti	96/130	A7	6,0	136	610	445	24 590	3 404,50	27 994,50	
BQ13KE	¹⁾ Comfortline 1,5 TSI EVO 110 kW DSG-automaatti	110/150	A7	6,3	142	600	435	23 840	3 778,14	27 618,14	
BQ14KE	¹⁾ Highline 1,5 TSI EVO 110 kW DSG-automaatti	110/150	A7	6,3	142	640	475	26 260	4 165,99	30 425,99	
BQ19VE	¹⁾ GTI Performance 2,0 TSI 180 kW DSG-automaatti	180/245	A7	7,5	170	790	625	31 830	9 112,25	40 942,25	
BQ1RXH	¹⁾ R 2,0 TSI 221 kW 4MOTION DSG-automaatti	221/300	A7	8,6	195	1 020	855	41 540	15 777,30	57 317,30	
MAA- JA BIOKAASU / BENSIINI											
BQ12FX	¹⁾ Trendline 1,5 TGI 96 kW BLUEMOTION	96/130	M6	4,1 **	113	560	395	22 610	1 911,26	24 521,26	
BQ13FZ	¹⁾ Comfortline 1,5 TGI 96 kW BLUEMOTION DSG-automaatti	96/130	A7	4,1 **	113	630	465	27 400	2 321,01	29 721,01	
BQ14FZ	¹⁾ Highline 1,5 TGI 96 kW BLUEMOTION DSG-automaatti	96/130	A7	4,1 **	113	640	475	27 770	2 352,60	30 122,60	
SÄHKÖ / BENSIINI											
BQ16YY	¹⁾ ²⁾ GTE Plug-In Hybrid 150 kW DSG-automaatti	150/204	A6	1,9	43	820	655	41 240	1 446,01	42 686,01	

Bilaga 7



Golf

Pvm 20.11.2019

HINNASTO (WLTP) - EI UUSIA TEHDASTILAUKSIA, VAIN TILAUSKANNASSA OLEVAT AUTOT

Nro 162

KOODI	MALLI	Teho kW/hv	Vaihteisto	EU-yhd. l/100km	CO ₂ g/km *	Verotusarvo € Vapaa Käyttö- autoetu	Autoveroton hinta € (sis.alv 24%)	Arvioitu autovero €	Kokonais- hinta €
DIESEL									
BQ127V	1) Trendline 1,6 TDI SCR 85 kW	85/115	M5	4,9	130	550 385	21 310	2 584,18	23 894,18
BQ137V	1) Comfortline 1,6 TDI SCR 85 kW	85/115	M5	4,9	128	590 425	23 530	2 745,03	26 275,03
BQ147Z	1) Highline 1,6 TDI SCR 85 kW DSG-automaatti	85/115	A7	5,2	136	580 415	22 920	3 170,79	26 090,79
BQ136X	1) Comfortline 2,0 TDI SCR 110 kW	110/150	M6	5,1	133	610 445	24 920	3 237,44	28 157,44
BQ136Z	1) Comfortline 2,0 TDI SCR 110 kW DSG-automaatti	110/150	A7	5,3	138	620 455	25 120	3 634,40	28 754,40
BQ146Z	1) Highline 2,0 TDI SCR 110 kW DSG-automaatti	110/150	A7	5,3	138	650 485	26 860	3 888,78	30 748,78

Bilaga 8



e-Golf Juhlamalli

Pvm 20.11.2019

HINNASTO (WLTP)

Nro 163

KOODI	MALLI	Teho kW/hv	Vaihteisto	EU-yhd. l/100km	CO ₂ g/km *	Verotusarvo € Vapaa Käyttö- autoetu	Autoveroton hinta € (sis.alv 24%)	Arvioitu autovero €	Kokonais- hinta €
SÄHKÖ									
BE23D1	e-Golf 100 kW automaatti, akku 35,8 kWh	100/136	A1	15,4 kWh	0	590 545	34 200	889,89	35 089,89
	Sähköauton hankintatuki ¹⁾								-2 000,00
	Volkswagen-Juhlatuki ²⁾								-4 000,00
	Kokonaishinta tukien jälkeen								29 089,89

1) Valtion myöntämä sähköauton hankintatuki koskee yksityishenkilöiden tekemiä täyssähköauton kauppooja tai vähintään 3 vuoden yksityisleasingopimuksia.

2) Volkswagen-Juhlatuki voimassa uusiin e-Golf asiakastilauksiin alkaen 20.11.2019