

# **D5.1<sup>a</sup> INFORMATIE VOOR WAGENPARKEIGENAREN EN -BEHEERDERS**



## Inhoudsopgave

1	INTRODUCTIE.....	3
2	HET SUGRE PROJECT .....	3
3	WELKE ALTERNATIEVE BRANDSTOF PAST HET BESTE BIJ UW WAGENPARK?.....	4
3.1	DIRECTE OMGEVING.....	4
3.2	BINNENSTEDELIJK VERVOER.....	4
3.3	REGIONAAL VERVOER.....	4
3.4	LANGE AFSTANDEN .....	4
3.5	OPERATIONEEL GEBIED.....	5
4	ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN.....	6
4.1	VOORDELEN VAN ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN.....	6
4.2	MAATREGELEN PER TYPE WAGENPARK.....	8
5	VLOEIBARE BIOBRANDSTOFFEN (BIODIESEL, BIOETHANOL) .....	9
5.1	BIODIESEL .....	9
5.1.1	Beschikbare varianten .....	10
5.1.2	Aanbevelingen .....	10
5.2	BIOETHANOL .....	12
5.2.1	Beschikbare varianten .....	12
5.2.2	Aanbevelingen .....	12
6	GASVORMIGE BRANDSTOFFEN (AARDGAS, BIOGAS).....	14
6.1	AARDGAS.....	14
6.1.1	Beschikbare varianten .....	14
6.1.2	Aanbevelingen .....	14
6.2	BIOGAS.....	16
6.2.1	Beschikbare varianten .....	16
6.2.2	Aanbevelingen .....	16
7	ELEKTRISCHE AANDRIJVING.....	17
7.1	ACCUVOERTUIGEN .....	17
7.1.1	Keuze uit varianten .....	17
7.1.2	Aanbevelingen .....	17
7.2	STROOMNETVOERTUIGEN.....	18
7.2.1	Beschikbare varianten .....	18
7.2.2	Aanbevelingen .....	19
8	HYBRIDE VOERTUIGEN .....	20
8.1	BESCHIKBARE VARIANTEN .....	20
8.2	AANBEVELINGEN.....	21
9	BRANDSTOFCELLEN EN WATERSTOF .....	23
9.1	BESCHIKBARE VARIANTEN .....	23
9.2	AANBEVELINGEN .....	23
10	PRAKTIJKVOORBEELDEN .....	25

## 1 INTRODUCTIE

---

### Waarom alternatieve brandstoffen?

In de EU is het verkeer verantwoordelijk voor een geschatte 21% van de uitstoot van broeikasgassen, dat wil zeggen gassen die aan de opwarming van de aarde bijdragen. Tussen 1990 en 2003 nam de totale uitstoot van broeikasgassen in de EU af, maar het aandeel van het verkeer groeide met ongeveer 24%. Een reductie van de broeikasgasemissies door het verkeer kan dus een forse bijdrage leveren aan het halen van de Kyoto-doelstellingen door de EU.

In het Europese verkeer zijn fossiele brandstoffen met een aandeel van 98% de belangrijkste energiebron. Alternatieve brandstoffen namen in 2002 2% voor hun rekening en biobrandstoffen slechts 0,3%. Van de biobrandstoffen in het Europese verkeer bestaat momenteel 80% uit biodiesel en 20% uit bioethanol. De laatste paar jaar evenwel neemt het aandeel biobrandstof toe, dankzij de implementatie van de Europese Richtlijn Biobrandstoffen in meerdere lidstaten.

De EU steunt het gebruik van biobrandstoffen om een aantal redenen: terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen, steun aan de decarbonisatie van verkeersbrandstoffen, diversificatie van brandstofbronnen, nieuwe inkomensmogelijkheden bieden aan landelijke gebieden en de ontwikkeling van duurzame alternatieven voor fossiele brandstoffen. In 2003 hebben het Europees Parlement en de Raad van ministers de Richtlijn 2003/30/EC aangenomen, gericht op het bevorderen van het gebruik van biobrandstoffen in het verkeer. Deze Richtlijn verplichtte de lidstaten om in 2005 2% van alle diesel en benzine door biobrandstof te hebben vervangen, al mocht hiervan onder voorwaarden afgeweken worden.

Automobilisten kunnen grote invloed op het effect van deze maatregelen uitoefenen door zelf schonere auto's te kopen en zuiniger te rijden. In de meeste gevallen levert zulk gedrag zowel financiële besparingen als milieuvoordelen op.

## 2 HET SUGRE PROJECT

---

SUGRE (Sustainable Green Fleets = Duurzame Schone Wagenparken) is een aanvullende maatregel die het gebruik van duurzame en schone aandrijving bevordert en zich voornamelijk richt op wagenparken. Het belangrijkste doel van dit project is het promoten en ondersteunen van de overstap op alternatieve aandrijving (variërend van biobrandstoffen en aardgas tot hybride voertuigen, d.w.z. voertuigen met een gecombineerde elektro-brandstofmotor) alsmede een energie-efficiënt gebruik ervan door de betreffende wagenparken.

Op de website [www.greenfleet.info](http://www.greenfleet.info) vinden wagenparkbeheerders en burgers handleidingen en algemene informatie over alternatieve brandstoffen en aandrijving:

- alternatieve brandstoffen: productie en kosteneffectiviteit van biodiesels, aardgas (CNG en LNG), waterstof, etc.;
- toepasbaarheid van alternatieve brandstoffen in standaard interne verbrandingsmotoren;
- alternatieve aandrijfsystemen: hybride, elektrische voertuigen, vliegwiel, gasturbines, etc.;
- tankmogelijkheden voor alternatieve brandstoffen op bedrijfsterreinen;
- overzicht van autofabrikanten, dealers en garagebedrijven met gespecialiseerde kennis van alternatieve aandrijfsystemen;

- interactieve kaart met een overzicht van tankstations voor alternatieve brandstoffen.

### **3 WELKE ALTERNATIEVE BRANDSTOF PAST HET BESTE BIJ UW WAGENPARK?**

---

Niet iedere alternatieve brandstof is voor alle doeleinden even geschikt. Om u te helpen de beste brandstof voor uw bedrijfsvoering te kiezen, hebben we een stappenplan opgesteld.

De eerste vraag die een wagenparkbeheerder zich moet stellen is waarvoor zijn voertuigen gebruikt worden. Uitgangspunt voor de beantwoording is de meest veeleisende taak binnen het bedrijf.

Wanneer voor een bepaalde brandstof of technologie is gekozen, komt de vraag naar de beste variant of mengverhouding aan de orde. Verderop in deze brochure vindt u een uitgebreid overzicht van alle brandstofvarianten en hun specificaties. U kunt ook bij SUGRE terecht om advies en informatie in te winnen.

De derde stap is succesvol overstappen op de nieuwe technologie. Voor iedere alternatieve brandstof vindt u hiervoor tips en aanbevelingen.

Denk erom: voordat u overstapt op biobrandstoffen moet u eerst controleren in hoeverre uw motor en brandstofsysteem hiervoor geschikt zijn.

De eerste stap is beoordelen wat de actieradius van uw vervoer is.

#### **3.1 DIRECTE OMGEVING**

Voor personenvervoer over voor zeer korte afstanden is **elektrische aandrijving** met behulp van accu's vaak de beste oplossing. Er zijn voertuigen met lage instap te koop, zowel voor goederendistributie als voor personenvervoer.

#### **3.2 BINNENSTEDELIJK VERVOER**

Elektrische aandrijving wordt steeds meer gebruikt in het binnenstedelijk vervoer, denk onder andere aan trolleybussen. **Hybride elektrische voertuigen** bieden de mogelijkheid van de route af te wijken of verder te rijden dan gepland. Andere opties zijn **aardgas onder druk (CNG)** en alle **biobrandstoffen**, ervan uitgaande dat u dagelijks op een vulstation kunt bijtanken.

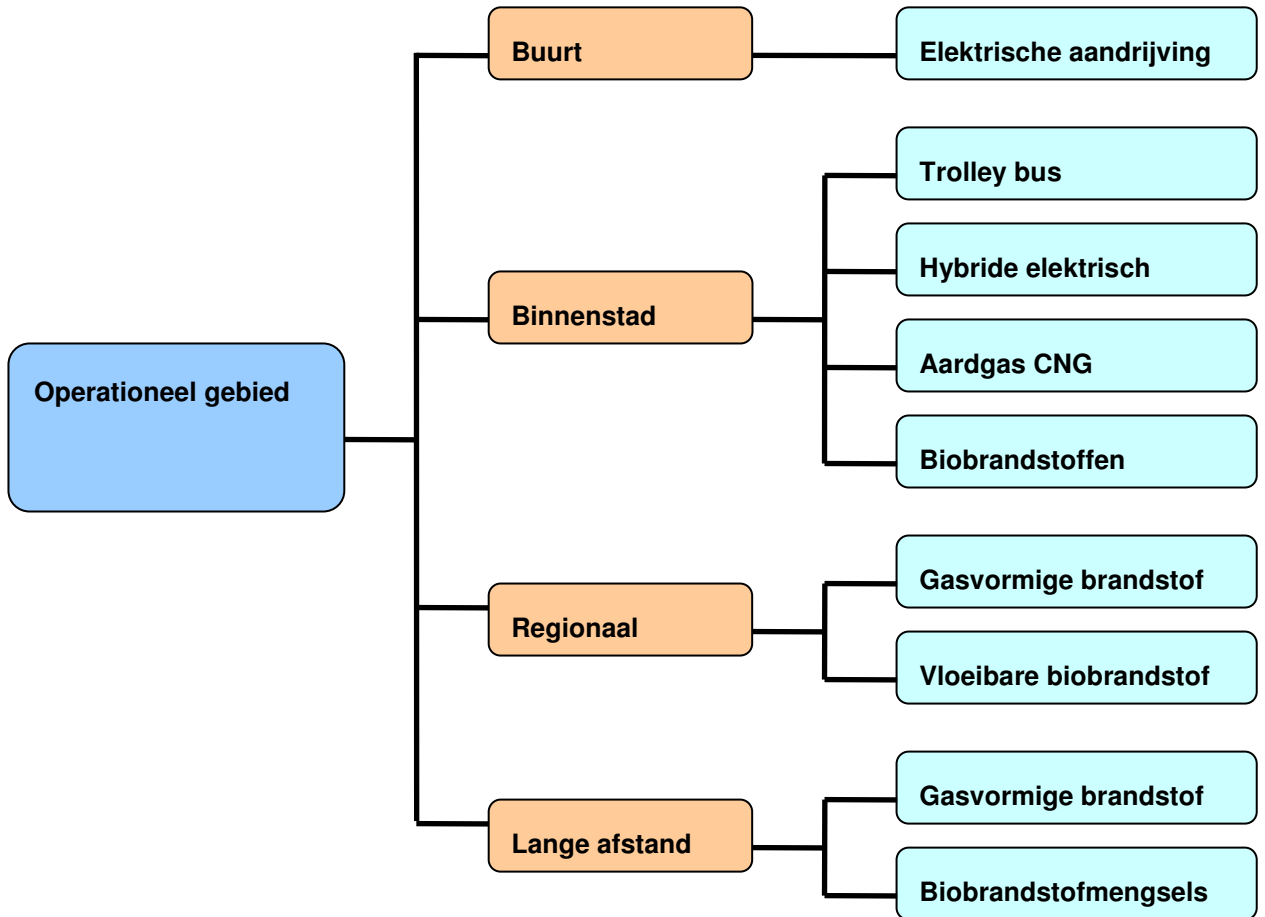
#### **3.3 REGIONAAL VERVOER**

Gebbruik van vloeibare **biobrandstoffen** en biobrandstofmengsels hebben geen negatieve invloed op de passagierscapaciteit. Gasvormige brandstoffen zoals **aardgas** en **biogas** vergen een tank op het dak of een ingebouwde druktank. Meer ruimtegebruik is er niet, waardoor aardgas ook voor het regionaal vervoer geschikt is.

#### **3.4 LANGE AFSTANDEN**

Indien het tanken goed wordt ingepland, zijn gasvormige brandstoffen en biobrandstoffen in hoge **mengverhoudingen** ook voor lange afstanden heel geschikt.

### 3.5 OPERATIONEEL GEBIED



## 4 ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN

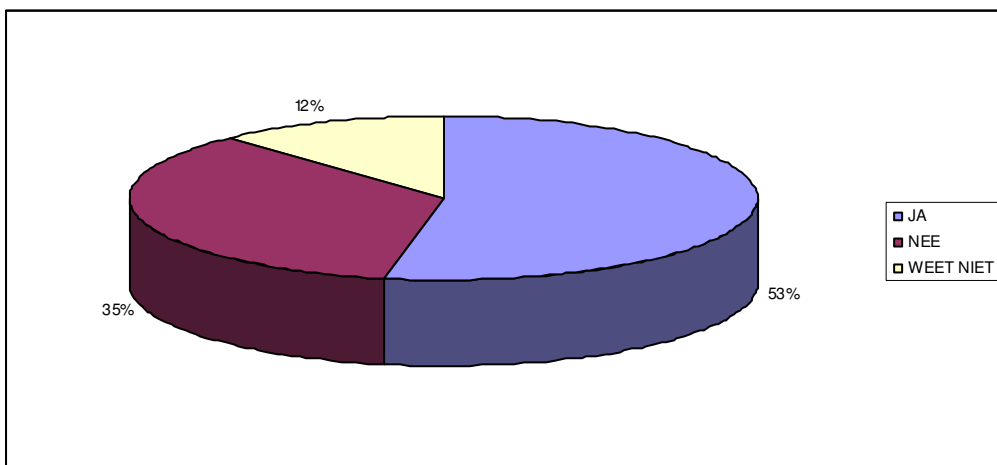
De term Alternatieve Brandstof is afkomstig uit de EU Richtlijn 2003/30/EC voor de bevordering van biobrandstoffen en andere duurzame brandstoffen in het transport. De Richtlijn erkent momenteel tien soorten biobrandstof: biodiesel, bioethanol, biogas (uit biomassagassificatie of digereeroven), biomethanol (giftig!), biodimethylether, bio ETBE (ethyl tertiair butyl ether) als toevoeging, bio MTBE (methyl tertiair butyl ether) als toevoeging, synthetische biobrandstoffen (benzine- of dieselachtig), biowaterstof (waterstof uit duurzame bronnen waarbij elektrolyse via het stroomnet of via een waterstofomzetter op biomethanol plaatsvindt) en pure plantaardige olie.

### 4.1 VOORDELEN VAN ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN

Het gebruik van alternatieve brandstoffen kent een aantal **voordelen**:

- afnemend gebruik van fossiele brandstoffen en zekerheid van de brandstoflevering;
- minder CO<sub>2</sub>-uitstoot;
- betere luchtkwaliteit door minder uitstoot van vluchtige organische stoffen, fijnstof en NO<sub>x</sub>;
- minder geluidsoverlast;
- verbeterde verkeersveiligheid;
- minder congestie en betere bereikbaarheid.

Meer dan de helft van de eigenaren van conventionele wagenparken zegt bij de eerstvolgende aankoop naar alternatieve aandrijving te kijken. Dit toont aan dat voertuigen met alternatieve aandrijving als een serieuze toekomstige optie worden gezien voor het geval de olieprijs blijven stijgen.



**Figuur 1. Overweegt u de volgende keer schone voertuigen te kopen?**

Drie aspecten van alternatieve brandstoffen worden door wagenparkeigenaren als zeer positief gezien: het milieu, het bedrijfsimago en nieuwe technologische ontwikkeling. De milieuvoordelen leveren het bedrijf een positief imago op. Ook de toegang tot binnensteden speelt een rol ∴ n steeds meer steden komen beperkingen voor wagens met veel uitstoot.

De volgende kenmerken zijn door wagenparkeigenaren positief en belangrijk genoemd (in volgorde):

Socio-economische kenmerken:

- Bedrijfsimago
- Milieuvoordelen
- Belangstelling voor nieuwe technologie
- Ondersteuning via lokale netwerken

Financiële en beleidskenmerken:

- Concurrentievoordelen
- Nationaal beleid en regelgeving
- Lokaal beleid en regelgeving

Beleidsmakers kunnen hierop inspelen door bijvoorbeeld de toegang tot binnensteden voor schone voertuigen eenvoudiger te maken of door financiële prikkels te geven m.b.t. de aanschaf van schone voertuigen.

## 4.2 MAATREGELEN PER TYPE WAGENPARK

Onderstaande tabel geeft een overzicht van stimuleringsmaatregelen voor verschillende typen wagenparken, samengesteld door het SUGRE project op basis van in heel Europa verzamelde praktijkvoorbeelden van argumenten voor het overstappen op voertuigen met alternatieve brandstof of alternatieve aandrijfsystemen.

Soort wagenpark	maatregelen en kenmerken
<b>openbaar vervoer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestaande verplichtingen uit wet en regels volgen</li> <li>• kwaliteit van de dienstverlening verhogen</li> <li>• het imago van het wagenpark bij het publiek verbeteren</li> <li>• voorbeeldprojecten van alternatieve brandstof en aandrijving laten zien</li> <li>• alternatieve brandstoffen zijn goedkoper dan diesel, vooral bij de huidige hoge olieprijs</li> </ul>
<b>gemeentelijk wagenpark</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• het imago van het wagenpark bij het publiek verbeteren</li> <li>• milieuvoordelen: minder vervuiling en lawaai, energiebesparing</li> <li>• alternatieve brandstoffen zijn goedkoper dan diesel, vooral bij de huidige hoge olieprijs</li> <li>• dagelijkse bedrijfsvoering verandert niet merkbaar</li> </ul>
<b>bedrijfswagenpark</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prijsbeleid: accijnsreductie, aankoopsubsidie, wegenbelasting</li> <li>• gemakkelijker toegang tot binnensteden en parkeergebieden</li> <li>• milieuvoordelen: minder vervuiling en lawaai, energiebesparing</li> <li>• geen productieproblemen: volop biomassa</li> <li>• alternatieve brandstoffen zijn goedkoper dan diesel, vooral bij de huidige hoge olieprijs</li> <li>• dagelijkse bedrijfsvoering verandert niet merkbaar</li> </ul>
<b>taxivloot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prijsbeleid: accijnsreductie, aankoopsubsidie, wegenbelasting</li> <li>• geen productieproblemen: volop biomassa</li> <li>• alternatieve brandstoffen zijn goedkoper dan diesel, vooral bij de huidige hoge olieprijs</li> <li>• hoge dichtheid van tankstations met alternatieve brandstof voorkomt tankproblemen</li> <li>• gemakkelijker toegang tot binnensteden en parkeergebieden</li> <li>• milieuvoordelen: minder vervuiling en lawaai, energiebesparing</li> <li>• geen productieproblemen</li> </ul>

## 5 VLOEIBARE BIOBRANDSTOFFEN (BIODIESEL, BIOETHANOL)

---

Biobrandstoffen worden uit een reeks verschillende bronnen biomassa verkregen. Ze kunnen worden gemaakt van plantenresten, bepaalde gewassen en van gebruikte plantaardige olie. In het wegverkeer stoten biobrandstoffen per saldo minder kooloxiden uit. Ze zijn tot op grote hoogte herbruikbaar en duurzaam. Conventionele transportbrandstoffen als benzine, diesel, lpg en aardgas CNG zijn fossiele brandstoffen waarvan de voorraad eindig is.

Biobrandstoffen zijn de laatste jaren volop in het nieuws geweest. De belangrijkste redenen om biobrandstoffen te promoten zijn:

- bijdragen aan het **zekerstellen van de energielevering**;
- bijdragen aan het **terugdringen van de uitstoot aan broeikasgassen**;
- bevorderen van het gebruik van **duurzame energie**;
- **nieuwe markten** openstellen voor landbouweconomieën.

Op basis van deze overwegingen schrijft de Europese Commissie in de Biobrandstoffen Richtlijn 2003 de lidstaten voor om indicatieve doelen te stellen voor de verkoop van biobrandstoffen voor 2005 en 2010. De Richtlijn spreekt onder meer van “referentiewaarden” waarmee de lidstaten rekening kunnen houden wanneer ze hun eigen doelen definiëren: 2% energiegehalte in 2005 en 5,75% in 2010.

De belangrijkste biobrandstoffen zijn biodiesel en bioethanol. Biodiesel is een alternatief voor diesel, terwijl bioethanol als toevoeging of vervanger van benzine gebruikt kan worden. Biobrandstoffen zijn geschikt voor alle soorten wegvoertuigen: personenauto's, bestelwagens, bussen, vrachtauto's en landbouwvoertuigen.

### 5.1 BIODIESEL

Biodiesel kan conventionele diesel volledig vervangen of kan in verschillende verhoudingen gemengd in dieselmotoren met compressie-injectie worden gebruikt. In veel landen worden mengsels aangeboden. Het meest verkocht is 5%, wat wil zeggen 5% biodiesel en 95% conventionele diesel.

De fysische en chemische eigenschappen van biodiesel lijken sterk op die van fossiele diesel. Bij een mengsel van 5% hoeft een conventionele motor niet te worden aangepast. De meeste moderne dieselmotoren zouden op een mengsel met wel 30% biodiesel kunnen lopen, maar de meeste motorfabrikanten geven geen garantie af voor gebruik van mengsels met meer dan 5%.

In veel Europese landen is de productie van biodiesel in volle gang. Biodieselproductie uit afgewerkte plantaardige olie en uit vetten is goedkoop vanwege de lage grondstofprijzen. Dat maakt deze vorm van biodiesel economisch interessant, zeker in combinatie met de huidige accijnsvoordelen. De beperkte aanwezigheid van gebruikte olieën en vetten en problemen rond de brandstofkwaliteit beperken evenwel de bijdrage die deze soort biodiesel kan leveren.

### 5.1.1 Beschikbare varianten

De meest gebruikelijke biodiesel mengverhoudingen zijn B5, B30, B80 en B100.

- **B5** (5% biodiesel, 95% conventionele diesel): Aangezien B5 onder de EN 590 dieselstandaard valt, zijn er geen enkele problemen met het gebruik. De besparing in CO<sub>2</sub>-uitstoot is evenwel klein. In veel landen is B5 de gebruikelijke diesel. Er zijn geen **technische problemen** maar er is **weinig klimaatbescherming**.
- **B30** (30% biodiesel, 70% conventionele diesel): Bij gebruik van B30 is voor veel voertuigen nog wel een **garantieverklaring** te krijgen. In B30 kunnen grondstoffen worden gebruikt die in pure vorm tot problemen zouden leiden. Bij deze mengverhouding zijn **er geen problemen met gelvorming in de winter**. Om fiscale redenen mag in veel landen alleen in de voertuigtank worden gemengd. U moet dus apart tanken en bijmengen.
- **B80** (80% biodiesel, 20% conventionele diesel): B80 is de **hoogst voorkomende mengverhouding** voor biodieselmengsels. Hoewel sommige voertuigen zonder motoraanpassingen op dit mengsel kunnen rijden, is het toch verstandig de **voorzorgsmaatregelen** met betrekking tot pure biodiesel in acht te nemen. De beperkte beschikbaarheid van B100 tankstations limiteert de actieradius van voertuigen op B80.
- **B100** (100% biodiesel): Wanneer u zelf kwaliteitsgecontroleerde biodiesel kunt tanken, is het de moeite waard meerdere voertuigen op B100 te laten rijden. **U hoeft niet te mengen en u draagt sterk bij aan de bescherming van het klimaat.**

### 5.1.2 Aanbevelingen

Omdat de grondstof sterk bepalend is voor de brandstofeigenschappen, kunnen flinke kwaliteitsverschillen optreden. Biodiesel werd lang gezien als een probleemloze brandstof, totdat de moderne injectiesystemen op de markt kwamen. Bij gebruik van biodiesel moet op een viertal zaken worden gelet:

- Kort nadat u bent overgegaan op biodiesel, moeten de filters worden vervangen.
- Door het moment van injectie bij te stellen, kan de uitstoot verder teruggebracht worden.
- Rubber materialen dienen bestand te zijn tegen biodiesel. Dit is overigens het geval bij het rubber van de meeste hedendaagse auto's.

Omdat biodiesel het vermogen bezit om motorolie te verdunnen, zal de olie regelmatig gecontroleerd moeten worden. Gebruik bij voorkeur de door de fabrikant aanbevolen oliën en houdt u aan de geadviseerde vervangingstermijnen voor olie en filters.

Wanneer u merkt dat het oliepeil is gestegen, vervang de olie dan onmiddellijk. De verdunning van motorolie wordt ook in de hand gewerkt door de belasting van de motor. De verdunning is het grootst bij lage inspanning.

Wanneer u net bent overgestapt op biodiesel, kunnen achtergebleven resten van andere diesels losgeweekt worden en het systeem gaan vervuilen. Een teruggang in motorvermogen is een direct merkbare indicatie. Vervang in dat geval meteen de filters.

#### **Aanschaf**

Indien u voertuigen aanschaft waarmee u B100 of een mengsel hoger dan B30 kunt gebruiken, **let dan goed op alle garanties**. Een schriftelijke verklaring van de fabrikant en een onafhankelijke rijproef kunnen noodzakelijk zijn. Houdt er rekening mee dat **verwarmingssystemen** op brandstof

de kosten flink kunnen doen oplopen. Ook de **uitlaatfiltersystemen** dienen speciaal voor B100 gegarandeerd te worden (sensoren, ureumconsumptie, etc.). Accepteer niet zonder meer de aanbeveling om vaak olie te verversen. **Vraag liever om parameters voor olieverversing.**

Sommige personenauto's rijden op B100. Dit zijn er echter steeds minder, vanwege problemen met de hoge druk in de dieselinjectiepompen:

- De Skoda's Octavia Type 1U, Fabia Type 6Y en Superb Type 3U (niet 142kW) zijn geschikt voor koolzaadbiodiesel en kunnen gebruikt worden als taxi en huurauto.
- Andere wagens, zoals die van PSA Peugeot-Citroën, rijden alleen op B30 (30% biodiesel). Wel is de komst aangekondigd van auto's met filters die geschikt zijn voor biodiesel.

Mercedes/EVOBUS heeft een aantal modellen die op B100 kunnen rijden:

- EVOBUS standaard bussen: O405 / O407 / O408 / O405G / O550 met OM 447 hLA
- EVOBUS met lage instap: O405N / O405GN met OM 447 hLA / O530 / O530GN met OM 908 hLA en OM 457 hLA
- Mercedes OM 457 HLA/LA, OM 501/502 LA en OM 906 LA kunnen na overleg met Mercedes voor pure biodiesel geschikt geleverd worden.

Mercedes biedt tegenwoordig B100 bussen met fijnstoffilter.

Vrachtwagens van Scania kunnen op biodiesel rijden indien men van de fabrikant een servicecontract afneemt. Regelmatige oliecontrole is verplicht bij gebruik van biodiesel.

- Scania Ökoline is alleen in Duitsland verkrijgbaar
- Mercedes Actros BR 500, Atego BR 900, Axor Bm 457.9

New Holland, producent van landbouwvoertuigen, deelt mee dat in al zijn machines met CNH motoren mengsels tot 20 procent biodiesel gebruikt kunnen worden, mits de motoren voldoen aan de Europese brandstofstandaard EN14214.

Landbouwtractoren van Fendt zijn volledig geschikt voor koolzaadbiodiesel (RME). Men is hierin geslaagd door de injectiepompen in het motorblok te integreren en van een aparte oliesmering te voorzien.

### **Tanken**

In plaats van dure additieven aan B100 toe te voegen kunt u in de winter beter overgaan op een mengsel, bijvoorbeeld B70. Gebruik geen biodiesel van meer dan drie maanden oud of van onbekende oorsprong. Let op de gecertificeerde standaard EN14214. Sla biodiesel niet op in tanks die luchtgekoeld zijn. Dit kan leiden tot dampvorming. Controleer of uw huidige tanks en brandstofslangen B100 geschikt zijn. Vervang het oliefilter kort nadat u op B100 bent overgestapt. Achtergebleven resten van andere diesels worden losgeweekt en kunnen het systeem gaan vervuilen.

### **Rijden**

Indien het onderhoud goed is geregeld, zult u geen verschil in rijgedrag merken. De actieradius is slechts enkel procenten minder.

### **Onderhoud**

Gemorste olie is biologisch afbreekbaar. Gebruik bij verversing handschoenen met plastic coating en een veiligheidsbril. Laat uw motorolie vantevoren controleren, zeker indien u nog geen ervaring hebt met het gebruik van B100 in een interne verbrandingsmotor. Controleer drukverlies bij het brandstoffilter om verlies in prestaties te voorkomen.

## 5.2 BIOETHANOL

Bioethanol kan als mengsel van 5% aan benzine worden toegevoegd onder de Europese kwaliteitsstandaard EN 228. Bij deze verhouding zijn geen motoraanpassingen nodig. Wie bioethanolmengsels gebruikt dient te letten op de aanbevelingen van de betreffende voertuigproducent. Sommige fabrikanten staan niet meer dan 5% bioethanol per liter toe, terwijl andere een maximum van 10% bioethanol per liter toelaatbaar achten. Indien deze maxima worden overschreden vervalt de voertuigarantie, al zijn dit soort overschrijdingen moeilijk te bewijzen.

100% bioethanol kan gebruikt worden in aangepaste motoren met bougieontsteking, al vraagt de koude start om geringe toevoeging van een wat brandbaarder component, meestal benzine. Een mengsel van 5% bioethanol per liter levert een aandeel van 3,4% in energetisch vermogen op aangezien de energie-inhoud van bioethanol ongeveer tweederde is van die van benzine.

De productie van bioethanol is nog altijd duurder dan die van benzine uit ruwe olie. Uiteraard is de prijsverhouding afhankelijk van de marktprijs van de grondstoffen. De productiekosten worden bovendien beïnvloed door de hoge investeringskosten in productiefaciliteiten voor hydrolyse en fermentatie.

Zonder enige vorm van accijsreductie is bioethanol duur. Belastingvoordelen zijn nodig om het concurrerend te maken aan de pomp. Net als bij biodiesel zijn dit soort reducties gebruikelijk in Europa, bedoeld om de productie en het gebruik van bioethanol te stimuleren. In veel Europese landen wordt inmiddels bioethanol geproduceerd.

### 5.2.1 Beschikbare varianten

De meest gebruikelijke bioethanol mengverhoudingen zijn E5, E20, E85 en E95.

- **E5** (5% bioethanol, 95% conventionele benzine): Dit is de normale minimale mengverhouding voor Europa. Aanpassingen zijn niet nodig, maar de potentiële opwarmingsreductie is gering.
- **E20** (20% bioethanol, 80% conventionele benzine): Dit is de maximaal toegestane mengverhouding voor voertuigen die niet flexifuel (FFV) zijn. Motoren met meervoudige injectie leveren betere prestaties met E20. Aanpassingen zijn niet nodig, maar de potentiële opwarmingsreductie blijft beperkt. Maar weinig tankstations verkopen E20.
- **E85** (85% bioethanol, 15% conventionele benzine): Dit is een gebruikelijk mengsel aan de pomp, maar de motoren moeten voor bioethanol geschikt zijn. Hoewel de industrie enthousiast is, zijn flexifuel voertuigen (FFV) die afwisselend op benzine en ethanol kunnen rijden vooralsnog beperkt leverbaar.
- **E95** (95% bioethanol, 5% conventionele benzine): Dit mengsel kan alleen gebruikt worden in aangepaste dieselmotoren. Het heeft de hoogste potentiële opwarmingsreductie en lage emissiewaarden voor NOx en fijnstof en het rijdt even zuinig als conventionele dieselmotoren. Dit soort aangepaste motoren is echter zeer beperkt leverbaar.

### 5.2.2 Aanbevelingen

Ethanol heeft dankzij het hoge octaangetal de potentie om in de toekomst een hogere efficiency te bereiken in interne verbrandingsmotoren. Dit vraagt evenwel om aanpassingen in het operationeel regime en het ontwerp van de motoren. Dankzij de hoge energieopbrengst per volume brandstof kunnen de motoren kleiner gemaakt worden. Zo kunnen hogere brandstofkosten gecompenseerd worden met kleinere voertuigen met een lager brandstofverbruik.

De ethanolproductie in Europa is vooralsnog gering. Van de geproduceerde bioethanol wordt 70% voor menging met benzine gebruikt. Van deze hoeveelheid is 47% afkomstig van ETBE (ethyl tertiair butyl ether). ETBE bestaat voor 47% uit ethanol en voor 53% uit isobutyleen. Flexifuelvoertuigen en speciaal voor ethanol geschikt gemaakte voertuigen zijn bedoeld om voor meer dan een kwart op ethanol te rijden. Ze kunnen alle mengsels tot E85 aan. Bij speciaal geschikt gemaakte voertuigen treden geen veranderingen in rijgedrag op. Voertuigen die op E95 kunnen rijden zijn zeer beperkt leverbaar.

Zonder aanpassingen verminderen de motorprestaties bij gebruik van ethanolmengsels. Vooral pingelen en afslaan komen voor. Ook corrosie en problemen met de koude start kunnen optreden wanneer zuivere ethanol of hogere mengsels in gewone voertuigen worden gebruikt. Het gebruik van flexifuel voertuigen wordt daarom aangeraden.

### **Aanschaf**

Wanneer u strenge eisen stelt aan de prestaties van uw voertuigen is ethanol minder geschikt als brandstof. Flexifuel voertuigen dienen aan de Europese emissiestandaarden te voldoen, met name belangrijk wanneer bestaande auto's worden aangepast of voertuigen uit Brazilië worden geïmporteerd.

Misschien zijn fabrikanten tot aanpassingen bereid indien u een grote hoeveelheid wagens ineens afneemt.

In Europa zijn de volgende flexifuel voertuigen (FFV) te koop:

- Ford Focus FFV, Ford Focus C.max FFV
- Saab 9-5 BioPower, Saab 9-3 BioPower
- Volvo V50 F, Volvo S40 F, Volvo C30 F

Renault, Peugeot en Citroën introduceren op dit moment modellen die voor bioethanol geschikt zijn.

Ethanolbussen: Scania heeft bussen die op E95 lopen. De motor is een aangepaste dieselmotor. De brandstof bestaat uit ethanol en 5% ontstekingsbevorderaar. De ethanol dieselmotor is even energiezuinig als een conventionele dieselmotor. Vanwege het lagere energiegehalte van ethanol is wel 40 – 50% meer brandstof nodig.

### **Tanken**

Europa kent geen officiële standaard voor E85, zoals de VS die wel kent (ASTM D 4806). Controleert u daarom in elk geval de volgende parameters indien u zelf een pomp installeert:

- Elektrisch geleidingsvermogen (water in de brandstof)
- Fijnstofgehalte
- Koolwaterstofgehalte
- Reid stoomdruk

De vluchtigheid kan voor het seizoen worden aangepast door 15-30% benzine te mengen. Reinigingsmiddelen zijn bij gebruik van ethanol niet nodig.

### **Rijden**

Rijprestaties zijn enigszins minder dan bij gebruik van conventionele benzine.

### **Onderhoud**

Ethanol heeft een mindere smeerbaarheid en leidt in zekere mate tot corrosie. Regelmatige controle is daarom gewenst voor voertuigen op E95.

## 6 GASVORMIGE BRANDSTOFFEN (AARDGAS, BIOGAS)

---

### 6.1 AARDGAS

Hoewel aardgas een fossiele brandstof is, groeit vanwege de schone verbrandingseigenschappen zijn belang als alternatieve brandstof. Omdat het gasvormig is, moet het worden opgeslagen onder persdruk, CNG (compressed natural gas) genoemd; of in vloeibare toestand als LNG (liquified natural gas).

Voertuigen op aardgas kenden voorheen hoge aanschafkosten en lage brandstofkosten. Sinds kort echter wordt dit soort voertuigen aan de normale lopende band geproduceerd waardoor de prijzen, mede ook dankzij producentenkortingen, gelijk zijn of zelfs lager dan die voor dieselwagens. Tankstations voor aardgas kosten evenwel nog altijd veel geld – veel meer dan LPG-stations – en zijn economisch pas levensvatbaar wanneer ze een relatief groot aantal auto's bedienen.

Een en ander betekent dat de introductie van aardgasvoertuigen geplaagd wordt door het klassieke probleem dat brandstofleveranciers pas tankstations bouwen wanneer er voldoende wagens rondrijden en dat wagenparkbeheerders deze voertuigen pas aanschaffen wanneer er voldoende vulpunten zijn.

Volgens de International Association of Natural Gas Vehicles rijden er wereldwijd bijna vier miljoen aardgasvoertuigen rond, waarvan 1,4 miljoen in Argentinië en 1 miljoen in Brazilië. Italië heeft met 420.000 voertuigen veruit het grootste wagenpark van Europa, gevolgd door Duitsland met 27.000 en Ierland met 10.000 wagens. In Madrid rijden ruim 500 gemeentelijke aardgasvoertuigen rond, waaronder bussen en vuilniswagens.

In het Verenigd Koninkrijk zijn maar heel weinig aardgasvoertuigen en geschikte tankstations. In augustus is een beleidsprogramma aangekondigd om de bouw van aardgastankstations te medefinancieren.

#### 6.1.1 Beschikbare varianten

Methaan (aardgas) kan op twee manieren gebruikt worden, monovalent en bivalent

- **Monovalent:** Hier is methaan de enige brandstof voor een speciaal geschikt gemaakte motor. Deze variant levert meer energiebesparing op en een grotere potentiële uitstootreductie, vooral wanneer u methaan uit biogas gebruikt. Het nadeel is dat er geen reservetank met benzine aan boord is ingeval u geen aardgastankstation vindt. Het aantal van deze aardgasvoertuigen is, hoewel groeiende, nog zeer beperkt.
- **Bivalent:** Een aanvullende benzinetank maakt het mogelijk om op benzine over te schakelen. Daarmee neemt de actieradius toe, maar de motor kan misschien niet specifiek voor één soort brandstof worden afgesteld en de potentiële uitstootreductie is uiteraard geringer.

#### 6.1.2 Aanbevelingen

Methaan is het hoofdbestanddeel van aardgas onder persdruk en in technische termen het enige bestanddeel van vloeibaar aardgas. Er zijn twee soorten conversiesystemen beschikbaar: mechanisch (met carburator) en elektronisch (met brandstofinjectie). De brandstof wordt in de

carburator met zuurstof gemengd. Bij de elektronische systemen wordt de menging van aardgas en zuurstof geregeld door injectiepompen. Rechtstreekse injectie in de verbrandingskamer functioneert nog niet optimaal.

In personenvoertuigen worden vooral stochiometrische motoren met driewegkatalysator gebruikt. In bussen en vrachtwagens worden ook armengselmotoren toegepast, omdat die energiezuiniger zijn.

### **Aanschaf**

Het ombouwen van bestaande modellen is op zijn retour aangezien er steeds meer nieuwe geschikte voertuigen op de markt komen die van alle certificaten zijn voorzien. Voertuigen met laag geplaatste tanks hebben een groter laadvermogen. Rechtstreekse injectie onder druk levert de zuinigste verbranding op. Wanneer u veel rijdt nemen de tankinspectiekosten per kilometer af.

In Europa zijn onderstaande modellen als bi- of monovalent te koop.

- Citroen Berlingo en C3 bivalent
- Fiat Multipla, Punto en Doblo Natural Power
- Ford Focus C-max CNG
- Mercedes E 200 NGT
- Opel Combo 1.6 CNG en Zafira 1.6 CNG
- Peugeot Partner Premium bivalent
- Volvo V70, S60, S80 CNG
- Volkswagen Caddy, Touran, Golf Variant EcoFuel

Er zijn steeds meer lichte bedrijfswagens speciaal geschikt voor aardgas:

- Mercedes NGT Sprinter
- Ford (Transit)
- Iveco Daily
- Fiat Ducato natural power

Sommige aardgasbussen voldoen aan de EEV-uitstootstandaard (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle). Met aanschaf van deze bussen kunnen busondernemers voldoen aan de Europese Richtlijn die als doelstelling heeft dat een kwart van de nieuwe bussen uit EEVs bestaat:

- NEOMAN
- CBG Bus Breda
- Scania L94UB CB60 Low Floor – CNG
- EKOBUS CNG Buses
- Heuliez, Irisbus / Renault
- Mercedes
- Volvo

Voor de emissiestandaard Euro 5 is een biogasversie van de Scania OmniLink beschikbaar.

### **Tanken**

Gebruik gas van voldoende kwaliteit (meestal H grade).

Let erop dat het gas vervuild kan raken met olie als gevolg van lekkende filters.

### **Rijden**

Vanwege een octaangetal van 130 is aardgas net iets efficiënter dan benzine. Omdat aardgas van zichzelf reeds gasvormig is, vertonen aardgasvoertuigen superieur start- en rijgedrag, zelfs onder extreem warme of koude weersomstandigheden. Aardgasvoertuigen kennen zeer weinig problemen met de verbranding en aanzuiging van de brandstof.

### **Onderhoud**

Omdat de temperatuur in de motor hoger ligt dan bij benzine en omdat de brandstof niet gesmeerd is, zal de nadruk bij controles moeten liggen op het toevoer- en uitlaatsysteem.

## **6.2 BIOGAS**

Biogas wordt op meer dan vierduizend locaties in Europa geproduceerd, met name uit afval en rioolresten, en wordt vooral gebruikt voor de productie van elektriciteit in gasturbines. Het is voor voertuigen geschikt wanneer de kwaliteit wordt verhoogd tot de normen voor aardgas. Men spreekt dan wel van substituuat-aardgas (SNG).

Biogas wordt als voertuigbrandstof gebruikt in Zweden, waar een nationale standaard voor biogas voorschrijft dat er tenminste 95% methaan in moet zitten. Ook in Zwitserland is sinds kort biogas verkrijgbaar. De aantallen blijven evenwel gering, wereldwijd rijden niet meer dan een paar duizend voertuigen op biogas rond.

### 6.2.1 Beschikbare varianten

Zie aardgas.

### 6.2.2 Aanbevelingen

Zie aardgas.

## 7 ELEKTRISCHE AANDRIJVING

---

Elektrische voertuigen produceren zelf geen emissies, zijn vrijwel geluidloos en zijn goedkoop in gebruik. Sinds eind jaren negentig is de aandacht uitgegaan naar onderzoek naar hybride voertuigen die een elektromotor combineren met een interne verbrandingsmotor om het motorvermogen en de actieradius te vergroten.

### 7.1 ACCUVOERTUIGEN

Zogeheten battery electric vehicles (BEV), oftewel voertuigen op elektriciteit die in accu's is opgeslagen, zijn zeer geschikt voor gebruik in gebouwen en voor buurtvervoer. Vanwege de geringe actieradius van de zware accu's (meestal nikkel-metaalhydride of loodzuur) zijn ze niet geschikt voor normale personenwagens of voor langere afstanden. Wel wekken de jongste ontwikkelingen, in de vorm van lithium-ion-accu's en de brandstofcel, de verwachting dat de kansen voor elektrische voertuigen stijgende zijn.

Vanwege het hoge koppel van elektromotoren en de eenvoudige bediening zijn deze wagens prettig in een stedelijke omgeving en in de landbouw. Een puur op elektriciteit rijdende auto heeft een beperkte actieradius. Bij lage temperaturen is de capaciteit van de onverwarmde accu's een stuk kleiner (al verschilt dit per type accu).

#### 7.1.1 Keuze uit varianten

In principe bestaan er twee soorten van opladen:

- via directe geleiding (stekkerverbinding)
- via inductie

De elektriciteit kan gewoon van het normale stroomnet gehaald worden. De thuis gebruikelijke stopcontacten zijn echter niet geschikt voor snelladen. Opladen vanaf het elektriciteitsnet is efficiënt, maar het tussentijds opslaan in accu's niet.

Behalve het elektriciteitsnet kunnen ook alternatieve bronnen als wind- en zonne-energie voor stroom zorgen. In stedelijke gebieden met smalle straten dringt echter weinig direct zonlicht door. Zonnepanelen op autodaken produceren meestal te weinig energie om een significante bijdrage aan de aandrijving te leveren.

Afhankelijk van de gebruikte soort accu kan de energie voor kortere of langere tijd aan boord worden bewaard. Momenteel zijn in omloop: ultracondensatoren; nikkel-metaalhydrideaccu's die zichzelf goed kunnen ontladen; en zogeheten flow batteries, accu's met gescheiden electroliet-opslag, zonder zelfontlading.

#### 7.1.2 Aanbevelingen

Moderne elektrische aandrijfsystemen zijn onderhoudsvrij. Alleen de accu's moeten van tijd tot tijd geneutraliseerd worden en het koelsysteem dient gereinigd te worden.

#### **Aanschaf**

Accu's kunnen geleased of gekocht worden. Let bij het maken van een prijsvergelijking vooral op

de vervangingskosten voor de accu's.

Elektrische voertuigen voor op de openbare weg zijn niet bij dealers te koop. Er zijn vooralsnog slechts een paar modellen verkrijgbaar:

- Citroen Berlingo 500E Electrique
- Veturi Vetish, Ariana Ev IEV 797
- tweepersoons wagens zoals Kewett Buddy, Maranello, Revo.

Naast bedrijfsterreinwagens (ook wel buurtwagens genoemd) zijn enkele bedrijfswagens verkrijgbaar (YDEA electric Micro Vett, Piaggio Porter Van).

Voor het buurtvervoer is een aantal elektrische bussen verkrijgbaar:

- Accu Minibus Breda
- Gepebus
- IVECO Europolis
- Micro Vett Schoolbus gebaseerd op de IVECO DAILY

De volgende kleine accuvoertuigen zijn geschikt voor binnenterreinen en historische stadscentra:

- Graf Carello Transporter
- Aixam Mega
- Alke ATX
- Tasso Domino
- H2 Truck, een transportwagentje dat geschikt is voor ziekenhuizen en vliegvelden

### **Tanken**

Het opladen is afhankelijk van de gebruikte soort accu. De actieradius neemt toe als er aan boord elektriciteit geproduceerd kan worden.

### **Rijden**

Bij een laag toerental hebben elektrische voertuigen een hoog koppel.

### **Onderhoud**

Bij verzegelde accu's of accu's met elektrolyse in gel hoeft het zuurpeil niet gecontroleerd te worden. Accu's met zelfbalancerende cellen hoeven niet gelijkgericht te worden. Beschikt u hier niet over, dan is gelijkrichting nodig om voortijdige slijtage te voorkomen.

## **7.2 STROOMNETVOERTUIGEN**

Elektrische voertuigen produceren zelf geen emissies, waardoor ze bijzonder aantrekkelijk zijn voor gebruik in drukke stedelijke gebieden waar de slechte luchtkwaliteit vaak voor gezondheidsproblemen zorgt.

### **7.2.1 Beschikbare varianten**

Voertuigen kunnen op twee manieren onder het rijden van stroom worden voorzien. Via een bovenleiding, zoals bij tram en trolleybus, of via een stroomgeleider over de grond, zoals bij veel

metrosystemen. Aanvullend kan energie geleverd worden uit accu's aan boord of uit een generator met interne verbrandingsmotor. Een tram gebruikt een enkele stroomdraad, een trolleybus een dubbele. Aan het bovenleidingnet voor trolleybussen zitten wissels die net zo functioneren als spoorwissels. Aan de stroomafnemer hangt een koord om indien dat nodig is het contact met de bovenleiding te herstellen.

### 7.2.2 Aanbevelingen

Moderne elektrische aandrijfsystemen zijn onderhoudsvrij.

#### **Tanken**

Het systeem is volledig netgevoed, tenzij van een hybride variant sprake is.

#### **Rijden**

Bij een laag toerental hebben elektrische voertuigen een hoog koppel. De rijeigenschappen van elektrische voertuigen zijn bijzonder goed. Ze trekken vlot op en beschikken over voldoende trekkracht. Wie wel eens in een trolleybus of tram heeft gezeten, is bekend met de bijna geluidloze manier van voortbewegen, zonder het lawaai en de trillingen van een verbrandingsmotor.

#### **Onderhoud**

Wanneer de accu's ontladen zijn, kunnen stroomnetvoertuigen probleemloos gedurende langere tijd buiten dienst zijn.

## 8 HYBRIDE VOERTUIGEN

---

Een hybride auto combineert een elektromotor met een verbrandingsmotor. Deze auto's zijn duur in aanschaf, vergeleken met niet-hybride uitvoeringen, maar kunnen forse brandstofkostenbesparingen opleveren in het stadsverkeer. De meeste Europese landen – evenals veel staten en steden in de VS – geven aanschafsubsidies en/of belastingvoordelen op een hybride auto. Wie veel rijdt, heeft hiervan beslist voordeel.

Op dit moment zijn hybriden vanuit productieperspectief nog niet bijzonder interessant. Veel deskundigen geloven dat autoproducenten nog altijd op iedere hybride geld toeleggen. Maar met de groeiende markt nemen de productiekosten per voertuig vanzelf af.

De verkoop van hybriden ligt nog ver achter bij de verkoop van conventionele voertuigen, maar dat ligt eerder aan het aanbod dan aan de vraag. In de VS en Europa bestaan wachtlijsten voor de meeste hybride modellen.

Sinds de eerste Prius in 1997 in Japan werd gelanceerd, heeft Toyota van dit model en zijn opvolgers meer dan 300.000 exemplaren verkocht. Daarmee is de Prius veruit 's werelds best verkopende hybride voertuig.

### 8.1 BESCHIKBARE VARIANTEN

Hybride elektrische voertuigen worden in drie varianten gefabriceerd:

- met **serieel** geschakelde elektromotor en verbrandingsmotor, waarbij de verbrandingsmotor niet rechtstreeks met de wielen is verbonden;
- met **parallel** geschakelde elektromotor en verbrandingsmotor;
- een **combinatie** van beide, die het mogelijk maakt de accu's op te laden terwijl ze bijdragen aan de aandrijving.

De seriële modellen zijn zeer geschikt voor stadsverkeer met veel afremmen en optrekken. De parallelle modellen vragen om geavanceerde controle-algoritmen, maar zijn zuiniger bij volledige belasting. Sommige parallel geschakelde types doen niet veel meer dan het afremmen en optrekken verbeteren, zonder dat werkelijk elektrisch gereden kan worden. De term hybride is dan niet veel meer dan een mooi label. Zogeheten plug-in hybride auto's beschikken over meer accuvermogen, waardoor ze langer op alleen elektriciteit kunnen functioneren.

Een eenvoudig maar weinig efficiënt concept is een hybride auto met vierwielaandrijving: een door benzine aangedreven as en een door elektriciteit aangedreven as, waarbij wrijving en remenergie voor oplading zorgen.

De volgende varianten zijn te koop:

Type	Personenauto	Bestelauto	Vrachtwagen / Bus
<b>'Stop'n Go': Stad / buurt (50 km/dag)</b>	accu elektrisch serieel hybride	accu elektrisch serieel hybride	serieel hybride
<b>Gemengd gebruik</b>	serieel hybride parallel hybride		parallel hybride
<b>Lange Afstand (500 km/dag)</b>	licht parallel hybride	licht parallel hybride	elektriciteit van uitlaatwarmte

- De plug - in parallel hybride is een zeer veelzijdig toepasbaar concept. Het accuvermogen kan eenvoudig in overeenstemming met de inspanningsbehoefte worden gebracht.
- Wanneer u voor een accuhybride kiest, zorg dan dat u de accu's vaak kunt opladen om de levensduur ervan te verlengen.

## 8.2 AANBEVELINGEN

Moderne elektrische aandrijfsystemen zijn onderhoudsvrij. De accu's dienen van tijd tot tijd ontladen te worden en het koelsysteem moet schoongehouden worden.

### **Aanschaf**

Accu's kunnen geleased of gekocht worden. Let bij het maken van een prijsvergelijking vooral op de vervangingskosten voor de accu's. Voor hybride voertuigen geldt dat een beperkte accubelading de levensduur ervan verlengt.

De volgende hybride elektrische voertuigen zijn te koop:

- Honda Civic IMA
- Toyota Prius
- Lexus RX400h en GS450h

Citroën en Peugeot gaan gebruik maken van een parallel concept met een dieselmotor. Nissan en anderen gebruiken Toyota's Synergy Drive systeem in licentie.

In Europa zijn minibussen voor openbaar vervoer verkrijgbaar, gebaseerd op de IVECO Daily en de Mercedes Sprinter. Solaris Poland maakt bussen met het Amerikaanse parallel hybridesysteem van Allison. In Londen rijden hybride elektrische bussen rond van Wrightbus.

### **Tanken**

Het opladen is afhankelijk van de gebruikte soort accu. De actieradius wordt verlengd indien er aan boord elektriciteit geproduceerd kan worden. Een hybride auto is in gebruik niet wezenlijk anders dan een conventionele auto. Je tankt er op dezelfde manier mee. En soms moet hij even aan het stroom.

### ***Rijden***

Vanwege het hoge koppel van elektromotoren zijn deze wagens prettig in een stedelijke omgeving en in de landbouw. Een puur op elektriciteit rijdende auto heeft een beperkte actieradius.

Omdat de verbrandingsmotor uit zuinigheidsoverwegingen gestabiliseerd is, reageert hij wat minder fel bij hoge snelheden en bij een laag accuvermogen, omdat er op die momenten geen elektrische ondersteuning van het motorvermogen is. Bij optrekken vanuit stilstand levert de elektromotor juist extra trekkracht vergeleken met een conventionele verbrandingsmotor.

### ***Onderhoud***

Bij verzegelde accu's of accu's met elektrolyse in gel hoeft het zuurpeil niet gecontroleerd te worden. Accu's met zelfbalancerende cellen hoeven niet gelijkgericht te worden. Beschikt u hier niet over, dan kan gelijkrichting voortijdige slijtage helpen voorkomen.

## 9 BRANDSTOFCELLEN EN WATERSTOF

---

Een brandstofcel is een elektrochemisch apparaat dat waterstof en zuurstof gebruikt om water, warmte en elektriciteit te produceren. De brandstofcel is een veelbelovende technologie die naar verwachting een schone en zuinige krachtbron kan zijn voor tal van applicaties, waaronder het transport. Bijna alle automobielfabrikanten hebben onderzoeksprogramma's lopen, maar het zal nog wel tien jaar duren voordat brandstofcelvoertuigen gemeengoed zijn. Om economisch levensvatbaar te zijn moeten de productiekosten van de brandstofcellen fors omlaag. Ook een commercieel levensvatbare tankinfrastructuur bestaat nog lang niet.

Waterstof kan ook worden gebruikt in interne verbrandingsmotoren die sterk lijken op benzinemotoren. Er is geen CO<sub>2</sub>- of CO-uitstoot bij gebruik, alleen een klein beetje NO<sub>x</sub>. Koolwaterstoffen komen daarnaast in minieme hoeveelheden vrij uit de gebruikte smeermiddelen. Een waterstofverbrandingsmotor combineert de voordelen van de brandstofcel met een algemeen geaccepteerde en goed ontwikkelde techniek. Sommige automobielfabrikanten geloven dat de waterstofmotor de vraag naar waterstof voldoende kan aanzwengelen – en dus tot de ontwikkeling van een tankinfrastructuur voor waterstof leiden - om de overstap naar brandstofcellen in de toekomst mogelijk te maken.

### 9.1 BESCHIKBARE VARIANTEN

Waterstof kan zoals gezegd worden toegepast in een interne verbrandingsmotor en in een brandstofcel. In de brandstofcel wordt de waterstof via een membraan gecombineerd met zuurstof. De waterstof kan in een tank zijn opgeslagen of direct worden verkregen uit omzetting van een andere brandstof. De zuurstof komt uit de lucht, het product is elektriciteit.

### 9.2 AANBEVELINGEN

#### ***Aanschaf***

Brandstofcelvoertuigen kunnen tot op heden alleen nog maar geleased worden. De volgende personenauto's zijn verkrijgbaar:

- Honda FCX
- Mercedes F-cell
- Ford Focus FC5
- Mazda Premacy FV-RV

De Honda FCX heeft geen accu's aan boord. De actieradius bedraagt daarom 210 km. De Ford Focus FC5 en de Mazda Premacy FV-RV halen hun waterstof uit methanol.

#### ***Tanken***

Waterstof is een bijzonder licht gas. Om die reden is de hoeveelheid energie per volume kleiner dan die van aardgas. Waterstof moet onder zeer hoge druk worden opgeslagen. Vloeibaar waterstof is daarom praktischer dan waterstof onder druk. Er wordt volop gewerkt aan mogelijkheden om waterstof in vaste vorm op te slaan, maar in de huidige prototypes gaat het nog om kleine hoeveelheden.

Waterstoftankstations kunnen elders geproduceerd waterstof leveren, maar kunnen de waterstof ook ter plekke produceren uit aardgas of LPG of met behulp van een membraanelektrolyse. De pompen leveren lage of hoge druk, afhankelijk van hoe de waterstof in de voertuigen is opgeslagen: in een metaalwaterstofverbinding (vaste vorm) of in cilinders onder druk of vloeibaar. Een koelsysteem kan helpen de vultijd tot zo'n tien minuten te beperken.

### ***Rijden***

Dankzij het hoge koppel van elektromotoren zijn brandstofcelvoertuigen zeer aangenaam in het stadsverkeer en in de landbouw. De actieradius is afhankelijk van de hoeveelheid waterstof die aan boord opgeslagen kan worden. Met extra energieopslag in accu's is de bruikbaarheid acceptabel.

### ***Onderhoud***

Moderne elektrische aandrijfsystemen zijn onderhoudsvrij. De accu's dienen van tijd tot tijd ontladen te worden en het koelsysteem moet schoongehouden worden. Het externe smeersysteem van een brandstofcel moet van tijd tot tijd worden schoongemaakt.

## 10 PRAKTIJKVOORBEELDEN

Brandstof/technologie	Aanwezige voorbeelden	Succesfactoren	Opmerkingen
Ethanol (E95)	Stockholm 127 (400) bussen Madrid 5 bussen	Potentiële opwarmingsreductie, hogere efficiency met E-diesel	Tweede generatie bussen in 2007
FAME (biodiesel)	Madrid 209 bussen B30 Graz 131 bussen B100 Parijs 72 bussen B30	Lage brandstofkosten, weinig voertuigaanpassingen	Kwaliteitsverschil brandstof zomer winter helpt zoektocht naar andere grondstoffen
Plantaardige olie SVO/PPO	Hasselt 70 bussen Leeuwarden 22 bussen	Zeer lage brandstofkosten	Brandstofsysteem moet geheel worden aangepast
Hybride Elektrische Voertuigen	Londen 6 bussen Dresden 1 bus Aalborg 5 bussen	Lage brandstofkosten en weinig emissies	Bewezen tramtechnologie is kostbaar
Trolleybussen	Landskrona 3 bussen met accu's Athene 193 bussen	Geen emissies	Bewezen tramtechnologie is kostbaar
Aardgas CNG	Athene 416 bussen Turijn 223 bussen Madrid 202 bussen Malmö 180 bussen Parijs 90 bussen Haarlem 80 bussen	Lage brandstofkosten, weinig emissies	Derde generatie voertuigen beschikbaar
Bio-aardgas bio-CNG	Lille 100 bussen Linköping 5 bussen	Lage brandstofkosten, minder emissies, potentiële opwarmingsreductie	Mengen van bio met gewone aardgas bespaart kosten
Waterstof	Reykjavík 3 bussen Amsterdam 3 bussen Europa 27 bussen	Geen emissies (opwarmingsreductie als duurzaam verkregen)	Alleen pilots, levensduur neemt toe
Accuvoertuigen	Rome 51 bussen Parijs 12 bussen	Geen emissies, oplaadlogistiek, loodzuuraccu's zijn goedkoop	Geschikt voor historische stadscentra, nieuwe accu's op komst