

Eindverslag

Taak 4 Informatieve Gidsen

onderzoeksopdracht

“Bepalen van een Ecoscore voor voertuigen en toepassing van deze Ecoscore ter bevordering van het gebruik van milieuvriendelijke voertuigen”

uitgeschreven door

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap;
Departement Leefmilieu en Infrastructuur;
Administratie Milieu-, natuur-, land- en waterbeheer (AMINAL);
afdeling Algemeen milieu- en natuurbeleid.

aminal/MNB/TVM/ECO

 Vrije Universiteit Brussel	 Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek	 Centre d' E tudes Economiques et S ociales de l' E nvironnement
Vrije Universiteit Brussel Vakgroep ETEC	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek	Université Libre de Bruxelles - CEESE

31 maart 2005

Auteurs:

Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Elektrotechniek en Energie technologie (ETEC)

J.-M. Timmermans

Prof. J. Van Mierlo

Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO)

L. Govaerts

J. Verlaak

D. De Keukeleere

Université Libre de Bruxelles

Centre d'Etudes Economiques et Sociales de l'Environnement (CEESE)

S. Meyer

Prof. W. Hecq

Inhoudsopgave

1. Doel van de gidsen	1
1. Waarom milieuvriendelijke voertuigen?	2
1.a) Broeikaseffect.....	2
1.b) Luchtkwaliteit.....	3
1.b.1) Effecten op de menselijke gezondheid	3
1.b.2) Effecten op ecosystemen	4
1.c) Geluidshinder	4
2. Wat zijn milieuvriendelijke voertuigen?	5
3. Wat is Ecoscore?	6
3.b) Beschrijving.....	6
3.c) Enkele resultaten... ..	10
4. Beschrijving van de kenmerken van milieuvriendelijke voertuigen	13
4.b) Conventionele voertuigen.....	13
4.b.1) Benzine voertuig.....	13
4.b.2) Diesel voertuig.....	13
4.c) alternatieve brandstoffen	15
4.c.1) LPG-voertuigen	15
4.c.2) Aardgasvoertuigen.....	17
4.c.3) Biodieselveertuigen	19
4.c.4) Alcohol-voertuigen.....	20
4.d) alternatieve aandrijvingen	23
4.d.1) Batterij Elektrische voertuigen	23
4.d.2) Brandstofcel elektrische voertuigen	25
4.d.3) Hybride voertuigen.....	26
4.e) Samenvatting – Overzicht	28
4.e.1) Energie, verbruik, emissies.....	28
4.e.2) Technische karakteristieken	29
4.e.3) Financieel	30

Lijst der tabellen

Tabel 1 : voorbeeld van voertuiggegevens voor de berekening van de Ecoscore.....	7
Tabel 2: Schadecategorieën Ecoscore	8
Tabel 3: emissiegegevens van het referentievoertuig.....	8
Tabel 4: gegevens selectie voertuigen.....	10
Tabel 5: selectie kleine en grote voertuigen	11
Tabel 6: Energieverbruik (in percentage ten opzichte van benzine) [4].....	28
Tabel 7: Energieverbruik	28
Tabel 8: Emissies (in percentage ten opzichte van benzine) [4]	29
Tabel 9: Autonomie, tank/oplaadtijd, veiligheid en aanwezige infrastructuur [4,38].....	29
Tabel 10: Totale gemiddelde kost per jaar en totale gemiddelde kost per kilometer [4]	30

Lijst der figuren

Figuur 1: Wegingscoëfficiënten Ecoscore AMINAL.....	9
Figuur 2: Ecoscore selectie voertuigen.....	11
Figuur 3: grote versus kleine wagens	12

Opstellen informatieve gidsen voor de consument en vloothouders

1. Doel van de gidsen

Deze gids werd opgesteld om als leidraad te fungeren voor consumenten (particulieren, vloothouders, transportfirma's, busmaatschappijen, ...) voor het maken van keuzes betreffende de verwerving en het gebruik van milieuvriendelijke voertuigen.

Hiervoor zal in het eerste deel van deze gids worden uitgelegd waarom milieuvriendelijke voertuigen wenselijk zijn. Vervolgens zal een beschrijving volgen van wat milieuvriendelijke voertuigen zijn. Nadien zal kort een overzicht gegeven worden van de Ecoscore methodologie en zal een voorbeeld van de berekening van de Ecoscore van een voertuig worden weergegeven.

In een tweede deel zal worden uitgelegd hoe men een milieuvriendelijk voertuig kiest. In dit kader zullen drie aspecten besproken worden; namelijk de milieu-, de technische- en de financiële aspecten.

Deze gids maakt deel uit van het project "Ecoscore", uitgeschreven door het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap; Departement Leefmilieu en Infrastructuur; Administratie Milieu-, natuur-, land- en waterbeheer (AMINAL); afdeling Algemeen milieu- en natuurbeleid. Als andere onderdelen van dit project heeft men:

- Taak 1, dat uit het opstellen van een éénduidige definitie bestaat voor de bepaling van de Ecoscore van voertuigen,
- Taak 2, dat de ontwikkeling behelst van een software module voor de berekening van de Ecoscore van een individueel voertuig,
- Taak 3, waarin een overzicht wordt gegeven van de databeschikbaarheid en waarin een databank wordt ontwikkeld voor de berekening van de Ecoscore
- Taak 4 bevat het opstellen van deze gids
- In Taak 5 wordt nagegaan hoe de Ecoscore kan ingezet worden in het kader van beleidsmaatregelen.

De resultaten van deze studie zijn terug te vinden op www.vlaanderen.be/lucht, (rubriek milieu en mobiliteit, rubriek documentatie, rubriek studies).

DEEL I

1. Waarom milieuvriendelijke voertuigen?

Het type motor waarmee een wagen is uitgerust, bepaalt mee de mate van de belasting voor het milieu. Naast het type motor en het gebruikte brandstoftype (benzine, diesel, LPG, CNG, elektrisch,...) zijn er ook andere factoren die de milieubelasting beïnvloeden: rijgedrag^[1], onderhoud, bandenspanning, enz.

Er zijn verschillende effecten ten gevolge van de emissies naar de lucht, gerelateerd aan het gebruik van een voertuig. Zo draagt de CO₂-uitstoot van het voertuig bij tot het broeikaseffect en draagt de emissie van schadelijke stoffen (CO, NO_x, SO_x, koolwaterstoffen, roetdeeltjes, ...) bij tot effecten op de menselijke gezondheid en op de ecosystemen. Tenslotte is de geluidshinder een niet te verwaarlozen effect van het transport, met zijn impact op het milieu en de mens.

1.a) Broeikaseffect

Het broeikaseffect [2] is een natuurlijk mechanisme waarbij de zonnestraling die de aarde bereikt, deels wordt opgenomen en deels terug wordt uitgestraald. Deze infrarode straling wordt vervolgens door onder andere CO₂ en waterdamp opgenomen en omgezet in warmte. Afhankelijk van de concentratie waarin deze broeikasgassen voorkomen, regelt dit de temperatuur van onze atmosfeer. Door een toenemende uitstoot van broeikasgassen ten gevolge van de industriële activiteit op aarde, neemt de concentratie van deze gassen toe. Zo blijkt uit onderzoek dat de atmosferische concentraties CO₂ tussen 1850 en 1998 gestegen is van 280ppm naar 365ppm. Volgens het IPCC¹ (een internationaal onafhankelijk orgaan inzake klimaatsverandering) is deze stijging een gevolg van de verbranding van grote hoeveelheden fossiele brandstoffen en landbouwactiviteiten. Anderzijds is sinds het einde van de 19e eeuw de gemiddelde temperatuur op aarde gestegen met 0,6°C, wat gepaard ging met een stijging van de zeespiegel van 25 cm.

De gevolgen van een klimaatsverandering zijn mondiaal en hebben een uitwerking op zeer lange termijn. De effecten ervan kunnen zich uiten op de natuurlijke leefomgeving, de menselijke gezondheid en de economie.

Klimatologen van het IPCC voorspellen dan ook een verdere stijging van de gemiddelde temperatuur, tegen het einde van de 21e eeuw, op wereldschaal van 1,4°C tot 5,8°C ten gevolge van de stijging van de hoeveelheid broeikasgassen in onze atmosfeer. Ook de verdamping en neerslag op regionale schaal dreigen te wijzigen en kunnen aanleiding geven tot extreme weersomstandigheden zoals overstromingen en hittegolven, die zowel in intensiteit als in frequentie kunnen toenemen. Op mondiaal niveau geeft dit aanleiding tot een daling van de landbouwopbrengsten in tropische en subtropische regio's. Meer noordelijk gelegen gebieden zouden daarentegen een stijging van de landbouwopbrengsten kunnen verwachten. Verdroging en woestijnvorming kan worden versterkt en uitdeinen. In

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

bepaalde gebieden kan dit het energie verbruik voor de winter doen dalen, terwijl in ander gebieden de benodigde energie voor de koelinstallaties zal toenemen. Het aantal mensen dat wordt blootgesteld aan bepaalde tropische en subtropische ziekten dreigt aanzienlijk te verhogen ten gevolge van de uitbreiding van de besmettingszones. Eveneens wordt verwacht dat het broeikaseffect aanleiding zal geven tot een daling van de biodiversiteit (het afnemen van het aantal verschillende dier- en plantensoorten).

In België wordt er op alle bevoegheidsniveau's (waaronder eveneens mobiliteit en verkeer) gewerkt aan de realisatie van de Kyoto-doelstelling: een reductie van 7,5% van de broeikasgassen tegen 2012 ten opzichte van het referentiejaar 1990 (CO₂, N₂O, CH₄, en de belangrijkste fluoreerde broeikasgassen).

1.b)Luchtkwaliteit

1.b.1) Effecten op de menselijke gezondheid

Producten van onvolledige verbranding, waaronder koolstofmonoxide (CO), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en dioxines, zijn omwille van hun toxiciteit en persistentie slecht voor de menselijke gezondheid. Zo leidt een overmatige opname van CO tot zuurstofarmoede in het bloed. PAK's en dioxines worden voornamelijk via de voeding opgenomen en kunnen kanker veroorzaken[2].

Fijn stof (PM) wordt gezien als een belangrijke luchtverontreinigende stof, dat leidt tot nadelige gezondheidseffecten. Zwevend stof in de lucht heeft zowel directe als indirecte impacts op de gezondheid van de mens. Dit zwevend stof kan drager zijn van onder andere zware metalen, PAK's, dioxines en komen terecht in ons lichaam door de inademing van het fijn stof. Het fijn stof is op zich eveneens schadelijk en dringt, omwille van zijn kleine afmeting, tot diep in onze luchtwegen door. Het zet zich af in de bovenste sectie van het ademhalingsstelsel en de allerkleinste deeltjes dringen zo verder door, tot wanneer ze uiteindelijk worden mee opgenomen door onze bloedbanen.

Het verkeer is na de landbouw en visserij, nog steeds de belangrijkste bron van dit fijn stof (roetdeeltjes). Andere sectoren die dit fijn stof produceren zijn de industrie en de energiesector.

De uitstoot van zwaveloxide (SO₂) draagt, samen met de roetdeeltjes, bij tot de vorming van wintersmog. De aanwezigheid van stikstofoxides (NO_x) in de atmosfeer ligt aan de oorsprong van de vorming van fotochemische zomersmog in aanwezigheid van VOS (vluchtige organische stoffen). Verzurende emissies (SO₂ en NO_x) gaan zich bovendien binden aan fijn stof dat zo door inademing wordt opgenomen tot diep in de longen en in de bloedbanen. Dit heeft gevolgen voor de menselijke gezondheid en leidt tot een verhoogd risico op hart, klachten aan luchtwegen en zelf vervroegde sterfte.

De blootstelling aan NO₂ kan onomkeerbare effecten teweegbrengen op de longfuncties en de luchtwegen. Hoge concentraties van SO₂ veroorzaken neusloop, hoesten en pijn in de ogen. Jarenlange blootstelling aan lage concentraties kan verminderde longfunctie, bronchitis en emfyseem veroorzaken.

1.b.2) Effecten op ecosystemen

De belangrijkste effecten op de ecosystemen worden veroorzaakt door verzuring ten gevolge van de atmosferische depositie van zwavel en stikstofhoudende verbindingen in de atmosfeer. Deze verbindingen zijn afkomstig van de gassen zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃).

De voornaamste bronnen voor deze pollutanten zijn de industrie en elektriciteitsproductie, raffinaderijen, het wegverkeer en de verwarming van gebouwen. Verzuring heeft een verstoring tot gevolg van de samenstelling van het oppervlaktewater, bodem en de lucht. Dit zorgt op zijn beurt voor nadelige effecten zoals een verstoring van de biodiversiteit, afname van de bodemkwaliteit, aantasting van planten en bomen en een verhoging van de concentraties van aluminium en nitraten in het grondwater.

1.c) Geluidshinder

Lawaai of geluidshinder^[3] is in vele dichtbevolkte en/of geïndustrialiseerde gebieden, waaronder Vlaanderen, een belangrijke bedreiging voor de levenskwaliteit. Naast het wegverkeer en het luchtverkeer zijn burengeluid en geluid door recreatie de belangrijkste bronnen van lawaai.

Het wegverkeer is actueel de belangrijkste groep als veroorzaker van geluidshinder in Vlaanderen. Het percentage van de bevolking in Vlaanderen dat gedurende de dag in de week wordt blootgesteld aan een geluidsdrumniveau van 65dB(A) of meer, nam in de periode tussen 1996 en 2001 zelfs toe.

De invloed van geluid op de mens is afhankelijk van een aantal karakteristieken (toon, periodiciteit, intensiteit,...), waarvan het geluidsniveau (uitgedrukt in dB) de belangrijkste is.

Lawaai veroorzaakt in de eerste plaats stress. Lawaai veroorzaakt eveneens concentratiestoornissen en verstoort de nachtrust. Effecten op de menselijke gezondheid worden met steeds grotere zekerheid vastgesteld en betreffen hart en vaatziekten, chronische vermoeidheid, ...

Naast de impact op de mens, is er een impact op de ecotopen van 'geluidsgevoelige' diersoorten (voornamelijk vogelsoorten).

2. Wat zijn milieuvriendelijke voertuigen?

Vorig hoofdstuk toont duidelijk de invloed van voertuigen op broeikas-effect, de luchtkwaliteit en geluidshinder. Echter niet alle voertuigen zijn even schadelijk. Hoe kan men nu de schadelijkheid van een voertuig bepalen?

Er bestaan verschillende systemen om milieuvriendelijke wagens te definiëren.

Een eerste benadering kan gebaseerd zijn op de technologische kenmerken van het voertuig. Zo zou men kunnen opteren om alle LPG voertuigen als milieuvriendelijk te beschouwen. Echter deze aanpak garandeert niet dat een voertuig effectief lage emissies heeft.

Een andere benadering kan gebaseerd zijn op de CO₂ uitstoot van het voertuig. Echter enkel CO₂ beschouwen garandeert niet dat ook de andere pollutanten (zoals NO_x, SO₂, PM enz.) eveneens laag liggen. Deze aanpak is dus enkel gericht naar de reductie van het broeikas-effect, maar niet naar de verbetering van de luchtkwaliteit en haar invloed op mens en milieu.

Een derde benadering kan gebaseerd zijn op de homologatiereggeving. Elk voertuig dat op de markt wordt gebracht moet eerst een aantal testen ondergaan, onder andere wordt hierbij de emissies gemeten volgens een bepaalde referentiesnelheidscyclus. Vanaf 2000 moesten personenvoertuigen voldoen aan de zogenaamde EURO III emissielimieten. Vanaf 2005 is de strengere EURO IV van kracht. Deze regelgeving heeft betrekking op NO_x, CO, koolwaterstoffen en PM. Indien men als milieuvriendelijk enkel deze homologatiereggeving zou hanteren dan beschouwt men dus niet het broeikas-effect of de lawaaihinder.

Het is duidelijk dat elk van de bovenstaande benaderingen beperkingen met zich meebrengen en dat een geïntegreerde aanpak wenselijk is. Vandaar werd in het kader van deze gidsen geopteerd voor een definitie van het milieuvriendelijke voertuig te hanteren, gebaseerd op een methodologie die zowel het broeikas-effect als schade aan mens en milieu in rekening brengt. Bovendien wordt schade tengevolge van lawaaihinder ook in deze milieurating geïntegreerd. Deze methode draagt de naam *Ecoscore*.

De Ecoscore van de Belgische voertuigen kan teruggevonden worden op www.milieuvriendelijkvoertuig.be

Een software programma voor de berekening van de Ecoscore kan *gedownload* worden van op <http://etec.vub.ac.be>

3. Wat is Ecoscore?

3.b) Beschrijving

De doelstelling van deze Ecoscore is om aan alle voertuigen een 'milieuscore' toe te kennen, die representatief is voor hun impact op het milieu. Hierbij worden verschillende schade-effecten mee in rekening gebracht: broeikaseffect, luchtkwaliteit (gezondheidseffecten & effecten op ecosystemen) en geluidshinder. Deze milieuevaluatie laat toe deze verschillende effecten te combineren in één enkele indicator.

Deze methodologie is gebaseerd op een "Well-to-Wheel" analyse. Dit wil zeggen dat er naast de emissies die vrijkomen tijdens het rijden, eveneens rekening wordt gehouden met de luchtpollutie ten gevolge van de productie en distributie van de brandstof. Dit laat toe verschillende brandstoftechnologieën met elkaar te vergelijken.

In het kader van de Ecoscore gebeurt de milieuevaluatie van een voertuig volgens een sequentie van 5 stappen:

- Welke zijn de vervuilende emissies geassocieerd aan het voertuig? (Inventarisatie)
- Tot welk type schade dragen deze emissies bij? (Classificatie)
- Welke waarde kent men toe aan deze schade? (Karakterisatie)
- Is deze schade groot ten opzichte van deze van het referentievoertuig? (Normalisatie)
- Welk belang moet men toekennen aan een type schade ten opzichte van de anderen? (Weging).

De Ecoscore werd zodanig opgesteld dat ze transparant is en gebaseerd is op beschikbare gegevens.

Inventarisatie

De Ecoscore neemt de geluidshinder en vervuilende emissies in rekening veroorzaakt door het voertuig. Deze laatste kunnen opgesplitst worden in:

- Directe emissies; komen vrij tijdens het gebruik van het voertuig
- Indirecte emissies; komen vrij gedurende de productie van de brandstof (diesel, benzine, LPG, CNG, biodiesel, waterstof en elektriciteit)

a) directe emissies

Wat betreft de emissies geassocieerd aan het gebruik van het voertuig, wordt een onderscheid gemaakt tussen gereguleerde emissies en niet gereguleerde emissies.

De evaluatie van de gereguleerde emissies (CO, NO_x, KWS en PM) is net zoals de geluidshinder gebaseerd op de homologatietesten.

Wat betreft de niet gereguleerde emissies, onderscheidt men de pollutanten CO₂, N₂O, CH₄ en SO₂, waarvan de uitstoot kan berekend worden op basis van het brandstofverbruik.

Hieronder wordt een voorbeeld gegeven van de input data voor de berekening van de Ecoscore:

Tabel 1 : voorbeeld van voertuiggegevens voor de berekening van de Ecoscore.

Brandstoftype	Homologatie data								andere	
	EURO	Noise	CO ₂	verbruik	CO	HC	NO _x	PM	SO ₂	N ₂ O
		[dBA]	[g/km]	[L/100Km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]
Benzine	IV	74	147.7	6.3	1	0.1	0.08	0	0.005	0.005

b) indirecte emissies

De uitstoot van schadelijke emissies geassocieerd aan de productie van de brandstof of elektriciteit (in geval van elektrische wagens), worden bepaald aan de hand van het brandstofverbruik en de emissiefactoren overeenstemmend met de productie van deze brandstof (of elektriciteit).

c) totale emissies

De schadelijkheid van pollutanten hangt af van hun concentratie en de bevolkingspopulatie die eraan wordt blootgesteld. Emissies uitgestoten in een stedelijke omgeving zullen veel meer gezondheidsschade te weeg brengen dan emissies uitgestoten ver weg van de bevolking. Daarom wordt bij de berekening van de totale emissies de indirecte emissies in mindere mate in rekening gebracht dan de direct emissies. Dit laat toe rekening te houden met de afstand tussen de plaats van de pollutie en de plaats van de receptoren.

Dit geldt echter enkel voor de emissies die schadelijk zijn voor de gezondheid en ecosystemen, maar niet voor de broeikasgassen waarvan het effect onafhankelijk is van de plaats van de uitstoot.

Classificatie & Karakterisatie

Eens de emissies berekend zijn, wordt vervolgens nagegaan wat hun bijdrage is tot de verschillende schadecategorieën.

De gebruikte schade-eenheden (uitgedrukt per gram van een bepaalde emissie) zijn:

- GWP (Global Warming Potential per gram) voor het broeikaseffect
- Externe kosten (€/g) voor de gezondheidseffecten
- Externe kosten (€/g) voor de effecten op de ecosystemen
- dB(A) voor de geluidshinder

De berekening van de schade gebeurt door het berekende emissieniveau, uitgedrukt in g/km, te vermenigvuldigen met een schadefactor eigen aan de schadecategorie.

Tabel 2 geeft een overzicht van de beschouwde schadecategorieën, alsook van de respectievelijke pollutanten en hun relatieve bijdrage tot een bepaalde milieuschade.

Tabel 2: Schadecategorieën Ecoscore

Effect	Polluent	Eenheid	Schadefactoren	
			landelijk	stedelijk
1) Broeikaseffect	CO2	GWP	1	1
	CH4	GWP	23	23
	N2O	GWP	296	296
2) Luchtkwaliteit	-	-	-	-
2a) Menselijke Gezondheid	KWS	€/kg	3	3
	CO	€/kg	0.0008	0.0032
	PM10	€/kg	103.49	418.61
	NOx	€/kg	1.152	1.483
	SO2	€/kg	6.267	14.788
2b) Ecosystemen	NOx	€/kg	0.113	0.113
	SO2	€/kg	0.176	0.176
3) Geluidshinder	geluidsemisatie	dB(A)	1	1

Normalisatie

Teneinde het relatieve belang van de schade na te gaan, ten opzichte van een referentieniveau, wordt de berekende schade gedeeld door de schade die een referentievoertuig zou veroorzaken. In de Ecoscore methodologie wordt als referentieniveau gekozen voor de schade van een fictief referentievoertuig, waarvan de emissieniveaus overeenstemmen met de waarden opgelegd door de EURO IV emissienorm voor benzinevoertuigen en een uitstoot van 120g CO₂/km. Voor de geluidsemisaties werd als referentiewaarde 70 dB(A) gekozen.

In onderstaande tabel zijn de emissiegegevens, verbonden aan het referentievoertuig, weergegeven:

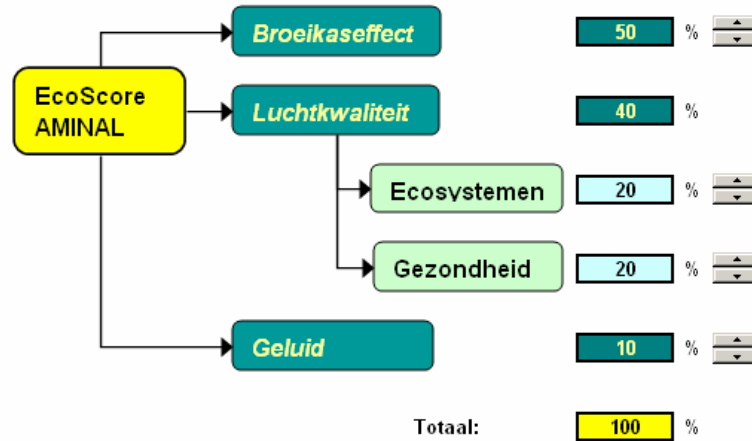
Tabel 3: emissiegegevens van het referentievoertuig

	Geluid	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO	HC	NO _x	PM	SO ₂	verbruik
	[dB(A)]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[l/100km]
Tank-to-Wheel	70	120	0.005	0.02	1	0.1	0.08	0	0.0041	5.48
Well-to-Tank		16.2	0	0.03	0.009	0.37	0.07	0.004	0.12	0.49

Weging

Tot slot worden er aan de genormaliseerde schades gewichten toegekend, vooraleer ze opgeteld worden om zo de 'totale milieu-impact' te bekomen.

De keuze van deze gewichten is niet alleen van wetenschappelijke aard, maar hangt ook af van beleidskeuzes of prioriteiten. Een belangrijke eigenschap van deze methodologie is de mogelijkheid om de schadecategorieën te wegen en op die manier een groter of kleiner gewicht toe te kennen aan bepaalde problematiek (denk maar aan Kyoto-richtlijn, richtlijnen betreffende luchtkwaliteit, geluidsoverlast). Deze wegingcoëfficiënten werden in samenspraak met het consortium en AMINAL vastgelegd en worden weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Wegingscoëfficiënten Ecoscore AMINAL

Teneinde resultaten te bekomen die allen tussen 0 (zeer milieuschadelijk) en 100 (zeer milieuvriendelijk) liggen, wordt de totale milieu-impact herschaald tot de finale Ecoscore indicator.

Met behulp van het Ecoscore model kan met nu voor ieder individueel voertuig een score berekenen, alsook een rangschikking maken van verschillende types van voertuigen. Zo kan men nagaan welke wagens beter scoren en welke slechter.

Hoe hoger de Ecoscore des te milieuvriendelijker !!

3.c) Enkele resultaten...

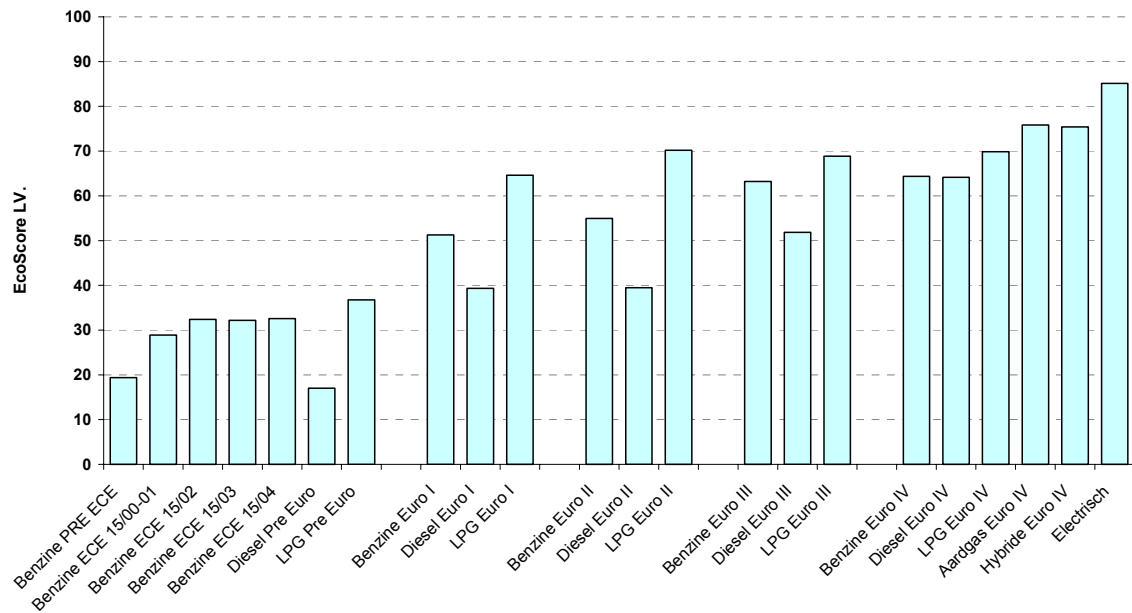
Ter illustratie wordt de Ecoscore van enkele voertuigen berekend.

Hiervoor werd een selectie gemaakt van een aantal voertuigen met verschillende types brandstof en ouderdom (emissieklasse). Daarnaast is voor deze selectie, de cilinderinhoud van dit voertuig weergegeven, alsook zijn gemiddeld verbruik (zie Tabel 4). Er werden veel voorkomende voertuigmodellen geselecteerd met een cilinderinhoud van ongeveer 1600cc. Deze keuze zorgt ervoor dat de resultaten beter met elkaar vergelijkbaar zijn. Elk voertuig wordt een code meegegeven voor indicatie in de Figuur 2, waar de bijhorende resultaten (Ecoscore) grafisch werden weergegeven.

Op basis van deze evaluatie ziet men dat een lage milieu impact (en dus een hoge Ecoscore) bekomen wordt voor het batterij elektrische voertuig (Peugeot 106 electric) vergeleken met de andere types voertuigen. Eveneens scoren het hybride benzine voertuig (Toyota Prius) en voertuigen op CNG en LPG hoog. Ook sommige Euro IV voertuigen scoren nog vrij goed.

Tabel 4: gegevens selectie voertuigen

Type	Brandstof	Merk - Type	Motor	Verbruik [L/100km]
PRE ECE	Benzine		1,4 - 2,0	14.2
ECE 15/00-01	Benzine		1,4 - 2,0	10.1
ECE 15/02	Benzine		1,4 - 2,0	9.2
ECE 15/03	Benzine		1,4 - 2,0	9.2
ECE 15/04	Benzine		1,4 - 2,0	8.7
PRE EURO	Diesel		> 2,0	7.5
PRE EURO	LPG		> 2,0	9.1
Euro I	Benzine		1,4 - 2,0	9.7
Euro I	Diesel		> 2,0	6.7
Euro I	LPG		> 2,0	9.3
Euro II	Benzine		1,4 - 2,0	9.7
Euro II	Diesel		> 2,0	6.7
Euro II	LPG		> 2,0	9.3
Euro III	Benzine	VOLKSWAGEN GOLF	1595	6.9
Euro III	Diesel	OPEL ASTRA	1686	4.7
Euro III	LPG	TOYOTA AVENSIS	1598	9.6
Euro IV	Benzine	VOLKSWAGEN GOLF	1595	7
Euro IV	Diesel	OPEL ASTRA	1686	4.6
Euro IV	LPG	OPEL VECTRA	1598	9.8
Euro IV	CNG	OPEL Astra Caravan	1600	6.42 m ³ /100km
Euro IV	Hybride Benzine	TOYOTA PRIUS	1497	4.3
Electric	Electriciteit	PEUGEOT 106 Electric	-	0.17 kWh/km



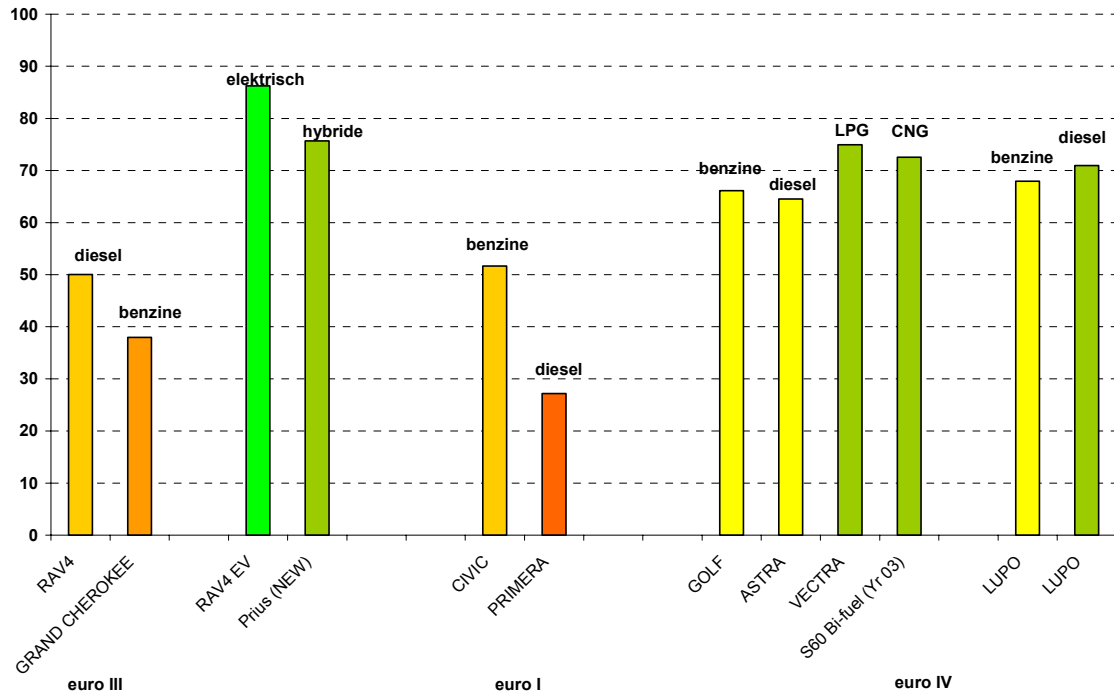
Figuur 2: Ecoscore selectie voertuigen

Er werd een tweede set voertuigen geselecteerd van kleine en grote wagens. Kleine en lichte benzine of diesel voertuigen scoren vrij goed omwille van een laag verbruik. Deze set van voertuigen wordt opgelijst in Tabel 5. In de Figuur 3 ziet men de Ecoscore van deze voertuigen.

Als grote voertuigen werden in dit voorbeeld 4x4 terreinwagens geselecteerd. Zowel een diesel als een benzine 4x4 voertuig werd vergeleken met een elektrisch equivalent van het 4x4 voertuig en een hybride personenvoertuig. Vervolgens zijn er twee oudere voertuigen geselecteerd (EURO I) ter vergelijking. Vier voertuigen, met de strengste emissieklasse EURO IV en een middelmatige cilinderinhoud (behalve voor het CNG voertuig) met telkens een verschillend brandstoftype werden eveneens weergegeven. Dit zijn voertuigen die ook in de set van Tabel 4 voorkomen. Tenslotte werden twee kleine stadswagens (een diesel en een benzine stadswagen) hieraan toegevoegd.

Tabel 5: selectie kleine en grote voertuigen

Merk	Type	Brandstof	Emissie klasse	Cilinderinhoud	Verbruik
TOYOTA	RAV4	Diesel	III	1995	7,1
JEEP	GRAND CHEROKEE	Benzine	III	4701	16
TOYOTA	RAV4 EV	elektrisch		20kW	152 Wh
TOYOTA	Prius (NEW)	hybride	IV	1497	4,3
HONDA	CIVIC	benzine	I	1595	8,4
NISSAN	PRIMERA	diesel	I	1974	6,5
VOLKSWAGEN	GOLF	benzine	IV	1598	6,3
OPEL	ASTRA	diesel	IV	1686	4,6
OPEL	VECTRA	LPG	IV	1598	7,2
VOLVO	S60 Bi-fuel (Yr 03)	CNG	IV	2435	11,2
VOLKSWAGEN	LUPO	benzine	IV	1390	6
VOLKSWAGEN	LUPO	diesel	IV	1191	3



Figuur 3: grote versus kleine wagens

Hier ziet men duidelijk dat voertuigen met een groter verbruik (bijvoorbeeld terreinwagens) een stuk minder goed scoren dan wagens met een gemiddeld of een laag verbruik.

Bij de kleine stadswagens, is in dit voorbeeld het diesel voertuig beter dan de benzine uitvoering, omwille van de combinatie van zijn lage emissiewaarden (EURO IV) en zeer laag verbruik (3L per 100 km). Hierdoor is de bijdrage tot het broeikaseffect zeer laag en compenseert dit zijn grotere impact (vergeleken met de benzine uitvoering) op de menselijke gezondheid.

DEEL II

4. Beschrijving van de kenmerken van milieuvriendelijke voertuigen

De keuze van een voertuig wordt bepaald door verschillende elementen. In Deel I van deze gids werd de milieuvriendelijkheid toegelicht. In dit tweede deel van de gids zullen andere kenmerken worden toegelicht, zoals technische en financiële kenmerken van de verschillende voertuigtechnologieën.

4.b) Conventionele voertuigen

4.b.1) Benzine voertuig

In deze gids wordt het benzine voertuig als referentie gekozen waarmee de andere voertuigtechnologieën vergeleken zullen worden.

Benzine voertuigen hebben een autonomie van ongeveer 500 km. De tanktijd bedraagt zo'n 2 à 3 minuten. Er bestaat in België een uitgebreid netwerk van benzinepompen.

Naast het gevaar op brand, kan het inademen van benzinegassen aanleiding geven tot hoofdpijn, draaierigheid, braakneigingen, en bewusteloosheid [4].

Kleine benzinevoertuigen verbruiken in stedelijk verkeer ongeveer 6 liter/100 km. Grotere gezinswagens verbruiken daarentegen ongeveer 7 tot 8 liter. Dit zijn officiële gegevens, het verbruik in de praktijk ligt meestal hoger omwille van onder andere het rijgedrag [1]. Wanneer men rekening houdt met de energie-inhoud van de brandstof (uitgedrukt in MJ/km of kWh/km), merkt men dat zowel in de klasse van de kleine als van de grote wagens, de benzinewagens meer primaire energie verbruiken dan dieselveertuigen. Hierdoor dragen ze meer bij tot het broeikas-effect.

Benzinevoertuigen (zowel voor de categorie kleine als familiale personenwagens) zijn goedkoper dan andere voertuigtechnologieën.

Qua brandstofprijs constateert men dat benzine duurder is dan diesel, LPG en in sommige omstandigheden biodiesel.

In het algemeen is de gemiddelde jaarlijkse kost, alsook de kost per kilometer van benzinewagens, relatief laag.

4.b.2) Diesel voertuig

Na de hybride voertuigen hebben dieselveertuigen de grootste autonomie (ongeveer 900 km). De tanktijd bedraagt hier slechts 2 à 3 minuten. Net zoals voor benzine, is in ons land een ruim distributienet aanwezig voor dieselbrandstof.

Op korte termijn kunnen de dieseldampen leiden tot irritatie van ogen en luchtwegen [5]. Langdurige blootstelling aan dieseldampen leidt op korte termijn tot een reeks aandoeningen, zoals eveneens irritatie van de ogen, neus en keel, maar ook hoofdpijn, futloosheid, braken en pijn in de borst [6]. Op lange termijn (ongeveer 20 jaar) stijgt het

risico op longkanker [5]. Laboratoriumtests laten toe te concluderen dat dieseldampen toxisch, mutageen en kankerverwekkend zijn [7]. Bovendien is diesel sterk ontvlambaar.

Kleine dieselveertuigen verbruiken ongeveer 6 liter/100 km,. De kostprijs van diesel is ongeveer 30% minder dan voor benzine. Diesel voertuigen verbruiken minder directe en primaire energie dan benzinevoertuigen (10 tot 15% minder directe en indirecte energie).

Thans stoten dieselwagens relatief veel roet en stikstofoxiden uit, vergeleken met auto's op benzine. De installatie van katalysatoren en deeltjesfilters zou hieraan gedeeltelijk kunnen verhelpen.

De aankoopprijs van dieselwagens is relatief laag in vergelijking met alternatieve aandrijvingen, maar duurder dan benzine voertuigen. De Ecoscore is echter meestal ongunstig omwille van de belangrijke impact van de roetdeeltjes op de menselijke gezondheid.

De kost per km voor dieselveertuigen is vergelijkbaar met deze van benzinevoertuigen en is afhankelijk van het jaarlijkse aantal afgelegde kilometers. De resultaten bevatten zowel de aankoopprijs (afgeschreven over het aantal gebruiksjaren), de belasting (enkel inschrijvingstaks), de verzekering, de brandstofkost, het onderhoud en de technische controle. Deze analyse, uitgevoerd in het kader van het project 'schone voertuigen' in opdracht van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (2001), had enkel betrekking op de vloot van administratieve overheden. Aangezien zij geen inverkeerstellingsbelasting, noch verkeersbelasting betalen, werden deze belastingen niet mee in rekening gebracht.

4.c) alternatieve brandstoffen

Naast benzine en diesel kunnen ook andere brandstoffen gebruikt worden. Hier zullen de meest voorkomende soorten aangehaald worden, namelijk LPG, aardgas, biodiesel en alcohol.

4.c.1) LPG-voertuigen

Momenteel bestaat het merendeel van de LPG-voertuigen uit aangepaste ('retrofitted') benzinevoertuigen. Er is een tendens bij de autofabrikanten om meer voertuigen op de markt te brengen, die specifiek ontwikkeld zijn voor LPG, maar hun aandeel is echter nog steeds heel klein.

LPG bestaat hoofdzakelijk uit propaan (C_3H_8) en butaan (C_4H_{10}) en is een bijproduct van olieraffinage. De verhouding van de samenstellende componenten verschilt zeer sterk naargelang het land van oorsprong. In het Verenigd Koninkrijk bijvoorbeeld bestaat LPG uit 90% propaan terwijl die in Italië slechts uit 20% propaan bestaat. In België is de propaan/butaan verhouding gelijk aan 60/40. Oorspronkelijk leidde dit tot problemen tijdens het reizen doorheen Europa, maar op heden kunnen motoren deze grote variabiliteit zonder al teveel problemen aan [24].

Bij omgevingsdruk is LPG gasvormig, maar kan vanaf een druk van 4 bar vloeibaar gemaakt worden, vandaar de naam "liquefied petroleum gas" [8]. LPG wordt meestal vermengd met een reukstof (mercaptaan) waardoor het mogelijk wordt om eventuele lekken te ontdekken [9].

In tunnels en ondergrondse parkings zijn LPG voertuigen niet toegelaten [10]. LPG wagens zijn echter volgens VLAREM wel toegelaten. Toelatingsbeperkingen worden momenteel op federaal vlak weggewerkt.

Om eenzelfde autonomie te bereiken als conventionele voertuigen, zou de LPG-tank zowat 1,4 maal groter moeten zijn dan een benzine- of dieseltank [24]. Dit is onder andere te wijten aan een lagere energetische inhoud van een liter LPG brandstof en door de beperking om de tank slechts ten belope van 80% te vullen omwille van veiligheidsredenen.

De autonomie van LPG-voertuigen is verder nog afhankelijk van het feit of het voertuig uitsluitend LPG gebruikt, of ook op benzine kan rijden.

Crashtests hebben uitgewezen dat voertuigen, die oorspronkelijk uitgerust zijn met een LPG-tank qua veiligheid vergelijkbaar zijn met benzinevoertuigen. Dankzij de stevigheid van de huidige generatie tanks, de in acht name van de begrenzing van de hoeveelheid gas die erin kan worden gepompt en de automatische onderbreking van de gastoevoer bij gebrekkige verbranding, zijn de voertuigen en installaties op LPG vandaag zeer veilig, zowel in het dagelijkse gebruik als in uitzonderlijke mechanische of thermische omstandigheden (aanrijding, brand) [11]. Omgebouwde voertuigen daarentegen blijken echter niet altijd even veilig te zijn [4].

Het voordeel van LPG brandstof is dat het verdampt waardoor het geen gevaar levert voor het grondwater. Benzine en olie lossen eveneens niet in water op, maar kunnen wel het

grondwater vervuilen. LPG echter niet omdat het verdampt. Het vloeibaar gas is bovendien niet giftig [12].

LPG is verkrijgbaar in ongeveer 10.000 tankstations verspreid over gans Europa, met de grootste concentraties in Nederland, België, Frankrijk, Italië en Groot-Brittannië. Volgens referentie [13] zouden er in België ten minste 556 stations bestaan waar LPG beschikbaar is. Een probleem is echter dat de koppelstukken voor het tanken kunnen verschillen van land tot land in Europa. De tanktijd bedraagt hier 5 à 10 minuten [4].

Kleine LPG-voertuigen, type stadswagen, verbruiken zowat 10 liter LPG per 100 km. Grote LPG-wagens, type gezinswagen, verbruiken zowat 11 liter per 100km.

Het globale rendement van een gasmotor ligt iets lager dan bij klassieke brandstoffen (~20% lager). In L/100 km is het verbruik van LPG-voertuigen hoger dan voor benzine en diesel voertuigen. Door de lagere volumetrische energie-inhoud van LPG, zal het dynamische energieverbruik (in Wh/km) iets lager liggen dan bij benzine, maar nog net iets hoger dan bij diesel [4]. Wat het indirect energetisch verbruik betreft, zijn LPG-voertuigen beduidend zuiniger dan benzine.

Indien *LPG-wagens* goed afgesteld zijn, zullen de emissies op alle gebied lager zijn dan deze van benzinewagens. Dit vereist echter ook een goed onderhoud en een blijvende goede afstelling. Zoniet kunnen sommige emissies (meer bepaald NO_x en KWS) serieus oplopen [4].

De emissiereductie bij het ombouwen van een bestaand benzinevoertuig naar LPG is zeer variabel en afhankelijk van de kwaliteit van de installatie. Uit een VAB onderzoek [14] blijkt dat 1 op 5 installateurs verouderde en vervuilende LPG-installaties adviseeren. Enkel door het gebruik van hoogtechnologische LPG-installaties kan LPG zijn 'milieuvoordeel' behouden.

Bij voertuigen die oorspronkelijk uitgerust zijn met een LPG installatie, kan een emissiereductie van 0 tot 30% NO_x verwacht worden in vergelijking met benzine voertuigen en 20 tot 50% t.o.v. diesel voertuigen. Door toevoeging van een driewegkatalysator kan de uitstoot van CO, KWS en NO_x nog sterker verminderd worden. [4]

Vanaf de invoering van de Euro IV-emissierichtlijn in 2005 voor klassieke voertuigen, wordt volgens referentie [15] geen significante emissiereductie (van CO, NO_x, PM en KWS) meer verwacht van de huidige LPG-voertuigen.

De verkoop van LPG-voertuigen kende een opstoot in de jaren '80 [16] en sindsdien rijden er in België zowat 82.000 LPG-voertuigen rond, waarvan 60.000 wagens, 50 bussen, 9.000 vrachtwagens en 400 speciale voertuigen[43]. Het totale aantal LPG-voertuigen in heel Europa bedraagt ongeveer 2 miljoen, waarvan de helft afkomstig is uit Italië en een derde uit Nederland[24].

De aankoopprijs van een LPG-voertuig is vergelijkbaar met deze van een dieselveertuig. De conversie van een personenwagen op benzine tot een LPG-voertuig kost ongeveer 1.500 à 2.000 €. Bovendien dient er een jaarlijkse belasting te worden betaald van 90€ tot 210€ (afhankelijk van het vermogen van de wagen). De BIV voor LPG voertuigen is lager dan voor benzinewagens.

LPG-voertuigen zijn vanuit economisch standpunt zeer interessant en dit zelfs zonder subsidies voor de ombouwing of reductie van de BIV. LPG-voertuigen hebben een totale kost per kilometer die vanaf 10.000 km per jaar, lager ligt dan deze van benzinevoertuigen [4].

Door de lagere accijnzen is de kostprijs van alternatieve brandstoffen voor de gebruiker significant lager dan deze voor de traditionele brandstoffen.

4.c.2)Aardgasvoertuigen

Het grote verschil tussen aardgasvoertuigen en conventionele voertuigen ligt in het brandstofsysteem. Benzine en diesel worden hier vervangen door aardgas, dat onder hoge druk in de wagen wordt getankt. De reden voor het onder druk zetten van aardgas, is dat het een groter volume inneemt dan traditionele brandstoffen. Naast het comprimeren van het aardgas, kan men het eveneens opslaan onder vloeibare vorm. Hieraan wordt de naam 'Liquefied Natural Gas' (LNG) gegeven in plaats van 'Compressed Natural Gas' (CNG) [17]. De moeilijkheid bij deze technologie is dat het vloeibare aardgas in kleinere, vacuümtanken dient opgeslagen te worden, bij een zeer lage temperatuur van -160° Celsius [24].

Hiernaast bestaan er ook 'Bi-fuel' voertuigen. Dit zijn voertuigen die zowel op aardgas als op benzine kunnen rijden. De meeste van deze voertuigen zijn zo ontworpen dat ze automatisch overschakelen naar benzine wanneer de aardgastank bijna leeg is.

Net zoals bij LPG-voertuigen, bestaat momenteel het merendeel van de CNG-voertuigen uit aangepaste diesel- of benzinevoertuigen ("bi-fuel" of "dedicated") maar er is een tendens naar motoren, die specifiek ontwikkeld zijn voor CNG (er wordt enkel een klein diesel- of benzinereservoir behouden voor in geval van nood).

De autonomie van CNG voertuigen (gecomprimeerd gas) is beperkt tot 200 à 250 km. LNG wagens (Vloeibaar gas) hebben een actieradius die tot driemaal groter is dan bij CNG-wagens [18].

Er bestaan twee manieren om een aardgasvoertuig van brandstof te voorzien, nl. de "quick fill" en de "slow fill". Bij de eerste manier wordt gebruik gemaakt van een bufferopslag bij een druk van ongeveer 250 bar. Het voltanken van een voertuig neemt hier slechts een tiental minuten in beslag. Bij de tweede manier wordt de tank door een compressor op directe wijze gevoed. Dit neemt ongeveer een 5-tal uur in beslag [4].

Aardgasvoertuigen zouden even veilig zijn als benzinevoertuigen [4]. Oorspronkelijk is het aardgas geurloos en het zou niet leiden tot toxische of chronische fysiologische effecten; m.a.w. het is niet giftig. Langdurige blootstelling aan gematigde concentraties leidt "slechts" tot hoofdpijn of gelijkaardige symptomen tengevolge van een zuurstoftekort [19].

Voor aardgas is het aantal tankstations in België heel beperkt. Voornamelijk bij Electrabel en de MIVB zijn er een aantal CNG voertuigen aanwezig [4]. Het grote verschil echter met alcoholen en biodiesel, is dat er voor aardgas wel degelijk een distributienetwerk bestaat, in het bijzonder kunnen de infrastructuur voor huishoudelijke verwarming hiervoor ingezet worden.

Aardgas is oorspronkelijk een geurloos product dat vrij voorkomt in de natuur en voor het merendeel bestaat uit methaan [19]. De verhouding van de componenten waaruit het

aardgas is samengesteld verschilt naargelang het land van ontginning. Het gehalte methaan erin aanwezig kan variëren tussen 80 en 99%. Dit kan problemen geven aangezien het motor management systeem niet werd gebouwd om te kunnen functioneren met grote verschillen in de samenstelling van het gas [24].

Het primaire energieverbruik van aardgasvoertuigen varieert van 80% tot 115% van het primaire energieverbruik van benzinevoertuigen. De compressie van aardgas vereist een extra energieverbruik dat tot 20% kan bedragen.

Het energieverbruik bij personenwagens, rijdend op aardgas, is afhankelijk van de motortechnologie. Bij bifuel voertuigen (rijden zowel op aardgas als op benzine) is het niet mogelijk om zowel optimaal afgesteld te zijn voor aardgas als voor benzine, waardoor er een energetisch meerverbruik van 10% is voor aardgas t.o.v. benzine. Bij “dedicated” voertuigen (motoren specifiek ontworpen voor het gebruik van aardgas) kan het energieverbruik dalen tot 80% t.o.v. benzine [20].

Rekeninghoudend met het gebruik alsook de productie ervan (raffinage, transport en distributie) hebben LPG- en aardgasvoertuigen een vergelijkbare of iets lagere emissie van CO₂ ten opzichte van diesellootvoertuigen en 20% lager t.o.v. benzinevoertuigen. Door de aanwezigheid van methaan in de brandstof stoten aardgasvoertuigen meer koolwaterstoffen uit (tot 2 à 3 maal meer) dan benzinevoertuigen. Methaan is een sterk broeikasgas. Voor alle andere vervuilende stoffen zijn CNG-voertuigen meer milieuvriendelijk [4]. In vergelijking met diesellootvoertuigen, stoten voertuigen, die reeds vanaf de constructie uitgerust werden met een aardgasinstallatie, zowat 20 tot 50% minder NO_x uit. Daar aardgas zich beter mengt met lucht en minder rijk dient te worden toegediend dan vloeibare brandstoffen is er minder uitstoot van CO (koolstofmonoxide) in vergelijking met benzine. De grootte van deze vermindering hangt af van het geïnstalleerde regelsysteem.

Vanaf de invoering van de Euro IV-emissierichtlijn voor klassieke voertuigen, wordt volgens referentie [15] geen significante emissiereductie (van CO, NO_x, PM en KWS) meer verwacht van de huidige CNG-voertuigen.

Na steenkool is aardgas de meest voorkomende fossiele brandstof [24]. Men schat dat indien men tegen hetzelfde huidige tempo aardgas in de toekomst consumeert, de gekende reserves uitgeput zullen zijn binnen 70 jaar [21].

Het grote voordeel van aardgas is dat het lichter is dan lucht, zodat bij eventuele lekken het gas zich onmiddellijk in de atmosfeer verspreidt en er geen ontvlambare mengsels kunnen ontstaan [22]. Wanneer het gas zich echter verspreidt in een afgesloten ruimte kan er wel ontploffingsgevaar ontstaan.

Aardgas-voertuigen zijn significant stiller dan conventionele voertuigen en de motorvibratie is ook kleiner [24].

Een van de nadelen verbonden aan aardgasvoertuigen is dat zij over een vrij kleine kofferruimte beschikken, daar ze een speciale tank nodig hebben om het gas in op te slaan. Bovendien weegt die tank vrij zwaar, zodanig dat het gewicht van de tank gevuld met brandstof zowat vier maal zwaarder is dan in het geval van diesel of benzine [24]. Verder beschikken aardgas-voertuigen over een beperkte actieradius wegens de kleine energetische inhoud per liter brandstof en de beperking om de tank slechts te vullen tot van 80% van

haar volume omwille van veiligheidsredenen Ook moeten aardgasvoertuigen op regelmatige basis veiligheidscontroles ondergaan [4].

Hoewel aardgasvoertuigen al meer dan 10 jaar bestaan, is het aantal voertuigen op aardgas in België nog vrij beperkt. Zo bedroeg in 1998 het totale aantal aardgasvoertuigen 243, waarvan 202 wagens en bestelwagens, 27 bussen en 14 vrachtwagens [43]. In augustus 2000 steeg het aantal lichtjes tot zo'n 300 eenheden [23]. Over de hele wereld rijden er zowat 3,5 miljoen aardgas-voertuigen, met als recordhouder Argentinië, waar meer dan 1.200.000 voertuigen rondrijden. Op de tweede plaats vindt men Brazilië terug met 600.000 voertuigen, gevolgd door Pakistan met 540.000 voertuigen en Italië met ongeveer 400.000 voertuigen [5][24]. Wereldwijd zijn er zowat 1000 LNG-voertuigen in omloop. Studies uitgevoerd in de VS geven aan dat het aantal aardgas-voertuigen wereldwijd tegen 2025 zou oplopen tot 20 miljoen[24].

De aankoopprijs van een aardgasvoertuig is hoog, en overtreft die van alle andere vernoemde voertuigen, op elektrische voertuigen na. Bovendien bestaat er in België geen overheidstussenkomst voor aardgasvoertuigen [25].

Echter kan de CNG-optie toch (economisch) aantrekkelijk zijn, voor zover enerzijds de infrastructuurkost niet leidt tot een verhoging van de brandstofprijs boven 0,69 € per m³ en voor zover anderzijds het verbruik niet meer bedraagt dan 7 m³ per 100 km [4]. De kostprijs van alternatieve brandstoffen kan voor de gebruiker significant lager liggen dan traditionele brandstoffen, wat onder andere te wijten is aan de preferentiële behandeling op het vlak van accijnzen. Indien het energieverbruik schommelt tussen 7 en 8 m³ per 100km, zal het te betalen bedrag aan brandstof zowat 4,9 à 5,6 € per 100 km bedragen [4]. De gemiddelde jaarlijkse kost van aardgaswagens is vergelijkbaar met deze van dieselwagens. Vanaf 10.000 km is de kost per km van aardgasvoertuigen lager dan deze van benzine-voertuigen [4].

4.c.3) Biodieselvoertuigen

Biodiesel wordt beschouwd als een hernieuwbare energiebron en kan gemaakt worden uit plantaardige olie, zoals koolzaad-, zonnebloem-, palm- of soja-olie. Vooraleer deze olie kan gebruikt worden, ondergaat het een chemische reactie (esterisatie met methanol) die tot doel heeft de brandstofkwaliteit ervan te verhogen. Het aldus bekomen product beschikt over eigenschappen die vrij nauw aanleunen bij dieselolie.

Aangezien biodiesel vrij sterk lijkt op klassieke diesel, kan men het gebruiken in een gewone dieselmotor, mits een aantal kleine aanpassingen (zoals het voorzien van afdichtingen in een geschikt materiaal, om te vermijden dat biodiesel het rubber zou aantasten). Ook zou biodiesel perfect mengbaar zijn met fossiele diesel [26]. Alle motoren van na 1980 kunnen zonder probleem mengsels ontvangen bestaande uit minstens 5% biodiesel.

De autonomie van biodieselvoertuigen is vergelijkbaar met deze van de dieselveertuigen [4].

Biodiesel wordt op natuurlijke wijze voor 98% afgebroken in een termijn van 21 dagen [4]. Dit betekent dat een lek in de bodem of in water niet meteen synoniem is van een milieuramp [26]. Een ander voordeel is dat motoren die biodiesel gebruiken minder lawaai maken dan conventionele motoren [27].

Een nadeel van sommige soorten biodiesel is dat het zorgt voor stankoverlast ("frituurlucht") en nog vrij duur is [28].

Net zoals dieselwagens stoten biodiesel voertuigen meer NO_x en PM (Particulate Matter = stofdeeltjes) uit dan benzine wagens. Een goede afstelling van de motor zou op zich al een grote vermindering van NO_x mogelijk maken [4].

Wanneer we de uitlaat emissies van een voertuig op biodiesel (RME) vergelijken met deze wanneer gewone diesel wordt gebruikt, kunnen we volgende verschillen bemerken: PM, CO en koolwaterstoffen worden met 50% gereduceerd, NO_x neemt met 10% toe. Voor andere types biobrandstof, gelden steeds andere verhoudingen. Meer informatie kan teruggevonden worden in het rapport van taak 3, paragraaf 4.b.1.6).

Een motor op biodiesel presteert evengoed als een motor op diesel wat betreft zijn energieverbruik [4].

De meeste emissies komen vrij tijdens de landbouwfase, de olie-extractie en de verestering [4]. De energie-input voor ontginning, exploitatie, raffinage, transport en distributie stemt overeen met 16% van de totale energie-output. Dit betekent dat bij gebruik van biodiesel, slechts 84% nuttige output overblijft [4].

Ondanks het feit dat biodiesel de laatste decennia sterk aan populariteit gewonnen heeft [29], is er in België nog nergens de mogelijkheid om deze brandstof te verkrijgen aan een tankstation. In Duitsland daarentegen bestaan er zowat 900 tankstations van biodiesel (100%) als aparte voertuigbrandstof [30] en is de verkoop van biodiesel er gedurende de afgelopen 5 jaar gestegen met ongeveer 12% [31].

Het voltanken van een biodieselvoertuig zou zowat 2 à 3 minuten in beslag nemen. [4]

In het groenboek over de continuïteit van de energievoorziening in de EU, stelt de Europese Commissie voor om 20% van de conventionele brandstoffen, die gebruikt worden in het transport, te vervangen door biobrandstoffen tegen 2020. Om de biobrandstoffen te promoten heeft de Commissie in 2001 een richtlijn ingevoerd die betrekking heeft op de stapsgewijze invoering in iedere lidstaat, via een minimum percentage aan biobrandstofconsumptie. Oorspronkelijk bedraagt dit percentage 2% van het totaal benzine- en dieselverbruik en zal dit in 2010 verhoogd worden tot 5,75%.

De aankoop prijs van biodieselvoertuigen is vergelijkbaar met deze van diesel-voertuigen.

De kostprijs van biodiesel wordt tussen de 0,5€ en 1,44 € per liter geschat naargelang de productiemethode en de geproduceerde hoeveelheid. Een toename van de productie van biodiesel zou een prijsdaling kunnen bewerkstelligen tot 0,36€ à 0,38 €. Indien men gebruik zou maken van microalgen, schat men dat de kostprijs zou dalen tot 0,24 €/liter [4]. De prijs aan de pomp wordt bepaald door de opgelegde accijnzen. Biodieselvoertuigen verbruiken zowat 8 liter brandstof per 100 km.

4.c.4) Alcohol-voertuigen

De meest gebruikte alcoholen, die als alternatief kunnen dienen voor klassieke brandstoffen zijn ethanol (C₂H₅OH) en methanol (CH₃OH). Zij kunnen op allerlei manieren worden gebruikt, nl. in een mengsel met benzine of diesel, in zuivere vorm of als toepassing in brandstofcellen [9].

Alcoholen zijn in België voorlopig niet aan de pomp verkrijgbaar.

Ethanol heeft eigenschappen die sterk aanleunen bij die van benzine [4]. Het is een kleurloze vloeistof [32] geproduceerd uit biologische hernieuwbare bronnen, zoals graan en hout. [33]

Meestal wordt ethanol gemengd met benzine. De meest voorkomende mix bestaat uit 85 of 95% ethanol vermengd met respectievelijk 15 of 5% benzine. In het eerste geval spreekt men van E85, in het andere van E95. Het voordeel van een dergelijk mengsel, is dat het minder vluchtig is dan benzine [34].

Indien ethanol in kleine proporties wordt vermengd met benzine zijn er geen aanpassingen aan de motor nodig. Indien echter grotere hoeveelheden ethanol worden gebruikt of zelfs zuivere ethanol, dan zijn er wel aanpassingen vereist aan de motor omdat ethanol sterk corrosief is.

Ethanol is properder en minder toxisch dan methanol.

Methanol wordt gemaakt uit aardgas, biomassa of kolen en kan eveneens, rechtstreeks of vermengd met diesel of benzine, als brandstof in voertuigen gebruikt worden [35]. Op heden wordt bijna alle methanol vervaardigd uit aardgas, omdat de kostprijs ervan lager ligt [36].

Momenteel wordt methanol nog vermengd met 15% benzine (M-85) [37], maar in de toekomst zal zuiver methanol kunnen gebruikt worden als brandstof voor wegvoertuigen.

Het voordeel van methanol is dat het niet zo gemakkelijk verdampt als benzine. Onder dezelfde omstandigheden zal benzine gemiddeld twee tot vier maal meer damp produceren dan methanol [38].

Methanol is vluchtiger dan ethanol en is sterk corrosief [39]. Methanol is ook heel erg toxisch; het inslikken van een paar koffielepels ervan kan aanleiding geven tot blindheid [38].

Wel zou methanol het risico op brand verkleinen; inderdaad ontsteekt het veel moeilijker dan benzine en brandt het tegen een lager tempo. In tegenstelling tot benzinebranden, kan een brand veroorzaakt door methanol geblust worden met water [40]. Het grote gevaar echter is dat alcoholen branden met een praktisch onzichtbare vlam.

Alcoholen scoren slechter dan benzine op het vlak van de uitstoot van CO₂ en kunnen ook soms slechter scoren wat betreft de uitstoot van KWS en CO. Globaal gezien kan men uit de cijfers concluderen dat ethanol en methanol op gebied van directe emissies misschien wel enige winst kunnen opleveren, maar dat deze meestal teniet gedaan wordt door de emissies die vrijkomen bij de productie van de alcohol brandstof.

Ten opzichte van het gebruik van benzine is er bij methanol minder emissie van ozonprecursoren en een minimale benzeenemissie. Slechts zeer lage emissies van zwaveloxide komen vrij. Een bezorgdheid bij het gebruik van zuivere methanol (M100) is de grote emissie van formaldehyde (5 keer meer dan bij benzine) en 1,3-butadien. Formaldehyde is zeer irriterend, toxisch en waarschijnlijk kankerverwekkend.

Qua energieverbruik zijn kleine ethanolwagens vergelijkbaar met dieselwagens. Op gebied van verbruik bedraagt de energie-inhoud van ethanol slechts 66 % van die van benzine, maar het heeft een iets hoger motorrendement. Op gebied van verbruik bedraagt de energie-inhoud van methanol slechts 49% van die van benzine [4].

In vergelijking met de andere voertuigtypes is de aankoopprijs van alcoholvoertuigen relatief laag. Aangezien alcoholen in ons land niet aan de pomp beschikbaar zijn, kan er geen vergelijking qua brandstofprijs gegeven worden.

4.d) alternatieve aandrijvingen

Naast voertuigen met een 'klassieke' aandrijflijn op basis van een verbrandingsmotor, bestaan er ook voertuigen met een alternatieve aandrijflijn. Onder deze categorie voertuigen vallen de batterij elektrische personenvoertuigen, de hybride voertuigen en de brandstofcelvoertuigen.

4.d.1) Batterij Elektrische voertuigen

Elektrisch aangedreven voertuigen bestaan sinds het einde van de 19de eeuw, maar zijn door de verbrandingsmotor op de achtergrond verdrongen geweest. Echter, in de jaren '80 en '90 kregen elektrische voertuigen opnieuw veel aandacht dankzij de milieuvriendelijkheid van hun technologie [41]. Bovendien werd het na de belangrijke oliecrisis midden jaren '70 duidelijk dat onze olieafhankelijkheid te groot was en beperkt diende te worden. Elektrische voertuigen zijn in tegenstelling tot de conventionele voertuigen voor hun brandstof niet afhankelijk van de olieproducerende landen.

Een elektrisch voertuig wordt aangedreven door een elektrische motor in plaats van een verbrandingsmotor. Het elektrische voertuig haalt zijn energie uit een herlaadbare batterij. Door de karakteristieken van de elektrische motor is een versnellingsbak in de meeste gevallen niet nodig. Bij het remmen wordt een deel van de remenergie hergebruikt om de batterij bij te laden en dus niet verbruikt in de remmen [45].

Hét grote pluspunt van elektrische voertuigen is dat zij bij hun gebruik totaal geen uitlaatgassen emitteren. Een ander fundamenteel verschil met klassieke wagens is dat bij elektrische voertuigen de motor niet draait wanneer de wagen stilstaat in een file of voor een rood licht [49].

Indien de elektriciteit, die deze voertuigen verbruiken, zou worden opgewekt met hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zonne-energie of waterkrachtcentrales, dan zou het gebruik van een elektrisch voertuig in het geheel niets emitteren. De manier waarop de elektriciteit wordt opgewekt, meer bepaald de samenstelling van het elektriciteitsproductiepark, is bepalend voor de emissies geassocieerd aan deze voertuigen.

Een elektrische motor heeft een veel hoger rendement (80 a 90%) dan zijn thermische tegenhangers (10 a 40%) en verbruikt bijgevolg veel minder energie, zelfs indien men de energiekost voor productie van elektriciteit in rekening brengt. Het regeneratief remmen, samen met het nulverbruik bij stilstand, leidt ertoe dat elektrische voertuigen tot 40% energie-efficiënter zijn dan voertuigen met een conventionele benzinemotor [24]. Elektrische voertuigen kunnen tot 75% minder indirecte energie verbruiken dan benzinevoertuigen (in functie van de manier waarop de elektriciteit wordt geproduceerd).

Men onderscheidt twee manieren om een elektrisch voertuig te laden, nl. het conductief en het inductief laden. Bij de eerste manier maakt men gebruik van kabels en stekkers terwijl er bij de tweede geen geleidende verbinding bestaat tussen het voertuig en het net, waardoor de lading op een automatische (en draadloze) manier kan worden georganiseerd [42]. Het inductieve systeem wordt enkel voor specifieke toepassingen gebruikt.

Voor elektrische voertuigen bestaan drie types laadinfrastructuur, nl. de “gewone”, de “semi-snelle” en de “snellaad”-infrastructuur. Bij het gewone type duurt het laden ongeveer 5 à 8 uur, bij het semi-snelle type duurt het half zo lang en bij het snelle type neemt het laden slechts een tiental minuten in beslag [42].

Naast de privé-stopcontacten, die ruim aanwezig zijn in woningen en in garages, kunnen ook publieke laadstations gebruikt worden. Deze laatste zijn echter niet beschikbaar in ons land. Voor administraties en bedrijven die over een eigen parkeerruimte beschikken, volstaat het echter een stopcontact te voorzien. Op de Vrije Universiteit Brussel is echter wel een ruim aanbod aan laadpalen.

Voor elektrische voertuigen geldt dat, door de afwezigheid van een verbrandingsmotor, trillingen en heel wat lawaai verdwijnen, wat leidt tot een rustigere rijstijl. In Frankrijk is het dan ook opgevallen dat elektrische voertuigen procentueel minder ongevallen veroorzaken dan hun thermische tegenhangers [9].

Meer dan 99% van de stoffen in de batterijen kunnen gerecycleerd worden [4]. Een netwerk voor de ophaling en recyclage van batterijen zijn aanwezig en verlopen heel efficiënt.

Batterij elektrische voertuigen hebben een beperkte autonomie en kunnen met een volledig opgeladen batterij gemiddeld zo'n 80 à 120 km afleggen. En is bijgevolg geschikt voor gebruik in de stad of voor toepassingen met korte trajecten.

Op heden zijn in België zowat 1068 elektrische voertuigen ingeschreven, waarvan 30 personenvoertuigen, 6 motorvoertuigen, 2 bussen, 78 vrachtwagens, 5 tractoren en 932 speciale voertuigen (vorkliften en dergelijk meer)[43]. In gans Europa bedraagt het aantal batterij elektrische voertuigen ongeveer 28.000 [24].

Het grootste obstakel qua kosten bij elektrische voertuigen bestaat uit de uitbatingkost van de batterij. Aangezien zij om de paar jaar moet worden vervangen (afhankelijk van batterijtype en aantal cycli), kan dit een meerkost van enkele duizenden Euro's betekenen voor voertuigen van middelgrote klasse. De meerkost dat dit met zich meebrengt voor de eindgebruiker kan echter over de tijd gespreid worden, door de batterij te leasen. Men verwacht dat de kostprijs van batterijen in de toekomst verder zal dalen, wegens massaproductie ervan en de verdere technische en productie ontwikkelingen [44].

Langs de andere kant is de gebruikte elektriciteit in vergelijking met diesel, benzine, LPG en biodiesel, veruit de goedkoopste. Voor een bedrag van 0,08 euro per kWh, schommelt de elektriciteitskost per 100 km tussen 1,6 en 1,7 € voor kleine en familiale wagens. De brandstofkost van dieselveertuigen per 100 km is zowat 3,5 a 5 maal hoger dan wat er moet betaald worden voor het bijladen van elektrische voertuigen. De brandstofkost van LPG-voertuigen per 100 km bedraagt ongeveer 2 maal meer en voor aardgasvoertuigen ligt dit ongeveer 3 maal hoger. Voor biodiesel wordt per 100 km, naargelang de productiemethode en de geproduceerde hoeveelheid tussen 3 tot 7 maal meer betaald dan voor elektriciteit.

Elektrische voertuigen hebben een van de hoogste gemiddelde jaarlijkse kosten, omwille van de uitbaatkost van de batterij, van alle type wagens in de categorie van de kleine wagens. Deze kost per kilometer daalt echter sterk indien men meer kilometers jaarlijks aflegt.

Vanaf 15000 km per jaar, over een periode van 7 jaar, ligt de totale prijs per kilometer (inclusief, aankoop, leasing batterij, energieverbruik, onderhoud, enz.) van een elektrische bestelwagen (type Peugeot Partner) tussen de prijs van een dieselwagen en die van een benzinewagen[4].

4.d.2) Brandstofcel elektrische voertuigen

Elektrische voertuigen kunnen voor wat betreft de energie opslag ook voorzien worden van een brandstofcel in plaats van een batterij [45]. In een brandstofcel wordt gebruik gemaakt van de zuurstof (uit de omgevingslucht) en waterstof (uit een gastank) om elektriciteit te produceren.

Deze technologie is nog in volle ontwikkeling en waterstofvoertuigen kunnen thans nog niet worden aangekocht. Tot op heden bestaan er nog geen echte commerciële producten: er bestaan slechts enkele prototypes van brandstofcel voertuigen. De gewone consument zal vermoedelijk pas binnen een tiental jaar de mogelijkheid krijgen om zich dergelijk voertuig aan te schaffen.

Eenzijds kan de productie van waterstofgas gebeuren aan boord van de wagen door benzine, ammoniak, methanol, of aardgas om te zetten tot waterstof met behulp van een 'reformer' [4]. Het nadeel van deze 'reformer-methode' is dat het voertuig hierdoor niet volledig emissieloos is [24].

Anderzijds kan er ook rechtstreeks waterstofgas getankt worden (onder vloeibare of gasvorm). Het grote voordeel van deze laatste methode is dat er in tegenstelling tot conventionele voertuigen geen brandstof wordt verbrand, waardoor er geen polluenten in de atmosfeer terechtkomen [46]. Het enige reactieproduct dat vrijkomt, is waterdamp [47].

De brandstofcel voertuigen hebben een autonomie tot 600 km, afhankelijk van het volume van de brandstofopslag (en eventuele reformer) aan boord of van de vorm waarin de waterstof eventueel wordt opgeslagen.

In België gebeurt de distributie van waterstof enkel bij wijze van flessen. Men kan momenteel dus geen waterstof tanken aan een tankstation. Om de mogelijkheid te bieden om waterstof aan de pomp te verkrijgen, kan men ten eerste een distributienet van waterstof aanleggen. Ten tweede kan men gebruik maken van benzine, diesel, aardgas, alcoholen of LPG, die via een reformer lokaal (in het tankstation) zullen omgezet worden in waterstof. Waarschijnlijk zal er in eerste instantie gesteund worden op benzine voor lokale productie van waterstof, maar nadien zal men overgaan tot de aanleg van een waterstof distributienet.

Het energieverbruik van een brandstofcelvoertuig ligt lager dan conventionele voertuigen, tengevolge van de elektrische aandrijving. Echter het indirecte energieverbruik kan een stuk hoger liggen in functie van op welke manier het waterstof zal geproduceerd worden. Vele mogelijke oplossingen worden thans onderzocht.

Het (voorlopige) nadeel van brandstofcel voertuigen is dat zij economisch gezien nog niet concurrentieel zijn met conventionele voertuigen [4].

De productiekost van een brandstofcel ligt nog steeds hoog, gedeeltelijk te wijten aan het gebruik van dure materialen, zoals vb. platina voor de separatoren. Indien men overgaat naar serieproductie, kan die prijs echter snel zakken. Een prognose stelt dat in de toekomst een brandstofcel ongeveer 170€/kW tot 370 €/kW zal kosten.

De kost van het waterstofgas is uiteraard afhankelijk van de gebruikte productiewijze (op basis van fossiele brandstoffen, uit biomassa of via elektrolyse). Indien het waterstof geproduceerd wordt door middel van fossiele brandstoffen, wordt de kostprijs ervan ingeschat op ongeveer 0,041 €/m³ (exclusief indirecte kosten, personeel, onderhoud, stockage en distributie). Indien men gebruik maakt van elektrolyse bedraagt de kost zowat 0,10 tot 0,12 €/kWh. Wanneer biomassa op grote schaal wordt toegepast, kan de kostprijs van de productie van waterstof dalen tot ongeveer 0,02 €/kWh [48].

Tot op heden bestaan er nog geen echte commerciële producten: er bestaan slechts enkele prototypes van brandstofcel voertuigen. De gewone consument zal vermoedelijk pas binnen een tiental jaar de mogelijkheid krijgen om zich dergelijk voertuig aan te schaffen.

4.d.3) Hybride voertuigen

De term 'hybride voertuigen' omvat een hele verzameling van voertuigtechnieken die gebruik maken van twee (of meerdere) aandrijfsystemen of energiebronnen. Meestal bevatten ze zowel een verbrandingsmotor als een elektrische motor.

Men onderscheidt twee grote deelgroepen; nl. de parallel hybride en serie hybride voertuigen. Bij de eerste soort zijn de elektrische en thermische motor mechanisch gekoppeld en kunnen ze beide de wielen aandrijven (vb Honda Civic). Bij de tweede soort worden de wielen enkel aangedreven door de elektrische motor, die zijn energie haalt uit een batterij of uit een generator die aangedreven wordt door een thermische motor (vb Renault Kangoo) [49]. Indien men de serie structuur combineert met de parallelle structuur ontstaat een gecombineerde hybride. Een voorbeeld hiervan is de Toyota Prius.

De keuze van de structuur is afhankelijk van de geviseerde markt. Voor stadbussen zal men eerder een serie hybride structuur verkiezen voor stedelijk gebruik. Een parallel hybride structuur komt eerder in aanmerking voor grote gezinswagens die grotere afstanden afleggen via de autosnelweg en tenslotte komt een gecombineerde structuur in aanmerking voor een gecombineerd gebruik.

De verbrandingsmotor in hybride voertuigen maakt meestal gebruik van benzine (bij personenvoertuigen) maar voertuigen met andere brandstoffen zoals (bio)diesel, LPG, CNG, ... kunnen eveneens toegepast worden.

Hybride voertuigen kunnen meer dan 900 km afleggen met een volle tank.

Er bestaan hybride voertuigen waarbij men de batterij ook kan opladen via het elektriciteitsnet en andere hybride voertuigen waar de batterijlading automatisch gebeurt met een boordgenerator van de wagen.

Hybride voertuigen kunnen sterk de emissies en het brandstofverbruik reduceren doordat:

- De verbrandingsmotor kan afgeschakeld worden als er geen vermogen gevraagd wordt (wanneer men bijvoorbeeld in de file of voor een rood licht stilstaat). Het brandstofverbruik, en de hieraan gekoppelde CO₂ uitstoot, kan hierdoor gereduceerd worden tot 20%.
- Tijdens het remmen kan de remenergie terug opgeslagen worden in de batterij, hetgeen een energiebesparing van 15% kan opleveren voor personenwagens.

- De verbrandingsmotor kan benut worden in een gebied dat overeenstemt met lage emissies en een laag brandstofverbruik [49].

Hybride voertuigen kunnen zodoende 30 tot 50% minder directe en primaire energie verbruiken dan benzinevoertuigen.

De uitstoot van de hybride elektrische voertuigen hangt hoofdzakelijk af van de brandstof die gebruikt wordt. Algemeen wordt aangenomen dat zij minder vervuilen dan benzine- en dieselveertuigen, daar hun verbrandingsmotor beter kan worden afgesteld.

Sommigen bezitten tevens het voordeel de mogelijkheid om zuiver elektrisch te rijden en zodoende plaatselijk een 'Zero Emission Vehicle' te zijn.

Op heden zijn er slechts weinig hybride wagens verkrijgbaar op de Belgische markt (Toyota Prius, Honda IMA, Renault Kangoo). De kostprijs van deze wagens is echter hoger dan een conventionele wagen van dezelfde klasse. Deze meerkost wordt echter aanvaardbaar wanneer men jaarlijks gemiddeld 15.000 km aflegt, gezien hun lager brandstofverbruik.

4.e) Samenvatting – Overzicht

4.e.1) Energie, verbruik, emissies

Samenvattend kan men het energieverbruik terugvinden in Tabel 6 en Tabel 7. De emissies zijn samengevat in Tabel 8. Deze resultaten zijn afkomstig van een studie uitgevoerd door de Vrije Universiteit Brussel en de Université Libre de Bruxelles in opdracht van het BIM [4].

Deze tabel bevat relatieve waarden in vergelijking met het referentievoertuig (een benzinevoertuig).

Het is belangrijk hierbij op te merken dat er een aantal factoren bestaan die een invloed uitoefenen op het energieverbruik. De belangrijkste zijn onder andere het rijgedrag [1] (snelheid, schakelgedrag), de motorafstelling, de voertuigtechnologische kenmerken (directe of indirecte injectie, turbo,...), de infrastructuurmaatregelen (verkeersdrempels, zone 30,...) en de accessoires (koffer op dak, airconditioning,...). Daarom is het moeilijk om een eenduidige waarde te kleven op het energieverbruik en de emissies van een voertuig in functie van de gebruikte brandstof.

Het directe energieverbruik (Tank-to-Wheel) is gekoppeld aan het verbruik van het voertuig zelf. Het indirecte energieverbruik (Well-to-Tank) daarentegen is het verbruik tengevolge van de brandstofproductie en -distributie [4]. Het primaire energieverbruik is de som van het directe en het indirecte energieverbruik.

Tabel 6: Energieverbruik (in percentage ten opzichte van benzine) [4]

	Brandstof						Aandrijving		
	Benzine	Diesel	LPG	Aardgas	Biodiesel	Alcoholen	Batterij Elektrisch	Brandstof-cel	Hybride
Direct	100%	70 à 90%	85 à 104%	80 à 125%	85 à 90%	105 à 125%	25 à 30%	Afhankelijk van de brandstof	Afhankelijk van de brandstof
Primair	100%	70 à 90%	80 à 100 %	80 à 115%	63%	105 à 120%	25 à 80%		50 à 90%

Tabel 7: Energieverbruik

Energie-verbruik	Brandstof						Aandrijving	
	Benzine	Diesel	LPG	Aardgas	Biodiesel	Ethanol	Batterij Elektrisch	Hybride
Kleine personen-wagen	8 L/100Km	6 L/100Km	10 L/100Km	7 m ³ /100km	6,5 L/100Km	11,08 L/100Km	20 kWh/ 100 km	Niet beschikbaar
	2,7 MJ/km	2,3 MJ/km	2,6 MJ/km	2,6 MJ/km	2,2 MJ/km	2,35 MJ/km	0,72 MJ/km	Niet beschikbaar
	0,75 kWh/km	0,64 kWh/km	0,72 kWh/km	0,78 kWh/km	0,6 kWh/km	0,65 kWh/km	0,2 kWh/km	Niet beschikbaar
Familiale personen-wagen	8,7 L/100Km	7,6 L/100Km	11 L/100Km	8 m ³ / 100 km	7,98 L/100Km	12 L/100Km	21,4 kWh/ 100 km	5,9 L/100Km
	2,9 MJ/km	2,8 MJ/km	2,8 MJ/km	3,0 MJ/km	2,6 MJ/km	2,5 MJ/km	0,77 MJ/km	1,98 MJ/km
	0,8 kWh/km	0,78 kWh/km	0,78 kWh/km	0,9 kWh/km	0,7 kWh/km	0,7 kWh/km	0,2 kWh/km	0,55 kWh/km

Tabel 8: Emissies (in percentage ten opzichte van benzine) [4]

	Brandstoffen						Aandrijving		
	Benzine	Diesel	LPG	Aardgas	Biodiesel	Alcoholen	Batterij Elektrisch	Batterij Elektrisch -incl. Elek.productie	Hybride
NOx	100 %	150 à 900%	60 à 160%	35 à 100%	190 à 370%	30 à 90%	0%	15 à 40%	25 à 40%
KWS	100 %	30 à 1000%	25 à 170%	10 à 230%	40 à 60%	85 à 230%	0%	1 à 27%	10 à 50%
CO	100 %	15 à 60%	15 à 80%	25 à 80%	20 à 80%	40 à 125%	0%	0 à 1%	10%
SO ₂	100 %	170 à 900%					0%	0-200%	
PM	100 %	1000%	10 à 100%	5 à 10%	90 à 1000%	40%	0%	65 à 75%	
CO ₂	100 %	75 à 100%	80 à 100%	90 à 100%	40 à 80%	100 à 185%	0%	15 à 80%	60%

4.e.2) Technische karakteristieken

In Tabel 9 wordt een vergelijking weergegeven met betrekking tot de autonomie, de tanktijd/oplaadtijd, de veiligheid en de aanwezige infrastructuur.

Tabel 9: Autonomie, tank/oplaadtijd, veiligheid en aanwezige infrastructuur [4,38]

	Brandstof						Aandrijving		
	Benzine	Diesel	LPG (mono-carburatie)	Aardgas (mono-carburatie)	Biodiesel	Alcoholen	Batterij Elektrisch	Brandstof cel	Hybride
Autonomie	Referentie waarde (500 km)	Hoger dan benzine (900 km)	300 km	CNG: 200 à 250 km LNG: 600 à 750 km	Mengvorm (vergelijkbaar met diesel)	Mengvorm (lager dan benzine)	80 à 120 km	~ 600 km	Hoger dan benzine en diesel
Tanktijd/oplaadtijd	2 à 3 mn.	2 à 3 mn.	5-10 mn.	10 min. of 5-tal uur	Is in België niet aan de pomp verkrijgbaar (2-3 mn)	Is in België niet aan de pomp verkrijgbaar	15 min. of 5 tot 8 uur	In functie van de brandstof	In functie van de brandstof
Veiligheid	Sterk ontvlambaar	Kanker verwekkend, toxisch, mutageen	Originele installatie is vergelijkbaar met benzine. Opbouw is soms gevaarlijk	Vergelijkbaar met benzine. Ontvlambaarheid < LPG	Biologisch afbreekbaar	Zeer toxisch en corrosief	Veiliger dan benzine	In functie van de brandstof	
Aanwezige infrastructuur	Uitgebreid netwerk		Ruim distributienet	Gebrek aan publieke laadstations, maar aardgasnet is aanwezig	Geen publieke distributie		Huishoudelijk stop-contact. Gebrek aan openbare laadstations, maar distributienet is aanwezig	In functie van de brandstof	

4.e.3)Financieel

Tabel 10 bevat een inschatting van de totale gemiddelde kost per jaar alsook de totale gemiddelde kost per kilometer. Deze kosten zijn afhankelijk van het jaarlijks aantal afgelegde kilometers. Daarom worden twee resultaten weergegeven: voor 10.000 km/jaar en voor 15.000 km/jaar.

De berekeningen werden gedaan voor een kleine wagen (vb Peugeot 106) en voor een gezinswagen (type Toyota Corolla). De resultaten bevatten zowel de aankoopprijs, de belasting (enkel inschrijvingstaks), de verzekering, de brandstofkost, het onderhoud en de technische controle. Deze analyse, uitgevoerd in het kader van het project 'schone voertuigen' in opdracht van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (2001), had enkel betrekking op de vloot van administratieve overheden. Aangezien zij geen inverkeerstellingsbelasting, noch verkeersbelasting betalen, werden deze belastingen niet mee in rekening gebracht.

Tabel 10: Totale gemiddelde kost per jaar en totale gemiddelde kost per kilometer [4]

In €		10.000 km/jaar		15.000 km/jaar	
		Kost per jaar	Kost per km	Kost per jaar	Kost per km
Kleine personen-wagen	Benzine	3.000	0,30	3.600	0,24
	Diesel	3.000	0,30	3.500	0,23
	LPG	2.900	0,29	3.200	0,21
	Aardgas	3.000	0,30	3.500	0,23
	Biodiesel	3.100	0,31	3.600	0,24
	Ethanol	3.300	0,33	4.000	0,27
	Elektriciteit	3.700	0,37	3.900	0,26
Gezins-wagen	Benzine	4.000	0,40	4.600	0,31
	Diesel	4.100	0,41	4.600	0,31
	LPG	4.000	0,40	4.300	0,29
	Aardgas	4.000	0,40	4.500	0,30
	Biodiesel	4.300	0,43	5.000	0,33
	Ethanol	4.300	0,43	5.000	0,33
	Hybride	4.500	0,45	5.000	0,33

(inclusief: de aankoopprijs, de belastingen (enkel de inschrijvingstaks), de verzekering, de brandstof, het onderhoud en de technische controle.)

Referenties

- [1] Website ROB, www.ikbenrob.be
- [2] Website AMINAL, sectie lucht: <http://lucht.milieuinfo.be/>
- [3] MIRA-T 2003, Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, 2.7 Lawaai, VMM, Lannoo campus.
- [4] ETEC-VUB, CEESE-ULB. Verslag WP1; “Definitie van het begrip Schone Voertuigen.” 27 september 2001
- [5] Health and safety executive. <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg286.htm>
- [6] American Federation of State, County and municipal employees, AFL-CIO. <http://www.afscme.org/health/faq-dies.htm>
- [7] <http://www.osha.gov/oshinfo/priorities/diesel.html>
- [8] Deloof, Wim. “Modulaire simulatie van milieu-, energie- en mobiliteitsaspecten van het verkeersbeleid.” VUB-ETEC DWTC.
- [9] Touring Wegenhulp. <http://www.touring.be/automobile/lpg/default-nl.asp?PAGE=3>
- [10] Belgische Kamer van volksvertegenwoordigers. “Wetsvoorstel tot wijziging van een aantal belastingwetten en tot invoering van een tegemoetkoming met het oog op de bevordering van het gebruik van LPG-brandstof in het raam van de strijd tegen luchtverontreiniging.” Ingediend door Daan Schalck en Peter Vanvelthoven. 25 mei 2000. <http://www.lachambre.be/documents/673/1.pdf>
- [11] VOORSTEL VAN RESOLUTIE ter bevordering van LPG-brandstof in het raam van de strijd tegen de luchtverontreiniging, 18 MAART 1998
- [12] Toering wegehulp. <http://www.touring.be/automobile/lpg/default-nl.asp?PAGE=1>
- [13] <http://mlocek.hyperlink.cz/belgie.html>
- [14] “LPG installaties – de beste keuze”; UIT, maandblad, mei 2001, jaargang 16, nr 5, pg 116-119
- [15] « Véhicules propres fonctionnant au GPL, GNV et à l’électricité – Etat des filières et propositions de politiques publiques d’accompagnement » ; Comité Interministériel pour les Véhicules Propres ; April 2000
- [16] <http://mlocek.hyperlink.cz/belgie.html>
- [17] Australasian Natural Gas Vehicle Council. <http://www.angvc.org/naturalgas.htm>
- [18] <http://ibelgique.ifrance.com/AutoJLG/non%20poll.html>
- [19] Australasian Natural Gas Vehicle Council. <http://www.angvc.org/safetyinfo.htm>
- [20] D. De Keukeleere
“Evaluatie reductiepotentieel van mogelijke aanvullende maatregelen rond milieuvriendelijke motorvoertuigen en – brandstoffen”
VITO in opdracht van de Vlaamse Gemeenschap; mei 2001
- [21] Company of Trinidad and Tobago. http://www.atlanticng.com/ng_facts.html
- [22] Debusscher Diedert. “Voertuigen op aardgas.” Het Ingenieursblad. N°12, december 2000.
- [23] IANGV, International Association for Natural Gas Vehicles. <http://statistics.iangv.org/>
- [24] Murray Jonathan, Lane Ben, Lillie Ken, McCallum Joshua. “The report of the alternative fuels group of the cleaner vehicles task force; an assessment of the emissions performance of alternative and conventional fuels.” January 2000.
- [25] Belgische Kamer van volksvertegenwoordigers. “Wetsvoorstel tot wijziging van een aantal belastingwetten en tot invoering van een tegemoetkoming met het oog op de bevordering van het gebruik van LPG-brandstof in het raam van de strijd tegen luchtverontreiniging.” Ingediend door Daan Schalck en Peter Vanvelthoven. 25 mei 2000.
- [26] Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en infrastructuur. <http://www.uitweg.be/nummer-07/index.html>
- [27] Canadian Renewable Fuels Association (CRFA). Non-profit organization mandated to promote renewable bio-fuels (ethanol, biodiesel) for automotive transportation. <http://www.greenfuels.org/LesCarburantsRenouvelablesQuestionsetReponses.htm>
- [28] Programmabureau Duurzaam Inkopen; opgezet door het Ministerie van VROM in samenwerking van het Ministerie van Economische Zaken. (Nederland)

- http://213.53.184.106/Specificaties/transport/14111_009.html
- [29] http://www.biodiesel.com/biodiesel_fuel.htm#BIODIESEL%20FUEL
- [30] Association des techniciens en chauffage, climatisation et froid (Suisse).
<http://www.astech-suisse.ch/colza.htm>
- [31] The Alternative's Biodiesel Group is committed to promoting the use of Biodiesel in order to help solve the problems of Global Climate Change and urban air pollution. (Canada)
<http://www.alternatives.ca/biodiesel/pages/potentf.html>
- [32] AFDC; Alternative Fuels Data Center (VS)
http://www.afdc.nrel.gov/altfuel/eth_general.html#what
- [33] CRFA; the Canadian Renewable Fuels Association (CRFA)
<http://www.greenfuels.org>
- [34] AFDC; Alternative Fuels Data Center (VS)
http://www.afdc.doe.gov/altfuel/eth_train.html
- [35] CRFA; the Canadian Renewable Fuels Association (CRFA)
<http://www.greenfuels.org/ethaalt.html>
- [36] California Energy Commission.
<http://www.energy.ca.gov/education/AFVs/alcohols.html>
- [37] American Methanol Institute. <http://www.methanol.org/fuelcell/special/ami.pdf>
- [38] US Environmental Protection Agency.
<http://www.epa.gov/orcdizux/08-fire.htm>
- [39] CRFA; the Canadian Renewable Fuels Association (CRFA)
<http://www.greenfuels.org/ethaques.html>
- [40] <http://www.methanol.org/fuelcell/special/ami.pdf>
- [41] Adviescentrum voor duurzame energie en elektrische voertuigen.
<http://www.hec.w4r.nl/>
- [42] Vrije Universiteit Brussel; Vakgroep Elektrotechniek en Energietechniek. Studieopdracht "Laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen" in opdracht van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. September 2001
- [43] Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Algemeen Milieu- en Natuurgebied. "OECD working group on low emission vehicles implementation issues survey on the experience of OECD member countries." 16 July 2001.
- [44] SUBAT, "Sustainable Batteries", STREP, priority FP6-2002-SSP-1, research topic 8.1.B.1.6, eindverslag
- [45] Van Mierlo, Joeri. "Simulation software for comparison and design of electric, hybrid and internal combustion vehicles with respect to energy, emissions and performances." Thesis submitted for the degree of doctor in applied sciences. VUB. April 2000.
- [46] <http://www.fuelcellpartnership.org/bestalt.html>
- [47] http://library.thinkquest.org/C0110881/fuelcell_nl.html
- [48] Touring Wegenhulp. <http://www.touring.be/automobile/lpg/default-nl.asp?PAGE=3>
- [49] Maggetto, G., Van Mierlo J., Van den Bossche P., Van den Bossche S., Deloof W., Lecho C., "Elektrische en hybride voertuigen; een duurzaam en milieuvriendelijk alternatief"