

De milieu-impact van LPG ten opzichte van andere fossiele brandstoffen.



Verklarende woordenlijst en begrippen

- **Broeikasgas**

Gas dat de opwarming van de aarde bevordert. Elk broeikasgas heeft zijn eigen opwarmend effect, relatief t.o.v. CO₂. Enkele voorname broeikasgassen met hun opwarmend effect of 'global warming potential' = GWP: CO₂ (1), CH₄ (21), N₂O (310).

- **CO₂-equivalent: CO₂-eq**

meeteenheid gebruikt om het opwarmend vermogen ('global warming potential') van broeikasgassen weer te geven. CO₂ is het referentiegas, waartegen andere broeikasgassen gemeten worden. Bv. omdat bij eenzelfde massa gas het opwarmend vermogen van CH₄ 21 keer hoger is dan dat van CO₂, stemt 1 ton CH₄ overeen met 21 ton CO₂-equivalenten.

- **GWP = global warming potential**

GWP staat voor Global Warming Potential. Om het effect van emissies te kunnen vergelijken, krijgt elk gas een GWP-score aangemeten. Deze score drukt uit hoeveel gram CO₂ nodig is om evenveel warmte vast te houden als 1 gram van het gas in kwestie. Gassen met een hoge GWP houden veel meer warmte vast, en dragen dus meer bij aan de opwarming.

De GWP van een gas is afhankelijk van 4 factoren:

1. de mate waarin het gas infrarode straling absorbeert of uitstraalt
2. de atmosferische verblijftijd
3. de tijdshorizon waarover het radiatieve effect berekend wordt
4. het indirecte GWP. Het indirecte GWP voegt aan de directe GWP het effect toe van eventuele reactieproducten van het gas in de atmosfeer.

Bv. CH₄: bij oxidatie van CH₄ krijgt men H₂O_(g)(waterdamp), troposferisch O₃ (ozon) en CO₂

- **Fijn stof**

Fijn stof is een vorm van luchtvervuiling en heeft een ongunstig effect op de gezondheid van mensen. Tot fijn stof worden in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend. Fijn stof blijft in de lucht zweven en bestaat uit deeltjes van verschillende grootte, van verschillende herkomst, en dus met een verschillende chemische samenstelling.

- **F-gassen**

verzamelnaam voor de fluorhoudende broeikasgassen in de kyoto-korf, HFK's, PFK's en SF₆

- **LPG**

Liquified petroleum gasses – zoals propaan en butaan

- **NMVOS**

niet-methaan vluchtige organische stoffen

- **NO_x**

Stikstofoxiden

- **PM**

PM = Particulate matter refereert naar de fijne stofdeeltjes

Bv. PM_{2.5} is fijn stof met een aërodynamische diameter kleiner dan 2,5 micrometer

PM_{10-2.5} is fijn stof met een aërodynamische diameter tussen de 2,5 en 10 micrometer

PM_{>10} is fijn stof met een aërodynamische diameter groter dan 10 micrometer

- **ppm**

parts per million – wordt gebruikt om de concentratie van een bepaalde stof in een medium weer te geven

- **Stoichiometrisch**

Een mengsel van brandstof met juist zoveel zuurstof dat volledige verbranding (stoichiometrische verbranding) optreedt.

- **Stratosfeer**

Atmosfeerlaag gelegen tussen een hoogte vanaf ongeveer 6 à 16 km (afhankelijk van de meteorologische omstandigheden) en ongeveer 50 km.

- **Stratosferisch O₃ (ozon)**

In de stratosfeer wordt ozon gevormd uit moleculair zuurstof onder invloed van ultraviolette straling. Ozon wordt afgebroken als een ozonmolecuul reageert met een zuurstofradicaal.

- **Troposferisch O₃ (ozon)**

hoort niet bij de broeikasgassen in de kyoto-korf

In de lagere atmosferelagen, de troposfeer, is een ozonmolecule kortlevend wegens de hoge dichtheid aan moleculen waarmee het kan reageren (ozon heeft een sterk oxiderend vermogen). Ten gevolge van deze reacties zullen in de biosfeer ook cellen van planten en dieren worden geoxideerd, wat bij mensen kan leiden tot irritatie van longen en ogen. Ozon in de troposfeer is een destructieve maar kortlevende vorm van luchtverontreiniging.

- **TNO**

Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) is een onderzoeksinstituut met als doelstelling het toepassen van wetenschappelijke kennis in de praktijk. TNO telt ongeveer 5000 werknemers. Het hoofdkantoor van TNO is gevestigd in Delft

- **Verzuring**

Verzuring betekent letterlijk 'het zuurder worden van iets', maar wordt gebruikt in het kader van milieuvervuiling. Verzuring van bodem of water is een gevolg van de uitstoot (emissie) van vervuilende gassen door fabrieken, landbouwbedrijven, elektriciteitscentrales, huishoudens en (vracht)auto's. De uitstoot bevat onder andere zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) - een verzamelnaam voor stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) - ammoniak (NH₃) en vluchtige organische stoffen (VOS). Deze verzurende stoffen komen via lucht of water in de grond terecht. De verzuring heeft negatieve gevolgen voor de bodem, de landbouw en gebouwen.

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1: Inleiding	1
1.1 Doel studie	1
1.2 Klimaatverdrag	1
1.3 Kyoto-Protocol	1
1.4 Göteborg protocol	1
1.5 KB van 8 januari 2004	2
Hoofdstuk 2: Broeikasgas CO₂	3
2.1 Broeikasgassen en het natuurlijk broeikaseffect	3
2.2 Impact van de mens op het broeikaseffect	3
2.2.1 Rechtstreeks	3
2.2.2 Onrechtstreeks	3
2.2.3 Aandeel van de verschillende sectoren	4
2.3 Impact van vervuiling op klimaat	5
Hoofdstuk 3: Verontreinigende emissies (uitgezonderd broeikasgas) en fijn stof	6
3.1 Verontreinigende emissies	6
3.1.1 Stikstofoxiden (NO _x)	6
3.1.2 Zwaveldioxide SO ₂	6
3.1.3 Vluchtige organische stoffen (VOS)	6
3.1.4 Koolmonoxide (CO)	7
3.2 Fijn stof	7
3.2.1 Fijn stof of PM	7
3.2.2 Fijn stof rechtstreeks aanwezig in uitstoot	8
3.2.3 Fijn stof vorming door SO ₂ en NO _x	8
3.3 Impact van verontreinigende emissies op gezondheid en milieu	8
3.3.1 Rechtstreeks op de gezondheid	8
3.3.1.1 Effect van NO _x	8
3.3.1.2 Effect van SO ₂	8
3.3.1.3 Effect van VOS	8
3.3.1.4 Effect van CO	8
3.3.2 Onrechtstreeks op de gezondheid en het milieu	9
3.3.2.1 Effect van NO _x en SO ₂ dmv verzuring	9
A. Wat is verzuring	9
B. Effect van verzuring op het milieu	9
C. Effect van verzuring op de gezondheid	9
3.3.2.2 Effect van NO _x en VOS op gezondheid dmv ozonvorming	9
A. Fotochemische luchtverontreiniging	9
B. Effect van ozon op de gezondheid	9
C. Effect van ozon op het milieu	10
3.4 Impact van fijn stof op de gezondheid	10
3.5 Samenvattende tabel	12

Hoofdstuk 4: De verschillende brandstoffen - van raffinage tot hun toepassing in verkeer en huishoudens	14
4.1 De verschillende brandstoffen	14
4.1.1 Diesel	14
4.1.2 Benzine	14
4.1.3 LPG - propaan butaan	14
4.1.4 Aardgas	14
4.2 Emissies bij raffinage en distributie van de brandstoffen	15
4.2.1 Aardoliederivaten	15
4.2.2 Aardgas	16
4.3 Emissies in het verkeer	16
4.3.1 CO ₂ emissiefactor en verbruik van wagen	16
4.3.2 Overige emissies	16
4.4 Emissies in de huishoudens	18
Besluit	21

Bibliografie

- Website:
 - <http://www.staatsbladclip.be/wetten/2004/01/30/wet-2004022051-Print.html>
 - <http://wet.kuleuven.be/>
 - <http://aps.vlaanderen.be/>
 - <http://www.rechtomteweten.nl/kankerrisico/stof6.html>
 - <http://www.milieu-en-gezondheid.be/Resultaten/Adolescenten/achtergronddocumenten/PAKs.htm>
 - <http://reflex.raadvst-consetat.be/reflex/>
 - http://www.febiac.be/documents_febiac/publications/
 - <http://www.belspo.be/frdocfdd/nl/pubnl/adviezen/>
 - <http://www.tijd.be/ondernemen/mobiliteit/artikel.asp?Id=2023580>
 - <http://www.milieuloket.nl/>
 - <http://nl.wikipedia.org/wiki/>
 - <http://www1.phys.uu.nl/wwwcdb/vo/modelleren/literatuur/ozonconsumenten>
 - <http://www.mnp.nl/>
 - <http://www.mmk.be/>
 - <http://www.vrij spreker.nl/vs/item/2007/03/aanwijzing-waarschuwing-hoe-de-eu-werkt/catid/5>
 - <http://www.emis.vito.be/>
 - <http://www.vrom.nl/>
 - <http://www.milieurapport.be/>
 - <http://www.vmm.be/lucht/bronnen-van-luchtverontreiniging/uitstoot-per-sector>
 - <http://www.milieurapport.be/default.aspx?PageID=86&ChapID=2736&NodeID=2736>
- Studies:
 - RDC Brussel Environmental Consultants – Energiebalans en balans van de uitstoot van broeikasgassen tijdens de volledige levenscyclus van aardgas en stookolie als brandstof voor huishoudelijke verwarming
 - Vito in opdracht van VMM - Modelbouw en scenario-analyse - Zwevend stof: Optimalisatie van modellering van fijn stof
 - Milieurapport Vlaanderen MIRA – Thema Klimaatverandering
 - Milieurapport Vlaanderen MIRA - Thema Fotochemische luchtverontreiniging
 - Milieurapport Vlaanderen MIRA - Thema Luchtverontreiniging en verkeer: Welke rol speelt verkeer in de stof- en ozonproblematiek?
 - GPL actualiteiten – juli, aug, sept 2006
 - Ozonconsumenten door Robert Parson, Associate Professor, Department of Chemistry and Biochemistry - University of Colorado
 - Benzine, diesel en LPG: balanceren tussen milieu en economie – CE - Oplossingen voor milieu, economie en technologie
 - Milieurapport Vlaanderen MIRA - Thema Verzuring
 - De Tijd - artikel 'LPG als groene toekomst' 9/12/2005
 - Energiebalans en balans van de uitstoot tijdens de volledige levenscyclus van aardgas en stookolie als brandstof voor huishoudelijke verwarming – RDC environmental consults
 - Studie: De BIM gegevens : "Lucht - Basisgegevens voor het Plan"

Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1 Doel studie

Vervuiling van onze atmosfeer veroorzaakt door antropogene handelingen is brandend actueel, of het nu gaat over de verontreinigende emissies, de hoge ozonconcentraties en de aanwezigheid van fijn stof op warmere dagen of over het terugdringen van de CO₂-uitstoot en andere broeikasgassen.

Naar aanleiding van dit vraagstuk zijn er in de loop van de laatste jaren nieuwe protocollen opgesteld, nieuwe technieken ontworpen en wordt er ijverig gezocht naar alternatieve energieën, wat in dit hoofdstuk (hoofdstuk 1) wordt besproken.

De verontreinigende stoffen waarvan hierboven sprake is kunnen, rechtstreeks of onrechtstreeks, schade veroorzaken:

- aan de gezondheid van levende wezens
- aan de landbouw
- aan het evenwicht van de ecosystemen
- aan materialen
- aan het evenwicht van het broeikaseffect

De oorsprong van deze stoffen en hun effecten worden besproken in hoofdstuk 2 en 3.

In hoofdstuk 4 van deze studie gaan we dan het aandeel toelichten van:

- de ontginning en de distributie van de fossiele brandstof
- het transport (met name het wegverkeer)
- de huishoudens

We gaan uiteindelijk toelichten wat het eventuele belang van LPG (propana en butaan) kan zijn in deze problematiek.

1.2 Klimaatverdrag

In 1992 werd in Rio de Janeiro het zogenoemde Raamverdrag klimaatverandering van de Verenigde Naties (Unfccc) gesloten, meestal aangeduid als het Klimaatverdrag. De doelstelling van dit verdrag is: "het stabiliseren van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer op een zodanig niveau, dat een gevaarlijke menselijke invloed op het klimaat wordt voorkomen".

1.3 Kyoto Protocol

Het Kyoto-protocol werd op de Klimaatconferentie december in 1997 (Kyoto - Japan) opgesteld als aanvulling op het Klimaatverdrag. Industrielanden verbinden zich hierin om de uitstoot van broeikasgassen in 2008-2012 met gemiddeld 5% te verminderen ten opzichte van het niveau in 1990. Per land gelden uiteenlopende reductiepercentages. De gezamenlijke uitstoot van CO₂, CH₄, N₂O en de CFK-ervangproducten (HFK's, PFK's en SF₆) moet in België in de periode 2008-2012 met 7,5 % afnemen t.o.v. 1990 (CO₂, CH₄, N₂O) of 1995 (HFK's, PFK's en SF₆) – zie *bijlage 1* *.

De Europese Unie, toen bestaande uit 15 landen, heeft het Verdrag begin 2002 bekrachtigd. Op 16 februari 2005 is het Kyoto-protocol officieel in werking getreden.

* zie achteraan bij de bijgevoegde documenten

1.4 Göteborg protocol

Het Protocol van Göteborg dateert van 30 november 1999. Dit Protocol gaat van de verontrustende vaststelling uit dat de voor de gezondheid en plantengroei kritische verzuringbelasting, voedingsstikstofbelasting en ozonniveaus in de meeste Europese landen nog steeds worden overschreden. Het adviseert nationale emissieplafonds die tegen 2010 bereikt moeten worden en die de verzuring, eutrofiëring en troposferische ozon tegenover 1990 moeten verlagen. Voor België betekent dit een daling van 72% voor zwavelemissies (SO₂), van 47% voor stikstofoxides (in NO₂-equivalenten), van 31% voor ammoniak (NH₃) en van 56% voor vluchtige organische stoffen (VOS), wat algemeen genomen met de aan de Europese Gemeenschap opgelegde reductiepercentages overeenstemt (behalve voor ammoniak, waar de reducties die van België gevraagd worden procentueel tweemaal hoger liggen).

De emissieplafonds voor zwaveloxides, stikstofoxides en vluchtige organische stoffen vervolledigen die welke door het Protocol van Kyoto inzake broeikasgassen werden vastgelegd.

1.5 KB van 8 januari 2004

Koninklijk besluit van 8 januari 2004 tot regeling van de stikstofoxides (NO_x) en koolmonoxide (CO)-emissieniveaus voor de olie- en gasgestookte centrale verwarmingsketels en branders, met een nominaal thermisch vermogen gelijk aan of lager dan 400 kW - *zie bijlage 2* *.

** zie achteraan bij de bijgevoegde documenten*

Hoofdstuk 2: Broeikasgas CO₂

2.1 Broeikasgassen en het natuurlijk broeikaseffect

In de atmosfeer zijn gassen aanwezig die de invallende zonnestraling doorlaten, maar de teruggekaatste straling van het opgewarmde aardoppervlak opnemen. Dit fenomeen heet het broeikaseffect naar analogie met de werking van glas in een serre. Het leven op aarde dankt zijn bestaan aan dit broeikaseffect: de gemiddelde temperatuur op aarde zou anders -18 °C bedragen, in plaats van de huidige +15 °C. De voornaamste natuurlijke broeikasgassen zijn waterdamp (H₂O), koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). De concentratie van deze gassen in de atmosfeer is het resultaat van talrijke natuurlijke dynamische processen en cycli die op elkaar ingrijpen.

Hieronder vindt u een tabel met de voornaamste broeikasgassen:

naam	formule	CO ₂ equivalent
Kooldioxide	CO ₂	1
Methaan	CH ₄	23
Lachgas	N ₂ O	296
Chloorfluorkoolstofverbindingen	CFK's	150 tot 12000
Polyfluorkoolwaterstoffen	CF ₄	5700 tot 11900
Zwavelhexafluoride	SF ₆	22200

Fig. 1: de belangrijkste broeikasgassen

2.2 Impact van de mens op het broeikaseffect

2.2.1 Rechtreeks

De laatste 100 jaar heeft de mens grote hoeveelheden broeikasgassen in de atmosfeer geloosd door verbranding van fossiele brandstoffen (CO₂ en N₂O), veeteelt (CH₄ en N₂O), afvalverwerking (CH₄) en chemische processen in de industrie (N₂O). Door de wereldwijde ontbossing en de ermee gepaard gaande verbranding worden grote koolstofreservoirs in het hout en de bodem omgezet naar broeikasgassen (vnl. CO₂).

2.2.2 Onrechtreeks

Troposferisch ozon (O₃) is een ander belangrijk broeikasgas, dat niet rechtstreeks in het Kyoto Protocol is opgenomen. In tegenstelling tot de mondiale broeikasgassen wordt ozon niet direct door de mens uitgestoten.

Troposferische ozon (O₃) ontstaat als stikstofoxiden (NO_x), CO en vluchtige organische stoffen (VOS) onder invloed van zonlicht chemisch reageren.

2.2.3 Aandeel van de verschillende sectoren

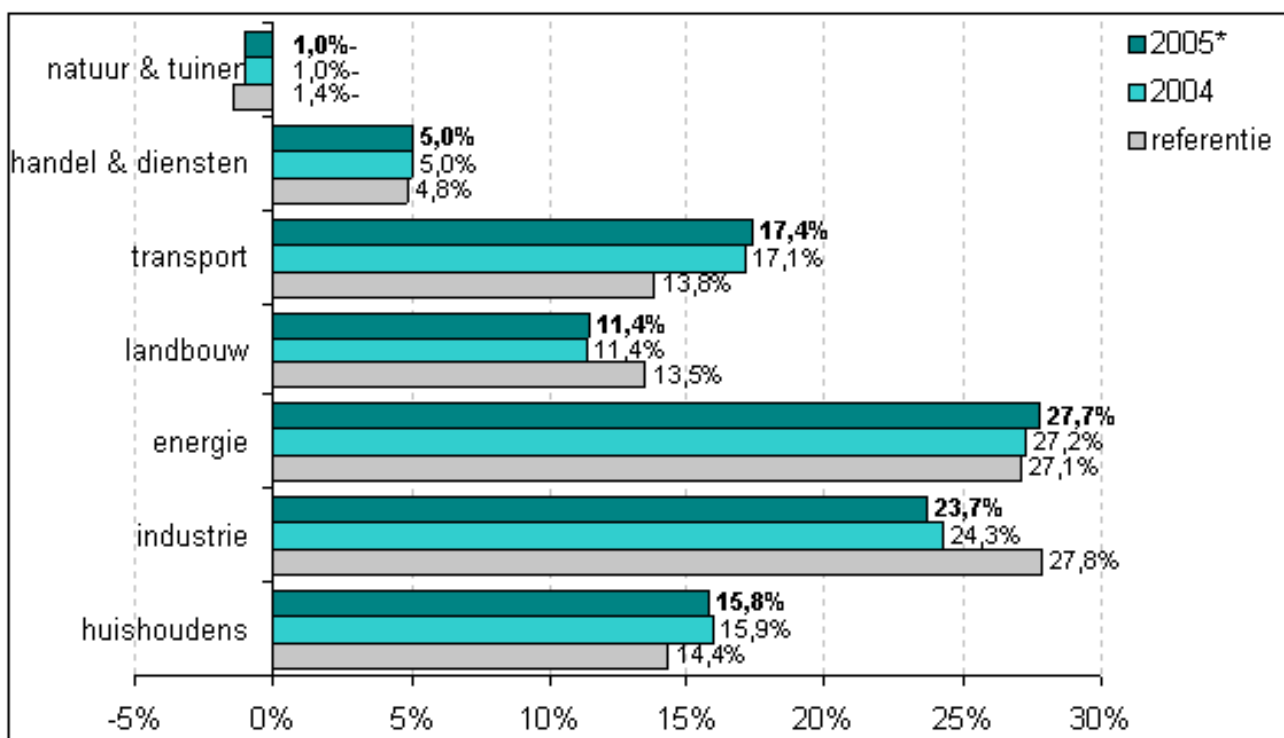


Fig. 2: invloed van de verschillende sectoren op het broeikaseffect

Het milieuraapport Vlaanderen MIRA "emissie broeikasgassen" ging na wat het aandeel is van de verschillende sectoren van Vlaanderen in de broeikasgasemissies voor de jaren 2004 en 2005 vergeleken met de aandelen in het referentiejaar*, zodat men een eventuele verschuiving kan detecteren.

Daar waar in 1990 de industrie nog de belangrijkste bron van broeikasgassen was in Vlaanderen, heeft inmiddels de energiesector die rol overgenomen (zie figuur 2). Industrie (23,7 %) en energiesector (27,7 %) staan samen in voor ruim de helft van de broeikasgasemissies. Maar **transport** (17,4 %), incl. privé-verplaatsingen, en de **huishoudens** (15,8 %) zijn ook belangrijke bronnen geworden sindsdien.

* Referentiejaar voor CO₂, N₂O en CH₄ is overeenkomstig het Kyoto-protocol 1990 en voor F-gassen 1995

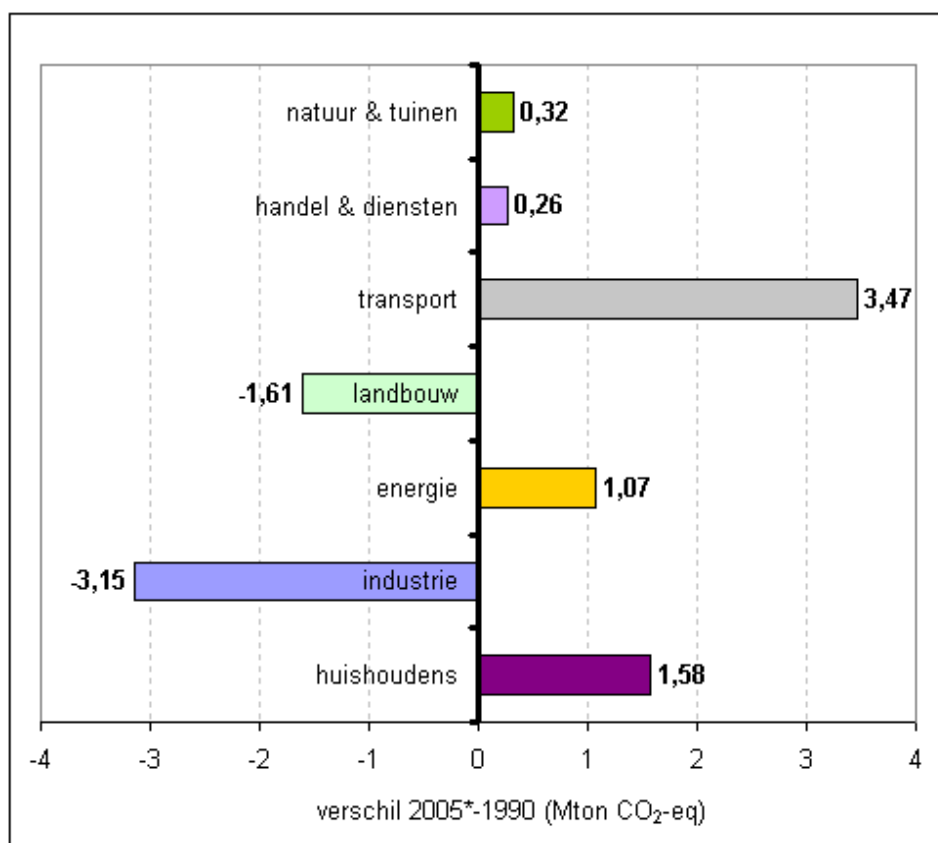


Fig. 3: verschuiving invloed van de verschillende sectoren op het broeikaseffect

Uit figuur 3 blijkt duidelijk welke sectoren in de periode 1990-2005 meer of minder broeikasgassen zijn gaan uitstoten. In absolute termen is de uitstoot het meest toegenomen bij transport (+3,47 Mton CO₂-eq) en de huishoudens (+1,58 Mton CO₂-eq). De grootste absolute daling werd opgetekend bij de industrie (-3,15 Mton CO₂-eq). Die reductie is echter volledig toe te schrijven aan één maatregel met betrekking tot F-gasemissies bij het chemische bedrijf 3M. Zonder die maatregel zou de uitstoot van de industrie licht stijgen (+1 Mton CO₂-eq over de periode 1990-2005).

De absolute emissiereducties die gerealiseerd werden door de sectoren industrie en landbouw in de periode 1990-2005, werden meer dan tenietgedaan door de oplopende emissies van het transport, waaronder ook de verplaatsingen met privé-voertuigen vallen en de energiesector. Ook de huishoudens zijn er mee verantwoordelijk voor dat de broeikasgasemissies in 2005 beduidend hoger lagen dan in 1990.

2.3 Impact van vervuiling op klimaat

Door de uitstoot van de bovenvermelde verschillende sectoren is de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer verhoogd. Deze verhoogde concentratie versterkt het natuurlijke broeikaseffect en leidt bijgevolg tot een verhoging van de gemiddelde aardtemperatuur en een globale klimaatverandering.

In de uitlaatgassen van de verbranding van de fossiele brandstoffen gaan we vnl. CO₂ en N₂O in kleinere mate terug vinden.

Hoofdstuk 3: Verontreinigende emissies (uitgezonderd broeikasgas) en fijn stof

3.1 Verontreinigende emissies

3.1.1 NO_x

NO_x is een kleurloos, smaakloos en niet-irriterend gas.

Stikstofoxiden (NO_x) - de verzamelnaam voor verbindingen tussen zuurstof en stikstof - wordt gevormd door oxidatie van stikstof bij verbranding van brandstoffen. De voornaamste zijn stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂). Deze stikstofoxiden worden vooral veroorzaakt door het **verkeer** (50%), maar verder ook door het **verwarmen van huizen**, de elektriciteitscentrales en de industrie.

Bij de verbranding van fossiele brandstoffen wordt op twee verschillende manieren stikstofoxiden gevormd:

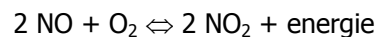
- NO_x wordt gevormd wanneer stikstof (N₂) en zuurstof (O₂) in de verbrandingslucht tot een voldoende hoge temperatuur verhit worden (1000 °). De N₂ wordt aldus geoxideerd volgens onderstaande reactie (dit evenwicht hangt sterk af van de temperatuur en verschuift dus bij hoge temperatuur naar rechts, bij zeer trage afkoeling kan de gevormde NO terug ontbinden, bij snelle afkoeling niet).



- NO_x wordt ook gevormd bij de oxidatie van N₂ die chemisch gebonden is in fossiele brandstofmoleculen. De diverse brandstoffen bevatten verschillende hoeveelheden N₂.



NO_x wordt dus meestal geëmitteerd als NO maar wordt nadien bij lagere temperatuur omgezet tot NO₂ volgens de volgende reactie:



Deze twee verschillende wijzen van oorsprong worden soms thermische NO_x (1) en brandstof NO_x (2) genoemd. Het is dus niet nodig dat de brandstof sowieso N bevat, verbrandingslucht met een temperatuur van 1000 ° en meer is voldoende om stikstofoxiden te vormen.

3.1.2 Zwaveldioxide (SO₂)

Zwaveldioxide (SO₂) is een kleurloos gas met een irriterende geur en smaak.

Deze ontstaat vooral door de verbranding van fossiele brandstoffen (onder andere aardolie, diesel en steenkolen bevatten zwavel (S)) en zijn dus vooral afkomstig van het **verkeer** (met name scheepvaart en verkeer dat op diesel rijdt) en **verwarming van huizen**.



3.1.3 Vluchtige organische stoffen (VOS)

Een VOS is een kleurloos, smaakloos en niet-irriterend gas.

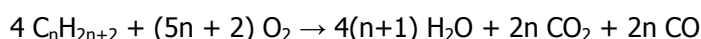
Vluchtige organische stoffen (VOS) komen vrij bij verdamping en bij onvolledige verbranding van aardolieproducten en andere organische stoffen.

Voorbeelden zijn benzine, verf, oplos- en schoonmaakmiddelen, boenwas, cosmetica en nagellakremover. Belangrijke 'producenten' van VOS zijn de aardolie-industrie, benzinestations, metaalindustrie, **verkeer**, schildersbedrijven en **huishoudens**.

3.1.4 Koolmonoxide (CO)

CO is een kleurloos, smaakloos en niet-irriterend gas.

Koolmonoxide (CO) ontstaat bij onvolledige verbranding van koolstofhoudende stoffen door een gebrek aan zuurstof. Bij volledige verbranding ontstaat kooldioxide (CO₂). Fossiele brandstoffen als aardolie, gas, hout, kolen, mazout, enz. bevatten koolstof. Dit impliceert dat elk verwarmings- of heetwatertoestel een potentiële CO-bron is. Deze stof komt dus zowel vrij in het **verkeer** als bij de **huishoudens** bij onvolledige verbranding van de brandstof.



3.2 Fijn stof

3.2.1 Fijn stof of PM*

Tot fijn stof worden, in de lucht zwevende, deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend. Fijn stof wordt uitgedrukt in µg/m³. Bij het indelen van fijn stof in soorten wordt er onderscheid gemaakt tussen:

- de grootte van de deeltjes
- primair of secundair fijn stof
- de bron

Het fijn stof is vooral afkomstig van **transport** (dieselmotoren stoten bijzonder veel fijn stof uit), de landbouw en **verwarming** (open haard, barbecue, kookvuur) en sigarettenrook. De industrie is in mindere mate een bron, daar zij zeer goede filters gebruiken.

Onderstaande tabel geeft een overzicht weer van de verschillende bronnen van herkomst van fijn stof (in ton/jaar).

België 2002 sector	NH ₃	NMVOS	NO _x	SO ₂	PM _{2.5} *	PM _{10-2.5} *
1 verbranding	94,5	2035,4	47428,2	52130,7	1380,7	2569,9
2 huishoudens	359,5	5133,6	22175,2	22946,6	4770,4	1883,8
3 raffinaderijen	0,0	14944,3	0,0	0,0	107,9	1308,3
4 industrie	3439,1	37845,5	66085,3	74405,9	15153,8	15629,5
5 solventen	0,0	72145,5	0,0	0,0	0,0	0,0
6 verkeer	1369,8	96813,8	164286,0	8490,5	11054,4	2219,4
7 landbouw	73737,0	1081,9	25,2	26,2	1533,0	6388,9
Totaal	78999,9	230000,0	299999,9	157999,9	34000,2	29999,8

Fig 4: Emissies voor België (ton/jaar) voor het jaar 2002 volgens EMEP, Expert emissions W-05emis02-V5 (2005-03-10)

* zie verklarende woordenlijst en begrippen

3.2.2 Fijn stof rechtstreeks aanwezig in uitstoot

Fijn stof kan ontstaan door wrijving (bv. remmen van vervoermiddelen), door de verbranding van fossiele brandstoffen (roetuitstoot bij dieselmotoren), bij uitstoot van een allesbrander, ...

3.2.3 Fijn stof vorming door SO₂ en NO_x

Fijn stof kan ook ontstaan als moleculen van verzurende stoffen als stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide, (SO₂) en ammoniak (NH₃) zich verbinden tot zouten. Deze kunnen zich ook aan primaire deeltjes hechten (primaire deeltjes = het fijn stof beschreven in paragraaf 3.2.2).

3.3 Impact van verontreinigende emissies op gezondheid en milieu

3.3.1 Rechtstreeks op de gezondheid

3.3.1.1 Effect van NO_x

- Vooral kinderen en mensen met astma en chronische longziekten kunnen reeds bij lage concentraties problemen krijgen. Hoge concentraties kunnen zorgen voor acute ademhalingsziekte, beschadiging van het longweefsel en verhoogde gevoeligheid voor infecties.
- De andere effecten (de onrechtstreekse effecten) zijn besproken in [paragraaf 3.3.2](#).

3.3.1.2 Effect van SO₂

SO₂ (zwaveldioxide) is zeer **giftig** bij inademing, het kan met name:

- **kanker** veroorzaken
- ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken
- longproblemen veroorzaken
- zelfs de oorzaak zijn voor het overlijden van mensen. Bij concentraties vanaf 3 ppm kan iemand al na 30 seconden overlijden.
- bij herhaalde of langdurige inademing astma veroorzaken

CARA-patiënten zijn heel gevoelig aan zwaveldioxide. Maar ook bij gezonde mensen kan zwaveldioxide leiden tot luchtwegaandoeningen en schade aan longweefsel. Naast de ademhalingsproblemen kan SO₂ ook oogirritatie veroorzaken.

3.3.1.3 Effect van VOS

- Benzeen is een van de beruchtste VOS (vluchtige organische stoffen). Het is een vluchtig bestanddeel van benzine en diesel en kan leiden tot **leukemie**. Bij de huidige concentraties van benzeen in de buitenlucht is het risico op kanker zeer klein. Maar VOS reageren onder invloed van zonlicht met onder andere stikstofoxiden (zie paragraaf 3.3.2.2).
- Benzo(a)pyreen is een andere voorbeeld van een VOS. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat benzo(a)pyreen de kans op long-, maag- en huidkanker kan verhogen.

3.3.1.4 Effect van CO

- Koolmonoxide wordt snel in het lichaam opgenomen en bindt zich 300 maal sneller met het bloed dan zuurstof. Daardoor ontstaat zuurstofgebrek in vitale organen en kunnen slachtoffers van een koolmonoxidevergiftiging overlijden. Deze vergiftiging treedt alleen op in slecht geventileerde ruimten. Bij de huidige concentraties van CO in de buitenlucht zijn de risico's voor de gezondheid gering.

3.3.2 Onrechtstreeks op de gezondheid en het milieu

3.3.2.1 Effect van NO_x en SO₂ dmv verzuring

A. Wat is verzuring

- Stikstofoxiden (NO_x) zijn zeer schadelijk voor het milieu, zeker als ze zich binden met water. Dan ontstaat salpeterzuur (HNO₃) → verzuring.
- Een deel van de zwaveldioxide (SO₂) slaat rechtstreeks neer op de aarde. Een ander deel lost op in de wolken en komt met regen, mist of sneeuw naar beneden. Zwaveldioxide dat zich bindt met water (grondwater of water van meren en rivieren) wordt omgezet in zwavelzuur (H₂SO₄) → verzuring.

Niet verontreinigd, natuurlijk wolken- en regenwater heeft een pH of zuurtegraad van 5,65. Een pH kleiner dan 5,65 betekent dat er verzuring is opgetreden.

B. Effect van verzuring op het milieu

- Verzurende emissies hebben niet alleen een effect op de pH waarde van regen. De verwijdering van deze componenten uit de lucht verzuurt de bodem en het oppervlaktewater, en zorgt voor aantasting van de ecosystemen (bv. heides en vennen).
- Verzuring kan ook leiden tot verhoogde nitraatgehaltes in het grondwater en tot de uitspoeling van metalen naar het grondwater.

C. Effect van verzuring op de gezondheid

- Verzurende deposities veroorzaken bovendien corrosie van materialen en een versnelde verwerking van gebouwen.
- Inademing van verzurende componenten en opname van verontreinigd grondwater kunnen leiden tot gezondheidsklachten bij de mens.

3.3.2.2 Effect NO_x en VOS dmv ozonvorming

A. Fotochemische luchtverontreiniging

Fotochemische luchtverontreiniging is de verontreiniging van de lucht met chemische stoffen als **ozon** (O₃), peroxyacetylnittraat, stikstofdioxide (NO₂), waterstofperoxide (H₂O₂) en andere stoffen met een oxiderende werking.

Deze stoffen ontstaan in aanwezigheid van stikstofoxiden (NO_x) en niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) onder invloed van zonlicht op warme dagen. De afkomst van NO_x, NMVOS en VOS zijn in paragraaf 3.1.1 en 3.1.3 besproken. Deze stoffen worden ook de 'voorlopers' van fotochemische luchtverontreiniging (of ozonprecursoren) genoemd.

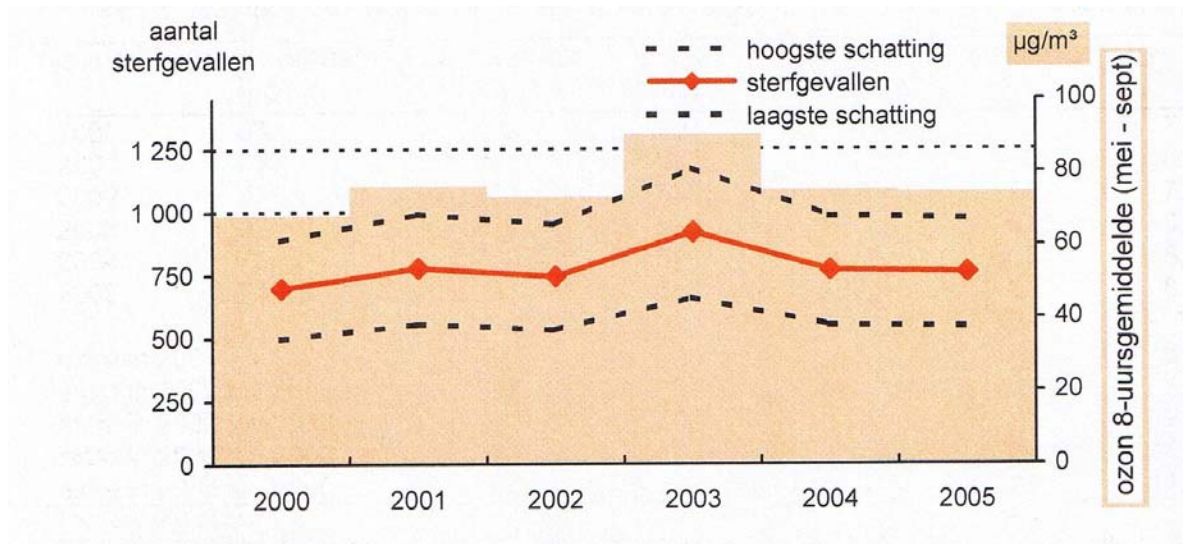
Het zogenaamde zomersmog is zo een vorm van luchtverontreiniging.

B. Effect van ozon op de gezondheid

Ozon is een vervuילend gas dat een krachtig en irriterend gif is dat ernstige risico's inhoudt voor de gezondheid. Het gas dringt tot in de kleinste luchtwegen en longblaasjes en prikkelt daar de slijmvliezen.

- Bij het leveren van zware inspanningen in de buitenlucht kan ozon keelpijn, hoesten, hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid en irritatie van de ogen veroorzaken.
- Ozon werkt in op het centraal zenuwstelsel.
- Eveneens is er longfunctievermindering (tot zelfs > 15% bij zeer hoge concentraties).

De figuur hieronder geeft een schatting weer van het effect van ozon op de levensduur van de bevolking.



Bron: IRCEL

Fig. 5: Schatting van het aantal vroegtijdige sterfgevallen door ozon tegen de achtergrond van de gemiddelde ozonconcentratie tijdens de zomer (Vlaanderen, 2000 – 2005)

C. Effect van ozon op het milieu

- Ook planten hebben hier last van en hoge ozonconcentraties zorgt voor een verminderde oogst.
- Tevens kan ozon ook schade veroorzaken aan kleurstoffen, plastic materiaal en elastomeren.

3.4 Impact van fijn stof op de gezondheid

Fijn stof in de lucht kan leiden tot gezondheidsklachten (zoals hart- en longziekten, acute en chronische bronchitis, en astma) en zelfs tot vroegtijdige sterfte. Hieronder worden een paar bronnen vermeld.

- Uit epidemiologische studies van het Nederlands Aërosol Programma, blijkt dat bij ongeveer **1.700 tot 3.000 sterfgevallen per jaar** de relatie tussen vroegtijdige sterfte en het inademen van fijn stof een rol speelt.
- Volgens het milieuraapport Vlaanderen (MIRA-T 2004) is fijn stof de belangrijkste oorzaak van het verlies aan gezonde levensjaren door milieuvervuiling: in 2003 gingen in Vlaanderen volgens dit rapport liefst **25 gezonde levensjaren per 10.000 inwoners** verloren als gevolg van luchtvervuiling door fijn stof!
- Op basis van een beperkt aantal Amerikaanse studies wordt geschat dat gevoelige mensen als gevolg van langdurige blootstelling aan fijn stof **1 tot 2 jaar korter te leven** hebben.

De figuur hieronder toont ons aan dat de daggemiddeldeconcentraties vaak ver boven het beoogde doel zijn.

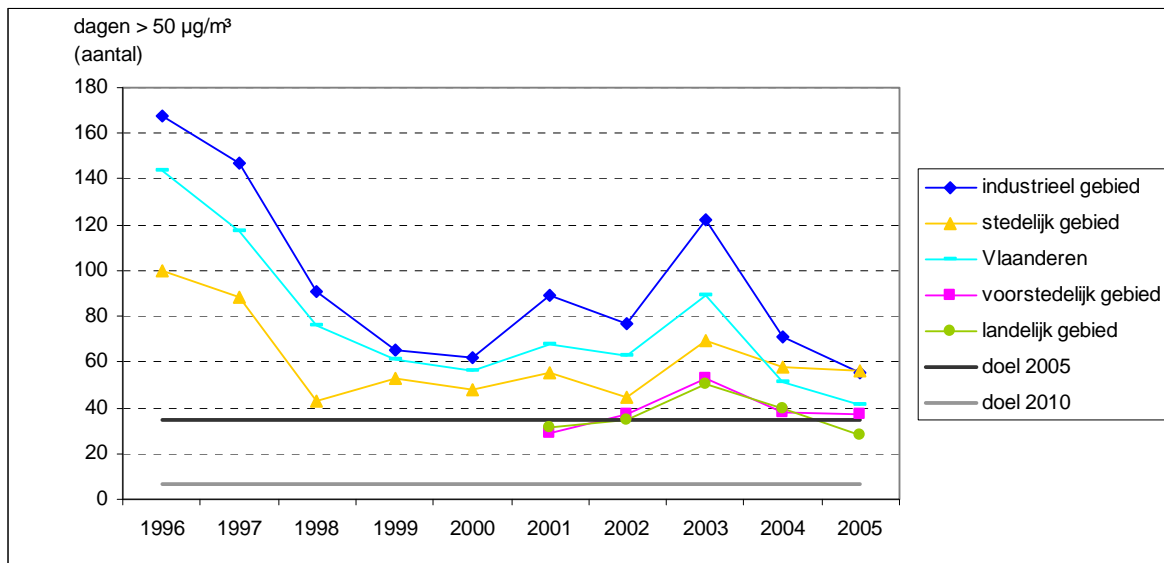


Fig 6: aantal dagen waarop de daggemiddelde PM10 - concentratie groter is dan 50 µg/m³ (Vlaanderen, 1996-2005) Bron: VMM

Waarom is fijn stof zo schadelijk?

De deeltjes zijn zo klein, dat onze neus, keel en mond ze niet kunnen verhinderen tot diep in onze longen door te dringen (zie figuur hieronder). Daardoor belemmeren ze de goede longfunctie.

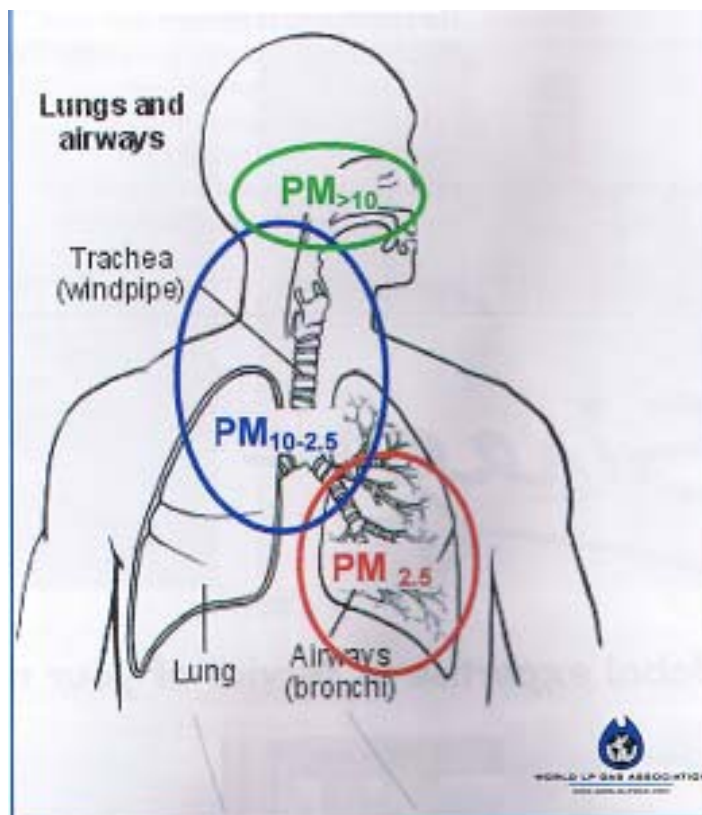


Fig. 7: Doordringbaarheid van fijn stof in de longen

Op pagina's 12 en 13 staan pollutanten nog eens samengevat met hun herkomst en gevolgen voor de gezondheid en het milieu.

3.5 Impact van fijn stof op de gezondheid

Polluenten	Herkomst	Gevolgen voor de gezondheid	Gevolgen voor het leefmilieu
Kooldioxide (CO₂)	Hoofdzakelijk afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen voor transport, verwarming en industriële activiteiten.	Geen gekende gevolgen voor de gezondheid.	<ol style="list-style-type: none"> 1. doet het broeikaseffect aanzienlijk toenemen 2. draagt hierdoor bij tot een klimaatverandering op onze planeet
Lachgas (N₂O)	Hoofdzakelijk afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen voor transport, verwarming en industriële activiteiten.	Geen gekende gevolgen voor de gezondheid.	<ol style="list-style-type: none"> 1. doet het broeikaseffect aanzienlijk toenemen 2. draagt hierdoor bij tot een klimaatverandering op onze planeet
Stikstofoxiden (NO_x)	<p>Afkomstig van voertuigen en verbrandingsinstallaties.</p> <p>Deze emissies vinden hoofdzakelijk plaats in de vorm van NO (90 %) en in mindere mate in de vorm van NO₂.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. NO₂ kan een verandering van de longfunctie en een luchtweghyperactiviteit veroorzaken. 2. bij kinderen en astmapatiënten kan het de gevoeligheid van de bronchiën voor infecties door microben verhogen. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. spelen een rol in de vorming van troposferische ozon en 2. dragen bij tot het verschijnsel zure regen dat planten en gebouwen aantast.
Zwavel dioxide (SO₂)	<p>Hoofdzakelijk afkomstig van de verbranding van zwavelhoudende fossiele brandstoffen (zoals stookolie en steenkool).</p> <p>De concentraties liggen iets hoger in een omgeving met druk verkeer.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. prikkelend gas 2. korte blootstelling aan hoge waarden (250 µg/m³) kan ademhalingsproblemen veroorzaken (bronchitis,...), vooral bij gevoelige personen. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. in aanwezigheid van water vormt de zwavel dioxide zwavelzuur (H₂SO₄) 2. dit draagt bij tot de verzuring van het milieu

<p>Vluchtige organische stoffen (VOS)</p>	<p>De niet-methaan VOS (NMVOS) zijn gasachtig</p> <p>Afkomstig van het wegvervoer (voertuigen op benzine)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. eenvoudige geurhinder 2. irritatie 3. vermindering ademhalingsvermogen 4. benzeen is een erkende carcinogene stof. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. spelen een rol in de vorming van troposferische ozon 2. dragen bij tot het verschijnsel zure regen dat planten en gebouwen aantast
<p>Zwevend stof of zwevende deeltjes Met inbegrip van fijne deeltjes (PM₁₀) en zeer fijne (PM_{2,5}) deeltjes</p>	<p>Ze vormen een complex van organische stoffen of mineralen.</p> <p>De grove deeltjes (groter dan 10 µm) worden gevormd door mechanische processen zoals erosie,...</p> <p>De PM₁₀ (kleiner dan 10 µm) en PM_{2,5} (kleiner dan 2,5 µm) zijn afkomstig van verbrandingsprocessen (industrie, verwarming, transport,...).</p>	<p>De giftigheid van het stof is afhankelijk van de aard en de grootte ervan en van verbindingen met andere verontreinigende stoffen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. de fijne deeltjes kunnen de luchtwegen prikkelen, bij een lage concentratie, vooral bij gevoelige personen. 2. de zeer fijne deeltjes dringen dieper door in de luchtwegen. 3. sommige deeltjes hebben mutagene of carcinogene eigenschappen. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. het stof absorbeert en verspreidt het licht en beperkt zo de zichtbaarheid. 2. de stofafzettingen maken vuil en kunnen een onaangename geur hebben.
<p>Troposferische ozon (O₃)</p>	<p>Ozon is een specifieke vorm van zuurstof.</p> <p>Ontstaat door de fotochemische omzetting van bepaalde verontreinigende stoffen in de atmosfeer, die voornamelijk afkomstig zijn van het wegverkeer (NO_x en VOS) in aanwezigheid van de ultraviolette zonnestralen.</p> <p>Hoge ozonconcentraties kunnen vooral worden opgetekend in de zomer, gedurende de warme en zonnige uren van de dag.</p>	<p>een agressief gas dat (vanaf een concentratie van 150 tot 200 µg/m³) volgende zaken veroorzaakt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. migraine 2. prikkeling van ogen en keel, hoesten 3. een verandering van de longfunctie, vooral bij gevoelige personen 	<p>In zeer hoge hoeveelheden kan ozon schadelijke gevolgen hebben voor het leefmilieu.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. draagt bij tot een verzuring van het leefmilieu die de samenstelling van de lucht, het oppervlaktewater en de bodem verstoort. 2. zo schaadt ozon onze ecosystemen (afsterven van bossen, verzuring van zoetwatermeren, aantasting van de voedselketen, ...) en tast het gebouwen en teelten aan

Hoofdstuk 4: De verschillende brandstoffen - van raffinage tot hun toepassing in verkeer en huishoudens

In de vorige hoofdstukken hebben we de verschillende pollutanten toegelicht. In dit hoofdstuk gaan we de verschillende brandstoffen toelichten en welk hun emissies zijn tijdens:

- hun raffinage en hun distributie
- de verbranding bij hun gebruik in het verkeer
- de verbranding bij hun gebruik in de huishoudens

4.1 De verschillende brandstoffen

4.1.1 Diesel

Diesel is een petroleumdestillaat en wordt onderverdeeld in laag- en hoogzwavelig.

Dieselolie is de handelsnaam voor laag zwavelige gasolie. De termen laag en hoog verwijzen naar het aantal ppm zwavel.

4.1.2 Benzine

Benzine bestaat uit een mengsel van koolwaterstoffen (met doorgaans 5 tot circa 12 koolstofatomen) en uit vertakte alkanen en moleculen met een benzeenring (zoals toluen, benzeen en xyleen).

Bij de moderne benzine is er nog weinig benzeen te bespeuren. Deze component is quasi helemaal verwijderd omdat het kankerverwekkend is. Ook de meeste zwavelverbindingen zijn verwijderd om luchtverontreiniging tegen te gaan.

4.1.3 LPG – propaan - butaan

LPG (liquified petroleumgas) is een mengsel van propaan (C_3H_8) en butaan (C_4H_{10}) en hun isomeren. LPG is een goedkopere brandstof omdat het een restproduct is dat ontstaat bij de raffinage van aardolie. Onder druk wordt het gas vloeibaar en zo wordt het ook verhandeld.

De levensduur van de motor wordt verlengd door het ontbreken van o.a. etsende zuren en koolafzetting.

Het merendeel van de LPG-voertuigen zijn omgebouwde conventionele voertuigen. Voor personenwagens zijn dat benzinevoertuigen waarin de LPG-installatie meestal wordt geïnstalleerd naast het oorspronkelijk brandstofsysteem (bifuel). In vrachtwagens en bussen wordt het conventionele (diesel) brandstofsysteem meestal volledig vervangen.

Propaan en butaan worden gebruikt vooral in de huishoudens. Commerciële propaan is samengesteld uit 2,5 % (gewicht) ethaan, 96 % propaan en 1,5 % isobutaan, het commerciële butaan uit 70 % n-butaan en 30 % iso-butaan.

4.1.4 Aardgas

Aardgas is ook een fossiele brandstof. Het ontstaat bij hetzelfde proces dat tot de vorming van aardolie leidt en vertegenwoordigt de lichtere fractie organische producten van dat proces.

Aardgas wordt daarom vaak samen met aardolie gevonden, hoewel soms het gas kans ziet in andere aardlagen door te dringen dan de veel zwaardere olie en er zo een scheiding kan zijn ontstaan. Afhankelijk van waar aardgas ontgonnen is kan het soms meer of minder methaan bevatten of meer of minder zwavelwaterstof ("zuur gas").

4.2 Emissies bij raffinage en distributie van de brandstoffen

4.2.1 Aardoliederivaten

Niet alleen de verbranding van de brandstoffen brengt emissies met zich mee, ook tijdens de productie, raffinage en distributie van de brandstoffen wordt energie verbruikt en worden emissies veroorzaakt.

Gegevens van een studie van Rijkeboer [Rijkeboer, '92] gecombineerd met cijfers van een studie van AEA Technologies uit 1997 [Lewis, '97] geven de resultaten in figuur 8.

Productie: Benzine, diesel en LPG worden alle drie gemaakt van ruwe olie, de emissies tijdens de productie en het transport van de olie naar de raffinaderij zijn daarom voor alle drie de brandstoffen vrijwel gelijk (daarom zijn deze ook niet weergegeven in figuur 8).

Raffinage: De emissies die optreden tijdens de raffinage van de brandstoffen hangen af van een aantal factoren [Lewis, '97]:

- de samenstelling van de ruwe olie die de raffinaderij ingaat;
- de procesfaciliteiten die een raffinaderij heeft;
- de vraag naar bepaalde producten;
- de specificaties van de producten.

Distributie: Ook bij de distributie van de brandstoffen naar de tankstations ontstaan emissies. Dit zijn voornamelijk koolwaterstoffen (HC) die verdampen of gemorst worden tijdens overslag of het tanken zelf. Een aanzienlijk gedeelte van de distributie-emissies ontstaat tijdens het vullen van de ondergrondse tank bij het tankstation en het tanken van de voertuigen aan de pomp. We gaan ervan uit dat ca. 20% van deze emissies binnen de bebouwde kom plaatsvindt en 80% ervan daarbuiten.

Conclusie fig. 8: Benzine vergt een intensiever raffinageproces dan LPG. De CO₂-uitstoot, alsook de vorming van CH is minimaal bij de raffinage van LPG.

	Raffinage			Distributie	
	CO ₂ (gr/kg)	NO _x (gr/kg)	HC (gr/kg)	HC (gr/kg)	binnen de bebouwde kom
Benzine	407	0,130	0,95	0,035	20%
Diesel	240	0,074	0,29	0,020	20%
LPG	239	0,079	0,05	0,021	20%

Fig 8: Emissies die optreden tijdens raffinage en distributie van de brandstoffen, per kilogram brandstof
Bron CE 1997a en CE 2000c

4.2.2 Aardgas

De resultaten van emissies en energetisch rendement die overeenstemmen met de stap van extractie en bewerking van aardgas, worden voorgesteld in figuur 9. Zoals bij LPG is er ook bij aardgas weinig emissie van NO_x en HC en wordt dan ook niet in tabel gezet.

Conclusie fig. 9: Daar waar er in figuur 8 helemaal geen uitstoot is van CH₄, ziet men duidelijk bij de ontginning, bewerking en distributie van aardgas een extra emissie van één van de broeikasgassen. De impact van CH₄ is, zoals eerder vermeld in paragraaf 2.1, 23 keer groter dan bij CO₂.

	Ontginning			Distributie
	CO ₂ (gr/kWh)	CH ₄ (gr/kWh)	tot CO ₂ -eq (gr/kWh)	CO ₂ -eq (gr/kWh)
Noorwegen	6,34	0,22	11,40	4,29
Nederland	1,82	0,14	5,08	0,84
Rusland	3,96	0,50	15,47	44,30

Fig 9: Emissies (g/kWh) verbonden met ontginning, bewerking en distributie van aardgas
Bron RDC 2005

4.3 Emissies in het verkeer

4.3.1 CO₂ emissiefactor en verbruik van wagen

Volgende figuur geeft de CO₂-uitstoot weer per kg brandstof. Gegevens 2^e en 3^e kolom zijn volgens het IPCC (zie bijlage 4), gegevens 4^e kolom is vermenigvuldiging van 2^e en 3^e kolom.

Conclusie fig. 10: LPG heeft per kg product de minste CO₂-uitstoot in vergelijking met benzine en diesel (zie vetgedrukt cijfermateriaal).

Brandstof	CO ₂ (in g/MJ)	Energie (in MJ/kg)	CO ₂ (in g/kg) na volledige verbranding
Benzine	69,3	44,80	3.104,64
Diesel	74,07	43,33	3.209,45
LPG	63,07	47,31	2.983,84

Fig 10: CO₂ concentratie per kg brandstof na volledige verbranding

4.3.2 Overige emissies

Bij de verbranding in de motor komen emissies vrij. Deze kunnen onderverdeeld worden in twee categorieën: schadelijke emissies met een effect op de luchtkwaliteit en de broeikasgassen.

De impact van de schadelijke emissies en het uitstoot broeikasgas is besproken in hoofdstuk 2 en 3.

LPG tov benzine: Bij koude start moet er extra benzine aan het mengsel worden toegevoegd (zodat er zeker voldoende benzine verdampt). LPG is gasvormig, er is dus geen verrijking van het mengsel nodig, de motor loopt vrijwel van bij de start stoichiometrisch*.

LPG tov diesel: Het percentage roet en NO_x in uitlaatgassen van diesel is beduidend hoger dan in uitlaatgassen van benzine en LPG. Dit is deels het gevolg van de verhoogde verhouding van lucht en brandstof van het gasmengsel dat ontbrandt door compressie in de dieselmotor.

Conclusie fig. 11: LPG heeft lagere emissies dan benzine of diesel en LPG stoot geen CH₄ tov aardgas.

In onderstaande tabel wordt aangegeven welke emissies belangrijk zijn voor welke brandstoffen. (+: hoge uitstoot, -: relatief lage uitstoot) (bron www.emis.vito.be)

Component		Benzine	Diesel	LPG	Aardgas
<u>Luchtkwaliteit</u>					
Roetdeeltjes	PM	-	+	-	-
Stikstofoxide	NO _x	-	+	-	-
Niet-Methaan Koolwaterstoffen (=VOS)	NM-KWS	+	-	-	-
Koolstofmonoxide	CO	+	-	-	-
<u>Opwarming aardatmosfeer</u>					
Methaan	CH ₄				+
Distikstofoxide	N ₂ O	+	+	+	+
Koolstofdioxide	CO ₂	+	+	+	+

Fig 11: emissies per brandstof (www.emis.vito.be)

** zie verklarende woordenlijst en begrippen*

Hieronder vinden we een tweede figuur die de emissieconcentraties weergeeft van LPG, diesel en benzine. In deze tabel is extra de emissie van HC weergegeven.

Deze data zijn afkomstig van het TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek).

Conclusie fig. 12: er kunnen dezelfde interpretaties gemaakt worden als bij fig. 11 en ook bij HC heeft LPG de laagste emissieconcentratie.

<i>Tailpipe emissions [g/km]</i>	<i>Autogas</i>	<i>Diesel</i>	<i>Gasoline</i>
<i>Particulates (PM)</i>	<i>< 0.001</i>	<i>0.040</i>	<i>0.001</i>
<i>Nitrogen Oxides (NO_x)</i>	<i>0.04</i>	<i>0.40</i>	<i>0.06</i>
<i>Hydro Carbons (HC)</i>	<i>0.05</i>	<i>0.06</i>	<i>0.08</i>
<i>Greenhouse Gas (CO₂)</i>	<i>170</i>	<i>170</i>	<i>190</i>
<i>Carbon Monoxide (CO)</i>	<i>0.3</i>	<i>0.5</i>	<i>0.6</i>

Source:TNO

Fig 12: Emissies die optreden tijdens verbranding van de brandstoffen in gram per km

4.4 Emissies in de huishoudens

Bij de verbranding van brandstoffen voor de huishoudens komen o.a. NO₂, SO₂, CO₂ en N₂O vrij.

Onderstaande tabel (fig. 13) geeft de verdeling van de uitstoot als gevolg van het energieverbruik per brandstof (balans opgesteld door BIM).

- SO₂ komt in zeer lage hoeveelheden vrij bij de verbranding van propaan-, butaan en aardgas. Het komt in veel grotere hoeveelheden vrij bij de verbranding van stookolie en vaste brandstoffen. De verbranding van lichte stookolie is bv. verantwoordelijk voor 79.4 % van de uitstoot van SO₂. Een verschuiving in de brandstofsoort van stookolie en steenkool naar gas komt de emissies ten goede zoals onderstaande tabel ook bevestigt.
- Wat N₂O betreft, is lichte stookolie verantwoordelijk voor 28 % van de uitstoot en aardgas voor 10,55 %.
- De verbranding van aardgas is tot slot verantwoordelijk voor 22,07 % van de uitstoot van NO_x en lichte stookolie voor 13.59 % van de uitstoot.
- Wat CO₂ betreft, is aardgas verantwoordelijk voor 45.82 % van de uitstoot en lichte stookolie voor 25.12 % van de uitstoot. Dat verschil wordt verklaard door het grote aandeel van aardgas als brandstof voor de verwarming van woningen (70%) tegenover 30 % voor lichte stookolie.

Conclusie fig. 13: propaan en butaan hebben de laagste emissieconcentraties (uitgezonderd CO₂). De CO₂ uitstoot is bij propaan en butaan beduidend lager dan bij aardgas

Brandstof	Sector	SOx	NOx	CO2	N2O	Diox
Afval	Industrie (prioritaire processen)	1,00	10,76	11,90	39,42	6,93
Steenkool	Woningsector (verwarming)	9,24	0,24	0,82	0,73	42,60
Zware stookolie	Industrie (verwarming)	1,47	0,13	0,10	0,12	0,01
	Dienstensector (verwarming)	1,13	0,10	0,08	0,10	0,11
Lichte stookolie	Industrie (verwarming)	1,44	0,61	0,46	0,52	0,07
	Woningsector (verwarming)	52,47	6,15	16,59	18,81	25,59
	Dienstensector (verwarming)	23,94	2,81	7,57	8,58	11,67
	Transport	1,55	4,02	0,49	0,09	
diesel	Transport	5,82	30,42	10,68	6,98	0,33
benzine	Transport	1,94	22,56	8,17	5,78	1,27
Andere aardolieproducten	Industrie (verwarming)		0,01	0,01	0,00	
aardgas	Industrie (verwarming)		2,20	2,24	0,42	
	Woningsector (verwarming)		13,27	27,09	6,76	
	Dienstensector (verwarming)		6,61	13,49	3,37	
but/prop	Woningsector (verwarming)		0,12	0,28	0,06	
Andere	Andere				8,25	
TOTAL (%)		100	100	100	100	100

Fig 13 : Uitstoot in de lucht 2000 als gevolg van het energieverbruik per brandstof (%)

Bij aardgas is er ook nog de extra emissie van het broeikasgas methaan CH₄. Het diagram hieronder toont aan in hoeverre aardgas zijn bijdrage levert aan het broeikas effect (uitgedrukt in CO₂-equivalent).

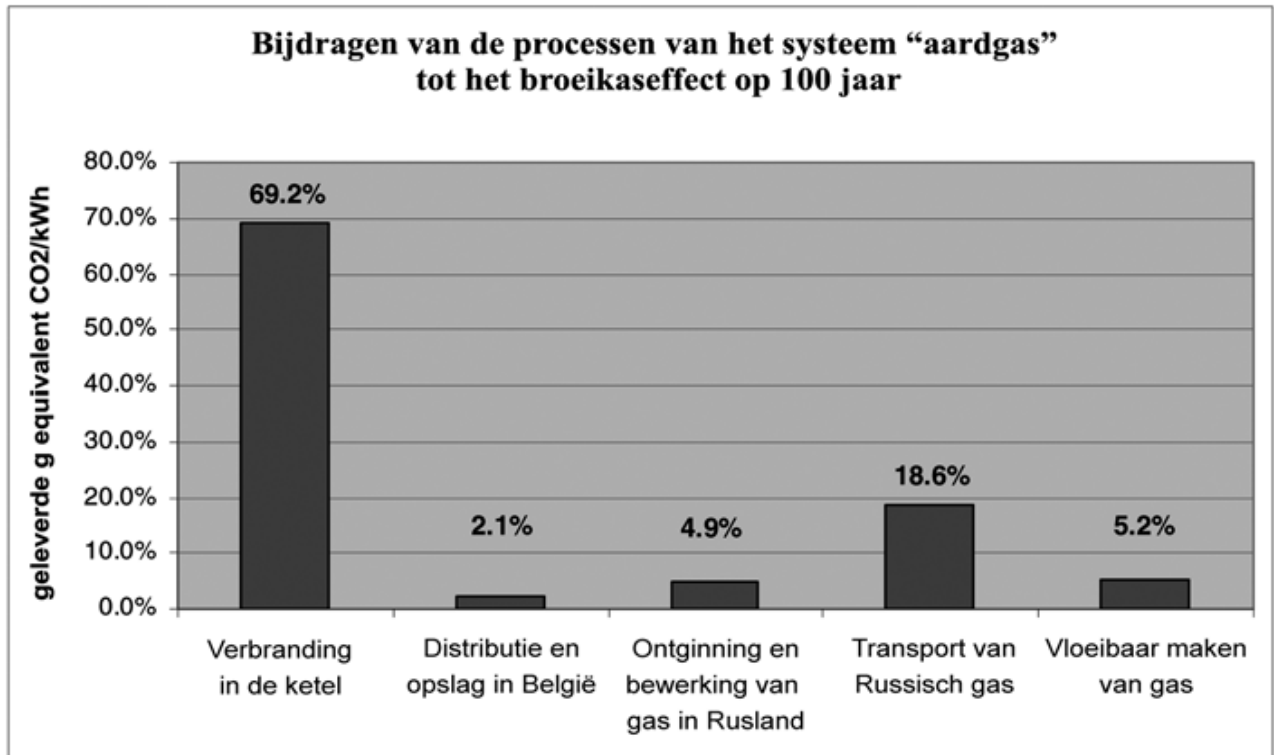


Fig 14 : Uitstoot in de lucht 2000 als gevolg van het energieverbruik per brandstof (%)

De effecten van bovenstaande emissies en broeikasgassen zijn reeds besproken in hoofdstuk 2 en 3.

Besluit:

Raffinage en distributie

LPG geeft minder CO₂ en HC emissies dan benzine en diesel. De NO_x emissie van LPG is lager dan die van benzine en ongeveer gelijk met die van diesel.

Aardgas heeft evenals LPG ook een lage emissie aan HC en NO_x. Maar het nadeel van aardgas zit vooral in de extra emissie van methaan tov. van bovenstaande brandstoffen.

Emissies in het verkeer

Per kg brandstof heeft LPG de laagste concentratie aan CO₂ uitstoot.

Studies van emis.vito en TNO tonen aan dat ook de andere emissies vrijwel afwezig zijn in de uitlaatgassen van LPG.

Een artikel in De Tijd (dd. 9/12/2005) vermeldde dat:

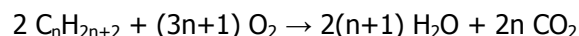
- indien alle dieselvoertuigen door LPG-voertuigen zouden worden vervangen de NO_x-vervuiling zou dalen met 50% en de partikeluitstoot met 95%.
- Als alle benzinemotoren op LPG zouden draaien, de CO-pollutie met nog eens 30% zou dalen, alhoewel de uitstoot van het CO-gas reeds verminderd is sinds het gebruik van de katalysator.
- LPG is de enige brandstof die geen SO₂-vervuiling veroorzaakt.

Emissies in huishoudens

Het voordeel van propaan zit ook hier weer in de verlaagde uitstoot van SO₂, NO_x, N₂O. Ten opzichte van aardgas heeft propaan het grote voordeel van veel minder CO₂-uitstoot te hebben en geen uitstoot van CH₄.

Algemeen

Er is geen significant voordeel of nadeel van LPG tov diesel inzake de CO₂-uitstoot. Uiteraard blijft het verminderen van het antropogene aandeel in het broeikasgaseffect belangrijk. Maar zolang we op een fossiele brandstof gaan blijven rijden en verwarmen gaat er CO₂-uitstoot aanwezig blijven. Er kan geen verbranding zijn van een fossiele brandstof zonder vorming van CO₂, zoals de algemene reactievergelijking hieronder weergeeft:



Wat echter vaak uit het oog verloren wordt is het negatieve aandeel van de overige emissies bij de verbranding van de fossiele brandstoffen. Hoofdstuk 3 licht meer dan voldoende toe hoezeer deze schadelijk zijn voor het milieu en de gezondheid. Daarom is ook het grootste voordeel van LPG zijn gebrek aan deze emissies.

Algemeen kan dus gesteld worden dat LPG een voordeel heeft ten opzichte van de ander beschreven brandstoffen.

Daarbovenop is LPG gasvormig en draagt het daardoor minder snel bij tot vervuiling van bodem, lucht en water dan benzine of diesel.

Ook mag de veiligheid van LPG niet vergeten worden. Dankzij de recente technische ontwikkelingen is rijden op LPG zeer veilig. Er wordt onder andere gebruikgemaakt van vervormbare tanks van dik staal, veiligheidskleppen, een automatische vulstop bij 80% van het tankvolume en een electroventiel dat de toevoer afsluit als de motor stilvalt.

Kortom LPG is een brandstof die het milieu respecteert.