

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

Rapport nr. 773002004

Mobiele werktuigen in Nederland; prognoses tot 2020
Beschrijving en toepassing van het model PROMIN

M.E. Bouwman

Maart 1996

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directies Geluid en Verkeer, Lucht en Energie in het kader van project nr. 773002, doelgroep Verkeer en vervoer.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
tel. 030-2749111, fax 030 -2742971

VERZENDLIJST

- 1 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer
- 2 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Lucht en Energie
- 3 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman

- 4 Prof. Dr. A.I.J.M. van der Hoorn - AVV/UvA
- 5 Prof. Drs. J.G. de Wit - RLD/UvA
- 6 Prof. Dr. P. Rietveld - VU
- 7 Prof. Dr. Ir. P.H.L. Bovy - AVV

- 8 Ir. J. van der Waard -AVV
- 9 Ir. J. Polman - DGM
- 10 Ir. J.J.M. Henssen - DGM
- 11 Drs. H.C.G.M. Brouwer - DGM

- 12 Ir. P.A.J. Achten - INNAS BV
- 13 Ir. M. van Walwijk - INNAS BV
- 14 Ir. R.L. de Vries - IMAG-DLO
- 15 Ing. A.H. Bosma - IMAG-DLO
- 16 Ir. J.A. Hoenderken - IKC
- 17 Ir. J.J.E.A. van Meel -NOVEM
- 18 Ing. R. van Dillen - NOVEM

- 19 Ir. R. Brakenburg - V&W
- 20 Drs. M.A. Koning - CPB
- 21 Ir. G.R.M. Jansen - INRO-TNO
- 22 Drs. P.F.J. van der Most - TNO
- 23 Dr. H.J. Meurs - MuConsult
- 24 Dr. H.C. Moll - RUG

- 25 A.P.F.H. van Loon - BMWT
- 26 W.J. Fournier - Boval
- 27 Ing. C.J.M. de Kock - Renault Agriculture Nederland bv
- 28 Ing. A.D. Schaap - VBW-asfalt

- 29 Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
- 30 SWIDOC
- 31 Projectbureau Integrale Verkeers- en Vervoerstudies
- 32 Bibliotheek VU
- 33 Bibliotheek UvA

-
- 34 Bibliotheek Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometrie; UvA
 - 35 Bibliotheek SEO
 - 36 Bibliotheek RPD
 - 37 Bibliotheek V&W
 - 38 Bibliotheek DVK
 - 39 Bibliotheek TUD
 - 40 Bibliotheek UU
 - 41 Bibliotheek KUN
 - 42 Bibliotheek HTV

 - 43 Directie RIVM
 - 44 Ir. F. Langeweg
 - 45 Dr. R. Thomas
 - 46 Drs. K. van Velze
 - 47 Drs. H.C. Eerens
 - 48 Drs. L.H.M. Kohsiek
 - 49 Drs. R.J.M. Maas
 - 50 Drs. G.P. van Wee
 - 51-53 Auteur
 - 54 Hoofd Bureau Voorlichting & Public Relations
 - 55 Bibliotheek MNV
 - 56-57 Bibliotheek RIVM
 - 58 Bureau rapportenregistratie
 - 59-66 Exemplaren Universiteit Utrecht
 - 67-86 Bureau Rapportenbeheer

VOORWOORD

Dit rapport is geschreven in het kader van een gecombineerde stage en afstudeeropdracht (gezamenlijke omvang 37 weken) voor de studie Natuurwetenschappen en Bedrijf & Bestuur aan de Universiteit Utrecht. Vanuit de universiteit is door Dr. B.G. Dekker en Dr. A.W.M. Verkroost de begeleiding verzorgd, die ik bij deze hiervoor wil bedanken.

Het verrichte onderzoek is gedaan bij het RIVM in Bilthoven. Mijn dagelijkse begeleider ter plekke was drs. G.P. van Wee, die op een bijzonder stimulerende wijze invulling aan deze taak heeft gegeven. In het onderzoek is gebruik gemaakt van een groot aantal gegevens, welke afkomstig zijn uit gesprekken met deskundigen uit verschillende instituten. Voor hun medewerking bedank ik hen hartelijk. Ook de andere mensen en instanties die op de een of andere manier hebben meegeholpen aan het tot stand komen van dit rapport wil ik hartelijk bedanken. Tot slot wil ik Ir. J. Polman bedanken voor zijn medewerking en bijdragen aan dit rapport.

Mirjan Bouwman

Bilthoven, 29 februari 1996

INHOUDSOPGAVE

Verzendlijst	2
Voorwoord	4
Inhoudsopgave	5
Abstract	11
Samenvatting	13
1 Probleemschets	15
1.1 Inleiding	15
1.2 Mobiele werktuigen	15
Definities	15
Voorgaand onderzoek	16
Toedeling aan de doelgroep verkeer	18
1.3 Onderzoeksvragen	19
1.4 Gebruikte methoden	20
1.5 Opzet van het rapport	20
2 De opzet van het model	23
2.1 Inleiding	23
2.2 Opzet van het model	23
2.2.1 Keuze voor het basisjaar in het model	23
2.2.2 Berekening energiegebruik en emissie in het basisjaar	24
2.2.3 Berekening energiegebruik en emissies in zichtjaren	25
2.2.4 Samenhang van de modules	27
2.3 De module prestatie	28
2.3.1 Opzet van de module	28
2.3.2 Gebruikte gegevens in de module voor berekeningen in het basisjaar	30
2.4 De module economie	33
2.4.1 Opzet van de module	33
2.4.2 Gebruikte gegevens in de module	34
2.5 De module landbouw	35
2.5.1 Opzet van de module	35
2.5.2 Gebruikte gegevens in de module	37
2.6 De module techniek	38
2.6.1 Opzet van de module	38

2.6.2	Gebruikte gegevens in de module	45
2.7	De module energie	49
2.8	De module emissie	50
2.8.1	Opzet van de module	50
2.8.2	Gebruikte gegevens	52
3	Toepassing van het model	53
3.1	Inleiding	53
3.2	Resultaten voor het basisjaar 1990	53
3.2.1	Resultaten 1990	53
3.2.2	Relatie resultaten van overige onderzoeken	54
3.3	Gebruikte scenario's voor het maken van prognoses met het model	55
3.3.1	Gebruikte scenario's	55
3.3.2	Overzicht van de benodigde gegevens	55
3.4	Resultaten voor zichtjaren	59
3.4.1	Inleiding	59
3.4.2	Prognoses parkomvang en prestatie	59
3.4.3	Prognoses energiegebruik	61
3.4.4	Prognoses emissies	63
3.4.5	Conclusies	66
3.5	Aandeel mobiele werktuigen in energiegebruik en emissie in verkeer en vervoer en totaal Nederland	67
3.5.1	Inleiding	67
3.5.2	Aandeel mobiele werktuigen in energiegebruik en emissies 1990	67
3.5.3	Aandeel mobiele werktuigen in energiegebruik en emissies in 2010	68
4	Gevoeligheidsanalyse	71
4.1	Inleiding	71
4.2	Gevoeligheidsanalyse	71
4.2.1	Opzet van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse	71
4.2.2	Lineaire variabelen	72
4.2.3	Niet-lineaire variabelen	74
4.2.4	Het doorwerken verschillende betrouwbaarheidsintervallen in de resultaten	79
4.3	Conclusies	83
5	Beschouwing van het model en aanbevelingen voor verder onderzoek	85
5.1	Beschouwing van het model	85
5.2	Aanbevelingen voor verder onderzoek	85
	Literatuur	87

BIJLAGEN

1	Symbolen-en begrippenlijst	93
2	Opzet van het model: Beschrijving in formules	95
2.1	Het gehele model	95
2.2	De module prestatie	96
2.3	De module economie	97
2.4	De module landbouw	97
2.5	De module techniek	98
2.6	De module energie	102
2.7	De module emissie	102
3	Beschrijving van de werktuigen	103
3.1	Inleiding	103
3.2	Beschrijving van de werktuigen	103
	Graafmachines	104
	Laadschoppen	104
	Overig grondverzet	105
	Wegenbouw	105
	Heftrucks	106
	Hijswerktuigen	106
	Speciale voertuigen	108
	Overige mobiele bronnen	109
3.3	Jaarlijkse inzet van werktuigen en energiegebruik per uur	110
	Graafmachines	110
	Laadschoppen	112
	Overig grondverzet	112
	Wegenbouw	112
	Heftrucks	113
	Hijskranen	113
	Speciale voertuigen	113
3.4	Verdeling werktuigen naar sectoren	114
	Speciale voertuigen	114
	Overige mobiele bronnen	115
4	De landbouw	117
4.1	Inleiding	117
4.2	Wijze van modelleren energiegebruik en emissies in de landbouw	117
4.2.1	Berekening energiegebruik van landbouwtractoren via de parkomvang	117
4.2.2	Berekening energiegebruik landbouwtractoren via de areaalomvangen	119

4.2.3	Gebruikte methode in het model	121
4.3	Bewerkingen in de landbouw	121
	Inleiding	121
	Beschrijving van de bewerkingen in de sector landbouw	122
4.4	Ontwikkelingen in de verdeling van landbouwtractoren naar vermogensklassen	125
5	De CPB-scenario's	127
5.1	Global Shift	127
5.2	European Renaissance	128
6	Toelichting berekening energiegebruik	131
6.1	Via de afgeleverde brandstof	131
6.2	Via het motorvermogen en -rendement	132
6.3	Via het brandstofverbruik per uur	133
6.4	Gebruikte methode in deze studie	133
7	Methoden tijdweging motorvermogen	135
7.1	Inleiding	135
7.2	Verklaring van de gebruikte termen	135
7.3	Algemene toelichting	135
7.4	Methoden ter tijdweging van het motorvermogen	136
	De OESO-methode	136
	De ISO 8178 methode	138
	De methode Welshof	139
	Gebruikte methode in het rapport	140
8	Elasticiteiten	141
	Speciale voertuigen	143
	Landbouwtractoren	145
	De overige werktuigen	145
9	Verkoopcijfers per werktuigcategorie 1960-1990	147
10	Overzichten emissiefactoren	149
10.1	Emissiefactoren basisjaar 1990	149
10.2	Beleidsvoorstellen emissienormeringen	150
10.3	Gebruikte waarden emissiefactoren in de prognoses	152
	Speciale voertuigen: Benzine Maatregelenpakket I	152
	Speciale voertuigen: Diesel Maatregelenpakket I	154
	Heftrucks, Hijskranen en overig grondverzet: Diesel Maatregelenpakket I	155

	Graafmachines, Laadschoppen, Wegenbouwvoertuigen: Diesel	
	Maatregelpakket I	156
	Heftrucks: LPG Maatregelpakket I	157
	Speciale voertuigen: Benzine Maatregelpakket II	158
	Speciale voertuigen: Diesel Maatregelpakket II	159
	Heftrucks, Hijskranen en overig grondverzet: Diesel Maatregelpakket II	160
	Graafmachines, Laadschoppen, Wegenbouwvoertuigen: Diesel	
	Maatregelpakket II	161
	Heftrucks: LPG Maatregelpakket II	162
11	Gebruikte kansverdelingen in simulaties	163
12	Resultaten	165
	Global Shift; maatregelpakket I	165
	Global Shift; maatregelpakket II	168
	Global Shift; zonder beleid	171
	European Renaissance; maatregelpakket I	174
	European Renaissance; maatregelpakket II	177
	European Renaissance; zonder beleid	180
13	Lijst van deskundigen waarmee gesproken is	183
14	Overzicht van de benodigde invoergegevens	185
15	De recreatievaart	187
	15.1 Inleiding	187
	15.2 Pleziervaartuigen in Nederland	187
	15.2.1 Beschrijving van de vaartuigen in 1990	187
	15.2.2 Determinanten voor bezit en gebruik van pleziervaartuigen	188
	15.3 Energiegebruik door de recreatievaart in 1990	189
	15.4 Modelleren van bezit, gebruik, energiegebruik en emissies van de recreatievaart tot 2020	192
	15.4.1 Gemaakte keuze voor het modeltype voor bezit en gebruik	192
	15.4.2 Modelleren van bezit en gebruik van pleziervaartuigen	193
	15.5 Prognoses van het energiegebruik	196
	15.6 De emissies	197
	15.7 Discussie	198
	15.7.1 Vergelijking van de resultaten met de schattingen van het CBS	198
	15.7.2 Discussie over het model	199
	Literatuur	200
	Appendix A Gebruikte gegevens schattingen en parameterwaarden	201

ABSTRACT

Mobile machinery consists of 'special vehicles' as well as 'off-road vehicles'. According to the Dutch Central bureau of Statistics (CBS) special vehicles are converted (pick-up) trucks for a specific function, like ambulances, garbage trucks and concrete mixers. Off-road vehicles do not have license plates, but are self-propelling. In this report a model is described to calculate energy use of and emissions from mobile machinery 1990 - 2020. The most important results are described below.

- Splitting vehicles with years of manufacture allows the model to calculate the effects of policy adequately. The volume has not yet been modelled ideally, therefore further data might make an improvement possible.
- In 1990 the calculated energy use of off-road vehicles is 28.6 PJ, amounting to 1.0% of the total energy use in the Netherlands. Agricultural machinery (9 PJ) has the largest share in this use, followed by special vehicles, excavators and fork-lift trucks.
- About 90% of the total energy use of and emissions from mobile machinery is caused by eight different machinery categories: special vehicles, excavators, mechanical shovels, other earthmoving machines, fork-lift trucks, hoisting cranes, road construction machinery and agricultural machinery. These categories are found in the model; the energy-use of other machinery is calculated by elevating the calculations of the eight categories.
- Emissions from mobile machinery are calculated for a great diversity of compounds using the model; the most important are CO₂, CO, VOC, NO_x and aerosols.

In order to make prognoses of energy use of and emissions from mobile machinery the two CPB scenarios Global Shift and European Renaissance are used. Three policy options are explored: no policy, package I (with current proposals for emission regulations) and package II (with extra regulations in 2010, in addition to the regulations of package I).

- Energy use of off-road vehicles will raise by 14% (to 26,5 PJ) in the Global Shift scenario between 1990 and 2020 (with emission regulations). In the European Renaissance scenario energy use will grow by 35% (to 31.6 PJ) in 2020. If no policy is pursued energy use will be roughly 5% lower in 2020.
- The calculated rise in energy use for special vehicles between 1990 and 2020 is about 100% in the Global Shift scenario. In the European Renaissance scenario, energy use in 2020 is 18.6 PJ, about 250% more than in 1990.

- By introducing emission regulations for NO_x, improvement in efficiency will decrease in the following decades. Total energy use by mobile machinery (off-road vehicles + special vehicles) will therefore increase. Analogue to the energy use without any policy CO₂ emissions will increase in 2020 by approximately 5%.
- Introducing emission regulations will decrease emissions considerably in 2020. The general picture shows a decrease in emissions of 40 to 90% (depending on package, compound and vehicle category) in 2020 in comparison to the situation without any policy. By introducing regulations in comparison with 1990 emissions in 2020 will decrease also in absolute terms.

In both scenarios all cases the difference in expansion between off-road vehicles and special vehicles is evident, always causing higher energy use and emissions for special vehicles than for off-road vehicles in the situation in 2020 as compared to 1990.

SAMENVATTING

Onder mobiele werktuigen vallen zowel speciale voertuigen als overige mobiele bronnen. Speciale voertuigen zijn volgens de definitie van het CBS voor een specifieke functie verbouwde bestel- of vrachtwagens, zoals ambulances, vuilniswagens en betonmolens. Overige mobiele bronnen zijn werktuigen zonder kenteken, met een motor om zichzelf mee te kunnen verplaatsen. In dit rapport wordt een model beschreven waarmee energiegebruik en emissies van mobiele werktuigen voor de periode van 1990 tot 2020 berekend kunnen worden. De belangrijkste resultaten staan hieronder kort weergegeven.

- Het is met het model goed mogelijk om de effecten van beleid door te rekenen door de opsplitsing van voertuigen naar bouwjaar die in het model is verwerkt. De volumekant is nog niet ideaal gemodelleerd; wanneer meer gegevens op dit gebied beschikbaar komen, is dit wellicht nog te verbeteren.
- In 1990 is het energiegebruik door mobiele werktuigen 28,6 PJ, hetgeen een aandeel vormt van 1,0% in het totale Nederlandse energiegebruik. De landbouwwerktuigen hebben daarin met 9 PJ het grootste aandeel, gevolgd door speciale voertuigen, graafmachines en heftrucks.
- Ongeveer 90% van het energiegebruik en de emissies van mobiele werktuigen wordt veroorzaakt door een achttal werktuigcategorieën; speciale voertuigen, graafmachines, laadschoppen, overig grondverzet, heftrucks, hijskranen, werktuigen voor de wegenbouw en landbouwwerktuigen. Deze werktuigcategorieën zijn in het model terug te vinden; voor de berekening van de overige voertuigen wordt het totaal opgehoogd.
- Met het model worden de emissies van mobiele werktuigen berekend voor een groot aantal stoffen; de belangrijkste hiervan zijn CO₂, CO, VOS, NO_x en Aërosolen.

Voor het maken van prognoses met betrekking tot energiegebruik en emissies is in deze studie gebruik gemaakt van de CPB-scenario's Global Shift en European Renaissance. Daarnaast zijn er een drietal beleidsvarianten verondersteld; een pakket zonder beleid, een beleidspakket I, met de voorstellen voor emissienormeringen zoals die er op moment van schrijven liggen en een maatregelpakket II, met, aanvullend op de maatregelen ten opzichte van pakket I, in 2010 verdere aangescherpte emissienormeringen.

- Bij invoering van maatregelpakket I zal het energiegebruik per jaar door overige mobiele bronnen in 2020 in het Global Shift scenario met zo'n 14% tot 26,5 PJ gestegen zijn ten opzichte van 1990. In het European Renaissance scenario is het energiegebruik in 2020 gestegen tot 31,6 PJ, een stijging ten opzichte van 1990 van 35%. Indien er geen beleid

gevoerd wordt valt het energieverbruik ruwweg 5% lager uit.

- De berekende stijging van het jaarlijkse energieverbruik van speciale voertuigen is in de periode van 1990 tot 2020 in het Global Shift scenario circa 100%. In het European Renaissance scenario is het energieverbruik in 2020 opgelopen tot 18,6 PJ, een stijging van 250% ten opzichte van 1990.
- Door instelling van emissienormeringen voor NO_x-uitstoot vermindert de verbetering van de motorefficiëntie in de loop van de tijd. Hierdoor stijgt het totale energieverbruik van mobiele werktuigen. Analooch aan de stijging in het energieverbruik stijgen de jaarlijkse CO₂-emissies in 2020 met ruwweg 5% ten opzichte van de situatie zonder beleidsnormeringen.
- Het invoeren van emissienormeringen voor mobiele werktuigen levert aanzienlijke emissiereducties op in 2020. Het algemene beeld is dat door instelling van emissienormeringen de emissies met 40 tot 90% (afhankelijk van voertuigtype en maatregelenpakket) zullen dalen ten opzichte van de situatie zonder beleid. Door de ingestelde emissienormeringen dalen de emissies in 2020 ook in absolute zin ten opzichte van 1990.
- In alle gevallen is er sprake van een flink verschil in groei van tussen de speciale voertuigen en overige mobiele bronnen, waardoor stijgingen in energieverbruik en emissies in de situatie zonder beleid in 2020 ten opzichte van 1990 in alle gevallen hoger uitvallen voor speciale voertuigen dan voor overige mobiele bronnen.

1 PROBLEEMSCHETS

1.1 Inleiding

Door het RIVM (RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu) worden sinds 1988 de nationale milieuverkenningen (MV's) uitgebracht. In de MV's worden de verwachte milieueffecten voor een periode van circa 25 jaar weergegeven, die het gevolg zijn van macro-economische ontwikkelingen en veronderstelde beleidspakketten (b.v. 'voorgenomen beleid'). Onder meer met het uitbrengen van deze rapportages geeft het RIVM vorm aan haar functie als milieu- en natuurplanbureau.

Bij het opstellen van deze verkenningen wordt gebruik gemaakt van prognosemodellen. Modellen vormen in veel gevallen de beste methode om de samenhang tussen macro-economische, demografische of technische ontwikkelingen op milieubeleid, -druk en milieubelasting op wetenschappelijke wijze te kwantificeren. Voordeel van het werken met modellen is bovendien dat nieuwe scenario's en andere beleidspakketten snel doorgerekend kunnen worden. De belangrijkste groepen energiegebruikers en emissiebronnen zijn in dergelijke modellen gevat. Een uitzondering hierop vormt de groep mobiele werktuigen, waarvan nog geen model beschikbaar was. In dit rapport wordt een model beschreven waarmee energiegebruik en emissies van mobiele werktuigen tot in 2020 berekend kunnen worden.

In dit hoofdstuk wordt een algemene inleiding op de problematiek gegeven. Paragraaf 1.2 gaat in op de definitie en afbakening van de groep mobiele werktuigen en geeft tevens de resultaten van voorgaande onderzoeken op dit gebied weer. In paragraaf 1.3 zijn een zevental onderzoeksvragen geformuleerd, waarop een korte toelichting wordt gegeven. In paragraaf 1.4 wordt ingegaan op de gebruikte methoden in het onderzoek, waarna tenslotte in paragraaf 1.5 wordt beschreven hoe de rest van dit rapport is opgezet.

1.2 Mobiele werktuigen

De groep mobiele werktuigen valt uiteen in twee groepen werktuigen; de speciale voertuigen en de overige mobiele bronnen. In deze paragraaf zal in eerste instantie ingegaan worden op de gebruikte definities voor speciale voertuigen en overige mobiele bronnen. Vervolgens wordt een kort overzicht gegeven van de resultaten van voorgaande studies op dit gebied. Tot slot zal in deze paragraaf kort ingegaan worden op de door het RIVM gehanteerde afbakening, die gebruikt wordt voor de toerekening van energiegebruik en emissies aan de doelgroep verkeer en vervoer.

Definities

Niet alle voertuigen die in Nederland rondrijden staan geregistreerd. Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) publiceert jaarlijks data over een aantal standaard categorieën voertuigen zoals personenauto's, bestelwagens, vrachtwagens, bussen en tweewielers. Andere voertuigen met een kenteken, zoals ambulances, vuilniswagens en straatveegwagens vallen onder de CBS-

categorie 'speciale voertuigen'. Voertuigen zoals tractoren¹, hefrucks en graafmachines (allemaal zonder kenteken) vallen echter niet onder deze categorie en zijn ook niet in een van de andere categorieën onder gebracht. Van deze voertuigen zijn de aantallen niet goed bekend. Deze voertuigen worden ondergebracht in de categorie 'overige mobiele bronnen'.

In de definitie van het CBS vallen onder overige mobiele bronnen alle vervoersmiddelen die niet onder een van de andere categorieën (wegverkeer, binnenvaart, spoorwegen) vallen. In dit rapport worden overige mobiele bronnen gedefinieerd als werktuigen in bezit van een motor, waarmee ze zich kunnen verplaatsen. Hierdoor vallen een aantal restcategorieën uit de CBS-groep overige mobiele bronnen niet binnen de in dit rapport gehanteerde definitie van mobiele werktuigen (b.v. recreatievaart).

Het onderscheid tussen speciale voertuigen en overige mobiele bronnen vloeit niet alleen voort uit de registraties van het CBS. Beide categorieën werktuigen worden verschillend gebruikt. Speciale voertuigen zijn vaak voor een bepaalde functie verbouwde vracht- of bestelwagens. Deze voertuigen leggen een groot aantal kilometers af. Overige mobiele bronnen zijn werktuigen waarvan de werkzaamheden voornamelijk buiten de openbare weg liggen (in het Engels aangeduid met de term *off-road vehicles*).

Voorgaand onderzoek

Gezien de onbekendheid die er heerste rond de groep overige mobiele bronnen gaf de NOVEM (Nederlandse onderneming voor energie en milieu) in 1990 de opdracht tot een eerste verkennende studie op dit gebied. Deze studie werd uitgevoerd door het adviesbureau INNAS (Innovation Associates BV) en kreeg de titel 'De vergeten sector. Energieverbruik en emissies door de sector mobiele werktuigen' (Achten, 1990). Op deze eerste ruwe verkenning kwam nogal wat commentaar uit verschillende hoeken. Naar aanleiding van dit commentaar is er een workshop georganiseerd, waarin deskundigen hun visie gaven op het geheel. Dit leverde nieuwe inzichten op op het gebied van aantallen en gebruik. In 1991 kwam een vervolgstudie uit, gebaseerd op de in de workshop verkregen inzichten, 'Mobiele werktuigen. Energieverbruik en emissies' (van Walwijk *et al*, 1991). De hierin gepresenteerde schattingen vallen aanzienlijk lager uit dan in het eerste rapport. Tabel 1.1 geeft de resultaten uit de tweede studie weer.

¹ Voor landbouwtractoren zijn wel schattingen te vinden in de landbouwstatistieken van het CBS. Energiegebruik en emissies door de landbouwtractoren worden echter niet berekend. In de verkeersstatistieken van het CBS worden de landbouwtractoren niet meegenomen.

Tabel 1.1 Energiegebruik en emissies mobiele werktuigen per jaar

		Aandeel in totaal wegverkeer	Aandeel in totaal Nederland
Energiegebruik (PJ)	35 - 40	10 %	1 %
CO (mln kg/j)	16,5 - 25,8	4 %	2 %
NO _x (mln kg/j)	42,5 - 49,9	17 %	1 %
SO ₂ (mln kg/j)	3,2 - 3,7	27 %	2 %
Aërosolen (mln kg/j)	5,1 - 7,1	38 %	- ^a
VOS (mln kg/j)	5,1 - 8,1	5 %	2 %

Bron: van Walwijk *et al*, 1991^a onbekend

De tractoren hebben in de berekende 35-40 PJ het grootste aandeel. Ook graafmachines, wielladers en heftrucks zijn belangrijke categorieën. In tabel 1.2 staat weergegeven hoe groot de aandelen van deze categorieën in het totaal berekende gebruik is.

Tabel 1.2 Aandelen verschillende werktuigcategorieën in totaal energiegebruik mobiele werktuigen

	Energiegebruik [PJ]	Aandeel in totaal [%]
Tractoren	14	37
Graafmachines	8	21
Wielladers	3-5	11
Heftrucks	2,5	7
Overigen	8-11	25
Totaal	35-40	100

Bron: van Walwijk *et al*, 1991

Deze studie bevat vrijwel de enige cijfers die op dit gebied ten tijde van het schrijven van dit rapport bekend zijn. Voor de analyse van de ontwikkeling van het milieu, zoals die gemaakt wordt in de derde Nationale Milieuverkenning (MV3) (RIVM, 1993) zijn voor de sector mobiele werktuigen de gegevens uit het rapport van van Walwijk *et al* (1991) gebruikt. Als gevolg van het ontbreken van een model of andere informatie over toekomstige ontwikkelingen zijn in de prognoses die in de MV3 gemaakt zijn, de parkomvang en het gebruik van werktuigen in de periode tot 2015 constant gehouden. Wel is er een ontwikkeling in de techniek verondersteld, die resulteert in een licht dalend energiegebruik.

Wanneer gegevens over overige mobiele bronnen nodig zijn, kunnen de gegevens uit het rapport 'Mobiele Werktuigen. Energiegebruik en emissies' in de geschetste vorm niet zonder meer worden overgenomen: de cijfers in het rapport bespreken de mobiele werktuigen. Hieronder vallen naast de overige mobiele bronnen ook de meeste categorieën werktuigen die volgens het CBS en RIVM in de aparte categorie 'speciale voertuigen' vallen. In aansluiting

bij de cijfers, zoals die door het CBS geleverd worden, is het voor het RIVM praktischer om onderscheid te maken naar 'speciale voertuigen' en 'overige mobiele bronnen'.

Toedeling aan de doelgroep verkeer

De categorie 'overige mobiele bronnen' bestaat uit een grote verscheidenheid aan voertuigen. Deze voertuigen bevinden zich vaak niet op de openbare weg. De bronnen vallen buiten het wegvervoer, maar volgens gemaakte afspraken² wel onder de sector verkeer en vervoer. Toedeling aan andere sectoren zou ook verdedigbaar zijn.

Zo lijkt het verdedigbaar om emissies en energiegebruik van b.v. landbouwtractoren toe te rekenen aan de sector landbouw. Er zijn echter een aantal redenen om te kiezen voor de afbakening zoals die er op dit moment ligt:

- Er wordt een overzicht verkregen wordt van het totale energiegebruik en emissies van al deze werktuigen, waaruit blijkt dat ze een niet verwaarloosbaar aandeel in het totale Nederlandse energiegebruik en de totale emissies hebben. Bij toedeling aan de afzonderlijke sectoren zouden de werktuigen door het kleine aandeel in het totale energiegebruik van de sector wellicht te weinig aandacht krijgen, zowel in wetenschappelijk als in beleidsmatig opzicht;
- Een groot deel van de technieken zoals die beschikbaar zijn voor bestelwagens en vrachtauto's wordt ook voor overige mobiele bronnen gebruikt. (Een deel van) de kennis over deze twee categorieën voertuigen (aanwezig binnen de doelgroep verkeer) kan toegepast worden bij de overige mobiele bronnen;
- De groep overige mobiele bronnen is op dit moment onderwerp van beleid; door de groep toe te wijzen aan verkeer en vervoer is duidelijk te zien op welke manier het voeren van beleid invloed heeft op energiegebruik en emissies van overige mobiele bronnen.

Nadeel van het toekennen van het energiegebruik en de emissies van overige mobiele bronnen aan de sector verkeer en vervoer is dat de opdeling soms onnatuurlijk overkomt. Doordat voor verkeer en vervoer alleen zelfrijdende werktuigen meegeteld worden, worden stationaire motoren buiten beschouwing gelaten. Bij het gebruik van stationaire motoren (bijvoorbeeld in geval van motoren voor beregeningsinstallaties) worden het energiegebruik en de emissies wel aan de sector toegerekend, waarvoor ze ingezet worden (in dit voorbeeld de landbouw).

Dit levert af en toe een berekening op die op het eerste gezicht niet altijd logisch lijkt. Gezien de gemaakte afspraken is dit echter de enige manier die een goede berekening geeft, zonder dubbeltellingen, van de energie- en emissietotalen voor Nederland.

De hier beschreven afbakening wordt binnen het RIVM gehanteerd en wordt in dit rapport gevolgd.

² Door het RIVM gehanteerde afbakening van doelgroepen uit het milieubeleid (van Esch *et al*, 1995)

1.3 Onderzoeksvragen

Een goed inzicht in de verschillende bronnen van emissies is een belangrijke voorwaarde voor het verkrijgen van een goed inzicht in de algemene milieuproblematiek. Aangezien de overige mobiele bronnen een aanzienlijk aandeel lijken te hebben in de sector verkeer en vervoer en er ten tijde van het schrijven van dit rapport geen goede gegevens zijn over de huidige aantallen, het huidige gebruik en de toekomstige ontwikkelingen lijkt een onderzoek naar deze categorie een zinvolle toevoeging aan de bestaande informatie. Dit onderzoek gaat in op de volgende vragen:

1. Wat is de huidige omvang (aantal en gebruik) van de verschillende typen overige mobiele bronnen?
2. Hoe hoog zijn energiegebruik en emissies van overige mobiele bronnen in 1990?
3. Welke wijzigingen worden er in parkomvang en gebruik van overige mobiele bronnen verwacht tot 2020?
4. Hoe zullen het energiegebruik en de emissies van overige mobiele bronnen zich naar verwachting tussen 1991 en 2020 ontwikkelen?

Voor het beantwoorden van vraag 3 en 4 is een prognosemodel ontwikkeld. Dit model geeft een raamwerk waarmee op een eenvoudige wijze parkomvang, energiegebruik en emissies van overige mobiele bronnen berekend kunnen worden. Er is daarbij speciale nadruk gelegd op de technische ontwikkelingen van de voertuigparken in de tijd, zodat beleidsmaatregelen (emissionormering) goed met het model gesimuleerd kunnen worden.

Het ontwikkelde model heeft als basisjaar 1990. Hierdoor is ook de beantwoording van vraag 2 mogelijk met het (prognose)model.

Van de speciale voertuigen publiceert het CBS wel jaarlijks gegevens, maar voor deze categorie zijn nog geen prognosemodellen beschikbaar. Dit leidt tot de vijfde vraag:

5. Hoe zullen energiegebruik en emissies door speciale voertuigen zich naar verwachting ontwikkelen tussen 1991 en 2020?

In het ontwikkelde prognosemodel is ook energiegebruik en emissies van de speciale voertuigen meegenomen.

Naast deze vragen met betrekking tot mobiele werktuigen zijn er nog een aantal gebieden waarop voor de sector verkeer en vervoer nog weinig bekend is. Zo valt de recreatievaart wel onder de sector verkeer en vervoer, maar wordt deze groep in de bestaande binnenvaartmodellen niet meegenomen. Dit leidt tot de zesde en zevende onderzoeksvraag:

6. Wat is de huidige omvang van het energiegebruik en de emissies van de recreatievaart?
7. Hoe zullen het energiegebruik en de emissies van de recreatievaart zich in de toekomst naar verwachting ontwikkelen?

Het accent in de beantwoording van deze vragen ligt op de invloed van (mogelijk) emissiebeleid op energiegebruik en emissies. Daartoe is in het model voor de diverse categorieën voertuigen onderscheid gemaakt naar de afzonderlijke bouwjaar en een verdeling van het energiegebruik naar bouwjaar. De volumeontwikkeling is relatief eenvoudig gemodelleerd. Voor een geavanceerd model zijn meer gegevens nodig dan beschikbaar zijn.

1.4 Gebruikte methoden

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen zijn van de volgende methoden gebruik gemaakt:

Verzameling van gegevens

Er is gebruik gemaakt van de statistieken van het CBS, alsmede van gegevens die in de literatuur terug te vinden zijn. Daarnaast is er gesproken met deskundigen van verschillende instituten op het gebied van landbouw, transport en grondverzet.

Uitvoering van analyses

De verzamelde gegevens zijn verwerkt en geïnterpreteerd met behulp van een aantal softwarepakketten. Er is gebruik gemaakt van Lotus en Excel om gegevens verder te bewerken en om te rekenen. Voor het fitten van functies op een verzameling gegevens (het zogenaamde calibreren van het model) is gebruik gemaakt van het statistisch pakket SPSS. Voor het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyses van het model is gebruik gemaakt van het analysepakket Crystal Ball.

Modellering

Voor het maken van een prognosemodel voor mobiele werktuigen is gebruik gemaakt van een model dat het gebruik van werktuigen koppelt aan de groei in economische sectoren. Tevens is in het model het energiegebruik toegedeeld aan de verschillende bouwjaar van voertuigen. In combinatie met de technische karakteristieken van de voertuigen levert dit energiegebruik en emissiefactoren voor het voertuigpark op.

Het uiteindelijke model staat in een spreadsheet in het softwarepakket Excel.

1.5 Opzet van het rapport

In dit rapport zal getracht worden de vragen uit paragraaf 1.3 te beantwoorden. Voor de beantwoording van deze vragen is gebruik gemaakt van het ontwikkelde model PROMIN (PROgnosemodel voor energiegebruik en emissie van Mobiele werktuigen In Nederland). Met dit model kunnen energiegebruik en emissies van mobiele werktuigen (dus zowel overige mobiele bronnen als speciale voertuigen) voor de periode 1990 - 2020 berekend worden .

In hoofdstuk 2 wordt de opzet van dit model uiteengezet en wordt ingegaan op de standaard gebruikte waarden voor de verschillende variabelen in het model. Hoofdstuk 3 beschrijft de toepassing van het model. Energiegebruik en emissies voor mobiele werktuigen worden berekend voor het basisjaar 1990 (vraag 2). Daarnaast worden prognoses tot 2020 gemaakt voor twee CPB-scenario's en drie beleidspakketten. Er wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte waarden voor variabelen die afkomstig zijn uit scenario's en met behulp van deze gegevens zijn vervolgens met het model parkomvang, jaarlijkse inzet, energiegebruik en emissies van overige mobiele bronnen en speciale voertuigen berekend (vragen 3,4 en 5). De resultaten die het model oplevert, worden weergegeven en besproken in paragraaf 3.3. In hoofdstuk 4 worden de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses van het model beschreven. In hoofdstuk 5 worden tenslotte nog een aantal aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

De huidige parkomvang van de verschillende typen overige mobiele bronnen (vraag 1) zijn als basisinvoer nodig voor het model. De hiervoor gebruikte waarden, met een beschrijving van de herkomst van de gegevens, zijn te vinden in bijlage 3.

De recreatievaart is niet opgenomen in het model PROMIN. Het modeltype voor het berekenen van energiegebruik en emissies van de recreatievaart is anders dan dat voor speciale voertuigen en overige mobiele bronnen. De beantwoording van de vragen 6 en 7 is daarom ook niet in de hoofdtekst terug te vinden, maar staat beschreven in bijlage 14.

De beschrijving van het model is terug te vinden in de hoofdtekst. Op verscheidene plaatsen in het hoofdstuk wordt verwezen naar gemaakte keuzen. Deze keuzen worden meestal verder toegelicht in de bijlagen. In de hoofdtekst is in zo'n geval volstaan met het noemen van de belangrijkste argumenten. Daarnaast zijn in de bijlagen soms verdere toelichtingen of tabellen opgenomen.

2 DE OPZET VAN HET MODEL

2.1 Inleiding

Voor het berekenen van het huidige en toekomstige niveau van energiegebruik en emissies wordt gebruik gemaakt van een prognosemodel. Met het model worden het jaarlijkse energiegebruik en de jaarlijkse emissies berekend in een vijfjaarlijkse periode. Het model is opgebouwd uit een aantal modules:

- de module 'prestatie' (paragraaf 2.3);
- de module 'economie' (paragraaf 2.4);
- de module 'landbouw' (paragraaf 2.5);
- de module 'techniek' (paragraaf 2.6);
- de module 'energie' (paragraaf 2.7);
- de module 'emissie' (paragraaf 2.8).

Deze modules voeren alle een deel van de berekeningen uit. Ze zijn dusdanig ingericht, dat ze betrekkelijk onafhankelijk kunnen functioneren en de in- en uitvoer per module zoveel mogelijk beperkt wordt. Met de gekozen indeling in modules is het eenvoudig een functioneel deel van de berekening in een latere versie van het model te wijzigen of te vervangen.

In paragraaf 2.2 wordt de opzet van het model in zijn geheel beschreven. Hierbij wordt de globale rekenwijze toegelicht en wordt weergegeven hoe de verschillende modules met elkaar in verband staan. Vervolgens wordt in de daarop volgende paragrafen steeds één module beschreven, waarin uitgelegd wordt hoe het berekeningsdeel van deze module eruit ziet. Daarnaast wordt per module een overzicht gegeven van de gegevens die in de module gebruikt worden.

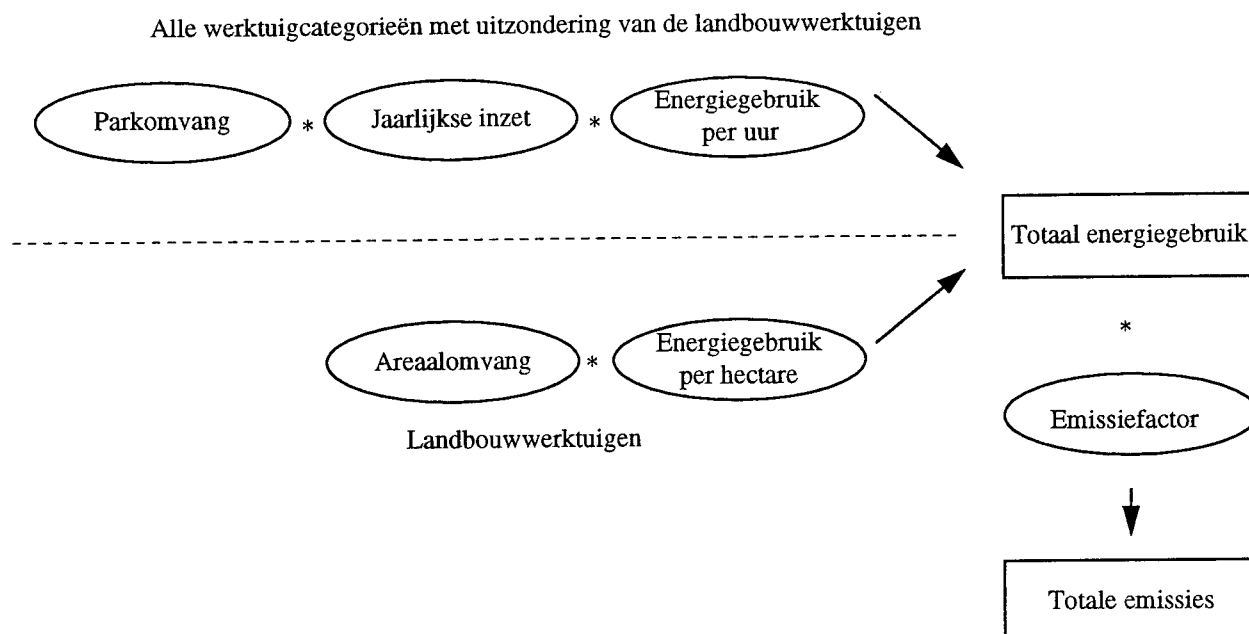
2.2 Opzet van het model

2.2.1 Keuze voor het basisjaar in het model

Het model gebruikt het jaar 1990 als basisjaar. Dit jaar is als uitgangspunt gebruikt, aangezien de meeste beschikbare gegevens (uit de literatuur en van het CBS) betrekking hebben op 1990. Verder heeft een groot aantal inschattingen van deskundigen over overige mobiele bronnen het jaar 1990 als uitgangspunt, aangezien deze gedeeltelijk dezelfde gegevens als basis hebben. De gegevens voor speciale voertuigen zijn weliswaar beschikbaar tot 1995, maar de indeling van werktuigen naar economische sectoren, die gebruikt wordt, is slechts voor de jaren 1985 en 1989 beschikbaar. In dit rapport wordt, wanneer er gesproken wordt over het basisjaar of de 'huidige situatie', steeds op 1990 gedoeld.

2.2.2 Berekening energiegebruik en emissie in het basisjaar

In figuur 2.1 staat de structuur van de berekeningswijze van energie en emissies in hoofdlijnen voor het basisjaar van het model, 1990. Het model onderscheidt twee berekeningswijzen; één voor landbouwwerktuigen en één voor alle andere werktuigen. Reden voor dit onderscheid is de aard van de beschikbare gegevens (zie verder hieronder). In figuur 2.1 staan beide berekeningswijzen weergegeven.



Figuur 2.1 Berekeningswijze energiegebruik en emissies op hoofdlijnen voor het basisjaar

Alle werktuigen met uitzondering van de landbouwwerktuigen

In het gedeelte boven de stippellijn in figuur 2.1 wordt het energiegebruik van alle werktuigcategorieën berekend, met uitzondering van de landbouwwerktuigen. Belangrijke categorieën variabelen in het model voor de berekening van het energiegebruik zijn de parkomvang, de jaarlijkse inzet, het energiegebruik per uur en de emissiefactoren. Vermenigvuldiging van de parkomvang met de jaarlijkse inzet [uur] en het energiegebruik [J/uur] levert het energiegebruik [J] op. De totale emissie van een stof wordt berekend door het berekende energiegebruik (uitgedrukt in kg brandstof) te vermenigvuldigen met de emissiefactor [g/kg brandstof].

De prognoses worden voor verschillende werktuigcategorieën gemaakt. Aangezien het RIVM niet alleen geïnteresseerd is in de berekening van totalen (o.a. energiegebruik) voor heel Nederland, maar ook in de verdeling van die totalen over economische sectoren, wordt het totale energiegebruik van mobiele werktuigen ook per economische sector berekend. Om dit te realiseren is in het model per werktuigcategorie aangegeven in welke economische sectoren de werktuigen gebruikt worden.

De emissies van mobiele werktuigen worden voor 23 verschillende stoffen berekend. Dit zijn de stoffen die door het RIVM weergegeven worden in de Nationale Milieuverkenningen.

De landbouwwerktuigen

Bovenstaande berekeningswijze wordt toegepast voor alle categorieën voertuigen, met uitzondering van de werktuigen die voor het overgrote deel in de sector landbouw ingezet worden. Voor de landbouwwerktuigen geldt een afwijkende berekeningswijze. Reden hiervoor is dat er meer en betrouwbaarder gegevens beschikbaar zijn (van Egmond *et al*, 1995; de Maeyer *et al*, 1995) voor de hier gevolgde methode, dan voor de methode die voor de andere werktuigen is gebruikt.

Voor de sector landbouw wordt het energiegebruik berekend door vermenigvuldiging van de omvang van het landbouwareaal (in ha) met het energiegebruik per hectare. Dit wordt in figuur 2.1 weergegeven met het gedeelte onder de stippellijn. Het energiegebruik per hectare wordt bepaald door de aard van de bewerkingen en de hoeveelheid bewerkingen die uitgevoerd moeten worden voor het verbouwen van een hectare gewas. Deze gegevens verschillen per gewassoort. Er worden zes verschillende gewassoorten onderscheiden. Berekening van de emissies van landbouwwerktuigen gaat analoog aan de berekening van emissies van andere werktuigcategorieën: het energiegebruik wordt vermenigvuldigd met de emissiefactoren (zie paragraaf 2.8 voor een uitgebreidere toelichting).

2.2.3 Berekening energiegebruik en emissies in zichtjaren

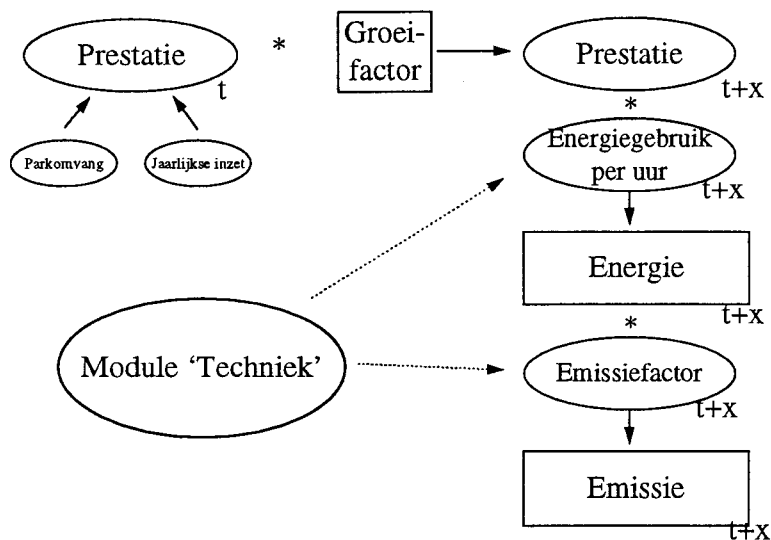
De hierboven geschetste methode berekent het energiegebruik voor het basisjaar 1990. Met behulp van het prognosemodel is het mogelijk energiegebruik en emissies tot 2020 te berekenen.

De dertig jaar tussen 1990 en 2020 zijn opgedeeld in zes perioden van vijf jaar. Het werken met perioden van vijf jaar heeft een aantal voordelen:

- De ontwikkelingen in het voertuigpark zijn goed weer te geven. Veranderingen in het brandstofverbruik van en de emissies door nieuwere werktuigen kunnen daardoor in de berekening verwerkt worden.
- De scenario's die door het RIVM met het model doorgerekend moeten kunnen worden, zijn gebaseerd op ontwikkelingen in vijfjaarlijkse perioden. Modelleren van perioden van vijf jaar maakt dat het model goed aan kan sluiten op deze scenario's. Ook andere door het RIVM gebruikte modellen werken met dezelfde zichtjaren.
- Aan de twee bovenstaande voorwaarden zou ook voldaan kunnen worden indien voor ieder jaar energiegebruik en emissies berekend worden. Een dergelijke werkwijze levert echter een onnodige hoeveelheid berekeningen op, terwijl ze met de beschikbare gegevens geen groter nauwkeurigheid oplevert. De gebruikte gegevens voor de prognoses worden aangeleverd in perioden van vijf jaar; voor jaarlijkse modellering zouden de gegevens teruggerekend moeten worden uit de vijfjaarlijkse gegevens. Jaarlijkse modellering zou ten onrechte een grotere nauwkeurigheid suggereren dan een vijfjaarlijkse modellering van energiegebruik en emissies.

Alle werktuigen met uitzondering van de landbouwwerktuigen

De berekening van het energiegebruik voor toekomstige perioden voor alle werktuigcategorieën met uitzondering van de landbouw staat weergegeven in figuur 2.2. De belangrijkste sturende variabele bij deze berekening is de totale prestatie. Onder 'prestatie' wordt het aantal uren verstaan dat een groep van werktuigen in een jaar wordt gebruikt. Dit is het produkt van de parkomvang en de jaarlijkse inzet. Alle andere berekende uitkomsten worden op de een of andere manier van deze totale prestatie afgeleid.



Figuur 2.2 Berekeningswijze energiegebruik en emissies voor zichtjaren
t = basisjaar 1990; t + x = zichtjaren (x = 5, 10, 15 etc.)

Berekening van de prestatie

Uitgangspunt voor de berekening van energiegebruik en emissies voor een nieuw zichtjaar is de totale prestatie uit het voorgaande zichtjaar¹. Deze prestatie uit een voorgaande periode wordt vermenigvuldigd met een groeifactor; dit levert de prestatie voor de nieuwe periode op.

Technische ontwikkelingen

Onder technische ontwikkelingen worden de ontwikkelingen in twee variabelen verstaan:

- het energiegebruik per uur [J/uur] voor het gehele park;
- de emissiefactoren [g/kg brandstof] voor het gehele park.

Deze variabelen veranderen door de tijd als gevolg van verdere voortgaande technische ontwikkelingen.

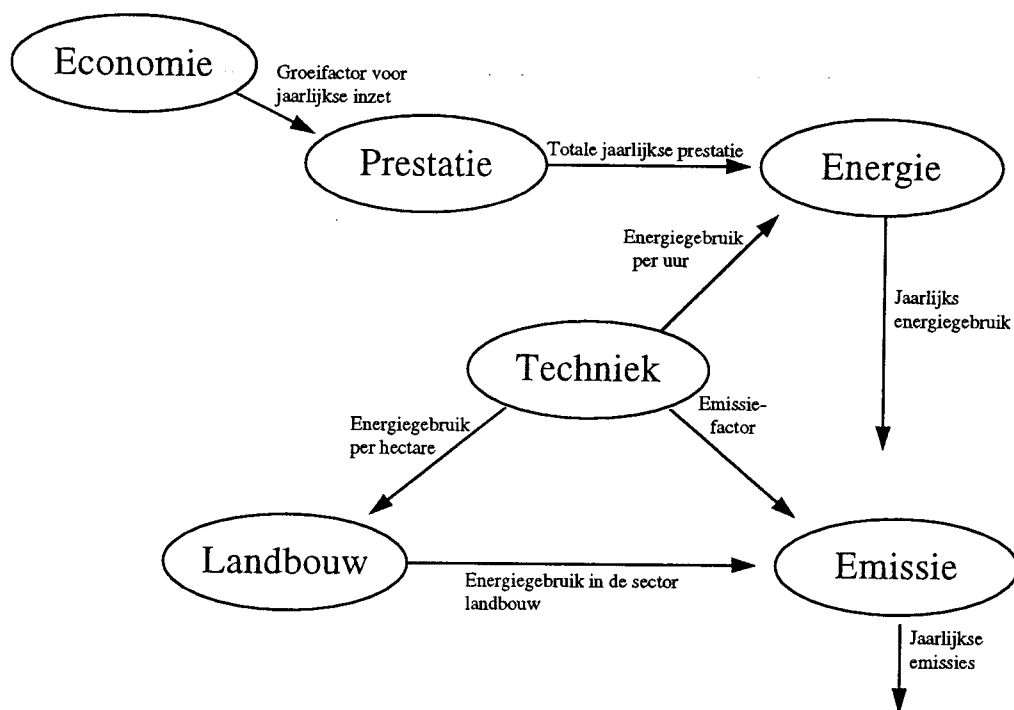
Voor de berekening van het energiegebruik wordt de berekende prestatie vermenigvuldigd met het energiegebruik per uur. Dit energiegebruik per uur verandert in de loop van de tijd. Voor

¹ Uitgangspunt voor de berekening van energiegebruik en emissies in 1995 is de prestatie van het basisjaar 1990.

zichtjaren wordt het *energiegebruik per uur* berekend door vermenigvuldiging van het energiegebruik per uur uit het basisjaar met een correctiefactor voor het energiegebruik. Deze correctiewaarde wordt in een aparte module (de module 'techniek') berekend. Ook de correctiefactor waarmee de *emissiefactoren* in latere perioden gecorrigeerd worden ten opzichte van de emissiefactoren uit het basisjaar wordt in deze module berekend.

2.2.4 Samenhang van de modules

De totale berekening van energiegebruik en emissies is in het model opgedeeld in een zestal modules. Deze zes modules voeren elk een deel van de berekening uit. In figuur 2.3 staat in de ellipsen de naam van de module weergegeven. Met pijlen wordt de (belangrijkste) output van de module weergegeven, welke veelal als input dient voor een andere module. De input die verder nodig is voor de afzonderlijke modules staat niet in figuur 2.3 weergegeven.



Figuur 2.3 Onderlinge samenhang van de modules

Voor de meeste werktuigen wordt het energiegebruik berekend in de module 'energie'. De landbouwwerktuigen vormen hierop een uitzondering; het energiegebruik van de landbouwwerktuigen wordt direct in de module 'landbouw' berekend. Het energiegebruik in de sector landbouw wordt dan rechtstreeks uitgevoerd naar de module 'emissie', waar de totale emissies van alle mobiele werktuigen berekend worden.

In de hierop volgende paragrafen worden de modules die in figuur 2.3 staan weergegeven verder toegelicht. Deze paragrafen hebben globaal dezelfde opbouw. In het eerste gedeelte wordt de opzet van de module besproken en wordt een nadere toelichting gegeven op de berekening die er uitgevoerd wordt. In het tweede gedeelte wordt vervolgens een beschrijving gegeven van de variabelen die nodig zijn om de berekeningen in de desbetreffende module uit

te voeren. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar variabelen voor het basisjaar en variabelen voor zichtjaren. De variabelen voor zichtjaren zijn onder te verdelen in twee typen, variabelen met een default²-waarde opgenomen in het model en variabelen waarvan de waarde afkomstig is uit scenario's (worden gebruikt als invoer voor het model). In de paragrafen wordt in het eerste gedeelte de variabelen voor het basisjaar beschreven, in het tweede de default-variabelen voor zichtjaren. De beschrijving van de variabelen afkomstig uit scenario's staat in hoofdstuk 3.

De wijze waarop alle processen gemodelleerd zijn, staat in formules weergegeven in bijlage 2.

2.3 De module prestatie

2.3.1 Opzet van de module

In de module 'prestatie' wordt de totale jaarlijkse prestatie van werktuigen per werktuigtype binnen iedere sector (en het totaal daarvan) berekend. Dit gaat op voor alle sectoren met uitzondering van de sector landbouw (de wijze van modelleren voor deze sector wordt verder uitgelegd in paragraaf 2.5).

Berekening voor het basisjaar

De berekening van de prestatie van het basisjaar staat weergegeven in figuur 2.4.



Figuur 2.4 Berekening prestatie per sector en werktuigtype voor het basisjaar

De totale prestatie wordt bepaald door de som van alle afzonderlijke prestaties. Deze afzonderlijke prestaties worden bepaald door de vermenigvuldiging van de parkomvang naar werktuigtype en economische sector te vermenigvuldigen met de bijbehorende jaarlijkse inzet. Voor de bepaling van de parkomvang naar werktuigtype en sector zijn de volgende gegevens nodig:

- De indeling van werktuigen in verschillende werktuigcategorieën

² Met default-waarde wordt in dit rapport bedoeld op de waarde van een variabele die standaard in het model wordt gebruikt.

- De verdeling van werktuigen binnen economische sectoren

Indeling van werktuigen in verschillende werktuigcategorieën

De volgende werktuigcategorieën worden in het model onderscheiden:

- Landbouwwerktuigen/Tractoren
- Graafmachines
- Laadschoppen
- Overig grondverzet
- Wegenbouw
- Heftrucks
- Hijswerktuigen
- Speciale voertuigen

Indeling van werktuigen naar economische sectoren

De sectoren die onderscheiden worden, zijn gelijk aan de SBI-sectoren uit 1974 (zie tekstbox SBI-sectoren).

Tekstbox SBI-sectoren

Voor het registreren van de verschillende economische activiteiten, wordt in Nederland gebruik gemaakt van de StandaardBedrijfsIndeling (SBI). In deze indeling zijn alle in Nederland voorkomende economische activiteiten ondergebracht. De gebruikte indeling is gelijk aan de indeling van de Europese Gemeenschap, de Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes (NACE), met een aantal voor de Nederlandse situatie relevante aanpassingen. Deze indeling dateert van 1974. In 1993 is de indeling uitgebreid met een aantal nieuwe categorieën en werden ook een aantal andere wijzigingen in de vorm van samenvoegingen en opsplitsingen gemaakt (CBS, 1992). Voor de koppeling van overige mobiele bronnen aan de economische sectoren is gebruik gemaakt van de indeling uit 1974. Aangezien als basisjaar 1990 wordt gebruikt zijn de meeste gegevens die te vinden zijn in verschillende statistieken nog uitgesplitst naar de indeling, daarom is in het model gebruik gemaakt van deze indeling in plaats van de indeling uit 1993. Het model is hierop aangepast. Hieronder volgt een kort overzicht van de sectoren op het meest geaggregeerde niveau, zoals dat ook gebruikt is in het model.

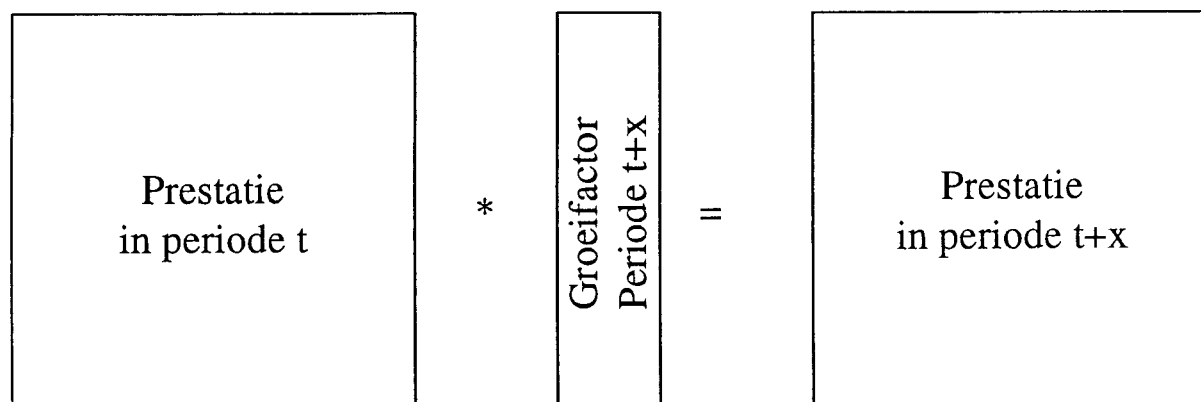
SBI-indeling 1974

- | | |
|------|---|
| 0. | Landbouw en visserij |
| 1. | Delfstoffenwinning |
| 2/3. | Industrie |
| 4. | Productie en distributie van electriciteit, gas, water; warmtevoorzienende bedrijven e.d. |
| 5. | Bouwnijverheid en -installatiebedrijven |
| 6. | Handel, hotel- en restaurantwezen, reparatiebedrijven voor gebruiksgoederen |
| 7. | Transport-, opslag- en communicatiebedrijven |
| 8. | Bank- en verzekeringswezen |
| 9. | Overige dienstverlening |

Bron: CBS, 1982

Berekening voor zichtjaren

Voor het maken van een prognose van de prestatie wordt de prestatie uit een vorige periode vermenigvuldigd met een groeifactor. Deze groeifactor wordt berekend in de module 'economie'. De berekening van de prestatie in een toekomstige periode staat weergegeven in figuur 2.5.



Figuur 2.5 Berekening van de prestatie per sector en werktuigtype voor een zichtjaar

2.3.2 Gebruikte gegevens in de module voor berekeningen in het basisjaar

Voor de berekeningen die in deze module uitgevoerd worden, zijn een aantal gegevens nodig:

- de huidige omvang van het park naar werktuigtype;
- de verdeling van werktuigen naar economische sector;
- de jaarlijkse inzet van werktuigen.

Omvang van het park naar werktuigtype

Voor de bepaling van de totale prestatie van werktuigen moet de omvang van het park voor de verschillende werktuigcategorieën bekend zijn. Voor de meeste categorieën werktuigen die onderscheiden worden, zijn geen CBS-statistieken aanwezig. Alleen de speciale voertuigen worden door het CBS geregistreerd, aangezien deze een kenteken hebben en daardoor opgenomen worden in de BedrijfsVoertuigenEnquête (BVE) (zie CBS, 1985; CBS, 1989).

Omdat statistisch materiaal ontbreekt, is de huidige parkomvang voor de verschillende typen overige mobiele bronnen bepaald op basis van gesprekken met een aantal deskundigen. In tabel 2.1 staan de beschikbare statistische gegevens en de resultaten van deze schattingen weergegeven, met waar mogelijk een aanduiding van het verschil tussen de diverse beschikbare schattingen, of een vermelding van de bron van de gegevens.

Tabel 2.1 Overzicht van de parkomvang van verschillende werktuigtypen in 1990

Werktuigcategorie	Parkomvang	Marge in schattingen ^a	Bron ^b
Tractoren	195.521		CBS, 1995
Graafmachines	11.500	klein	
Laadschoppen	5.500	klein	
Overig grondverzet	2.500	groot	
Wegenbouw	2.200	middel	
Heftrucks	27.000	middel	CBS, 1991
Hijswerktuigen	2.000	middel	
Speciale voertuigen	27.176		

^a De aanduiding 'klein' staat voor een marge in de schattingen die kleiner is dan 20%, 'middel' voor een marge tussen de 20 en 40% en 'groot' voor een marge van meer dan 40%. Waarde is bepaald op door het gemiddelde te nemen van (meestal) vijf inschattingen van verschillende deskundigen.

^b Een toelichting op de overige bronnen van cijfers, alsmede een verdere beschouwing over de omvang van het park van de verschillende categorieën voertuigen is te vinden in bijlage 3.

Uit tabel 2.1 wordt duidelijk dat de grootste groep werktuigen gevormd wordt door de landbouwwerktuigen. Speciale voertuigen, heftrucks en graafmachines vormen vervolgens het overgrote deel van de resterende werktuigen.

Indeling van werktuigen aan de SBI-sectoren

Binnen het RIVM bestaat er naast de behoefte aan de totale resultaten ook behoefte aan de uitgesplitste resultaten per economische sector. Bovendien worden voor het maken van prognoses de prestaties van werktuigcategorieën gekoppeld aan de groei in economische sectoren. Daarom zijn de verschillende werktuigcategorieën aan de verschillende SBI-sectoren toegedeeld. Ook hiervoor zijn weinig concrete cijfers beschikbaar. Door processen waarbij specifieke werktuigen gebruikt worden te koppelen aan de economische sectoren kan toch een kwantificering verkregen worden van de inzet per werktuigcategorie in de verschillende sectoren. Deze kwantificering staat weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2 Toedeling van werktuigen aan de SBI-sectoren

SBI-sector	Land- bouw	Indus- trie	Bouw	Handel en horeca	Trans- port	Bank- en verzekerings- wezen	Overige dienst- verlening	Totaal
Tractoren	1							1
Graafmachines	0,1	0,2	0,7					1
Laadschoppen	0,1	0,2	0,7					1
Overig grondverzet	0,1	0,2	0,7					1
Wegenbouw		0,1	0,9					1
Heftrucks	0,1	0,3	0,4		0,1		0,1	1
Hijswerktuigen		0,55	0,45					1
Speciale voertuigen	0,01	0,11	0,09	0,31	0,13	0,19	0,16	1

Voor het opstellen van tabel 2.2 is gebruik gemaakt van een groot aantal verschillende bronnen. Een overzicht van deze bronnen en van de verschillende processen waarbij werktuigen ingezet worden en in welke sectoren is te vinden in bijlage 3.

Jaarlijkse inzet per werktuigcategorie

Ook de gemiddelde jaarlijkse inzet van de verschillende werktuigcategorieën is niet in statistisch materiaal opgenomen of daaruit af te leiden. Er is wederom gebruik gemaakt van inschattingen door deskundigen. Deze deskundigen kunnen wel een reële inschattingen maken van de gemiddelde inzet per werktuigcategorie, maar dit niet op het niveau van de verschillende sectoren. Er wordt dan ook *verondersteld* dat de gemiddelde inzet van werktuigen per sector gelijk is. De gebruikte gegevens voor de inzet van (nieuwe) werktuigen per jaar staan weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Jaarlijkse inzet voor verschillende werktuigcategorieën

Werktuigcategorie	Jaarlijkse inzet [uur]	Marge in schattingen ^a
Tractoren	400	klein
Graafmachines	1400	klein
Laadschoppen	1500	klein
Overig grondverzet	800	middel
Wegenbouw	1000	klein
Heftrucks diesel	1100	middel
Heftrucks LPG	1000	middel
Hijswerktuigen	1400	klein
Speciale voertuigen benzine	400	klein ⁵
Speciale voertuigen diesel	1000	klein ⁵

^a De aanduiding 'klein' staat voor een marge in de schattingen die kleiner is dan 20%, 'middel' voor een marge tussen de 20 en 40% en 'groot' voor een marge van meer dan 40%.

Uit tabel 2.3 wordt duidelijk dat het aandeel van de tractoren in de totale prestatie kleiner is dan in de totale parkomvang van mobiele werktuigen; door de relatief geringe inzet per jaar. De marges in de schattingen zijn over het algemeen niet groot, alleen voor overig grondverzet en heftrucks variëren de schattingen van de jaarlijkse inzet met maximaal 40%.

⁵ De jaarlijkse inzet voor speciale voertuigen is afgeleid uit het jaarlijks brandstofverbruik en hangt nauw samen met de gekozen waarde voor het brandstofverbruik per uur. Zie voor een verdere toelichting paragraaf 3 van bijlage 3.

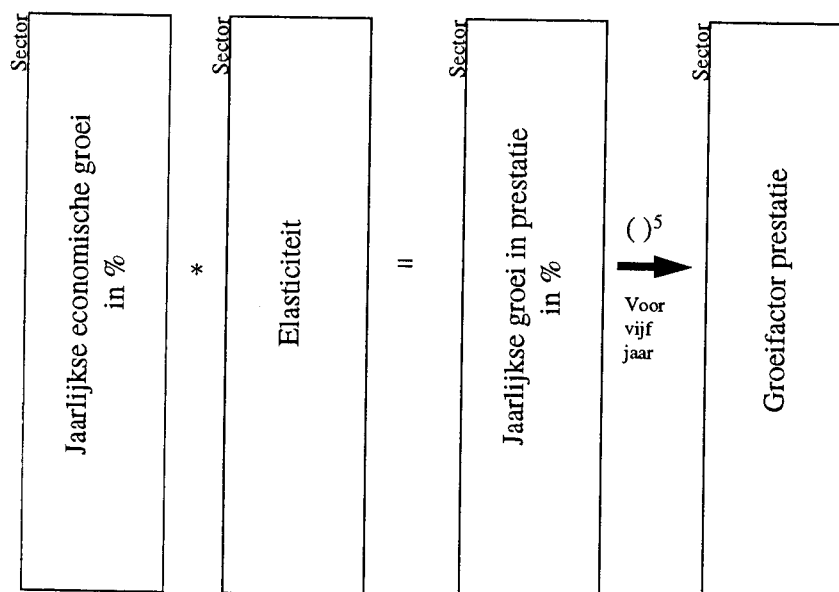
2.4 De module economie

2.4.1 Opzet van de module

Voor alle werktuigen met uitzondering van de landbouwwerktuigen vormt de prestatie de sturende variabele voor het maken van prognoses van energiegebruik en emissies. Deze prestatie moet voor zichtjaren vermenigvuldigd worden met een groeifactor. Voor de bepaling van deze groeifactor wordt de inzet van werktuigen gekoppeld aan de economische groei⁶ in de sector waarin de werktuigen gebruikt worden. Een verandering in de economische groei in de sector veroorzaakt een verandering in het gebruik van werktuigen. De mate waarin het gebruik van werktuigen verandert bij een verandering in de economische groei wordt aangeduid met de term 'elasticiteit'. Onder elasticiteit wordt in economische literatuur in het algemeen de mate verstaan waarin een variabele verandert wanneer de verklarende variabele verandert. Een uitgebreidere toelichting op deze term wordt gegeven in bijlage 8. De groeifactor wordt in de module 'economie' berekend. Daarvoor zijn een aantal gegevens nodig:

- elasticiteiten;
- jaarlijkse sectorale economische groeicijfers.

De berekening van de groeifactor in de module 'prestatie' staat weergegeven in figuur 2.6.



Figuur 2.6 Berekening van de groeifactor (naar werktuigtype binnen iedere sector) voor de prestatie

Vermenigvuldiging van de jaarlijkse economische groei met de elasticiteit levert de jaarlijkse groei in de prestatie op in procenten. Wanneer er bijvoorbeeld sprake is van een economische groei van 2% en een elasticiteit van 0,5; houdt dat in dat de jaarlijkse groei in prestatie gelijk is aan $2 * 0,5 = 1,0 \%$.

⁶ Voor de economische groei wordt de Toegevoegde Waarde (in guldens) als maat gebruikt.

Aangezien in het model gewerkt wordt met perioden van vijf jaar zal deze jaarlijkse groei nog omgerekend moeten worden naar een vijfjaarlijkse groeifactor. De procentuele groei wordt hiervoor gedeeld door 100 en opgeteld bij 1; op deze wijze wordt een jaarlijkse groeifactor berekend. Voor de bepaling van de vijfjaarlijkse groeifactor moet de jaarlijkse groeifactor tot de vijfde macht verheven worden. In het gegeven voorbeeld: $(1,01)^5 = 1,051$.

De totale berekening van de vijfjaarlijkse groeifactor bij een jaarlijkse sectorale economische groei van 2% en een elasticiteit van 0,5 ziet er dan als volgt uit:

$$\left(1 + \left[\frac{2 * 0,5}{100}\right]\right)^5 = (1,01)^5 = 1,051$$

De koppeling van werktuigen aan sectoren

De koppeling van de inzet van werktuigen aan de economische groei in sectoren wordt gemaakt op het niveau van de SBI-sectoren uit 1974. Hiervoor zijn een aantal redenen:

- Voor de Centraal PlanBureau (CPB)-scenario's worden economische groeicijfers berekend op het niveau van de verschillende SBI-sectoren; op een gedetailleerder niveau ontbreken deze;
- Een groter aantal (sub)niveaus maakt het aantal koppelingen dat gemaakt moet worden onoverzichtelijk. De verdere opsplitsing staat bovendien soms niet in verhouding tot het aantal werktuigen dat bij die koppeling betrokken is, op die manier zouden bij sommige werktuigcategorieën binnen een bedrijfstak maar enkele werktuigen betrokken zijn;
- Van een aantal werktuigen is op het niveau van de SBI-sectoren tamelijk eenduidig aan te geven in welke sectoren ze gebruikt worden, terwijl bij de opsplitsing naar een gedetailleerder niveau werktuigen in veel meer verschillende (sub)sectoren gebruikt worden.

Vaak worden werktuigen gebruikt binnen één specifieke bedrijfstak, welke tezamen met andere bedrijfstakken een SBI-sector vormt. Werktuigen zoals bijvoorbeeld asfaltafwerkmachines, welke alleen gebruikt worden in de wegenbouw, een subsector van sector 5, worden dus toch gekoppeld aan de ontwikkeling van de volledige sector. Er wordt in zo'n geval dus *verondersteld* dat de groei in de verschillende subsectoren gelijk is aan de groei in de totale sector.

2.4.2 Gebruikte gegevens in de module

In deze module zijn twee type gegevens nodig:

- sectorale economische groeicijfers;
- elasticiteiten.

Zoals al eerder is toegelicht, zijn er twee typen variabelen voor zichtjaren; variabelen die default in het model staan en variabelen waarvan de waarden afkomstig zijn uit scenario's.

Sectorale economische groeicijfers moeten door scenario's aangeleverd worden en worden dan ook niet in dit hoofdstuk beschreven, maar in paragraaf 3.2 bij de beschrijving van de gebruikte scenario-gegevens.

Elasticiteiten

Verondersteld is dat de elasticiteiten over de periode 1990 tot 2020 constant zijn en gelijk aan de waarden uit tabel 2.4. Een toelichting op het begrip elasticiteit en de gekozen methode van bepalen van elasticiteiten is te vinden in bijlage 6.

Tabel 2.4 Gebruikte elasticiteiten periode 1991-1995

Werktuigcategorie	Landbouw	Industrie	Bouw	Handel en horeca	Alle sectoren
Graafmachines					0,7
Laadschoppen					0,7
Overig grondverzet					0,7
Wegenbouw					0,7
Heftrucks					0,7
Hijswerktuigen					0,7
Speciale voertuigen	1,7	1,2	1,0	1,8	

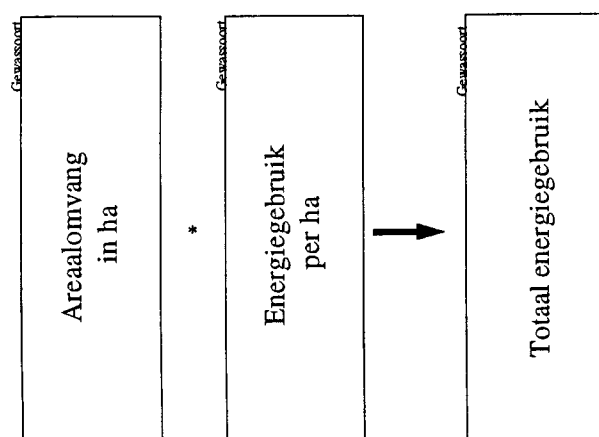
2.5 De module landbouw

2.5.1 Opzet van de module

Zoals al eerder is aangegeven, wordt de berekening van het energiegebruik door de sector landbouw op een van de andere sectoren afwijkende manier berekend. De belangrijkste reden voor deze wijze van modelleren is het feit dat er veel meer en kwalitatief betere gegevens beschikbaar voor zijn. Een uitgebreide toelichting op de redenen om voor een dergelijke afwijkende manier van modelleren te kiezen, staat weergegeven in bijlage 4.

Berekeningswijze energiegebruik door landbouwwerktuigen in het basisjaar

De wijze van berekenen voor het basisjaar 1990 staat weergegeven in figuur 2.7.



Figuur 2.7 Berekening van het energiegebruik door de sector landbouw in het basisjaar

Het totale energiegebruik [J] in de sector landbouw wordt berekend door vermenigvuldiging van de areaalomvang van een bepaalde gewassoort [ha] met het benodigd energiegebruik [J/ha] voor het verbouwen van 1 hectare van dat gewas. Sommering van het energiegebruik van de verschillende gewassoorten levert vervolgens het totale energiegebruik in de sector landbouw.

In het model zijn, analoog aan de gebruikte indeling in de MV3 (van Egmond *et al*, 1995) zes verschillende gewassoorten onderscheiden:

- Snijmais
- Grasland
- Consumptie- en Fabrieksaardappelen
- Suikerbieten en Pootaardappelen
- Tarwe
- Overig

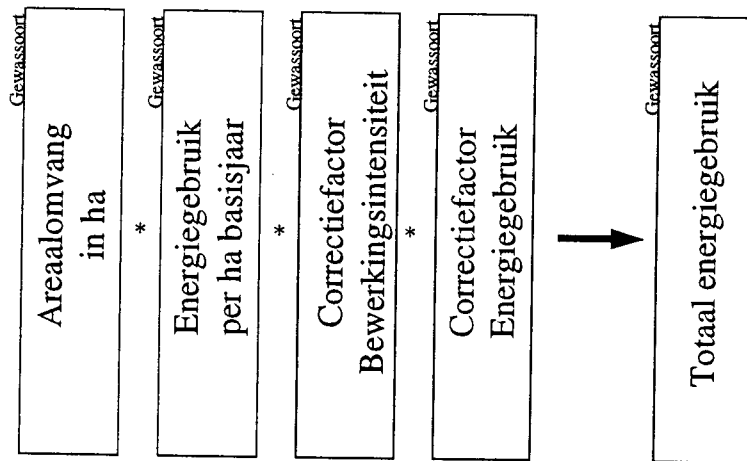
Berekening van energiegebruik door landbouwwerktuigen in zichtjaren

De berekening van energiegebruik in de sector landbouw in toekomstige perioden verschilt weinig van de berekening in het basisjaar; de areaalomvang per gewassoort wordt vermenigvuldigd met het energiegebruik per hectare. De areaalommen zijn invoer voor het model en de waarden ervan worden door scenario's aangeleverd. Het energiegebruik wordt berekend door de waarde van het basisjaar te corrigeren. Hiervoor worden twee correctiefactoren gebruikt:

- 'correctiefactor Bewerkingsintensiteit'. Deze factor corrigeert het benodigde energiegebruik per hectare voor een verandering in de (aard en hoeveelheid) uitgevoerde bewerkingen. Indien er bijvoorbeeld een trend bestaat tot het uitvoeren van meer bewerkingen, dan is dit in het model terug te vinden in een correctiefactor met een waarde groter dan één;

- 'correctiefactor Energiegebruik per hectare'. Hierin wordt het energiegebruik gecorrigeerd voor het zuiniger worden van tractoren en andere landbouwwerktuigen. Deze variabele is afkomstig uit de module 'techniek'.

De berekening van het energiegebruik in toekomstige jaren staat weergegeven in figuur 2.8.



Figuur 2.8 Berekening jaarlijkse energiegebruik van de sector landbouw voor een toekomstige periode

2.5.2 Gebruikte gegevens in de module

Voor de berekening van het energiegebruik in de landbouw zijn er twee groepen variabelen: de omvang van het landbouwareaal en het energiegebruik per hectare. In deze paragraaf wordt een korte toelichting gegeven op de in het model gebruikte waarden.

Omvang van het landbouwareaal

De zes gekozen gewassoorten omvatten gezamenlijk het volledige landbouwareaal van Nederland. De areaalommen van de verschillende gewassoorten zijn afkomstig uit het 'Achtergronddocument landbouw bij de Nationale milieuverkenning 3; uitgangspunten en berekeningen' (van Egmond *et al*, 1995). In tabel 2.6 staan de areaalommen zoals die in het model zijn ingevoerd voor de verschillende gewassoorten voor het basisjaar 1990.

Tabel 2.6 Omvang landbouwareaal naar gewassoort

Gewassoort	1990
* 1000 ha	
Snijmais	201.8
Grasland	1096.5
Consumptie- + Fabrieksaardappelen	139.7
Suikerbieten + Pootaardappelen	160.6
Tarwe	140.6
Overig	142.2
Totaal	1881.4

Bron: van Egmond *et al*, 1995

Jaarlijks worden cijfers over het landbouwareaal verzameld door het CBS in samenwerking met het LEI (Landbouw Economisch Instituut). In de categorie 'overig' vallen alle akkerbouwgewassen die niet onder één van de andere gewassoorten vallen. Het energiegebruik van de tuinbouw is gering ten opzichte van dat van de akkerbouw en de veeteelt en wordt dan ook niet expliciet gemodelleerd. Het uiteindelijke energiegebruik wordt opgehoogd om het energiegebruik in de tuinbouw te verrekenen. De areaalomvang van zichtjaren worden aangeleverd door de scenario's en worden beschreven in paragraaf 3.2.

Het energiegebruik per hectare

Naast de omvang van het landbouwareaal zijn gegevens nodig over het benodigde energiegebruik voor het verbouwen van een hectare gewas. De gebruikte waarden in het model staan weergegeven in tabel 2.7. Deze waarden zijn afkomstig uit verschillende bronnen, in tabel 2.7 staat de beste schatting uit deze bronnen. Een verdere toelichting op de herkomst van deze gegevens is te vinden in bijlage 4.

Tabel 2.7 Energiegebruik per hectare voor verbouwen van zes gewassoorten

Gewassoort	Energiegebruik [GJ/ha]
Snijmais	4,5
Grasland	4,8
Consumptie- + Fabrieksaardappelen	8,7
Suikerbieten + Pootaardappelen	5,6
Tarwe	5,6
Overig	5,9

Bewerkingsintensiteit

In het model wordt voor de prognoses van energiegebruik en emissies in de landbouw een correctiefactor gebruikt voor de verandering in (hoeveelheid en aard van de) bewerkingen die uitgevoerd worden. De gebruiker dient zelf een waarde voor deze correctiefactor in te stellen, default staat deze factor na overleg met verschillende deskundigen op 1.

2.6 De module techniek

2.6.1 Opzet van de module

In de loop van de tijd veranderen de technische karakteristieken van werktuigen. Hierdoor zijn energiegebruik per uur en emissiefactoren van werktuigen in zichtjaren ongelijk aan de waarden uit het basisjaar. In de module 'techniek' wordt een parkgemiddelde waarde voor het energiegebruik per uur en de emissiefactoren berekend. Deze parkgemiddelde waarde weegt de verschillende technische karakteristieken van werktuigen van verschillende ouderdommen

naar de mate waarin ze bijdragen aan de totale prestatie. Hiervoor moet het aandeel van elk bouwjaar in de totale prestatie bekend zijn; daartoe wordt in deze module de totale prestatie opgesplitst naar bouwjaren.

Met deze berekeningswijze kan de penetratie van nieuwe technieken in het park bepaald worden; er wordt bepaald op welke manier veranderde energiegebruiken [J/uur] en emissiefactoren [g/kg brandstof] effect hebben op de parkgemiddelde waarden.

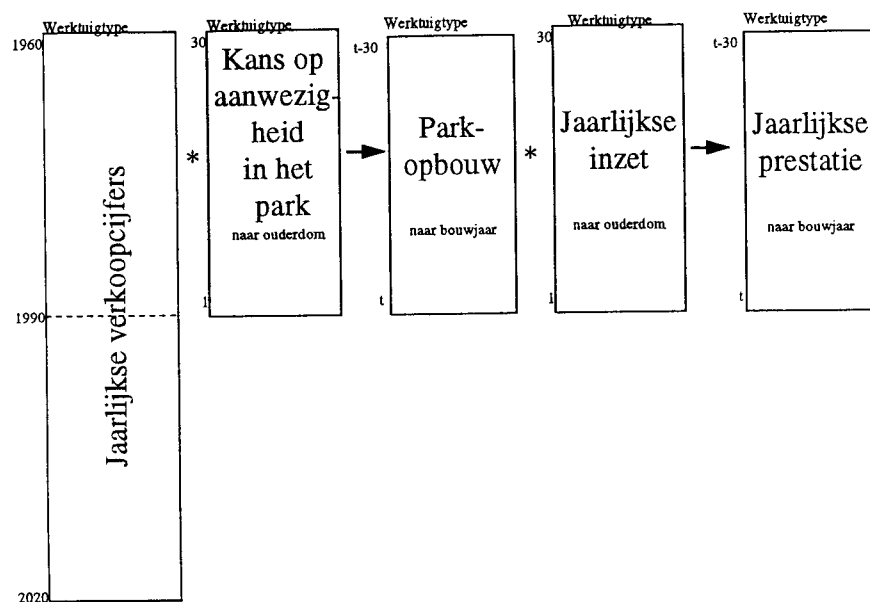
In deze paragraaf zal in eerste instantie uitgelegd worden hoe de jaarlijkse prestatie in het model uitgesplitst wordt naar de verschillende bouwjaren. In het tweede gedeelte van de paragraaf wordt ingegaan op de manier waarop de jaarlijkse verkoopcijfers voor zichtjaren bepaald worden, zodat ook voor zichtjaren de prestatie uitgesplitst kan worden naar bouwjaar. In het derde gedeelte wordt vervolgens aangegeven hoe de verschillende correctiefactoren die de module 'techniek' uitvoert, berekend worden. In deze paragraaf wordt slechts de theoretisch gebruikte achtergronden aangegeven; de daadwerkelijk gebruikte gegevens staan, analoog aan de opbouw in voorgaande paragrafen, weergegeven in paragraaf 2.6.2. Om toch de beschreven processen te verduidelijken zal in paragraaf 2.6.1 gebruik gemaakt worden van een fictief rekenvoorbeeld, waarmee duidelijk gemaakt kan worden welk effect de verschillende onderdelen uit deze module hebben.

Uitsplitsing prestatie naar bouwjaar

Om de penetratie van nieuwe technieken in het park te kunnen bepalen, is het in eerste instantie noodzakelijk de prestatie per bouwjaar te weten. Om dit te bepalen zijn de volgende gegevens nodig:

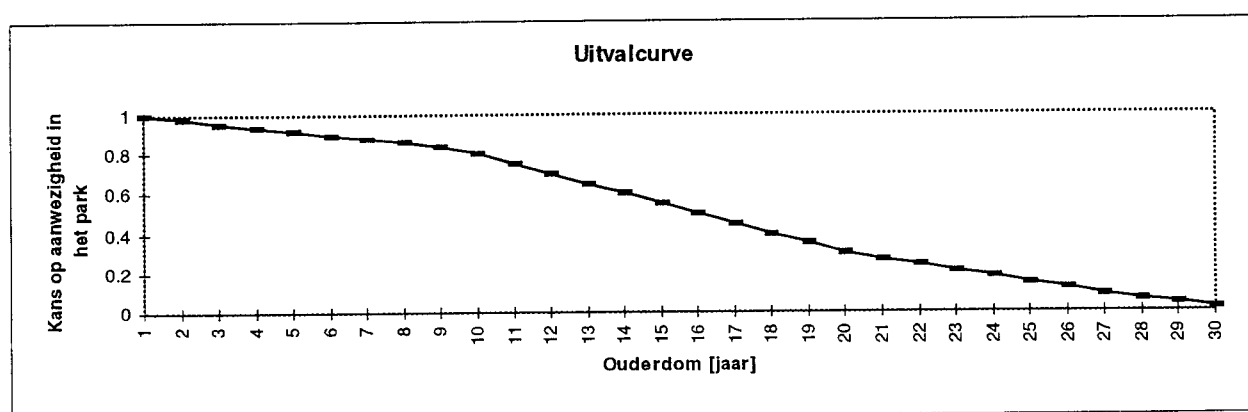
- de kans op aanwezigheid in het park van een werktuig (uitvalcurve);
- de jaarlijkse inzet van werktuigen (invalcurve);
- de jaarlijkse verkoopcijfers.

De basis van deze berekening staat weergegeven in figuur 2.9.



Figuur 2.9 Berekening van de jaarlijkse prestatie in de module 'techniek'

Naar mate een werktuig ouder wordt, wordt de kans groter dat hij aan het park wordt onttrokken (het werktuig is bijvoorbeeld technisch of economisch versleten). Na ieder jaar blijven er van een groep werktuigen die in een bepaald jaar verkocht zijn minder over. Een werktuig heeft dus een kans om nog in het park aanwezig te zijn die afhankelijk is van zijn leeftijd. Dit verschijnsel wordt beschreven met de uitvalcurve. In figuur 2.9 staat deze uitvalcurve weergegeven met de term 'kans op aanwezigheid in het park'. De uitvalcurve die hier gebruikt wordt staat weergegeven in figuur 2.10. Een verder toelichting op de gebruikte curve met vermelding van bron, is te vinden in paragraaf 2.6.2.



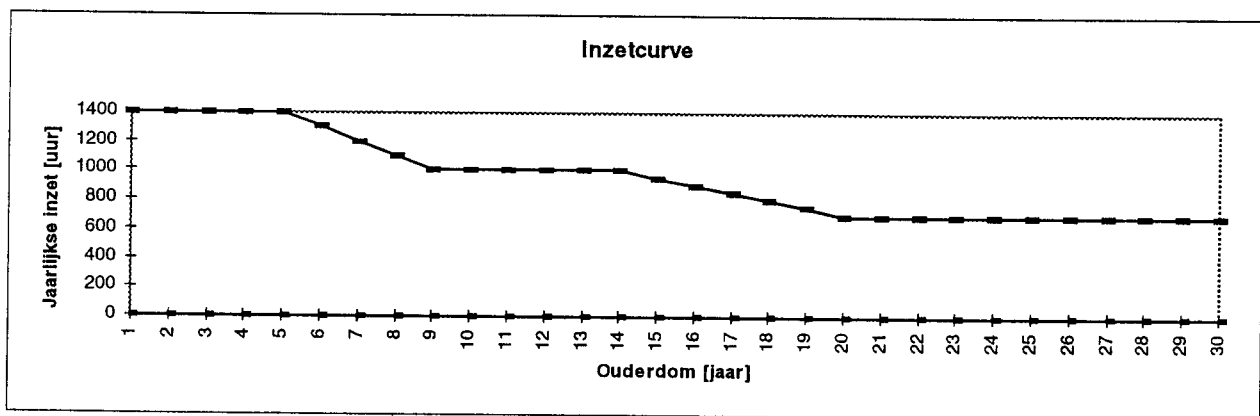
Figuur 2.10 Uitvalcurve van werktuigen

Bron: van Walwijk et al, 1991

Vermenigvuldiging van de jaarlijkse verkoopcijfers met de uitvalcurve levert per bouwjaar het aantal werktuigen dat nog in het park aanwezig is. Sommatie over alle bouwjaren geeft dan de omvang van het huidige park aan. In figuur 2.9 staat de berekening van de parkomvang voor

het basisjaar 1990. Voor zichtjaren wordt de parkomvang op dezelfde wijze berekend. De uitvalcurve wordt in dat geval met de nieuwe verkoopcijfers vermenigvuldigd. Zo wordt voor de berekening van de parkomvang van 1995 de uitvalcurve vermenigvuldigd met de verkoopcijfers van 1965 tot 1995. Praktisch gezien worden de verkoopcijfers uit een bepaald jaar bij de berekening van de parkomvang in steeds verder van 1990 gelegen zichtjaren vermenigvuldigd met steeds kleiner aanwezigheidskansen.

Naast een verminderde aanwezigheid in het park bij een toenemende ouderdom, worden werktuigen die ouder worden vaak ook gemiddeld minder ingezet dan de nieuwere exemplaren. Dit verschijnsel wordt tot uitdrukking gebracht met de inzetcurve. Een voorbeeld van een dergelijke curve staat weergegeven in figuur 2.11, de verdere uitleg bij deze curve is in het tweede gedeelte van deze paragraaf te vinden.

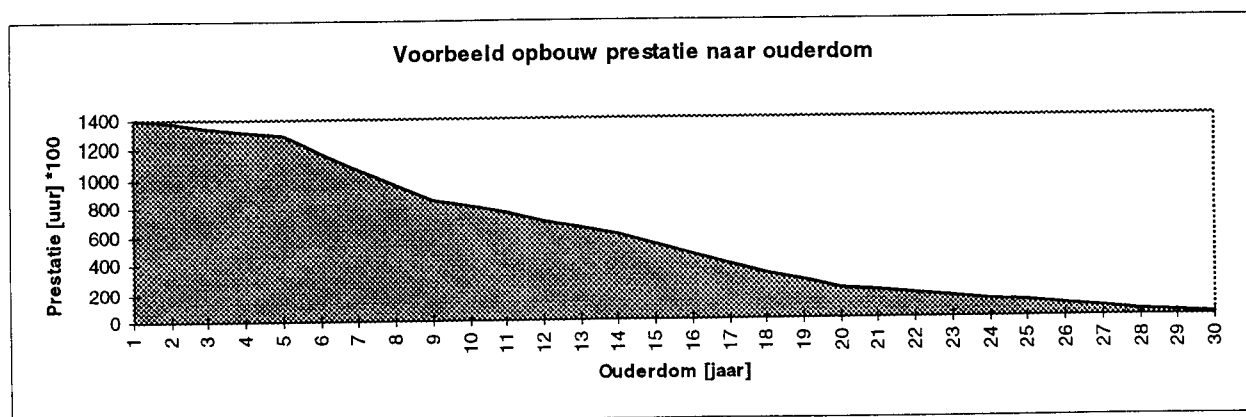


Figuur 2.11 Inzetcurve van werktuigen

Bron: van Walwijk et al, 1991

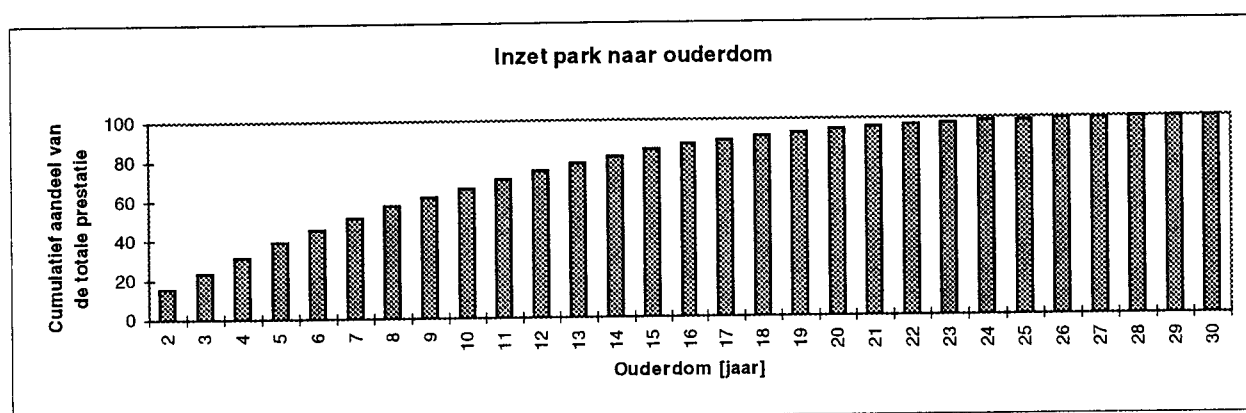
Ook deze curve is een functie van de ouderdom. Voertuigen jonger dan 1 jaar staan in deze figuur niet weergegeven, in de berekeningen wordt voor deze jonge voertuigen dezelfde waarde gebruikt als voor de voertuigen tussen 1 en 5 jaar oud.

Voor de berekening van de prestatie per bouwjaar wordt de parkomvang per bouwjaar vermenigvuldigd met de inzet voor die specifieke ouderdom. Dit geldt zowel voor het basisjaar als voor de zichtjaren. In figuur 2.12 staat de opbouw van de prestatie naar ouderdom. In deze figuur is uitgegaan van de hypothetische situatie van een constante verkoop van werktuigen van 100 per jaar.



Figuur 2.12 Verdeling prestatie naar ouderdom

In het voorbeeld uit figuur 2.12 wordt het overgrote deel van de totale jaarlijkse prestatie geleverd door werktuigen jonger dan 10 jaar. In figuur 2.13 staat het cumulatief aandeel⁷ van de werktuigen naar ouderdom in de totale prestatie weergegeven, behorend bij het voorbeeld uit figuur 2.12. Van de totale prestatie geleverd door het park wordt met bovengenoemde aannames 50% gerealiseerd door voertuigen van 7 jaar en jonger.



Figuur 2.13 Inzet park naar ouderdom

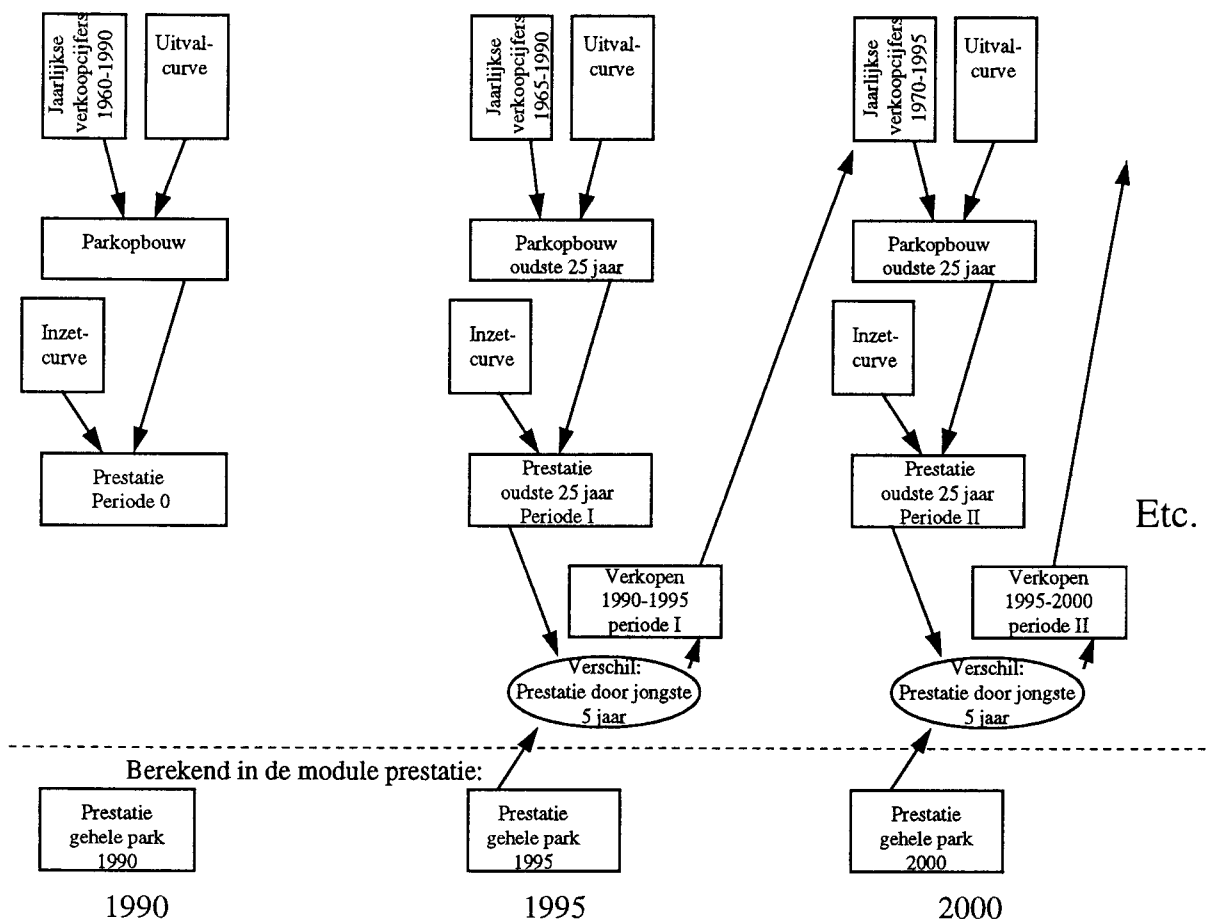
Bepaling van de jaarlijkse verkoopcijfers voor zichtjaren

In de module 'prestatie' wordt de totale prestatie door het gehele park berekend. Hierboven is beschreven op welke manier deze prestatie in de module 'techniek' uitgesplitst wordt naar de verschillende bouwjaren. Voor deze uitsplitsing zijn de jaarlijkse verkoopcijfers nodig. Voor de periode tot 1990 staan deze default in het model, voor jaren na 1990 zullen hier prognoses voor gemaakt moeten worden. De wijze waarop toekomstige verkoopcijfers worden geprognostiseerd, staat weergegeven in figuur 2.14.

Verondersteld wordt bij de berekening dat de inzet per werktuigtype en ouderdom in de loop van de tijd constant is. Zo wordt een vijf jaar oud voertuig in 1990 evenveel ingezet als een vijf

⁷ Het cumulatief aandeel in de totale prestatie geeft voor iedere ouderdomscategorie [jaar] het aandeel in de totale prestatie weer, dat gerealiseerd wordt door voertuigen van die leeftijd en jonger.

jaar oud voertuig in 2020. Een verandering in de totale prestatie wordt opgevangen door een verandering in de parkomvang.



Figuur 2.14 Schematische weergave van berekening van de verkopen en prestaties naar bouwjaar

De berekening van de jaarlijkse verkoopcijfers ziet er als volgt uit:

- Er wordt gebruik gemaakt van de totale prestatie, zoals die wordt aangeleverd door de module 'prestatie';
- In de module 'techniek' wordt voor de oudste 25 jaargangen uit het park de prestatie per bouwjaar berekend, zoals dat in de voorgaande subparagraaf is beschreven. Deze prestaties per bouwjaar worden gesommeerd tot de prestatie van de oudste 25 jaargangen;
- De prestatie van de oudste 25 jaargangen wordt afgetrokken van de prestatie van het gehele park. Het verschil is de prestatie door de jongste 5 jaargangen in het park;
- De prestatie door de jongste 5 jaargangen wordt teruggerekend naar de jaarlijkse verkoopcijfers gebruik makend van inzet- en uitvalcurve.

Als deze berekening gevolgd wordt voor het zichtjaar 1995, levert dit op deze wijze de verkoopcijfers van 1991 tot 1995 op. Voor de berekening van de verkoopcijfers van deze vijf jaar wordt *verondersteld* dat de verkopen gedurende deze vijf jaar constant zijn. Vervolgens worden deze verkoopcijfers voor de berekening van verdere zichtjaren gebruikt; voor zichtjaar

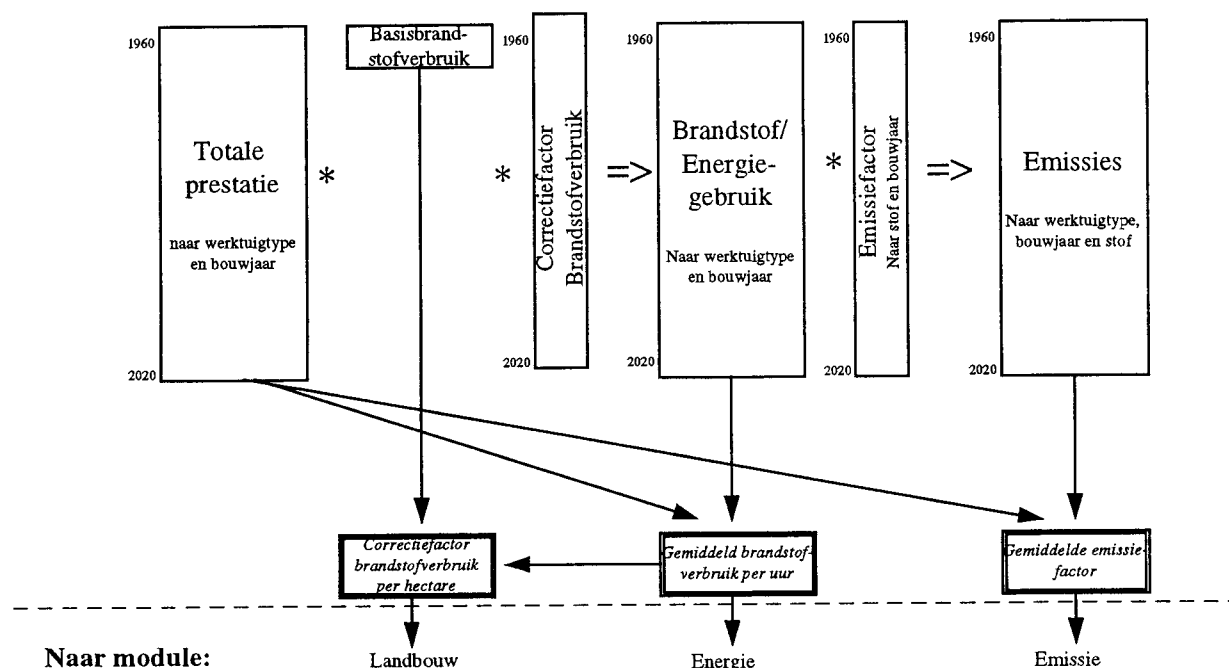
2000 zijn nu van 1970 tot 1995 verkoopcijfers bekend, zodat aan de hand daarvan de verkoopcijfers van 1996 tot 2000 bepaald kunnen worden.

Berekening van de correctiefactoren

In het laatste gedeelte van de module worden tenslotte de correctiefactoren bepaald. Voor alle werktuigen met uitzondering van de landbouwwerktuigen worden hiertoe de berekende prestaties per bouwjaar vermenigvuldigd met de technische karakteristieken van dat bouwjaar. Dit levert het brandstofverbruik en de emissies op, uitgesplitst naar bouwjaar en werktuigtype. Sommatie van alle verbruiken per bouwjaar levert het totale brandstofverbruik op. Het parkgemiddelde brandstofverbruik wordt berekend door het totale brandstofverbruik te delen door de totale prestatie, de parkgemiddelde emissiefactoren door de totale emissies te delen door het totale brandstofverbruik.

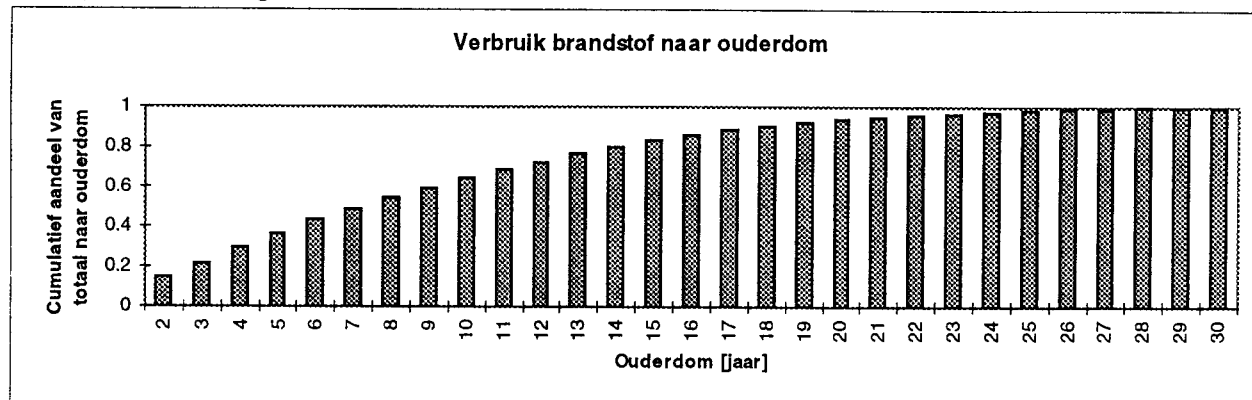
Bij de berekening voor de landbouwwerktuigen wordt een enigszins afwijkende vorm gebruikt. In plaats van een brandstofverbruik *per uur* is voor de berekening van het energiegebruik in de landbouw een correctiefactor voor het energiegebruik *per hectare* nodig. (Deze factor corrigeert dus alleen het brandstofverbruik voor veranderingen in de technische karakteristieken van de werktuigen in de loop van de tijd en niet voor veranderingen in de hoeveelheid bewerkingen, welke in de correctiefactor bewerkingsintensiteit worden weergegeven.) De correctiefactor wordt berekend door het parkgemiddelde brandstofverbruik per uur in een later zichtjaar te delen door het parkgemiddelde brandstofverbruik van het basisjaar.

De schematische weergave van deze berekening staat weergegeven in figuur 2.15.



Figuur 2.15 Berekening brandstofverbruik, correctiefactor en emissiefactoren in de module 'techniek'

Om de effecten van dergelijke veranderde technische karakteristieken duidelijk te maken, wordt weer teruggegrepen naar het eerder gebruikte voorbeeld. In figuur 2.16 staat het cumulatief brandstofverbruik per bouwjaar aangegeven. Voor de prestatie per bouwjaar zijn dezelfde waarde gebruikt als in figuur 2.14, waarbij is verondersteld dat de werktuigen ieder bouwjaar 1% zuiniger worden.



Figuur 2.16 Brandstofverbruik naar ouderdom

De curve is 'afgevlakt' ten opzichte van de curve van figuur 2.14. Dat is logisch, de nieuwe voertuigen zijn zuiniger en hebben daardoor een kleiner aandeel in energiegebruik dan in de totale prestatie. Voor de realisatie van 80% van de prestatie zijn de werktuigen van 13 jaar en jonger nodig, voor 80% van het totale brandstofverbruik de voertuigen van 14 jaar en jonger. Voor emissies is eenzelfde figuur op te stellen.

Met de gehele module 'techniek' wordt dus het effect van een verandering van technische karakteristieken gemodelleerd. Het mag duidelijk zijn dat een nieuwe ontwikkeling in de vorm van bijvoorbeeld een brandstofbesparing van 10% voor nieuwe voertuigen met bouwjaar t , vanaf dat jaar niet onmiddellijk een besparing van 10% oplevert in het totale verbruik, maar één die veel kleiner is dan 10%. Na één jaar is in bovengenoemd voorbeeld 8% van de totale prestatie uitgerust met een 10% zuiniger motor, hetgeen een besparing oplevert van $0,08 \cdot 0,1 = 0,8\%$. Na zeven jaar is 50% van de prestatie uitgevoerd met deze zuiniger motoren en wordt een besparing van 5% gerealiseerd. Uit dit voorbeeld wordt duidelijk dat modellering op deze wijze inderdaad effecten weergeeft, welke anders niet naar voren gekomen waren.

2.6.2 Gebruikte gegevens in de module

In de module 'techniek' moet een verscheidenheid aan variabelen ingevoerd worden. In deze subparagraaf zullen achtereenvolgens worden beschreven:

- de uitvalcurve;
- de inzetcurve;
- de jaarlijkse verkoopcijfers;
- de technische karakteristieken.

De uitvalcurve

De in het model gebruikte uitvalcurve is opgesteld door het CARB (California Air Resources Board) (van Walwijk *et al*, 1991) en is gebaseerd op gegevens van zware constructiewerktuigen. Deze curve wordt voor alle werktuigen (overige mobiele bronnen en speciale voertuigen) in dit rapport gebruikt, aangezien er geen andere bronnen zijn aangetroffen.

Bepaling van een uitvalcurve voor speciale voertuigen zou ook mogelijk zijn aan de hand van de geregistreerde gegevens van het CBS over deze categorie (CBS, 1991). Jaarlijkse verkoopcijfers en de parkopbouw naar bouwjaar zijn voor een groot aantal jaren in statistieken terug te vinden. Combinatie van deze twee (de verkopen van jaar x en de parkomvang in de daaropvolgende jaren van voertuigen van bouwjaar x) levert een beeld op van de uitvalcurve. Dit beeld komt grotendeels overeen met de uitvalcurve zoals die door het CARB is opgesteld. Hiermee lijkt deze uitvalcurve ook een goede beschrijving van de uitval van speciale voertuigen te geven.

Aangezien het gebruik van speciale voertuigen binnen de hier besproken werktuigcategorieën het meeste afwijkt van de zware constructiewerktuigen en de curve voor speciale voertuigen toch goed overeenkomt met de curve van het CARB, wordt aangenomen dat de uitvalcurve van het CARB een goede beschrijving geeft voor alle gebruikte werktuigcategorieën. De uitvalcurve zoals die opgesteld is door het CARB zal in het model dan ook voor alle werktuigcategorieën gebruikt worden.

De inzetcurve

Ook voor de inzetcurve wordt de curve gebruikt die door het CARB is opgesteld (van Walwijk *et al*, 1991). De waarden uit deze curve zijn terug te vinden in figuur 2.11. In deze curve wordt uitgegaan van een jaarlijkse inzet in de beginjaren van 1400 uur. In het model varieert de jaarlijkse inzet voor de nieuwe werktuigen per werktuigcategorie. Van deze curve wordt dan ook niet de absolute waarde voor het jaarlijks gebruik (1400 uur) overgenomen, maar de fractie van de jaarlijkse inzet die door een ouder werktuig ten opzichte van een nieuwe gerealiseerd wordt (bijvoorbeeld voor werktuigen van 25 jaar oud: 0,5 maal de inzet van nieuwe werktuigen). De gebruiker voert dus zelf het aantal uur dat een nieuw werktuig gebruikt wordt in, waarna op basis daarvan de inzetcurve (in absolute termen) berekend wordt.

Jaarlijkse verkoopcijfers 1960 - 1990

Voor speciale voertuigen zijn de jaarlijkse verkoopcijfers over de afgelopen dertig jaar bekend. Van de tractoren zijn de verkoopcijfers af te leiden uit de in- en uitvoercijfers. Voor de overige categorieën zijn er geen bronnen voor jaarlijkse verkoopcijfers aangetroffen. Voor deze categorieën wordt een constante verkoop van werktuigen (in stuks) gedurende de afgelopen dertig jaar verondersteld. De bepaling van de hoogte van deze constante verkoopcijfers is als volgt; vermenigvuldigd met de uitvalcurve moet na 30 jaar constante verkoopcijfers de huidige

parkomvang gerealiseerd worden. De veronderstelling dat het park is opgebouwd uit dertig jaar constante verkoopcijfers heeft niet zulke grote gevolgen en de gevolgen (voor de bepaling van emissiefactoren en energiegebruik) nemen steeds verder af. Voor 1990 worden de correctiefactoren nog wel beïnvloed door de veronderstelde verkoopcijfers. Voor 2000 wordt al 75% van de totale prestatie gerealiseerd door werktuigen met bouwjaren tussen 1991 en 1999. De gegevens die standaard gebruikt worden voor de eerste dertig jaar (1960-1990) staan weergegeven in bijlage 9.

Technische karakteristieken

Tenslotte worden het energiegebruik per uur en de emissiefactoren berekend uit de technische karakteristieken van het volledige park. Daartoe moet de waarde voor deze variabelen per voertuigcategorie in het basisjaar ingevoerd worden. Het gemiddelde brandstofverbruik per uur dat voor de verschillende werktuigcategorieën in het model voor 1990 gebruikt wordt, staat weergegeven in tabel 2.8.

Tabel 2.8 Brandstofverbruik per uur naar werktuigcategorie

Werktuigtype	Brandstofverbruik per uur [l] basisjaar 1990
Landbouwwerktuigen/Tractoren	7,0
Graafmachines	9,2
Laadschoppen	11,2
Overig grondverzet	5,2
Wegenbouw	16,5
Heftrucks LPG	4,7
Heftrucks diesel	5,2
Hijswerktuigen	7,0
Speciale voertuigen benzine	3,7
Speciale voertuigen diesel	6,7

De waarden die in tabel 2.8 weergegeven staan, zijn gebaseerd op diverse bronnen. Een overzicht van de herkomst van de gegevens wordt gegeven in bijlage 3. Het grote verschil in brandstofverbruik tussen speciale voertuigen op benzine en op diesel wordt veroorzaakt doordat dit brandstofverbruik teruggerekend wordt uit het totale brandstofverbruik per voertuig. Hiervoor zijn veronderstellingen gemaakt over de jaarlijkse inzet (zie bijlage 3.3). Naast de gebruikte waarden voor het brandstofverbruik in het basisjaar, moet het brandstofverbruik per bouwjaar voor de periode tussen 1960 en 1990 bekend zijn. Ook hier zijn voor overige mobiele bronnen en speciale voertuigen weinig gegevens over te vinden. Aangezien voor speciale voertuigen en overige mobiele bronnen vaak gebruik wordt gemaakt van vrachtwagenmotoren, vormen de ontwikkelingen die er in de afgelopen jaren in de vrachtwagenmotoren geweest zijn een behoorlijke indicatie voor de ontwikkelingen bij mobiele werktuigen.

Voor vrachtwagens is in de afgelopen twintig jaar een flinke stijging te zien geweest van de motorefficiency. In twintig jaar tijd zijn de dieselmotoren in nieuwe vrachtwagens door nieuwe technieken als drukvulling en intercooling zo'n 15 % minder brandstof gaan verbruiken⁸. Dit komt neer op een gemiddelde verbetering van 0,8 % per jaar.

Voor *overige mobiele bronnen* ligt dit percentage wat lager, aangezien intercooling in werktuigen (nog) niet toegepast wordt. Ook verbeteringen in luchtweerstand door een verandering in de bouw van de werktuigen hebben geen effect, aangezien de werktuigen zich maar in zeer beperkte mate verplaatsen. Indien aangenomen wordt dat de overige efficiencyverbeteringen in werktuigen wel meegenomen worden⁹, is voor nieuwe werktuigen het gemiddeld brandstofverbruik in de afgelopen twintig jaar waarschijnlijk met ongeveer 7 % afgenomen. Dit duidt op een jaarlijkse verbetering van 0,3 %.

Voor overige mobiele bronnen op diesel is deze motorefficiency verbetering gebruikt voor de afgelopen dertig jaar.

Speciale voertuigen lijken voor wat betreft het gebruik van motoren veel meer op vrachtwagens dan overige mobiele bronnen. Speciale voertuigen worden wel gebruikt om behoorlijke afstanden mee af te leggen en zijn bovendien ook vaak omgebouwde vrachtwagens of bestelauto's. Voor de speciale voertuigen op diesel wordt dan ook, identiek aan de ontwikkelingen bij vrachtwagens, gesteld dat er tussen 1960 en 1990 een jaarlijkse efficiencyverbetering van 0,8 % is gerealiseerd.

Voor speciale voertuigen op benzine en voor de overige mobiele bronnen op LPG zijn nog minder gegevens bekend. Ook hier speelt het verschil in gebruik tussen speciale voertuigen en overige mobiele bronnen een rol. De ontwikkelingen zijn bovendien, zeker op het gebied van verandering in de luchtweerstand, niet afhankelijk zijn van het type motor. Voor speciale voertuigen op benzine en overige mobiele bronnen op LPG zijn de efficiencyverbeteringen gelijk verondersteld aan de waarden voor dieselveertuigen; resp. 0,8 en 0,3 %.

Het CBS geeft emissiefactoren in gram per kilogram brandstof voor de *overige mobiele bronnen* op diesel. Deze waarden blijven door de jaren heen constant (CBS, 1994). Daarbij is het niet zo dat deze emissiefactoren in de afgelopen tijd ook ongewijzigd zijn gebleven, er is echter een tekort aan verdere gegevens. In het model zullen deze emissiefactoren voor overige mobiele bronnen op diesel ook constant gehouden worden, evenals de emissiefactoren voor de heftrucks op LPG.

8 Gegevens zijn afkomstig uit mondelinge mededelingen van vervoersdeskundigen.

9 Deze veronderstelling lijkt plausibel: de gebruikte motoren zijn voor het merendeel afgeleid van vrachtwagenmotoren.

Voor *speciale voertuigen* is wel een verandering in de emissiefactoren weergegeven. In tabel 2.9 staan de stoffen waarvoor deze verandering is aangegeven en de jaarlijkse verandering in de emissiefactor.

Voor de overige stoffen wordt verondersteld dat de emissiefactoren constant zijn gebleven in

Tabel 2.9 Verandering emissiefactoren speciale voertuigen

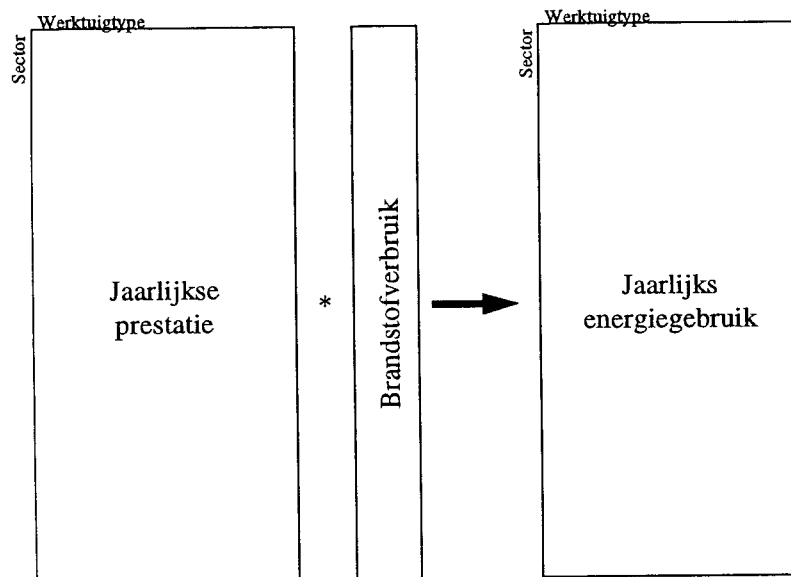
Stof	Jaarlijkse afname van de emissiefactor (%)	
	Diesel	Benzine
CO	7	1
VOS	7	2
NO _x	0	0
Deeltjes	9	1
SO ₂	4	0
CO ₂	1	0
N ₂ O	0	0
CH ₄	7	2
NMVOS	7	2

Bron: Gegevens afgeleid uit CBS, 1994
de afgelopen jaren.

2.7 De module energie

Er zijn verschillende wijzen waarop het energiegebruik gemodelleerd kan worden. In het model is gekozen voor een berekeningswijze welke zo veel mogelijk gegevens gebruikt welke dicht aansluiten bij de belevingswereld van de gebruikers van de werktuigen; de jaarlijkse inzet en het brandstofverbruik per uur. Een verdere toelichting op de gebruikte methode is te vinden in bijlage 6.

In de module 'energie' wordt het energiegebruik per voertuigtype binnen iedere economische sector berekend. De berekening in deze module is heel eenvoudig: de jaarlijkse prestatie wordt vermenigvuldigd met het brandstofverbruik per uur, zoals te zien is in figuur 2.17.



Figuur 2.17 Berekening van het energiegebruik

De invoer komt uit twee andere modules: jaarlijkse prestatie wordt aangeleverd door de module 'prestatie', het brandstofverbruik per uur wordt aangeleverd door de module 'techniek'. De output, het jaarlijkse energiegebruik, is uitgesplitst naar zowel de sector als het werktuigtype.

In eerste instantie wordt de jaarlijkse prestatie in het model vermenigvuldigd met het brandstofverbruik per uur. Dit levert het totale brandstofverbruik op. Dit is eenvoudig om te rekenen naar het totale energiegebruik door het brandstofverbruik te vermenigvuldigen met de energie-inhoud van een liter brandstof. Deze energie-inhoud is verschillend voor de verschillende soorten brandstof. Dat is de reden dat er in het model een opsplitsing is gemaakt naar de verschillende brandstoffen.

Vrijwel alle werktuigen rijden op diesel. Alleen een aantal heftrucks en speciale voertuigen vormt hierop een uitzondering. De categorie speciale voertuigen wordt opgesplitst in een gedeelte op diesel en een gedeelte op benzine; bij heftrucks wordt een onderscheid gemaakt naar diesel en LPG-heftrucks.

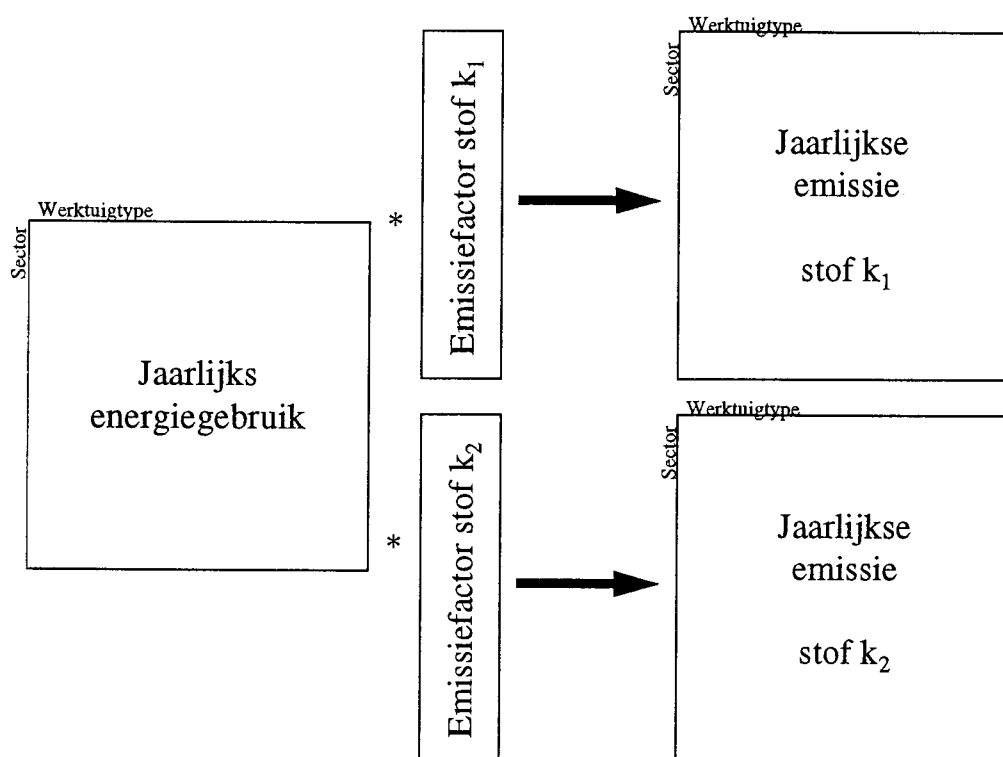
2.8 De module emissie

2.8.1 Opzet van de module

In de module 'emissie' worden de uitgestoten emissies berekend. Dit vindt plaats door de het brandstofverbruik per uur te vermenigvuldigen met de emissiefactoren. Hiervoor wordt dezelfde methode gebruikt als voor de berekening van het energiegebruik. In tegenstelling tot de gebruikelijke emissiefactoren voor voertuigen (in *gram per kilometer*) wordt in dit model de emissiefactor in *gram per kilogram brandstof* gebruikt.

Overige mobiele bronnen leggen echter maar zeer beperkt afstanden af. Deze werktuigen staan het grootste gedeelte van de tijd (min of meer) op dezelfde plaats. Emissiefactoren per kilometer zijn dan niet zo'n goede maat, aangezien er amper kilometers met de voertuigen gemaakt worden.

Voor speciale voertuigen zou het wel mogelijk zijn te werken met emissiefactoren per kilometer. In aansluiting op de berekeningswijze bij overige mobiele bronnen is er echter voor gekozen ook emissies van speciale voertuigen te berekenen aan de hand van emissiefactoren per kg brandstof. De berekeningswijze staat schematisch weergegeven in figuur 2.18.



Figuur 2.18 Berekening van de emissies

Hierin wordt het jaarlijks energiegebruik aangeleverd door de module 'energie' en de emissiefactoren door de module 'techniek'. In tabel 2.10 staan de 23 stoffen waarvan, in aansluiting op de berekeningen in de MV3, in het model de emissies berekend worden.

Tabel 2.10 Stoffen waarvan de emissies in het model bepaald worden

CO ₂	VOS	Benzeen	PM _{0,1}	Ni	Pb
SO ₂	NMVOS	Deeltjes	Cd	Se	Hg
NO _x	CH ₄	PM ₁₀	Cu	Zn	PAK:B(a)P
CO	N ₂ O	PM _{2,5}	Cr	As	

2.8.2 Gebruikte gegevens

Voor de 23 stoffen uit tabel 2.10 worden emissiefactoren bepaald per brandstofsoort. Bovendien wordt er een onderscheid gemaakt naar overige mobiele bronnen en speciale voertuigen. Dit levert 4 verschillende combinaties per stof op, in tabel 2.11 staan deze weergegeven. De waarden die gebruikt worden voor de emissiefactoren staan weergegeven in bijlage 10, aangezien het hier om een dermate grote hoeveelheid gegevens gaat, dat afdrucken hier niet inzichtelijk is.

Tabel 2.11 Onderscheiden categorieën voor emissiefactoren

Werktuigtype	Brandstofsoort
Speciale voertuigen	Benzine
	Diesel
Overige mobiele bronnen	LPG
	Diesel

3 TOEPASSING VAN HET MODEL

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de toepassing van het model met de 2 CPB-scenario's uit 'Nederland in drievoud' (CPB, 1992). In hoofdstuk 2 is de berekeningswijze beschreven die in het model gevolgd wordt. Daarbij is een overzicht gegeven van de gebruikte gegevens in het model voor de berekening van energieverbruik en emissies in het basisjaar. Tevens zijn de waarden gegeven voor de default-variabelen die gebruikt worden in het model voor de zichtperiodes. Voor het daadwerkelijk maken van prognoses zijn nog aanvullende gegevens nodig, welke door de scenario's aangeleverd worden. In paragraaf 3.3 zal de keuze voor de scenario's toegelicht worden en zullen de invoergegevens uit de scenario's worden gepresenteerd.

Paragraaf 3.4 geeft de resultaten van het model voor de verschillende scenario's weer voor de zichtjaren tot 2020. In paragraaf 3.5 worden de resultaten tenslotte vergeleken met andere studies op hetzelfde terrein en worden de aandelen van energieverbruik en emissies in de Nederlandse totalen besproken. In paragraaf 3.2 wordt gestart met de beschrijving van de resultaten voor 1990.

3.2. Resultaten voor het basisjaar 1990

3.2.1 Resultaten 1990

Met het prognosemodel kunnen ook energieverbruik en emissies van het basisjaar 1990 uitgerekend worden. Deze berekening wordt gemaakt op basis van de default-waarden voor de verschillende variabelen, zoals die in hoofdstuk 2 beschreven staan. In tabel 3.1 staan de energieverbruiken per werktuigcategorie en per sector voor 1990 op basis van de default-waarden voor de variabelen.

Tabel 3.1 Energieverbruik door mobiele werktuigen 1990 per werktuigtype en sector

Werktuigtype		E [PJ]	SBI-sector	E [PJ]
Graafmachines		5,06	0. Landbouw	10,61
Heftrucks	Diesel	3,32	2/3. Industrie	4,12
	LPG	1,07	5. Bouw	9,08
Hijskranen		0,81	6. Handel & Horeca	1,65
Laadschoppen		3,16	7. Transport	1,13
Overig grondverzet		0,36	8. Bank- en verzekeringswezen	1,01
Speciale voertuigen	Diesel	4,81	9. Overige dienstverlening	1,29
	LPG	0,51		
Tractoren		8,98		
Wegenbouw		0,53	Totaal	28,6

Het verschil tussen het energiegebruik in de sector landbouw en het energiegebruik door landbouwwerktuigen (tractoren), wordt veroorzaakt door de overige werktuigen, die voor een klein gedeelte van de tijd ook in de landbouw ingezet worden (bv. heftrucks, graafmachines). De sector landbouw heeft het grootste aandeel in het totale energiegebruik van mobiele werktuigen en vrijwel het volledige energiegebruik uit de sector landbouw wordt gerealiseerd door tractoren. Daarnaast vormen de werktuigen voor het grondverzet (graafmachines, laadschoppen en overig grondverzet) een belangrijke categorie. Tezamen gebruiken deze werktuigen 8,58 PJ per jaar. Dit energiegebruik wordt hoofdzakelijk in de bouw gerealiseerd. De berekende emissies zijn voor alle 23 stoffen terug te vinden in bijlage 12. Hierin wordt een overzicht gegeven van alle resultaten.

3.2.2 Relatie resultaten van overige onderzoeken

Het totale Nederlandse energiegebruik is bepaald aan de hand van de totale afleveringen (CBS, 1991). Dit totaal wordt onderverdeeld in een aantal gebruiksgroepen. Overige mobiele bronnen vallen tot nu toe nog niet in één van dergelijke groepen (CBS, 1991) (speciale voertuigen wel, die worden bij de sector verkeer en vervoer meegenomen).

Het berekende energiegebruik van overige mobiele bronnen zou dus binnen het gebruik van de restcategorieën moeten passen. In een analyse van het totaal mogelijke energiegebruik door overige mobiele bronnen (Kroon, 1991) wordt een maximaal verbruik van 38 PJ gevonden. Het berekende verbruik in dit rapport past daar goed in.

De berekende waarde voor het energiegebruik van mobiele werktuigen in Nederland kan daarnaast vergeleken worden met een aantal andere schattingen die er op dit gebied zijn. De totale groep mobiele werktuigen is in twee rapporten bekeken (Achten, 1990; van Walwijk *et al*, 1991). Na het uitkomen van eerstgenoemde studie, die een verbruik van 91 ± 40 PJ berekend had, werd al snel duidelijk dat dit een te hoge schatting was. De tweede studie is een vervolg op de eerste, waarbij ook de mening van deskundigen is meegenomen. Deze tweede studie levert een schatting op van het energiegebruik door mobiele werktuigen in Nederland in 1990 van 35 tot 40 PJ. Ook deze schatting ligt hoger dan het in dit rapport berekende verbruik. Het verschil tussen de schatting zoals die gemaakt wordt door van Walwijk *et al* en de schatting in dit rapport, is met name te verklaren uit gemaakte veronderstellingen in dit rapport met betrekking tot de verandering van inzet en parkomvang bij toenemende ouderdom. De gebruikte schattingen voor energiegebruik per uur, parkomvang en jaarlijkse inzet wijken maar weinig van elkaar af.

Naast de totale groep mobiele werktuigen zijn er schattingen van het energiegebruik door landbouwwerktuigen gemaakt door TNO en het LEI. De schattingen in het recente rapport van TNO (Bijsterbosch, 1995) vallen te hoog uit doordat geen rekening gehouden wordt met de veranderde inzet bij toenemende ouderdom (zie ook bijlage 4).

Door het LEI wordt voor 1991 een energiegebruik van 10,4 PJ aan dieselolie in de landbouw berekend (LEI-DLO, 1994). In dit verbruik zit echter ook de diesel die gebruikt wordt voor

stationaire motoren en eventueel voor personenauto's is. Het aandeel hiervan in het totaal is echter klein. De schatting van 9,0 PJ uit dit rapport wijkt hier dus slechts weinig van af.

3.3 Gebruikte scenario's voor het maken van prognoses met het model

3.3.1 Gebruikte scenario's

Het model werkt met een tamelijk lange horizon; de prognoses lopen tot het jaar 2020. Voor het jaar 2020 is gekozen, omdat dit het zichtjaar is van de nieuwe lange-termijn verkenningen die het CPB in 1997 zal publiceren. Het model moet in staat zijn deze scenario's door te rekenen.

Bij het RIVM wordt voor de milieuverkenningen gebruik gemaakt van de scenario's die ontwikkeld zijn door het CPB. De gegevens over deze scenario's zijn terug te vinden in 'Nederland in Drievoud' (CPB, 1992). Van de drie scenario's die in deze uitgave worden geïntroduceerd, worden er twee gebruikt. Het Global Shift (GS) scenario dat een mondiale economische verschuiving veronderstelt naar de Aziatische landen en het European Renaissance (ER) scenario dat uitgaat van een opleving in de Europese economie. Deze twee scenario's zullen ook in deze studie gebruikt worden. Een uitgebreide beschrijving van de scenario's staat in bijlage 5.

3.2.2 Overzicht van de benodigde gegevens

De gegevens die het model (aanvullend op de in hoofdstuk 2 beschreven variabelen) nodig heeft om het energiegebruik in een toekomstige periode te berekenen zijn:

- de jaarlijkse sectorale groeicijfers van de economie;
- de omvang van de landbouwarealen;
- de technische karakteristieken van en normstelling voor de toekomstige nieuwe voertuigen.

In deze paragraaf zal achtereenvolgens elk van deze drie groepen variabelen besproken worden en zal worden toegelicht welke waarden uit de standaard gebruikte scenario's voor deze variabelen in het model PROMIN worden ingevuld.

Jaarlijkse sectorale groeicijfers van de economie

Voor de berekening van de prestatie (en aan de hand hiervan het energiegebruik en de emissies) zijn de jaarlijkse sectorale economische groeicijfers nodig als input. Aangezien het hier om cijfers voor toekomstige situaties gaat, moet gewerkt worden met *veronderstellingen* aangaande de economische groei in de verschillende sectoren. In de 'Nederland in Drievoud' (CPB, 1992) wordt per bedrijfstak de verandering in het productievolume tegen factorkosten aangegeven. Binnen het RIVM heeft in het kader van de MV3 een omrekening plaatsgevonden

van de groeivoeten per bedrijfstak naar de groeivoeten van de afzonderlijke SBI-sectoren (Wieringa, 1993).

De gegevens uit de scenario's lopen tot 2015. Voor de periode van 2015 tot 2020 wordt dezelfde groeivoet verondersteld als in de periode van 2006 tot 2015. De CPB-scenario's Global Shift (GS) en European Renaissance (ER) zijn met het model doorerekend en worden in dit rapport beschreven. De gegevens uit deze scenario's staan weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jaarlijkse sectorale economische prognoses ER/GS scenario (%)

SBI-sector	1991-2005		2006-2010		2011-2015	
	GS	ER	GS	ER	GS	ER
0 Landbouw	1,5	1,3	1,9	1,8	2,3	2,4
2/3 Industrie	1,5	3,2	2,4	4,8	3,4	4,5
5 Bouwnijverheid	0,3	1,9	1,3	2,2	2,3	2,5
6 Handel en horeca	1,9	3,8	2,7	4,1	3,5	4,4
7 Transport en overslag	2,2	4,5	2,6	4,9	3,1	5,4
8 Bank en verzekeringswezen	1,7	3,3	2,1	3,4	2,5	3,5
9 Overige dienstverlening	1,0	1,5	1,3	1,9	1,1	2,1

Bron: CPB, 1992; RIVM, 1993

Niet alle sectoren zijn in dit overzicht opgenomen. Energiegebruik en emissies van de werktuigen die in sector 1 en 4 ingezet worden, zijn verwaarloosbaar en worden dan ook niet gemodelleerd. Deze sectoren zijn ook niet in tabel 3.2 weergegeven.

Areaalomvang per gewassoort

Voor de landbouw moeten per scenario niet alleen economische groeicijfers aangeleverd worden, maar ook het areaalomvang van de diverse gewassoorten. In de beschrijving van de CPB-scenario's (CPB, 1992b) worden hierover geen gegevens vermeld. Het RIVM heeft daarom voor het maken van de MV3 de economische ontwikkelingen in de sector landbouw vertaald in ontwikkelingen in de areaalomvang (van Egmond *et al*, 1995). Van deze waarden voor de areaalomvang voor zichtjaren wordt ook in dit rapport gebruik gemaakt. Omdat de scenario-ontwikkelingen nauwelijks invloed hebben op de omvang van het landbouwareaal, is voor beide scenario's gebruik gemaakt van dezelfde arealen in zichtjaren. In tabel 3.3 staat de omvang van het landbouwareaal per gewassoort weergegeven.

Tabel 3.3 Omvang landbouwareaal naar gewassoort

Gewassoort	1990 ^a	1995 ^a	2000 ^a	2005 ^b	2010 ^a	2015 ^b	2020 ^b
* 1000 ha							
Snijmais	201,8	208,8	218,9	227,0	235,1	243,2	251,3
Grasland	1096,5	1032,9	988,9	972,4	955,8	939,5	923,0
Consumptie + Fabrieksaard.	139,7	153,9	160,4	142,7	124,9	107,2	89,4
Suikerbieten + Pootaardappelen	160,6	140,0	132,1	129,0	125,8	122,7	119,5
Tarwe	140,6	142,4	135,4	124,9	114,5	104,0	95,5
Overig	142,2	167,2	165,7	163,4	161,1	158,8	156,6
Totaal	1.881,4	1.845,2	1.801,4	1.759,4	1.717,2	1.675,4	1.635,3

^a Bron: van Egmond *et al*, 1995;^b Eigen bewerking.

Voor de MV3 zijn landbouwarealen gebruikt tot 2010. Voor de areaalomvangen van de tussengelegen periode (met zichtjaar 2005) is de waarde tussen 2000 en 2010 genomen. Voor de periode 2011 tot 2020 is dezelfde groei gehanteerd als voor de periode 2001-2010.

De cijfers met betrekking tot de landbouwarealen van 1990 lijken tamelijk betrouwbaar te zijn, ze zijn afkomstig uit een grote steekproef. De manier waarop deze cijfers bepaald zijn en de gebruikte achterliggende processen staan beschreven in van Egmond *et al*, 1995.

Technische karakteristieken en emissienormering

Tenslotte moeten voor het maken van prognoses van het energiegebruik en de emissies veronderstellingen gemaakt worden over de nieuwe voertuigen die er in het park zullen komen. Nieuwe voertuigen hebben mogelijk een afwijkend energiegebruik [J/uur] en afwijkende emissiefactoren [g/kg brandstof] ten opzichte van de voertuigen die in het verleden verkocht zijn. Het al dan niet voeren van beleid ten aanzien van energiegebruik en emissies van de voertuigen kan hierbij een belangrijke rol spelen.

In het rapport 'Besparingspotentieel van vrachtauto's' (van Helden, 1995) worden een aantal mogelijke punten aangegeven waarop voor vrachtauto's op middellange termijn verdere besparingen in het energiegebruik per uur gerealiseerd kunnen worden. In de meeste gevallen gaat het hierbij om verbeteringen in de stroomlijning van de voertuigen. De gegevens uit dit rapport zijn daardoor niet direct bruikbaar voor de mobiele werktuigen, aangezien met verbeterde stroomlijning van werktuigen geen energiebesparing te realiseren is, de werktuigen staan immers het grootste deel van de tijd stil. Indien ze zich verplaatsen is de snelheid meestal laag. Het is reëel te verwachten dat de besparingen die de komende tijd bij de overige mobiele werktuigen te realiseren zijn, achter zullen blijven bij de potentiële besparing in het vrachtwagenpark. De veronderstelde historische daling van 0,3 % per jaar (zie paragraaf

2.6.2) zal in de prognoses dan ook gehandhaafd worden, zolang er geen emissie-beleid gevoerd wordt (emissienormeringen kunnen het brandstofverbruik beïnvloeden, zie hieronder).

Tot op heden is er geen emissiebeleid voor mobiele werktuigen gevoerd. In het Milieuprogramma 1996 (VROM, 1995) wordt echter aangegeven dat het wenselijk is dat er binnen korte tijd een normstelling komt voor de emissies van tractoren en mobiele bronnen. Deze normstelling zal op internationaal niveau ingevoerd moeten worden.

In dit rapport is uitgegaan van drie mogelijke situaties:

- een situatie zonder beleid (beleidspakket/maatregelpakket 0);
- een situatie met emissienormeringen in 1997 en 2003 (beleidspakket/maatregelpakket I);
- een situatie met emissienormeringen in 1997, 2003 en 2010 (beleidspakket/maatregelpakket II).

Voor maatregelpakket I wordt uitgegaan van de richtlijnen die er op moment van schrijven van dit rapport bij diverse instanties liggen. Vanuit de Verenigde Naties (VN) worden richtlijnen opgesteld voor alle wegvoertuigen (ECE, 1992). Deze richtlijnen worden weergegeven in de zgn. UN-ECE-norm (United Nations-Economic Commission for Europe). Ten tijde van het schrijven van dit rapport zit er nog geen duidelijke vooruitgang in de vaststelling van deze normering, zodat niet duidelijk is hoe die normstelling er uit zal gaan zien. Onder wegvoertuigen vallen alleen de land- en bosbouwtractoren. De andere voertuigen zullen niet onder deze normering gaan vallen.

De restcategorie (alle mobiele werktuigen met uitzondering van de land- en bosbouwtractoren) is door de Europese Unie (EU) onderwerp van beleid gemaakt en de richtlijnen hiervoor zijn al wat verder uitgekristalliseerd. Er ligt ten tijde van dit schrijven een voorstel bij de afzonderlijke nationale overheden voor emissienormeringen. Het betreft hier een normering voor de emissies van CO, koolwaterstoffen (komt ongeveer overeen met VOS), NO_x en aerosolen. De voorstellen gaan uit van twee momenten van ingang van regelgeving, rond 1997 en rond 2003. Het is mogelijk dat de normen in de praktijk nog enigszins van deze voorstellen af zullen wijken. In het model wordt deze regelgeving als standaard verondersteld, in de rest van dit verslag zal hieraan gerefereerd worden als maatregelpakket I.

Er wordt daarnaast een maatregelpakket II verondersteld, waarin deze normeringen rond 2010 nog iets verder aangescherpt zullen worden. Een volledig overzicht van alle emissiefactoren die voor de beide maatregelpakketten in het model gebruikt zijn, is te vinden in bijlage 10.

Naast de twee hiergenoemde beleidspakketten wordt nog een derde pakket doorgerekend, een pakket zonder beleid. Hierin worden de emissiefactoren van 1990 constant verondersteld tot 2020. De motorefficiency-verbetering blijft gedurende dertig jaar 0,3 resp. 0,8% voor overige mobiele bronnen en speciale voertuigen.

Invloed normstellingen op energiegebruik

Het stellen van emissienormeringen voor NO_x heeft gevolgen voor het brandstofverbruik bij dieselmotoren. Het optimum voor de NO_x-uitstoot en voor het brandstofverbruik liggen bij verschillende inspuitmomenten van de brandstof in de motor. Op het moment dat er aan de NO_x-uitstoot normen gesteld worden, zal ervoor gekozen worden het inspuitmoment later te stellen (gunstiger voor de NO_x-uitstoot), hetgeen ten koste gaat van de zuinigheid (van Helden, 1995).

Het instellen van emissienormeringen in de twee beschreven maatregelpakketten heeft hierdoor invloed op de ontwikkeling van het brandstofverbruik per uur. De efficiencyverbetering van 0,3% per jaar voor mobiele werktuigen wordt gehanteerd tot 1997. Vanaf 1997, het moment van ingaan van de normeringen, wordt verondersteld dat voor beide maatregelpakketten de motoren niet meer zuiniger worden. Ondanks het feit dat het niet waarschijnlijk is dat na 1997 helemaal geen efficiencyverbeteringen meer gerealiseerd worden, wordt de efficiencyverbetering na 1997 op nul gesteld.

3.4 Resultaten voor zichtjaren

3.4.1 Inleiding

Met de in paragraaf 3.2 vermelde gegevens wordt het model tot 2020 doorgerekend. Dit levert zes mogelijke combinaties op: ER- en GS-scenario, met maatregelpakket 0, I of II. In deze paragraaf zullen achtereenvolgens de volgende resultaten worden besproken:

- Parkomvang en prestatie;
- Energiegebruik;
- Emissies.

3.4.2. Prognoses parkomvang en prestatie

Voor de berekening van parkomvangen en prestaties hoeft geen onderscheid naar maatregelpakketten gemaakt te worden. De maatregelpakketten resulteren enkel in verschillende energiegebruiken [J/uur] en emissiefactoren [g/kg brandstof]. Op de parkomvang en prestatie hebben de beleidsnormeringen (in het model) geen invloed. In tabel 3.4 a en b is daarom voor de prognoses van parkomvang en prestatie enkel een onderscheid gemaakt naar de 2 CPB-scenario's.

Tabel 3.4 a Prognose parkomvang GS en ER per werktuigcategorie

Werktuigtype	1990 GS/ER	2000 GS	2000 ER	2010 GS	2010 ER	2020 GS	2020 ER
Graafmachines	11.500	11.488	12.485	12.292	14.662	14.485	17.983
Heftrucks diesel	17.000	17.362	18.853	19.021	22.865	22.612	29.136
Heftrucks LPG	10.000	10.213	11.090	11.189	13.450	13.301	17.139
Hijskranen	2.000	2.033	2.237	2.224	2.758	2.694	3.564
Laadschoppen	5.500	5.494	5.971	5.879	7.012	6.928	8.601
Ov. Grondverzet	2.500	2.497	2.714	2.672	3.187	3.149	3.909
Speciale voertuigen diesel	16.460	18.539	21.362	22.333	31.895	32.176	55.522
Speciale voertuigen LPG	7.067	9.266	10.715	11.477	16.386	16.523	28.507
Landbouwwerktuigen	171.501	97.477	97.477	83.783	83.783	79.150	79.150
Wegenbouw	2.200	2.167	2.378	2.282	2.764	2.663	3.336

Tabel 3.4 b Prognose prestatie GS en ER (mln uur) per werktuigcategorie*

Werktuigtype	1990 GS/ER	2000 GS	2000 ER	2010 GS	2010 ER	2020 GS	2020 ER
Graafmachines	13,5	13,4	14,8	14,5	17,5	17,3	21,6
Heftrucks diesel	15,6	16,0	17,6	17,7	21,6	21,3	27,6
Heftrucks LPG	8,3	8,6	9,4	9,5	11,5	11,4	14,8
Hijskranen	2,8	2,9	3,2	3,2	4,0	3,9	5,2
Laadschoppen	6,9	6,9	7,6	7,5	9,0	8,9	11,1
Ov. Grondverzet	16,7	16,7	18,4	18,1	21,8	21,5	26,8
Speciale voertuigen diesel	16,8	19,2	22,6	23,6	34,4	34,5	60,6
Speciale voertuigen LPG	2,8	4,0	4,8	4,9	7,2	7,2	12,7
Landbouwwerktuigen	54,5	29,4	29,4	28,0	28,0	26,1	26,1
Wegenbouw	1,8	1,8	2,0	1,9	2,4	2,3	2,9

De prestaties van speciale voertuigen lopen door de gebruikte waarden voor de elasticiteiten hard op. Hierdoor stijgt ook het aantal speciale voertuigen voor beide scenario's aanzienlijk. De omvang van het park is immers rechtstreeks aan de prestaties gekoppeld, doordat de jaarlijkse inzet per werktuigtype constant wordt verondersteld.

Voor de andere werktuigen geldt dat parkomvang en prestatie tussen 1990 en 2020 een stuk minder sterk stijgen. In het European Renaissance scenario stijgen prestatie en parkomvang sterker dan in het Global Shift scenario, door de grotere sectorale economische groei.

Voor de landbouwwerktuigen wordt met het model een sterke daling in prestatie en parkomvang berekend. Deze sterke daling wordt veroorzaakt door *negatieve* verkoopcijfers in de perioden 1991-1995. De resultaten voor tractoren zijn daarmee niet realistisch te noemen; negatieve verkoopcijfers zijn niet reëel. De constatering dat het park landbouwwerktuigen sterk daalt, sluit echter wel aan bij de veronderstelde te grote huidige parkomvang van tractoren, doordat tweedehands tractoren niet weer verkocht (en gebruikt) worden, maar in de schuur blijven staan (zie bijlage 4).

Door de afwijkende manier van modelleren voor landbouwwerktuigen worden deze afwijkende resultaten met het model berekend. In tegenstelling tot de andere werktuigcategorieën is bij de landbouwwerktuigen de totale prestatie geen aansturende variabele. Deze totale prestatie (en daarmee de parkomvang) wordt dan ook bepaald door het energiegebruik door landbouwwerktuigen te delen door het energiegebruik per uur. Hiertoe moeten aanvullende veronderstellingen gemaakt worden over de jaarlijkse inzet per uur en het energiegebruik per uur. Deze afleiding van prestaties uit het totale energiegebruik door landbouwwerktuigen is nog niet ideaal gemodelleerd. Het verdient dan ook aanbeveling in een latere versie van het model de modellering van parkomvang en prestatie door landbouwwerktuigen nog eens nader te bekijken. De parkomvang en prestatie die het model op dit moment berekent, moeten met enige voorbehoud gebruikt worden.

3.4.3 Prognoses energiegebruik

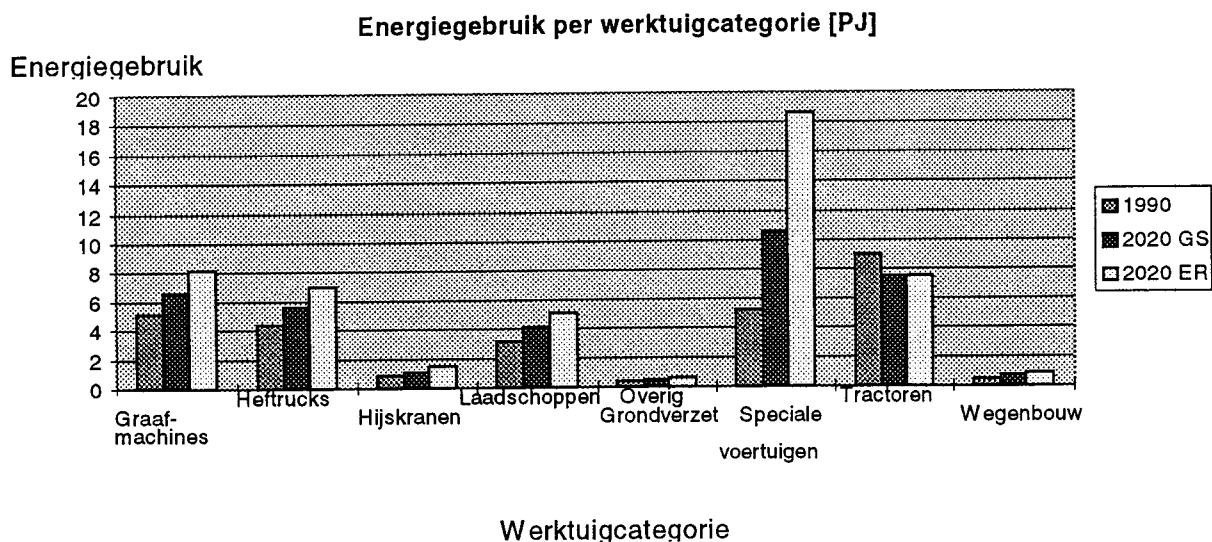
In tabel 3.5 staat het berekende totale energiegebruik van mobiele werktuigen weergegeven voor het GS en ER scenario met en zonder emissienormeringen.

Tabel 3.5 Prognose jaarlijkse energiegebruik [PJ] van mobiele werktuigen per scenario

Jaar	Zonder NO _x -beleid	Zonder NO _x -beleid	Met NO _x -beleid	Met NO _x -beleid
	Global Shift	European Renaissance	Global Shift	European Renaissance
1990	28,6	28,6	28,6	28,6
1995	29,0	30,2	29,0	30,2
2000	29,4	32,0	29,4	32,0
2005	29,7	34,1	29,8	34,3
2010	30,8	37,4	31,2	38,0
2015	33,0	42,1	33,8	43,2
2020	35,7	48,2	37,0	50,2

Er wordt in tabel 3.5 alleen een onderscheid gemaakt tussen de situatie zonder beleid (pakket 0) en de situatie met beleid (pakket I of II). In beide laatste pakketten wordt verondersteld dat door de instelling van NO_x-normeringen na 1997 de motoren niet meer zuiniger worden. De twee maatregelpakketten leveren dus dezelfde energiegebruiken op. Het instellen van de NO_x-normeringen heeft ten opzichte van de situatie zonder NO_x-normeringen een extra energiegebruik van 4,1% tot gevolg in het ER- en van 3,6% in het GS-scenario.

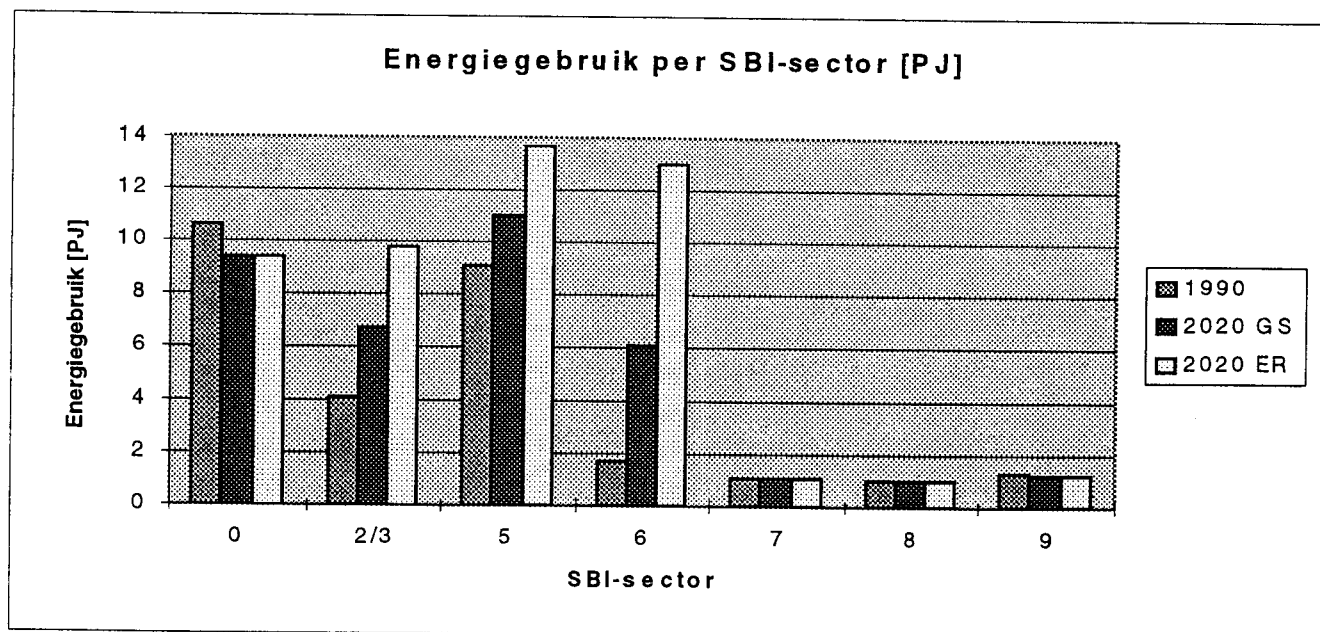
In figuur 3.1 wordt dit totale energiegebruik opgesplitst naar de verschillende werktuigcategorieën.



Figuur 3.1 Energiegebruik per werktuigcategorie

In 1990 hebben tractoren het grootste aandeel in het totale energiegebruik van mobiele werktuigen. In 2020 vormen de speciale voertuigen de belangrijkste gebruiker van energie. Het aandeel van tractoren is voor de twee verschillende scenario's gelijk, aangezien voor beide scenario's dezelfde waarden voor de areaalomvang gebruikt worden. In het Global Shift-scenario hebben tractoren nog altijd het grootste aandeel in het totale energiegebruik door overige mobiele bronnen, in het European Renaissance-scenario zijn het de graafmachines die het grootste aandeel in het totale energiegebruik hebben. Het wordt overigens duidelijk dat het totale grondverzet (het totaal van graafmachines, laadschoppen en overig grondverzet) in alle drie de gevallen (zowel in 1990 als in 2020 bij beide scenario's) verreweg het grootste aandeel in het totale energiegebruik door overige mobiele bronnen hebben.

In figuur 3.2 staat het energiegebruik uitgesplitst naar de verschillende SBI-sectoren



Figuur 3.2 Energiegebruik per SBI-sector

Legenda: 0. Landbouw 7. Transport
 2/3. Industrie 8. Bank- en verzekeringswezen
 5. Bouw 9. Overige dienstverlening
 6. Handel & Horeca

Het algemene beeld in figuur 3.2 is dat er een groot verschil is in gebruik van werktuigen in de verschillende sectoren (sector 1 delfstoffen winning en sector 4 nutsbedrijven zijn vanwege hun te geringe aandeel niet mee gemodelleerd).

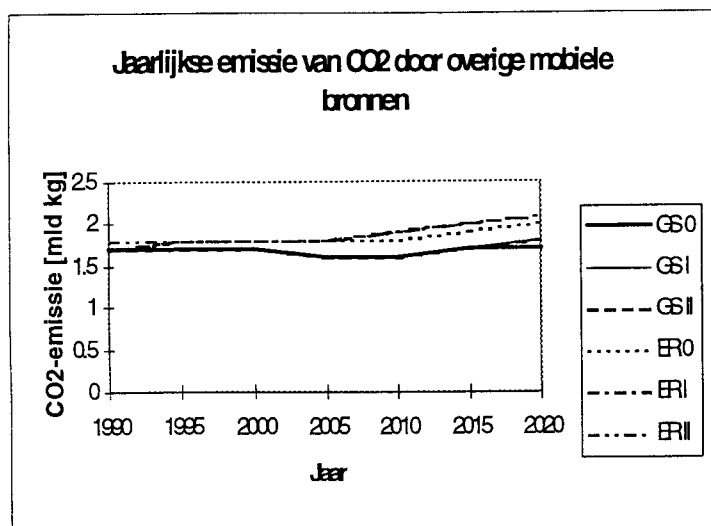
De stijging in figuur 3.2 voor sector 6 wordt volledig veroorzaakt door de groei van speciale voertuigen.

In deze figuur is duidelijk te zien dat in 1990 sector 0, de landbouw nog het grootste energiegebruik heeft en dat dit in 2020 verschoven is naar sector 5, de bouw en in het European Renaissance-scenario ook naar sector 2/3, de industrie en sector 6, de handel en horeca.

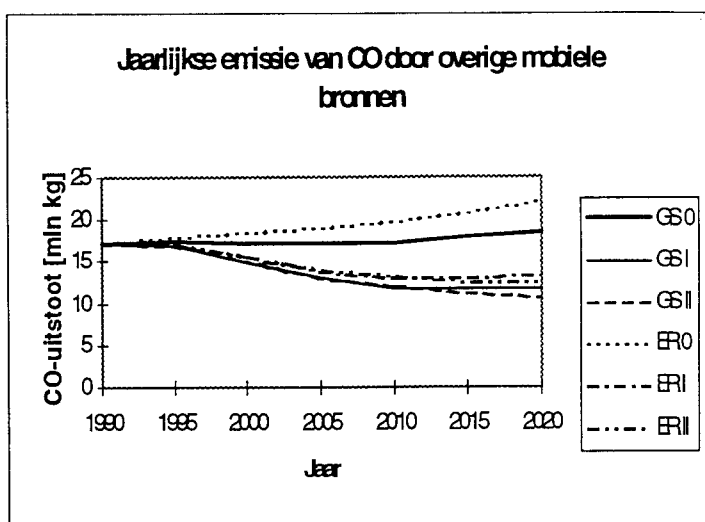
3.4.4 Prognoses emissies

Prognoses van de jaarlijkse emissies zijn afhankelijk van het gehanteerde beleidspakket met emissienormeringen. Voor de prognoses van de emissies worden alle zes mogelijke combinaties doorgerekend. In deze paragraaf zal enkel gekeken worden naar de vijf belangrijkste stoffen: CO, CO₂, NO_x, koolwatergassen en aerosolen. De emissies van alle 23 stoffen staan in absolute waarden weergegeven in bijlage 12.

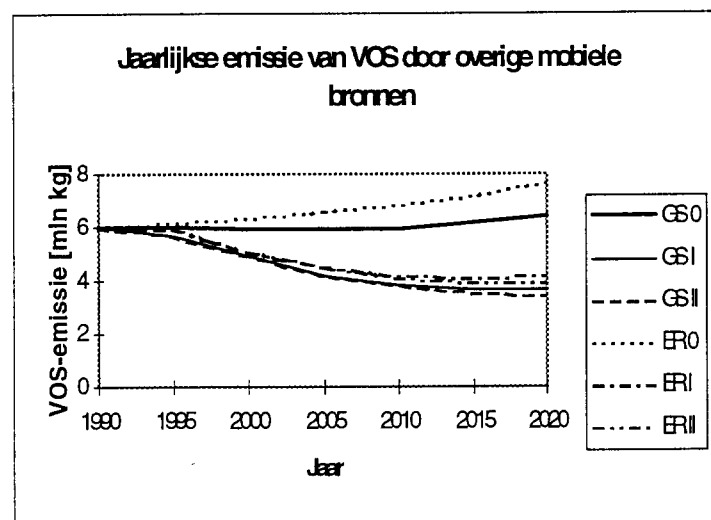
In figuur 3.3. a t/m e staan de vijf belangrijkste emissies voor overige mobiele bronnen weergegeven.



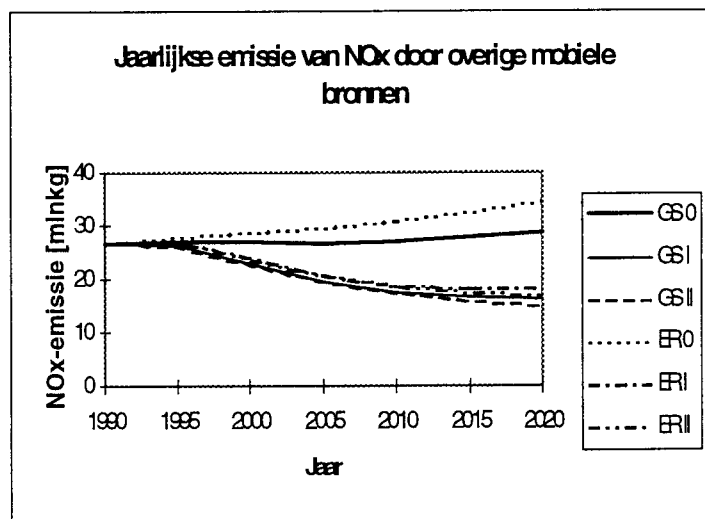
Figuur 3.3a Jaarlijkse emissie CO₂ overige mobiele bronnen voor zes scenario's



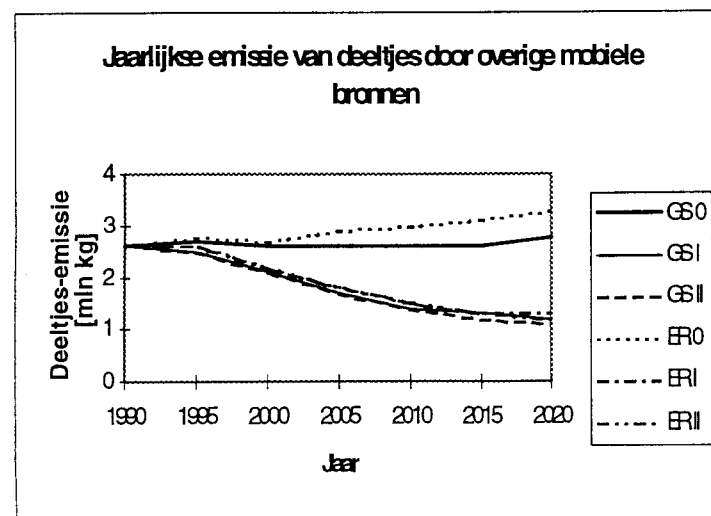
Figuur 3.3b Jaarlijkse emissie CO overige mobiele bronnen voor zes scenario's



Figuur 3.3c Jaarlijkse emissie VOS overige mobiele bronnen voor zes scenario's

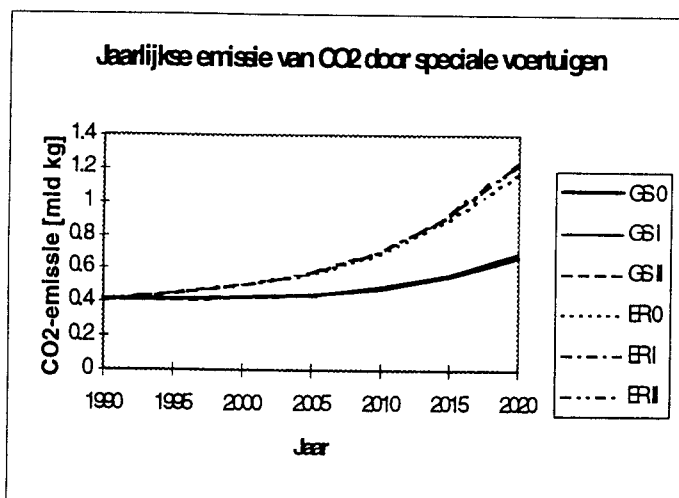


Figuur 3.3d Jaarlijkse emissie NO_x overige mobiele bronnen voor zes scenario's

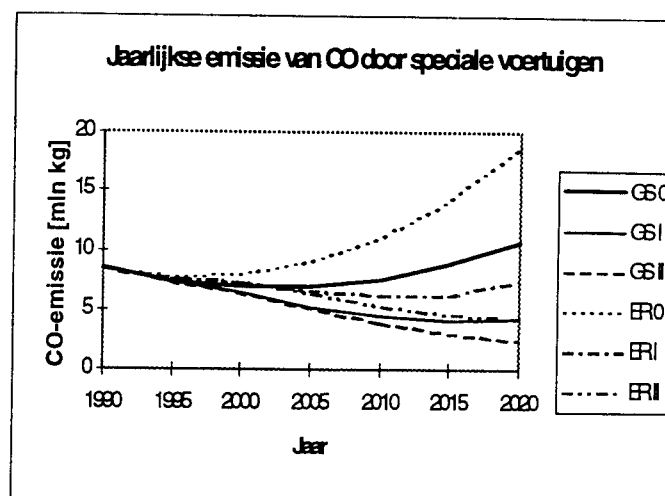


Figuur 3.3e Jaarlijkse emissie Aerosolen overige mobiele bronnen voor zes scenario's

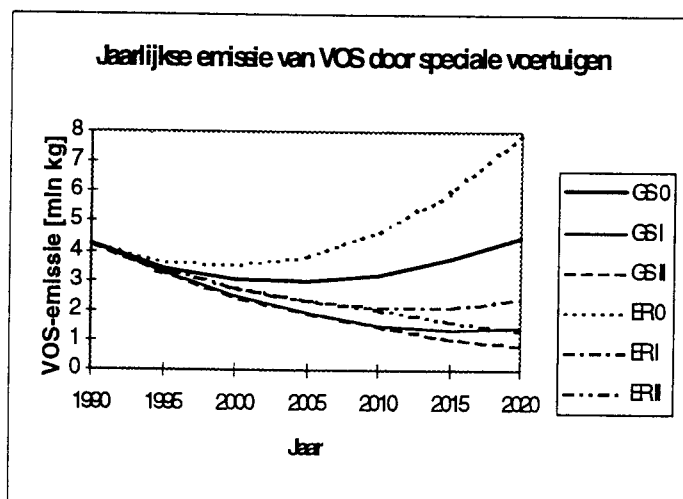
In figuur 3.4 a t/m e staan de emissies voor speciale voertuigen weergegeven.



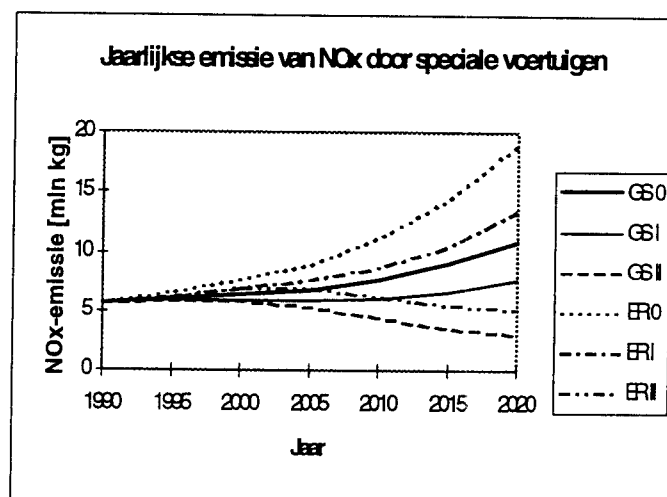
Figuur 3.4.a Jaarlijkse emissie CO₂ speciale voertuigen voor zes scenario's



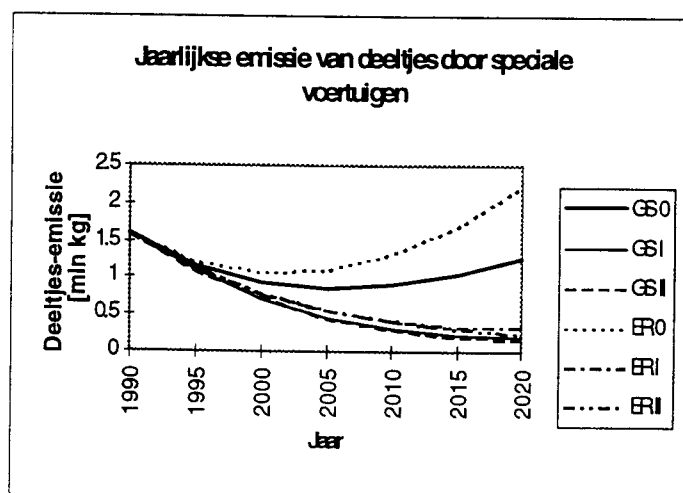
Figuur 3.4.b Jaarlijkse emissie CO speciale voertuigen voor zes scenario's



Figuur 3.4.c Jaarlijkse emissie VOS speciale voertuigen voor zes scenario's



Figuur 3.4.d Jaarlijkse emissie No_x speciale voertuigen voor zes scenario's



Figuur 3.4.e Jaarlijkse emissie aerosolen speciale voertuigen voor zes scenario's

Voor CO₂ staat geen beleid gepland. De uitstoot van CO₂ is rechtstreeks gekoppeld aan het brandstofverbruik. Reductie van de CO₂-uitstoot is enkel mogelijk door een verbetering in de motorefficiency; door een kleiner verbruik van brandstof. Hierdoor verlopen de CO₂-emissies analoog aan de energiegebruiken. Zowel voor speciale voertuigen als voor overige mobiele bronnen leveren de verschillende maatregelenpakketten hetzelfde beeld voor de emissies op; bij European Renaissance vallen de emissies hoger uit dan bij Global

Shift. Het niet uitvoeren van de beleidsvoornemens voor de andere stoffen, maakt dat er ook na 1997 een efficiencyverbetering op zal treden. Dit levert een vermindering van het energiegebruik op ten opzichte van de situatie met beleid en daardoor (in combinatie met de constante emissiefactoren per kg brandstof) vallen voor zowel de speciale voertuigen als de overige mobiele bronnen de emissies van CO₂ in een situatie met beleid ongeveer 5% hoger uit dan in een situatie zonder beleid.

Voor NO_x, koolwaterstoffen, CO en aerosolen, de vier stoffen waarvoor beleid ontwikkeld wordt, is in de loop van de tijd een behoorlijke daling van de totale emissies ten opzichte van de situatie zonder beleid waar te nemen. Voor overige mobiele bronnen zou zonder beleid voor alle vier de stoffen sprake zijn van een lichte stijging van de emissies. Wanneer wel beleid gevoerd wordt, dalen de emissies in de periode tot 2010 aanzienlijk, waarna ze zich tussen 2010 en 2020 lijken te stabiliseren. De dalingen in emissies ten opzichte van de situatie zonder beleid variëren van 35 tot 65%.

Bij speciale voertuigen wordt in de situatie met beleid voor NO_x een duidelijke daling in de emissies (ongeveer 30% voor pakket I en 70% voor pakket II) ten opzichte van de situatie zonder beleid gesignaleerd. In absolute zin dalen de NO_x-emissies echter alleen bij de instelling van maatregelpakket II; in de situatie van pakket I wordt de emissiedaling in g per kg brandstof weer teniet gedaan door de relatief sterke stijging in het brandstofverbruik door speciale voertuigen.

Voor de andere drie stoffen zijn emissiereducties in de situatie met beleid waar te nemen tussen de 60 en 90% ten opzichte van de situatie met beleid. Bij CO en VOS lijkt er -indien alleen maatregelpakket I wordt doorgevoerd- sprake te zijn van een lichte stijging in de emissies na 2015, veroorzaakt door de grote groei in het energiegebruik.

Een overzicht van de verschillende emissiereducties is te vinden in tabel 3.6.

Tabel 3.6 Emissiereducties (%) bij verschillende beleidspakketen in 2020 t.o.v. situatie zonder beleid

Stof	Overige mobiele bronnen				Speciale voertuigen			
	GS		ER		GS		ER	
	I	II	I	II	I	II	I	II
CO ₂	-5,9	-5,9	-5,0	-5,0	-4,5	-4,5	-6,0	-6,0
CO	37,6	41,9	39,6	44,1	59,7	75,9	60,5	77,1
VOS	42,9	46,9	45,5	49,4	68,8	81,7	69,5	82,8
NO _x	43,6	47,4	46,2	50,9	28,9	71,4	29,4	72,7
Aerosolen	57,1	60,7	60,6	63,6	84,1	87,3	84,7	88,3

3.4.5 Conclusies

Met het model wordt een energiegebruik door mobiele werktuigen in Nederland in 1990 berekend van 28,6 PJ. Dit energiegebruik zal in het ER-scenario in 2020 toegenomen zijn tot

een kleine 50 PJ en in het GS-scenario tot ruim 35 PJ. Belangrijkste oorzaak van dit verschil is de grotere gerealiseerde economische groei in het algemeen en in de sector handel en horeca in het bijzonder. In deze sector worden veel speciale voertuigen ingezet en de koppeling met de economische groei is erg sterk (elasticiteit is 1,8). Het verschil tussen beide scenario's wordt dus met name door de speciale voertuigen veroorzaakt.

In 1990 vormden werktuigen ten behoeve van het grondverzet en de landbouwwerktuigen de grootste energiegebruikers, in 2020 zijn de speciale voertuigen de belangrijkste categorie. Daarbij moet een voorbehoud gemaakt worden. De afgelopen vijftien jaar is het energiegebruik door speciale voertuigen alleen maar gedaald; het lijkt onwaarschijnlijk dat het energiegebruik tussen 1990 en 2020 vertwee- tot verviervoudigd (resp. het GS- en ER-scenario).

Door gestelde emissienormen zullen de emissies aanzienlijk dalen ten opzichte van de situatie zonder beleid. Voor alle vier de stoffen waarvoor maatregelen worden verondersteld, resulteren extra maatregelen in 2010 voor beide scenario's in nog lagere emissies in 2020 dan in het beleidspakket I.

De emissies van CO₂ zullen analoog aan het energiegebruik stijgen, aangezien er geen beleid voor deze uitstoot gepland staat.

3.5 Aandeel mobiele werktuigen in energiegebruik en emissie in verkeer en vervoer en totaal Nederland

3.5.1 Inleiding

In deze paragraaf zullen de resultaten uit paragraaf 3.4 in een breder perspectief geplaatst worden door ze te vergelijken met energiegebruik en emissies in de sector verkeer en met energiegebruik en emissies van heel Nederland (alle sectoren). In de paragraaf 3.5.2 wordt weergegeven hoe met het model berekende energiegebruik en emissies van mobiele werktuigen zich verhouden tot jaarlijkse totalen voor de sector verkeer en vervoer en voor Nederland.

3.5.2 Aandeel mobiele werktuigen in energiegebruik en emissies 1990

In 1990 was het energiegebruik in Nederland 2.777 PJ. Hiervan werd 370 PJ (=13,3 %) verbruikt door de sector verkeer en vervoer (MV3, 1993). Volgens de in dit rapport gemaakte berekeningen hebben de overige mobiele bronnen hierin een aandeel van 6,3 % (23,3 PJ), hetgeen 0,8 % van het totale Nederlandse verbruik betekent. Speciale voertuigen hebben een aandeel van 1,4 % (5,3 PJ) in het energiegebruik van de sector verkeer en vervoer in Nederland en een aandeel van 0,2 % in het totale gebruik in Nederland. Hiermee heeft de groep mobiele werktuigen (speciale voertuigen en overige mobiele bronnen) een aandeel van

7,7% in de sector verkeer en vervoer en een aandeel van 1,0% in het energiegebruik van totaal Nederland.

De berekende aandelen van emissies van overige mobiele bronnen en speciale voertuigen in verkeer en vervoer en de nationale emissies zijn terug te vinden in tabel 3.6.

3.5.3 Aandeel mobiele werktuigen in energiegebruik en emissies in 2010

Voor het kader van de prognoses zoals die gemaakt zijn tot 2020 wordt gebruik gemaakt van de gegevens uit de MV3. Hierin zijn prognoses te vinden tot 2010, zodat in deze paragraaf de prognoses van 2010 met elkaar vergeleken zullen worden. Om een zinvolle vergelijking te maken, mogen de gemaakte veronderstellingen niet te veel van elkaar afwijken.

De gemaakte prognoses in de MV3 zijn gebaseerd op beleidsvoornemens die op het moment van verschijnen (1993) bekend waren en waarvan op dat moment verwacht werd dat ze nog voor 1995 vastgesteld zou worden. De MV3 levert de beste set gegevens voor een vergelijking van de berekende waarden voor overige mobiele bronnen en speciale voertuigen met de overige energiegebruikers en emissiebronnen in Nederland. Voor de vergelijking is het standaardpakket van maatregelen uit de MV3 gebruikt en zijn de uitkomsten van het model met het maatregelpakket I genomen.

Tabel 3.7 Aandelen in emissies 2010 met maatregelpakket I (%)

		Aandeel Overige mobiele bronnen		Aandeel Speciale voertuigen	
		Sector verkeer en vervoer	Totaal Nederland	Sector verkeer en vervoer	Totaal Nederland
1990	Energie	6,3	0,8	1,4	0,2
	CO ₂	6,7	1,0	1,4	0,2
	CO	2,9	2,0	0,8	0,5
	NO _x	8,5	4,7	1,8	1,0
	VOS	3,2	1,3	2,2	0,9
	Aerosolen ¹	8,9	3,1	5,5	1,9
Global Shift 2010	Energie	6,3	0,8	1,9	0,2
	CO ₂	5,3	0,8	1,7	0,3
	CO	3,4	2,1	1,3	0,8
	VOS	9,8	6,0	3,4	2,1
	NO _x	4,8	1,6	1,9	0,6
	Aerosolen	7,4	2,9	1,6	0,6
European Renaissance 2010	Energie	6,9	0,9	2,7	0,3
	CO ₂	5,9	0,9	2,2	0,3
	CO	3,5	2,0	1,6	0,9
	VOS	9,3	5,9	4,3	2,7
	NO _x	4,9	1,7	2,5	0,8
	Aerosolen	7,1	2,5	1,9	0,7

Bron: RIVM, 1993

De aandelen in het totale energiegebruik door mobiele werktuigen lijken daarmee redelijk constant te zijn. Door uitvoering van de emissienormeringen van maatregelpakket I blijven de aandelen van de emissies van mobiele werktuigen behoorlijk constant ten opzichte van 1990. Wanneer geen beleid gevoerd wordt, zullen de aandelen van mobiele werktuigen in de totale emissies behoorlijk stijgen.

¹ In de MV3 staan geen emissiecijfers voor aerosolen opgenomen. De gebruikte waarden zijn de gegevens voor fijn stof. Onder fijn stof worden alleen de aerosolen kleiner dan 10 µm verstaan. Dit komt overeen met de emissie van PM₁₀ zoals die in het model berekend wordt. Aangezien de fractie van aerosolen kleiner dan 10 µm en ook de fractie die kleiner is dan 2,5 µm gelijk is aan 1 (Van den Brink, 1996 in voorbereiding), zijn fijn stof en aerosolen in dit geval aan elkaar gelijk. In de gegevens voor fijn stof zit overigens nog een grote onzekerheid, de weergegeven waarde vormt het midden van de opgegeven range in de MV3.

4 GEVOELIGHEIDSANALYSE

4.1 Inleiding

Bij de beschrijving van het model in hoofdstuk 2 is al op een aantal plaatsen aangegeven dat de gegevens die in het model gebruikt worden in een groot aantal gevallen berusten op inschattingen die gemaakt zijn door deskundigen. Van deze bron voor gegevens is gebruik gemaakt, aangezien maar weinig statistische bronnen zijn gevonden. Inherent aan het gebruiken van inschattingen door diverse deskundigen is een relatief grote fout in de gebruikte waarden. De resultaten die gepresenteerd zijn in hoofdstuk 3 zijn de waarden die het model oplevert met de gebruikte default-waarden. In hoeverre deze resultaten reëel zijn en in welke mate ze af zouden wijken, indien andere waarden gebruikt zouden worden voor de variabelen is in hoofdstuk 3 niet weergegeven.

In hoofdstuk 4 zal dan ook getracht worden in grote lijnen weer te geven hoe de uiteindelijke resultaten van het model veranderen, bij een verandering in de gebruikte waarden voor variabelen. Daartoe wordt in paragraaf 4.2 in eerste instantie aangegeven welk effect een verandering in de afzonderlijke variabelen op het totale energiegebruik heeft. Vervolgens wordt onderzocht hoe de marges in de verschillende variabelen resulteren in een marge rond de resultaten. Tenslotte worden in paragraaf 4.3 de conclusies uit deze analyses weergegeven.

4.2 Gevoeligheidsanalyse

4.2.1 Opzet van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse

Om na te kunnen gaan in hoeverre een model gevoelig is voor veranderingen in de ingevoerde waarden wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Een dergelijke gevoeligheidsanalyse kan op verschillende niveaus worden gemaakt. Van fundamenteel (wijze van modelleren en causale structuur van het model) tot praktisch (effect van veranderingen in de initiële waarden van variabelen). De gevoeligheidsanalyse zal hier uit praktische overwegingen beperkt blijven tot het laatste onderdeel: in hoeverre hebben veranderingen in de initiële waarde van variabelen effect op de uitkomsten van het model.

In deze paragraaf wordt geprobeerd een zo duidelijk mogelijk beeld te geven van de invloed van wijziging van de variabelen op het berekende energiegebruik. Daartoe worden in eerste instantie de variabelen verdeeld in twee typen; variabelen waarbij een procentuele verandering in de initiële waarde resulteert in een evengrote procentuele verandering van het resultaat (lineaire relatie) en variabelen waarbij deze relatie niet lineair is. Hierbij wordt steeds uitgegaan van het energiegebruik van die specifieke werktuigcategorie, waarvan één variabele wordt gewijzigd. Het effect op het totale energiegebruik is altijd kleiner, omdat dat gevormd wordt door de som van de verschillende werktuigcategorieën. In tabel 4.1 staan de verschillende typen variabelen die in het model gebruikt worden, weergegeven. Hierbij staat voor elk type variabelen het aantal variabelen van dat type in het model aangegeven, in welke module ze

gebruikt worden en of het effect van een verandering van de variabele al dan niet lineair doorwerkt in de resultaten.

Tabel 4.1 Variabelen in het model

Variabele type	Aantal	Module in model	Effect
Parkomvang per werktuigtype	10	'prestatie'	Lineair
Jaarlijkse inzet per werktuigtype	10	'prestatie'	Lineair
Energiegebruik [l/uur] per werktuigtype	10	'techniek'	Lineair
Omvang landbouwareaal per gewassoort	36	'landbouw'	Lineair
Energiegebruik [l/ha] per gewassoort	6	'landbouw'	Lineair
Bewerkingsintensiteit	30	'landbouw'	Lineair
Verdeling werktuigen naar SBI-sectoren	63	'economie'	Niet-lineair
Elasticiteiten	63	'economie'	Niet-lineair
Uitvalcurve	1	'techniek'	Niet-lineair
Inzetcurve	1	'techniek'	Niet-lineair
Jaarlijkse verkoopcijfers	300 ^a	'techniek'	Niet-lineair

^a Hoewel de jaarlijkse verkoopcijfers per werktuigcategorie voor dertig jaar in het model nodig zijn, is het niet volledig juist om van 30 variabelen per werktuigcategorie te spreken, aangezien de jaarlijkse verkoopcijfers voor dertig jaar vaak afgeleid zijn uit één waarde voor de parkomvang.

In paragraaf 4.2.2 zal het effect van 'lineaire variabelen' uiteengezet worden. In paragraaf 4.2.3 zullen de 'niet-lineaire variabelen' beschreven worden. Tot slot zullen in paragraaf 4.2.4 de effecten van de marges van de verschillende variabelen op het totaal bekeken worden. Er zal bij de verschillende variabelen steeds gekeken worden wat het effect van een verandering van de initiële waarde op het totale energiegebruik door de mobiele werktuigen is. Er zijn nog meer gegevens waar de verschillende variabelen effect op hebben, maar voor het verstrekken van inzicht in de gevoeligheden is het voldoende als naar het effect op alleen die output gekeken wordt. Reden hiervoor is dat andere variabelen vaak een lineaire relatie hebben met het energiegebruik. Alleen bij een wijziging in het verloop van de emissiefactoren is deze relatie niet lineair. Het effect hiervan is echter relatief klein, aangezien de oudste jaargangen een klein deel hebben in de totale prestatie en daarmee in het totale energiegebruik.

4.2.2 Lineaire variabelen

Een verandering van de initiële waarde in een van de 'lineaire variabelen' heeft een even grote verandering in het energiegebruik tot gevolg. Een goed inzicht in de manier waarop deze variabelen effect hebben op de berekening van het energiegebruik kan verkregen worden door de initiële waarde van de variabele te indiceren op 1, evenals het resultaat, het energiegebruik van de betreffende werktuigcategorie. Verandering van de variabelen met tien procent levert ook een verandering van tien procent in het totale energiegebruik op van de werktuigcategorie.

Het effect van een combinatie van veranderingen in verschillende variabelen kan op dezelfde wijze bekeken worden. Wanneer de waarde van de ene variabele met 10% daalt en de andere met 10% stijgt, resulteert dit in een energieverbruik van $0,9 \cdot 1,1 = 0,99$. Hiermee is het energieverbruik van de betreffende werktuigcategorie met 1% gedaald. Stijgen beide variabelen met 10% dan stijgt het energieverbruik met 21% ($1,1 \cdot 1,1 = 1,21$).

Zoals hiervoor is aangegeven, wordt steeds geredeneerd vanuit het effect op het energieverbruik. Alle 'lineaire variabelen' hebben een lineair effect op het totale energieverbruik van de werktuigcategorie (of gewassoort) waarop ze betrekking hebben. Het effect op het *totale* energieverbruik is afhankelijk van het aandeel van de werktuigcategorie in het totale energieverbruik. Achtereenvolgens zullen nu de verschillende groepen 'lineaire variabelen' besproken worden en wordt een idee gegeven van het energieverbruik per werktuigcategorie.

Parkomvang, jaarlijkse inzet en energieverbruik per uur

Teneinde inzicht te krijgen in de effecten van een wijziging van een variabele op het totale energieverbruik, moeten de aandelen van de verschillende werktuigcategorieën in het totaal bekend zijn. In tabel 4.2 staan deze aandelen gegeven voor het basisjaar 1990.

Tabel 4.2 Aandeel per werktuigcategorie in totaal energieverbruik 1990

Werktuigcategorie	Aandeel in energieverbruik in het basisjaar
Graafmachines	17,7 %
Laadschoppen	11,0 %
Overig grondverzet	1,3 %
Wegenbouw	1,9 %
Heftrucks diesel	11,6 %
Heftrucks LPG	3,7 %
Hijskranen	2,9 %
Speciale voertuigen diesel	14,2 %
Speciale voertuigen benzine	1,5 %
Landbouwwerktuigen	33,0 %

Bovenstaande werktuigcategorieën vormen maar 90% van het totale energieverbruik door mobiele werktuigen. Voor de overige werktuigen wordt het totale energieverbruik opgehoogd. Een afwijking in het energieverbruik van één van de werktuigcategorieën mag daardoor gewoon met het aandeel van de desbetreffende categorie in het totaal vermenigvuldigd worden.

De wijze van doorwerken van veranderingen werkt voor de zichtjaren op dezelfde manier door. Alleen veranderen in de zichtjaren de aandelen van de afzonderlijke werktuigcategorieën in het totale gebruik. De aandelen zoals die in tabel 4.2 vermeld staan, zijn voor de zichtjaren

anders. Het effect van een verandering in één van de categorieën op het totaalgebruik is dan ook afhankelijk van de ontwikkeling van alle categorieën.

Landbouwvariabelen

Zoals in paragraaf 2.5 al aangegeven werd, zijn er een viertal typen variabelen die het energiegebruik in de landbouw bepalen, de areaalomvang, het energiegebruik per hectare en de twee correctiefactoren. Voor de berekening van het basisjaar blijft dit zelfs beperkt tot de eerste twee; de areaalomvang en het energiegebruik per hectare. De waarden van deze variabelen zijn per gewassoort verschillend.

Het effect van een verhoging van tien procent in de variabelen op het totale energiegebruik is afhankelijk van het aandeel dat die gewassoort heeft in het totale energiegebruik van de landbouwwerktuigen. Deze aandelen staan voor het basisjaar weergegeven in tabel 4.3. Het totale energiegebruik van landbouwwerktuigen vormt in het basisjaar 33,0 % van het totale energiegebruik door mobiele werktuigen.

Tabel 4.3 Aandeel energiegebruik landbouwwerktuigen per gewassoort in het totaal 1990

Gewassoort	Aandeel in totaal energiegebruik landbouwwerktuigen in het basisjaar
Snijmais	11,3 %
Grasland	46,5 %
Consumptie- + Fabrieksaardappelen	15,1 %
Suikerbieten + Pootaardappelen	11,1 %
Tarwe	9,6 %
Overig	6,3 %

Voor de zichtjaren spelen ook de variabelen 'Correctiefactor Bewerkingsintensiteit' en 'Correctiefactor Energiegebruik' een rol. In de eerste variabele kan een verandering in de hoeveelheid en aard van de bewerkingen doorgevoerd worden. De tweede variabele corrigeert voor het eventueel zuiniger worden van de landbouwwerktuigen, waardoor het energiegebruik per hectare afneemt. Deze variabele wordt aangeleverd door de module 'techniek'. Ook hier werken toekomstige veranderingen weer op dezelfde wijze door, met dien verstande dat de aandelen in het totale energiegebruik wijzigen ten opzichte van de aandelen in het basisjaar.

4.2.3 Niet-lineaire variabelen

Naast de variabelen die lineair in de resultaten doorwerken, is er een aantal variabelen waarvan het effect van een verandering in de initiële waarden niet lineair is. De effecten van veranderingen in de initiële waarden van deze variabelen zullen hier per groep variabelen aangegeven worden.

Verdeling werktuigen naar SBI-sectoren

De gemaakte indeling van werktuigen naar SBI-sectoren lijkt tamelijk betrouwbaar te zijn. Het is tamelijk eenduidig aan te geven in welke sectoren bepaalde bewerkingen uitgevoerd worden en welke werktuigen daarvoor nodig zijn. De fout in deze indeling is dan ook niet erg groot. Een veranderde indeling heeft effect op de prognoses, hierdoor zou een gedeelte van de prestatie met andere economische groeicijfers en elasticiteiten vermenigvuldigd moeten worden. Aangezien de verschillen tussen de economische groei en de elasticiteiten voor de verschillende sectoren gering is, zal een verandering van de indeling naar sectoren maar een klein effect hebben. Een uitzondering hierop vormt de groep speciale voertuigen, het aandeel van de voertuigen dat ingedeeld is bij sector 6 (handel & horeca, met een grote groei in de scenario's en een grote waarde voor de elasticiteit). Een wijziging van het aandeel van de totale prestatie in sector 6 heeft wel een merkbare invloed op het totale energiegebruik.

Elasticiteiten

Belangrijkste variabelen ter bepaling van de ontwikkeling van het energiegebruik zijn de elasticiteiten. Om een indruk van het effect van een verandering van de initiële waarden op het energiegebruik in zichtjaren weer te geven, staan in tabel 4.4 de energiegebruiken bij een aantal waarden voor de elasticiteit. Hierbij is als basisscenario steeds verondersteld dat alle elasticiteiten (dus ook die voor speciale voertuigen) 0,7 zijn, zodat eenduidig het effect van een evengrote verandering op alle elasticiteiten aangetoond kan worden.

Tabel 4.4.a. Invloed van een verandering van de elasticiteit op het energiegebruik: Global Shift scenario ($\epsilon = 0,7$ is 100)

Jaar	Gebruikte waarde voor de elasticiteit in het hele model						
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1990	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1995	98.96	99.31	99.65	100.00	100.35	100.69	101.04
2000	97.98	98.66	99.31	100.00	100.72	101.44	102.16
2005	96.28	97.34	98.91	100.00	101.13	102.25	103.41
2010	93.88	95.54	98.20	100.00	101.80	103.69	105.62
2015	90.80	93.34	97.21	100.00	102.89	105.93	109.07
2020	87.69	91.13	96.14	100.00	104.04	108.33	112.88

Tabel 4.4.b Invloed van een verandering van de elasticiteit op het energiegebruik: European Renaissance scenario ($\epsilon = 0,7$ is 100)

Jaar	Gebruikte waarde voor de elasticiteit in het hele model						
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1990	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1995	98.23	99.07	99.17	100.00	100.87	101.74	102.60
2000	94.87	96.56	98.25	100.00	101.78	103.63	105.54
2005	91.62	94.18	97.29	100.00	102.86	105.82	108.90
2010	87.82	91.42	96.00	100.00	104.23	108.75	114.92
2015	83.88	88.56	94.57	100.00	105.85	112.15	118.99
2020	79.93	85.64	93.08	100.00	107.61	115.99	125.20

Uit theoretische verwachtingen, aangevuld met de opmerkingen van deskundigen, mag verondersteld worden dat de elasticiteiten waarschijnlijk tussen de 0,4 en de 1,0 zullen liggen. Het effect van deze elasticiteiten op het eindresultaat is niet al te groot; het valt bij het ER-scenario in 2020 25% hoger uit bij een elasticiteit die 43% hoger is dan de basiswaarden (1,0 in plaats van 0,7).

In tabel 4.4 c en d zijn dezelfde gegevens gebruikt als in tabel 4.4 a en b. Alleen is hier het effect op de groei van een verandering van een elasticiteit weergegeven ten opzichte van de groei die gerealiseerd wordt in een zichtjaar, in vergelijking met het basisjaar. 1990 is in deze tabel dan ook niet meegenomen.

Ook hier is als uitgangspunt de waarde van 0,7 gebruikt voor alle elasticiteiten in het model. Voor het effect van bijvoorbeeld de waarde van de elasticiteit van 0,6 in 1995 wordt het verschil in absolute waarde in energiegebruik bij een elasticiteit van 0,6 en 0,7 gedeeld door de verandering in energiegebruik tussen 1990 en 1995 bij een elasticiteit van 0,6.

Tabel 4.4.c Invloed van een verandering van de elasticiteit op de verandering van het energiegebruik (%) in het basisjaar Global Shift scenario

Jaar	Gebruikte waarde voor de elasticiteit in het hele model						
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1995	-97	-65	-32	0	32	65	97
2000	-105	-70	-36	0	37	75	112
2005	-156	-111	-46	0	47	94	143
2010	-126	-92	-37	0	37	76	116
2015	-100	-72	-30	0	31	64	98
2020	-90	-65	-28	0	30	61	94

Tabel 4.4.d Invloed van een verandering van de elasticiteit op de verandering van het energiegebruik (%) in het basisjaar European Renaissance scenario

Jaar	Gebruikte waarde voor de elasticiteit in het hele model						
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1995	-39	-21	-19	0	19	39	58
2000	-58	-39	-20	0	20	41	63
2005	-65	-45	-21	0	22	45	70
2010	-67	-47	-22	0	23	48	77
2015	-67	-48	-23	0	24	51	79
2020	-68	-49	-23	0	26	54	85

Door de verandering in resultaten op deze manier te bekijken wordt duidelijk dat de elasticiteiten wel een heel belangrijke rol spelen in de mate waarin het energiegebruik in de zichtjaren verandert. Een verandering van de elasticiteit met 0,1 (ongeveer 14%) resulteert meestal in een afwijking in de ontwikkeling van het energiegebruik die in de meeste gevallen twee keer zo groot is.

De techniekvariabelen

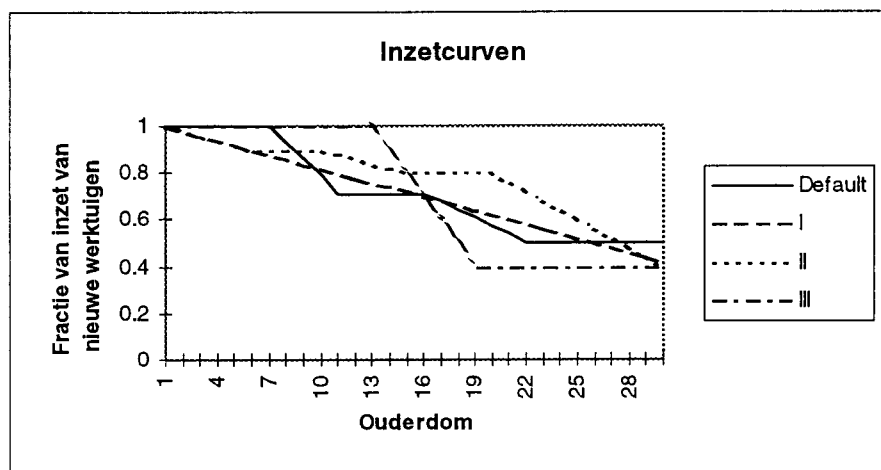
Jaarlijkse verkoopcijfers, inzetcurve, uitvalcurve en technische karakteristieken van de voertuigen spelen allemaal een rol in de module 'techniek'. Deze module heeft in het ontwikkelde model geen *directe* invloed op het berekende energiegebruik, maar levert een aantal correctiefactoren aan die op andere plaatsen in het model gebruikt worden. In dit gedeelte wordt bekeken hoe verandering van de initiële waarden van de genoemde variabelen resulteert in een verandering van de output in de vorm van een correctiefactor.

De jaarlijkse verkoopcijfers zijn zoals eerder aangegeven in de meeste gevallen afgeleid uit de parkomvang en de uitvalcurve. Een aparte analyse van de effecten van wijzigingen in de jaarlijkse verkoopcijfers naast de effecten van de parkomvangen en de uitvalcurve is niet gemaakt.

De verandering van de motorefficiency in het verleden heeft effect op het uitgevoerde gemiddelde parkverbruik in het basisjaar, maar door het grote aandeel van relatief nieuwe voertuigen in de totale prestatie, is dit effect gering.

De belangrijkste variabelen in de module 'techniek' worden dan ook gevormd door de gekozen uitval- en de inzetcurve. Feitelijk bestaan de curven uit dertig waarden, voor voertuigen van 1 tot 30 jaar oud. In deze analyse zullen de twee curven als één geheel bekeken worden. De gekozen curven zijn vervangen door drie mogelijke andere curven, om vast te stellen wat het effect hiervan is op het berekende energiegebruik.

Bij het doorrekenen van het model werken de beide curven op dezelfde manier door. Hoewel de inzet- en de uitvalcurve verschillend van vorm zijn, reageert het model op een verandering in wezen identiek; een verandering ten opzichte van de gekozen vorm heeft een andere opbouw van de prestatie naar bouwjaar tot gevolg. Of deze verandering veroorzaakt wordt door een verandering in de uitval- of de inzetcurve maakt niet uit. Gezien de vrij complexe handelingen die verricht moeten worden om de uitval-curve te wijzigen (ook de jaarlijkse verkoopcijfers moeten dan aangepast worden), worden alleen voor de inzetcurve drie andere mogelijkheden doorgerekend. De drie nieuwe curven wijken niet sterk af van de gekozen curve. Hiervoor is gekozen, omdat de gebruikte curve op tamelijk uitgebreid onderzoek berust. Daardoor is deze curve redelijk betrouwbaar en zijn de marges klein gehouden. Daarbij moet bedacht worden dat met name een verandering in de eerste jaren effect heeft op de totale verdeling van de prestatie. De oudste jaargangen hebben maar een klein aandeel in de totale prestatie. De in figuur 4.1 weergegeven curven stellen de inzetcurven voor. De inzet voor oude voertuigen die verondersteld is, wordt alleen gerealiseerd door het kleine aantal voertuigen dat nog in het park aanwezig is.



Figuur 4.1 Drie alternatieve inzetcurven

De afwijkingen die deze inzetcurven in het totale energiegebruik van mobiele werktuigen hebben, staat weergegeven in de tabellen 4.5 a en b.

Tabel 4.5 a Afwijking in procenten van het energiegebruik bij gebruik van alternatieve inzetcurven voor het Global Shift -scenario

Jaar	I	II	III
1990	-0.77	3.64	4.47
1995	-0.76	3.66	4.48
2000	-0.78	3.71	4.60
2005	-0.81	3.76	4.70
2010	-0.83	3.85	4.88
2015	-0.89	3.94	5.15
2020	-0.89	4.10	5.43

Tabel 4.5 b Afwijking in procenten van het energiegebruik bij gebruik van alternatieve inzetcurven voor het European Renaissance-scenario

Jaar	I	II	III
1990	-0.77	3.64	4.47
1995	-0.80	3.71	4.58
2000	-0.81	3.84	4.78
2005	-0.85	3.94	5.02
2010	-0.87	4.11	5.32
2015	-0.88	4.26	5.67
2020	-0.90	4.46	6.04

In de drie gebruikte curven is een iets lager eindniveau van de curven verondersteld dan in de gekozen defaultcurve (0,4 in plaats van 0,5). Bij de lineair afnemende curve I, die dicht langs de defaultwaarde ligt, is te zien dat de netto hogere inzet in de tweede helft van de curve weinig effect heeft op het totale energiegebruik.

De overige curven veronderstellen met name een andere inzet in het midden (tussen de 10 en 20 jaar) van de volledige levensduur; dit resulteert in een afwijking van 4 tot 6 % in het totale energiegebruik.

Voor de toekomstige emissiefactoren is geen gevoeligheidsanalyse gemaakt; deze worden evenals de economische groeicijfers in scenario's verwerkt. Er zijn drie verschillende emissiescenario's verondersteld; zonder beleid (constante emissiefactoren) en met beleidspakket I en II. De emissiefactoren voor de jaren 1960 tot 1990 zijn in het model constant gehouden. Een verhoging of verlaging van de constante emissiefactoren zou een evenredige verandering in de totale emissies betekenen. Een verandering van de emissiefactoren door het veronderstellen van een trend in de emissiefactoren werkt niet lineair door in de berekende totale emissies. In dat geval zou echter verondersteld worden dat werktuigen uit bouwjaar 1960 hogere emissiefactoren hebben dan de werktuigen uit 1990. Ook hier geldt weer dat de werktuigen met de oudste bouwjaren het kleinste effect in de totale emissies hebben en de veronderstelling van afnemende emissiefactoren daardoor maar een marginaal effect heeft.

4.2.4 Het doorwerken van verschillende betrouwbaarheidsintervallen in de resultaten

Vrijwel alle variabelen die in het model ingevoerd worden, zijn gebaseerd op inschattingen van deskundigen. De fout die in deze waarden zit, zal dan ook groter zijn dan bij variabelen waar betrouwbare statistische gegevens aan ten grondslag liggen. In paragraaf 2.3 staat voor een aantal variabelen al een inschatting van de orde van grootte van deze fouten.

De marge rond de variabelen wordt gebruikt bij het maken van een Monte-Carlo analyse. Bij het maken van Monte-Carlo simulaties worden random waarden getrokken uit de opgegeven

kansverdelingen voor de variabelen. Daarbij hebben de waarden die in de kansverdeling een grotere kans toegedeeld hebben gekregen, ook een grotere kans om getrokken te worden. Wanneer voor alle variabelen op deze manier een waarde is getrokken, wordt met deze waarden het model opnieuw doorgerekend. Deze handelingen worden steeds herhaald. Doordat met allerlei mogelijke waarden voor verschillende variabelen steeds een andere uitkomst berekend wordt, resulteert dit in een range van uitkomsten welke een idee geven van de spreiding die rondom de modeluitkomst te verwachten valt..

Om een statistisch betrouwbare analyse te maken moet een groot aantal runs gemaakt worden. Pas wanneer met enkele honderden waarden het model opnieuw doorgerekend is, mogen conclusies met betrekking tot de spreiding getrokken worden. Met een te klein aantal runs kan het toeval een te grote rol spelen. Daarom is in deze analyse steeds gewerkt met een minimum van 2.000 runs.

In deze paragraaf wordt als uitgangspunt gehanteerd dat de gebruikte waarde voor de variabelen in het model de beste schatting is. Ondanks de constatering dat de gebruikte elasticiteiten voor (een deel van) de speciale voertuigen zeer onzeker zijn, worden deze waarden in de analyse die in deze paragraaf wordt beschreven, wel als de meest waarschijnlijke gebruikt. Voor het maken van de analyse moet voor iedere variabele deze marge, in de vorm van een kansverdeling, opgegeven worden. Hierbij wordt aan iedere mogelijke waarde voor een variabele een kans gegeven dat deze waarde voorkomt.

Voor het maken van een dergelijke analyse is gebruik gemaakt van het software-pakket Crystal Ball (Decisioneering, 1988). Met behulp van dit pakket worden Monte-Carlo simulaties uitgevoerd.

Om een dergelijke analyse uit te voeren moet rondom alle initiële waarden van variabelen een kansverdeling opgegeven worden. In het model wordt voor alle variabelen een normaalverdeling rondom de verwachtingswaarde verondersteld. De meest waarschijnlijke waarde (in dit geval de defaultwaarde uit het model) is de verwachtingswaarde. Er moet dan, naast de verwachtingswaarde μ , een standaard deviatie σ opgegeven worden. Bij een normaalverdeling is ongeveer 68% van de mogelijke uitkomsten terug te vinden in het interval $(\mu \pm \sigma)$.

Er is verondersteld dat alle schattingen zoals die door deskundigen gemaakt zijn binnen het 68%-betrouwbaarheidsinterval (afgerond op een veelvoud van 5%) te vinden zijn.

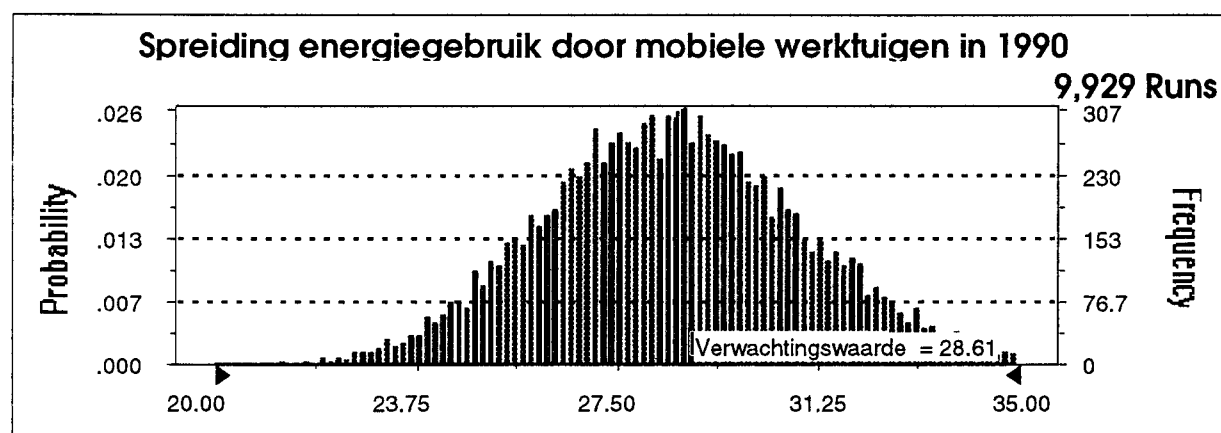
Een overzicht van de waarden die voor de verschillende waarden voor μ en σ gebruikt zijn, is te vinden in bijlage 13. De belangrijkste variabelen staan weergegeven in tabel 4.6.

Tabel 4.6 Normaalverdelingen opgegeven rondom variabelen

Variabele	Verwachtingswaarde (μ)	Standaarddeviatie (σ)
Elasticiteit	0,7	0,21
Landbouwareaal	default waarde model	10 %
Parkomvang	default waarde model	10 tot 35 %
Inzet	default waarde model	10 tot 35 %
Verdeling sectoren	default waarde model	10 %
Energiegebruik	default waarde model	10 tot 35 %

Zoals in de tabel te zien is, worden de jaarlijkse groeicijfers van de economie en de emissiefactoren niet meegenomen in de analyse. Evenals bij de analyse in de vorige subparagraaf worden deze cijfers beschouwd als mogelijke toekomstbeelden, welke door scenario's aangeleverd moeten worden.

In figuur 4.2 is het resultaat van een dergelijke gevoeligheidsanalyse voor het basisjaar te zien.



Figuur 4.2 Kansverdeling rondom de berekende waarde van het energiegebruik door mobiele werktuigen in 1990

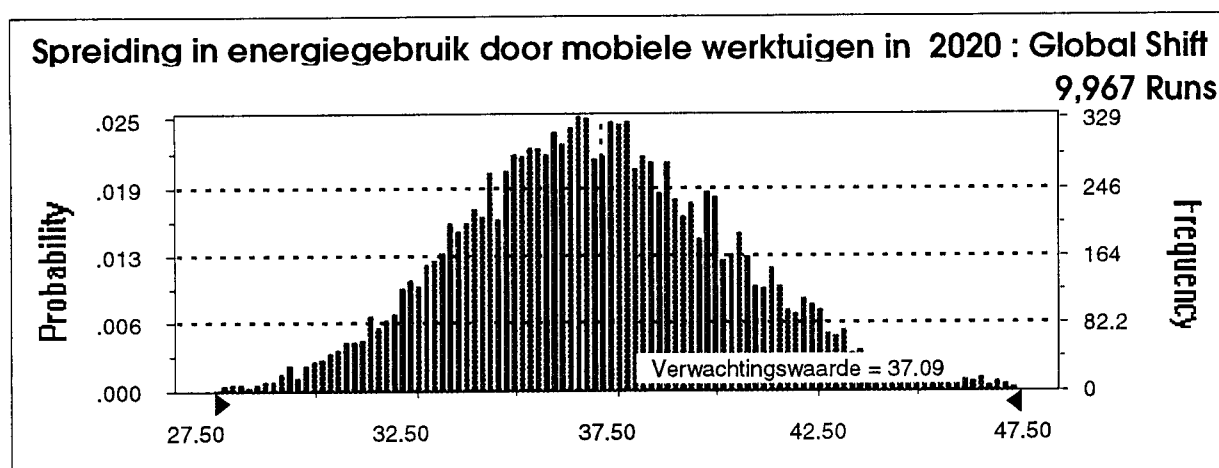
Er is duidelijk te zien dat er sprake is van een normaalverdeling rondom de verwachtingswaarde van 28,61 PJ. De waarde van 28,61 PJ werd ook als energiegebruik voor 1990 berekend met de defaultwaarden voor de variabelen. In tabel 4.7 staan de verschillende betrouwbaarheidsintervallen van de berekende waarde weergegeven.

Tabel 4.7 Betrouwbaarheidsinterval rond het energiegebruik door mobiele werktuigen 1990 [PJ]

Betrouwbaarheidsinterval	Verwachtingswaarde	Ondergrens	Bovengrens
25%	28,6	27,8	29,3
50%	28,6	26,9	30,2
80%	28,6	25,5	31,8
95%	28,6	24,0	33,6

Wanneer wordt uitgegaan van een 80%-betrouwbaarheidsinterval is er sprake van een afwijking van 3,1 resp. 3,2 PJ aan de onder- en bovenkant van de verdeling. Dit komt overeen met een relatieve fout van 11,2%.

Voor het maken van de prognoses wordt gebruik gemaakt van een extra groep variabelen; de elasticiteiten. Hierdoor wordt het betrouwbaarheidsinterval van het berekende energieverbruik in 2020 voor de twee doorgekende scenario's (GS en ER) groter dan in het basisjaar. De kansverdeling rondom het energieverbruik in 2020 in het Global Shift scenario is terug te zien in figuur 4.3, de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen in tabel 4.8.



Figuur 4.3 Kansverdeling rondom energieverbruik door mobiele werktuigen in 2020 volgens het Global Shift scenario

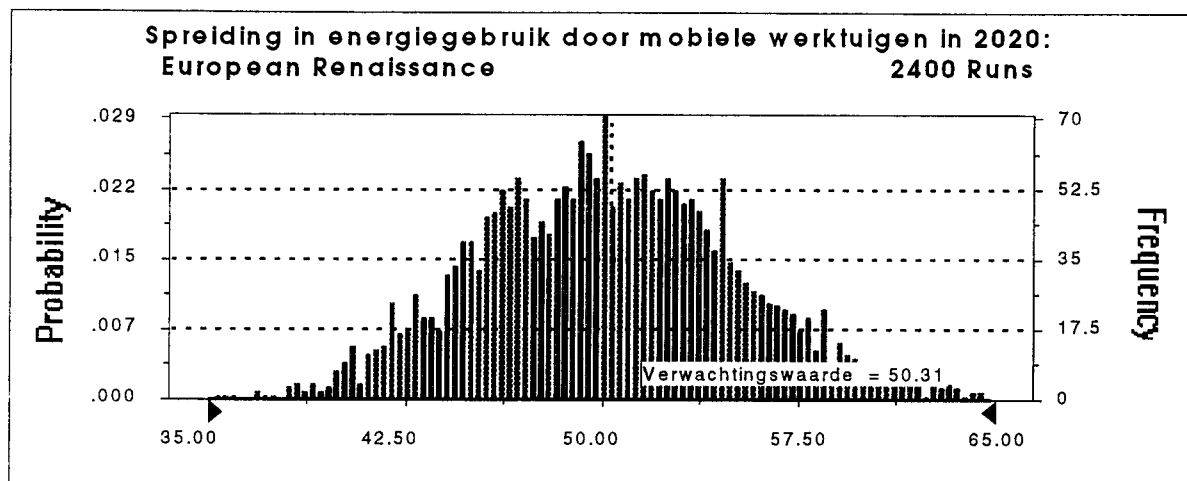
Ook hier is sprake van een normaalverdeling rondom de verwachtingswaarde 37,09 PJ. Deze verwachtingswaarde komt overeen met het berekende energieverbruik van 37,04 PJ, indien voor alle variabelen de verwachtingswaarde gebruikt wordt. In tabel 4.8 staan de verschillende betrouwbaarheidsintervallen bij deze kansverdeling weergegeven.

Tabel 4.8 Betrouwbaarheidsinterval rond het energieverbruik door mobiele werktuigen in 2020 volgens het Global Shift scenario [PJ]

Betrouwbaarheidsinterval	Verwachtingswaarde	Ondergrens	Bovengrens
25%	37,1	35,9	38,0
50%	37,1	34,8	39,3
80%	37,1	32,8	41,6
95%	37,1	30,7	44,2

Het 80%-betrouwbaarheidsinterval loopt van 32,8 tot 41,6 PJ, een spreiding van 12,1% rond de verwachtingswaarde van 37,1 PJ.

De kansverdeling rondom het energiegebruik in 2020 in het European Renaissance scenario is terug te zien in figuur 4.4.



Figuur 4.4 Kansverdeling rondom energiegebruik door mobiele werktuigen in 2020 volgens het European Renaissance scenario

Er is sprake van een normaalverdeling rondom de verwachtingswaarde 50.31 PJ. Deze verwachtingswaarde komt overeen met het berekende energiegebruik indien voor alle variabelen de verwachtingswaarde gebruikt wordt, 50,18 PJ. In tabel 4.9 staan de verschillende betrouwbaarheidsintervallen bij deze kansverdeling weergegeven.

Tabel 4.9 Betrouwbaarheidsinterval rond het energiegebruik door mobiele werktuigen in 2020 volgens het European Renaissance scenario [PJ]

Betrouwbaarheidsinterval	Verwachtingswaarde	Ondergrens	Bovengrens
25%	50,3	48,7	51,9
50%	50,3	46,7	53,6
80%	50,3	44,1	56,8
95%	50,3	41,1	60,6

Het 80%-betrouwbaarheidsinterval loopt van 44,1 tot 56,8 PJ, een spreiding van 12,9% rond de verwachtingswaarde van 50,3 PJ.

4.3 Conclusies

De spreiding rondom de eindresultaten is voor een 80%-betrouwbaarheidsinterval in 1990 zo'n 25%, voor 2020 zo'n 27%. Daarmee is, ondanks het feit dat van vele schattingen gebruik is gemaakt, als gevolg van ontbreken van gegevens, het model toch redelijk robuust te noemen.

De grootste gevoelheden van het model liggen bij de basisinvoer van jaarlijkse inzet, parkomvangen en energiegebruik per uur. De spreidingen in de variabelen uit de technische module hebben slechts een beperkte invloed op het eindresultaat.

Voor het maken van prognoses voor het energiegebruik zijn waarden van de elasticiteiten van groot belang. Met name wanneer gekeken wordt naar de relatieve fout in gerealiseerde groei ten opzichte van de berekende groei. Een afwijking in de schatting van de elasticiteiten werkt dan door in een tweemaal zo grote afwijking in de berekende groei in 2020. Op die manier benaderd, blijkt het model erg gevoelig voor de waarde van de ingevoerde elasticiteiten.

Voor de absolute waarde in 2020 (niet de groei ten opzichte van 1990) echter, zijn het niet de elasticiteiten, maar de al eerder genoemde basisvariabelen (jaarlijkse inzet, parkomvang en energiegebruik), die de meeste invloed hebben op uitkomsten. In tabel 4.10 staan de variabelen gerangschikt op aandeel in de spreiding rond het eindantwoord.

Tabel 4.10 Variabelen met het grootste aandeel in de spreiding van het eindresultaat in 2020

Variabele	
1.	Parkomvang
2.	Jaarlijkse inzet
3.	Energiegebruik per uur
4.	Energiegebruik per hectare
5.	Bewerkingsintensiteit
6.	Elasticiteiten
7.	Motorefficiencyverbetering
8.	Verdeling werktuigen naar sectoren
9.	Emissiefactoren
10.	Uitval/inzetcurve

5 BESCHOUWING VAN HET MODEL EN AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

In de voorgaande hoofdstukken is de opzet van het model besproken, evenals de resultaten en grootste gevoeligheden die in het model te vinden zijn.

In dit hoofdstuk zullen een aantal punten voor discussie aangegeven worden en zal tevens aangegeven worden waar naar verwachting de grootste 'fouten' in de resultaten te vinden zijn. In paragraaf 5.1 worden algemene conclusies met betrekking tot het model getrokken, in paragraaf 5.2 worden een aantal aanbevelingen gedaan voor de verdere verzameling van gegevens.

5.1 Beschouwing van het model

- Het model voldoet goed aan de in paragraaf 1.3 gesteld eisen. Er zijn op een eenvoudige manier energiegebruik en emissies mee te berekenen en het model is vriendelijk in gebruik.
- Met name de modellering van de parkopbouw uit verschillende jaargangen is goed in het model weergegeven, waardoor de penetratie van nieuwe technieken in het park met het model uitstekend te simuleren is. Ook de effecten van beleid zijn daardoor goed na te gaan.
- De volumecomponent is door een gebrek aan gegevens nog niet optimaal gemodelleerd, het is zinvol om in latere versies van het model de aandacht met name op deze component te richten. De lacunes in deze volumecomponent zijn voor een groot deel terug te voeren op de gebrekkige gegevens voor de bepaling van elasticiteiten. De prognoses van de totale prestatie van de speciale voertuigen bevat daardoor een grote onzekerheid. Daarnaast kan de gebruikte methode ter discussie gesteld worden; er is wellicht een volstrekt andere verklarende variabele voor het gebruik van speciale voertuigen aan te wijzen.
- Het model omvat 90% van het energiegebruik door mobiele werktuigen en heeft daarmee een hoge dekkingsgraad.
- De berekening van de jaarlijkse prestatie en de jaarlijkse parkomvang door tractoren is in het model nog niet optimaal gemodelleerd. Parkomvang en jaarlijkse inzet kunnen het beste afgeleid worden uit het totale jaarlijkse energiegebruik. Aanvullende veronderstellingen zullen in dat geval nog gemaakt moeten worden.
- De prognoses voor parkomvangen zijn tamelijk onnauwkeurig, doordat deze terugwerkend moeten worden berekend uit de totale jaarlijkse prestatie. Er zijn op dat moment twee onbekenden; de jaarlijkse inzet en de parkomvang. In het model is de eerste constant gehouden voor de berekening van de tweede.

5.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

In aanvulling op de punten zoals die in paragraaf 5.1 aangegeven werden, zijn er een aantal gegevens te verzamelen, welke de resultaten van het model kunnen verbeteren.

- Het verzamelen van gegevens ter bepaling van de elasticiteiten. Dit zou mogelijk zijn wanneer het CBS jaarlijks de speciale voertuigen op zou delen naar de verschillende SBI-sectoren. Het zou daarmee wellicht ook mogelijk worden om de elasticiteiten op te delen in een structurele en een volumecomponent. Het zou goed mogelijk zijn dat de structurele component (in prestatie-eenheid per eenheid BNP) afneemt, terwijl de volumecomponent toeneemt. Voor bepaling van deze twee componenten is een grotere hoeveelheid gegevens nodig.
- Voor een nauwkeurigere bepaling van energieverbruik en emissies is het zinvol betere inzichten te hebben in de parkomvang, jaarlijkse inzet en het energieverbruik per uur van de verschillende werktuigcategorieën. Een groot deel van de onzekerheid van het eindantwoord zou daarmee weggenomen worden. Mogelijkerwijs kan een deel van dergelijke gegevens bij de typekeuring, die bij de instelling van emissienormering noodzakelijk wordt, verkregen worden.
- Er is erg weinig zicht op de elasticiteit van de inzet van overige mobiele bronnen. Verder onderzoek hiernaar kan zinvolle inzichten opleveren. Historische data kunnen deze elasticiteiten mede helpen bepalen. Wanneer de hierboven genoemde typekeuring ingevoerd wordt, kunnen na verloop van tijd ook beter elasticiteiten worden bepaald.
- Wanneer de resultaten van het tweede gedeelte van het tractoronderzoek van IPC-Plant uit Ede bekend zijn (met daarin de jaarlijkse inzet van een tiental tractoren en de wijze waarop deze gedurende die tijd gebruikt zijn), verdient het aanbeveling om met deze resultaten het model opnieuw door te rekenen. De resultaten die dit oplevert, geven waarschijnlijk een heel goed beeld van het energieverbruik door mobiele werktuigen in de landbouw. Dit onderzoek kan tevens gegevens opleveren van de jaarlijkse inzet en het energieverbruik per uur, waardoor de prognoses van de parkomvang van tractoren in zichtjaren aanzienlijk zullen verbeteren.
- De vertaling van prestaties naar parkomvang en jaarlijkse inzet dient nog nader bekeken te worden. Daartoe moeten gegevens verzameld worden welke aangeven hoe de jaarlijkse inzet wijzigt bij een verandering in de totale prestatie.

LITERATUUR

- Achten, P.A.J. (1990) *¹
De vergeten Sector
Delft: Innovation Associates BV
- Bijsterbosch, B.J. (1995) *
Emissie-onderzoek Landbouwtractoren (deelrapport)
Delft: TNO
- Boersema, J.J., J.W. Copius Peereboom, W.T. de Groot (1984)
Basisboek Milieukunde
Meppel, Amsterdam: Uitgeverij Boom
- Bozuwa, J., L.M. Bus, P.M. van Donselaar (1996) *
BARGE-model 1.0. Verkeers- en vervoersprestaties
Rotterdam: NEI
- Braun, F.W.H. (1993) *
Mobiele werktuigen en tractoren
Hengelo: braun consultants in technology and management bv
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1994)
Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch von Baumaschinen
Bern: BUWAL
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1982) *
Standaard bedrijfsindeling bedrijfstelling 1978
Deel 1 +2
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1987)
Mechanisatie en dienstverlening in de land- en tuinbouw 1985
s-Gravenhage: Staatsuitgeverij
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1990a) *
Het bezit en gebruik van bedrijfsvoertuigen 1989
's Gravenhage: Staatsuitgeverij
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1990b) *
Statistiek van de motorvoertuigen 1989
's-Gravenhage: Staatsuitgeverij
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1995a) *
Statistiek van de motorvoertuigen 1994
's-Gravenhage: Staatsuitgeverij
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1995b) *
Mechanisatie en dienstverlening in de land- en tuinbouw 1990
's-Gravenhage: Staatsuitgeverij
- Centraal PlanBureau (1992) *
Nederland in Drievoud. Een scenariostudie van de Nederlandse economie 1990-2015
Den Haag: Sdu Uitgeverij Plantijnstraat

¹ Een sterretje achter de literatuuraanduiding houdt in dat in de tekst direct naar de literatuur verwezen wordt.

Centraal PlanBureau (1992)
Werkdocument No. 45
Verkeer en vervoer in drie scenario's tot 2015
Den Haag: Centraal PlanBureau

Coolman, F., R.L. de Vries (1981)
Present and Foreseeable Trends in Mechanization of Agriculture (Horizon 1990)
New York: United Nations

The Coporate Intelligence Group (1991) *

Construction, Earthmoving, Mining & Industrial Equipment in Europe
Country Analysis Netherlands
Londen

Clerx, W.C.G., M.N. Droppert-Zilver, M.J.W.A. Vanderschuren, E.J. Verroen, A. de Vries (1992)
Mobiliteitsverkenner versie 4.0 Hoofddlijnen
Delft: TNO

De Maeyer, E.A.A., A. Vink, H.G. Breemhaar, A.H. Bosma (1995)
Laag motortoerental bespaart brandstof
Landbouwmechanisatie, nr. 6/7, 1995
Wageningen: Wageningen Pers

Dietz, F.J., W.A. Hafkamp, J. van der Straaten (1994)
Basisboek Milieu-economie
Meppel, Amsterdam: Uitgeverij Boom

Economic Commission for Europe (1992) *

Environmental Conventions
New York: United Nations

Egmond, P.M. van, K.W. van der Hoek, N.J.P. Hoogervorst (1995) *

Achtergronddocument landbouw bij de Nationale Milieuverkenning 3; uitgangspunten en berekeningen
RIVM-rapport nr. 251701016
Bilthoven: RIVM

Energy and Environmental Analysis, inc. (1988)
Feasibility of controlling emissions from off-road, heavy-duty construction equipment
Arlington: Energy and environmental analysis, inc.

Eriks, W.A., J.C.V.P. Exel, F.J. Faber, A. Mager, D. Pietersma (1991)
Energie uit de landbouw
Wageningen: Landbouwuniversiteit Wageningen

Esch, S.A. van, *et al* (1995) *

Afbakening doelgroepen van het milieubeleid voor doelgroepmonitoring, Milieubalans en
Emissiejaarrapportage, toedeling processen voor monitoring en presentatie van milieubelasting
Bilthoven: RIVM (in voorbereiding)

Evert, Ph. van (1995)
Lage trekkerkosten door de loonwerker
Landbouwmechanisatie, nr. 6/7, 1995
Wageningen, Wageningen Pers

Federatie van Nederlandse Kraanverhuurbedrijven (1995) *

Handboek 1995

- Grohe, H. (1982) *
Benzine en dieselmotoren
Deventer: Kluwer Technische Boeken BV
- Heeres, J. (1995)
Niet voorbij maar wel anders. 'Milieupolitiek minder interessant'
Landbouwmechanisatie, nr. 5, 1995
Wageningen: Wageningen Pers
- Helden, M. van, R.C. Rijkeboer (1995) *
Besparingspotentieel van Vrachtauto's. Een studie naar de mogelijke vermindering van het brandstofverbruik van vrachtauto's
Delft: TNO
- Hoenderken, J.A. (1995a)
Brandstofverbruik geen wezenlijk criterium bij aanschaf van een trekker
Landbouwmechanisatie, nr 6/7, 1995
Wageningen: Wageningen Pers
- Hoenderken, J. A. (1995b)
Trekkevergelijk. Brandstofverbruik bij 42,5% belasting als maatgevens selectiecriterium
Landbouwmechanisatie, nr. 2, 1995
Wageningen: Wageningen Pers
- Hoenderken, J.A. (1995c)
Zelfrijdende en getrokken veldspuiten
Wageningen: Wageningen Pers
- Hoenderken, J.A. (1989)
Goed trekkegebruik bespaart dieselolie
Landbouwmechanisatie, nr. 5, 1989
Wageningen: Wageningen Pers
- IMAG-DLO (1993) *
IMAG-DLO Mechanisatiegids
Wageningen: Wageningen Pers
- Ippel, B.M., W.P.Noordam (1990) *
Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond
Bedrijfssynthese 1990-1991
Lelystad: IKC/AGV
- Klomps, G., T. de Rijk (1988) *
Tien hydraulische graafmachines
BouwMachines 23 - nr. 10 (28 okt. 1988)
- Kroon, P. (1990) *
Heftrucks en andere mobiele werktuigen, wat is het energiegebruik? (discussiestuk)
Petten
- LandbouwEconomisch Instituut / Centraal Bureau voor de Statistiek (1994) *
Landbouwcijfers 1994
- Logos, J.N. (1983) *
Ackerschlepper motoren
Landtechnik 11, november 1983

- Maeyer, E.E.A. de, A. Vink, H.G. Brinkhaar, A.H. Bosma, G.D. Vermeulen (1995) *
- Brandstofverbruik in de open teelten
Wageningen: DLO Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO)
Nota P95-64 (Niet gepubliceerd)
- Minnen, P.L. van (1990) *
- Wielladers
BouwMachines 25 - nr 9. (19 sept. 1990)
- Minnen, P.L. van (1991) *
- Hydraulische graafmachines
BouwMachines 26 - nr.3 (20 maart 1991)
- Muconsult (1993)
- Elasticiteit: een rekbaar begrip
Utrecht: Muconsult
- Nationaal Milieubeleidsplan. Kiezen of verliezen. Tweede kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs. 1-2 (1989)
- 's-Gravenhage: SDU uitgeverij
- Nationaal Milieubeleidsplan Plus. Tweede kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21 137, nrs 20-21 (1990)
- 's-Gravenhage: SDU uitgeverij
- Nationaal Milieubeleidsplan 2. Milieu als maatstaf. Tweede kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23 560, nrs. 1-2 (1993)
- Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- Naturvårdsverket (1990)
- Luftföroreningar från arbetsfordon. Handlingslinjer
Solna (Zweden): Naturvårdsverket
- Nikolaus, H.W. (1993)
- Mobilhydraulik
Ölhydraulik und Pneumatik 37, nr. 11-12, 1993
- Oving, R.K., E. van Elderen, R.L. de Vries (1980)
- Overmechanisatie of Slagvaardigheid bij de graanoogst in Nederland
Wageningen: IMAG
- Poppe, K.J., F.M. Brouwer, J.P.P.J. Welten, J.H.M. van der Straaten (1994) *
- Landbouw, milieu en economie; Editie 1994
Den Haag: LEI-DLO
- Prankl, H., M. Wörgetter, H. Schauffler (1993)
- Untersuchung der Emissionen eines Traktormotors mit Mischungen aus Dieselmotortreibstoff, Rapsöl-methylester und n-Butanol
Wieselburg: Bundesanstalt für Landtechnik
- Rijk, T. de, G. Klomps (1987) *
- Laadschoppen
BouwMachines 22 - nr. 9 (29 sept. 1987)
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (1988)
- Zorgen voor Morgen
Alphen aan den Rijn: Samson H.D. Tjeenk Willink

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (1991)
Nationale Milieuverkenning 2 1990-2010
Alphen aan den Rijn: Samson H.D. Tjeenk Willink

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (1993) *

Nationale Milieuverkenning 3 1993-2015
Alphen aan den Rijn: Samson H.D. Tjeenk Willink

Samaras, Z., K.-H. Zierock (1994)
Guidebook on the Estimation of the Emissions of 'Other Mobile Sources and Machinery'
Thessaloniki/Berlin

Schimmel, M., W. Geluk (1993)
Energie-efficiënter Trekkergebruik
Ede: IPC Plant

Somers, N., E. Dietz, C. Ploeger, K. de Vroomen, J. Welten, A. van Vliet (1995) *

Ramingen MJP-G investeringen land- en tuinbouw
Wageningen: LEI-DLO

Speelman, L., P.Y.J. Nieuwenburg (1994) *

Landbouwmechanisatie
Wageningen: Landbouwuniversiteit Wageningen

Sprink, J.B., G.H. Horst (1982)
Onderzoek naar capaciteitsnormen voor diepploegen, bulldozers en hydraulische graafmachines
Wageningen: ICW

Trekkerverkoop in Nederland in 1994 *

Landbouwmechanisatie; nr. 3, 1995
Wageningen: Wageningen Pers

Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer - deel a: beleidsvoornemen. Tweede kamer, vergaderjaar 1988-1989, 20 922, nrs 1-2 (1988)
VROM (1995)
Werkdocument Nationaal Milieubeleidsplan 2
Den Haag: VROM

Van den Broecke/ Social Research (1993)
De mogelijke groei van het personenautobezit tot 2015 in de 3 CPB-scenario's van "Nederland in Drievoud"
Amsterdam: Van den Broecke/ Social Research

VROM, EZ, LNV en V&W (1995)
Milieuprogramma 1996-1999
's-Gravenhage: Sdu Uitgeverij

Voorlopige Adviesraad voor de Openluchtrecreatie (1990)
Toekomstverkenning Watersport
Amersfoort: Voorlopige Adviesraad voor de Openluchtrecreatie

Walwijk, M. van, P.A.J. Achten (1991) *

Mobiele Werktuigen. Energieverbruik en emissies
Breda: Innovation Associates BV

Wee, G.P. van (1995)

Verkeer en milieu in onderzoek en beleid: een introductie

Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne

in: PAO (1995)

Cursus: "Mobiliteit en Milieu; van papier naar de praktijk"

Delft/ Rijswijk: PAO

Wee, G.P. van, J. van der Waard, M.J. van Doesburg, H.C. Eerens, H. Flikkema, A.L.'t Hoen, E. Rab, R. Thomas (1993) *

Verkeer en vervoer in de nationale milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993

RIVM-rapport nr. 251701014

Bilthoven/Rotterdam: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne/Adviesdienst Verkeer en Vervoer

BIJLAGE 1 SYMBOLEN- EN BEGRIPPENLIJST

Begrip	Sym-bool	Eenheid	Betekenis
Areaalomvang	A	ha	Totale oppervlakte van de landbouwgrond, eventueel uitgewerkt naar gewassoort.
Belastingsfactor	f		Factor die het gemiddelde tijdgewogen vermogen verwoord (zie ook bijlage 7)
Bewerkingsuren	B	uur/ha	Aantal uur dat nodig is om een hectare van een gewassoort te bewerken
Bouwjaar	v		
CARB			California Air Resources Board
CBS			Centraal Bureau voor de Statistiek
Correctiefactor bewerkingsintensiteit	C		Correctiefactor voor de benodigde bewerkingsuren voor het verbouwen van een hectare gewas ten opzichte van het aantal uur dat in een voorafgaande periode nodig was
CPB			Centraal PlanBureau
Draaimoment			Maat voor de geleverde beweging (kracht * arm)
Elasticiteit	ε		De mate waarin een verandering van de vraagbepalende factor doorwerkt in de gevraagde hoeveelheid
Emissiefactor	Emf	g/kg	Uitgestoten emissie van een stof (gram) bij de verbranding van een kilogram brandstof
Energiegebruik per hectare	E/ha	J	De hoeveelheid energie die door werktuigen wordt gebruikt bij het verbouwen van 1 hectare van een bepaalde gewassoort
Energiegebruik per uur	E/uur	J	Brandstofverbruik per uur van een motor, uitgedrukt in de energie-inhoud van deze brandstof
Gewassoort	r		Soort gewas
Groeifactor	K		Factor waarmee de prestatie in een toekomstige periode groeit ten opzichte van de voorgaande periode
INNAS			Innovation Associates BV
Inzetcurve			Curve waarin wordt weergegeven op welke wijze de jaarlijkse inzet van een voertuig verandert bij toenemende ouderdom
Jaarlijkse inzet	I	uur/jaar	Aantal uur dat een werktuig jaarlijks wordt gebruikt
Koppel			Zie draaimoment
LEI			Landbouw Economisch Instituut
Mobiele werktuigen			Overige mobiele bronnen + Speciale voertuigen
Motorefficiency- verbeteringsfactor	F		Factor die de verbetering in de motorefficiency representeert
NMVOS			Vluchtige Organische Stoffen m.u.v. Methaan
Nominaal vermogen			Het vermogen bij maximale brandstofinspuiting

Begrip	Sym-bool	Eenheid	Betekenis
Overige mobiele bronnen			Werktuigen met een motor waarmee ze zichzelf voort kunnen bewegen
Parkomvang	G		Aantal voertuigen van een bepaalde soort dat in Nederland aanwezig is
Periode	T	jaar	Tijdseenheid in het model van vijf jaar
Prestatie	pres	uur/jaar	Totale inzet door alle werktuigen uit het park gedurende één jaar
Rendement	η		Nuttig effect van een motor
Sector	j		Economische sectoren volgens SBI-indeling (zie tekstbox SBI-sectoren paragraaf 2.3)
Speciale voertuigen			Verbouwde bestel- of vrachtwagens met een specifieke functie
Stof	k		Brandstofverbruik en emissiefactoren voor voertuigen uit een bepaald bouwjaar
Technische karakteristieken			
Tijd(stip)	t		Aantal omwentelingen per minuut
Toerental			
Totaal energiegebruik	E_{tot}	J	
Totale emissies	Em_{tot}	g	Totale uitstoot van een bepaalde stof
Uitvalcurve			Verzameling van uitvalkansen voor een periode van dertig bouwjaren
Uitvalkansen	u		Kans dat een voertuig zich nog in het park bevindt
Verkoopcijfers	l		Aantal verkochte voertuigen in een jaar tijd
Vermogen	P	kW	Maat voor de capaciteit van een motor
VOS			Vluchtige Organische Stoffen
Werktuig-(categorie)	i		Groep werktuigen van dezelfde soort. De mobiele werktuigen zijn opgedeeld in 8 werktuigcategorieën. (Zie ook bijlage 3)

BIJLAGE 2 OPZET VAN HET MODEL: BESCHRIJVING IN FORMULES

B2.1 Het gehele model

Doel van het model is de berekening van het aantal voertuigen, de inzet per voertuig, het totale energiegebruik en emissies veroorzaakt door gebruik van mobiele werktuigen. Deze totalen bestaan uit de sommatie van het energiegebruik en de emissies van de afzonderlijke werktuigen in de verschillende sectoren (formule B2.1).

$$E_{tot} = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} (E_{i,j}) \quad (B2.1)$$

met hierin:

E_{tot}^1 = Totaal energiegebruik voor alle werktuigcategorieën [J]

i = Werktuigtype

j = Economische sector

$E_{i,j}$ = Energiegebruik van werktuigcategorie i uit sector j [J]

Formule B2.2 beschrijft hoe de totale emissies door mobiele werktuigen per stof berekend worden.

$$Em_{tot,k} = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} (Em_{i,j,k}) \quad (B2.2)$$

met hierin:

$Em_{tot,k}$ = Totale emissies door overige mobiele bronnen van stof k [g]

$Em_{i,j,k}$ = Emissies van werktuigcategorie i uit sector j van stof k [g]

Deze totalen worden opgebouwd uit een aantal variabelen.

$$E_{i,j} = I_i * \left(\frac{E}{uur} \right)_i \quad (B2.3)$$

met:

$E_{i,j}$ = Energiegebruik per jaar van werktuigcategorie i uit sector j [J]

I_i = Jaarlijkse inzet van werktuigtype i [uur]

$(E/uur)_i$ = Energiegebruik per uur door werktuigcategorie i [J/uur]

¹ In deze bijlage wordt aan de term E afwisselend de betekenis van energiegebruik en brandstofverbruik gegeven. Deze termen zijn in elkaar om te rekenen. Door het brandstofverbruik [kg] te vermenigvuldigen met de energie-inhoud [J/kg] wordt het energiegebruik [J] verkregen. Aangezien de energie-inhoud van brandstof constant is, is op ieder moment de ene betekenis in de andere om te zetten en is het dus niet bezwaarlijk deze betekenissen door elkaar heen te gebruiken.

En voor de emissies geldt:

$$Em_{i,j,k} = I_i * \left(\frac{E}{\text{uur}} \right)_i * Emf_k \quad (\text{B2.4})$$

met hierin:

$Em_{i,j,k}$ = Emissies van stof k door werktuigcategorie i uit sector j [g]

I_i = Jaarlijkse inzet van werktuigtype i [uur]

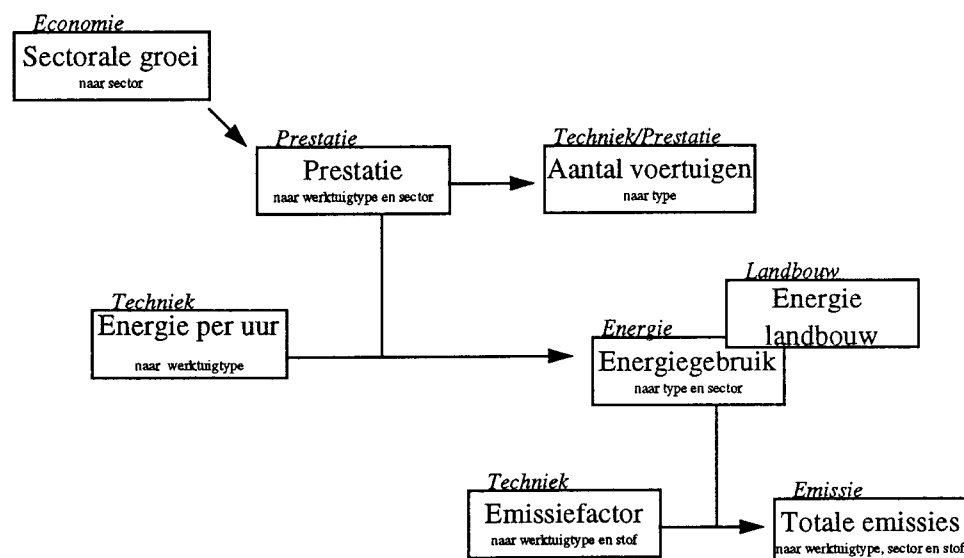
$(E/\text{uur})_i$ = Brandstofverbruik per uur door werktuigcategorie i [kg]

Emf_k = Emissiefactor voor stof k [g/kg brandstof]

Substitutie van formule B2.3 in B2.4 levert formule B2.5 op.

$$Em_{i,j,k} = E_{i,j} * Emf_{i,k} \quad (\text{B2.5})$$

Rondom deze vier formules is het model gebouwd. Ter verduidelijking van de structuur van het model is deze opgedeeld in een zestal modules. De globale opzet hiervan staat weergegeven in figuur B2.1. In de vierkantjes staan de belangrijke variabelen, de tekst cursief boven de blokken geeft aan in welke module een variabele berekend wordt. Aan de hand van deze modules zal besproken worden wat er op de verschillende plaatsen in het model berekend wordt.



Figuur B2.1 Schematische weergave van de opzet van het model

B2.2 De module 'prestatie'

In dit gedeelte van het model wordt het eerste deel van formule B2.3 berekend: de prestatie (I_i). De verschillende mobiele werktuigen staan hier uitgesplitst naar de sectoren waarin ze

gebruikt worden. Vervolgens wordt voor het basisjaar berekend wat de gerealiseerde prestatie (het aantal gerealiseerde uren door de werktuigen) is. Voor de prognose van deze prestatie wordt de prestatie uit het basisjaar vermenigvuldigd met een groeifactor. In formulevorm:

$$pres_{T+1} = pres_T * K_T \quad (B2.6)$$

met :

$pres_{T+1}$ = Prestatie geleverd in periode T+1 [uur]

$pres_T$ = Prestatie geleverd in periode T [uur]

K_T = Groeifactor prestatie (zie paragraaf B2.3)

B2.3 De module 'economie'

In de module 'economie' wordt de groeifactor voor de prestatie berekend. Deze groeifactor is een functie van twee variabelen:

$$K_T = \left(1 + \left(\text{Economische groei} * \epsilon \right) / 100 \right)^T \quad (B2.7)$$

met hierin:

K_T = Groeifactor prestatie voor periode T

Economische groei = Jaarlijkse sectorale groei in de economie gedurende periode T [%]

ϵ = Inzet-elasticiteit: Maat voor de verandering in inzet werktuigen bij een verandering in de economische situatie

Hiermee is de inzet van werktuigen direct gekoppeld aan de economische situatie in een bepaalde sector. Voor de inzet van landbouwwerktuig die specifiek voor bewerkingen in het veld gebruikt worden, is hierop een uitzondering gemaakt. De inzet van deze werktuigen is gekoppeld aan de omvang van het landbouwareaal, deze wordt berekend in de module 'landbouw'.

B2.4 De module 'landbouw'

In de module 'landbouw' wordt de prestatie berekend zoals die geleverd wordt door werktuigen die ingezet worden bij het verbouwen van gewassen. Zoals al te zien is in figuur B2.1 wijkt de berekening van het energiegebruik in de landbouw af van de andere sectoren. In de module 'landbouw' wordt het energiegebruik in de landbouw gekoppeld aan de omvang van het landbouwareaal.

$$E_{tot,landbouw} = \sum_{r=1}^{r=n} \left(A_r * \left(E/ha \right)_r \right) \quad (B2.8)$$

met:

- $E_{\text{tot, landbouw}}$ = Totaal energiegebruik door werktuigen uit de landbouw [J]
 r = Gewassoort
 A_r = Omvang van het landbouwareaal waarop gewassoort r verbouwd wordt [ha]
 $(E/ha)_r$ = Benodigde energie voor het verbouwen van 1 hectare van gewas r [J]

Hierbij is het energiegebruik van heftrucks en grondverzet niet meegenomen, alleen machines die vrijwel uitsluitend in de landbouw gebruikt worden, vallen in deze module. Voor de prognoses van dit energiegebruik is informatie nodig over de verandering in omvang van het landbouwareaal en in het verbruik per hectare. Dit verbruik is opgesplitst in twee factoren:

$$\left(\frac{E}{ha}\right)_r = B_r * \left(\frac{E}{uur}\right)_r \quad (B2.9)$$

met hierin:

- $(E/ha)_r$ = Benodigde energie voor het verbouwen 1 hectare van gewas r [J]
 B_r = Jaarlijkse benodigde bewerkingsuren voor het verbouwen van 1 hectare van gewas r [uur]
 $(E/uur)_r$ = Benodigde energie voor het uitvoeren van 1 bewerkingsuur voor gewassoort r [J/uur]

Voor de verandering van het aantal uur dat bewerkingen uitgevoerd moeten worden is een correctiefactor in het model aanwezig. Dit is een exogene variabele.

$$B_{r,T} = B_{r,1990} * C_T \quad (B2.10)$$

met:

- $B_{r,T}$ = Jaarlijkse benodigde bewerkingsuren voor het verbouwen van 1 hectare van gewas r in periode T [uur]
 $BI_{r,1990}$ = Benodigde bewerkingsuren voor het verbouwen van 1 hectare van gewas r in 1990 [uur]
 C_T = Correctiefactor voor bewerkingsuren in periode T

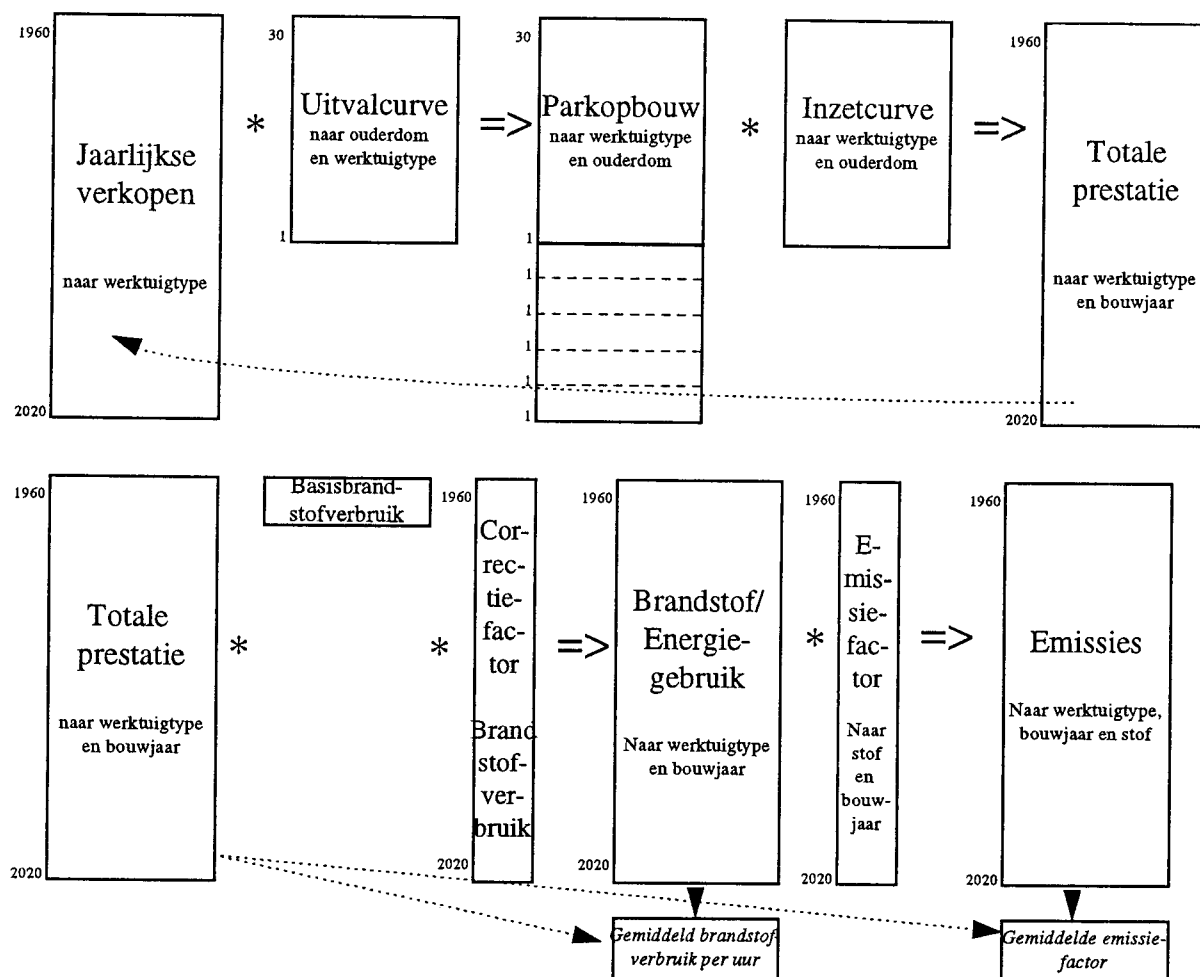
Een verandering van de benodigde energie voor het uitvoeren van een bewerking van een uur wordt in de module 'techniek' berekend.

B2.5 De module 'techniek'

In de module 'techniek' worden de gemiddelde waarden voor het totale park berekend voor het energiegebruik per uur en de emissiefactoren. De centrale rol hierin speelt de penetratie van (nieuwe) technieken in het park. Invoering van een nieuw type motor dat tien procent zuiniger is, levert in het gehele park niet een bezuiniging van tien procent op, maar een veel

kleinere. Alleen de nieuwste werktuigen zijn immers met deze technieken uitgerust en deze vormen maar een gering deel van de totale prestatie.

De opzet van de module 'techniek' staat weergegeven in figuur B2.2.



Figuur B2.2 Opzet van de technische module

De verkoopcijfers worden voor de berekening van het basisjaar als input ingevoerd, voor de berekening van daarop volgende jaren worden deze teruggerekend uit de berekende prestatie. De verkoopcijfers geven aan hoeveel voertuigen uit een bepaald bouwjaar ooit in het park aanwezig geweest zijn. Vermenigvuldiging met de juiste cel uit de uitvalcurve levert dan het aantal werktuigen dat uit dat jaar nog aanwezig is in het park. Op deze manier is de totale parkomvang bekend, naar werktuigtype en ouderdom.

$$G_{t,i,v} = l_{i,v} * u_{t-v} \quad (\text{B2.11})$$

met:

$G_{t,i,v}$ = Aantal werktuigen van type i en bouwjaar V in jaar t nog in het park aanwezig

$l_{i,v}$ = Verkoopcijfers van werktuigtype i in (bouw)jaar V

u_{t-v} = Kans op aanwezigheid in park van voertuigen met ouderdom t-V

De inzet van werktuigen neemt af naarmate de ouderdom toeneemt. Dit verschijnsel staat beschreven in de inzetcurve. Vermenigvuldiging van het aantal aanwezige voertuigen uit een bepaald bouwjaar met de inzet voor voertuigen van die ouderdom levert de prestatie die geleverd wordt door voertuigen van die ouderdom.

$$pres_{t,i,V} = G_{t,i,V} * I_{t-V} \quad (B2.12)$$

met:

$pres_{t,i,V}$ = Gerealiseerde prestatie door werktuigtype i uit bouwjaar V in jaar t [uur]

$G_{t,i,V}$ = Aantal werktuigen in het park van type i en bouwjaar V in jaar t

I_{t-V} = Jaarlijkse inzet van werktuigen met ouderdom t-V [uur]

Het energiegebruik per uur wordt per periode opgeschoond door het basisbrandstofverbruik uit 1990 te vermenigvuldigen met een correctiefactor, welke de besparing door het zuiniger worden van motoren tot uitdrukking brengt.

$$\left(\frac{E}{uur}\right)_{i,V} = \left(\frac{E}{uur}\right)_{i,1990} * F_{i,V} \quad (B2.13)$$

met:

$(E/uur)_{i,V}$ = Energiegebruik per uur van werktuigtype i uit bouwjaar V [J]

$(E/uur)_{i,1990}$ = Energiegebruik per uur van werktuigtype i uit bouwjaar 1990 [J]

$F_{i,V}$ = Correctiefactor voor het energiegebruik van werktuigtype i uit bouwjaar V ten opzichte van het energiegebruik in 1990

Vermenigvuldiging van dit energiegebruik per uur met de jaarlijkse prestatie levert het energiegebruik op.

$$E_{t,i,V} = \left(\frac{E}{uur}\right)_{i,V} * pres_{t,i,V} \quad (B2.14)$$

met:

$E_{t,i,V}$ = Jaarlijks energiegebruik door werktuigen van type i uit bouwjaar V in jaar t [J]

Het totale energiegebruik wordt berekend door het energiegebruik van de verschillende bouwjaren te sommeren.

$$E_{tot,t,i} = \sum_{V=1960}^{V=2020} E_{t,i,V} \quad (B2.15)$$

met:

$E_{tot,t,i}$ = Totaal jaarlijkse energiegebruik door werktuigen van type i in jaar t [J]

Vanuit dit totale energiegebruik per werktuigtype wordt het gemiddelde energiegebruik per uur berekend door het totale energiegebruik te delen door het totaal aantal gerealiseerde uren.

$$pres_{tot,t,i} = \sum_{V=1960}^{V=2020} pres_{t,i,V} \quad (B2.16)$$

met hierin:

$pres_{tot,t,i}$ = Jaarlijkse prestatie door werktuigen van type i in jaar t [uur]

$$\overline{(E/uur)}_{t,i} = \frac{E_{tot,t,i}}{pres_{tot,t,i}} \quad (B2.17)$$

met:

$\overline{(E/uur)}_{t,i}$ = Gemiddeld energiegebruik per uur voor het hele park van werktuig i in jaar t [J/uur]

De formulering in de andere paragrafen wijkt hier iets van af, waar (E/uur) staat, wordt dit parkgemiddelde energiegebruik bedoeld.

Voor de berekening van de emissiefactoren wordt een soortgelijke methode toegepast. Als invoer worden de emissiefactoren naar bouwjaar gevraagd.

$$Em_{t,i,V,k} = \left(\overline{E/uur} \right)_{t,i,V} * Emf_{i,V,k} \quad (B2.18)$$

met:

$Em_{t,i,V,k}$ = Emissies van stof k door werktuigen van type i uit bouwjaar V in jaar t [g]

$\left(\overline{E/uur} \right)_{t,i,V}$ = Brandstofgebruik door werktuigen van type i uit bouwjaar V in jaar t [kg]

$Emf_{i,V,k}$ = Emissiefactor voor stof k voor werktuigtype i uit bouwjaar V [g/kg brandstof]

Sommatie over de verschillende bouwjaren levert het totaal aan emissies op.

$$Em_{tot,t,i,k} = \sum_{V=1960}^{V=2020} Em_{t,i,V,k} \quad (B2.19)$$

met:

$Em_{tot,t,i,k}$ = Totale emissies van stof k door werktuigtype i in jaar t [g]

Het quotiënt van de totale emissies en het totale energiegebruik is de parkgemiddelde emissiefactor.

$$\overline{Emf}_{t,i,k} = \frac{Em_{tot,t,i,k}}{E_{tot,t,i}} \quad (B2.20)$$

met:

$\overline{Emf}_{t,i,k}$ = Parkgemiddelde emissiefactor voor stof k van werktuigtype i in jaar t [g/kg brandstof]

Waar in de andere paragrafen de emissiefactor gebruikt wordt, wordt deze parkgemiddelde emissiefactor gebruikt.

B2.6 De module 'energie'

In de module 'energie' wordt de totaal gerealiseerde jaarlijkse prestatie vermenigvuldigd met het energiegebruik per uur om zo te komen tot het totale energiegebruik.

$$E_T = pres_T * (E/uur)_T \quad (B2.21)$$

met hierin:

E_T = Energiegebruik door overige mobiele bronnen in periode T [J]

$pres_T$ = Gerealiseerde jaarlijkse prestatie in periode T [uur]

$(E/uur)_T$ = Energiegebruik per uur in periode T [J/uur]

B2.7 De module 'emissie'

In de module 'emissie' worden de uitgestoten emissies berekend. Dit gaat met emissiefactoren die gekoppeld zijn aan het energiegebruik.

$$Em_{k,T} = E_T * Emf_{k,T} \quad (B2.22)$$

waarin:

$Em_{k,T}$ = Jaarlijkse emissies van stof k in periode T door overige mobiele bronnen [g]

E_T = Brandstofverbruik door overige mobiele bronnen in periode T [kg]

$Emf_{k,T}$ = Emissiefactor voor stof k in periode T [g/kg brandstof]

BIJLAGE 3 BESCHRIJVING VAN DE WERKTUIGEN

B3.1 Inleiding

In deze bijlage worden de verschillende werktuigen die in de studie meegenomen worden, nader bekeken. Paragraaf B3.2 geeft een beschrijving van de werktuigen, met daarbij een schatting van de totale parkomvang¹ van de werktuigcategorie. In paragraaf B3.3 wordt een overzicht van de jaarlijkse inzet voor de verschillende werktuigen en het energiegebruik per uur gegeven. In paragraaf B3.4 staat tenslotte een overzicht van de verdeling van de werktuigen naar de verschillende sectoren.

B3.2 Beschrijving van de werktuigen²

In deze studie worden twee categorieën werktuigen beschreven; de speciale voertuigen en de overige mobiele bronnen. Deze twee categorieën samen worden in deze studie gevat onder de term mobiele werktuigen. Hieronder valt een grote verscheidenheid aan werktuigen. Van sommige werktuigen zijn slechts enkele exemplaren aanwezig in Nederland, van andere soorten wellicht wat meer exemplaren welke maar weinig gebruikt worden. Dit levert een onoverzichtelijk aantal werktuigencategorieën op, waarmee praktisch lastig te werken valt. In het model zijn dan ook alleen de belangrijkste groepen van werktuigen meegenomen. Samen vormen deze groepen zo'n 90% van het totale energiegebruik. In het model wordt de uiteindelijke uitkomst met 1/0.9 opgehoogd. Voor het model zijn acht verschillende groepen werktuigen onderscheiden. Hieronder volgt een overzicht van deze groepen met een beschrijving van de werktuigen die in zo'n categorie vallen.

Onder het kopje 'overzicht overige mobiele bronnen' staat een overzicht van de zelfrijdende werktuigen die vallen onder de benaming overige mobiele bronnen.

Er wordt verondersteld dat alle mobiele werktuigen op diesel lopen. Voor het overgrote deel is dat ook het geval, slechts een klein aantal werktuigen is volgens deskundigen in het bezit van een andere motor. Van de speciale voertuigen rijdt een deel op benzine, van de heftrucks rijdt een deel op gas. Deze twee categorieën zijn in het model wel meegenomen. Van de overige werktuigen is het aandeel, dat niet op diesel rijdt, verwaarloosbaar.

Er zijn een paar grote groepen in het energiegebruik van mobiele werktuigen aan te wijzen. Ten eerste is dat de landbouw. Hier is al relatief veel onderzoek naar gedaan. In bijlage 4 staat de landbouw uitgebreid beschreven. Uit voorgaande studies (van Walwijk, 1991; Braun, 1993) blijkt tevens dat de werktuigen in het grondverzet een groot aandeel in het totale energiegebruik en emissies vormen.

Gezien de omvang van deze sector en de tamelijk grote verscheidenheid aan werktuigen in het grondverzet is deze opgedeeld in een drietal kleinere groepen; de graafmachines, de laadschoppen en het overige grondverzet.

¹ De schattingen van de parkomvang zijn gebaseerd op verklaringen van diverse deskundigen.

² De foto's in bijlage 3 en 4 zijn genomen door de auteur.

Daarnaast zijn nog een aantal andere werktuigcategorieën onderscheiden. In deze paragraaf zullen ze allemaal kort beschreven worden.

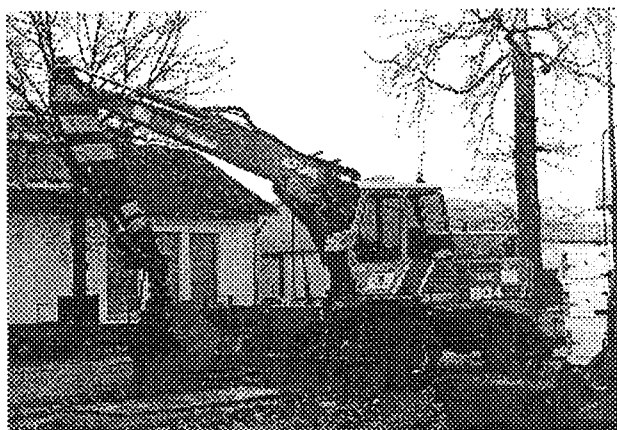
Graafmachines

Onder graafmachines vallen de mini-graafmachines, hydraulische graafmachines op rupsbanden en hydraulische graafmachines op wielen. De schattingen over de omvang van het park voor deze werktuigen lopen zeer weinig uiteen. Verschillende deskundigen noemen dezelfde omvang en slechts een of twee schattingen wijken hier enkele honderden exemplaren vanaf. In tabel B3.1 staat een overzicht van de parkomvang van de verschillende graafmachines.

Tabel B3.1 Parkomvang verschillende graafmachines 1990

Type	Parkomvang
Mini-graafmachine	4.000
Hydraulische graafmachine op rupsen	5.000
Hydraulische graafmachines op wielen	2.500
Totaal	11.500

Met het aantal van 11.500 wordt in het model verder gerekend.



Figuur B3.1.a Graafmachine op wielen

Laadschoppen

Ook laadschoppen zijn er in twee uitvoeringen op wielen en op rupsen. Het aantal op rupsen is zeer klein, hierbij gaat het om 50 exemplaren. Er zijn daarentegen zo'n 5.000 laadschoppen op wielen (ook wel wielladers genoemd). De schattingen variëren hier een kleine twintig procent van elkaar.



Figuur B3.1.b Wiellader

Overig grondverzet

Onder het overige grondverzet vallen alle overige werktuigen die als hoofddoel het verplaatsen van hoeveelheden grond hebben. Het gaat hierbij om bulldozers, schrankladers en graaf-laadcombinaties. De gemiddelde parkomvang van de verschillende categorieën werktuigen volgens een aantal deskundigen staat weergegeven in tabel B3.2.

Tabel B3.2 Parkomvang werktuigen overige grondverzet 1990

Type	Parkomvang
Bulldozers	400
Schrankladers	1500
Graaf-laadcombinaties	550
Totaal	2450

Voor de totale parkomvang van overige grondverzet wordt in het model de waarde 2450 gebruikt.

Wegenbouw

Naast de bovengenoemde werktuiggroepen zijn er een aantal werktuigen die voornamelijk bij de aanleg van wegen gebruikt worden. Hieronder vallen de volgende werktuigen : walsen, graders, scrapers, dumpers en asfaltafwerkininstallaties. De volgende waarden voor de parkomvang worden door deskundigen genoemd:

Tabel B3.3 Parkomvang werktuigen wegenbouw 1990

Werktuigtype	Parkomvang
Walsen	1400
Graders	70
Scrapers	30
Dumpers	350
Asfaltafwerkininstallaties	250
Totaal	2200

Bij deze categorie werktuigen is niet het feitelijk werk de overeenkomst in gebruik, alswel de werkzaamheden waarbij de werktuigen gebruikt worden. Elk van de bovengenoemde werktuigen heeft een volstrekt andere rol bij het aanleggen van wegen. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de graafmachines; deze worden allemaal gebruikt om daadwerkelijk te graven. De inzet van de werktuigen is van dezelfde economische ontwikkeling afhankelijk. Bij een toename in de aangelegde wegen in Nederland, zal het gebruik van alle in tabel B3.3 genoemde werktuigen -ceteris paribus- stijgen. De verschillende inschattingen door deskundigen liggen enkele honderden uit elkaar.

Heftrucks

Voor het verplaatsen van grote hoeveelheden goederen over een kleine afstand wordt vaak gebruik gemaakt van heftrucks. Schattingen van de totale omvang van het heftruckpark lopen uiteen van 23.000 tot 60.000. Van belang hierbij is of de elektrische heftrucks (die buiten het bestek van deze studie vallen) in deze schatting al dan niet zijn meegenomen. Wanneer de schattingen gecorrigeerd worden voor de elektrische exemplaren, variëren de schattingen nog tussen 20.000 en 36.000. De schattingen van het aandeel diesel hierin lopen uiteen van 59% tot 73% en het aandeel LPG van 40% tot 27 %.

Tot 1993 steeg het aandeel elektrische heftrucks in het park snel, men verwachtte dan ook dat dit nog een enorme groeimarkt was. In 1994 en 1995 zijn de verkopen echter niet verder gestegen en er mag dan ook geconcludeerd worden dat het aandeel van elektrische heftrucks in de verkopen redelijk gestabiliseerd is. Elektrische heftrucks worden met name in de distributie gebruikt; de tak van industrie waarin goederen verplaatst en gedistribueerd worden.

Naast de gewone heftrucks zijn er ook ruw-terreinheftrucks. Hiervan zijn er zo'n 600 in Nederland, met gemiddeld een wat groter vermogen dan de gewone heftrucks.

In het model wordt uitgegaan van een totaal van 27.000 heftrucks in Nederland, inclusief de ruw-terrein exemplaren. Het aandeel heftrucks op benzine wordt verwaarloosbaar klein gesteld, het aandeel van diesel en LPG heftrucks wordt gesteld op 0,63 resp. 0,37. De parkomvang van de afgelopen jaren wordt door deskundigen als stabiel betiteld.



Figuur B3.1.c Heftruck

Hijswerktuigen

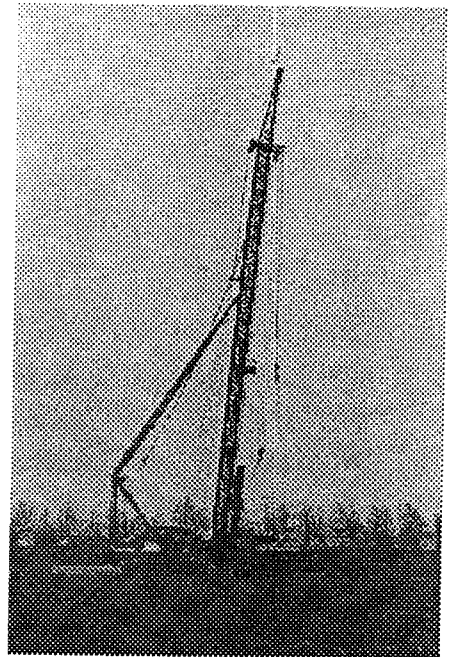
In de bouw en de industrie is bij een groot aantal werkzaamheden behoefte aan werktuigen die hijswerk kunnen verzetten. Daartoe is een verscheidenheid aan hijswerktuigen beschikbaar.

Onder deze categorie hijswerktuigen vallen ook de van oorsprong rupskranen of draglines, welke verbouwd zijn voor andere toepassingen. Heimachines zijn bijvoorbeeld vrijwel allemaal verbouwde draglines. Torenkranen worden in deze studie niet meegenomen, deze hebben geen motor waarmee ze zichzelf kunnen verplaatsen.

Bronnen over de aantallen hijskranen die in Nederland aanwezig zijn, verschillen nogal van elkaar. Belangrijk onderscheid daarbij is echter het al dan niet meenemen van de verbouwde hijswerktuigen.

In deze studie worden ook de verbouwde hijskranen meegenomen onder de kop hijswerktuigen, hoewel ze in de praktijk soms voor andere werkzaamheden dan hijsen ingezet worden.

Een gedeelte van de hijswerktuigen wordt al meegenomen in de speciale voertuigen: in 1990 waren er 2020 kraanwagens. Deze kraanwagens vallen dus buiten de categorie hijswerktuigen. In tabel B3.4. staat een overzicht van de parkomvang van de categorie hijswerktuigen.



Figuur B3.1.d Tot heimachine verbouwde dragline

Tabel B3.4 Parkomvang hijswerktuigen

Werktuigtype	Parkomvang
Terreinkranen	4.000
Rupskranen/draglines	450
Verbouwde kranen	1.500

In het model zal gewerkt worden met een totale parkomvang van 2000, de som van de genoemde categorieën min de werktuigen die al bij de speciale voertuigen meegenomen worden.

In de afgelopen jaren is er een groei te zien geweest in de capaciteit van de kranen die aangeschaft werden. Dit heeft een tweetal achtergronden:

- Naar aanleiding van de ARBO-wetgeving is er meer aandacht gekomen voor de veiligheid van de gebruiker van de kraan. Er wordt veel meer aandacht besteed aan het voorkomen van kranen die overbelast worden.
- De te heffen lasten worden steeds groter. In de bouw wordt steeds meer gebruik gemaakt van prefab elementen, waardoor met minder manuren op de werkplek gebouwd kan worden. Door deze ontwikkeling moet echter wel steeds meer getild worden. Ook in de petrochemie worden steeds meer elementen kant en klaar aangeleverd. Ketels bijvoorbeeld worden niet meer ter plekke in elkaar gezet, maar volledig gemonteerd door de producent geleverd.

Door de laatste ontwikkeling is niet alleen de capaciteit van de kranen gestegen, maar ook het aantal uren dat ze ingezet worden.

Voor het model houdt dat in dat niet alleen de jaarlijkse inzet in de toekomst zal stijgen, maar mogelijk ook het energiegebruik per uur. In het model wordt dit default constant verondersteld, een groei in de werkzaamheden wordt opgevangen door een groei in het park. De verwachting is dat het energiegebruik voor hijswerktuigen in de komende jaren behoorlijk zal toenemen.

Speciale voertuigen

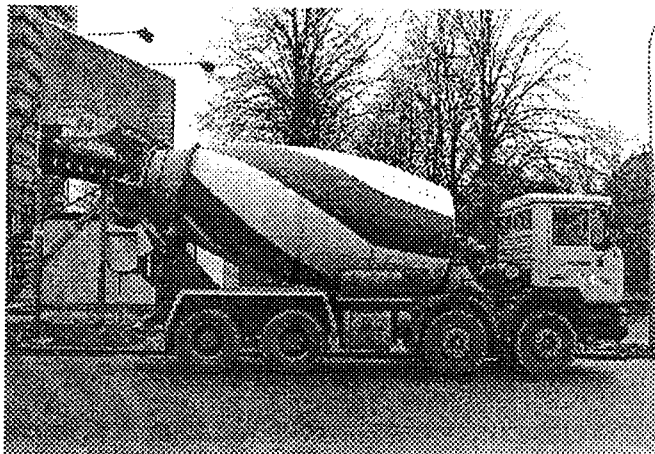
De speciale voertuigen, zoals die geregistreerd worden door het CBS, worden onderverdeeld in een aantal categorieën, welke aangeleverd worden door de Rijksdienst van het Wegverkeer. In tabel B3.5 wordt een overzicht van deze categorieën gegeven, met, waar nodig, een korte beschrijving van de voertuigen die in die categorie vallen.

Tabel B3.5 Aantallen voertuigen in categorieën 1989

Categorie	Beschrijving	Aantal
Betonpomp		130
Brandweerwagen		2491
Hoogwerker		689
Kampeervagen	(Camper)	4840
Kantoorwagen	Met name gebruikt voor PR-activiteiten. Verbouwde auto of bestelwagen waarin kantoorwerk verricht kan worden	481
Kolkenzuiger	Zuigt de rioolputjes leeg.	493
Kraanwagen		2020
Ladderwagen		125
Medische hulpwagen	(Ambulance)	109
Meetwagen	Verbouwde vrachtwagen of bestelauto, die wordt gebruikt om ter plekke onderzoek te doen	138
Servicewagen	Verbouwde bestelwagen, gebruikt door electricien, loodgieter of PTT.	4685
Straatveegwagen		422
Takelwagen		287
Voor vervoer voertuigen	Vrachtwagens met aanhangers, speciaal verbouwd voor het vervoeren van grote voertuigen.	3050
Voor vervoer wisselbakken	Vrachtwagens speciaal verbouwd voor het vervoer van containers. Ook de vuilniswagens die vuilcontainers legen vallen hieronder.	1101
Vuilniswagen		2233
Winkelwagen		2675

Bron: CBS, 1990; RDW

Van een aantal verbouwde vrachtwagens en bestelwagens (bv. Servicewagens en meetwagens) is het niet direct logisch om deze als speciaal voertuig te beschouwen. Indeling bij vrachtauto's of bestelwagens zou evengoed verdedigd kunnen worden. Het is echter te verwachten dat de hier bedoelde voertuigen op een andere manier gebruikt worden dan de standaardwagens die in deze categorieën ondergebracht worden. Een verder onderscheid maken voor dit rapport lijkt niet zinvol, aangezien de cijfers op deze manier door het CBS worden aangeleverd.



Figuur B3.1.e Betonmolen



Figuur B3.1.f Speciaal voertuig voor vervoer wisselbakken

Gezien de andere aard van de werktuigen die onder speciale voertuigen vallen, kan niet worden geconcludeerd (zoals dat wel bij de overige mobiele bronnen wordt gedaan) dat vrijwel alle voertuigen op diesel rijden. In tabel B3.6 staat een overzicht van het aandeel van de drie verschillende brandstoffen in het totale park speciale voertuigen.

Tabel B3.6 Aandeel per brandstofsoort speciale voertuigen 1989

Brandstof	Aandeel in totaal (%)
Benzine	34,3
Diesel	64,1
Gas	1,7

Bron: CBS, 1990

Overige mobiele bronnen

Naast de hierboven beschreven werktuigen zijn er nog een aantal werktuigen die onder de definitie van overige mobiele bronnen vallen. De parkomvang of jaarlijkse inzet van deze werktuigtypen is echter dermate klein, dat energiegebruik en emissies van deze werktuigen in het model niet apart gemodelleerd worden. Energiegebruik en emissies worden meegenomen door het berekende energiegebruik en emissies van de wel gemodelleerde werktuigcategorieën op te hogen. Tabel B3.7 geeft een overzicht van de werktuigen die onder de definitie van overige mobiele bronnen vallen. Dit overzicht is niet volledig, maar geeft wel een wat completer beeld van de verscheidenheid van de categorie 'overige mobiele bronnen'.

Tabel B3.7 Overzicht van werktuigen vallend onder de definitie 'overige mobiel bronnen'

Werktuigtype	Werktuigtype	Werktuigtype
Aardappelrooimachines	Heimachines	Scrapers
Asfaltafwerkinstallaties	Hydraulische graafmachines	Spruitenplukmachines
Bestratingsmachines	Laadschoppen op rupsbanden	Terreinkranen
Bietenrooimachines	Laadschoppen op wielen	Tractoren
Bloembollenpootmachines	Maaidorsers	Veldhakselaars
Bonenplukmachines	Mengmestverspreiders	Veldspuiten
Bulldozers	Mini-graafmachines	Walsen
Dumpers	Precisiezaaimachines	Zodebemesters
Erwtendorsmachines	Radijsoogstmachines	
Graaf-laadcombinaties	Rupskranen/draglines	
Graders	Ruw-terrein heftrucks	
Heftrucks	Schrankladers	

De werktuigen die niet in één van de hiervoor genoemde categorieën staan, worden in het model niet expliciet berekend. Het energiegebruik en de emissies van deze werktuigen worden meegenomen door het gebruik van de wel gemodelleerde categorieën op te hogen. De gebruiker voert in het model de dekkingsgraad in, d.w.z. het aandeel van het energiegebruik dat door de hierboven genoemde werktuigcategorieën is gerealiseerd. De ophoging voor niet genoemde werktuigen vindt plaats door te delen door de ingevoerde dekkingsgraad. Default staat deze dekkingsgraad op 90%.

B3.3 Jaarlijkse inzet van werktuigen en energiegebruik per uur

In deze paragraaf zal per werktuigcategorie de default in het model gebruikte waarden voor de twee resterende variabelen beschreven worden: de jaarlijkse inzet [uur] en het energiegebruik per uur, in dit geval in de vorm van het brandstofverbruik [l/uur]. Dit brandstofverbruik in liters per uur wordt vervolgens in het model met behulp van de dichtheid van de brandstof [kg/l] en de energie-inhoud van de brandstof [J/kg] omgerekend tot het energiegebruik per uur.

Graafmachines

Volgens verschillende deskundigen ligt het gebruik van graafmachines zo rond de 1400 uur per jaar. Dat is ook de waarde die de inzetcurve standaard (van Walwijk, 1991) levert (zie ook paragraaf 2.6). Deze curve is gebaseerd op onderzoek naar zware constructie-werktuigen. Aangenomen dat het gebruik van de zware constructiewerktuigen in Nederland niet wezenlijk anders is dan in Californië, wordt deze beschrijving als een tamelijk betrouwbaar beschouwd.

De BOVAL hanteert als vuistregel voor het berekenen van het energiegebruik per uur (Braun, 1993):

$$(E/\text{uur}) = \frac{\text{Tijdgewogen vermogen}}{3,667} \quad (\text{B3.1})$$

Het gemiddeld motorvermogen voor hydraulische graafmachines verschilt sterk voor de exemplaren op rupsen en op wielen. Volgens de schattingen worden alle typen ongeveer gelijk ingezet. Voor het gemiddelde maximale motorvermogen wordt het gewogen gemiddelde van de afzonderlijke typen genomen. Deze motorvermogens staan weergegeven in tabel B3.8

Tabel B3.8 Motorvermogen van graafmachines

Werktuig	Gemiddeld maximaal vermogen [kW]
Mini-graafmachine	20
Graafmachine op rupsen	120
Graafmachine op wielen	60

Bron: van Walwijk, 1991

In het rapport 'Mobiele werktuigen en tractoren' (Braun, 1993) staat het gemiddeld brandstofverbruik per uur aangegeven. Dat bedraagt voor graafmachines op banden 11,0 l/uur en voor graafmachines op rupsen 29,4 l/uur. Hierbij is echter uitgegaan van een gemiddelde belasting van 80% van het maximaal vermogen. Dat lijkt wellicht gerechtvaardigd voor de uren dat de graafmachine daadwerkelijk grond verplaatst, maar in de praktijk zal de machine ook op andere manieren gebruikt worden. Een gedeelte van de tijd wordt gebruikt voor het verplaatsen van de machine en daarnaast zal ze een gedeelte van de tijd stationair staan te draaien. Bij het gebruik van de 1400 uur per jaar, mag dan ook niet een gemiddelde belasting van 80% gebruikt worden. Op grond van niet expliciet aangegeven veronderstellingen die in de schattingen van de verschillende bronnen zitten, mogen de gebruikte gegevens niet direct met elkaar gecombineerd worden. De gebruikte gegevens moeten op elkaar afgestemd worden. Voor de berekening van het brandstofverbruik per uur wordt gerekend met de ISO 8178c1 weging voor werktuigen (zie bijlage 3). Dit levert een tijdgewogen vermogen op van 0,485 * het maximaal vermogen. Het brandstofverbruik (in liter per uur) dat dit oplevert, staat weergegeven in tabel B3.9.

Tabel B3.9 Brandstofverbruik [l/uur] voor 1990

Werktuig	Verbruik [l/uur]
Mini-graafmachine	2,6
Graafmachine op rupsen	15,9
Graafmachine op wielen	7,9
Totaal	9,2

Bron: Braun, 1993

Laadschoppen

Laadschoppen op wielen worden op dezelfde manier ingezet als graafmachines. Ook hier wordt een tamelijk eenduidig gebruik van 1500 uur per jaar aangegeven. Laadschoppen op rupsen worden in de berekening volledig gelijk gesteld aan de exemplaren op wielen. In de praktijk zal dat niet volledig correct zijn, het gemiddeld vermogen van rupslaadschoppen ligt waarschijnlijk iets hoger dan dat van wielladers. De rupslaadschoppen vormen echter zo'n beperkt deel van de totale parkomvang (8%), dat deze aanname met weinig verlies van betrouwbaarheid gemaakt kan worden.

Voor de berekening van het energiegebruik per uur wordt ook hier gebruik gemaakt van formule B3.1. De tijdgewogen fractie van het totale motorvermogen is 0,485, de waarde volgens de ISO 8178c1 methode. Tenzij anders vermeld, is voor de verschillende werktuigen steeds deze waarde gebruikt. Dit levert een brandstofverbruik voor laadschoppen op van 11,2 l/uur.

Overig grondverzet

Voor de verschillende voertuigen die onder de noemer 'overig grondverzet' vallen, worden hier per werktuigtype de jaarlijkse inzet en het brandstofverbruik weergegeven. Vervolgens wordt, voor de bepaling van de in het model gebruikte waarde, het naar parkgrootte gewogen gemiddelde berekend van de afzonderlijke waarden. De jaarlijkse inzet voor de verschillende werktuigen staat weergegeven in tabel B3.10.

Tabel B3.10 Jaarlijkse inzet en brandstofverbruik naar werktuigtype

Werktuigtype	Inzet [uur]	Verbruik [l/uur]
Bulldozers	800	11,5
Schrankladers	800	2,6
Graaf-laadcombinaties	800	6,6
Totaal	800	5,2

De onderlinge verschillen voor de verschillende werktuigtype zijn voor wat betreft het brandstofverbruik per uur heel groot. Een verandering in de samenstelling van de categorie overig grondverzet zal dan ook gepaard moeten gaan met een verandering van het gemiddelde brandstofverbruik per uur in het model.

Wegenbouw

De gegevens die gebruikt zijn voor de werktuigen die in de wegenbouw gebruikt worden staan weergegeven in tabel B3.11.

Tabel B3.11 Jaarlijkse inzet en brandstofverbruik werktuigen in wegebouw

Werktuigtype	Jaarlijkse inzet [uur]	Brandstofverbruik [l/uur]
Walsen	1000	15,0
Graders	1000	13,2
Scrapers	1000	13,2
Dumpers	1000	29,0
Asfaltafwerkinstallaties	1000	11,2
Totaal	1000	16,5

Hierbij moet opgemerkt worden dat de werktuigen vaak lange tijd achtereen gebruikt worden, maar dat het seizoen waarin gewerkt kan worden beperkt is. In de winter ligt de wegebouw volledig stil.

Heftrucks

De heftrucks worden onderscheiden in twee categorieën; heftrucks op LPG en heftrucks op diesel.

De inzet van deze twee groepen verschilt; 1000 resp. 1100 uur per jaar (Kroon, 1990). Het brandstofverbruik ligt voor de LPG voertuigen op 4,7 liter per uur en voor dieselveertuigen op 5,2 liter per uur (Kroon, 1990).

Hijskranen

De grotere zelfrijdende hijskranen zijn nog wel eens in het bezit van twee motoren met een verschillend motorvermogen. Hierbij wordt de grote motor gebruikt voor het verplaatsen van de kraan, de kleine voor de hijswerkzaamheden.

De hefcapaciteit verschilt structureel. Kleine kranen met een hefcapaciteit van 25 tot 30 ton worden zo'n 2.000 uur per jaar ingehuurd. De grote kranen met een capaciteit van 200 tot 300 ton worden ongeveer 1200 uur per jaar ingehuurd. Dat wil echter niet zeggen dat de kranen gedurende die tijd ook altijd in gebruik zijn. Volgens deskundigen draait een hijskraan in de eerste vijf tot zeven jaar van zijn bestaan gemiddeld zo'n 1400 uur per jaar. Deze gemiddelde inzet voor alle typen wordt gebruikt voor nieuwe voertuigen, voor de oudere jaargangen volgt de inzet uit de inzetcurve.

Voor het brandstofverbruik wordt op grond van de motorvermogens uitgegaan van 7,0 liter per uur.

Speciale voertuigen

Van speciale voertuigen is het gemiddelde kilometrage bekend, evenals het verbruik per kilometer (CBS, 1990). Vermenigvuldiging van deze twee gegevens levert het brandstofverbruik per werktuig. Wanneer dit totaalgebruik uitgesplitst wordt naar het verbruik

door dieselloortuigen en door benzinevoertuigen gaat het om 6720 resp. 1480 liter per voertuig per jaar.

Hierbij is nog niet bekend hoeveel uur ze ingezet worden en wat het brandstofverbruik per uur is. Alleen het produkt van deze twee is bekend. Er wordt van uitgegaan dat dieselloortuigen jaarlijks gemiddeld zo'n 1000 uur ingezet worden, met een brandstofverbruik van 6,7 liter per uur. Benzinevoertuigen maken minder dan de helft van het aantal kilometers van dieselloortuigen. Er wordt verondersteld dat speciale voertuigen op benzine 400 uur per jaar ingezet worden, hetgeen overeenkomt met een brandstofverbruik van 3,7 liter per uur. Hierdoor is het totale brandstofverbruik gelijk aan het verbruik volgens het CBS (CBS, 1990).

B3.4 Verdeling werktuigen naar sectoren

Speciale voertuigen

In het model worden de speciale voertuigen opgedeeld in een categorie die op diesel en één die op benzine rijdt. Het aandeel van de voertuigen op gas is verwaarloosbaar en deze voertuigen worden dan ook naar omvang van de twee categorieën, verdeeld over de categorie diesel en de categorie benzinevoertuigen.

In de module 'prestatie' worden de aantallen werktuigen onderverdeeld naar verschillende economische sectoren³. Slechts voor de speciale voertuigen zijn hier gegevens over bekend. Deze gegevens zijn afkomstig uit de CBS-statistieken 'Het bezit en gebruik van bedrijfsvoertuigen' (CBS, 1985-1989). In deze reeks van statistieken is voor twee perioden bekend in welke SBI-sectoren bepaalde werktuigen gebruikt worden. Voor dit model zijn de cijfers van 1989 gebruikt. De waarden die dit oplevert, staan vermeld in tabel 3.12.

³ Er zijn negen economische sectoren onderscheiden, analoog aan de SBI-indeling uit 1974. Voor de koppeling van werktuigen aan deze sectoren hoeft de daadwerkelijke administratie van de werktuigen niet in dezelfde sector te vallen. Voor de loonwerkers geldt bijvoorbeeld dat ze in de indeling onder de dienstverlening vallen, terwijl de koppeling van de machine-inzet aan de landbouw gemaakt wordt. De groei in deze sector is de maat voor de inzet van de werktuigen.

Tabel 3.12 Verdeling speciale voertuigen over de SBI-sectoren 1989

	SBI-sector	Aandeel speciale voertuigen (%)
0	Landbouw en visserij	1
1	Delfstoffenwinning	0
2/3	Industrie	11
4	Nutsbedrijven	1
5	Bouwnijverheid	9
6	Handel en horeca	30
7	Transport	13
8	Bank- en verzekeringswezen	19
9	Overige dienstverlening	16

Bron: CBS, 1991

De dertig procent van de werktuigen waarvan niet bekend is in welke sectoren ze gebruikt worden, worden naar evenredigheid van de welbekende voertuigen verdeeld over de andere sectoren. Gezien de zeer kleine aandelen van enkele sectoren is er voor gekozen deze niet in het model op te nemen. Dit betreft sector 1 (Delfstoffenwinning) en sector 4 (Openbare nutsbedrijven). Ook de sectoren 0, 5 en 8 hebben een klein aandeel in het speciale voertuigenpark, maar aangezien in deze sectoren andere werktuigen wel in grotere mate gebruikt worden, zijn deze sectoren wel in het model meegenomen. De verdeling over de sectoren van speciale voertuigen naar brandstoftype is niet bekend. De aandelen in de verschillende sectoren zijn dan ook gelijk gehouden.

Overige mobiele bronnen

Voor de andere werktuigen is een verdeling van aantallen werktuigen over de verschillende sectoren niet bekend. Volgens deskundigen worden heftrucks voor 30% in de industrie gebruikt (sector 2/3), voor 40% in de bouw (sector 5), 10% in de overslag (sector 7) en voor de rest in de landbouw en de gemeenten. Hierbij is verondersteld dat die rest (20%) evenredig over de sectoren 0 en 9 is verdeeld. Aangezien niet bekend is hoe deze verdeling over diesel- en LPG heftrucks is, zijn deze aandelen voor beide categorieën gelijk verondersteld. Het is evenwel heel goed mogelijk dat de verschillende heftrucks in de praktijk op verschillende plaatsen ingezet worden.

De graafmachines, laadschoppen en overige grondverzetmachines worden hoofdzakelijk in de bouw ingezet. Een klein deel hiervan wordt bovendien in de landbouw, in de industrie en door gemeenten gebruikt (CIG, 1991). Bij gebruik door gemeenten wordt de inzet gekoppeld aan sector 9. De gemeenten vormen een dusdanig klein deel van de sector 9, dat ze zelf weinig bijdragen aan de groei van de sector. Een groei in sector 9 hoeft dus niet overeen te komen met een groei in de werkzaamheden van gemeenten. Koppeling van de inzet van deze

werktuigen aan deze sector is niet enkel een koppeling aan de gemeenten, maar tevens aan diverse andere diensten. Daarom is er voor gekozen het aandeel van de gemeenten bij de sector bouw op te nemen. De landbouw krijgt 10 en de industrie 20 % van het grondverzet toegerekend, de overige 70 % wordt gekoppeld aan de sector bouw.

Werktuigen in de wegebouw zullen voor het overgrote deel in de sector bouw gebruikt worden. Een klein deel zal ook nog voor rekening van de industrie en de overheden komen. Ook hier wordt het aandeel van de gemeenten aan andere sectoren toegerekend. Verondersteld wordt dat wegebouwmachines voor 90% in sector 5 in gezet worden en voor tien % in de industrie.

Onder de term hijskranen vallen zowel de echte hijskranen, als ook de verbouwde rupskranen. Een groot deel van deze categorie wordt in de overslag gebruikt. Daarnaast is er een categorie in de bouw. Naast het echte hijswerk is er een gedeelte aan funderingswerkzaamheden, waarvoor geheid en getrild moet worden. Dit wordt vaak door verbouwde rupskranen gedaan. De kranen worden volgens deskundigen voor 45 % van de tijd ingezet in de bouw, voor 45 % in de petrochemie en voor de laatste 10 % in de zware industrie en bij particulieren. De laatste twee vallen beiden onder sector 2/3, de industrie, welke dus 55 % van de inzet van kranen toegerekend krijgt.

BIJLAGE 4 DE LANDBOUW

B4.1 Inleiding

In de landbouw worden veel werktuigen gebruikt bij het verbouwen van gewassen. De meeste van die werktuigen worden voortbewogen door een tractor, een aantal is zelfrijdend. Sommige bewerkingen kunnen zowel uitgevoerd worden met zelfrijdende werktuigen als met exemplaren die door de tractor voortbewogen worden. In deze bijlage worden de processen die in de landbouw spelen beschreven.

In de tweede paragraaf van deze bijlage worden twee methoden beschreven waarmee het energiegebruik van landbouwwerktuigen berekend kan worden en wordt de gemaakte keuze voor de wijze van modelleren toegelicht. In paragraaf B4.3 staat een beschrijving van de bewerkingen die uitgevoerd moeten worden voor het verbouwen van gewassen en de daarbij gebruikte werktuigen. In deze paragraaf staat ook tabel B4.1, waarin een overzicht van de zelfrijdende werktuigen in de landbouw gegeven wordt. In paragraaf B4.4 staan een paar ontwikkelingen met betrekking tot landbouwtractoren weergegeven.

B4.2 Wijze van modelleren energiegebruik en emissies in de landbouw

Volgens het CBS zijn er in Nederland in 1990 195.521 landbouwtractoren en 9.650 andere zelfrijdende landbouwwerktuigen (CBS, 1995) (zie ook tabel B4.1 in paragraaf B4.2).

Hieruit wordt onmiddellijk duidelijk dat de tractoren verreweg het grootste aandeel hebben in het totale aantal landbouwwerktuigen en daarmee in het energiegebruik door landbouwwerktuigen.

Voor het energiegebruik lijkt het van weinig belang te zijn of een handeling wordt uitgevoerd door een zelfrijdend werktuig of dat er een werktuig achter een tractor gehangen wordt, de frequentie waarmee de handelingen uitgevoerd worden is veel belangrijker.

Er zijn dan ook twee mogelijkheden om het energiegebruik door landbouwtractoren te modelleren: via de omvang van het tractorpark en via de omvang van het landbouwareaal. De twee berekeningsmethoden zijn voor de berekening van het energiegebruik structureel verschillend. Voor de bepaling van de parkomvang en de emissies heeft het gebruik van de verschillende methoden alleen indirect een gevolg. Doordat verschillende methoden tot verschillende uitkomsten (kunnen) leiden, zullen ook andere waarden voor de parkomvang en emissies berekend (kunnen) worden. De methode ter berekening van omvangen en emissies staat echter los van de gebruikte methode voor de berekening van het energiegebruik. De beide methoden voor de berekening van het energiegebruik door landbouwwerktuigen zullen hieronder kort besproken worden.

B4.2.1 Berekening energiegebruik van landbouwtractoren via de parkomvang

Zoals in bijlage 6 wordt beschreven, is de gebruikte methode voor het berekenen van het energiegebruik van mobiele werktuigen in het algemeen, de methode via de parkomvang, jaarlijkse inzet en het energiegebruik per uur. In deze methode wordt het totale aantal voertuigen vermenigvuldigd met het de jaarlijkse inzet [uur] en het energiegebruik [J/uur]. Dit

levert het totale energiegebruik gedurende het jaar voor een groep van werktuigen. In deze paragraaf wordt deze methode toegepast voor landbouwtractoren.

Door het CBS wordt jaarlijks in de meitelling het aantal tractoren geschat. Voor 1990 bedraagt die schatting 195.521 tractoren (CBS, 1991), inclusief de tractoren van loonwerkers. Over de opbouw van dit park naar bouwjaar zijn bij het CBS geen gegevens bekend.

Vrijwel alle tractoren die in Nederland gebruikt worden, zijn in het buitenland geproduceerd. In de landbouwstatistieken zijn im- en export cijfers te vinden over tractoren (LEI, 1960-1990). Aangezien er in Nederland vrijwel geen tractoren gemaakt worden (Braun, 1993), bestaat de export van tractoren waarschijnlijk volledig uit tweedehands exemplaren. In dat geval is het importcijfer gelijk aan de jaarlijkse nieuwverkopen plus de tweedehands geïmporteerde werktuigen. Deze laatste groep is vermoedelijk dusdanig klein op het totaal dat hij verwaarloosd kan worden. De importcijfers komen goed overeen met de verkoopcijfers, die wel voor de afgelopen vier jaar bekend zijn (Landbouwmechanisatie, 3-95), maar niet voor de jaren daarvoor. Op deze manier is een redelijk beeld te krijgen van de jaarlijkse tractorverkopen. De hoogte hiervan staat weergegeven in bijlage 9.

Vermenigvuldiging van de jaarlijkse verkoopcijfers met de uitvalcurve (zie paragraaf 2.6) levert de parkopbouw naar bouwjaar op. Bij gebruik van de bovengenoemde importcijfers levert dit een parkomvang van 156.880 tractoren op. Dit ligt lager dan de schatting van het CBS.

Dit verschil wordt verklaard door de slechte tweedehands markt die er is voor tractoren. Tweedehands tractoren leveren nog dusdanig weinig op, dat ze volgens deskundigen vaak niet ingeruild worden, maar in de schuur blijven staan en nauwelijks meer gebruikt worden. Dit verschijnsel wijkt wat af van de processen bij de andere werktuigen en daardoor zullen de kansen dat tractoren na een aantal jaar nog in het park aanwezig zijn in de gebruikte uitvalcurve te laag ingeschat worden. De verwachting is dan ook dat de beschrijving met deze curve een te laag totaal park geeft.

Volgens verscheidene deskundigen ligt de gemiddelde jaarlijkse inzet van 'nieuwe' tractoren zo rond de 400 uur per jaar. Met deze waarde wordt de inzetcurve ingevuld, waarin verondersteld wordt dat tractoren de eerste jaren van hun bestaan 400 uur per jaar draaien. Daarna neemt het gebruik geleidelijk af tot ze in de laatste jaren nog 200 uur maken. Voor het totale park zoals dat is weergegeven door het CBS vormt de gebruikte invalcurve geen goede beschrijving; alle inactieve tractoren die ergens in schuren staan, krijgen met deze curve toch een jaarlijkse prestatie toegerekend. Met behulp van de jaarlijkse verkoopcijfers, die een te lage totale parkomvang lijken op te leveren, is een parkomvang berekend van actieve voertuigen. Deze kunnen wel met de inzetcurve vermenigvuldigd worden.

Deze gegevens leveren een totale prestatie door landbouwtractoren op van 53 mln uur.

Op verschillende plaatsen zijn cijfers te vinden over het gemiddeld brandstofverbruik per uur. Voor de akkerbouw wordt een verbruik van 8,2 l/uur (Hoenderken, 1990) beschreven. In het Emissie-onderzoek Landbouwtractoren (Bijsterbosch, 1994) wordt een overzicht gegeven van 55 tractoren, die een representatieve steekproef van het totale park vormen. Van deze tractoren is het vermogen bekend. Weging van het gemiddelde vermogen (54,2 kW) over de tijd volgens de methode Welshof (zie bijlage 7) en een specifiek verbruik van 261 g/kWh (Bijsterbosch, 1994) levert een verbruik van 5,8 kg/uur (7,0 l/uur) op. Volgens de methode van de BOVAL (Braun, 1993) komt een gemiddeld vermogen van 54,2 kW voor tweewiel aangedreven motoren overeen met een brandstofverbruik van 6,9 l/uur. Gezien de hogere dekkingsgraad van de tweede waarde (niet alleen voor de akkerbouw) en de hogere betrouwbaarheid van de gegevens die gebruikt zijn voor de tweede waarde, wordt hier verder gerekend met een verbruik van 7 l/uur.

Het totale brandstofverbruik door tractoren in de landbouw komt daarmee op 371 mln liter.

B4.2.2 Berekening energiegebruik landbouwtractoren via de areaalomvangen

Voor het berekenen van het energiegebruik via de areaalomvangen wordt het landbouwareaal vermenigvuldigd met het brandstofverbruik dat per hectare van een gewas nodig is voor het aandrijven van de werktuigen.

Bij de verbouw van gewassen is meestal tamelijk eenduidig aan te geven welke bewerkingen uitgevoerd moeten worden (zie ook de derde paragraaf van deze bijlage). Deze bewerkingen kosten een zekere hoeveelheid tijd en brandstof. Er zijn gegevens bekend over het energiegebruik per hectare landbouwgewas (de Maeyer *et al*, 1995). Het brandstofverbruik [kg] per hectare voor verschillende gewassoorten staat weergegeven in tabel B4.2.

Tabel B4.2 Brandstofverbruik naar gewassoort per hectare [kg]

Gewassoort	Verbruik per hectare [kg]	Waarde verbruik [kg/ha] gebruikt in het model	Waarde verbruik [GJ]
Snijmais	92,1 - 118,8	105,5	4,5
Grasland			
Consumptie- en fabrieksaardappelen	200,4 - 205,5	203,0	8,7
Suikerbieten en pootaardappelen	112,3 - 213,9	129,7	5,6
Tarwe	123,2 - 134,0	128,6	5,6
Overig		137	5,9

Bron: De Maeyer *et al*, 1995

De waarden die in tabel B4.2 vermeld staan, zijn de minimum en maximum waarden, na doorrekening van verschillende werktuigcombinaties en verschillende grondsoorten waarop de

bewerking uitgevoerd moet worden. Het grote verschil dat gesignaleerd staat bij de suikerbieten en pootaardappelen, wordt veroorzaakt door dat dit totaal verschillende gewassen zijn. Een hectare suikerbieten vraagt 112,3 tot 112,8 kg brandstof per hectare, een hectare pootaardappelen 191,0 tot 213,9 kg. In het model wordt steeds gerekend met de gemiddelde waarde, in het geval van de categorie suikerbieten en pootaardappelen wordt de gemiddelde waarde per gewas gewogen naar de omvang van de afzonderlijke gewassen (resp. 125,0 en 30,1 *1000 ha). Dit levert de gebruikte waarden voor het model, zoals die staan weergegeven in de derde kolom van tabel B4.2 op.

De reden dat ondanks de enorme verschillen in verbruik per hectare toch voor de gemeenschappelijke categorie suikerbieten en pootaardappelen is gekozen, is dat voor deze categorie in de MV3 uitsluitend *in zijn totaal* areaalomvangprognoses worden aangeleverd. De keuze voor de genoemde gewassoorten is op andere gronden gemaakt. Voor de berekening van alleen het energiegebruik zou een andere keuze voor de gewassoorten tot stand gekomen zijn. Aangezien de prognoses van het landbouwareaal echter alleen op deze manier aangeleverd worden, wordt in het model ook met deze combinatie van gewassoorten gewerkt.

Voor de waarde voor de overige gewassoorten is het gemiddelde van het totale landbouwareaal genomen.

De hiergenoemde gewassoorten vormen samen het landbouwareaal van de akkerbouw en de veeteelt (het areaal grasland en snijmais). Volgens berekeningen aan het totale verbruik (Hoenderken, 1990) is het verbruik van de totale tuinbouw ongeveer 15% van het totale verbruik van de akkerbouw (de zes genoemde gewassoorten minus grasland en snijmais). Hiermee wordt het berekende energiegebruik opgehoogd.

In de uitgave Landbouw, Milieu en Economie van het LEI (LEI-DLO, 1994) wordt een berekening gemaakt van het dieselgebruik in de landbouw. Er wordt gewerkt met een waarde van 5 GJ per hectare akkerbouwgrond en 4 GJ per hectare grond van graasdierbedrijven (grasland). Deze cijfers zijn echter gebaseerd op het verbruik van eigen tractoren, dus exclusief loonwerk. De waarde voor het totale akkerbouwareaal inclusief loonwerk (5,9 GJ, De Maeyer *et al*, 1995) ligt een kleine 20% hoger dan de waarde voor het totale landbouwareaal exclusief loonwerk (5 GJ, LEI-DLO, 1994).

In het model wordt verondersteld dat de hoogte van dit verschil gelijk is bij het graslandareaal, een gewassoort waarvoor in het rapport van de Maeyer geen gegevens over zijn. Dit levert een rekenwaarde voor het landbouwareaal op van $1,2 * 4 = 4,8$ GJ per hectare grasland.

Vermenigvuldiging van de omvang van de landbouwarealen per gewassoort met het energiegebruik per hectare levert een totaal energiegebruik van 10,6 PJ, hetgeen overeenkomt met 296 mln liter dieselolie. Het op deze manier berekende verbruik ligt 20% lager dan het berekende verbruik via de methode van de parkomvang, jaarlijkse inzet en verbruik per uur.

B4.2.3 Gebruikte methode in het model

Bij de keuze voor het gebruik van een methode in het model spelen een aantal zaken een rol. Ten eerste is de methode via de parkomvang minder betrouwbaar dan de areaalmethode, gezien de vertekening in de parkomvang van de landbouwtractoren. Daarnaast zijn er veel meer benodigde gegevens voor de areaalmethode beschikbaar dan gegevens die nodig zijn voor de parkmethode. Tenslotte levert de areaalmethode een hogere dekkingsgraad dan de parkmethode, aangezien hierin het onderscheid tussen het uitvoeren van bewerkingen met een tractor of met een zelfrijdend werktuig vervalt. De parkmethode berekent enkel het energiegebruik en de emissies van landbouwtractoren, niet van de overige werktuigen.

Het TNO-rapport Emissie-onderzoek Landbouwtractoren (Bijsterbosch, 1995) is het eerste deel van een uitgebreidere studie naar het energiegebruik en de emissies van landbouwtractoren. Het betreft hier alleen het meten van energiegebruik en emissies van verschillende tractoren onder diverse motorbelastingen. In aanvulling hierop is er ten tijde van het schrijven van dit rapport een praktijkonderzoek gaande naar de jaarlijkse inzet en wijze van belasting van tractoren in de praktijk. Gegevens uit dit onderzoek kunnen een completer beeld geven van de situatie, waarna waarschijnlijk het verschil in betrouwbaarheid tussen beiden methoden veel kleiner wordt. Het verdient aanbeveling de beide methoden ter berekening van het energiegebruik (via de parkomvang en areaalomvang) opnieuw door te rekenen met de gegevens die de lopende studie oplevert.

B4.3 Bewerkingen in de landbouw

Inleiding

In de loop van de tijd is ook in de landbouw een steeds groter gedeelte van de arbeid vervangen door machines. Hierbij zijn er twee vormen van arbeidsvervanging: automatisering en mechanisatie. Met de eerste term wordt bedoeld op de inzet van 'slimme' apparaten als computers, die werk overnemen door het te automatiseren. Het mechaniseringsproces is veel ouder, de eerste landbouwwerktuigen zijn al van ver voor onze jaartelling en is dit kader ook veel interessanter. De meeste automatiseringmachines (bv. computers) worden op elektriciteit aangedreven en vallen dus buiten het bestek van deze studie. Bij de mechanisatie is een trend naar steeds grotere werktuigen. Deze worden niet langer door mens- of paardekracht aangedreven, maar hebben zelf een motor hebben of worden achter een gemotoriseerd voertuig voortgetrokken. De trend van steeds verdere mechanisatie heeft een grote verscheidenheid aan werktuigen opgeleverd, welke hieronder in hoofdlijnen besproken zullen worden.

In eerste instantie worden de verschillende werktuigen besproken aan de hand van de meest gangbare handelingen die verricht moeten worden voor het verbouwen van gewassen. Voor vrijwel iedere handeling is een werktuig vervaardigd. Van de meest voorkomende werktuigen

heeft het CBS schattingen gemaakt. Per werktuig zal kort besproken worden hoeveel er zijn, welk aandeel er zelfrijdend is, wat het gemiddeld motorvermogen is en hoeveel uur ze jaarlijks ingezet worden.

Daarnaast is er een aparte paragraaf over de tractoren. Ook hier wordt het aantal, vermogen en de inzet besproken. Deze paragraaf wordt afgesloten met een tabel waarin de werktuigen allemaal op een rij gezet worden.

Zoals in de tweede paragraaf van deze bijlage al is vermeld, is het in feite niet belangrijk of een werktuig zelfrijdend is of voortgetrokken wordt. In beide gevallen moet het werktuig aangedreven en verplaatst worden en wordt daarvoor energie gebruikt. Het enige verschil is of het werktuig of de tractor de uren maakt. Het verschil in gebruikte energie tussen een zelfrijdende en een getrokken of aangebouwde variant is volgens diverse deskundigen beperkt. De berekening van het energiegebruik door werktuigen in de landbouw wordt dan ook via de omvang van het landbouwareaal gemaakt. Een overzicht van de zelfrijdende werktuigen voor bewerkingen in de landbouw is te vinden in tabel B4.1. Hieronder staat een beschrijving van de verschillende processen die met de werktuigen uitgevoerd worden.

Tabel B4.1 overzicht van de in de landbouw gebruikte werktuigen

Werktuigtype	Parkomvang	Gemiddeld motorvermogen [kW]	Gemiddelde jaarlijkse inzet [uur]
Precisiezaaimachines	50		
Bloembollenpootmachines	200	10	50
Mengmestverspreiders	200		
Zodebemesters	500		
Veldspuiten	500	70	350
Maaidorsers	6.000	100	100
Bietenrooimachines	400	200	100
Aardappelrooimachines	200	70	100
Veldhakselaars	1.600	200	150
Tractoren	195.521	55	400

Bron: CBS, 1995; de Vries, mondelinge mededeling¹

Beschrijving van de bewerkingen in de sector landbouw

Het zaaien

Om gewassen te kunnen verbouwen, moet er in eerste instantie gezaaid, geplant of gepoot worden. Ruim twintig procent van het energiegebruik van werktuigen in de landbouw wordt verbruikt bij het zaaien of poten van het gewas.

¹ Uitspraken van een panel deskundigen betreffende de jaarlijkse gemiddelde inzet en het gemiddelde motorvermogen.

Er zijn twee soorten zaaimachines; gewone zaaimachines en precisiezaaimachines. De gewone zaaimachines hebben een manier van zaaien die varieert van een rijenzaai (met een constante afstand tussen de verschillende rijen) tot een breedwerpige zaai, waarbij de zaden over een zo groot mogelijk gedeelte uitgespreid worden, met als doel een zo gelijk mogelijk verspreiding van de zaden. Er zijn een kleine 14.000 gewone zaaimachines (CBS, 1995), welke allemaal achter een tractor gehaakt worden.

Precisiezaaimachines worden vooral toegepast in de teelt van suikerbieten, maïs en diverse groentezaden. Bij het gebruik van precisiezaaimachines is weinig tot geen uitdunwerk nodig, is minder zaaizaad nodig en is er een hogere opbrengst. De machines zijn echter wel een stuk duurder in aanschaf en gebruik. Er zijn 8.000 precisiezaaimachines in Nederland (CBS, 1995), waarvan er enkele zelfrijdend zijn.

Het poten en planten

Aardappelen moeten één voor één en op gelijke afstand in een rij gepoot worden. Daartoe wordt gebruik gemaakt van pootmachines. Er zijn zo'n 10.000 aardappelpootmachines in Nederland (CBS, 1995), die allemaal getrokken worden.

Ook bloembollen moeten gepoot worden (tuinbouw). Dit gebeurt met bloembollenpootmachines, waarvan er een kleine 1500 in Nederland zijn (CBS, 1995). Hiervan zijn er 200 zelfrijdend. Deze worden slechts heel kort ingezet (het pootseizoen is heel beperkt) en hebben een vermogen van 10 kW (de Vries, mondelinge mededeling).

Plantmachines zetten jonge plantjes op regelmatige afstand in de volle grond of in kassen. Het gaat hierbij met name om koolsoorten, bloemen en jonge boompjes. De meeste plantmachines zijn halfautomatisch, voor iedere rij zit iemand op het voortgetrokken werktuig, die de plantjes in het mechanisme van het werktuig stopt.

Het bemesten van de grond

Het aandeel in het totale energiegebruik dat nodig is voor de gewasverzorging (bemesten en bescherming) varieert per gewassoort van vijf tot bijna vijftig procent.

Er zijn een drietal methodes in gebruik voor het bemesten van de grond. Er kan vloeibare mest gespoten worden, vloeibare ammoniak geïnjecteerd worden of, de meest gebruikte methode, kunstmest gestrooid worden met een kunstmeststrooier. Er zijn in Nederland 88.000 kunstmeststrooiers, welke allemaal achter de tractor gehaakt worden. Daarnaast zijn er nog een kleine 31.000 stalmeststrooiers en een kleine 45.000 mengmestverspreiders (CBS, 1995). Van de laatste zijn er 1.200 met mestinjectie, waarvan er 200 zelfrijdend zijn (de Vries, mondelinge mededeling). Daarnaast zijn er zo'n 500 zelfrijdende zodebemesters (Fournier, mondelinge mededeling).

Gewasbescherming en -verzorging

Om een goede opbrengst te krijgen moeten landbouwgewassen beschermd worden tegen schadelijke insecten, ziekten en onkruid. Bestrijding van deze verschillende plagen gebeurt met een grote verscheidenheid aan apparaten.

Grondontsmetting van aardappelvelden, om aaltjes te bestrijden, gebeurt door nematiciden in de grond te injecteren. Er zijn een kleine 1000 grondontsmettingsinstallaties, welke allemaal extern voortbewogen moeten worden (CBS, 1995). Andere bestrijdingsmiddelen als insecticiden, fungiciden en herbiciden worden voornamelijk in verdunde concentraties op het gewas gespoten. Hiervoor worden allerhande spuitmachines gebruikt. Van de bijna 30.000 veldspuiten zijn er 500 zelfrijdend, voornamelijk in gebruik bij de loonbedrijven. Deze hebben een gemiddeld motorvermogen van 70 kW en worden ongeveer 350 uur per jaar ingezet. De 7500 nevel- en snelspuiten worden allemaal door een tractor getrokken. Tenslotte zijn er nog een 500 motorrugnevelspuiten. Deze worden op de rug gedragen, hebben geen motor om zich mee voort te bewegen en worden dus in deze studie niet meegenomen. Het energiegebruik van deze spuiten zal dus strikt genomen in de sector landbouw berekend moeten worden en niet bij de sector verkeer en vervoer. Bij de benadering per hectare worden ze wel meegenomen, aangezien daar geen onderscheid naar wijze van spuiten gemaakt wordt. Om aan te geven dat het maar om een klein gedeelte gaat: ze worden 100 uur per jaar ingezet en hebben een gemiddeld vermogen van 5 kW (de Vries, mondelinge mededeling; CBS, 1995). Dat het energiegebruik van deze bewerkingen niet in de statistieken wordt meegenomen is dan ook niet zo'n groot probleem, het is verwaarloosbaar ten opzichte van de andere handelingen. Naast deze chemische wijze van onkruidverdelging zijn er ook verschillende mechanische onkruidbestrijdingsmethoden. Een dergelijke methode is meestal niet voldoende, er moet altijd een basis gelegd worden met chemische bestrijding.

Het onkruid kan bijvoorbeeld beschadigd worden door een snelle verhitting. Door deze temperatuurstijging en volumevergroting van de cellen verandert de celstructuur dusdanig, dat de plant het niet overleeft. Deze methode is te kostbaar om echt toegepast te worden.

Voor andere methoden van mechanische onkruidverdelging wordt gebruik gemaakt van schoffelmachines, eggen of strokenfreen. Schoffelmachines bestaan uit een aantal gekromde messen die door de grond getrokken worden, achter een tractor aan of handgetrokken. Eggen maken het land slechts oppervlakkig los en worden vaak met een hoge snelheid voortbewogen. Er zijn 13.000 aangedreven eggen (CBS, 1985).

Strokenfreen zijn meestal enkele rijen breed en hebben min of meer het zelfde werkingsprincipe als eggen en schoffelmachines. Ook strokenfreen worden achter tractoren gehangen. Er zijn een kleine 16.000 strokenfreen in Nederland. (CBS, 1995)

Het oogsten

Het energiegebruik van oogsten heeft een heel wisselend aandeel in het totale energiegebruik voor het verbouwen van een hectare gewas. Dit varieert van een kleine tien tot ruim veertig procent.

Alle zaden en granen (met uitzondering van erwten en bonen) kunnen geoogst worden met een maaidorsmachine. Het vermogen is afhankelijk van de maaibreedte en is gemiddeld zo'n 25 kW per meter werkbreedte (Speelman, 1994). Er zijn ruim 6.000 maaidorsers (CBS, 1995). Ze zijn allemaal zelfrijdend, hebben een gemiddeld motorvermogen van 100 kW en worden jaarlijks ongeveer 100 uur ingezet (de Vries, mondelinge mededeling).

Bieten worden geoogst met een bietenrooimachine. Daarvan zijn er ruim 2.000 (CBS, 1995). De bieten moeten gekopt worden en van hun wortels ontdaan worden, wat zo nauwkeurig mogelijk moet gebeuren, om de verliezen zoveel mogelijk te beperken. Ongeveer 400 bietenrooiers zijn zelfrijdend met een gemiddeld motorvermogen van 200 kW en een jaarlijkse inzet van ruim 100 uur (de Vries, mondelinge mededeling).

Aardappels zijn zeer kwetsbaar bij het rooien, daar worden de machines op afgestemd. Alvorens te kunnen oogsten moet het loof van de planten verwijderd worden. Dit kan chemisch gebeuren, door het loof te bespuiten voor het geoogst wordt. De spuiten hiervoor kunnen ook bij de onkruidbestrijding gebruikt worden. De loofverwijdering kan ook mechanisch gedaan worden. Met loofklappers (5000 stuks in Nederland) wordt het loof afgesneden en min of meer gehakseld. Met looftrekkers (ruim 600) worden de na het klappen achtergebleven loof los getrokken uit de grond. Loofbranders verbranden of verstomen het loof waarna het na korte tijd afsterft. Al deze loofverwijderaars worden door een tractor getrokken (CBS, 1995).

Na het verwijderen van het loof worden de aardappelen gerooid met een aardappelrooimachine, waarvan er 9.000 zijn (CBS, 1995). Hiervan zijn er 200 zelfrijdend, deze zijn allemaal te vinden bij de loonwerkers. Het gemiddeld vermogen is 70 kW. De inzet wordt op een 100 uur per jaar geschat. (de Vries, mondelinge mededeling)

Het verzamelen van de oogst kan op een aantal manieren gebeuren. Met een bunkerrooier, met kipwagens of loswagens. Er zijn 34.000 hydraulische kipwagens in Nederland.

De veeteelt

De werktuigen die in de veeteelt gebruikt worden, worden ingezet voor het verbouwen van mais of gras.

Op 60 % van de landbouwgronden in Nederland groeit gras (van Egmond *et al*, 1995). Voor het verwerken van dit gras tot veevoer moet het gemaaid, gehakseld of gekneusd worden en moet het vervolgens een tijd drogen. Het kleingehakselde gras kan efficiënt gestapeld worden en makkelijker uit elkaar getrokken worden. Het kneuzen beschadigt het materiaal dusdanig, dat de droogsnelheid toeneemt. Maaien en hakselen en maaien en kneuzen worden vaak door één machine uitgevoerd. Er zijn 3.000 veld-, maishakselaars en maaikneuzers. Van de veldhakselaars rijden er 1600 zelf (CBS, 1995). Deze worden 150 uur per jaar ingezet. Het vermogen is gemiddeld 200 kW (de Vries, mondelinge mededeling).

Na het kneuzen moet het materiaal enige tijd op het land liggen drogen. Om het droogproces te versnellen wordt het gewas gekeerd en geschud. Als het drogen voltooid is, moet het gewas bij elkaar geharkt worden om het op te kunnen halen. Er zijn 112.000 harken, keerders en schudders.

B4.4 Ontwikkelingen in de verdeling van landbouwtractoren naar vermogensklassen

De landbouwtractoren vormen de belangrijkste krachtbron voor de aandrijving van werktuigen. Daarnaast worden ze veel ingezet voor transportwerkzaamheden. Na tamelijk sterke groei in de jaren daarvoor heeft het aantal tractoren zich tussen 1985 en 1990

gestabiliseerd tot om en nabij de 200.000. De nieuwe tractoren worden ongeveer 400 uur per jaar ingezet. Dit gaat niet op voor de 13.000 tractoren die in eigendom zijn bij de loonbedrijven, deze worden volgens deskundigen waarschijnlijk 800-1000 uur per jaar ingezet. In het model wordt uitgegaan van het energiegebruik per hectare, de jaarlijkse inzet is daardoor niet meer van belang.

Het gemiddeld vermogen van de tractoren neemt nog altijd toe, hoewel dat de laatste jaren niet zozeer komt omdat er nog zwaardere typen verkocht worden, maar omdat het aandeel van de lichtere typen is afgenomen. Bij inruil van een oude tractor, welke vaak een verhoudingsgewijs klein motorvermogen heeft, wordt deze ingeruild voor een tractor met een beduidend groter vermogen. Op deze wijze worden met name de lichte tractors ingeruild voor exemplaren met meer vermogen en stijgt het gemiddeld vermogen. De spreiding in de motorvermogens wordt zo kleiner. Met deze steeds kleiner wordende spreiding zal de fout die in de schatting van het motorvermogen zit (en daarmee in de schatting van het energiegebruik per uur) ook verder afnemen.



Figuur B4.1 Tractor

BIJLAGE 5 DE CPB-SCENARIO'S

In de milieuverkenningen wordt gebruik gemaakt van de scenario's die ontwikkeld zijn door het CPB. Het CPB schetst een viertal mogelijke toekomstbeelden en heeft deze voor drie scenario's tamelijk gedetailleerd uitgewerkt (CPB, 1992). Deze toekomstbeelden zijn samengesteld uit verschillende visies op de economie en de rol van de overheid hierin. Eén van deze drie toekomstbeelden (Balanced Growth) lijkt minder geschikt voor het doorrekenen van de milieuverkenningen. In het Balanced Growth scenario is er sprake van een grote verscheidenheid aan beleidsmaatregelen op milieugebied. Er is grote internationale samenwerking op dit gebied en er zijn tal van (financiële) maatregelen genomen. Getracht wordt tot een duurzame economische ontwikkeling te komen.

In dit rapport wordt aangesloten op de MV3, waarin dit scenario niet is gebruikt. De andere twee scenario's (Global Shift en European Renaissance) zijn wel gebruikt.

In het model zijn de CPB-scenario's gebruikt als default, andere scenario's kunnen uiteraard eveneens doorgerekend worden. Hieronder staan de twee gebruikte scenario's op hoofdlijnen beschreven.

B 5.1 Global Shift

In het Global Shift (GS) scenario is er op mondiale schaal sprake van een zeer dynamische technische ontwikkeling. Om daarop in te springen zijn inventiviteit en ondernemend gedrag noodzakelijk. De VS slagen daar uitstekend in, evenals de opkomende Dynamische Aziatische Economieën (DAE's). Ondanks de inspanningen in de verbreding en verdieping van de interne markt blijkt Europa slecht voorbereid op de concurrentieslag die het door de slagvaardigheid van deze landen het hoofd moet bieden. Economische hervormingen op het gebied van bevordering van concurrentie en verbetering van de werking van de arbeidsmarkt worden slecht gerealiseerd. Hierdoor stagneert de economische groei en neemt de werkloosheid snel toe. Doordat een aantal landen uit de EG pleiten voor protectionistische maatregelen en een aantal andere juist fel tegen is, stagneert het proces van de Europese integratie.

Nederland ondervindt als klein land relatief veel hinder van deze stagnatie en het niet tot stand komen van interne Europese markten. Bij dalende werkgelegenheid en getroffen maatregelen inzake arbeidsongeschiktheid en ziekteverzuim die slechts beperkt werken, stijgt het aantal arbeidsongeschikten sterk. Werkloosheid en hoge immigratie leiden tot hoge uitgaven voor bijstand, sociale woningbouw en huursubsidie.

Als rond 2005 het aantal werklozen zo'n twee miljoen bedraagt, ontstaat een schokeffect en de bewustwording dat rigoureuze maatregelen nodig zijn om verandering in de situatie te brengen. Er worden maatregelen getroffen die passen in het Vrije-Markt perspectief, dat zo succesvol was in de DAE's. Door deze late reactie op de problematiek zijn de maatregelen zeer extreem van karakter.

Door de gebrekkige Europese samenwerking blijft de aanpak van internationale milieuproblematiek liggen. Beleid in zake milieuproblemen blijft beperkt tot de nationale problemen.

De landbouw

De verstarring, naar binnen gekeerdheid en het protectionisme, nadrukkelijk aanwezig in het GS scenario, maken dat het huidige beleid van ad hoc aanpassingen wordt voortgezet. De quotumregelingen blijven gehandhaafd en jaarlijks is er sprake van een geringe daling van de reële prijzen. Milieudoelstellingen worden niet op Europees niveau gehaald, de enige aanpak is nationaal, met behulp van technische maatregelen, regelgeving en convenanten.

Door de beperkte openheid van de markt blijft de landbouw in productie zo'n 25 % achter bij de meest optimale situatie. Dit is het gevolg van een sterkere groei in de akkerbouw en veeteelt en een tragere groei in de tuinbouw dan in het Balanced Growth scenario. Er is sprake van een achterblijvende technische vooruitgang, waardoor de arbeidsproductiviteit minder sterk stijgt dan in andere scenario's.

De industrie

Voor industriële ondernemingen zijn toekomstperspectieven nog onzekerder dan voor andere sectoren, gezien de complexe werking van de markt. Door de starre houding van de Europese industrie, het risico-mijdend gedrag en de op korte termijn gerichtheid, blijft zij ver achter bij de snelle participatie door de industrie in landen buiten Europa. Na de eeuwwisseling wordt men zich in Europa bewust van het opgetreden verschil. Op dat moment wordt getracht met sterke wendingen de achterstand op Japan en de VS in te halen, hetgeen leidt tot een liberalisatie van markten, een schoktherapie voor de arbeidsmarkt en enorme investeringen.

Vervoer en distributie

Het goederenvervoer groeit door de beperkte economische groei in Europa minder sterk dan in het ER-scenario. De overheidsuitgaven voor de weg-infrastructuur zijn beperkt. Het lukt Nederland niet om extra diensten te koppelen aan de enorme goederenstromen die Nederland via de mainports passeren. Ondanks de lage groei van het goederenvervoer zijn de milieukosten aanzienlijk.

B5.2 European Renaissance

In het European Renaissance (ER) scenario is de technische ontwikkeling minder dynamisch en geleidelijker dan in GS. Door de steeds grotere voordelen van schaalvergroting krijgen nieuwe ondernemingen met grote toetredingsdrempels te maken. Er ontstaan grote wereldwijde organisaties, welke steun zoeken bij overheden. In toenemende mate zijn strategische technologie-industrie en handelspolitiek belangrijk.

Het gebrek aan samenwerkingsvermogen van de VS maakt dat het bedrijfsleven niet in staat is de succesformules van de jaren tachtig opnieuw toe te passen. De problemen groeien; er is sprake van een geringe groei van de arbeidsproductiviteit, een achteruitgang van kapitaal en een verloedering van de binnensteden. Zo tegen 2005 volgt een herstel voor de Amerikaanse markt.

De Europese integratie verloopt voorspoedig. De uitbreiding van de interne markt leidt tot gunstige economische perspectieven voor Europa, waardoor de EU open staat voor verdere uitbreiding. Er ontstaat een meer open wereldhandelssysteem.

In het ER scenario verschuiven tal van verantwoordelijkheden van de overheid naar Europees niveau. Voor wat betreft de verzorgingsstaat en de arbeidsmarkt worden de taken van de nationale overheid juist aan lager gelegen overheden gedelegeerd.

De arbeidsongeschiktheid en het ziekteverzuim worden door een omvangrijk pakket van maatregelen effectief teruggedrongen. Ter bevordering van de arbeidsparticipatie wordt de alleenverdienerstoeslag (voetoverheveling) afgeschaft.

De milieuproblematiek wordt in internationaal verband aangepakt. Continentale problemen als verzuring staan hierbij centraal.

De landbouw

In de landbouw wordt direct in de productie ingegrepen. Bij potentiële overschotsproducties worden strenge productiequota opgelegd. Door het opleggen van heffingen worden het gebruik van kunstmest en chemische bestrijdingsmiddelen ontmoedigd. Er wordt op Europees niveau een bescheiden heffing gelegd op het gebruik van fossiele brandstoffen.

De tuinbouw zal sterk groeien, met gemiddeld 4 % per jaar. Aangezien binnen de GATT geen accord wordt bereikt over een liberalisatie in de handel in agrarische producten besluit de EG voor een strategie van quoterings in plaats van subsidiëring. Dit quotumbeleid heeft als positieve consequentie een vermindering van de milieudruk. De brutolandbouwproductie stijgt met 1,5 procent per jaar. De toegevoegde waarde neemt, door energiebesparingen in de tuinbouw, jaarlijks ruim een half procent meer toe. De agrarische werkgelegenheid neemt met 0,8 procent per jaar af.

De industrie

In het ER scenario presenteert Europa zich duidelijk als macht in de industriële wereld, op hetzelfde niveau als Japan en de VS. De VS raken in zichzelf gekeerd en zijn te conservatief om in de snelle ontwikkelingen te participeren. Pas na jaren (evenals Europa in het GS scenario) raken ze op de weg terug. De Europese industrie denkt op de lange termijn en hecht een groot belang aan samenwerking. Europa treedt bij onderhandelingen op het gebied van handelsbeleid en ontwikkelingssamenwerking naar buiten toe op als eenheid. De markt voor de gemaakte producten blijft vrijwel geheel beperkt tot de Europese markt; de Amerikaanse markt is ineengestort en de relatie met Japan is dermate gecompliceerd en delicaat, dat met concurrentie op de Japanse markt voorzichtig omsprongen wordt.

Vervoer en distributie

De logistieke activiteiten nemen sterk toe. Rondom de mainports ontstaan geclusterde distributie-activiteiten. Er zijn hoge overheidsuitgaven voor weg-, spoor- en

vaarwegeninfrastructuur. De door de EG ingestelde uniforme transportstandaarden maken het mogelijk het vervoer nog verder te ontwikkelen.

BIJLAGE 6 TOELICHTING BEREKENING ENERGIEGEBRUIK

De bepaling van het totale energieverbruik van mobiele werktuigen kan op drie verschillende manieren gebeuren: via de totaal afgeleverde brandstof, via het motorrendement en motorvermogen en via het brandstofverbruik per uur. De laatste twee methoden verschillen in wezen heel weinig van elkaar. In deze bijlage zullen deze drie methoden kort besproken worden, waarna de keuze voor de gebruikte methode toegelicht zal worden.

B6.1 Via de afgeleverde brandstof

Een liter brandstof heeft een bepaalde energie-inhoud. Voor de meest voorkomende brandstoffen staat de energie-inhoud gegeven in tabel B6.1. Wanneer er cijfers bekend zijn van het totale verbruik van brandstof door mobiele werktuigen, kan dat met behulp van de energie-inhoud omgerekend worden tot het totale energieverbruik van de werktuigen. Aangezien verreweg het grootste deel van de werktuigen op diesel rijdt, zou volstaan kunnen worden met de bepaling van het dieselverbruik door werktuigen; de rest is verwaarloosbaar klein.

Tabel B6.1 Energie-inhoud van brandstoffen

Brandstof (l)	Energie (MJ)
LPG	24,9
Benzine	32,6
Diesel	35,9

Bron: CBS, 1994

In Nederland bestaan er twee tarieven voor diesel. Het eerste is het gewone gebruikerstarief, het tarief dat aan de pomp betaald wordt. Voor de bedrijven (ook voor landbouwers) is er daarnaast een laag-belast tarief; de 'rode' diesel. Van deze diesel wordt door het CBS een aparte administratie bijgehouden, waardoor met een redelijke betrouwbaarheid aangegeven kan worden in welke sectoren de diesel gebruikt wordt en in welke mate. Er is echter niet bekend door welke voertuigen en machines de diesel verbruikt wordt. Wanneer men eenmaal een tank met 'rode diesel' op het erf heeft staan, worden daar niet alleen werktuigen op aangedreven die niet onder de definitie van overige mobiele bronnen vallen, zoals beregeningsinstallaties en stationaire motoren, maar, volgens verschillende deskundigen, vaak ook personenauto's. Dit maakt de hoeveelheid afgeleverde diesel toch een tamelijk onbetrouwbare methode om het energieverbruik te bepalen.

Tevens heeft deze methode de beperking dat er geen inzicht verkregen wordt in de processen die spelen om tot dit verbruik te komen. Juist dat inzicht is van groot belang bij het maken van prognoses; alleen op basis van inzicht in de huidige spelende processen kan een uitspraak gedaan worden over mogelijke veranderingen hierin. Dit maakt deze methode één met te beperkte mogelijkheden en daarom is deze methode niet toegepast in dit onderzoek.

B6.2 Via het motorvermogen en -rendement

De bepaling van het energiegebruik met behulp van gegevens over het motorvermogen en motorrendement is toegepast in de twee rapporten van INNAS over mobiele werktuigen (Achten, 1990; van Walwijk *et al*, 1991). Delen van het door een werktuig gerealiseerde vermogen door het motorrendement van dat werktuig levert hierin, wanneer de integraal over het hele jaar genomen wordt, het energiegebruik van dat werktuig op. De factor $3,6 \cdot 10^6$ is de omrekening van kWh naar energie in J.

$$E_k = C * \int_{jr} \frac{P_k(t)}{\eta_k(t)} dt \quad (\text{B6.1})$$

Waarbij

E_k = Het energiegebruik van werktuig k gedurende één jaar [J]

$P_k(t)$ = Het motorvermogen op tijdstip t [kW]

$\eta_k(t)$ = Het rendement van de motor van werktuig k op moment t

C = Omrekeningsfactor voor de omrekening van kWh naar J ($= 3,6 \cdot 10^6$)

Aangezien het rekenen met een integraal over de tijd, waarvoor dus op ieder moment van de tijd het exacte vermogen en motorrendement bekend moet zijn, praktisch niet mogelijk is, wordt formule B6.1 omgezet, waarbij de integraal vervangen wordt door een tijdgewogen gemiddelde waarde. Hierbij wordt het vermogen volgens één van de in bijlage 6 genoemde belastingsmethoden berekend en gewogen naar het tijdsaandeel. Het gerealiseerde motorvermogen wordt dan berekend door het maximale motorvermogen te vermenigvuldigen met een belastingsfactor f. De totale berekening van het energiegebruik van de groep werktuigen j luidt dan:

$$E_j = \frac{C * n_j * \overline{P_j} * f * \overline{t_j}}{\overline{\eta_j}} \quad (\text{B6.2})$$

Hierin is:

E_j = Het totale energiegebruik van de groep werktuigen j gedurende één jaar [J]

n_j = Het aantal werktuigen van soort j dat in Nederland aanwezig is.

$\overline{P_j}$ = Het gemiddeld maximaal motorvermogen van de werktuigen uit categorie j [kW]

f = De fractie van het maximaal motorvermogen, dat gewogen in de tijd gemiddeld gerealiseerd wordt.

$\overline{t_j}$ = Gemiddelde jaarlijkse inzet van een werktuig vallend binnen categorie j [uur/jaar]

$\overline{\eta_j}$ = Gemiddeld rendement van een motor van een werktuig uit categorie j

C = Omrekeningsfactor voor de omrekening van kWh naar J ($= 3,6 \cdot 10^6$)

De formule voor het totale energiegebruik van de groep overige mobiele bronnen luidt dan:

$$E_{Totaal} = \sum_{j=1}^n E_j \quad (B6.3)$$

Hierin worden de deeltotalen van de n verschillende groepen werktuigen gesommeerd tot één energiegebruik voor de groep overige mobiele bronnen.

Het nadeel van deze methode is dat er relatief veel gegevens nodig zijn. Met name cijfers over het gemiddeld vermogen en rendement zijn moeilijk te achterhalen en bevatten grote onzekerheden. Om deze reden is deze methode in het model niet toegepast.

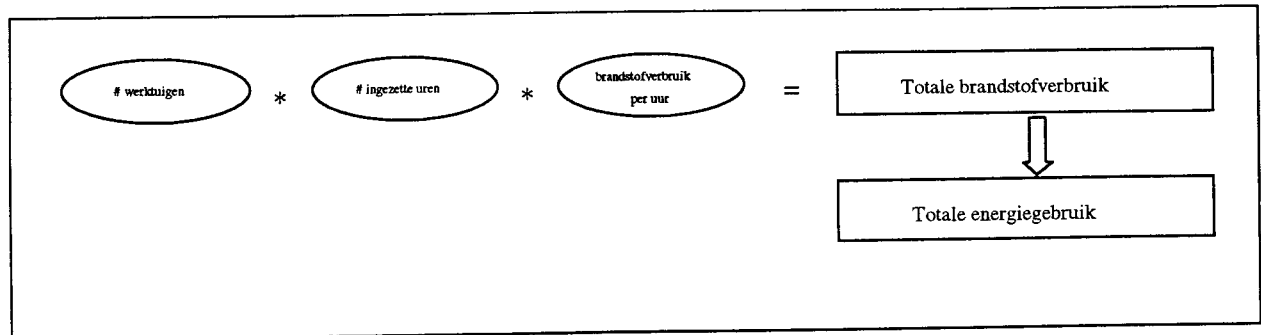
B6.3 Via het brandstofverbruik per uur

Wanneer het aantal ingezette uren per werktuig bekend is, kan met behulp van het brandstofverbruik per uur het totale brandstofverbruik (en daarmee het totale energiegebruik) bepaald worden. Deze methode heeft als voordeel dat er veel minder gegevens nodig zijn dan bij de voorgaande. In plaats van de complexe gegevens over het (tijdgewogen) motorvermogen en -rendement kan worden volstaan met één gemiddeld cijfer van het brandstofverbruik per uur.

In feite komt deze methode op hetzelfde neer als de voorgaande. Het brandstofverbruik per uur is het resultaat van het gemiddelde motorvermogen, het tijdgewogen vermogen en het motorrendement. Reden dat in deze studie het brandstofgebruik per uur is gebruikt en niet afzonderlijke componenten daarvan, is tweeledig. Enerzijds levert de eerste methode ten onrechte een idee van nauwkeurigheid. De benodigde variabelen kunnen niet nauwkeurig bepaald worden, dus het produkt kan dat evenmin. Anderzijds zeggen de gegevens die voor de complexe methode gebruikt moeten worden, maar heel weinig mensen iets. Cijfers over het gemiddeld rendement en het tijdgewogen motorvermogen zijn alleen bekend bij deskundigen. Cijfers over het brandstofverbruik per uur daarentegen zijn ook bij de gebruikers van de werktuigen bekend. Dit brandstofverbruik per uur is daardoor enerzijds in gesprekken met gebruikers gemakkelijker boven tafel te krijgen en anderzijds door gebruikers ook gemakkelijker te controleren. Men kan tamelijk eenvoudig aangeven of de in het model gebruikte waarde voor het brandstofverbruik per uur een reële waarde is.

B6.4 Gebruikte methode in deze studie

In dit rapport wordt getracht zoveel mogelijk volgens de methode via het brandstofverbruik per uur het totale brandstofverbruik te bepalen, gezien het geringe aantal benodigde gegevens en de hoge mate van inzicht die door deze methode wordt verschaft.



Figuur B6.1 Gebruikte methode voor het berekenen van het energieverbruik

BIJLAGE 7 METHODEN TIJDWEGING MOTORVERMOGEN

B7.1 Inleiding

Het energiegebruik per uur kan berekend worden uit het motorvermogen van een motor. Daartoe moet bekend zijn op welke wijze de motor gebruikt wordt. In deze bijlage worden een aantal methoden toegelicht die een beschrijving geven van het gebruik van motoren. Deze methoden worden toegelicht aan de hand van zogenaamde ei-diagrammen, figuren waarin specifieke belastingspunten van motoren aangegeven kunnen worden. In paragraaf B7.2 wordt een verklaring gegeven van de in deze bijlage gebruikte technische termen. In paragraaf B7.3 wordt een algemene toelichting bij de ei-diagrammen gegeven, waarna in paragraaf B7.4 de afzonderlijke wegingsmethoden aan bod zullen komen.

B7.2 Verklaring van de gebruikte termen

Nominaal vermogen	= Het vermogen bij maximale brandstofinspuiting (Grohe, 1982)
Motorbelasting	= Het geleverde koppel gedeeld door het maximale koppel * 100%
Belastingspunt	= Punt in ei-diagram met een bepaalde motorbelasting, bestaande uit een unieke combinatie van koppel en toerental
Toerental	= Frequentie / Aantal omwentelingen van de krukas per minuut
Nominaal toerental	= Toerental bij maximum (nominaal) vermogen
Koppel	= Maat voor de geleverde beweging (Kracht * arm)
Nominaal koppel	= Koppel bij maximum (nominaal) vermogen
Draaimoment	= Koppel

B7.3 Algemene toelichting

Voor de bepaling van het brandstofverbruik moeten veronderstellingen gemaakt worden over de verdeling van de ingezette uren en over een aantal mogelijke wijzen van gebruik van de motor. Daartoe zijn verschillende methoden beschikbaar. Bij ieder van deze methoden wordt een aantal van deze punten samengenomen en op een bepaalde manier gewogen; dit levert een tijdgewogen gemiddeld vermogen. Aan de hand van zogenaamde ei-diagrammen zal uitgelegd worden hoe dit werkt. Dit zal steeds aan de hand van hetzelfde figuur gebeuren, de verschillende methoden zijn daarin weergegeven.

Het maximaal vermogen kan maar bij één specifieke combinatie van toerental en koppel gerealiseerd worden. Dit punt wordt het nominaal vermogen genoemd en wordt dus gerealiseerd bij nominaal toerental en nominaal koppel.

Een ei-diagram heeft een aantal verschillende assen. Op de linkeras staat het draaimoment uitgezet, in dit geval in procenten van het nominaal draaimoment. Bij ongeveer 65 % van het nominaal toerental is het draaimoment maximaal, op dat moment is de verbranding van het ingespoten brandstofmengsel het gunstigst. Daarna wordt de motor weer minder efficiënt,

waardoor het maximale koppel daalt. De hoogte van het koppel is evenredig met de hoeveelheid ingespoten brandstof. Het toerental geeft het aantal omwentelingen van de krukas per minuut aan. Dit toerental (in procenten van nominaal toerental) staat in het ei-diagram op de x-as.

De ingetekende gestippelde curven zijn iso-vermogen krommen. Op de rechteras staat het vermogen uitgedrukt in procenten van het nominale vermogen, waarbij door de gebruikte definitie voor nominaal vermogen, het maximale vermogen altijd gelijk is aan het nominale vermogen. Op alle punten van een iso-vermogencurve wordt het zelfde vermogen gerealiseerd, alleen bij verschillende combinatie van toerental en draaimoment. Deze verschillende mogelijkheden van realisatie van een bepaald motorvermogen vragen een verschillend brandstofverbruik. Dat is te zien aan de doorgetrokken lijnen in het diagram, welke het specifiek brandstofverbruik in gram per kWh aangeven. Het zuinigste punt ligt in dit geval bij 70 % van nominaal toerental en 105 % van nominaal draaimoment. Het ei-diagram dankt zijn naam aan dit zuinigste punt, daar heeft de iso-specifiek-brandstofverbruikcurve namelijk de vorm van een ei.

In deze diagram is goed af te lezen dat rijstijl effect heeft op het brandstofverbruik van een motor. Wanneer iemand 40 % van het nominaal vermogen wil realiseren, kan dat gebeuren bij 40 % van het nominaal koppel en 105 % van het nominaal toerental, wat een brandstofverbruik kost van 275 g/kWh, of bij 80 % van het nominaal koppel en 55 % van het nominaal toerental, wat een brandstofverbruik kost van 217 g/kWh. De tweede manier van rijden levert een besparing op van 22 % ten opzichte van de eerste manier.

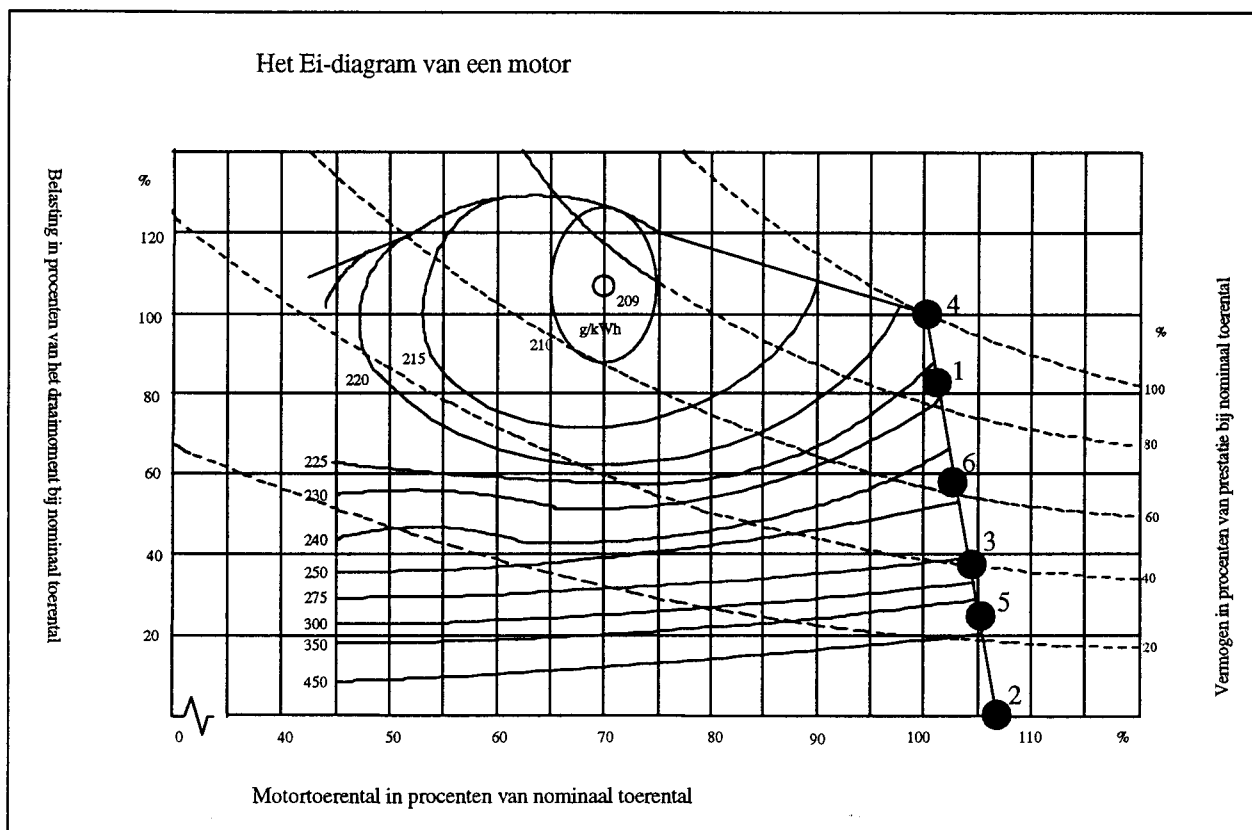
Bij gebruik van een motor worden veel verschillende belastingspunten (modes) in het ei-diagram gerealiseerd. Er zijn echter een aantal belastingspunten die relatief veel gerealiseerd worden, zoals het stationair laten draaien van de motor of het rijden met een bepaalde constante snelheid. Deze punten kunnen in het diagram aangegeven worden, met daarbij een indicatie van de tijd dat ze gerealiseerd worden. Samen geven ze aan welk vermogen gedurende een bepaalde tijd gerealiseerd wordt, daarmee kan een tijdgewogen gemiddeld vermogen berekend worden. Dit zijn echter in alle gevallen veronderstelde belastingspunten, welke nog wel eens aanleiding geven tot discussie. In de volgende paragraaf worden een drietal van deze systemen besproken.

B7.4 Methoden ter tijdweging van het motorvermogen

De OESO-methode

In figuur B7.1 staan de belastingspunten zoals die gebruikt worden door de OESO voor het gebruik van tractoren. Deze vallen allemaal bij een maximaal toerental. De weging van de verschillende belastingspunten staat weergegeven in tabel B7.1.

Het gebruik van een werktuig volgens de belastingspunten van het OESO is te vergelijken met het rijden in een auto in de eerste versnelling en volgas; door te schakelen naar een hogere versnelling wordt dezelfde snelheid bereikt, terwijl de geluidsoverlast en het brandstofverbruik aanzienlijk afnemen. Niemand zal op die manier in zijn auto rijden; het lijkt niet waarschijnlijk dat tractoren wel op die manier ingezet worden. Hierdoor is de cyclus van het OESO niet representatief voor het werkelijke gebruik en geeft het rekenen met deze methode waarschijnlijk te hoge waarden voor het brandstofverbruik.



Figuur B7.1 Belastingspunten bij de OESO-methode

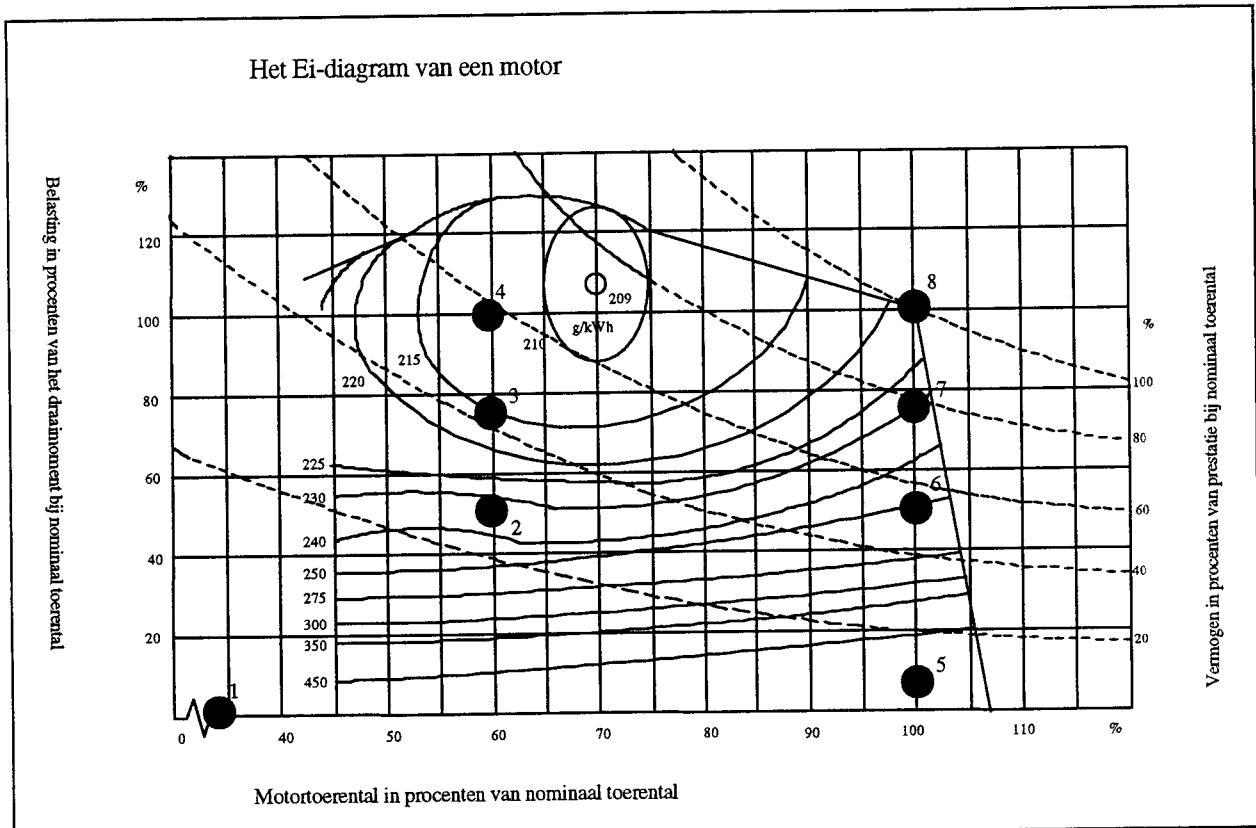
Tabel B7.1 Belastingspunten volgens de OESO-methode

Belastingspunt	Motorvermogen (in % van nominaal)	Wegingsfactor
1	85	0,17
2	0	0,17
3	42,5	0,17
4	100	0,17
5	21,25	0,17
6	63,75	0,17

Bron: Logos, 1983

De ISO 8178 methode

Ook de ISO heeft een methode van wegen van belastingspunten. De 13-mode test ISO 8178 A wordt gebruikt voor een grote verscheidenheid aan voertuigen. Voor werktuigen is de c1 cyclus hiervan afgeleid. Op dit moment ligt er een voorstel voor een toekomstige richtlijn, welke gebaseerd is op deze 13-mode ISO 8178 C1 test. Hierin worden slechts 8 belastingspunten gebruikt. Hiermee wordt deze test eigenlijk een 8-mode test. In figuur B7.2 staan de verschillende belastingspunten weergegeven. In tabel B7.2 staan de bijbehorende wegingsfactoren.



Figuur B7.2 Belastingspunten volgens de ISO 8178 C1 methode

Tabel B7.2 Belastingspunten volgens de ISO 8178 C1 meetmethode

Belastingspunt	Wegingsfactor
1	0.15
2	0.10
3	0.10
4	0.10
5	0.10
6	0.15
7	0.15
8	0.15

Bron: BUWAL, 1994

De methode Welshof

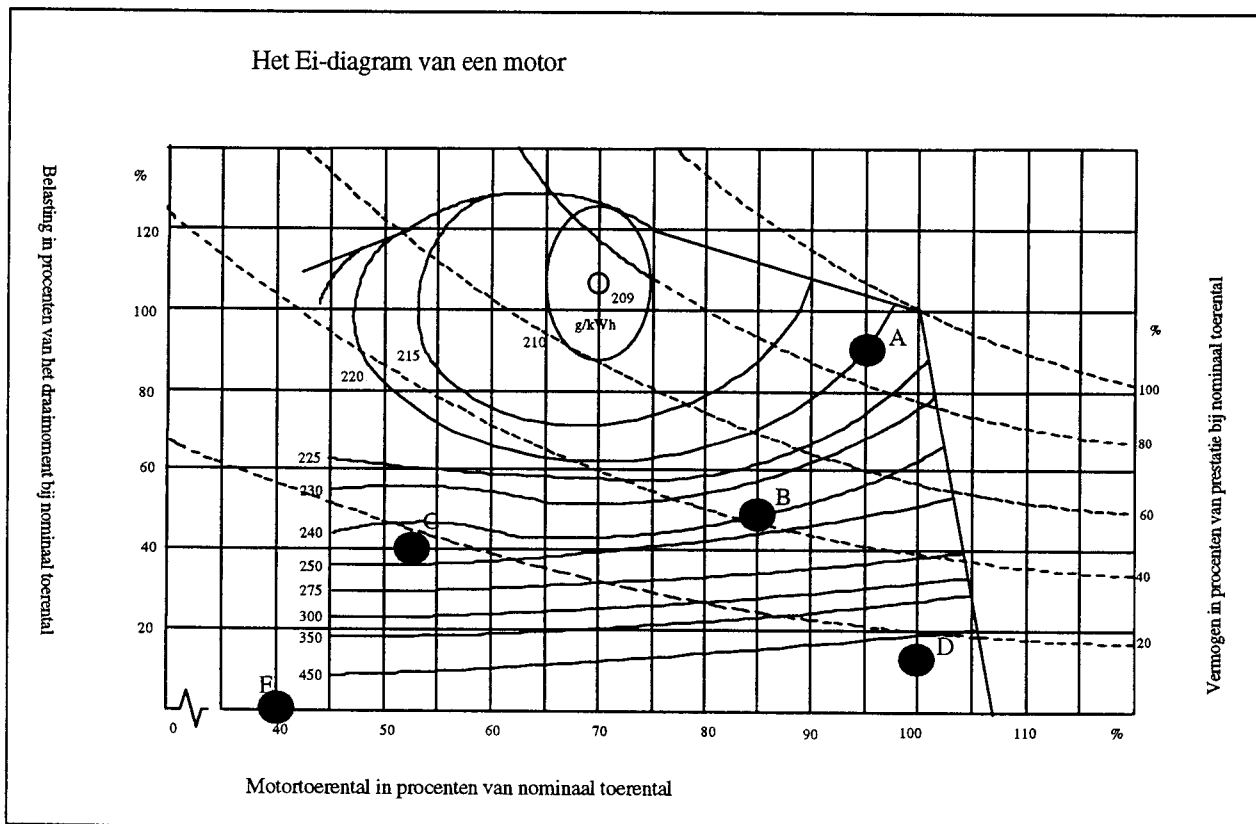
Naast deze vrij algemeen geaccepteerde testcyclus is er ook nog de weging volgens de Methode Welshof (*Logos 1983, Hoenderken 1989*), welke echter alleen voor tractoren is opgesteld. Deze staat weergegeven in figuur B7.3. Deze cyclus heeft slechts een vijftal meetpunten, welke gebaseerd zijn op het praktijkgebruik van tractoren. In tabel B7.3 staat aangegeven welke belastingspunten voor welke handeling staan en hoe zwaar deze gewogen worden.

Het voordeel van deze methode is dat deze gebaseerd is op het werkelijke gebruik van tractoren in de praktijk en om die reden waarschijnlijk ook een goede indicatie geeft van het gemiddeld gerealiseerd vermogen.

Tabel B7.3 Belastingspunten volgens de methode Welshof voor tractoren van 50-75 kW

Belastingspunt	Activiteit	Wegingsfactoren
A	Zwaar trek-en aftakaswerk	0.31
B	Veldtransport, gem. aftakaswerk	0.18
C	Verzorgingswerk	0.19
D	Wegtransport	0.20
E	Stationair draaien	0.12

Bron: Hoenderken, 1989



Figuur B7.3 Belastingspunten volgens de methode Welshof

De methode Welshof die hier beschreven staat is de methode voor tractoren met een vermogen tussen de 50 en 75kW. Voor tractoren met andere vermogens gelden iets andere

punten. Het gemiddeld vermogen van de tractoren in Nederland is 65 kW (Bijsterbosch, 1995). De beschreven methode past dan ook voor het gemiddelde motorvermogen. Deze laatste belastingscyclus is gebaseerd op metingen van tractormotoren in de praktijk. Deze geven waarschijnlijk de beste benadering voor de belasting van tractoren. Deze cyclus is echter niet op andere werktuigen ingesteld en is dan ook niet geschikt voor de overige werktuigen.

Gebruikte methode in het rapport

Naast de methoden die hier kort besproken worden, zijn er nog een aantal andere methoden, welke ook onderling vergeleken zijn. Aangezien het op dit moment het waarschijnlijkst is dat de ISO 8178 c1-methode gehanteerd zal worden als basis voor het te voeren beleid, is dat de methode die, tenzij anders aangegeven staat, gehanteerd zal worden in het rapport. Voor de bepaling van het energiegebruik per uur door tractoren wordt wel gebruik gemaakt van de methode Welshof.

BIJLAGE 8 ELASTICITEITEN

Belangrijkste variabele bij de volume-ontwikkelingen is de jaarlijkse prestatie. De jaarlijkse prestatie bestaat uit twee componenten; de jaarlijkse inzet per werktuigen en het aantal werktuigen. Zoals in figuur B2.1 te zien is, wordt de totale prestatie afhankelijk gesteld van de economische groei. Deze afhankelijkheid wordt in het model verwerkt door gebruik te maken van elasticiteiten.

Voor het maken van prognoses zijn er een tweetal mogelijkheden. Er wordt verondersteld dat het te verklaren verschijnsel op het meest gedesagreerde niveau in de tijd constant is ten opzichte van de verklarende factor of er wordt verondersteld dat het te verklaren verschijnsel op het meest gedesagreerde niveau dynamisch constant is ten opzichte van de verklarende factor. Grote voordeel van de tweede mogelijkheid is dat dynamiek uit het verleden ook voor de toekomst gebruikt kan worden.

Een mogelijkheid om deze dynamiek te modelleren is door gebruik te maken van elasticiteiten. De modellering van de jaarlijkse kilometrage door vrachtwagens is hiervan een voorbeeld. Deze kilometrage steeg de afgelopen jaren sneller dan de economische groei, in principe de vraagbepalende factor. Door diverse logistieke en ruimtelijke processen (er werd o.a. over grotere afstanden vervoerd), steeg het kilometrage aanzienlijk. De extra stijging van de vrachtwagenkilometrage ten opzichte van het BNP leidt tot een elasticiteit groter dan 1.

Op dit moment zijn dergelijke processen voor mobiele werktuigen nog onbekend. Door op deze wijze te modelleren, kan echter op een later tijdstip een goede waarde voor de elasticiteit ingevoerd worden.

Daarnaast is deze wijze van modelleren consistent met andere modellen voor de sector verkeer en vervoer. Modellen als ATTACK (voor het vrachtwagenverkeer), BARGE (voor de binnenvaart) en PROLIN en PROZIN (resp. voor de luchtvaart en de zeescheepvaart, beide nog in ontwikkeling) zijn alle gebaseerd op dezelfde veronderstellingen.

De algemene formule voor een elasticiteit ϵ luidt:

$$\epsilon = \frac{\text{proportionele verandering van de gevraagde hoeveelheid}}{\text{proportionele verandering van de vraagbepalende factor}} \quad (\text{B8.1})$$

(Muconsult, 1993)

De elasticiteit is altijd gerelateerd aan de gebruikte groot- en eenheden. Wanneer het te verklaren verschijnsel en de verklarende variabele tegen elkaar uitgezet worden in een grafiek, is de elasticiteit gelijk aan de afgeleide maal de absolute waarde op de assen. In formulevorm:

$$\epsilon = \frac{x_{T+1} - x_T}{y_{T+1} - y_T} * \frac{y_T}{x_T} \quad (\text{B8.2})$$

Met:

- ϵ = Elasticiteit
- y_{T+1} = Verklarende variabele in periode T+1
- y_T = Verklarende variabele in periode T
- x_{T+1} = Te verklaren variabele in periode T+1
- x_T = Te verklaren variabele in periode T

In het model is de totale geleverde prestatie de te verklaren variabele en wordt de economische groei gebruikt als verklarende variabele. De economische groei wordt gerepresenteerd door de toegevoegde waarde. Cijfers over de toegevoegde waarde zijn te vinden in de nationale rekeningen (CBS, 1991).

De definitie voor de in het model gebruikte elasticiteit ziet er dan als volgt uit:

$$\epsilon_j = \frac{(pres_j)_{T+1} - (pres_j)_T}{(TW_j)_{T+1} - (TW_j)_T} * \frac{(TW_j)_T}{(pres_j)_T} \quad (\text{B8.3})$$

met:

- ϵ_j = Elasticiteit in sector j
- $(pres_j)_{T+1}$ = Jaarlijkse prestatie in sector j in periode T+1 [uur]
- $(pres_j)_T$ = Jaarlijkse prestatie in sector j in periode T [uur]
- $(TW_j)_{T+1}$ = Toegevoegde waarde in sector j voor periode T+1 [gulden]
- $(TW_j)_T$ = Toegevoegde waarde in sector j voor periode T [gulden]

Bij een elasticiteit van 1 betekent een stijging van de toegevoegde waarde met 1% een stijging van de prestatie met 1%. Is de elasticiteit 0.5 dan resulteert die ene procent stijging in een stijging van de prestatie met 0.5 %.

Voor het bepalen van de elasticiteiten zijn historische data nodig. Zoals al eerder aangegeven, ontbreken deze data voor vrijwel alle categorieën werktuigen. Slechts van de speciale voertuigen zijn historische gegevens beschikbaar.

De elasticiteiten worden bepaald op het niveau van de SBI-sectoren. In bijlage 3 staat de verdeling van de verschillende mobiele werktuigen naar de afzonderlijke sectoren. In de meeste gevallen is er sprake van een inschatting op grond van verschillende verklaringen van deskundigen. In deze gevallen moet ook de bepaling van de elasticiteiten geschieden op basis van dit soort inschattingen. In tegenstelling tot schattingen over de verdeling naar sectoren, die in een aantal gevallen nog wel kwantitatief gemaakt werden door de deskundigen, berusten de

bepalingen van de elasticiteiten vrijwel volledig op niet kwantitatieve beschrijvingen van de processen.

Speciale voertuigen

Voor de bepaling van de elasticiteiten moet gebruik gemaakt worden van historische data. Zoals al eerder is aangegeven zijn alleen voor de speciale voertuigen historische gegevens beschikbaar. Door het interpreteren van deze data kan bekeken worden of de keuze voor dit modeltype gerechtvaardigd is. De bepaalde waarde voor de elasticiteit van speciale voertuigen zou de legitimatie moeten vormen van de koppeling van de inzet van werktuigen aan de economische groei.

Hierbij treedt echter een complicatie op. Het gebruik van speciale voertuigen is fundamenteel verschillend van het gebruik van de overige werktuigen.

Zoals het woord al aangeeft zijn werktuigen met name geconstrueerd voor het verzetten van werk. Alle in deze studie bekeken werktuigen kunnen zich bovendien verplaatsen, zodat ze dat werk op verschillende plaatsten kunnen doen, maar dat is meestal niet het hoofddoel van het werktuig. Speciale voertuigen daarentegen hebben vaak een veel grotere transportfunctie. Ambulances, straatveegwagens, kolkenzuigers, meetwagens en vuilniswagens zijn weliswaar voor een specifiek doel ingericht, maar maken jaarlijks toch een aanzienlijk aantal kilometers per jaar. Vaak is het niet de werktuigfunctie die het brandstofverbruik veroorzaakt, maar de transportfunctie. Bij overige mobiele bronnen is dit juist andersom, daar heeft de werktuigfunctie een veel groter deel in het brandstofverbruik dan de transportfunctie.

De inzet van de speciale voertuigen lijkt bovendien weinig beïnvloed te worden door de economische groei. Vaak hebben heel andere zaken, zoals bijvoorbeeld de gemiddelde afstand naar ziekenhuizen of brandweerkazernes een veel grotere invloed op het energieverbruik. De redenatie achter de gemaakte keuze voor het modeltype gaat bij de speciale voertuigen dan ook enigszins mank; legitimatie met de gegevens die voor speciale voertuigen beschikbaar zijn, is dan ook niet mogelijk.

De ontwikkeling van de omvang van de totale categorie speciale voertuigen geeft een soortgelijk signaal. De afgelopen vijftien jaar is de totale prestatie door speciale voertuigen vrijwel voortdurend gedaald, bij een steeds verder stijgend binnenlands product (= som van alle toegevoegde waarden). Bepaling van de elasticiteit voor de totale parkomvang geeft een waarde van circa -1 (bepaald op basis van gegevens uit CBS, 1994). Hiermee wordt duidelijk dat de koppeling zeker niet voor alle sectoren reëel is. Verwacht mag worden dat er allerlei andere ontwikkelingen spelen, welke van invloed zijn op de totale prestatie door speciale voertuigen. De elasticiteiten voor de sectoren waarin de koppeling wel gerechtvaardigd lijkt, staan weergegeven in tabel B6.1. De cijfers zijn gebaseerd op historische data uit 1985 en 1989, maar twee jaren dus, aangezien meer informatie niet beschikbaar is. Een grotere hoeveelheid historisch materiaal zou de betrouwbaarheid van de gegevens ten goede komen. Het is evenwel positief dat de beschikbare gegevens niet uit twee opeenvolgende jaren komen, op deze manier heeft de elasticiteit betrekking op een iets langere periode.

Tabel B8.1 Elasticiteiten voor speciale voertuigen in een aantal sectoren

Sector	Elasticiteit
0. Landbouw	1.7
2/3. Industrie	1.2
5. Bouw	1.0
6. Handel en horeca	1.8
Totaal	-0.95

Bron: gebaseerd op CBS, 1985-1994

De sectoren die in tabel B8.1 vermeld worden, hebben slechts een klein aandeel in de totale prestatie van speciale voertuigen. In deze sectoren samen wordt 33% van het totaal aantal afgelegde kilometers verreden. Voor de overige sectoren geldt dat de koppeling op het niveau van de SBI-sectoren niet zinvol is, aangezien op dit niveau geen weergave gegeven wordt van de processen die er spelen en die invloed hebben op de mate van gebruik van de werktuigen. In het model zullen dan ook alleen de waarden gebruikt worden van de vier in tabel B8.1 genoemde sectoren. Voor de overige sectoren wordt de elasticiteit default op 0 gesteld, aangezien het in deze sectoren niet gerechtvaardigd is een verband te leggen tussen de totale prestatie en de economische groei.

Voor deze andere sectoren resulteert een berekening van elasticiteiten in volstrekt absurde waarden. Voor de bevestiging of verwerping van de theoretische verwachting dat er een duidelijk verband waar te nemen zou zijn tussen economische groei en de totale prestatie zijn de beschikbare gegevens te beperkt. Wel is duidelijk dat met de gegevens zoals die weergegeven staan in tabel B8.1 een vertekend beeld gegeven wordt van de ontwikkeling van de prestatie van speciale voertuigen. Gebruik van de gegevens voor deze vier sectoren, verder aangevuld met de waarde 0 voor de overige sectoren, levert een groei van prestatie op voor de komende jaren, terwijl er al jaren sprake is van een dalende trend in de prestatie.

Een vergelijkbare situatie heeft zich voorgedaan bij de modellering van de binnenvaart. Ook hier werd verwacht dat de vraag naar de binnenvaart voor Nederland in zijn totaal of per sector, gerelateerd is aan de groei van het bruto binnenlands product. In dit geval waren er wel voldoende gegevens beschikbaar, maar is er geen sprake van het verwachtte verband (Bozuwa *et al*, 1996).

In het model worden de in tabel B8.1 weergegeven waarden ondanks de hierboven gemaakte kanttekeningen als default gehanteerd. Er wordt echter een tweede mogelijkheid geboden ter berekening van het energieverbruik door speciale voertuigen. In het model wordt de mogelijkheid geboden dat gebruikers zelf het verloop in de prestatie tussen 1990 en 2020 invoeren. Daartoe moet voor de toekomstige zichtjaren (1995 tot 2020) een waarde voor de prestatie van speciale voertuigen ten opzichte van 1990 aangegeven worden (1990=100).

Wanneer de gebruiker zelf een beter inzicht heeft in de ontwikkeling van de prestatie kan met het model eenvoudig het effect daarvan op het totale energiegebruik berekend worden. In alle in dit rapport weergegeven resultaten wordt echter gewerkt met de elasticiteiten uit de tabel.

Landbouwtractoren

De inzet van landbouwtractoren wordt niet gekoppeld aan de economische omvang van de sector landbouw, maar aan de omvang van het landbouwareaal. Er worden dan ook geen elasticiteiten bepaald voor de landbouwtractoren.

De overige werktuigen

De overige categorieën werktuigen worden hoofdzakelijk ingezet in bouw, landbouw en de industrie. Deze sectoren vallen binnen de vier sectoren die in tabel B8.1 staan. Alleen 20 % van de heftrucks wordt buiten de genoemde sectoren gebruikt. Het lijkt dan ook gerechtvaardigd de prestatie van deze werktuigen te koppelen aan de economische groei in de verschillende sectoren.

Zoals al eerder genoemd zijn voor de overige categorieën werktuigen geen historische data beschikbaar. De bepaling van elasticiteiten is dan ook niet meer dan een globale inschatting op basis van een aantal uitspraken van deskundigen.

Verondersteld wordt hierbij dat een toename van de toegevoegde waarde van de sector een toename van de omvang van de inzet van mobiele werktuigen inhoudt, maar dat die relatie niet één op één is. Daarnaast wordt verondersteld dat de inzet van werktuigen voor het verrichten van bepaalde werkzaamheden niet verandert. Voor alle sectoren en alle werktuigcategorieën wordt in het model dan ook default een elasticiteit gebruikt van 0,7.

Verder onderzoek op dit gebied kan een schatting met een grotere betrouwbaarheid opleveren. Daarmee wordt de betrouwbaarheid van prognoses die met de bepaalde elasticiteiten berekend worden, beduidend groter.

Het is bovendien wenselijk om in de toekomst te bekijken of de prognose van de inzet van speciale voertuigen niet beter aan andere variabelen dan aan economische groei gerelateerd kunnen worden.

BIJLAGE 9 VERKOOPCIJFERS PER WERKTUIGCATEGORIE 1960-1990

Jaar	Tractoren	Graaf- machines ^b	Laad- schoppen ^b	Overig grond- verzet ^b	Wegen- bouw ^b	Hef- trucks ^b	Hijs- werk- tuigen ^b	Speciale voer- tuigen
1960	9.113	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1961	11.000 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1962	11.500 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1963	12.000 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1964	13.478	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1965	13.534	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1966	13.874	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1967	13.431	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1968	17.141	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1969	13.800 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1970	11.779	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1971	14.000 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1972	13.500 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1973	13.500 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1974	13.000 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.525 ^c
1975	13.172	710	340	155	135	1.675	125	3.554
1976	13.000 ^a	710	340	155	135	1.675	125	1.616
1977	16.539	710	340	155	135	1.675	125	1.750
1978	14.911	710	340	155	135	1.675	125	2.452
1979	12.388	710	340	155	135	1.675	125	2.397
1980	10.982	710	340	155	135	1.675	125	2.297
1981	7.420	710	340	155	135	1.675	125	2.093
1982	9.609	710	340	155	135	1.675	125	1.701
1983	10.924	710	340	155	135	1.675	125	1.247
1984	8.415	710	340	155	135	1.675	125	1.507
1985	9.135	710	340	155	135	1.675	125	1.493
1986	9.525	710	340	155	135	1.675	125	1.514
1987	7.381	710	340	155	135	1.675	125	1.299
1988	6.360	710	340	155	135	1.675	125	1.308
1989	6.150	710	340	155	135	1.675	125	1.512
1990	6.153	710	340	155	135	1.675	125	1.296

Bron: CBS, 1960-1994

^a De schatting van de jaarlijkse verkopen is gebaseerd op de waarden van de nabijliggende jaren^b Geschatte verkoopcijfers op basis van de totale omvang van het park. Verkoopcijfers worden verondersteld gedurende dertig jaar constant te zijn^c Verkoopcijfers zijn gelijk gesteld gedurende de eerste vijf jaar, waarbij de hoogte is afgeleid uit uitvalcurve en totale parkomvang

BIJLAGE 10 OVERZICHTEN EMISSIEFACTOREN**Bijlage 10.1 Emissiefactoren basisjaar 1990**

Stof		Overige mobiele bronnen		Speciale voertuigen	
		Diesel	LPG	Diesel	Benzine
1	CO ₂	3.130	2990	3.130	3.180
1	SO ₂	3,4	0	3,6	0,5
1	NO _x	50	34	48	26
1	CO	30	61	24	250
1	VOS	10	27	16	46
1	NMVOS	10	26	16	45
1	CH ₄	0,40	1	0,7	1,6
1	N ₂ O	0,69	0,58	0,64	0,11
2	Benzeen	0,020	0	0,020	0,045
1	Aerosolen	5,0	0,32	5,8	1,0
3	PM ₁₀	1	1	1	1
3	PM _{2,5}	1	1	1	1
3	PM _{0,1}	0,15	0,3	0,15	0,3
4	Cd	0,01	0,01	0,01	0,01
4	Cu	1,7	1,7	1,7	1,7
4	Cr	0,05	0,05	0,05	0,05
4	Ni	0,07	0,07	0,07	0,07
4	Se	0,001	0,001	0,001	0,001
4	Zn	1,0	1,0	1,0	1,0
4	As	0,05	0,05	0,05	0,05
1	Pb	0	0	0	0,007
1	Hg	-	-	-	-
2	PAK:B(a)P	5,75*10 ⁻⁶	-	-	-

1. In g per kg brandstof
2. Fractie van NMVOS
3. Fractie van aerosolen
4. In mg per kg brandstof

Bron: CBS, EMMOB-files

Bijlage 10.2 Beleidsvoorstellen emissienormeringen

Tabel B10.1 Emissienormen CO voor overige mobiele bronnen

Voertuigtype	Periode I (vanaf 1997)		Periode II (vanaf 2001)	
	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof) ¹	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)
Graafmachines	5,0	10,6	5,0	10,6
Laadschoppen	5,0	10,6	5,0	10,6
Overig Grondverzet	6,5	13,8	5,0	10,6
Wegenbouw	5,0	10,6	5,0	10,6
Heftrucks	6,5	13,8	5,0	10,6
Hijskranen	6,5	13,8	5,0	10,6
Tractoren ²				

Tabel B10.2 Emissienormen Koolwaterstoffen voor overige mobiele bronnen

Voertuigtype	Periode I (vanaf 1997)		Periode II (vanaf 2001)	
	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)
Graafmachines	1,3	2,8	1,0	2,1
Laadschoppen	1,3	2,8	1,0	2,1
Overig Grondverzet	1,3	2,8	1,3	2,8
Wegenbouw	1,3	2,8	1,0	2,1
Heftrucks	1,3	2,8	1,3	2,8
Hijskranen	1,3	2,8	1,3	2,8

Tabel B10.3 Emissienormen NO_x voor overige mobiele bronnen

Voertuigtype	Periode I (vanaf 1997)		Periode II (vanaf 2001)	
	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)
Graafmachines	9,2	19,5	7,0	14,8
Laadschoppen	9,2	19,5	7,0	14,8
Overig Grondverzet	9,2	19,5	8,0	16,9
Wegenbouw	9,2	19,5	7,0	14,8
Heftrucks	9,2	19,5	8,0	16,9
Hijskranen	9,2	19,5	8,0	16,9

¹ De normen in de beleidsvoorstellen staan uitgedrukt in g/kWh. Voor gebruik in het model zijn deze met behulp van de Boval-methode (Braun, 1993) omgerekend tot g/kg brandstof, waarbij verondersteld wordt dat alle voertuigen op diesel rijden. Volgens deze methode is het brandstofverbruik van werktuigen gelijk aan 1 liter per uur per 3,67 belaste KW. Deze norm geeft tevens waarden voor de belasting van verschillende werktuigen. Volgens de waarschijnlijk gebruikte methode voor het wegen van de gerealiseerde belastingen, is de gemiddelde belasting voor alle werktuigen 0,485 * het maximale vermogen.

² Tractoren vallen buiten deze norm, voor andere landbouwwerktuigen is de norm wel van toepassing.

Tabel B10.4 Emissienormen Aerosolen voor overige mobiele bronnen

Voertuigtype	Periode I (vanaf 1997)		Periode II (vanaf 2001)	
	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)	Norm (g/kWh)	(g/kg brandstof)
Graafmachines	0,54	1,1	0,3	0,6
Laadschoppen	0,54	1,1	0,3	0,6
Overig Grondverzet	0,70	1,5	0,4	0,8
Wegenbouw	0,54	1,1	0,3	0,6
Heftrucks	0,70	1,5	0,4	0,8
Hijskranen	0,70	1,5	0,4	0,6

Voor de overige stoffen zijn er geen beleidsvoornemens. Er wordt dan ook verondersteld dat de emissiefactoren van deze stoffen in de tijd niet zullen veranderen. De verschillende emissiefactoren die dit oplevert in de twee veronderstelde maatregelpakketten tussen 1990 en 2020 staan weergegeven in bijlage B10.3.

Bijlage 10.3 Gebruikte waarden Emissiefactoren in de prognoses**Speciale voertuigen: Benzine Maatregelpakket I**

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ³	CH ₄ ³	N ₂ O	Benzeen ⁴	Deeltjes	PM ₁₀ ⁵	PM _{2,5} ⁵	PM _{0,1} ⁵
1990	3180	0,5	26	249,9	46,2	0,88	0,12	0,11	0,045	1,0	100	100	30
1991	3180	0,5	22	245,0	41,0	0,88	0,12	0,11	0,045	1,0	100	100	30
1992	3180	0,5	18	240,0	36,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,9	100	100	30
1993	3180	0,5	15	235,0	31,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,9	100	100	30
1994	3180	0,5	13	230,0	28,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,8	100	100	30
1995	3180	0,5	11	210,0	25,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,7	100	100	30
1996	3180	0,5	9	190,0	22,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,6	100	100	30
1997	3180	0,5	7	170,0	19,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,5	100	100	30
1998	3180	0,5	6	150,0	16,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,4	100	100	30
1999	3180	0,5	5	100,0	13,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,3	100	100	30
2000	3180	0,5	4,3	58,0	12,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,14	100	100	30
2001	3180	0,5	4,3	58,0	12,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,13	100	100	30
2002	3180	0,5	3,9	57,0	11,5	0,88	0,12	0,11	0,045	0,12	100	100	30
2003	3180	0,5	3,7	56,0	11,5	0,88	0,12	0,11	0,045	0,11	100	100	30
2004	3180	0,5	3,5	55,0	11,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,1	100	100	30
2005	3180	0,5	3,4	54,0	11,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,09	100	100	30
2006	3180	0,5	3,3	53,0	10,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2007	3180	0,5	3,2	52,0	10,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2008	3180	0,5	3,1	51,0	9,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2009	3180	0,5	3,0	50,0	9,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2010	3180	0,5	2,9	49,2	7,8	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2011	3180	0,5	2,9	49,2	7,8	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2012	3180	0,5	2,9	49,2	7,8	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2013	3180	0,5	2,9	49,2	7,8	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2014	3180	0,5	2,9	49,2	7,8	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2015	3180	0,5	2,9	50,7	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2016	3180	0,5	2,9	50,7	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2017	3180	0,5	2,9	50,7	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2018	3180	0,5	2,9	50,7	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2019	3180	0,5	2,9	50,7	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2020	3180	0,5	2,9	50,7	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30

³ Als fractie van VOS⁴ Als fractie van NMVOS⁵ Als fractie van Deeltjes

	Cd ⁶	Cu ⁶	Cr ⁶	Ni ⁶	Se ⁶	Zn ⁶	As ⁶	Pb ⁶	Hg	PAK:B(a)P
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-

⁶ In mg per kg brandstof

Speciale voertuigen: Diesel Maatregelpakket I

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ⁷	CH ₄ ⁷	N ₂ O	Benzeen ⁸	Deeltjes	PM ₁₀ ⁹	PM _{2,5} ⁵	PM _{0,1} ⁹
1990	3130	3,6	48	24,0	16,3	0,96	0,04	0,64	0,020	5,8	100	100	15
1991	3130	3,6	47	24,0	16,0	0,96	0,04	0,64	0,020	5,3	100	100	15
1992	3130	3,6	46	24,0	15,0	0,96	0,04	0,64	0,020	4,8	100	100	15
1993	3130	3,4	45	24,0	14,0	0,96	0,04	0,64	0,020	4,3	100	100	15
1994	3130	3,2	44,5	24,0	13,0	0,96	0,04	0,64	0,020	3,8	100	100	15
1995	3130	3,0	44	24,0	12,0	0,96	0,04	0,64	0,020	3,3	100	100	15
1996	3130	2,7	43,5	24,0	11,0	0,96	0,04	0,64	0,020	3,0	100	100	15
1997	3130	2,3	43	24,0	10,5	0,96	0,04	0,64	0,020	2,8	100	100	15
1998	3130	2,0	42,5	24,0	10,0	0,96	0,04	0,64	0,020	2,6	100	100	15
1999	3130	1,5	42	24,0	9,5	0,96	0,04	0,64	0,020	2,3	100	100	15
2000	3130	1,0	41,2	23,6	8,9	0,96	0,04	0,64	0,020	1,8	100	100	15
2001	3130	1,0	41	22,0	8,5	0,96	0,04	0,64	0,020	1,7	100	100	15
2002	3130	1,0	40	20,0	8,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,6	100	100	15
2003	3130	1,0	39,5	19,0	8,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,5	100	100	15
2004	3130	1,0	39	18,0	7,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,4	100	100	15
2005	3130	1,0	38	17,0	7,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,3	100	100	15
2006	3130	1,0	37	16,0	7,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,2	100	100	15
2007	3130	1,0	36	15,0	6,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,1	100	100	15
2008	3130	1,0	35	14,0	6,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,0	100	100	15
2009	3130	1,0	34	13,0	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,9	100	100	15
2010	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2011	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2012	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2013	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2014	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2015	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2016	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2017	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2018	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2019	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2020	3130	1,0	33	12,2	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15

	Cd ¹⁰	Cu ¹⁰	Cr ¹⁰	Ni ¹⁰	Se ¹⁰	Zn ¹⁰	As ¹⁰	Pb ¹⁰	Hg	PAK:B(a)P ⁸
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-

⁷ Als fractie van VOS⁸ Als fractie van NMVOS⁹ Als fractie van Deeltjes¹⁰ In mg per kg brandstof

Heftrucks, Hijskranen en Overig Grondverzet: Diesel Maatregelpakket I

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ₁₁	CH ₄ ¹¹	N ₂ O	Benzeen ₁₂	Deeltjes	PM ₁₀ ¹³	PM _{2,5} ¹³	PM _{0,1} ¹³
1990	3130	3,4	50	30,0	10,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1991	3100	3,3	45	28,0	9,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1992	3100	3,3	45	26,0	8,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1993	3000	3,2	40	24,0	7,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1994	3000	3,2	40	22,0	6,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1995	3000	3,1	35	20,0	5,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1996	2900	3,0	25	17,0	4,0	0,96	0,04	0,69	0,020	2,0	100	100	15
1997	2900	2,5	19,5	13,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1998	2900	2,0	19	13,3	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1999	2800	1,5	19	12,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2000	2800	1,0	18	12,3	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2001	2800	1,0	18	11,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,1	100	100	15
2002	2800	1,0	18	11,3	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,1	100	100	15
2003	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2004	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2005	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2006	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2007	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2008	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2009	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2010	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2011	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2012	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2013	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2014	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2015	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2016	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2017	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2018	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2019	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2020	2800	1,0	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15

	Cd ¹⁴	Cu ¹⁴	Cr ¹⁴	Ni ¹⁴	Se ¹⁴	Zn ¹⁴	As ¹⁴	Pb ¹⁴	Hg	PAK-B(a)P ¹²
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶

¹¹ Als fractie van VOS¹² Als fractie van NMVOS¹³ Als fractie van Deeltjes¹⁴ In mg per kg brandstof

Graafmachines, Laadschoppen, Wegenbouwvoertuigen: Diesel Maatregelpakket I

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ₁₅	CH ₄ ¹⁵	N ₂ O	Benzeen ₁₆	Deeltjes	PM ₁₀ ¹⁷	PM _{2,5} ¹⁷	PM _{0,1} ¹⁷
1990	3130	3,4	50	30,0	10,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1991	3100	3,3	45	28,0	9,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1992	3100	3,3	45	26,0	8,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1993	3000	3,2	40	24,0	7,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1994	3000	3,2	40	22,0	6,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1995	3000	3,1	35	20,0	5,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1996	2900	3,0	25	15,0	4,0	0,96	0,04	0,69	0,020	2,0	100	100	15
1997	2900	2,5	19,5	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1998	2900	2,0	19	10,6	2,7	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1999	2800	1,5	18	10,6	2,6	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2000	2800	1,0	17	10,6	2,5	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2001	2800	1,0	16	10,6	2,4	0,96	0,04	0,69	0,020	1,1	100	100	15
2002	2800	1,0	15	10,6	2,3	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2003	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2004	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2005	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2006	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2007	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2008	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2009	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2010	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2011	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2012	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2013	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2014	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2015	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2016	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2017	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2018	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2019	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2020	2800	1,0	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15

	Cd ¹⁸	Cu ¹⁸	Cr ¹⁸	Ni ¹⁸	Se ¹⁸	Zn ¹⁸	As ¹⁸	Pb ¹⁸	Hg	PAK:B(a)P ¹⁶
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶

¹⁵ Als fractie van VOS¹⁶ Als fractie van NMVOS¹⁷ Als fractie van Deeltjes¹⁸ In mg per kg brandstof

Heftrucks: LPG Maatregelpakket I

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ¹⁹	CH ₄ ¹⁹	N ₂ O	Benzeen ²⁰	Deeltjes	PM ₁₀ ²¹	PM _{2,5} ²¹	PM _{0,1} ²¹
1990	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1991	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1992	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1993	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1994	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1995	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1996	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1997	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1998	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1999	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2000	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2001	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2002	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2003	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2004	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2005	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2006	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2007	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2008	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2009	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2010	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2011	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2012	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2013	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2014	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2015	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2016	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2017	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2018	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2019	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2020	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30

	Cd ²²	Cu ²²	Cr ²²	Ni ²²	Se ²²	Zn ²²	As ²²	Pb ²²	Hg	PAK:B(a)P ²⁰
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0

¹⁹ Als fractie van VOS²⁰ Als fractie van NMVOS²¹ Als fractie van Deeltjes²² In mg per kg brandstof

Speciale voertuigen: Benzine Maatregelpakket II

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ₂₃	CH ₄ ₂₃	N ₂ O	Benzeen ²⁴	Deeltjes	PM ₁₀ ²⁵	PM _{2,5} ²⁵	PM _{0,1} ²⁵
1990	3180	0,5	26	249,9	46,2	0,88	0,12	0,11	0,045	1,0	100	100	30
1991	3180	0,5	22	245,0	41,0	0,88	0,12	0,11	0,045	1,0	100	100	30
1992	3180	0,5	18	240,0	36,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,9	100	100	30
1993	3180	0,5	15	235,0	31,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,9	100	100	30
1994	3180	0,5	13	230,0	28,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,8	100	100	30
1995	3180	0,5	11	210,0	25,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,7	100	100	30
1996	3180	0,5	9	190,0	22,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,6	100	100	30
1997	3180	0,5	7	170,0	19,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,5	100	100	30
1998	3180	0,5	6	150,0	16,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,4	100	100	30
1999	3180	0,5	5	100,0	13,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,3	100	100	30
2000	3180	0,5	4,3	60,2	12,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,14	100	100	30
2001	3180	0,5	4,1	60,0	12,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,13	100	100	30
2002	3180	0,5	3,9	59,0	11,5	0,88	0,12	0,11	0,045	0,12	100	100	30
2003	3180	0,5	3,7	58,0	11,5	0,88	0,12	0,11	0,045	0,11	100	100	30
2004	3180	0,5	3,5	56,0	11,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,1	100	100	30
2005	3180	0,5	3,4	24,0	11,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,09	100	100	30
2006	3180	0,5	3,3	52,0	10,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2007	3180	0,5	3,2	50,0	9,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2008	3180	0,5	3,1	45,0	8,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2009	3180	0,5	3	40,0	7,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2010	3180	0,5	2,9	35,0	6,2	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2011	3180	0,5	2,9	34,0	6,1	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2012	3180	0,5	2,9	33,0	6,0	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2013	3180	0,5	2,9	32,0	5,8	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2014	3180	0,5	2,9	31,0	5,6	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2015	3180	0,5	2,9	30,0	5,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2016	3180	0,5	2,9	30,0	5,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2017	3180	0,5	2,9	30,0	5,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2018	3180	0,5	2,9	30,0	5,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2019	3180	0,5	2,9	30,0	5,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30
2020	3180	0,5	2,9	30,0	5,3	0,88	0,12	0,11	0,045	0,07	100	100	30

	Cd ²⁶	Cu ²⁶	Cr ²⁶	Ni ²⁶	Se ²⁶	Zn ²⁶	As ²⁶	Pb ²⁶	Hg	PAK:B(a)P ²⁴
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-

²³ Als fractie van VOS²⁴ Als fractie van NMVOS²⁵ Als fractie van Deeltjes²⁶ In mg per kg brandstof

Speciale voertuigen: Diesel Maatregelpakket II

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ²⁷	CH ₄ ²⁷	N ₂ O	Benzeen ²⁸	Deeltjes	PM ₁₀ ²⁹	PM _{2,5} ²⁹	PM _{0,1} ²⁹
1990	3130	3,6	48	24,0	16,3	0,96	0,04	0,64	0,020	5,8	100	100	15
1991	3130	3,6	47	24,0	16,0	0,96	0,04	0,64	0,020	5,3	100	100	15
1992	3130	3,6	46	24,0	15,0	0,96	0,04	0,64	0,020	4,8	100	100	15
1993	3130	3,4	45	24,0	14,0	0,96	0,04	0,64	0,020	4,3	100	100	15
1994	3130	3,2	44,5	24,0	13,0	0,96	0,04	0,64	0,020	3,8	100	100	15
1995	3130	3,0	44	24,0	12,0	0,96	0,04	0,64	0,020	3,3	100	100	15
1996	3130	2,7	43,5	24,0	11,0	0,96	0,04	0,64	0,020	3,0	100	100	15
1997	3130	2,3	43	24,0	10,5	0,96	0,04	0,64	0,020	2,8	100	100	15
1998	3130	2,0	42,5	24,0	10,0	0,96	0,04	0,64	0,020	2,6	100	100	15
1999	3130	1,5	42	24,0	9,5	0,96	0,04	0,64	0,020	2,3	100	100	15
2000	3130	1,1	41,2	23,6	8,9	0,96	0,04	0,64	0,020	1,8	100	100	15
2001	3130	1,1	38	21,0	8,5	0,96	0,04	0,64	0,020	1,7	100	100	15
2002	3130	1,1	35	19,0	8,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,6	100	100	15
2003	3130	1,1	32	17,0	8,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,5	100	100	15
2004	3130	1,1	29	15,0	7,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,4	100	100	15
2005	3130	1,1	26	13,0	7,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,3	100	100	15
2006	3130	1,1	23	11,0	6,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,2	100	100	15
2007	3130	1,1	20	9,0	6,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,1	100	100	15
2008	3130	1,1	18	7,0	5,0	0,96	0,04	0,64	0,020	1,0	100	100	15
2009	3130	1,1	16	7,0	4,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,9	100	100	15
2010	3130	1,0	15,4	6,3	2,3	0,96	0,04	0,64	0,020	0,7	100	100	15
2011	3130	1,0	13,5	6,3	2,2	0,96	0,04	0,64	0,020	0,6	100	100	15
2012	3130	1,0	11,5	6,3	2,1	0,96	0,04	0,64	0,020	0,6	100	100	15
2013	3130	1,0	10,5	6,0	2,0	0,96	0,04	0,64	0,020	0,5	100	100	15
2014	3130	1,0	10	6,0	1,8	0,96	0,04	0,64	0,020	0,5	100	100	15
2015	3130	0,9	9,6	5,0	1,6	0,96	0,04	0,64	0,020	0,4	100	100	15
2016	3130	0,9	9,6	5,0	1,6	0,96	0,04	0,64	0,020	0,4	100	100	15
2017	3130	0,9	9,6	5,0	1,6	0,96	0,04	0,64	0,020	0,4	100	100	15
2018	3130	0,9	9,6	5,0	1,6	0,96	0,04	0,64	0,020	0,4	100	100	15
2019	3130	0,9	9,6	5,0	1,6	0,96	0,04	0,64	0,020	0,4	100	100	15
2020	3130	0,9	9,6	5,0	1,6	0,96	0,04	0,64	0,020	0,4	100	100	15

	Cd ³⁰	Cu ³⁰	Cr ³⁰	Ni ³⁰	Se ³⁰	Zn ³⁰	As ³⁰	Pb ³⁰	Hg	PAK:B(a)P ²⁸
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	-

²⁷ Als fractie van VOS²⁸ Als fractie van NMVOS²⁹ Als fractie van Deeltjes³⁰ In mg per kg brandstof

Heftrucks, Hijskranen en Overig Grondverzet: Diesel Maatregelpakket II

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ₃₁	CH ₄ ³¹	N ₂ O	Benzeen ₃₂	Deeltjes	PM ₁₀ ³³	PM _{2,5} ³³	PM _{0,1} ³³
1990	3130	3,4	50	30,0	10,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1991	3100	3,3	45	28,0	9,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1992	3100	3,3	45	26,0	8,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1993	3000	3,2	40	24,0	7,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1994	3000	3,2	40	22,0	6,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1995	3000	3,1	35	20,0	5,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1996	2900	3,0	25	17,0	4,0	0,96	0,04	0,69	0,020	2,0	100	100	15
1997	2900	2,5	19,5	13,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1998	2900	2,0	19	13,3	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1999	2800	1,5	19	12,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2000	2800	0,8	18	12,3	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2001	2800	0,8	18	11,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,1	100	100	15
2002	2800	0,8	18	11,3	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2003	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2004	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2005	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2006	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2007	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2008	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2009	2800	0,8	16,9	10,6	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2010	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2011	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2012	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2013	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2014	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2015	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2016	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2017	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2018	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2019	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2020	2800	1,0	13	8,0	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15

	Cd ³⁴	Cu ³⁴	Cr ³⁴	Ni ³⁴	Se ³⁴	Zn ³⁴	As ³⁴	Pb ³⁴	Hg	PAK:B(a)P ³²
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶

³¹ Als fractie van VOS³² Als fractie van NMVOS³³ Als fractie van Deeltjes³⁴ In mg per kg brandstof

Graafmachines, Laadschoppen, Wegenbouwvoertuigen: Diesel Maatregelpakket II

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ₃₅	CH ₄ ³⁵	N ₂ O	Benzeen ₃₆	Deeltjes	PM ₁₀ ³⁷	PM _{2,5} ³⁷	PM _{0,1} ³⁷
1990	3130	3,4	50	30,0	10,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1991	3100	3,3	45	28,0	9,0	0,96	0,04	0,69	0,020	5,0	100	100	15
1992	3100	3,3	45	26,0	8,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1993	3000	3,2	40	24,0	7,0	0,96	0,04	0,69	0,020	4,0	100	100	15
1994	3000	3,2	40	22,0	6,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1995	3000	3,1	35	20,0	5,0	0,96	0,04	0,69	0,020	3,0	100	100	15
1996	2900	3,0	25	17,0	4,0	0,96	0,04	0,69	0,020	2,0	100	100	15
1997	2900	2,5	19,5	13,8	2,8	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1998	2900	2,0	19	13,3	2,7	0,96	0,04	0,69	0,020	1,5	100	100	15
1999	2800	1,5	18	12,8	2,6	0,96	0,04	0,69	0,020	1,3	100	100	15
2000	2800	0,8	17	12,3	2,5	0,96	0,04	0,69	0,020	1,1	100	100	15
2001	2800	0,8	16	11,8	2,4	0,96	0,04	0,69	0,020	1,0	100	100	15
2002	2800	0,8	15	11,3	2,3	0,96	0,04	0,69	0,020	0,8	100	100	15
2003	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2004	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2005	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2006	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2007	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2008	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2009	2800	0,8	14,8	10,6	2,1	0,96	0,04	0,69	0,020	0,6	100	100	15
2010	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2011	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2012	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2013	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2014	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2015	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2016	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2017	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2018	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2019	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15
2020	2800	1,0	11,0	8,0	1,5	0,96	0,04	0,69	0,020	0,4	100	100	15

	Cd ³⁸	Cu ³⁸	Cr ³⁸	Ni ³⁸	Se ³⁸	Zn ³⁸	As ³⁸	Pb ³⁸	Hg	PAK:B(a)P ³⁶
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	5,75*10 ⁻⁶

³⁵ Als fractie van VOS³⁶ Als fractie van NMVOS³⁷ Als fractie van Deeltjes³⁸ In mg per kg brandstof

Heftrucks: LPG Maatregelpakket II

	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS ³⁹	CH ₄ ³⁹	N ₂ O	Benzeen ⁴⁰	Deeltjes	PM ₁₀ ⁴¹	PM _{2,5} ⁴¹	PM _{0,1} ⁴¹
1990	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1991	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1992	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1993	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1994	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1995	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1996	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1997	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1998	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
1999	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2000	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2001	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2002	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2003	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2004	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2005	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2006	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2007	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2008	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2009	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2010	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2011	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2012	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2013	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2014	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2015	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2016	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2017	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2018	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2019	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30
2020	2990	0	34	61	27	0,97	0,03	0,58	0	0,32	100	100	30

	Cd ⁴²	Cu ⁴²	Cr ⁴²	Ni ⁴²	Se ⁴²	Zn ⁴²	As ⁴²	Pb ⁴²	Hg	PAK:B(a)P ⁴⁰
1990	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1991	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1992	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1993	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1994	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1995	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1996	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1997	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1998	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
1999	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2000	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2001	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2002	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2003	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2004	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2005	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2006	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2007	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2008	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2009	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2010	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2011	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2012	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2013	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2014	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2015	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2016	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2017	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2018	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2019	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0
2020	0,01	1,7	0,05	0,07	0,001	1,0	0,05	0	-	0

³⁹ Als fractie van VOS⁴⁰ Als fractie van NMVOS⁴¹ Als fractie van Deeltjes⁴² In mg per kg brandstof

BIJLAGE 11 GEBRUIKTE KANSVERDELINGEN IN SIMULATIES

Categorie	Variabeltype	Specificatie	μ	σ
Basis	Parkomvang	Graafmachines	11.500	1.725
		Laadschoppen	5.500	825
		Overig grondverzet	2.500	1.250
		Wegenbouw	2.200	550
		Heftrucks diesel	17.000	5.100
		Heftrucks LPG	10.000	3.000
		Hijskranen	2.000	500
		Speciale voertuigen diesel	17.226	1.723
		Speciale voertuigen LPG	9.210	921
	Jaarlijkse inzet [uur]	Graafmachines	1.400	210
		Laadschoppen	1.500	150
		Overig grondverzet	800	200
		Wegenbouw	1000	150
		Heftrucks diesel	1.100	220
		Heftrucks LPG	1.000	200
		Hijskranen	1.700	170
		Speciale voertuigen diesel	1.225	125
		Speciale voertuigen LPG	500	50
		Landbouwwerktuigen	400	60
	Energiegebruik [l/uur]	Graafmachines	9,2	0,92
		Laadschoppen	11,2	1,12
		Overig grondverzet	5,2	0,52
		Wegenbouw	7,0	0,7
		Heftrucks diesel	5,2	0,52
		Heftrucks LPG	4,7	0,47
		Hijskranen	7,0	0,7
		Speciale voertuigen diesel	6,7	0,67
		Speciale voertuigen LPG	3,7	0,37
		Landbouwwerktuigen	7,0	0,7
Landbouw	Omvang landbouwareaal [ha]	Snijmais	201.800	20.180
		Grasland	1.096.500	109.650

Categorie	Variabeltype	Specificatie	μ	σ
Landbouw	Omvang landbouwareaal [ha]	C+F aardappelen	139.700	13.970
		S.bieten + P.aardappelen	160.600	16.060
		Tarwe	140.600	14.060
		Overig	142.200	14.220
	Energiegebruik [l/ha]	Snijmais	126,7	25,34
		Grasland	90,6	19,12
		C+F aardappelen	243,7	49,74
		S.bieten + P.aardappelen	155,7	31,14
		Tarwe	154,4	30,88
		Overig	100	20
	Bewerkingsintensiteit	1995	1	0,1
		2000	1	0,1
		2005	1	0,1
		2010	1	0,1
		2015	1	0,1
		2020	1	0,1
Prognose	Elasticiteiten	Speciale voertuigen sector 0	1,7	0,25
		Speciale voertuigen sector 2/3	1,2	0,18
		Speciale voertuigen sector 5	1,0	0,15
		Speciale voertuigen sector 6	1,8	0,27
		Speciale voertuigen sector 7,8,9	0	0,5
		Overige werktuigen alle sectoren	0,7	0,21

BIJLAGE 12 RESULTATEN**Global Shift; maatregelpakket I****Energiegebruik [PJ]**

Jaar	Totaal	0	2/3	5	6	7
1990	28,61	10,61	4,12	9,08	1,65	1,13
1995	28,99	10,53	4,30	9,04	1,92	1,15
2000	29,37	10,23	4,49	9,00	2,24	1,17
2005	29,80	9,89	4,71	9,02	2,63	1,20
2010	31,17	9,66	5,14	9,40	3,31	1,24
2015	33,78	9,51	5,85	10,18	4,49	1,30
2020	37,04	9,39	6,68	11,04	6,09	1,38

Jaar	8	9	Graaf- machines	Heftrucks Diesel	LPG	Hijs- kranen
1990	1,01	1,29	5,06	3,32	1,07	0,81
1995	1,00	1,29	5,10	3,39	1,10	0,83
2000	0,98	1,28	5,15	3,47	1,12	0,84
2005	0,97	1,29	5,22	3,57	1,15	0,87
2010	0,97	1,30	5,50	3,79	1,22	0,92
2015	0,97	1,32	5,99	4,14	1,34	1,02
2020	0,97	1,34	6,55	4,54	1,47	1,13

Jaar	Laad- schoppen	Overig grondverzet	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
			Diesel	Benzine		
1990	3,16	0,36	4,81	0,51	8,98	0,53
1995	3,18	0,36	5,07	0,54	8,90	0,53
2000	3,21	0,36	5,37	0,57	8,74	0,53
2005	3,26	0,37	5,76	0,61	8,46	0,53
2010	3,43	0,39	6,51	0,69	8,17	0,55
2015	3,74	0,42	7,81	0,83	7,88	0,60
2020	4,08	0,46	9,54	1,01	7,61	0,65

Parkomvang

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	11.500	17.000	10.000	2.000	5.500	2.500
1995	11.312	16.893	9.937	1.983	5.410	2.459
2000	11.488	17.362	10.213	2.033	5.494	2.497
2005	11.705	17.936	10.550	2.094	5.598	2.545
2010	12.292	19.021	11.189	2.224	5.879	2.672
2015	13.287	20.664	12.155	2.437	6.354	2.888
2020	14.485	22.612	13.301	2.694	6.928	3.149

Parkomvang (vervolg)

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.460	7.067	171.501	2.200
1995	17.396	8.584	111.366	2.150
2000	18.539	9.266	97.477	2.167
2005	19.947	10.218	86.506	2.188
2010	22.333	11.477	83.783	2.282
2015	26.508	13.654	80.497	2.454
2020	32.176	16.523	79.150	2.663

Jaarlijkse inzet (* 1000 uur)

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	13.452	1.5624	8.355	2.841	6.893	1.671
1995	13.189	1.5506	8.292	2.812	6.758	1.638
2000	13.445	1.6028	8.571	2.898	6.890	1.670
2005	13.787	1.6658	8.908	3.003	7.065	1.713
2010	14.540	1.7730	9.482	3.204	7.451	1.806
2015	15.860	1.9402	10.375	3.543	8.127	1.970
2020	17.340	2.1278	11.379	3.928	8.885	2.154

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.784	2.824	54.540	1.838
1995	17.849	3.671	32.142	1.788
2000	19.242	4.050	29.389	1.807
2005	20.821	4.362	29.037	1.837
2010	23.557	4.941	27.976	1.924
2015	28.211	5.908	27.151	2.090
2020	34.483	7.226	26.114	2.275

Brandstofverbruik [l/uur]

	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	9,44	5,33	4,82	7,18	11,49	5,33
1995	9,30	5,26	4,75	7,07	11,32	5,26
2000	9,17	5,18	4,68	6,97	11,16	5,18
2005	9,08	5,13	4,64	6,91	11,05	5,13
2010	9,04	5,11	4,62	6,87	11,00	5,11
2015	9,02	5,10	4,61	6,86	10,98	5,10
2020	9,01	5,10	4,60	6,86	10,97	5,09

Brandstofverbruik [l/uur] (vervolg)

	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	6,88	3,81	7,21	7,18
1995	6,77	3,73	7,18	7,08
2000	6,67	3,68	7,02	6,98
2005	6,61	3,65	6,92	6,91
2010	6,58	3,63	6,87	6,88
2015	6,56	3,63	6,86	6,86
2020	6,56	3,62	6,85	6,86

Jaarlijkse emissie [kg]

Jaar	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS	CH ₄	N ₂ O
1990	2,12E+09	2,36E+06	3,25E+07	2,58E+07	1,02E+07	9,75E+06	4,53E+05	4,46E+05
1995	2,14E+09	2,29E+06	3,22E+07	2,41E+07	8,97E+06	8,58E+06	3,94E+05	4,55E+05
2000	2,10E+09	1,99E+06	2,88E+07	2,11E+07	7,35E+06	7,03E+06	3,20E+05	4,57E+05
2005	2,08E+09	1,61E+06	2,55E+07	1,81E+07	6,08E+06	5,82E+06	2,61E+05	4,63E+05
2010	2,13E+09	1,37E+06	2,34E+07	1,62E+07	5,31E+06	5,09E+06	2,74E+05	4,80E+05
2015	2,28E+09	1,27E+06	2,31E+07	1,56E+07	5,01E+06	4,80E+06	2,07E+05	5,18E+05
2020	2,49E+09	1,26E+06	2,40E+07	1,59E+07	5,05E+06	4,84E+06	2,06E+05	5,66E+05

Jaar	Benzeen	Aërosolen	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{0,1}	Cd	Cu	Cr
1990	1,95E+05	4,20E+06	4,20E+06	4,20E+06	6,34E+05	6,45	0	3,22E+01
1995	1,69E+05	3,63E+06	3,63E+06	3,63E+06	5,48E+05	6,58	0	3,29E+01
2000	1,36E+05	2,86E+06	2,86E+06	2,86E+06	4,31E+05	6,62	0	3,31E+01
2005	1,10E+05	2,19E+06	2,19E+06	2,19E+06	6,27E+05	6,68	0	3,34E+01
2010	9,26E+04	1,74E+06	1,74E+06	1,74E+06	2,62E+05	6,98	0	3,49E+01
2015	8,45E+04	1,49E+06	1,49E+06	1,49E+06	2,25E+05	7,55	0	3,78E+01
2020	8,34E+04	1,39E+06	1,39E+06	1,39E+06	2,10E+05	8,29	0	4,14E+01

Jaar	Ni	Se	Zn	As	Pb	Hg	PAK:B(a)P
1990	4,51E+01	6,45E-01	6,45E+02	3,22E+01	0	0	4,88E+01
1995	4,79E+01	6,58E-01	6,58E+02	3,29E+01	0	0	4,26E+01
2000	5,04E+01	6,62E-01	6,62E+02	3,31E+01	0	0	3,44E+01
2005	5,38E+01	6,68E-01	6,68E+02	3,35E+01	0	0	2,81E+01
2010	5,95E+01	6,98E-01	6,98E+02	3,49E+01	0	0	2,40E+01
2015	6,77E+01	7,55E-01	7,55E+02	3,78E+01	0	0	2,22E+01
2020	7,88E+01	8,29E-01	8,29E+02	4,14E+01	0	0	2,22E+01

Global Shift; maatregelpakket II**Energiegebruik [PJ]**

Jaar	Totaal	0	2/3	5	6	7
1990	28,61	10,61	4,12	9,08	1,65	1,13
1995	28,99	10,53	4,30	9,04	1,92	1,15
2000	29,37	10,23	4,49	9,00	2,24	1,17
2005	29,80	9,89	4,71	9,02	2,63	1,20
2010	31,17	9,66	5,14	9,40	3,31	1,24
2015	33,78	9,51	5,85	10,18	4,49	1,30
2020	37,04	9,39	6,68	11,04	6,09	1,38

Jaar	8	9	Graaf- machines		Heftrucks		Hijs- kranen
			Diesel	LPG	Diesel	LPG	
1990	1,01	1,29	5,06	3,32	1,07	0,81	
1995	1,00	1,29	5,10	3,39	1,10	0,83	
2000	0,98	1,28	5,15	3,47	1,12	0,84	
2005	0,97	1,29	5,22	3,57	1,15	0,87	
2010	0,97	1,30	5,50	3,79	1,22	0,92	
2015	0,97	1,32	5,99	4,14	1,34	1,02	
2020	0,97	1,34	6,55	4,54	1,47	1,13	

Jaar	Laad- schoppen	Overig grondverzet	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
			Diesel	Benzine		
1990	3,16	0,36	4,81	0,51	8,98	0,53
1995	3,18	0,36	5,07	0,54	8,90	0,53
2000	3,21	0,36	5,37	0,57	8,74	0,53
2005	3,26	0,37	5,76	0,61	8,46	0,53
2010	3,43	0,39	6,51	0,69	8,17	0,55
2015	3,74	0,42	7,81	0,83	7,88	0,60
2020	4,08	0,46	9,54	1,01	7,61	0,65

Parkomvang

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	11.500	17.000	10.000	2.000	5.500	2.500
1995	11.312	16.893	9.937	1.983	5.410	2.459
2000	11.488	17.362	10.213	2.033	5.494	2.497
2005	11.705	17.936	10.550	2.094	5.598	2.545
2010	12.292	19.021	11.189	2.224	5.879	2.672
2015	13.287	20.664	12.155	2.437	6.354	2.888
2020	14.485	22.612	13.301	2.694	6.928	3.149

Parkomvang (vervolg)

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.460	7.067	171.501	2.200
1995	17.396	8.584	111.366	2.150
2000	18.539	9.266	97.477	2.167
2005	19.947	10.218	86.506	2.188
2010	22.333	11.477	83.783	2.282
2015	26.508	13.654	80.497	2.454
2020	32.176	16.523	79.150	2.663

Jaarlijkse inzet (* 1000 uur)

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	13.452	15.624	8.355	2.841	6.893	1.671
1995	13.189	15.506	8.292	2.812	6.758	1.638
2000	13.445	16.028	8.571	2.898	6.890	1.670
2005	13.787	16.658	8.908	3.003	7.065	1.713
2010	14.540	17.730	9.482	3.204	7.451	1.806
2015	15.860	19.402	10.375	3.543	8.127	1.970
2020	17.340	21.278	11.379	3.928	8.885	2.154

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.784	2.824	54.540	1.838
1995	17.849	3.671	32.142	1.788
2000	19.242	4.050	29.389	1.807
2005	20.821	4.362	29.037	1.837
2010	23.557	4.941	27.976	1.924
2015	28.211	5.908	27.151	2.090
2020	34.483	7.226	26.114	2.275

Brandstofverbruik [l/uur]

	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	9,44	5,33	4,82	7,18	11,49	5,33
1995	9,30	5,26	4,75	7,07	11,32	5,26
2000	9,17	5,18	4,68	6,97	11,16	5,18
2005	9,08	5,13	4,64	6,91	11,05	5,13
2010	9,04	5,11	4,62	6,87	11,00	5,11
2015	9,02	5,10	4,61	6,86	10,98	5,10
2020	9,01	5,10	4,60	6,86	10,97	5,09

Brandstofverbruik [l/uur] (vervolg)

	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	6,88	3,81	7,21	7,18
1995	6,77	3,73	7,18	7,08
2000	6,67	3,68	7,02	6,98
2005	6,61	3,65	6,92	6,91
2010	6,58	3,63	6,87	6,88
2015	6,56	3,63	6,86	6,86
2020	6,56	3,62	6,85	6,86

Jaarlijkse emissie [kg]

Jaar	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS	CH ₄	N ₂ O
1990	2,12E+09	2,36E+06	3,25E+07	2,58E+07	1,02E+07	9,75E+06	4,53E+05	4,46E+05
1995	2,14E+09	2,29E+06	3,22E+07	2,41E+07	8,97E+06	8,58E+06	3,94E+05	4,55E+05
2000	2,10E+09	1,99E+06	2,88E+07	2,13E+07	7,35E+06	7,03E+06	3,20E+05	4,57E+05
2005	2,08E+09	1,59E+06	2,50E+07	1,82E+07	6,07E+06	5,81E+06	2,60E+05	4,63E+05
2010	2,13E+09	1,34E+06	2,19E+07	1,58E+07	5,22E+06	5,00E+06	2,74E+05	4,80E+05
2015	2,28E+09	1,25E+06	1,95E+07	1,42E+07	4,58E+06	4,39E+06	1,89E+05	5,18E+05
2020	2,49E+09	1,24E+06	1,83E+07	1,34E+07	4,24E+06	4,07E+06	1,74E+05	5,66E+05

Jaar	Benzeen	Aërosolen	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{0,1}	Cd	Cu	Cr
1990	1,95E+05	4,20E+06	4,20E+06	4,20E+06	6,34E+05	6,45	0	3,22E+01
1995	1,69E+05	3,63E+06	3,63E+06	3,63E+06	5,48E+05	6,58	0	3,29E+01
2000	1,36E+05	2,85E+06	2,85E+06	2,85E+06	4,31E+05	6,62	0	3,31E+01
2005	1,09E+05	2,19E+06	2,19E+06	2,19E+06	6,27E+05	6,68	0	3,34E+01
2010	9,08E+04	1,73E+06	1,73E+06	1,73E+06	2,62E+05	6,98	0	3,49E+01
2015	7,62E+04	1,45E+06	1,45E+06	1,45E+06	2,19E+05	7,55	0	3,78E+01
2020	6,78E+04	1,29E+06	1,29E+06	1,29E+06	1,95E+05	8,29	0	4,14E+01

Jaar	Ni	Se	Zn	As	Pb	Hg	PAK:B(a)P
1990	4,51E+01	6,45E-01	6,45E+02	3,22E+01	0	0	4,88E+01
1995	4,61E+01	6,58E-01	6,58E+02	3,29E+01	0	0	4,26E+01
2000	4,63E+01	6,62E-01	6,62E+02	3,31E+01	0	0	3,44E+01
2005	4,68E+01	6,68E-01	6,68E+02	3,35E+01	0	0	2,80E+01
2010	4,88E+01	6,98E-01	6,98E+02	3,49E+01	0	0	2,35E+01
2015	5,29E+01	7,55E-01	7,55E+02	3,78E+01	0	0	1,99E+01
2020	5,80E+01	8,29E-01	8,29E+02	4,14E+01	0	0	1,77E+01

Global Shift; zonder beleid**Energiegebruik [PJ]**

Jaar	Totaal	0	2/3	5	6	7
1990	28,61	10,61	4,12	9,08	1,65	1,13
1995	28,99	10,53	4,30	9,04	1,92	1,15
2000	29,35	10,22	4,48	8,99	2,24	1,17
2005	29,65	9,82	4,68	8,95	2,61	1,19
2010	30,76	9,49	5,05	9,23	3,25	1,22
2015	32,79	9,23	5,67	19,86	4,35	1,26
2020	35,70	8,99	6,38	10,54	5,81	1,31

Jaar	8	9	Graaf- machines		Heftrucks		Hijs- kranen
			Diesel	LPG	Diesel	LPG	
1990	1,01	1,29	5,06	3,32	1,07	0,81	
1995	1,00	1,29	5,10	3,39	1,10	0,83	
2000	0,98	1,28	5,14	3,47	1,12	0,84	
2005	0,96	1,28	5,19	3,55	1,14	0,86	
2010	0,95	1,28	5,40	3,72	1,20	0,91	
2015	0,93	1,28	5,81	4,02	1,30	0,99	
2020	0,92	1,28	6,25	4,34	1,40	1,08	

Jaar	Laad- schoppen	Overig grondverzet	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
			Diesel	Benzine		
1990	3,16	0,36	4,81	0,51	8,98	0,53
1995	3,18	0,36	5,07	0,54	8,90	0,53
2000	3,21	0,36	5,37	0,57	8,74	0,53
2005	3,24	0,36	5,72	0,61	8,46	0,53
2010	3,37	0,38	6,39	0,68	8,17	0,54
2015	3,62	0,41	7,56	0,80	7,88	0,58
2020	3,90	0,44	9,10	0,97	7,61	0,62

Parkomvang

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	11.500	17.000	10.000	2.000	5.500	2.500
1995	11.312	16.893	9.937	1.983	5.410	2.459
2000	11.488	17.362	10.213	2.033	5.494	2.497
2005	11.705	17.936	10.550	2.094	5.598	2.545
2010	12.292	19.021	11.189	2.224	5.879	2.672
2015	13.287	20.664	12.155	2.437	6.354	2.888
2020	14.485	22.612	13.301	2.694	6.928	3.149

Parkomvang (vervolg)

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.460	7.067	171.501	2.200
1995	17.396	8.584	111.366	2.150
2000	18.539	9.266	97.477	2.167
2005	19.947	10.218	86.506	2.188
2010	22.333	11.477	83.783	2.282
2015	26.508	13.654	80.497	2.454
2020	32.176	16.523	79.150	2.663

Jaarlijkse inzet (* 1000 uur)

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	13.452	15.624	8.355	2.841	6.893	1.671
1995	13.189	15.506	8.292	2.812	6.758	1.638
2000	13.445	16.028	8.571	2.898	6.890	1.670
2005	13.787	16.658	8.908	3.003	7.065	1.713
2010	14.540	17.730	9.482	3.204	7.451	1.806
2015	15.860	19.402	10.375	3.543	8.127	1.970
2020	17.340	21.278	11.379	3.928	8.885	2.154

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.784	2.824	54.540	1.838
1995	17.849	3.71	32.142	1.788
2000	19.242	4.050	29.389	1.807
2005	20.821	4.362	29.037	1.837
2010	23.557	4.941	27.976	1.924
2015	28.211	5.908	27.151	2.090
2020	34.483	7.226	26.114	2.275

Brandstofverbruik [l/uur]

	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	9,44	5,33	4,82	7,18	11,49	5,33
1995	9,30	5,26	4,75	7,07	11,32	5,26
2000	9,16	5,17	4,68	6,96	11,15	5,18
2005	9,02	5,09	4,60	6,86	10,98	5,10
2010	8,88	5,02	4,53	6,75	10,81	5,02
2015	8,74	4,94	4,46	6,65	10,64	4,94
2020	8,61	4,86	4,40	6,55	10,48	4,87

Brandstofverbruik [l/uur] (vervolg)

	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	6,88	3,81	7,21	7,18
1995	6,77	3,73	7,18	7,08
2000	6,66	3,67	7,01	6,98
2005	6,56	3,62	6,87	6,86
2010	6,45	3,56	6,75	6,76
2015	6,35	3,51	6,66	6,65
2020	6,26	3,45	6,57	6,55

Jaarlijkse emissie [kg]

Jaar	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS	CH ₄	N ₂ O
1990	2,12E+09	2,36E+06	3,25E+07	2,58E+07	1,02E+07	9,75E+06	4,53E+05	4,46E+05
1995	2,14E+09	2,29E+06	3,32E+07	2,48E+07	9,42E+06	9,00E+06	4,18E+05	4,55E+05
2000	2,10E+09	1,98E+06	3,33E+07	2,41E+07	8,96E+06	8,56E+06	4,01E+05	4,57E+05
2005	2,07E+09	1,59E+06	3,36E+07	2,40E+07	8,84E+06	8,44E+06	3,98E+05	4,60E+05
2010	2,09E+09	1,32E+06	3,45E+07	2,47E+07	9,10E+06	8,69E+06	4,20E+05	4,72E+05
2015	2,21E+09	1,21E+06	3,68E+07	2,67E+07	9,88E+06	9,42E+06	4,55E+05	5,02E+05
2020	2,38E+09	1,19E+06	3,97E+07	2,92E+07	1,09E+07	1,04E+07	5,08E+05	5,41E+05

Jaar	Benzeen	Aërosolen	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{0,1}	Cd	Cu	Cr
1990	1,95E+05	4,20E+06	4,20E+06	4,20E+06	6,34E+05	6,45	0	3,22E+01
1995	1,79E+05	3,80E+06	3,80E+06	3,80E+06	5,74E+05	6,58	0	3,29E+01
2000	1,71E+05	3,55E+06	3,55E+06	3,55E+06	5,36E+05	6,61	0	3,30E+01
2005	1,70E+05	3,46E+06	3,46E+06	3,46E+06	6,24E+05	6,63	0	3,32E+01
2010	1,75E+05	3,51E+06	3,51E+06	3,51E+06	5,29E+05	6,85	0	3,43E+01
2015	1,92E+05	3,74E+06	3,74E+06	3,74E+06	5,65E+05	7,32	0	3,66E+01
2020	2,14E+05	4,05E+06	4,05E+06	4,05E+06	6,12E+05	7,92	0	3,96E+01

Jaar	Ni	Se	Zn	As	Pb	Hg	PAK:B(a)P
1990	4,51E+01	6,45E-01	6,45E+02	3,22E+01	0	0	4,88E+01
1995	4,61E+01	6,58E-01	6,58E+02	3,29E+01	0	0	4,46E+01
2000	4,63E+01	6,61E-01	6,61E+02	3,30E+01	0	0	4,22E+01
2005	4,64E+01	6,63E-01	6,67E+02	3,34E+01	0	0	4,14E+01
2010	4,80E+01	6,85E-01	6,85E+02	3,43E+01	0	0	4,23E+01
2015	5,13E+01	7,32E-01	7,32E+02	3,66E+01	0	0	4,56E+01
2020	5,54E+01	7,92E-01	7,92E+02	3,96E+01	0	0	4,99E+01

European Renaissance; maatregelpakket I**Energiegebruik [PJ]**

Jaar	Totaal	0	2/3	5	6	7
1990	28,61	10,61	4,12	9,08	1,65	1,13
1995	30,16	10,52	4,58	9,56	2,26	1,19
2000	31,99	10,21	5,10	10,08	3,10	1,25
2005	34,26	9,86	5,72	10,69	4,27	1,34
2010	37,97	9,62	6,86	11,50	6,08	1,45
2015	43,19	9,47	8,17	12,55	8,88	1,61
2020	50,18	9,35	9,76	13,71	13,00	1,81

Jaar	8	9	Graaf- machines	Heftrucks Diesel	LPG	Hijs- kranen
1990	1,01	1,29	5,06	3,32	1,07	0,81
1995	0,99	1,29	5,36	3,56	1,15	0,88
2000	0,98	1,30	5,68	3,83	1,24	0,95
2005	0,97	1,31	6,06	4,14	1,34	1,03
2010	0,97	1,34	6,64	4,63	1,49	1,16
2015	0,97	1,38	7,35	5,22	1,68	1,32
2020	0,97	1,42	8,16	5,90	1,90	1,50

Jaar	Laad- schoppen	Overig grondverzet	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
			Diesel	Benzine		
1990	3,16	0,36	4,81	0,51	8,98	0,53
1995	3,34	0,38	5,46	0,58	8,90	0,56
2000	3,55	0,40	6,35	0,67	8,74	0,59
2005	3,78	0,43	7,59	0,81	8,46	0,63
2010	4,14	0,47	9,57	1,02	8,17	0,68
2015	4,59	0,52	12,55	1,33	7,88	0,75
2020	5,09	0,57	16,84	1,79	7,61	0,82

Parkomvang

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	11.500	17.000	10.000	2.000	5.500	2.500
1995	11.753	17.541	10.318	2.072	5.621	2.555
2000	12.845	18.853	11.090	2.237	5.971	2.714
2005	13.382	20.488	12.052	2.442	6.400	2.909
2010	14.662	22.865	13.450	2.758	7.012	3.187
2015	16.207	25.750	15.147	3.128	7.751	3.523
2020	17.983	29.136	17.139	3.564	8.601	3.909

Parkomvang (vervolg)

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.460	7.067	171.501	2.200
1995	18.459	9.130	111.366	2.244
2000	21.362	10.715	97.477	2.378
2005	25.562	13.082	86.506	2.542
2010	31.895	16.386	83.783	2.764
2015	41.599	21.401	80.497	3.031
2020	55.522	28.507	79.150	3.336

Jaarlijkse inzet (* 1000 uur)

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	13.452	15.624	8.355	2.841	6.893	1.671
1995	13.807	16.219	8.673	2.964	7.075	1.715
2000	14.816	17.639	9.432	3.239	7.592	1.841
2005	15.969	19.234	10.307	3.554	8.183	1.984
2010	17.545	21.856	11.544	4.033	8.990	2.179
2015	19.453	24.392	13.044	4.590	9.968	2.416
2020	21.588	27.603	14.761	5.225	11.062	2.682

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.784	2.24	54.540	1.838
1995	19.151	3.944	32.142	1.882
2000	22.647	4.763	29.389	2.014
2005	27.285	5.716	29.037	2.165
2010	34.439	7.221	27.976	2.358
2015	45.152	9.458	27.151	2.593
2020	60.555	12.689	26.114	2.855

Brandstofverbruik [l/uur]

	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	9,44	5,33	4,82	7,18	11,49	5,33
1995	9,29	5,25	4,75	7,07	11,31	5,25
2000	9,16	5,17	4,68	6,97	11,15	5,17
2005	9,07	5,13	4,63	6,90	11,05	5,13
2010	9,03	5,10	4,61	6,87	11,00	5,11
2015	9,02	5,10	4,61	6,86	10,98	5,10
2020	9,01	5,09	4,60	6,86	10,97	5,09

Brandstofverbruik [l/uur] (vervolg)

	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	6,88	3,81	7,21	7,18
1995	6,76	3,72	7,18	7,07
2000	6,66	3,67	7,02	6,97
2005	6,60	3,64	6,92	6,90
2010	6,57	3,63	6,87	6,87
2015	6,56	3,62	6,86	6,86
2020	6,56	3,62	6,85	6,86

Jaarlijkse emissie [kg]

Jaar	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS	CH ₄	N ₂ O
1990	2,12E+09	2,36E+06	3,25E+07	2,58E+07	1,02E+07	9,75E+06	4,53E+05	4,46E+05
1995	2,22E+09	2,38E+06	3,34E+07	2,50E+07	9,29E+06	8,88E+06	4,09E+05	4,73E+05
2000	2,28E+09	2,12E+06	3,09E+07	2,28E+07	7,89E+06	7,55E+06	3,45E+05	4,97E+05
2005	2,38E+09	1,76E+06	2,85E+07	2,04E+07	6,84E+06	6,54E+06	2,95E+05	5,29E+05
2010	2,58E+09	1,55E+06	2,76E+07	1,92E+07	6,28E+06	6,02E+06	3,33E+05	5,81E+05
2015	2,90E+09	1,49E+06	2,87E+07	1,93E+07	6,19E+06	5,93E+06	2,59E+05	6,57E+05
2020	3,35E+09	1,56E+06	3,19E+07	2,08E+07	6,60E+06	6,33E+06	2,74E+05	7,58E+05

Jaar	Benzeen	Aërosolen	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{0,1}	Cd	Cu	Cr
1990	1,95E+05	4,20E+06	4,20E+06	4,20E+06	6,34E+05	6,45	0	3,22E+01
1995	1,75E+05	3,74E+06	3,74E+06	3,74E+06	5,64E+05	6,84	0	3,42E+01
2000	1,46E+05	3,02E+06	3,02E+06	3,02E+06	4,56E+05	7,20	0	3,60E+01
2005	1,23E+05	2,37E+06	2,37E+06	2,37E+06	7,21E+05	7,68	0	3,84E+01
2010	1,10E+05	1,92E+06	1,92E+06	1,92E+06	2,90E+05	8,50	0	4,25E+01
2015	1,05E+05	1,68E+06	1,68E+06	1,68E+06	2,54E+05	9,67	0	4,84E+01
2020	1,10E+05	1,61E+06	1,61E+06	1,61E+06	2,43E+05	1,13E+01	0	5,63E+01

Jaar	Ni	Se	Zn	As	Pb	Hg	PAK:B(a)P
1990	4,51E+01	6,45E-01	6,45E+02	3,22E+01	0	0	4,88E+01
1995	4,79E+01	6,84E-01	6,84E+02	3,42E+01	0	0	4,40E+01
2000	5,04E+01	7,20E-01	7,20E+02	3,60E+01	0	0	3,68E+01
2005	5,38E+01	7,68E-01	7,70E+02	3,85E+01	0	0	3,12E+01
2010	5,95E+01	8,50E-01	8,50E+02	4,25E+01	0	0	2,80E+01
2015	6,77E+01	9,67E-01	9,67E+02	4,84E+01	0	0	2,71E+01
2020	7,88E+01	1,13	1,13E+03	5,63E+01	0	0	2,87E+01

European Renaissance; maatregelpakket II**Energiegebruik [PJ]**

Jaar	Totaal	0	2/3	5	6	7
1990	28,61	10,61	4,12	9,08	1,65	1,13
1995	30,16	10,52	4,58	9,56	2,26	1,19
2000	31,99	10,21	5,10	10,08	3,10	1,25
2005	34,26	9,86	5,72	10,69	4,27	1,34
2010	37,97	9,62	6,86	11,50	6,08	1,45
2015	43,19	9,47	8,17	12,55	8,88	1,61
2020	50,18	9,35	9,76	13,71	13,00	1,81

Jaar	8	9	Graaf- machines	Heftrucks Diesel	LPG	Hijs- kranen
1990	1,01	1,29	5,06	3,32	1,07	0,81
1995	0,99	1,29	5,36	3,56	1,15	0,88
2000	0,98	1,30	5,68	3,83	1,24	0,95
2005	0,97	1,31	6,06	4,14	1,34	1,03
2010	0,97	1,34	6,64	4,63	1,49	1,16
2015	0,97	1,38	7,35	5,22	1,68	1,32
2020	0,97	1,42	8,16	5,90	1,90	1,50

Jaar	Laad- schoppen	Overig grondverzet	Speciale voertuigen Diesel	Benzine	Tractoren	Wegen- bouw
1990	3,16	0,36	4,81	0,51	8,98	0,53
1995	3,34	0,38	5,46	0,58	8,90	0,56
2000	3,55	0,40	6,35	0,67	8,74	0,59
2005	3,78	0,43	7,59	0,81	8,46	0,63
2010	4,14	0,47	9,57	1,02	8,17	0,68
2015	4,59	0,52	12,55	1,33	7,88	0,75
2020	5,09	0,57	16,84	1,79	7,61	0,82

Parkomvang

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks Diesel	LPG	Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
1990	11.500	17.000	10.000	2.000	5.500	2.500
1995	11.753	17.541	10.318	2.072	5.621	2.555
2000	12.845	18.853	11.090	2.237	5.971	2.714
2005	13.382	20.488	12.052	2.442	6.400	2.909
2010	14.662	22.865	13.450	2.758	7.012	3.187
2015	16.207	25.750	15.147	3.128	7.751	3.523
2020	17.983	29.136	17.139	3.564	8.601	3.909

Parkomvang (vervolg)

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.460	7.067	171.501	2.200
1995	18.459	9.130	111.366	2.244
2000	21.362	10.715	97.477	2.378
2005	25.562	13.082	86.506	2.542
2010	31.895	16.386	83.783	2.764
2015	41.599	21.401	80.497	3.031
2020	55.522	28.507	79.150	3.336

Jaarlijkse inzet (* 1000 uur)

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	13.452	15.624	8.355	2.841	6.893	1.671
1995	13.807	16.219	8.673	2.964	7.075	1.715
2000	14.816	17.639	9.432	3.239	7.592	1.841
2005	15.969	19.234	10.307	3.554	8.183	1.984
2010	17.545	21.856	11.544	4.033	8.990	2.179
2015	19.453	24.392	13.044	4.590	9.968	2.416
2020	21.588	27.603	14.761	5.225	11.062	2.682

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.784	2.24	54.540	1.838
1995	19.151	3.944	32.142	1.882
2000	22.647	4.763	29.389	2.014
2005	27.285	5.716	29.037	2.165
2010	34.439	7.221	27.976	2.358
2015	45.152	9.458	27.151	2.593
2020	60.555	12.689	26.114	2.855

Brandstofverbruik[l/uur]

	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	9,44	5,33	4,82	7,18	11,49	5,33
1995	9,29	5,25	4,75	7,07	11,31	5,25
2000	9,16	5,17	4,68	6,97	11,15	5,17
2005	9,07	5,13	4,63	6,90	11,05	5,13
2010	9,03	5,10	4,61	6,87	11,00	5,11
2015	9,02	5,10	4,61	6,86	10,98	5,10
2020	9,01	5,09	4,60	6,86	10,97	5,09

Brandstofverbruik [l/uur] (vervolg)

	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	6,88	3,81	7,21	7,18
1995	6,76	3,72	7,18	7,07
2000	6,66	3,67	7,02	6,97
2005	6,60	3,64	6,92	6,90
2010	6,57	3,63	6,87	6,87
2015	6,56	3,62	6,86	6,86
2020	6,56	3,62	6,85	6,86

Jaarlijkse emissie [kg]

Jaar	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS	CH ₄	N ₂ O
1990	2,12E+09	2,36E+06	3,25E+07	2,58E+07	1,02E+07	9,75E+06	4,53E+05	4,46E+05
1995	2,22E+09	2,38E+06	3,34E+07	2,50E+07	9,29E+06	8,88E+06	4,09E+05	4,73E+05
2000	2,28E+09	2,12E+06	3,08E+07	2,30E+07	7,89E+06	7,55E+06	3,45E+05	4,97E+05
2005	2,38E+09	1,74E+06	2,78E+07	2,05E+07	6,82E+06	6,53E+06	2,94E+05	5,29E+05
2010	2,58E+09	1,51E+06	2,52E+07	1,85E+07	6,15E+06	5,88E+06	3,32E+05	5,81E+05
2015	2,90E+09	1,46E+06	2,29E+07	1,71E+07	5,52E+06	5,28E+06	2,32E+05	6,57E+05
2020	3,35E+09	1,52E+06	2,21E+07	1,67E+07	5,25E+06	5,03E+06	2,20E+05	7,58E+05

Jaar	Benzeen	Aërosolen	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{0,1}	Cd	Cu	Cr
1990	1,95E+05	4,20E+06	4,20E+06	4,20E+06	6,34E+05	6,45	0	3,22E+01
1995	1,75E+05	3,74E+06	3,74E+06	3,74E+06	5,64E+05	6,84	0	3,42E+01
2000	1,46E+05	3,02E+06	3,02E+06	3,02E+06	4,56E+05	7,20	0	3,60E+01
2005	1,23E+05	2,37E+06	2,37E+06	2,37E+06	7,21E+05	7,68	0	3,84E+01
2010	1,07E+05	1,92E+06	1,92E+06	1,92E+06	2,90E+05	8,50	0	4,25E+01
2015	9,21E+04	1,62E+06	1,62E+06	1,62E+06	2,45E+05	9,67	0	4,84E+01
2020	8,44E+04	1,45E+06	1,45E+06	1,45E+06	2,21E+05	1,13E+01	0	5,63E+01

Jaar	Ni	Se	Zn	As	Pb	Hg	PAK:B(a)P
1990	4,51E+01	6,45E-01	6,45E+02	3,22E+01	0	0	4,88E+01
1995	4,79E+01	6,84E-01	6,84E+02	3,42E+01	0	0	4,40E+01
2000	5,04E+01	7,20E-01	7,20E+02	3,60E+01	0	0	3,68E+01
2005	5,38E+01	7,68E-01	7,70E+02	3,85E+01	0	0	3,11E+01
2010	5,95E+01	8,50E-01	8,50E+02	4,25E+01	0	0	2,73E+01
2015	6,77E+01	9,67E-01	9,67E+02	4,84E+01	0	0	2,34E+01
2020	7,88E+01	1,13	1,13E+03	5,63E+01	0	0	2,12E+01

European Renaissance; zonder beleid**Energiegebruik [PJ]**

Jaar	Totaal	0	2/3	5	6	7
1990	28,61	10,61	4,12	9,08	1,65	1,13
1995	30,16	10,52	4,58	9,56	2,26	1,19
2000	31,98	10,19	5,10	10,07	3,09	1,25
2005	34,06	9,79	5,68	10,61	4,24	1,33
2010	37,41	9,45	6,74	11,29	5,96	1,43
2015	42,05	9,19	7,91	12,16	8,58	1,56
2020	48,20	8,96	9,32	13,09	12,37	1,72

Jaar	8	9	Graaf- machines	Heftrucks Diesel	LPG	Hijs- kranen
1990	1,01	1,29	5,06	3,32	1,07	0,81
1995	0,99	1,29	5,36	3,56	1,15	0,88
2000	0,98	1,30	5,68	3,82	1,23	0,94
2005	0,96	1,30	6,02	4,11	1,33	1,02
2010	0,95	1,31	6,52	4,54	1,47	1,14
2015	0,93	1,33	7,12	5,05	1,63	1,28
2020	0,92	1,35	7,79	5,63	1,82	1,44

Jaar	Laad- schoppen	Overig grondverzet	Speciale voertuigen Diesel	Benzine	Tractoren	Wegen- bouw
1990	3,16	0,36	4,81	0,51	8,98	0,53
1995	3,34	0,38	5,46	0,58	8,90	0,56
2000	3,54	0,40	6,34	0,67	8,74	0,59
2005	3,76	0,42	7,53	0,80	8,46	0,62
2010	4,07	0,46	9,38	1,00	8,17	0,67
2015	4,44	0,50	12,13	1,29	7,88	0,72
2020	4,86	0,55	16,03	1,70	7,61	0,78

Parkomvang

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks Diesel	LPG	Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
1990	11.500	17.000	10.000	2.000	5.500	2.500
1995	11.753	17.541	10.318	2.072	5.621	2.555
2000	12.845	18.853	11.090	2.237	5.971	2.714
2005	13.382	20.488	12.052	2.442	6.400	2.909
2010	14.662	22.865	13.450	2.758	7.012	3.187
2015	16.207	25.750	15.147	3.128	7.751	3.523
2020	17.983	29.136	17.139	3.564	8.601	3.909

Parkomvang (vervolg)

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.460	7.067	171.501	2.200
1995	18.459	9.130	111.366	2.244
2000	21.362	10.715	97.477	2.378
2005	25.562	13.082	86.506	2.542
2010	31.895	16.386	83.783	2.764
2015	41.599	21.401	80.497	3.031
2020	55.522	28.507	79.150	3.336

Jaarlijkse inzet (* 1000 uur)

Jaar	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	13.452	15.624	8.355	2.841	6.893	1.671
1995	13.807	16.219	8.673	2.964	7.075	1.715
2000	14.816	17.639	9.432	3.239	7.592	1.841
2005	15.969	19.234	10.307	3.554	8.183	1.984
2010	17.545	21.856	11.544	4.033	8.990	2.179
2015	19.453	24.392	13.044	4.590	9.968	2.416
2020	21.588	27.603	14.761	5.225	11.062	2.682

Jaar	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	16.784	2.24	54.540	1.838
1995	19.151	3.944	32.142	1.882
2000	22.647	4.763	29.389	2.014
2005	27.285	5.716	29.037	2.165
2010	34.439	7.221	27.976	2.358
2015	45.152	9.458	27.151	2.593
2020	60.555	12.689	26.114	2.855

Brandstofverbruik[l/uur]

	Graaf- machines	Heftrucks		Hijs- kranen	Laad- schoppen	Overig grondverzet
		Diesel	LPG			
1990	9,44	5,33	4,82	7,18	11,49	5,33
1995	9,29	5,25	4,75	7,07	11,31	5,25
2000	9,15	5,17	4,67	6,96	11,14	5,17
2005	9,01	5,09	4,60	6,85	10,96	5,09
2010	8,87	5,01	4,53	6,74	10,79	5,01
2015	8,74	4,94	4,46	6,64	10,63	4,94
2020	8,60	4,86	4,39	6,54	10,48	4,86

Brandstofverbruik [l/uur] (vervolg)

	Speciale voertuigen		Tractoren	Wegen- bouw
	Diesel	Benzine		
1990	6,88	3,81	7,21	7,18
1995	6,76	3,72	7,18	7,07
2000	6,65	3,67	7,01	6,96
2005	6,54	3,61	6,87	6,85
2010	6,44	3,56	6,76	6,74
2015	6,34	3,50	6,66	6,64
2020	6,25	3,45	6,57	6,54

Jaarlijkse emissie [kg]

Jaar	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	VOS	NMVOS	CH ₄	N ₂ O
1990	2,12E+09	2,36E+06	3,25E+07	2,58E+07	1,02E+07	9,75E+06	4,53E+05	4,46E+05
1995	2,22E+09	2,38E+06	3,45E+07	2,58E+07	9,81E+06	9,37E+06	4,37E+05	4,73E+05
2000	2,28E+09	2,12E+06	3,62E+07	2,64E+07	9,84E+06	9,40E+06	4,44E+05	4,96E+05
2005	2,36E+09	1,73E+06	3,85E+07	2,79E+07	1,04E+07	9,89E+06	4,74E+05	5,26E+05
2010	2,53E+09	1,49E+06	4,18E+07	3,07E+07	1,15E+07	1,09E+07	5,39E+05	5,70E+05
2015	2,81E+09	1,42E+06	4,68E+07	3,50E+07	1,32E+07	1,26E+07	6,26E+05	6,36E+05
2020	3,20E+09	1,45E+06	5,34E+07	4,09E+07	1,56E+07	1,48E+07	7,56E+05	7,23E+05

Jaar	Benzeen	Aërosolen	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{0,1}	Cd	Cu	Cr
1990	1,95E+05	4,20E+06	4,20E+06	4,20E+06	6,34E+05	6,45	0	3,22E+01
1995	1,87E+05	3,94E+06	3,94E+06	3,94E+06	5,94E+05	6,84	0	3,42E+01
2000	1,89E+05	3,85E+06	3,85E+06	3,85E+06	5,82E+05	7,19	0	3,60E+01
2005	2,01E+05	3,97E+06	3,97E+06	3,97E+06	7,17E+05	7,62	0	3,81E+01
2010	2,24E+05	4,28E+06	4,28E+06	4,28E+06	6,47E+05	8,34	0	4,17E+01
2015	2,62E+05	4,81E+06	4,81E+06	4,81E+06	7,27E+05	9,37	0	4,68E+01
2020	3,15E+05	5,53E+06	5,53E+06	5,53E+06	8,37E+05	1,07E+01	0	5,37E+01

Jaar	Ni	Se	Zn	As	Pb	Hg	PAK:B(a)P
1990	4,51E+01	6,45E-01	6,45E+02	3,22E+01	0	0	4,88E+01
1995	4,79E+01	6,84E-01	6,84E+02	3,42E+01	0	0	4,64E+01
2000	5,04E+01	7,19E-01	7,19E+02	3,60E+01	0	0	4,61E+01
2005	5,34E+01	7,62E-01	7,66E+02	3,83E+01	0	0	4,81E+01
2010	5,84E+01	8,34E-01	8,34E+02	4,17E+01	0	0	5,26E+01
2015	6,56E+01	9,37E-01	9,37E+02	4,68E+01	0	0	6,00E+01
2020	7,52E+01	1,07	1,07E+03	5,37E+01	0	0	7,02E+01

BIJLAGE 13 OVERZICHT VAN DESKUNDIGEN WAARMEE GESPROKEN IS

Hieronder staat een overzicht gegeven van de verschillende deskundigen waarmee één of meerdere gesprekken zijn gevoerd. Tevens is informatie verkregen uit telefonische en schriftelijke contacten, deze zijn niet in dit overzicht opgenomen.

Ir. J. Polman	VROM-DGM
Ir. P.A.J. Achten	INNAS BV
Ir. M. van Walwijk	INNAS BV
Ir. J.J.E.A. van Meel	NOVEM
Ing. R. van Dillen	NOVEM
Ir. R.L. de Vries	IMAG-DLO
Ir. J.A. Hoenderken	IKC
A.P.F.H. van Loon	BMWT
W.J. Fournier	Boval
Ing. C.J.M. de Kock	Renault Agriculture Nederland bv
Ing. A.D. Schaap	VBW-asfalt

BIJLAGE 14 OVERZICHT VAN DE BENODIGDE INVOERGEGEVENS

Type variabele	Onderscheid naar:	Voor basis/zichtjaren	Eenheid	Default-waarde in het model afkomstig uit:
Omvang van het landbouwareaal per gewassoort	6 gewas-soorten	Voor het basisjaar (1990) en 6 zichtjaren (1995-2020)	ha	van Egmond <i>et al</i> , 1995
Brandstofverbruik per gewassoort	6 gewas-soorten	Voor het basisjaar (1990)	l/ha	de Maeyer <i>et al</i> , 1995
Jaarlijkse inzet per gewassoort	6 gewas-soorten	Voor het basisjaar (1990)	uur/ha	Geen default-waarde in het model aanwezig, jaarlijkse inzet en brandstofverbruik als optie ter vervanging van brandstofverbruik per gewassoort
Brandstofverbruik	6 gewas-soorten	Voor het basisjaar (1990)	l/uur	
Dichtheid brandstoffen	3 brandstof-soorten	Constant in de tijd	kg/l	CBS, EMMOB-files
Energie-inhoud brandstoffen	3 brandstof-soorten	Constant in de tijd	J/kg	CBS, EMMOB-files
Dekkingsgraad van het model	1 waarde	Constant in de tijd		Inschatting van deskundigen
Ophoging energiegebruik van akkerbouw t.b.v. de tuinbouw	1 waarde	Constant in de tijd		Hoenderken
Bewerkingsintensiteitsfactor naar gewassoort	6 gewas-soorten	Voor 6 zichtjaren (1995-2020)		Inschatting van deskundigen
Verdeling werktuigen naar sectoren	7 sectoren en 10 werktuig-categorieën	Voor het basisjaar (1990)		Inschatting van deskundigen
Parkomvang per werktuigcategorie	10 werktuig-categorieën	Voor het basisjaar (1990)		Inschatting van deskundigen
Jaarlijks gerealiseerde inzet door nieuwe werktuigen	10 werktuig-categorieën	Voor het basisjaar (1990)	uur	Inschatting van deskundigen

Brandstofverbruik per uur voor nieuwe werktuigen	10 werktuig-categorieën	Voor het basisjaar (1990)	l/uur	Inschatting van deskundigen
Sectorale groei (Toegevoegde waarde, in guldens) in procenten per jaar	7 sectoren	Voor 6 zichtjaren (1995-2020)		CPB, 1992; bewerkt door het RIVM
Elasticiteit	7 sectoren en 10 werktuig-categorieën	Voor 6 zichtjaren (1995-2020)		Inschatting van deskundigen
Jaarlijkse verkoopcijfers naar bouwjaar	10 werktuig-categorieën	Voor 31 bouwjaren (1960-1990)		Gebaseerd op ingevoerde waarde voor parkomvangen
Uitvalcurve	10 werktuig-categorieën	Voor voertuigen van 0 tot 30 jaar oud		van Walwijk <i>et al</i> , 1991
Inzetcurve	10 werktuig-categorieën	Voor voertuigen van 0 tot 30 jaar oud		van Walwijk <i>et al</i> , 1991
Efficiencyverbeteringsfractie	10 werktuig-categorieën	Voor 61 bouwjaren (1960-2020)		Inschatting van deskundigen
Emissiefactoren	23 stoffen en 10 werktuig-categorieën	Voor 61 bouwjaren (1960-2020)	g/kg brandstof	Inschatting van deskundigen + CBS, EMMOB-files

BIJLAGE 15 DE RECREATIEVAART

B15.1. Inleiding

Naast de overige mobiele bronnen en speciale voertuigen zijn er nog een aantal blinde vlekken in toekomstig energiegebruik en emissies van voertuigen. Een van deze groepen is de recreatievaart. Ook hier is er wel enige studie verricht naar aantallen en energiegebruik op dit moment, maar is er niets bekend over toekomstige ontwikkelingen. Het aandeel van deze groep voertuigen in het totale Nederlandse energiegebruik is gering, slechts 0,2%. Gezien dit kleine aandeel in het Nederlandse totaal en de volstrekt andere manier van modelleren die gehanteerd is dan voor de modellering van het energiegebruik van mobiele werktuigen, wordt de modellering van de recreatievaart in deze bijlage losstaand van de rest van het rapport besproken.

In deze bijlage zal dan ook in eerste instantie geprobeerd worden een goed model voor het bezit van pleziervaartuigen in Nederland te maken. In paragraaf 2 wordt een beschrijving gegeven van de pleziervaartuigen in Nederland en de processen die een rol spelen bij het bezit en gebruik van de vaartuigen. In paragraaf B15.3 wordt het energiegebruik voor 1990 berekend, waarna in paragraaf B15.4 ingegaan wordt op de wijze waarop bezit en gebruik van vaartuigen tot 2020 gemodelleerd is. In paragraaf 5 wordt dan het jaarlijks energiegebruik tot 2020 geprognoseerd, waarna in paragraaf 6 ingegaan wordt op de bepaling van de emissies door de recreatievaart. In paragraaf B15.7 worden tenslotte enkele conclusies over het model getrokken en worden een aantal discussiepunten aangegeven.

B15.2 Pleziervaartuigen in Nederland

B15.2.1 Beschrijving van de vaartuigen in 1990

In 1990 waren er 229.000 pleziervaartuigen in Nederland (ANWB, 1990), die gemiddeld ruim 100 uur per jaar gebruikt werden (van den Hout, 1991). Voor de berekening van het energiegebruik en de emissies zijn naast deze gegevens nog een tweetal factoren met name van belang, de brandstofsoort waarop de vaartuigmotoren lopen en de levensduur van vaartuigen. Deze factoren zullen in deze subparagraaf iets uitgebreider besproken worden.

Verdeling van de vaartuigen naar brandstofsoort

In de pleziervaartuigen is er volgens het CBS een behoorlijk aandeel vaartuigen met benzine-motor. Dit in tegenstelling tot de overige scheepvaart, waar er vrijwel alleen maar gebruik gemaakt wordt van dieselmotoren. Het aandeel benzinebinnenmotoren neemt echter steeds verder af. Benzinebinnenboordmotoren zijn gevaarlijk in gebruik. Bij het gebruik van deze motoren lekt er soms wat benzine. In auto's waaien deze benzineresten weg, in boten is dat

echter niet het geval. De gelekte benzine vormt een gevaarlijke benzinedamp in de boot, die bij één enkel vonkje in brand kan vliegen. Dit levert gevaarlijke situaties op en maakt dat mensen de voorkeur geven aan dieselmotoren.

Levensduur van vaartuigen

Het gemiddelde pleziervaartuig heeft een levensduur van 30 tot 40 jaar. Dit zou inhouden dat de overschakeling naar dieselmotoren en het eventueel zuiniger worden van motoren een langzaam proces zou zijn. De motoren uit de vaartuigen zijn echter beduidend sneller versleten. Na tien tot vijftien jaar zijn zowel benzine- als dieselmotoren aan vervanging toe. Hierdoor is de motorische vervanging van het hele vaartuigenpark beduidend sneller dan je op grond van enkel de levensduur van de vaartuigen zou verwachten.

B15.2.2. Determinanten voor bezit en gebruik van pleziervaartuigen

Voor het bezit en gebruik van pleziervaartuigen zijn een aantal bepalende factoren aan te wijzen. Het inkomen van mensen speelt een rol, evenals de kosten die aan het bezit en gebruik van een vaartuig verbonden zijn. De beschikbare ruimte op de vaarwateren en in de jachthavens zal effect hebben op het bezit en gebruik, evenals de afstand van de woning tot het water. Ook de hoeveelheid vrije tijd is van belang bij het bezit en gebruik van een vaartuig. Van al deze factoren die bezit en gebruik beïnvloeden, zijn het inkomen en de ruimte op het water en in jachthavens (waarschijnlijk) de belangrijkste. Deze factoren worden hieronder kort toegelicht.

Het inkomen

Het besteedbare inkomen zal aan een bepaalde hoogte moeten voldoen, voor de aanschaf van een recreatievaartuig wordt overwogen. In eerste instantie zal aan primaire behoeften als voedsel, onderdak en kleding voldaan moeten zijn. Wanneer deze drempelwaarde van het inkomen bereikt is, zal er een kans bestaan dat overgegaan wordt tot de aanschaf van een vaartuig. Deze kans zal toenemen indien het besteedbaar inkomen stijgt. De toename van deze kans op het bezit van een vaartuig bij een toenemend inkomen, zal naar verwachting, evenals andere luxegoederen zoals autobezit en vliegtuiggebruik (van Wee *et al*, 1994), een s-vormig verloop hebben.

Bij een zekere hoogte van het inkomen ontstaat een verzadigingsniveau. Dit verzadigingsniveau wordt bereikt indien iedereen die behoefte heeft aan een vaartuig, zich dit vaartuig financieel ook kan veroorloven. Bij een verdere toename van het inkomen zal de kans op het bezit van een vaartuig dan ook niet meer toenemen.

De beschikbare ruimte

Naast een verzadigingsniveau in het aantal vaartuigen per 1000 inwoners is er sprake van een fysieke limiet. Met deze limiet wordt bedoeld op de beperkte ruimte op de Nederlandse wateren. Deze ruimte is een vast gegeven. Daarnaast is er sprake van een vast aantal aanlegplaatsen in de verschillende havens, welke, volgens mondelinge mededelingen van deskundigen, niet eenvoudig uitgebreid kan worden. Al op dit moment is er sprake van wachtlijsten voor ligplaatsen in de betere jachthavens, hetgeen een prijsstijging van deze plaatsen tot gevolg heeft.

Gezien deze stijging in de prijzen van de ligplaatsen en gezien het feit dat de drukte op de vaarwegen volgens deskundigen voor recreanten nog geen bezwaar vormt, wordt verondersteld dat de fysieke beperking door de hoeveelheid ligplaatsen in havens wordt gevormd.

B15.3 Energiegebruik door de recreatievaart in 1990

Voor de bepaling van het energiegebruik van de pleziervaartuigen is gebruik gemaakt van de methode die ook gebruikt is in het rapport 'Rookgassen recreatievaart' (Van Walwijk, 1991). Deze methode levert een schatting op van het energiegebruik op basis van het motorvermogen, het tijdgewogen vermogen en het motorrendement. Nadeel van de methode is dat er een veel gegevens beschikbaar moeten zijn.

Om een goede inschatting te kunnen maken van het energiegebruik, moet een tweetal zaken bekend zijn:

- Welk deel van de vaartuigen bezit een motor en welk deel betreft het roei- of zeilboten;
- Wat is het gemiddeld vermogen van die motoren.

Vaartuigen in het bezit van een motor

In appendix A staat het aantal vaartuigen (van 1940 tot 1990) uitgesplitst naar 4 typen. Uit appendix A blijkt dat ongeveer de helft van de vaartuigen geregistreerd staat als motorboot en daarmee in het bezit is van een motor. De andere helft is zeilboot.

Buitenboordmotoren hebben over het algemeen een kleiner motorvermogen dan binnenboordmotoren. Er moet daarom een onderscheid gemaakt worden tussen binnen- en buitenboordmotoren. Daarbij kan als vuistregel aangenomen worden dat binnenboordmotoren dieselmotoren zijn en buitenboordmotoren benzinemotoren (van Walwijk, 1991).

Volgens een tweetal recente onderzoeken naar de recreatievaart (van den Hout, 1991; van Walwijk, 1991) wordt 95% van de binnenboordmotoren op diesel gestookt en 5% op benzine. Voor de buitenboordmotoren is dit net andersom. Hiervoor is al gezegd dat het percentage

dieselbinnenboordmotoren nog altijd toeneemt. Er zijn enkele buitenboordmotoren die op diesel lopen, maar deze zijn over het algemeen te zwaar voor de kleine plezierjachtjes. De kajuitszeilboten bezitten allemaal over een motor, waarvan zo'n 75 % een binnenboordmotor. De open zeilboten hebben in 61 % van de gevallen een motor; in alle gevallen is dat een buitenboordmotor. In tabel B15.1 staan deze gegevens weergegeven.

Tabel B15.1 Pleziervaartuigen in Nederland naar motortype, 1990

	Binnenboordmotor	Buitenboordmotor	Totaal met motor	Totaal
Open zeilboten	0	38400	38400	63000
Kajuit zeilboten	38250	12750	51000	51000
Open motorboten	4400	39600	44000	44000
Kajuit motorboten	63900	7100	71000	71000
Totaal	106550	97850	204400	229000

Bron: M. van den Hout, 1991; M. van Walwijk, 1991

Gemiddeld motorvermogen

In het rapport 'Rookgassen Recreatievaart' (van Walwijk, 1991) wordt een beschrijving gegeven van de verschillende categorieën motorvermogen en de verdeling daarover voor de verschillende vaartuigen. Uit een tweetal motorgebruikmetingen is een gemiddelde motorbelasting bepaald, welke vermenigvuldigd wordt met het motorvermogen om tot de energie die aan de as geleverd wordt, te komen.

Door het aantal vaardagen per jaar te vermenigvuldigen met het aantal uur per dag dat de motor gebruikt wordt, wordt het aantal motoruren per jaar berekend. Dit aantal motoruren vermenigvuldigd met de energie aan de as en het motorrendement levert het jaarlijks energiegebruik op.

Berekening van het energiegebruik

In tabel B15.2 staan de berekeningen van het energiegebruik van buitenboordmotoren volgens de methode zoals die in 'Rookgassen Recreatievaart' uitgevoerd wordt, voor het basisjaar 1990. Hierbij zijn alle aannamen die in dit rapport gedaan zijn met betrekking tot motorvermogen, motorrendement en aantal vaaruren, identiek gehouden en is alleen het aantal vaartuigen aangepast aan de schattingen van 1990.

Tabel B15.2. Energie aan de as voor buitenboordmotoren in Nederland 1990

Vermogenscategorie [kW]	0-10	10-20	20-50	50-100	>100	
Tijdgewogen vermogen (21%) [kW]	1,05	3,15	7,35	15,75	25,2	Aantal Motoruren per jaar
Open zeilboten	38400					19,8
Kajuit zeilboten	5200	4150	2350	1050		27,8
Open motorboten	1925	2025	18250	12250	5150	135,3
Kajuit motorboten	300	400	3250	2225	925	184,5
Totale energie aan de as:				80,7 Mln kWh/jaar		

Bron: M. van Walwijk, 1991; M. Steenman, mondelinge mededelingen

In tabel B15.3 staat een identieke berekening voor de binnenboordmotoren.

Tabel B15.3. Energie aan de as voor binnenboordmotoren in Nederland 1990

Vermogenscategorie [kW]	0-10	10-20	20-50	50-100	>100	
Tijdgewogen vermogen (30%) [kW]	1,5	4,5	10,5	22,5	36	Aantal Motoruren per jaar
Open zeilboten						19,8
Kajuit zeilboten	15700	12550	6825	3175		27,8
Open motorboten	200	2000	2000	1400	600	135,3
Kajuit motorboten	3100	3200	29950	19575	8075	184,5
Totale energie aan de as				214,1 Mln kWh/jaar		

Bron: M. van Walwijk, 1991; M. Steenman, mondelinge mededelingen

1 kWh komt overeen met $3,6 \cdot 10^6$ J.

De energie aan de as is de output van de motor. Om te kijken naar de input moet de output gedeeld worden door het rendement.

Het gemiddeld rendement van een dieselmotor bedraagt 30%, dat van een benzinemotor 15%.

Als we er vanuit gaan dat alle binnenboordmotoren dieselmotoren zijn en alle buitenboordmotoren benzinemotoren, levert dit de volgende energiegebruiken op:

Dieselmotoren: 2,6 PJ/jaar

Benzinemotoren: 1,9 PJ/jaar

B15.4 Modelleren van bezit, gebruik, energiegebruik en emissies van de recreatievaart tot 2020

B15.4.1 Gemaakte keuze voor het modeltype voor bezit en gebruik

Er zijn verschillende methoden voor de modellering van het bezit en gebruik van vaartuigen mogelijk. De belangrijkste staan hieronder aangegeven:

- Met een micro-economisch model, waarbij aan homogene bevolkingsgroepen een kans op het bezit van vaartuigen wordt gegeven, die afhankelijk is van één of meer variabelen. Modellen voor het autogebruik hebben veelal deze opzet; de bevolking wordt opgedeeld in verschillende groepen. Deze groepen worden ingedeeld naar bijvoorbeeld gezinsgrootte, inkomen, leeftijd, reistijd en aantal verdieners. Op grond van die indeling wordt op basis van data, het gedrag van deze groepen vastgesteld. Mensen zonder rijbewijs zullen niet in het bezit zijn van een auto en het aantal kilometers dat met de auto afgelegd wordt is afhankelijk van bijvoorbeeld leeftijd, werksituatie en gezinssamenstelling. Er is voor iedere combinatie van deze factoren een kans berekend voor het bezit van een auto. Door vervolgens te kijken hoe de omvang van de bevolking en de verdeling over de bevolkingsgroepen zich ontwikkelen in de tijd, kan afgeleid worden wat voor invloed dit heeft op het autobezit.

Op deze wijze zou ook een model voor de recreatievaart opgezet kunnen worden. De grote hoeveelheid gegevens die er voor nodig is, is echter niet voorhanden. Een dergelijk kan voor de recreatievaart niet worden gekalibreerd, gezien dit gebrek aan gegevens;

- Met behulp van paneldata analyse, waarbij een groep mensen gedurende een lange tijd gevolgd wordt. De veranderingen die in afhankelijke variabelen (b.v. autobezit) worden vastgelegd en gerelateerd aan (veranderingen in) onafhankelijke variabelen (gezinsgrootte, inkomen). Dergelijke gegevens zijn echter helemaal niet voorhanden en verzameling van dergelijke gegevens vergt veel tijd (mensen moeten immers gedurende een periode worden gevolgd). Daarmee kan dit modeltype voorlopig niet worden toegepast;
- Met behulp van een micro-economisch model met enkel de hoogte van het inkomen per hoofd van de bevolking als verklarende variabele. Deze wijze van modelleren komt in wezen op hetzelfde neer als de eerste mogelijkheid, maar is een stuk vereenvoudigd. Dit heeft als voordeel dat er wel voldoende gegevens beschikbaar zijn. Er moet hierbij nog wel rekening gehouden worden met de fysiek limiet, het is mogelijk dat deze eerder optreedt dan het verzadigingsniveau dat veroorzaakt wordt door het inkomen;
- Tot slot is er de mogelijkheid van een tijdreeks-analyse. Hierbij is de tijd de enige variabele. Een dergelijk model is dan enkel beschrijvend van aard en biedt geen verklaring. Het optreden van een fysieke limiet zou echter met dit modeltype goed aangetoond worden, aangezien de beschikbare ruimte (vrijwel) constant blijft in de loop van de tijd.

Hiermee zijn er twee modeltypen geschikt voor de modellering van het bezit en gebruik van pleziervaartuigen. Beide typen zijn in eerst instantie gebruikt en worden in de volgende subparagraaf beschreven.

B15.4.2 Modellering van bezit en gebruik van pleziervaartuigen

Modellering met behulp van het inkomen

Koppeling van het bezit van vaartuigen aan het inkomen is op een tweetal manieren goed mogelijk. Enerzijds door het totaal aantal vaartuigen in Nederland uit te zetten tegen de ontwikkeling van het BNP, anderzijds door het aantal vaartuigen per 1000 inwoners uit te zetten tegen het BNP per inwoner. Deze twee manieren geven een weliswaar een soortgelijke curve te zien, maar verschillen toch essentieel van elkaar doordat verder op de x-as (waarop de tijd staat uitgezet) de bevolkingstoename verwerkt wordt.

In deze paragraaf zal het aantal voertuigen per 1000 inwoners uitgezet worden tegen het BNP per inwoner.

Zoals al eerder werd beschreven, is de relatie tussen de hoogte van het inkomen en de kans op het bezit van een vaartuig waarschijnlijk goed te beschrijven met een s-vormige curve. Eén van de manieren waarop zo'n curve beschreven kan worden is de volgende:

$$Y = A * \frac{1}{1 + e^{-\alpha*(X-B)}}$$

Met:

- Y = De geschatte hoeveelheid vaartuigen
- X = Het bekende BNP per hoofd van de bevolking (in het tweede geval het jaar)
- A = De waarde voor het verzadigingsniveau
- B = De waarde van het X waarbij het buigpunt van de geschatte curve optreedt.

De richtingscoëfficiënt in het buigpunt is gelijk aan $0.5 * \alpha$. Met deze basisformule is met behulp van het statistisch pakket SPSS een schatting gemaakt voor de verschillende parameters.

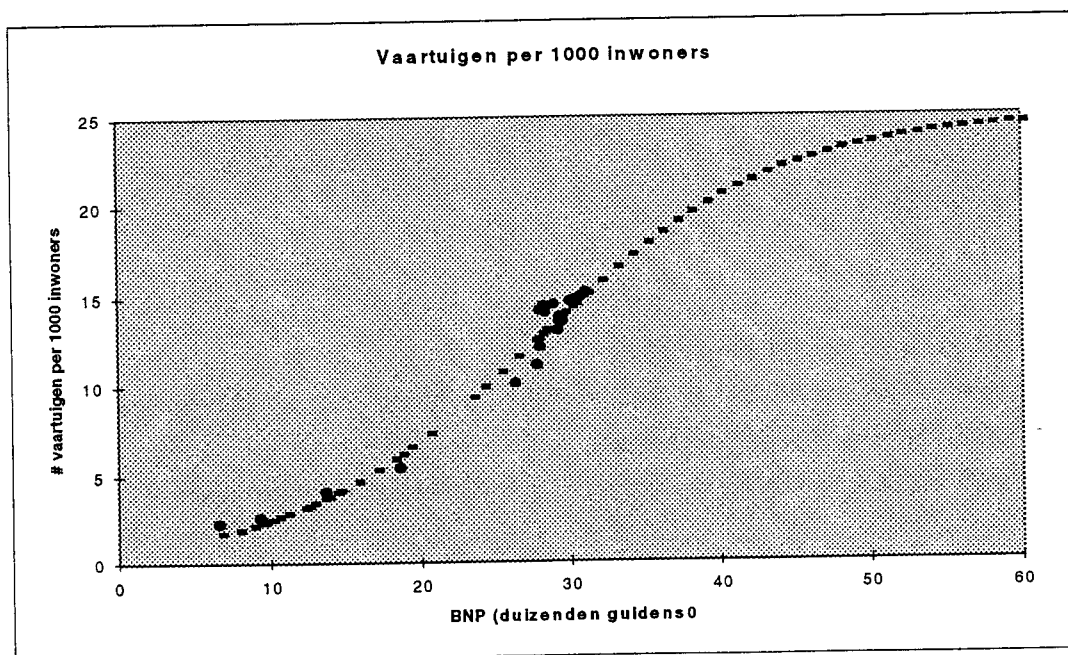
Beoordeling van de modeluitkomsten

De schatting die dit pakket maakt wordt vergezeld van een aantal andere gegevens die een indicatie geven van de waarde van de schatting. De r^2 -waarde is een maat voor de goodness of fit van een model. Een r^2 -waarde van 0.996 wil zeggen dat 99.6 % van de variantie in de waarden verklaard wordt door het gekozen model.

Een hoge waarde voor de standaard fout (*Std. error*) ten opzichte van de geschatte waarde voor de parameter geeft aan dat er een grote onzekerheid in de schatting zit. In de 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt aangegeven tussen welke twee waarden de werkelijke waarde van de parameter ligt met een kans van 0.95. Deze waarde is grofweg gelijk aan de schatting $\pm$ twee maal de standaard fout.

Tevens wordt nog de correlatiematrix van de geschatte parameters als uitvoer gegeven. In deze matrix wordt aangegeven in hoeverre de parameters onderling gecorreleerd zijn. Een waarde die dicht bij de (-) 1 ligt geeft aan dat twee parameters bijzonder sterk gecorreleerd zijn. Verandering van een van beide parameters levert in dat geval een sterke verandering op in de andere parameter, zonder dat dit veel gevolgen heeft voor de *goodness of fit*. Dit houdt in dat sterk afwijkende waarde voor de parameters een fit op kunnen leveren die niet veel slechter is, hetgeen de waarde van de schatting niet ten goede komt.

In figuur B15.1 staat het aantal vaartuigen per 1000 inwoners uitgezet tegen het reële BNP per inwoner. De blokjes in de figuur geven de ingevoerde waarden aan, de doorgetrokken lijn de functie die door de waarde gefit is. De r^2 -waarde voor de fit is 0.960. De waarde voor A (de limietwaarde) is 25 (± 8) pleziervaartuigen per 1000 inwoners.



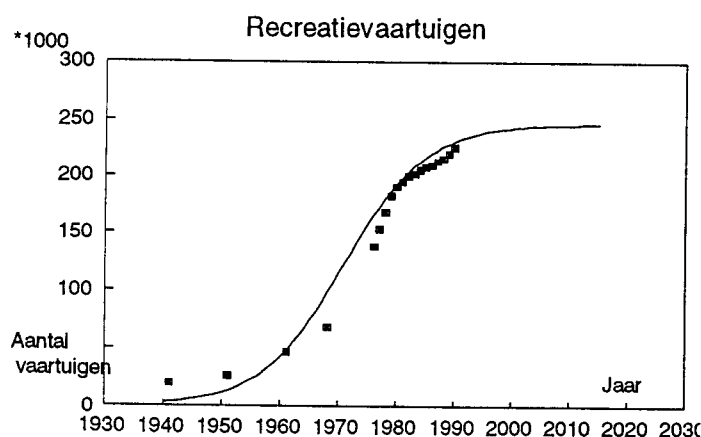
Figuur B15.1 Ontwikkeling aantal vaartuigen per 1000 inwoners in de tijd

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval loopt van 8 tot 43 pleziervaartuigen per 1000 inwoners. Hierbij moet opgemerkt worden dat die onderwaarde aan het interval niet reëel is, er zijn op dit moment zo'n 15 pleziervaartuigen per 1000 inwoners. Het is niet waarschijnlijk dat de limietwaarde onder de huidige waarde ligt.

Niet alleen zijn de standaardfout en het 95%-betrouwbaarheidsinterval erg groot, ook zijn de parameters onderling sterk gecorreleerd. In dit geval wil dat zeggen dat wanneer de limietwaarde een weinig veranderd, ook de BNP-waarde in het buigpunt en de richtingscoëfficiënt sterk veranderen, terwijl de fit vrijwel evengoed is. Deze sterke correlatie is in de figuur te zien; het is goed te zien dat bij een iets veranderde vorm van de curve de gegevens ongeveer evenveel van de gefitte curve afwijken, terwijl in zo'n geval een ander verzadigingsniveau bereikt wordt. Dit is te verklaren door het kleine interval waarop een groot deel van de gegevens liggen. Deze sterke correlatie is inherent aan het feit dat er voor een s-vormige curve is gekozen en wordt niet veroorzaakt door de gebruikte beschrijving van de curve. Er is sprake van zoveel onzekerheid in het verzadigingsniveau van het gefitte model, dat het model niet voldoet als prognosemodel.

Tijdreeks-analyse

Bij het model waarin het totaal aantal vaartuigen in het verloop van de tijd is uitgezet, is de fit beter. In figuur B15.2. staat deze fit afgebeeld, waarbij de blokjes wederom de gegevens zijn en de getrokken lijn de schatting. De r^2 -waarde van deze schatting is 0.985. De waarde voor A (limietwaarde van de absolute aantallen) is 250 (± 11) duizend vaartuigen. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval is 223 - 270 duizend vaartuigen. Ook de correlatiecoëfficiënt tussen de parameters is lager dan in het voorafgaande model. Dat is in de figuur terug te zien; er is een grotere spreiding in de gegevens dan in figuur B15.1. De punten die behoren bij de laatste jaren lijken al een plateauwaarde bereikt te hebben, waardoor met redelijke waarschijnlijkheid gezegd kan worden dat de bovengrens ook daadwerkelijk daar in de buurt ligt. Dat is dan ook de reden dat er voor deze historische analyse gekozen is en niet voor de verklaring aan de hand van het inkomen.



Figuur B15.2 Ontwikkeling van het aantal vaartuigen in de tijd

Hierbij wordt er dus vanuit gegaan dat de fysieke limiet al bijna bereikt is. Voor de prognoses van het bezit en gebruik van pleziervaartuigen houdt dat in dat de groei in de komende jaren beperkt zal zijn.

B15.5. Prognoses van het energiegebruik

Voor de berekening van het jaarlijkse energiegebruik moet het gekozen modeltype voor bezit en gebruik aangevuld worden met een aantal veronderstellingen. Deze worden in deze paragraaf kort beschreven.

In de prognoses wordt uitgegaan van een constante verhouding binnen/buitenboordmotoren en ook de verdeling over de verschillende vermogenscategorieën blijft gelijk. Een eventuele trend naar grotere boten, en daarmee dus naar grotere motoren komt dus in het prognosemodel niet tot uitdrukking.

Ook het aantal uren dat per jaar met de motor gevaren wordt, verandert in het model niet. Dit verandert in de werkelijkheid niet alleen per jaar door de verschillende weersomstandigheden ieder jaar (bij een mooie zomer zullen de mensen die in het bezit zijn van een boot meer op het water te vinden zijn dan bij minder mooi weer), maar het is ook goed denkbaar dat er een verschuiving optreedt die langduriger en structureler van aard is. Voor het maken van een langetermijn model zijn de weersinvloeden niet interessant, maar is een structurele verandering in het gebruik van vaartuigen wel belangrijk.

Er wordt tenslotte verondersteld dat het energiegebruik per uur van de vaartuigen niet verandert in de komende 25 jaar, aangezien er geen beleid voor de recreatievaart gepland staat.

De onnauwkeurigheid in de schatting van het energiegebruik door de recreatievaart voor in 2020 is groter dan in de schatting van 1990, aangezien er een groot aantal veronderstellingen bij gemaakt worden. In een prognosemodel waarbij vrij weinig gezegd kan worden over de komende jaren voor wat betreft het aantal vaartuigen, is een uitspraak over het energiegebruik nog iets lastiger te maken.

In het uiteindelijke model is het dan ook zo dat al de verschillende beïnvloedende factoren weliswaar een standaard waarde hebben, maar naar eigen inzichten aangepast kunnen worden. Op deze wijze kunnen alle zojuist besproken constante factoren naar eigen inzicht aangepast worden.

Voor de prognoses wordt uitgegaan van de in figuur B15.2 berekende plateauwaarde voor het aantal vaartuigen. Er is bovendien verondersteld dat de samenstelling van het vaartuigenpark niet veranderd. Dit levert een energiegebruik op in 2020 dat gelijk is aan 1990, aangezien in 1990 de veronderstelde plateauwaarde al is bereikt.

B15.6. De emissies

De meeste methoden voor emissiebepaling koppelen de emissies rechtstreeks aan de brandstofverbruiken. Deze emissies per kilogram brandstof zijn afhankelijk van de wijze waarop een motor draait. Als een motor stationair draait, komen er veel minder schadelijke stoffen vrij dan wanneer een motor op volle kracht moet werken. Er zijn verschillende testcycli ontwikkeld waarbij op verschillende punten van motorbelasting de emissies gemeten worden. Deze punten worden dan gewogen naar het voorkomen van een dergelijke motorbelasting in de praktijk. Deze verschillende cycli meten meestal op dezelfde plaatsen, maar kennen verschillende weegfactoren toe aan de gemeten emissies (zie ook bijlage 7).

De emissies verschillen voor diesel- en benzinemotoren. De gescheiden energiegebruiken die in de voorgaande paragraaf berekend werden kunnen direct omgezet worden in emissies.

Er valt bij de emissies een groot verschil tussen de schattingen van het CBS en het rapport 'Rookgassen Recreatievaart' te bespeuren. Dit verschil is per deeltjessoort anders. Om ze onderling te vergelijken zijn met de methode van het rapport 'Rookgassen recreatievaart' de emissies berekend die horen bij het energiegebruik zoals dat door het CBS werd berekend. In tabel 15.4 staat eerst de berekening uit het rapport 'Rookgassen Recreatievaart' met het berekende energiegebruik in de voorgaande paragraaf berekende energiegebruik en daaronder de berekening volgens het CBS. Tot slot wordt de berekening volgens de methode uit 'Rookgassen Recreatievaart' toegepast met de energiegebruiken van het CBS.

Tabel B15.4 Emissieberekeningen 1990 tot 2020

[Mln kg/jaar]	VOS	CO	NO _x	CO ₂	Deeltjes
Rookgassen recreatievaart					
Benzine	5,00	16,05	0,09	.	
Diesel	0,37	0,97	2,86	.	0,03
CBS					
Gasolie	1,8	0,6	2,2	153	0,0
Methode Rookgassen met CBS-energiecijfers					
Benzine	1,45	4,69	0,03	.	
Gasolie	0,27	0,70	2,06	.	0,02

Bron: CBS, 1992; van Walwijk, 1991

Met name in de emissie van VOS treden grote verschillen op. In het rapport 'Rookgassen recreatievaart' wordt aangegeven dat bij een niet draaiende motoren ook VOS-emissies ontstaan door het verdampen van brandstof uit de tank. Deze emissies zijn echter niet in de berekening meegenomen. Het is mogelijk dat dat bij het CBS wel het geval is. In dat geval verklaart dat een deel van de hoger uitgevallen emissie.

In het rapport 'Rookgassen recreatievaart' wordt een hoger energiegebruik aan diesel berekend dan het gasolieverbruik in de CBS-berekeningen (44%). Hierdoor liggen automatisch de bijbehorende emissies hoger. Het is daarom des te opmerkelijker dat de VOS-emissies bij het CBS beduidend hoger uitvallen.

De verandering in het energiegebruik verklaart echter lang niet alle verschillen in emissies. Het verschil is nog een stuk groter. Waarschijnlijk vallen de emissiefactoren bij (van Walwijk, 1991) hoger uit dan bij het CBS.

Het verdient de voorkeur het CBS te volgen indien de cijfers ingepast worden in MV's, zodat de schattingen met elkaar consistent zijn. De schattingen van de jaarlijkse emissies en het energiegebruik dat daarbij hoort, staan weergegeven in tabel B15.5

Tabel B15.5 Energiegebruik en emissies door de recreatievaart 1990 en 2020

	1990			2020		
	Benzine	Diesel	Totaal	Benzine	Diesel	Totaal
Energie [PJ]	1,9	2,6	4,5	1,9	2,6	4,5
VOS [mln kg]	-	1,8	-	-	1,8	-
CO [mln kg]	-	0,6	-	-	0,6	-
CO ₂ [mln kg]	-	153	-	-	153	-
Deeltjes [mln kg]	-	0	-	-	0	-
NO _x [mln kg]	-	2,2	-	-	2,2	-

- niet bekend

B15.7 Discussie

B15.7.1 Vergelijking van de resultaten met de schattingen van het CBS

De schatting van het CBS valt behoorlijk wat lager uit dan de schatting in het rapport Rookgassen recreatievaart. Het CBS heeft bovendien alleen een berekening van het gebruik van diesel en het daarbij behorend energiegebruik. Van het benzineverbruik is alleen een enkel getal gegeven waarvan geen enkele ontwikkeling in de tijd bekend is. Deze schatting van het benzineverbruik is discutabel; tot het rapport van 1991 wordt er uitgegaan van een benzineverbruik van 1 mln kg per jaar door de recreatievaart, in de cijfers van 1994 staat een verbruik van 13 mln kg per jaar (CBS, 1989-1994).

Het zou vanuit wellicht de moeite waard zijn het energiegebruik te koppelen aan één goed bekend gegeven, zoals bijvoorbeeld het benzine- en diesilverbruik door de recreatievaart. Dit is de methode die het CBS hanteert. Dit brandstofverbruik is echter ook niet exact bekend, zodat ook hier een behoorlijke fout in zit.

B15.7.2 Discussie over het model

De gemaakte keuze voor het model, een tijdreeks-analyse, levert enkel een beschrijving van de situatie, geen verklaring. De nauwkeurigheid van het model lijkt echter tamelijk groot; er wordt een plateauwaarde van 250 ± 11 (*1000) recreatievaartuigen berekend. Het model op basis van het inkomen lijkt echter een goede verklaring te geven voor de ontwikkeling van de vaartuigen in de periode 1940-1990. Deze verklaring kan echter geen dienst doen bij de prognoses, aangezien vanaf 1990 de fysieke limiet een rol gaat spelen.

Bij het maken van de prognoses is een constant gedrag van mensen in de loop van de tijd verondersteld. Hiervan is echter geen sprake. In het vrijetijdsgedrag van mensen is de afgelopen jaren veel veranderd. Mensen willen steeds flexibeler zijn in hun vrije tijd en de aanschaf van een boot past niet in dat beeld. Het huren van een vaartuig wordt een steeds interessanter alternatief; op die manier kan er gebruik van gemaakt worden wanneer er behoefte aan is. Een dergelijke verandering van het gebruik van vaartuigen heeft gevolgen voor het energiegebruik en de emissies, aangezien een gehuurde boot veel meer vaaruren per jaar zal maken dan een boot in particulier eigendom. Het aantal vaartuigen zal op dat moment dus afnemen. Voor het totale gebruik heeft deze verandering waarschijnlijk minder gevolgen. Toch levert dit, ten aanzien van de gemaakte veronderstellingen over jaarlijkse inzet van de aanwezige vaartuigen, nog een tamelijk grote onzekerheid in het eindantwoord op.

Voor de berekening van het energiegebruik is verondersteld dat iedere binnenboordmotor een dieselmotor en iedere buitenboordmotor een benzinemotor is. Dat klopt niet helemaal met de werkelijkheid, maar zoals hiervoor al aangegeven werd, lijkt dit in ieder geval voor de binnenboordmotoren steeds meer bereikt te worden. Bij de buitenboordmotoren zou er hierdoor wel eens sprake kunnen zijn van juist een groter aandeel dieselmotoren, indien er een trend is om steeds groter motoren te gaan gebruiken.

Er is een onzekerheid in elk van de bepalende factoren voor de berekening van het energiegebruik en de emissies van de recreatievaart. Dit leidt tot een tamelijk grote onzekerheid in de gemaakte prognoses. Gezien het geringe aandeel van energiegebruik en emissies in de Nederlandse totalen is het voor het RIVM echter niet de moeite waard veel meer aandacht aan deze groep te schenken.

LITERATUUR

Bhattacharyya, G.K., R.A. Johnson (1977)
Statistical concepts and methods
New York: John Wiley & Sons, inc.

CBS (1994,1991,1990)
Energiegebruik door binnenschepen
Maandstatistiek Verkeer 94/11, 91/1, 90/4
's-Gravenhage: Staatsuitgeverij

CBS (1989)
Negentig jaren statistiek in tijdreeksen
's-Gravenhage: Staatsuitgeverij

CBS (1992)
Luchtverontreiniging, emissies door mobiele bronnen

Hout, M. van den, P. de Vries (1991)
De verontreiniging van het oppervlaktewater door de pleziervaart
Bunnik: Koninklijk Nederlands Watersport Verbond

Meurs, H.J. (1991)
A panel data analysis of travel demand. PhD dissertation
Groningen: Rijksuniversiteit Groningen

Rice, J.A. (1988)
Mathematical statistics and data analysis
Pacific Grove, California: Wadsworth & Brooks

Van den Broecke / Social Research (1993)
De mogelijke groei van het personenautobezit tot 2015 in de 3 CPB-scenario's van "Nederland in drievoud". Hoofdrapport
Amsterdam: Van den Broecke / Social Research

Walwijk, M. van, C.T.A. Leijns (1991)
Rookgassen recreatievaart. Het energiegebruik en de luchtvervuiling ten gevolge van de recreatievaart in Nederland
Breda: Innovation Associates B.V.

Wee, G.P. van, R. Thomas, K. van Velze (1994)
Verkeer en vervoer en luchtverontreiniging: ontwikkelingen tot 2010
in: Lucht (1994)
Jaargang 11, nr 3, september 1994
Alphen aan de Rijn: Samson H.D. Tjeenk Willink bv

APPENDIX A GEBRUIKTE GEGEVENS SCHATTINGEN EN PARAMETER- WAARDEN

Tabel A.A.1 Ontwikkeling aantal recreatievaartuigen in de tijd

Jaar	Open Zeilboten	Kajuit Zeilboten	Open Motorboten	Kajuit Motorboten	Totaal
1940					20000
1950					26000
1960					46000
1967					68000
1975	40500	25000	26000	47000	138000
1976	45500	28000	28500	51000	153000
1977	50000	33000	29500	56000	168500
1978	54000	38000	31000	59000	182000
1979	55000	40500	32500	62000	190000
1980	55500	42500	33500	63500	195000
1981	56000	44000	35000	65000	200000
1982	57500	44500	36000	65000	202500
1983	58500	45000	37000	65500	205000
1984	58500	45500	38000	66000	208000
1985	59000	46000	38500	66500	210000
1986	60000	46500	40000	67000	213500
1987	60500	47500	41000	67500	216500
1988	61000	49000	42000	65500	220500
1989	62000	50000	43500	70000	225500
1990	63000	51000	44000	71000	229000

Bron: ANWB, 1990