



Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl/milieu

T 030 256 42 56

F 030 256 42 75

TNO-rapport

TNO-034-UT-2009-01782_RPT-ML

**Emissiemodel Mobiele Machines
gebaseerd op machineverkopen in
combinatie met brandstof Afzet
(EMMA)**

Datum	november 2009
Auteur(s)	Ir. J.H.J. Hulskotte Ir. R.P. Verbeek
Projectnummer	034.84249
Trefwoorden	
Opdrachtgever	Planbureau voor de Leefomgeving
Aantal pagina's	77 (incl. bijlagen)
Bijlagen	6

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Voorwoord

De auteur van dit rapport wil alle personen en organisaties danken die een bijdrage hebben geleverd aan de tot standkoming van het nieuwe emissiemodel voor mobiele machines: EMMA.

Speciale dank gaat daarbij uit naar de heer Anton van Loon van de BMWT, de heer Theo Vulink van de Federatie Agrotechniek en de heer Hero Dijkema van CUMELA Nederland. Door het beschikbaar stellen van de noodzakelijke basisgegevens hebben zij namens hun organisatie een onontbeerlijke bijdrage geleverd. Daarnaast waren zij zeer behulpzaam via hun deelname aan de workshop en de validatie van de uitkomsten.

Waarvoor dank!

Daarnaast verdienen de heren Guus Annokkee als workshopvoorzitter en de heer Sander Brummelkamp van het CBS speciale vermelding vanwege hun bijdrage aan de workshop die de kwaliteit van de inhoud en het noodzakelijke draagvlak van EMMA heeft bevorderd.

Tevens gaat mijn dank uit naar Norbert Ligterink en Ruud Verbeek die een belangrijke bijdrage aan de workshop hebben geleverd en daarna nog kritisch naar de emissiefactoren hebben gekeken. En tenslotte mogen John Klein, Gerben Geilenkirchen en Anco Hoen als vertegenwoordigers van de Taakgroep Verkeer en Vervoer niet onvermeld blijven, omdat zij na kritische bestudering van het model hun vertrouwen in de resultaten hebben uitgesproken.

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de toepassing van een nieuw model voor de berekening van emissies van mobiele machines in Nederland. Het emissiemodel dat wordt beschreven is eerder door TNO ontwikkeld voor België. Het model is gebaseerd op de registratie van de verkoop van nieuwe machines in Nederland in combinatie met de landelijke monitoring van het dieselgebruik in de sector van de mobiele machines door het CBS. Het model draagt de naam EMMA¹. Om het model voor de Nederlandse situatie te kunnen toepassen moest worden nagegaan of in Nederland voldoende verkoopgegevens beschikbaar zijn om in het model te kunnen invoeren. Omdat de toepassing van het model voor de monitoring van jaarlijkse emissies is bedoeld moeten de verkoopgegevens die worden gebruikt in principe jaarlijks beschikbaar zijn. TNO heeft hiertoe uitvoerig contact gehad met twee brancheorganisaties die de vereiste gegevens verzamelen (voor andere doeleinden) en bereid waren om de gegevens beschikbaar te stellen in het kader van hun maatschappelijke verantwoordelijkheid. Deze organisaties hebben tevens hun bereidheid uitgesproken om de gegevens ook de komende jaren te blijven aanleveren. Nadat het emissiemodel was gevuld met gegevens zijn de uitkomsten in een workshop besproken met zowel de gegevensleveranciers, de gegevensgebruikers (taakgroep Verkeer en Vervoer) als deskundigen van TNO. Dit heeft geleid tot enkele wijzigingen en aanvullingen in de gegevens die in het emissiemodel waren ingevoerd.

Het grote voordeel van het nieuwe emissiemodel ten opzichte van de situatie daarvoor is dat veel meer inzicht is verkregen in de technologie die in Nederland wordt toegepast in de diverse sectoren van de mobiele machines. Met technologie wordt vooral bedoeld de vermogensopbouw van de verschillende mobiele machines, de leeftijd van de mobiele machines en de inzet van de mobiele machines. Omdat veel meer inzicht in de technologie is verkregen is ook het inzicht in de emissiefactoren aanzienlijk toegenomen. Omdat tevens het inzicht in de inzet van de mobiele machines is toegenomen is hiermee in combinatie met de emissiefactoren de kwaliteit van de emissie-informatie wezenlijk toegenomen. Uit de uitkomsten van het emissiemodel blijkt dat de emissies van de belangrijkste stoffen stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof (PM₁₀) wat lager zijn dan tot nu toe werd geschat. Voor de stof NO_x wordt door het model in de periode 2008 t/m 2020 een emissievermindering van ongeveer 60 procent voorspeld. Voor de stof PM₁₀ wordt in de periode 2008 t/m 2020 een emissievermindering van ongeveer 65 procent voorspeld.

¹ Afkorting van **E**missiemodel **M**obiele **M**achines in combinatie met brandstof **A**fzet.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Doel van het project	7
2.1 Opgeleverde producten	7
3 Werkwijze gegevensverzameling en validatie	9
3.1 Dataverzameling en bewerking.....	9
3.1.1 Landbouw	9
3.1.2 Bouw.....	9
3.2 Workshop.....	10
3.2.1 Programma van de workshop	10
3.2.2 Belangrijkste uitkomsten van de workshop	10
3.2.3 Verwerking van de resultaten van de workshop	11
4 Modelbeschrijving	13
4.1 Inleiding.....	13
4.2 Modelkeuze.....	13
4.3 Methode	14
4.4 Structuur van het emissiemodel.....	16
4.5 Beschrijving van de variabelen.....	17
4.5.1 Aantal machines.....	17
4.5.2 Uren gebruik	19
4.5.3 Belasting	19
4.5.4 Vermogen	19
4.5.5 Emissiefactoren.....	21
4.5.6 TAF-factoren	21
5 Modelinput	23
5.1 Machines in de Bouwsector en Intern transport.....	23
5.1.1 Aantal nieuwe machines & vermogensklassen.....	23
5.2 Machines gebruikt in de Landbouw en de Groenvoorziening	25
5.2.1 Aantal nieuwe machines & vermogensklassen.....	25
5.3 Machines gebruikt door particuliere huishoudens	27
5.3.1 Aantal nieuwe machines & vermogensklassen.....	27
5.4 Emissiefactoren.....	28
5.4.1 Emissiefactoren afhankelijk van de motortechnologie	29
5.4.2 Emissiefactoren afhankelijk van de brandstofeigenschappen.....	32
5.5 TAF factoren.....	33
6 Uitkomsten van het emissiemodel	35
6.1 Vergelijking met eerder gepubliceerde uitkomsten	35
6.1.1 Brandstofgebruik op landelijk niveau.....	35
6.1.2 Emissies ten gevolge van dieselverbruik op landelijk niveau.....	36

6.2	Niet eerder gepubliceerde uitkomsten	38
6.2.1	Emissies ten gevolge van benzineverbruik op landelijk niveau.....	39
6.2.2	Emissies ten gevolge van LPG-verbruik op landelijk niveau	40
6.3	Emissie per doelgroep per machine	41
6.3.1	Landbouw	41
6.3.2	Bouw	43
6.3.3	Industrie	45
6.3.4	Consumenten	47
6.3.5	Handel, diensten en overheid (HDO).....	49
6.4	Verklaring van emissiedalingen en prognoses	52
7	Toekomstige ontwikkelingen dieselmotoren voor mobiele werktuigen	54
7.1	EU emissiewetgeving voor niet voor de weg bestemde mobiele machines.....	54
7.2	Technologische ontwikkelingen en mogelijke consequenties voor emissiefactoren	56
7.2.1	Technologische ontwikkelingen	56
7.2.2	Relatie emissielimieten en praktijkemissies	59
7.3	Mogelijkheden voor retrofit bij dieselmotoren voor mobiele werktuigen.	60
8	Toekomstige actualisatie van de invoergegevens	64
8.1	Geregelde invoergegevens.....	64
8.2	Niet geregelde invoergegevens.....	64
8.2.1	Berekening van het actieve park	64
8.2.2	Emissiefactoren.....	65
8.3	Overlap met milieujaarverslagen	65
8.4	Aanbevelingen voor nader onderzoek	65
9	Referenties	67
10	Verantwoording	69

Bijlage(n)

- A Machinekenmerken
- B Emissienormering voor mobiele niet voor de weg bestemde machines
- C Programma workshop
- D Deelnemers workshop
- E Kenmerken van invoergegevens
- F Onafhankelijke schatting van het aantal landbouwtrekkers

1 Inleiding

De Taakgroep Verkeer en Vervoer berekent in het kader van de landelijke Emissie-registratie (ER) jaarlijks emissies van alle mobiele bronnen in Nederland, waaronder de emissies van mobiele werktuigen. Het gebruik van de mobiele werktuigen en de park-samenstelling bepalen in belangrijke mate de hoogte van emissies. Sinds 1999 was geen onderhoud gepleegd op de berekeningsmethode van emissies door niet voor transport over de openbare weg bestemde mobiele werktuigen. Het oude model was gebaseerd op zeer ruw geschatte emissiefactoren vergeleken met het huidige model in combinatie met brandstofgegevens van het CBS.

De taakgroep Verkeer en Vervoer heeft daarom aanbevolen om te controleren of de huidige emissieberekeningen nog betrouwbaar zijn. Het PBL, dat verantwoordelijk is voor de Emissieregistratie, heeft daarom besloten om de kwaliteit van de emissie-berekening van mobiele werktuigen te vergroten door middel van het uitbesteden van een opdracht aan TNO.

TNO had al de beschikking over een emissiemodel voor mobiele werktuigen dat is gebaseerd op bouwjaren en dat indien gevuld met de juiste basisgegevens gebruikt kon worden voor de berekening van de emissies en het brandstofgebruik. Dit model, dat door TNO in samenwerking met TML voor België was opgezet (van Zeebroek et al., 2005), is voor Nederland gevuld met actuele gegevens over het nationale park van mobiele werktuigen en het gebruik van deze mobiele werktuigen in Nederland. Het nieuw gerealiseerde model is zowel bruikbaar voor de Emissieregistratie (historische emissiereeksen) als voor het maken van prognoses van toekomstige emissies. Beide toepassingen zijn in het kader van de uitvoering van milieubeleid van belang.

2 Doel van het project

Het doel van het project was om een verbeterde methode voor een schatting van de emissies van de belangrijkste mobiele werktuigen te realiseren.

Voor de berekening van emissies van mobiele werktuigen waren gegevens nodig betreffende de volgende onderwerpen:

- a) definitie van de verschillende typen werktuigen;
- b) parksamenstelling (aantal en type voertuig, bouwjaar en leeftijd verdeling, brandstofsoort);
- c) het energiegebruik (vermogen en gebruiksduur in afhankelijkheid van leeftijd);
- d) de emissies per verbruikte eenheid energie (ofwel de emissiefactoren).

Het belangrijkste hiaat in de huidige informatie betrof de parksamenstelling en het totale brandstofverbruik. Voor de continuïteit van de gegevens in de toekomst was het ook belangrijk om gegevensbronnen aan te boren die het mogelijk maken om in de toekomst de gegevens te actualiseren. Daarom is in het project aandacht besteed aan de actualiseerbaarheid van de gebruikte gegevensbronnen.

In Nederland zijn er drie belangrijke sectoren waarin mobiele werktuigen worden gebruikt:

- a) landbouw;
- b) bouw en wegenbouw en industrie (intern transport);
- c) particuliere huishoudens en openbaar groen.

Het was de doelstelling dat in de studie het energiegebruik en emissies in elk van deze drie afzonderlijk sectoren voor meer dan 90 procent werd afgedekt. Tevens moest worden gekeken naar eventuele overlap van emissies die bijvoorbeeld kan optreden met registratie van emissies in de industrie. Daartoe is afgestemd met een de landelijke taakgroep die emissiecijfers van de Nederlandse industrie bewerkt (Enina).

2.1 Opgeleverde producten

De producten die zijn opgeleverd in het project zijn:

- a) Een voor de Nederlandse situatie met actuele data gevuld emissiemodel; De resultaten van het emissiemodel zijn door TNO in januari 2009 geleverd aan de taakgroep Verkeer en Vervoer en PBL;
- b) De stoffen die in het emissiemodel zijn worden meegenomen zijn CO₂, NO_x, PM₁₀ en PM_{2,5}, SO₂, NMVOS, PAK, CH₄, N₂O en NH₃; De brandstoffen betreffen diesel, LPG en benzine; Het brandstofgebruik en de emissies van alle stoffen worden in dit rapport in hoofdstuk 6 besproken. Emissies van metalen waarvan de emissie door mobiele machines verwaarloosbaar is, zijn niet aan het model toegevoegd;
- c) Een beschrijving van het tijdens de studie aangepaste emissiemodel; Deze rapportage bevat deze beschrijving in hoofdstuk 4;
- d) Een beschrijving van de in dit project uitgevoerde werkzaamheden is te vinden in hoofdstuk 3;
- e) Een beschrijving van de uitkomsten (emissies en brandstofgebruik van verschillende brandstofsoorten) van het aangepaste emissiemodel voor de

- gewenste basisjaren van 1990 tot en met 2007; Deze rapportage bevat een beschrijving in hoofdstuk 6;
- f) Een beschrijving van de wijze waarop data in de toekomst geactualiseerd kunnen blijven worden (hoofdstuk 7).

3 Werkwijze gegevensverzameling en validatie

3.1 Dataverzameling en bewerking

TNO had aan de start van het project de beschikking over een nieuw emissiemodel voor mobiele werktuigen dat is gebaseerd op bouwjaren en dat indien gevuld met de juiste basisgegevens gebruikt kon worden voor de berekening van de emissies en het brandstofgebruik. Dit model dat door TNO in samenwerking met TML voor België is opgezet (van Zeebroek et al., 2005) moest voor Nederland worden gevuld met actuele gegevens (en historische gegevens) over het nationale park van mobiele werktuigen en het gebruik van mobiele werktuigen in Nederland. Voor de berekening van het park moesten data worden verzameld over de verkoop van mobiele werktuigen in Nederland. Hiertoe heeft TNO contact opgenomen met een drietal landelijke organisaties die elk afzonderlijk beschikken over gegevens over de verkoop dan wel over het gebruik van mobiele werktuigen. Deze werkzaamheden worden in hoofdstuk 3 kort beschreven waarna in volgende hoofdstukken meer op de inhoud wordt ingegaan.

3.1.1 *Landbouw*

De Federatie Agrotechniek (www.agrotechniek.org) behartigt de belangen van agrotechnische bedrijven. De leden van de Federatie Agrotechniek registreren maandelijks de verkochte aantallen tractoren in Nederland en geven deze door aan de Federatie. Beschikbare gegevens zijn aantallen tractoren landbouw-, smalspoor- en compacttrekkers per maand en cumulatief per kalenderjaar.

In het kader van dit project is met Federatie Agrotechniek overeengekomen dat de jaarlijkse verkoopcijfers (geanonimiseerd) kunnen worden verkregen zodat het mogelijk wordt een correct beeld te verkrijgen van de invloed van de Europese Emissiewetgeving op ontwikkeling van de landelijke emissie van landbouwwerktuigen. Er werden verkoopcijfers van landbouw-, smalspoor- en compacttrekkers verwerkt van de jaren 1999 t/m 2007.

Een vertegenwoordiger van de brancheorganisatie CUMELA Nederland (www.cumela.nl) is geraadpleegd over de wijze waarop landbouwwerktuigen worden ingezet en om de uitkomsten van het model (o.a. het brandstofgebruik) te vergelijken met eigen algemene inzichten. Deze algemene inzichten komen onder meer voort uit de omstandigheid dat CUMELA voor een deel van de leden de bedrijfsboekhouding verzorgt. CUMELA Nederland is de brancheorganisatie voor de bedrijven die actief zijn in cultuurtechnische werken en grondverzet, meststoffendistributie en agrarisch loonwerk.

Dit heeft geleid tot enkele aanpassingen aan de machinekenmerken die in het model waren ingevoerd.

3.1.2 *Bouw*

Voor de sector bouw werd contact opgenomen met de Vereniging BMWT.

De Vereniging BMWT is een brancheorganisatie van importeurs of fabrikanten van Bouwmachines, Magazijninrichtingen, Wegenbouwmachines en Transportmaterieel (www.bmwt.nl).

De BMWT, opgericht op 1 maart 1950, is geen werkgeversorganisatie. Zij richt zich vooral op het behartigen van de collectieve belangen van de leden in markt-technische zaken. Ook gemeenschappelijke zaken wat betreft de bedrijfsvoering krijgen aandacht. De Vereniging houdt op reguliere wijze een gestructureerd bestand bij met daarin de verkoopgegevens van bouwmachines in Nederland. In het kader van dit project is

overeengekomen dat de geanonimiseerde verkoopcijfers jaarlijks kunnen worden verkregen ten behoeve van Emissieregistratie zodat een correct beeld kan worden verkregen van de invloed van de Europese Emissiewetgeving op ontwikkeling van de landelijke emissie van bouwwerktuigen.

3.2 Workshop

3.2.1 *Programma van de workshop*

Op 26 november 2008 werd een workshop gehouden die tot doel had om de voorlopige resultaten van het emissiemodel dat reeds gevuld was met de gegevens van de brancheorganisaties te toetsen. Hierbij werd een beroep gedaan op zowel de inzichten van de vertegenwoordiging van de gegevensleveranciers (BMWT, Federatie Agrotechniek, CUMELA), als aan de technische inzichten van de leden van de taakgroep verkeer en het CBS ten aanzien van de brandstofconsumptie. Het complete programma van de workshop is te vinden in bijlage B. De lijst van deelnemers aan de workshop is opgenomen in bijlage C.

De workshop bestond uit een viertal onderdelen te weten:

- a) een inleiding over de achtergrond en het doel van de workshop door de voorzitter van de taakgroep verkeer;
- b) een presentatie van de opzet en de resultaten van het emissiemodel door de auteur van dit rapport;
- c) een presentatie over technische ontwikkelingen aangaande emissies van motoren van mobiele werktuigen door Ruud Verbeek (TNO);
- d) een discussie over gewenste verbeteringen aan het emissiemodel en afspraken over de toetsing van de modelinvoer onder leiding van Guus Annokkee (workshopvoorzitter TNO).

3.2.2 *Belangrijkste uitkomsten van de workshop*

De belangrijkste uitkomsten van de workshop kunnen in de volgende hoofdpunten worden samengevat:

- a) Door de vertegenwoordigers van BMWT en CUMELA Nederland wordt betwijfeld of het aantal actieve landbouwtractoren juist is (te laag). De Federatie Agrotechniek zegt hierop toe dat ze zich zal inspannen om extra gegevens betreffende historische trekkerverkopen aan te leveren zodat dit hiaat kan worden opgevuld;
- b) Door de vertegenwoordiger van BMWT wordt geadviseerd om te overwegen om het effect van retrofit roetfilters expliciet in het model te verwerken. TNO zegt toe na te gaan of dit realiseerbaar is mede met het oog op beschikbare data en het effect op de landelijke emissies;
- c) Door de vertegenwoordiger van BMWT wordt er op aangedrongen om het effect van verlaging van het zwavelgehalte op de emissies van PM₁₀ expliciet in de emissiemodellering op te nemen. TNO zegt toe om dit te doen;
- d) Door de vertegenwoordiger van BMWT wordt geadviseerd om na te gaan of het effect van uitgesteld onderhoud bij een gedeelte van het park van mobiele werktuigen in de emissiecijfers tot uitdrukking kan worden gebracht. TNO zegt toe om na te gaan in hoeverre er data beschikbaar zijn om dit in het model te kunnen inbrengen;
- e) Een vertegenwoordiger van de afdeling EST van TNO brengt in dat hij van mening is dat sommige emissiefactoren van VOS (diesel Stage III) en CO (benzinemotoren) uit TREMOD MM veel te hoog zijn. Hij zegt toe om nog eens te kijken naar alle gebruikte emissiefactoren;

- f) CBS zegt tijdens de workshop toe om ter toetsing van de modeluitkomsten zo gedetailleerd mogelijke cijfers aan te zullen leveren van het gebruik van diesel door mobiele werktuigen en intern te onderzoeken hoe de verdeling over de subsectoren tot stand komt;
- g) Tijdens de workshop worden afspraken gemaakt dat de vertegenwoordigers van BMWT, Federatie Agrotechniek en CUMELA kritisch zullen kijken naar enkele modelparameters die in de berekeningen worden toegepast;
- h) de leden van de taakgroep verkeer spreken vertrouwen uit in de voorlopige uitkomsten van het nieuwe emissiemodel en spreken de verwachting uit dat na verwerking van het commentaar van de workshop de resultaten van het nieuwe emissiemodel voortaan gebruikt kunnen worden voor de landelijke Emissie-registratie.

3.2.3 *Verwerking van de resultaten van de workshop*

Alle commentaar dat tijdens de workshop is ingebracht is zo goed mogelijk verwerkt in het emissiemodel. Een beschrijving van de uitgevoerde acties wordt hieronder gegeven:

- a) op grond van extra data over het aantal verkochte landbouwtrekkers verkregen van de Federatie Agrotechniek en door aanpassing van de modelparameters werd het aanvankelijke aantal gemodelleerde actieve landbouwtrekkers van ongeveer 50.000 opgetrokken naar ongeveer 100.000 (zie Figuur 7);
- b) Het aantal retrofit roetfilters is opgevraagd bij SenterNovem en blijkt in 2008 minder dan 0,2 procent (80 op ongeveer 50.000) van het aantal actieve bouwmaschinen te bedragen. Besloten wordt om bij 500 geïnstalleerde filters (>1%) over te gaan tot inbouw in het emissiemodel;
- c) Door TNO EST is een formule aangeleverd waarmee de invloed van het zwavelgehalte in de brandstof kan worden vertaald naar een vermindering van de PM₁₀-emissies. Deze formule is ingebouwd in het emissiemodel;
- d) Door TNO EST is nagegaan welke data er beschikbaar zijn met betrekking tot de invloed van uitgesteld onderhoud op de emissies. Er blijken onvoldoende data over dit onderwerp beschikbaar te zijn die gebruikt kunnen worden om het emissiemodel bij te stellen. Door de vertegenwoordiger van BMWT wordt aanbevolen om hier in de toekomst onderzoek naar te verrichten;
- e) Door TNO EST is naar aanleiding van de workshop gekeken naar de volgende onderwerpen:
 - hoge VOS en CO emissiefactoren bij STAGE IIIb en STAGE IV diesel: alternatieve emissiefactoren werden aangeleverd en verwerkt in het model
 - het effect op PM uitstoot van hoogzwavelige diesel: een formule voor de aanpassing van PM₁₀-emissiefactoren werd aangeleverd
 - hoge VOS en CO emissiefactoren bij tweetakt en viertakt benzine: de emissiefactoren die aan de hoge kant zijn werden gemarkeerd doch er werd geen alternatieve waarde aangeleverd;
- f) Door CBS werden gedetailleerde cijfers aangeleverd betreffende de onderverdeling van de totale hoeveelheid diesel gebruikt door mobiele werktuigen. De methode waarop de verdeling van deze cijfers was gebaseerd bleek echter bij nadere beschouwing tamelijk onbetrouwbaar te zijn. Op grond hiervan werd besloten dat de resultaten uit het nieuw emissiemodel voorlopig als de beste schatting kan worden aangehouden;
- g) In reactie op het verzoek nog eens te kijken naar de modelparameters werden de volgende reacties verkregen:
 - Op 27 november 2008 werd van de BMWT vernomen dat zij zich kan vinden in de gepresenteerde modelparameters;

- Op 15 december 2008 werd een mail verkregen van CUMELA waarin werd voorgesteld om de belasting van dumpers van 30% te verhogen tot 60%. Verder geen opmerkingen;
- Op 19 december 2008 werd van de Federatie Agrotechniek vernomen dat zij akkoord gaat met de aanpak m.b.t. de aanpassingen in het model;
- Op 23 december werden de aangepaste uitkomsten van het emissiemodel nogmaals toegezonden aan de deelnemers van de workshop. Hierop werd geen reactie meer verkregen.

Op 15 december 2008 werd door de taakgroep Verkeer besloten dat gestreefd moet worden om de emissies berekend met het nieuwe emissiemodel deze ronde (2009 T-2) op te nemen in Emissieregistratie.

Op 11 februari werd in de taakgroep Verkeer gemeld dat TNO het eindconcept van de nieuwe methodiek voor berekening emissies mobiele werktuigen heeft voorgelegd. Besloten werd om het totale brandstofverbruik van het model alsnog af te stemmen op de Nederlandse Energiehuishouding (NEH) van CBS. De reden hiervoor was dat hiermee economische pieken en dalen in het verbruik van brandstof ook in beeld worden gebracht en dit fenomeen met een enkel op het machinepark afgestemde emissiemodel wellicht met teveel vertraging tot uiting komt. Voor de hele periode 1990-2007 werd in januari 2009 een nieuwe emissiereeks opgeleverd.

4 Modelbeschrijving

4.1 Inleiding

Het emissiemodel dat wordt beschreven is in 2005 door TNO ontwikkeld voor België. Op verschillende punten is het model aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Het model is gebaseerd op de registratie van de verkoop van nieuwe machines in Nederland in combinatie met de landelijke monitoring van het dieselgebruik in de sector van de mobiele machines door CBS. Het Nederlandse model draagt de naam EMMA als afkorting van **E**missiemodel **M**obiele **M**achines in combinatie met brandstof **A**fzet. Een groot deel van de modelbeschrijving is rechtstreeks overgenomen uit de oorspronkelijke modelbeschrijving doch op enkele belangrijke punten zijn aanpassingen uitgevoerd.

Om tegemoet te kunnen komen aan de wens om zowel de huidige als de toekomstige emissies te kunnen schatten werd het noodzakelijk gevonden om een emissiemodel te gaan toepassen. Alvorens over te gaan tot het opstellen van een dergelijk emissiemodel is eerst een verkenning gedaan van de recente en minder recente literatuur betreffende emissiemodellering van mobiele werktuigen. In veel van de oudere emissiemodellen werd volstaan het totaal van het brandstofgebruik van de sector mobiele machines met gemiddelde emissiefactoren te vermenigvuldigen om de emissies te berekenen. Dit is bijvoorbeeld het geval in het EMEP/Corinair emission inventory guidebook waarin de “simpler methodology” wordt beschreven. Ook in Nederland werd deze methode tot op heden steeds toegepast. Het grote voordeel van deze methode is dat er zeer weinig invoergegevens nodig zijn. Een nadeel is echter dat de juiste invoergegevens soms heel moeilijk te verkrijgen zijn. Zo is het nagenoeg onmogelijk om het energiegebruik van de bouwsector van mobiele machines te verkrijgen. Ook het energiegebruik van consumenten voor grasmaaiers en heggenscharen en kettingzagen en dergelijke is niet voorhanden vanuit de nationale energiebalans. Een ander probleem van de eenvoudige methode is dat het effect van snelle technologische vernieuwing zoals thans het geval is onder de snelle opeenvolging van emissienormen van Europese emissienormering nauwelijks op een onderbouwde manier is te verrekenen in de emissies. Dit probleem wordt nog verergerd doordat de emissienormen per vermogensklasse verschillen en de emissienormen per vermogensklasse op verschillende tijdstippen worden doorgevoerd. Zonder informatie over de inzet van nieuwe werktuigen in het park en informatie over de vermogensopbouw is het daarom heel moeilijk om in te schatten wat de gemiddelde emissiefactoren zouden moeten zijn.

4.2 Modelkeuze

De volgende emissiemodellen zijn in de aanvang van dit project bestudeerd:

- EPA NON-ROADUSA (Harvey et al., 2003);
- PROMINNederland (Bouwman, 1996);
- TREMOD MMDuitsland (Lambrecht et al., 2004);
- EGTEI UN-ECE (CITEPA, 2003);
- EMEP/CORINAIRHandbook (Samaras et al., 1996).

Van elk van deze modellen zijn enkele zwakkere en sterkere punten geïdentificeerd. Deze zwakke en sterke punten zijn gebruikt om voor België tot een gecombineerd model te komen waarin de zwakke punten zoveel mogelijk zijn vermeden en de sterke

punten zoveel mogelijk zijn benut. Dit model dat voor België voor het eerst werd geïmplementeerd is in dit project getest voor de Nederlandse situatie. Zonder hier in details op voor uit te lopen kan hier alvast worden medegedeeld dat het model in de Nederlandse situatie goed toepasbaar is gebleken.

Sterke punten:

1. Recente gegevens voorhanden in model: EPA NON-ROAD, TREMOD MM;
2. Sluit goed aan bij EU-emissiewetgeving: EGTEI, TREMOD MM;
3. Documentatie volledig: TREMOD MM, EPA NON-ROAD.

Zwakke punten:

1. Verouderde data: PROMIN, EMEP/CORINAIR;
2. Sluit niet aan bij EU-emissiewetgeving: PROMIN, EMEP/CORINAIR;
3. Documentatie onvolledig: EGTEI.

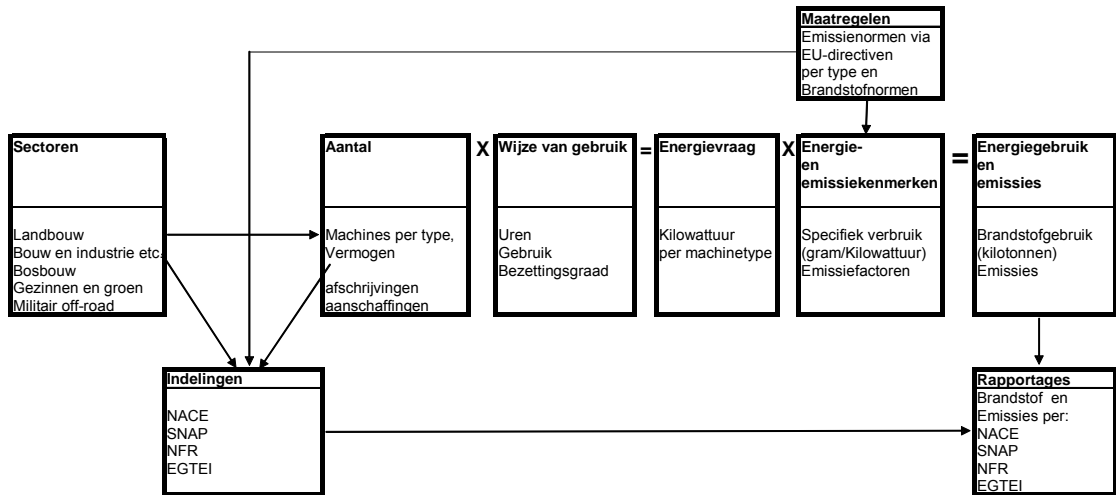
Door combinatie van bovenstaande gegevens is te zien dat TREMOD MM en EPA NON-ROAD de meeste sterke punten en de minste zwakke punten vertonen. TREMOD MM sluit zeer goed aan bij Europese emissiewetgeving, is recent en goed gedocumenteerd.

Enige verbeterpunten die opvielen aan TREMOD MM is dat rapportage naar verschillende aggregatieniveaus zoals vereist in diverse formats afgesproken in internationale kaders niet expliciet is vermeld. Daarnaast is niet duidelijk hoe de leeftijdsstructuur van de werktuigen en de verwerving van gegevens structureel is geregeld binnen dit model. Als invoer vereist het model aantallen machines die onderverdeeld moeten worden in leeftijdsklassen. Het model zelf echter biedt hiervoor geen gedocumenteerde hulpmiddelen. Het hier gepresenteerde emissiemodel biedt zowel ondersteuning bij de formats van internationale rapportages als ook in parkopbouw van de verschillende machines. De parkopbouw van de verschillende machines is volledig conform de methodiek van het EPA NON-ROAD model geïmplementeerd. De invoergegevens die structureel moeten worden verzameld en ingevoerd in het emissiemodel bestaan uit de jaarlijkse verkoopgegevens van machines onderverdeeld in grootteklassen. In principe zijn dit soort gegevens voorhanden bij de organisaties die zich bezig houden met de verkoop en marketing van deze machines of anderzijds als dienstverleners optreden voor de gebruikers van machines. Verder kunnen soms verkoopdata worden afgeleid van het volledige park van deze machines dat soms bekend is bij koepelorganisaties van branches die deze machines toepassen.

4.3 Methode

Het emissiemodel voorziet in de berekening van de emissies van uitlaatgassen en het brandstofgebruik van mobiele machines door de vermenigvuldiging van emissie-verklarende variabelen met geschikte emissiefactoren. Het principe van de methode die wordt toegepast berust in essentie op de “detailed methodology” zoals deze reeds is beschreven in het EMEP/Corinair handbook (Samaras, 1996). De modellen EPA NON-ROAD en TREMOD MM zijn op exact dezelfde methode gebaseerd. De methodiek komt neer op een bottom-up berekening van de hoeveelheid arbeid die geleverd wordt door mobiele machines met behulp van het actieve aantal en een vermenigvuldiging van de berekende hoeveelheid arbeid met emissiefactoren. De emissiefactoren kunnen worden uitgedrukt in de hoeveelheid emissie per stof per hoeveelheid arbeid ofwel in de hoeveelheid brandstof die wordt geconsumeerd per hoeveelheid geleverde arbeid. Hiermee biedt deze methode tevens het voordeel dat de

hoeveelheid brandstof niet als invoerparameter wordt gebruikt maar als uitkomst van een berekening wordt geproduceerd. Daarnaast sluit de gedaante van de emissiefactor naadloos aan bij de vorm waarin de emissienormering de maximale emissies normeert.



Figuur 1 Conceptuele opbouw van het gerealiseerde model.

In bovenstaande figuur staat grafisch weergegeven hoe de opbouw van het emissiemodel is gerealiseerd. Dit wordt tevens weergegeven in onderstaande twee rekenformules:

Formule 1

$$\text{Emissie} = \text{Aantal machines} \times \text{Uren} \times \text{Belasting} \times \text{Vermogen} \times \text{Emissiefactor} \times \text{TAF-factor}$$

ARBEID

x EMISSIEFACTOR

Waarbij:

Emissie = Emissie of brandstofgebruik (gram)

Aantal machines = het aantal machines van een bepaald bouwjaar met emissiefactoren passend bij het bouwjaar van de machine (.)

Uren = het aantal uren dat men dit machinetype gemiddeld gebruikt per jaar (uur)

Belasting = het gedeelte van het volle vermogen van dit machinetype dat gemiddeld gebruikt wordt (./.)

Vermogen = Het gemiddelde volle vermogen van dit machinetype (kW)

Emissiefactor = de gemiddelde emissiefactor of specifiek brandstofgebruik behorend bij het bouwjaar (emissienorm)(g/kW.uur)

TAF-factor = aanpassingsfactor op de gemiddelde emissiefactor in verband met de afwijking van de gemiddelde gebruikstoepassing van dit machinetype als gevolg van wisselende (transiënte) vermogensvraag (./.)

Een afwijkende categorie in de emissieberekening vormen de stoffen waarvan de emissies die worden berekend op basis van het brandstofgebruik. Dit zijn de emissies van stoffen zoals CO₂ en SO₂ en metalen.

De formule die hierbij wordt toegepast is:

Formule 2:

Emissie = Brandstofgebruik x Emissiefactor

Het brandstofgebruik wordt eerst berekend door berekening met formule 1

Hierbij is de emissiefactor de hoeveelheid emissie die specifiek geldt voor de stof en de betreffende brandstof.

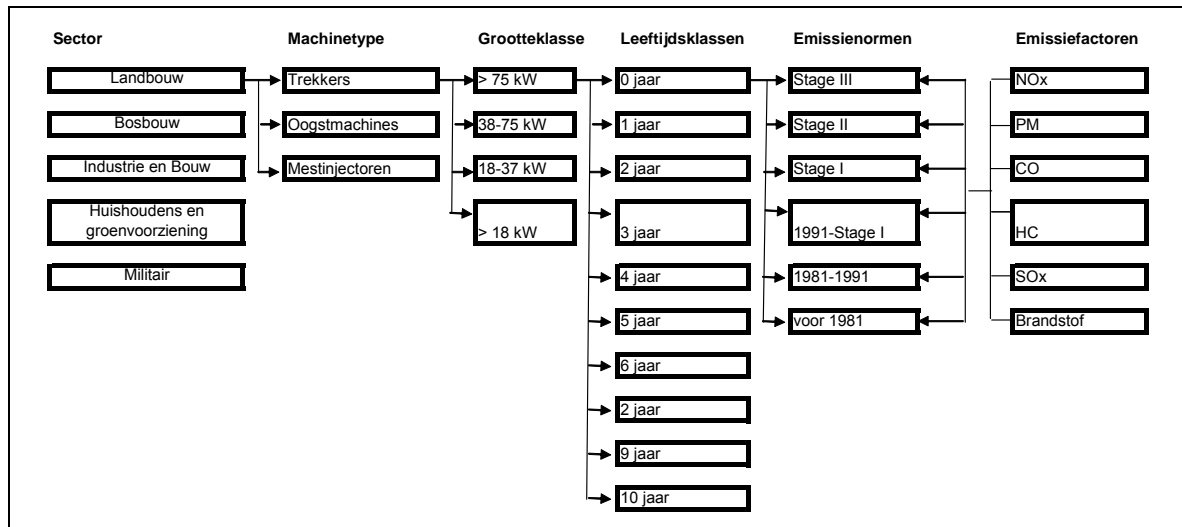
In afwijking van het model voor België is in het Nederlandse emissiemodel is besloten om de emissies ten gevolge van het gebruik van dieselbrandstof te vermenigvuldigen met een correctiefactor (formule 3). De correctiefactor is het quotiënt van het totaal dieselverbruik van mobiele werktuigen volgens de energiebalans van CBS gedeeld door het brandstofverbruik zoals bottom-up wordt berekend met formule 1. Deze correctiefactor is na de workshop later toegevoegd om eventuele snelle wijzigingen in het gebruik van mobiele werktuigen op te vangen, die niet meteen in de aantallen werktuigen in het actieve park tot uiting zullen komen (bijvoorbeeld als gevolg van een economische crisis). Deze correctie is dus bedoeld om fluctuaties in emissies zichtbaar te maken die niet het gevolg zijn van de omvang en de samenstelling van het park van machines doch meer het gevolg zijn van economische omstandigheden. Het is niet de bedoeling om de correctiefactor toe te passen om te corrigeren voor structurele afwijkingen van het emissiemodel van de werkelijkheid. Bij een afwijking van meer dan 20 procent (correctiefactoren kleiner dan 0,8 en groter dan 1,2) wordt aangeraden op zoek te gaan naar de oorzaak van de afwijking. De gevonden correctiefactoren (Tabel 10) verschillen alle jaren na 1991 minder dan 20 procent tot nu toe. Vanaf 1991 zijn de invoergegevens van het model bijna compleet.

Formule 3:

Emissie = Totaal Brandstofgebruik_CBS / Totaal Brandstofgebruik_formule_1 x Emissie

4.4 Structuur van het emissiemodel

In onderstaande figuur staan de relaties tussen de belangrijkste categorieën in de emissieberekening schematisch weergegeven. Deze relatie-structuur (geen datamodel) is nagenoeg rechtstreeks overgenomen uit de documentatie van TREMOD-MM. Het gaat om verschillende typen van machines die toegepast worden in een aantal sectoren van de economie. Deze machines worden ingedeeld in vermogensklassen of naar cilinderinhoud. De emissienormen die voor deze machines gelden zijn afhankelijk van het bouwjaar van de machines. In het emissiemodel wordt er gemakshalve van uitgegaan dat het bouwjaar ook het verkoopjaar is. Voor ieder van de machinetypen wordt er op deze wijze een emissiefactor en een brandstofgebruikfactor bepaald.



Figuur 2 Schematische voorstelling van de input van het model.

4.5 Beschrijving van de variabelen

4.5.1 Aantal machines

Het aantal actieve machines dat van een bepaald verkoopjaar resteert, wordt verkregen door de machines die verkocht zijn in een bepaald voorgaand jaar te vermenigvuldigen met een uitvalfactor; de zogenaamde scrap-factor. De sommatie van alle nog resterende (actieve) machines uit alle historische verkoopjaren levert vervolgens het actieve park van machines in een bepaald jaar op. De machines van een bepaald verkoopjaar kunnen altijd worden gerelateerd aan de in dat verkoopjaar geldende emissiestandaard en dus ook aan bepaalde emissiefactoren.

De invoer van het model is hiermee in principe gereduceerd tot het (geschatte) aantal machines dat in een reeks van jaren verkocht is.

De scrap-factor die door EPA is beschreven wordt ontleend aan een algemeen geldende dimensieloze leeftijd die als invoer dient voor de uitvalfunctie. Volgens deze uitvalfunctie is per definitie de helft van de machines uitgevallen op de mediane leeftijd en wanneer de leeftijd van de machines twee keer de mediane leeftijd is zijn volgens de uitvalfunctie alle machines buiten bedrijf gesteld.

De bepaling van de dimensieloze leeftijd van de machines vindt plaats door het aantal jaren dat een machine oud is te vermenigvuldigen met het aantal uren per jaar en met de belasting en vervolgens te delen door de mediane levensduur van de machine in uren op vol vermogen. Stel men heeft een machine van 10 jaar oud die jaarlijks 1000 uur wordt gebruikt op halve kracht en de mediane levensduur is 5000 uur. Dan heeft deze machine na 10 jaar juist $10 \times 1000 \times 0,5 / 5000$ precies 1 maal de mediane levensduur bereikt. Dit betekent dat de helft van de machines die 10 jaar geleden zijn verkocht zijn hiermee zijn uitgevallen volgens de uitvalfunctie. Na 20 jaar zijn dan alle machines buiten gebruik. In Figuur 3 staat het verloop van de uitvalfunctie grafisch afgebeeld.

De toegepaste formule voor de uitvalfunctie is de volgende:

Uitval % = $50 - 50 * \text{Abs}(\arctangens(\text{dimensieloze leeftijd} * \pi/2 - \pi/2)^{\text{Skewfactor}})$
 Voor ($0 \leq \text{Dimensieloze leeftijd} < 1$)

Uitval % = $50 + 50 * \text{Abs}(\arctangens(\text{dimensieloze leeftijd} * \pi/2 - \pi/2)^{\text{Skewfactor}})$
 Voor ($1 \leq \text{Dimensieloze leeftijd} < 2$)

Uitval % = 100
 Voor ($2 \leq \text{Dimensieloze leeftijd}$)

Waarbij:

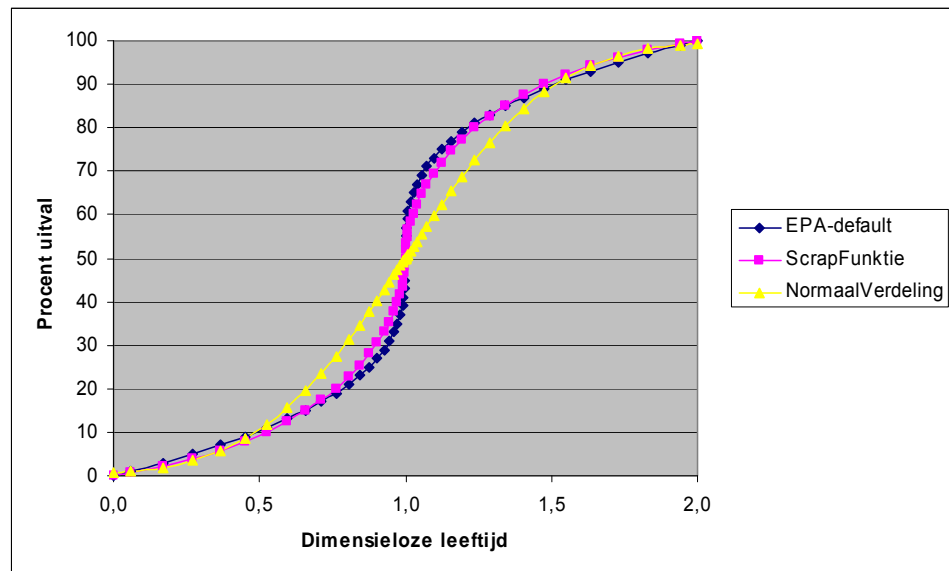
Dimensieloze leeftijd = Leeftijd * Draaiuren/jaar * Belasting/ Levensduur (./.)
 Het domein van de Dimensieloze leeftijd loopt tussen 0 en 2.

Skewfactor = een getal waarmee de steilheid van de uitvalfunctie kan worden bepaald
 (de waarde van 0,5 is gehanteerd om de EPA-functie te benaderen).

In Figuur 3 is de paarse lijn de weergave van de gebruikte functie.

De blauwe lijn geeft de door EPA gebruikte functie weer. De functie die door EPA wordt gehanteerd is niet openbaar gedocumenteerd met een wiskundige formule.

Daarom is een zelf geconstrueerde functie gebruikt. De gele lijn geeft een normale Gaussische kansverdeling weer. Onbekend is of er veldonderzoek naar de vorm van de functie heeft plaatsgevonden. Vermoedelijk is voor een symmetrische vorm is gekozen omdat de functie voor alle machines wordt toegepast met een grote variatie in levensduur en afschrijvingskarakteristiek.



Figuur 3 Het verloop van de uitvalfunctie.

4.5.2 *Uren gebruik*

Het aantal bedrijfsuren dat machines in gebruik zijn zal sterk afhangen van het machinetype en meestal ook van de leeftijd en de eigendomssituatie (McGuinly, 2004). Vaak krijgen machines een tweede eigenaar waarbij de intensiteit van het gebruik veel lager ligt dan dat van de eerste eigenaar. Deze laatste twee invloeden zijn erg moeilijk in kaart te brengen. In het huidige emissiemodel zijn deze fenomenen niet expliciet gemodelleerd. Wel is het zo dat de levensduur van de machines in het model dikwijls korter zal zijn dan de levensduur die in de praktijk soms wordt aangetroffen. Een voorbeeld hiervan kan men vinden bij de landbouwtractoren. In het gepresenteerde model varieert de mediane levensduur van landbouwtractoren tussen 12 tot 24 jaar. Dat betekent dat landbouwtractoren ouder dan 48 jaar in het emissiemodel geen emissie toebedeeld kunnen krijgen. Dit lijkt terecht want ofschoon men af en toe op straat historische landbouwtractoren ouder dan 48 jaar kan aantreffen zal de betekenis hiervan in termen van emissies nagenoeg zeker verwaarloosbaar zijn. Indien geen andere betere gegevens van een bepaalde machine beschikbaar zijn, zijn de data van EPA (EPA, 2004a) toegepast.

In bijlage A staan alle relevante machinekenmerken die worden toegepast in de emissieberekening vermeld. Deze machinekenmerken werden door TNO aangepast naar eigen inzicht. Dit was nodig omdat de verschillende machinetypen in meer gedetailleerde vermogensklassen konden worden opgesplitst dan in het oorspronkelijke model. Levensduur, gebruik en vermogen zijn variabelen die onderling correleren.

Aan de vertegenwoordigers van de federatie Agrotechniek en BMWT van de branches is tijdens en na de gehouden workshop gevraagd om deze machinekenmerken waaronder de gebruiksuren nader te bestuderen en eventueel aan leden voor te leggen om te controleren op ongerijmdheden die grove fouten zouden kunnen veroorzaken. In hoofdstuk 3 is beschreven wat de uitkomsten van de workshop waren en wat hiermee gedaan is.

4.5.3 *Belasting*

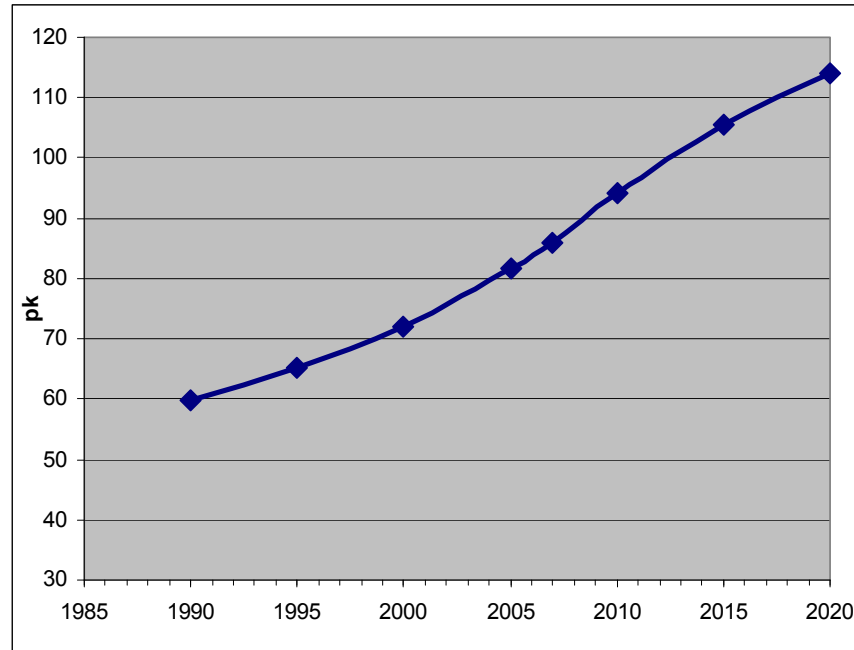
De belastingen van de machines zullen nooit zeer sterk afwijken van een bepaald gemiddelde omdat iedere machine immers is ontworpen voor het verrichten van een bepaalde taak en niet geschikt is voor andere taken. Indien geen andere betere gegevens van een bepaalde machine beschikbaar zijn wordt voorgesteld de data van EPA (EPA, 2004a) toe te passen. Echter binnen dit project zijn twee alternatieven gevonden. In de eerste plaats zijn voor sommige werktuigen de waarden genoemd door Lambrecht (Lambrecht, et al., 2004) overgenomen. Sommige machinekenmerken werden door TNO aangepast naar eigen inzicht. In bijlage A staan alle relevante machinekenmerken die toegepast worden in de emissieberekening vermeld. Aan de vertegenwoordigers van de federatie Agrotechniek en BMWT van de branches is tijdens en na de gehouden workshop gevraagd om deze machinekenmerken waaronder de belasting nader te bestuderen en eventueel aan leden voor te leggen om te controleren op ongerijmdheden die grove fouten zouden kunnen veroorzaken. De reacties van de vertegenwoordigers van beide branches waren bevestigend. In hoofdstuk 3 is beschreven wat de uitkomsten van de workshop waren en wat hiermee gedaan is.

4.5.4 *Vermogen*

Landbouwtractoren

De verkoopcijfers die verzameld zijn bevatten deels gegevens over de vermogens van de machines die ingevoerd zijn in het emissiemodel. De Federatie Agrotechniek verzamelt de verkoopcijfers van landbouwtractoren telkens op basis van vermogensklassen. Met dit vermogen onderverdeeld in de verschillende klassen volgens de

emissiewetgeving wordt gerekend in het emissiemodel. De indeling van de vermogensklassen is in 2005 aangepast aan het stijgende vermogen van de landbouwtractoren zodat in de hogere vermogensklassen wat meer differentiatie is verschenen. In Figuur 4 is zichtbaar gemaakt wat het gemiddelde vermogen is van het berekende park van landbouwtractoren volgens het emissiemodel.



Figuur 4 Gemiddeld berekend vermogen van actief gebruikte landbouwtractoren (excl. Compacttrekkers).

In Figuur 4 is te zien dat er inderdaad een klein knikje (bij het jaar 2005) zit in het gemiddelde vermogen van de actief gebruikte landbouwtractoren. Dit knikje kan misschien veroorzaakt zijn door de gewijzigde manier van gegevensverzameling door de Federatie Agrotechniek. De uitkomsten van de emissieberekeningen zullen echter niet drastisch beïnvloed zijn door het knikje in het gemiddelde vermogen van landbouwtractoren bij 2005. Men moet zich realiseren dat door de stijging van het gemiddelde vermogen in de tijd, het actuele gemiddelde vermogen van de verkopen flink hoger zal liggen dan het gemiddelde vermogen van het actieve park. Uit een globale analyse van de cijfers blijkt dat het vermogen van de actuele verkoop ongeveer 35% hoger ligt dan het vermogen in het gemiddelde park.

De gemiddelde vermogens en de aantallen van de overige landbouwmachines (geen tractoren) werden eenmalig geschat op basis van gegevens aangeleverd door de Federatie Agrotechniek (Tabel 2).

Bouwmachines

Van de BMWT werden de verkoopcijfers per jaar per machine verkregen per klasse bedrijfsgewicht. Deze klassenindeling van bedrijfsgewichten die BMWT hanteert is tamelijk verfijnd.

Aan iedere machine werd per bedrijfsgewichtsklasse een karakteristiek vermogen toegekend door TNO. Hierbij werd gebruik gemaakt van de websites van de belangrijkste fabrikanten waarbij uitgebreide modelinformatie werd geraadpleegd. Vervolgens zijn de gesommeerde aantallen machines ingevoerd in het emissiemodel

terwijl gegroepeerd werd op de emissieklasse. De emissieklasse is gekoppeld aan de Europese emissienormering die weer is gekoppeld aan vermogensgrenzen. Per emissieklasse heeft iedere machine 1 karakteristiek vermogen toegekend gekregen waarmee de emissieberekening wordt uitgevoerd (zie Bijlage A).

Machines voor groenvoorziening en particuliere huishoudens

De vermogens die voor deze machines zijn ingevoerd berusten enkel op schattingen van TNO. Hierbij werd gebruik gemaakt van de websites van de belangrijkste fabrikanten of leveranciers waarbij uitgebreide modelinformatie werd geraadpleegd.

4.5.5 *Emissiefactoren*

De huidige emissiefactoren worden hoofdzakelijk bepaald door de van kracht zijnde normstelling. Emissiefactoren van machines daterend van voor het van kracht worden van de normstelling hangen af van de toenmalige conventionele technologie. De variatie in de oudere technologie is groter maar doordat het aandeel van deze oude technologie beperkt is, is een exacte vaststelling van emissiefactoren momenteel minder relevant.

In eerste instantie zijn de emissiefactoren van het Duitse model TREMOD MM (Lambrecht et al, 2004) overgenomen. TNO EST heeft deze emissiefactoren bestudeerd en hier nog enkele aanvullingen en wijzigingen op doorgevoerd. Deze wijzigingen zijn gemarkeerd in Tabel 3.

4.5.6 *TAF-factoren*

De emissiefactoren van verschillende machines die in de praktijk worden gebruikt wijken af van de emissiefactoren die zouden optreden wanneer de machines zouden worden gebruikt zoals tijdens een door semistatische omstandigheden gedefinieerde standaardtestcyclus. Dit komt omdat de machines onder snel wisselende omstandigheden en belasting (“transiënte belasting”) moeten werken. Om hiervoor te corrigeren zijn typische belastingspatronen voor verschillende machinetypen gedefinieerd die bepalend zijn voor de selectie van aanpassingsfactoren (TAF-factoren) per stof van de gemiddelde emissiefactoren.

De toepassing en selectie staan beschreven in een rapport van EPA (EPA, 2004b). Deze toewijzing van de TAF-factoren aan de verschillende machinetypen is zoveel mogelijk rechtstreeks overgenomen van dit EPA-rapport. Daar lang niet alle machinetypen door EPA werden toegewezen heeft TNO hiervoor eigen inschattingen moeten maken. Hierbij is vooral gekeken naar de TAF-factoren van werktuigen die naar eigen inschatting op vergelijkbare manier worden gebruikt.

Deze toewijzing van TAF-factoren is van grote invloed op de berekende emissies. Om de werkelijke invloed van wisselende belasting in de emissie nauwkeurig te kunnen berekenen zou een zeer omvangrijk onderzoek noodzakelijk zijn. In dergelijk onderzoek zou de invloed van de wisselende belasting op de emissies moeten worden gemeten en gemodelleerd per motortype. Daarnaast zou een omvangrijke inventarisatie van de optredende dynamiek in motorbelasting bij verschillende werkzaamheden nodig zijn en daarnaast nog een onderzoek naar de duur en de frequentie van werkzaamheden van verschillende machines. Het zal duidelijk zijn dat dergelijk omvangrijk onderzoek ver buiten de scope van dit project lag.

Om een indruk te krijgen van de grote invloed die wisselende motorbelasting heeft op de emissies kan men bijvoorbeeld een publicatie van Lindgren (2005) raadplegen. In deze publicatie worden de berekende emissies met een voor transiënte belasting geoptimaliseerd model van een 1 model landbouwtractor vergeleken met de resultaten van de emissies berekend met een semistatisch model (zoals in feite de gemiddelde

emissiefactoren die een mix zijn van verschillende werkpunten). Hieruit blijkt dat bij een verandering van 25% van het draaimoment van de motor in 1 seconde het brandstofgebruik tussen 30 en 60% toeneemt bij 1600 omwentelingen per minuut en tussen 50 en 80% en bij 2000 omwentelingen per minuut. De veranderingen in de emissies die werden gemeten waren van vergelijkbare omvang.

5 Modelinput

Hieronder wordt voor de verschillende categorieën aangegeven welke invoergegevens werden gebruikt. De emissiefactoren en TAF-factoren worden als laatste behandeld voor alle categorieën samen omdat deze niet direct gekoppeld zijn aan een machine-categorie.

5.1 Machines in de Bouwsector en Intern transport

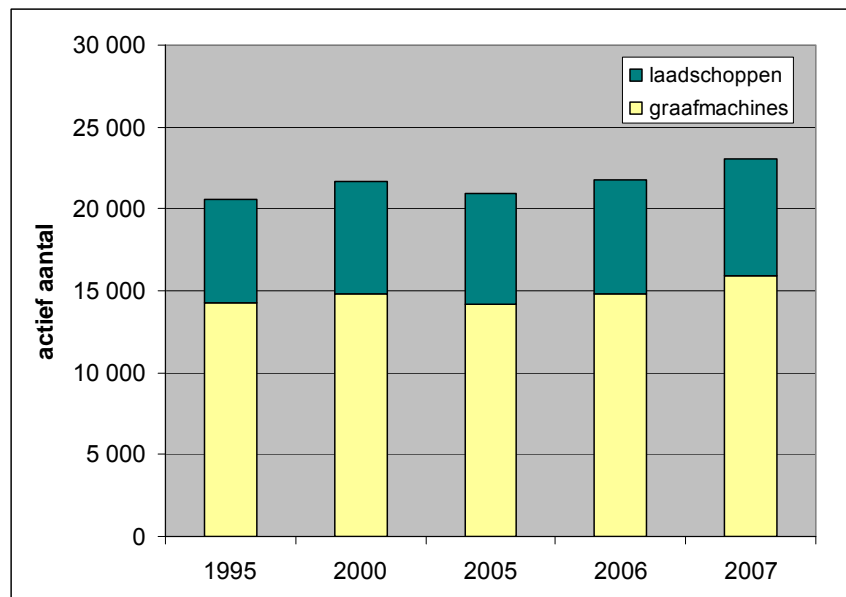
Van de meeste belangrijke machines werden de landelijke verkoopcijfers verkregen. Er zijn echter ook enkele sectoren en machines te noemen waarvan de gegevens ontbreken. Het gaat om gespecialiseerde machines in havens (containeroverslag) en op luchthavens. Daarnaast ontbreken de verreikers, gemotoriseerde pompen (brambalingen) en een deel van de mobiele aggregaten voor elektriciteitsopwekking. Naar schatting is het brandstofgebruik van al deze machines samen hooguit 1 tot 2 PJ, wat ongeveer 3 tot 6 procent op het landelijke totaal is.

5.1.1 Aantal nieuwe machines & vermogensklassen

Beschikbare gegevens

De gedetailleerde invoergegevens van bouwmachines kunnen niet worden gepubliceerd omdat er zoveel details in aanwezig zijn dat de anonimiteit van de toeleveranciers in het geding zou kunnen komen. Hierdoor zou de continuïteit van de gegevensleveranties in gevaar kunnen komen. Ten behoeve van dit onderzoek werden verkoopcijfers van bouwmachines verwerkt van de jaren 1997 t/m 2007.

In onderstaande figuren worden de aantallen actieve machines getoond die op grond van de aangeleverde verkoopcijfers zijn berekend met behulp van het model.



Figuur 5 Actief aantal graafmachines en laadschoppen voor 1995-2007, afgeleid door het model op basis van het aantal verkochte nieuwe machines per jaar.

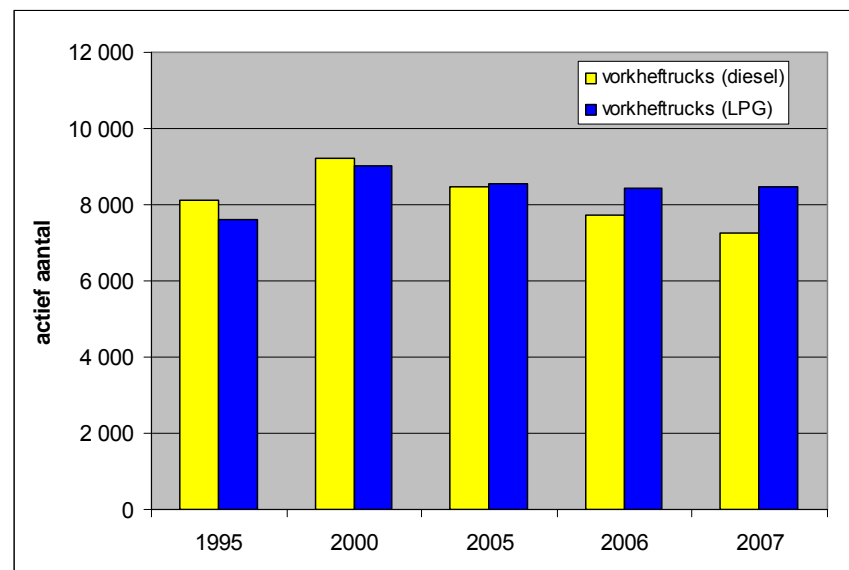
In Tabel 1 is een vergelijking gemaakt tussen het aantal actieve machines dat het EMMA-model reproduceert op basis van de verkoopgegevens en het aantal machines dat gerapporteerd is door een rekentool van de BMWT, de zogenaamde “installed base”. Uit Tabel 1 blijkt dat de overeenkomst tussen beide rekentools in de meeste gevallen vrij goed is. Grotere afwijkingen doen zich voor bij laadschoppen, dumpers en graaf-laad-combinaties. In een volgende actualisatie van het EMMA-model zal de oorzaak van deze verschillen met BMWT worden besproken en indien nodig zullen de invoerparameters van het EMMA-model worden aangepast.

Tabel 1 Vergelijking van berekende actieve bouwmaschinen door EMMA en Installed Base, aantal.

Machinetype	EMMA 2004	Installed Base ¹⁾ (BMWT)	Vershil (%)
Laadschoppen	6640	8500	-22%
Graafmachines	14318	16500	-13%
Bulldozers	484	450	8%
Walsen	1007	1050	-4%
Graders	64	70	-9%
Ruwterrein heftrucks	503	500	1%
Asfaltafwerkinstallaties	242	250	-3%
Dumpers	761	480	59%
Graaf-laadcombinaties	203	400	-49%
Totaal	24222	28200	-14%

¹⁾ Bron: BMWT Installed Base Versie 01/01/04

Bij het intern transport in en buiten bedrijfsgebouwen spelen vorkheftrucks een belangrijke rol.



Figuur 6 Actief aantal vorkheftrucks op LPG en Diesel voor 1995-2007, afgeleid door het model op basis van het aantal verkochte nieuwe machines per jaar.

Afleiden vermogensklassen

Zoals eerder vermeld werden de vermogensklassen afgeleid van de klasse van het bedrijfsgewicht van de machines. Per machinetype werd een koppeling gelegd tussen de gewichtsklasse en een daarbij behorend typisch vermogen. Het typische vermogen per gewichtsklasse per machine werd opgezocht op de websites van diverse fabrikanten van bouwmachines zoals Volvo, Caterpillar, Liebherr.

Extrapolatie naar niet-beschikbare jaren

De bruikbare data die werden verkregen van bouwmachines bestrijken de jaren van 2000 tot en met 2007. Gegevens van de daaraan voorafgaande jaren werden door het emissiemodel automatisch geschat door uit te gaan van de gemiddelde verkoopaantallen van 2000 t/m 2005. Het is mogelijk dat bepaalde trends in de historische jaren niet goed zijn meegenomen in het model. Dit is echter niet geanalyseerd.

Voor de prognoses gebruikt het model standaard de laatst beschikbare verkoopdata van 1 jaar. Trends naar de toekomst zullen hierdoor tot op zekere hoogte wel worden meegenomen in het model. In bijlage D staat aangegeven voor welke machines welk type data zijn gebruikt: monitoring, schatting of extrapolatie.

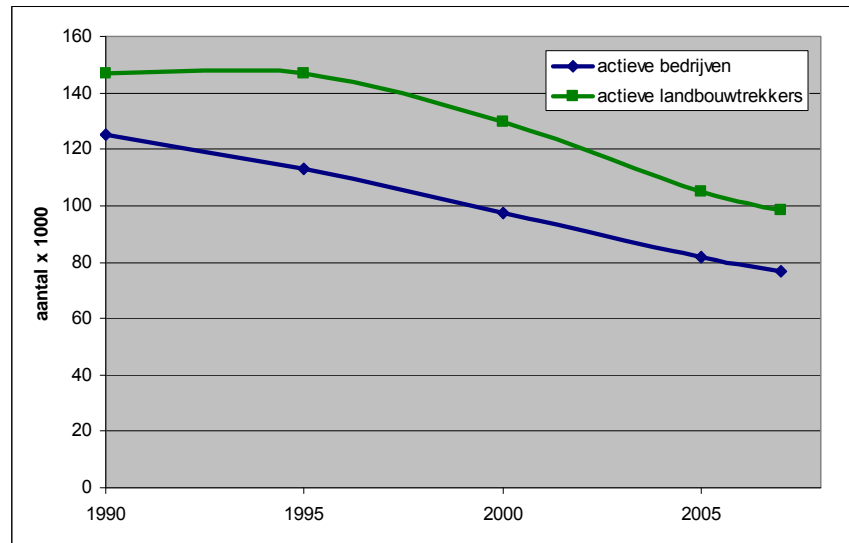
5.2 Machines gebruikt in de Landbouw en de Groenvoorziening

5.2.1 Aantal nieuwe machines & vermogensklassen

Beschikbare gegevens

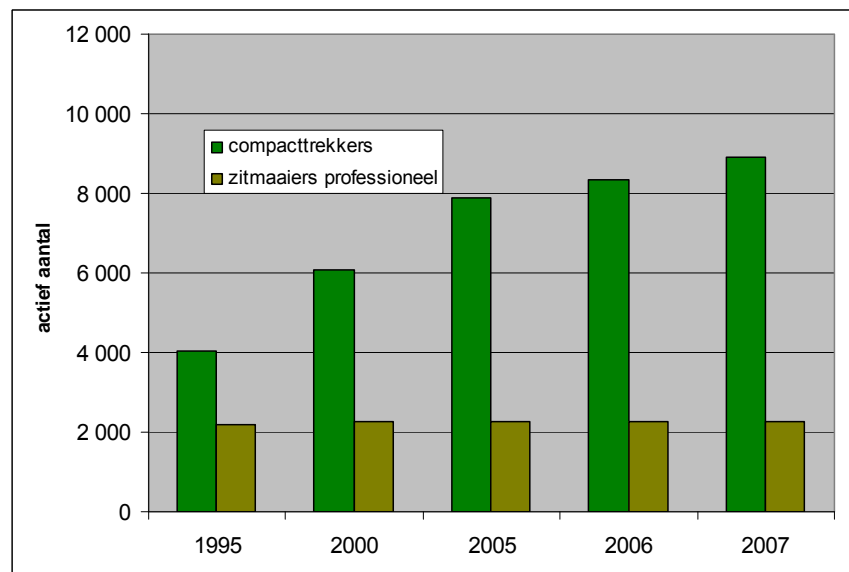
In Figuur 7 staat het aantal actieve landbouwtrekkers weergegeven dat door het model wordt gereproduceerd op grond de verkoopaantallen naast de afname van het aantal landbouwbedrijven volgens de landbouwtellingen van het Centraal Bureau voor de Statistiek. Het lijkt er op dat het aantal actieve landbouwtrekkers wat achterloopt op de afname van het aantal landbouwbedrijven. Het aantal landbouwtrekkers is groter dan het aantal landbouw bedrijven. Dat komt deels doordat er loonbedrijven actief zijn maar dat is niet de volledige verklaring. Er zijn ook landbouwbedrijven die nauwelijks gebruik maken van landbouwtrekkers en er zijn landbouwbedrijven die van 2 of meer landbouwtrekkers gebruik maken. Tijdens deze studie kon dit niet diepgaand onderzocht worden. In bijlage E is een alternatieve schatting gemaakt van het aantal landbouwtrekkers in 2007 op grond van het type en het aantal landbouwbedrijven. Voor 2007 is geschat dat ongeveer 54.000 bedrijven op grond van het bedrijfstype niet om het gebruik van een landbouwtrekker heen kunnen. Indien men aan aanneemt dat per bedrijf gebruik wordt gemaakt van 1,5 landbouwtrekker en men telt daar nog 15.000 landbouwtrekkers die door loonwerkers worden gebruikt (info CUMELA) bij op dan komt men op 96.000 actieve landbouwtrekkers. Door het model werden 98.000 actieve landbouwtrekkers geschat.

Bij deze aantallen tractoren werden de vermogens opgegeven in vermogensklassen waarvan grenzen per jaar soms verschilden. De vermogensklassen werden in dit onderzoek zo goed mogelijk conform de Europese emissierichtlijnen ingedeeld. In onderstaande figuren worden de aantallen actieve machines getoond die op grond van de aangeleverde verkoopcijfers berekend met behulp van de module die het actieve park berekend.



Figuur 7 Actief aantal landbouwtrekkers (model) en het aantal landbouwbedrijven (CBS).

Van de compacttrekkers wordt aangenomen dat ze meest in de groenvoorziening zullen worden ingezet. Het aantal professioneel ingezet zitmaaiers (plantsoenendiensten) werd in deze studie geschat naar verhouding van het totale aantal zitmaaiers.



Figuur 8 Actief aantal compacttrekkers en zitmaaiers (professioneel) voor 1995-2007, afgeleid door het model op basis van het aantal verkochte nieuwe machines per jaar.

Daarnaast werd door de Federatie Agrotechniek in samenwerking met haar leden een schatting gemaakt van de kentallen van de belangrijkste overige landbouwmachines met betrekking tot de emissies (Tabel 2).

Tabel 2 Kentallen van overige van belang zijnde machines in de landbouw.

Soort machine	Actief aantal (2008)	Vermogen (kW)	Draaiuren/jaar
Maishakselaars	1200	225	500
Maaidorsers	2500	80	100
Bietenrooiers	500	240	500
Mestinjecteurs	525	260	750
Spuitmachines	750	90	700

Bron: Federatie Agrotechniek

Het belang van de emissies van de overige landbouwmachines is relatief beperkt (zie bijvoorbeeld Figuur 17). Daarom wordt voorgesteld deze cijfers slechts iedere 5 jaar te actualiseren.

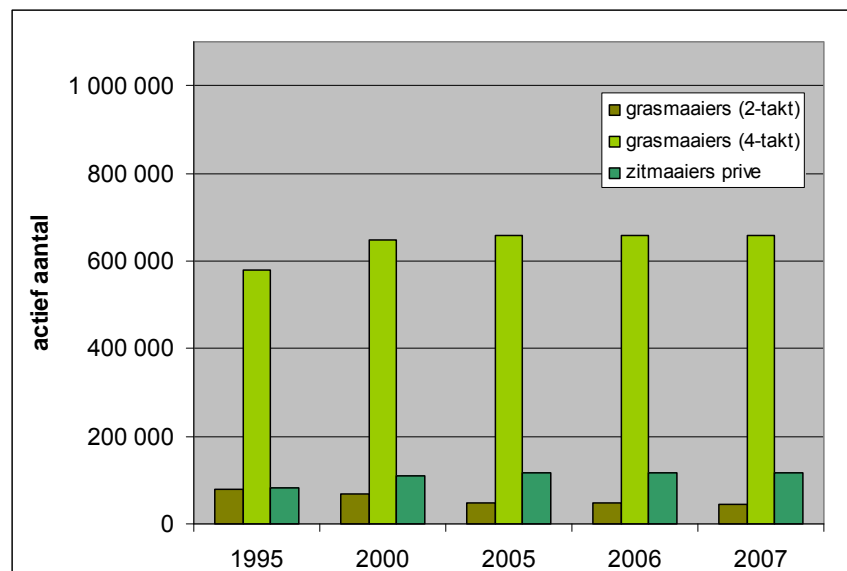
5.3 Machines gebruikt door particuliere huishoudens

Beschikbare gegevens

5.3.1 Aantal nieuwe machines & vermogensklassen

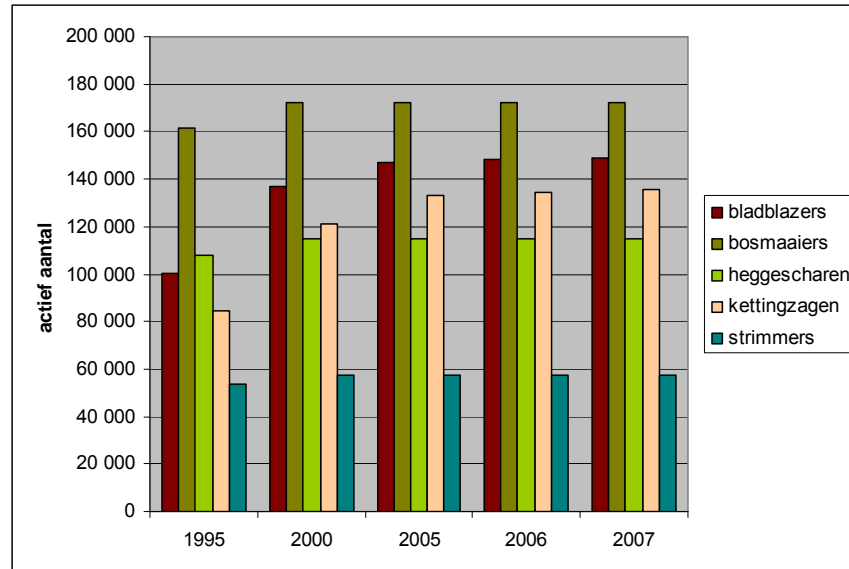
Er konden voor Nederland slechts heel erg weinig data worden gevonden voor de machines met verbrandingsmotoren die door particuliere huishoudens worden gebruikt voor voornamelijk het onderhoud van tuinen zoals grasmaaiers, heggenscharen, bladblazers, bosmaaiers en kettingzagen.

Voor zover bekend verzamelt, bewerkt en verkoopt slechts 1 bedrijf (www.volbur.nl) zelf verzamelde en bewerkte gegevens over de markt van grasmaaiers in Nederland. De meest recente beschikbare data over grasmaaiers (Volgers, 2007) werden in het kader van dit project aangeschaft en verwerkt in het emissiemodel. De resultaten van het emissiemodel met betrekking tot het actieve park worden in Figuur 9 getoond.



Figuur 9 Actief aantal grasmaaiers voor 1995-2007, afgeleid door het model op basis van het aantal verkochte nieuwe machines per jaar.

Voor de overige machines (geen grasmaaiers) zijn gegevens die voor België werden gepubliceerd (FEDAGRIM, 2006) vertaald naar de Nederlandse situatie op grond van het aantal inwoners. Deze gegevens worden overigens elk jaar door FEDAGRIM (www.fedagrime.be) systematisch verzameld (zie FEDAGRIM, 2008).



Figuur 10 Actief aantal machines voor tuinonderhoud voor 1995-2007, afgeleid door het model op basis van het geschatte aantal verkochte nieuwe machines per jaar.

5.4 Emissiefactoren

De emissiefactoren die in het model gebruikt worden, zijn hieronder aangegeven in relatie tot de Europese emissienormering, het motorvermogen en de stof. De emissiefactoren zijn aangegeven in gram per kilowattuur (g/kWh) tenzij anders vermeld. Deze eenheid wordt gebruikt omdat emissiefactoren internationaal algemeen in deze eenheden worden uitgedrukt.

5.4.1 Emissiefactoren afhankelijk van de motortechnologie

Tabel 3 Dieselmotoren: brandstofgebruik- en emissiefactoren per normstellingcategorie (g/kWh). Bron: Lambrecht et al., 2004.

Stof	Technologie	< 18 kW (geen emissienorm)	18-37 kW	37-75 kW	75-130 kW	130-560 kW	560-1000 kW (geen emissienorm)
Brandstof	<= 1980	300	300	290	280	270	270
Brandstof	1981-1990	285	281	275	268	260	260
Brandstof	1991-STAGE I	270	262	260	255	250	250
Brandstof	STAGE I			260	255	250	250
Brandstof	STAGE II		262	260	255	250	250
Brandstof	STAGE IIIa		262	260	255	250	250
Brandstof	STAGE IIIb			260	255	250	250
Brandstof	STAGE IV			260	255	250	250
CO	<= 1980	7	6.5	6	5	2.5	2.5
CO	1981-1990	6	5.5	5.3	4.3	2.5	2.5
CO	1991-STAGE I	5	4.5	4.5	3.5	2.5	2.5
CO	STAGE I			2.2	1.5	1.5	1.5
CO	STAGE II		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
CO	STAGE IIIa		0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
CO	STAGE IIIb			0.075	0.075	0.075	0.075
CO	STAGE IV			0.075	0.075	0.075	0.075
HC	<= 1980	5	2.5	2.4	2	1.5	1.5
HC	1981-1990	3.8	2.2	2	1.6	1	1
HC	1991-STAGE I	2.5	1.8	1.5	1.2	0.5	0.5
HC	STAGE I			0.6	0.4	0.3	0.3
HC	STAGE II		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
HC	STAGE IIIa		0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
HC	STAGE IIIb			0.014	0.014	0.014	0.014
HC	STAGE IV			0.014	0.014	0.014	0.014
NO _x	<= 1980	12	18	7.7	10.5	17.8	17.8
NO _x	1981-1990	11.5	18	8.6	11.8	12.4	12.4
NO _x	1991-STAGE I	11.2	9.8	11.5	13.3	11.2	11.2
NO _x	STAGE I			7.7	8.1	7.6	7.6
NO _x	STAGE II		6.5	5.5	5.2	5.2	5.2
NO _x	STAGE IIIa		6.2	3.8	3.3	3.3	3.3
NO _x	STAGE IIIb			3.8	3.3	3.3	3.3
NO _x	STAGE IV			0.36	0.36	0.36	0.36
PM	<= 1980	2.8	2	1.8	1.4	0.9	0.9
PM	1981-1990	2.3	1.4	1.2	1	0.8	0.8
PM	1991-STAGE I	1.6	1.4	0.8	0.4	0.4	0.4
PM	STAGE I			0.4	0.2	0.2	0.2
PM	STAGE II		0.4	0.2	0.2	0.1	0.1
PM	STAGE IIIa		0.4	0.2	0.2	0.1	0.1
PM	STAGE IIIb			0.02	0.02	0.02	0.02
PM	STAGE IV			0.02	0.02	0.02	0.02

Opmerking: De emissiefactoren die gekleurd zijn weergegeven zijn op advies van TNO EST gewijzigd ten opzichte van het oorspronkelijke emissiemodel (van Zeebroek et al., 2005).

Tabel 4 Benzinemotoren 4-takt: brandstofgebruik- en emissiefactoren per normstellingcategorie (g/kWh). Bron: Lambrecht et al., 2004.

Stof	Model_Groep	>= 20 cc en < 50 cc	< 66 cc	>= 66 en < 100 cc	>= 100 en < 225 cc	>= 225 cc	>= 225 cc
	EU_Groep	SH2	SN1	SN2	SN3	SN4	SN4
	Groep_Cat	Benzine Handheld 4T	Benzine niet Handheld 4T	Benzine niet Handheld 4T	Benzine niet Handheld 4T	Benzine niet Handheld 4T	LPG niet Handheld 4T
Brandstof	<= 1980	496	603	627	601	539	
Brandstof	1981-1990	474	603	599	573	514	311
Brandstof	1991-STAGE I	451	603	570	546	490	
Brandstof	STAGE I	406	475	450	450	490	
Brandstof	STAGE II	406	475	450	450	490	
CO	<= 1980	198	822	822	525	657	
CO	1981-1990	165	685	685	438	548	1.5
CO	1991-STAGE I	132	548	548	350	438	
CO	STAGE I	132	467	467	350	438	
CO	STAGE II	132	467	467	350	438	
HC	<= 1980	33	26.9	10.5	19.1	11.1	
HC	1981-1990	27.5	22.5	8.7	15.9	9.3	2.2
HC	1991-STAGE I	22	18	7	12.7	7.4	
HC	STAGE I	22	18.1	7	10	7.4	
HC	STAGE II	22	16.1	7	7	7.4	
NO _x	<= 1980	2.4	1.2	2.3	2.6	1.3	
NO _x	1981-1990	3.5	1.8	3.5	3.8	2	19
NO _x	1991-STAGE I	4.7	2.4	4.7	5.1	2.6	
NO _x	STAGE I	4.7	4.3	4.7	5.1	2.6	
NO _x	STAGE II	4.7	4.3	4.7	5.1	2.6	
PM	<= 1980				0.3		
PM	1981-1990				0.3		
PM	1991-STAGE I				0.25		
PM	STAGE I				0.2		0.05
PM	STAGE II				0.15		

Tabel 5 Benzinemotoren 2-takt: brandstofgebruik- en emissiefactoren per normstellingcategorie (g/kWh). Bron: Lambrecht et al., 2004.

Stof	Model_Groep	>= 20 cc en < 50 cc	>= 50 cc	>= 100 en < 225 cc
	EU_Groep	SH2	SH3	SN3
	Groep_Cat	Benzine Handheld 2T	Benzine Handheld 2T	Benzine niet Handheld 2T
Brandstof	<= 1980	882	665	652
Brandstof	1981-1990	809	609	652
Brandstof	1991-STAGE I	735	554	652
Brandstof	STAGE I	720	529	550
Brandstof	STAGE II	500	500	550
CO	<= 1980	695	510	418
CO	1981-1990	579	425	418
CO	1991-STAGE I	463	340	418
CO	STAGE I	379	340	400
CO	STAGE II	379	340	400
HC	<= 1980	305	189	155
HC	1981-1990	300	158	155
HC	1991-STAGE I	203	126	155
HC	STAGE I	188	126	14
HC	STAGE II	44	64	11
NO _x	<= 1980	1	1.1	0.5
NO _x	1981-1990	1	1.1	0.5
NO _x	1991-STAGE I	1.1	1.2	0.5
NO _x	STAGE I	1.5	2	1
NO _x	STAGE II	1.5	1.2	1
PM	<= 1980	7	7	2.6
PM	1981-1990	5.3	5.3	2.6
PM	1991-STAGE I	3.5	3.5	2.6
PM	STAGE I	3.5	3.5	1
PM	STAGE II	3.5	3.5	1

De invloed van een lager zwavelgehalte in de dieselbrandstof werd met behulp van formule 4 in de emissiefactoren van PM₁₀ verrekend:

Formule 4

$$EF_{PM}(S) = EF_{PM}(Ref) + 0.157 * FC * (S - Ref) / 1\,000\,000$$

Waarbij:

EF_{PM}(S) = Emissiefactor van PM bij het actuele zwavelgehalte

EF_{PM}(Ref) = Emissiefactor van PM bij het referentie zwavelgehalte

Ref = het referentie zwavelgehalte (voor rode diesel 1700 mg/kg en voor EN590 50 mg/kg)

S = actuele zwavelgehalte in mg/kg

FC = Het specifieke brandstofgebruik van de motor in g/kWh

Bovenstaande formule werd omgerekend overgenomen uit (EPA, 2004c). Het effect dat wordt berekend met deze formule komt vooral tot uiting op de stages tot en met stage II. De effecten van de brandstof op de emissiefactor van PM van stage III en hoger zijn gering in absolute zin en staan beschreven in Thomson et al. (2004).

5.4.2 *Emissiefactoren afhankelijk van de brandstofeigenschappen*

In onderstaande twee tabellen staan de emissiefactoren op basis van de hoeveelheid verbruikte brandstof voor de overige stoffen weergegeven.

Tabel 6 Emissiefactoren van zwaveldioxide per hoeveelheid brandstof afhankelijk van het zwavelgehalte per jaar (gram/MJ).

Brandstof	Periode	Emissiefactor	Referentie
Rode Diesel	1990-1990	8.34E-02	Berekend met 1780 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Rode Diesel	1991-1993	8.43E-02	Berekend met 1800 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Rode Diesel	1994-1994	8.20E-02	Berekend met 1750 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Rode Diesel	1995-2007	7.96E-02	Berekend met 1700 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Rode Diesel	2008-2009	4.68E-02	Berekend met 1000 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Rode Diesel	2010-2020	4.68E-04	Berekend met 10 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Diesel EN590	1995-2004	2.34E-03	Berekend met 50 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Diesel EN590	2005-2009	1.17E-03	Berekend met 25 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Diesel EN590	2010-2020	4.68E-04	Berekend met 10 mg/kg S en 42,7 MJ/kg
Benzine	1990-1990	1.09E-02	Berekend met 240 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	1991-1991	9.55E-03	Berekend met 210 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	1992-1992	8.64E-03	Berekend met 190 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	1993-1993	7.27E-03	Berekend met 160 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	1994-1994	5.91E-03	Berekend met 130 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	1995-1995	4.55E-03	Berekend met 100 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	1996-2000	3.18E-03	Berekend met 70 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	2001-2009	2.27E-03	Berekend met 50 mg/kg S en 44 MJ/kg
Benzine	2010-2020	4.55E-04	Berekend met 10 mg/kg S en 44 MJ/kg
LPG	1989-2020	0.00E+00	geen

Tabel 7 Emissiefactoren per hoeveelheid brandstof (gram/MJ).

Brandstof	Periode	Stof	Emissiefactor	Referentie
Rode Diesel	1989-2020	CO2	74.3	IPCC Revised guidelines 1996, Table 5
Diesel EN-590	1989-2020	CO2	74.3	IPCC Revised guidelines 1996, Table 5
Benzine	1989-2020	CO2	72	IPCC Revised guidelines 1996, Table 5
LPG	1989-2020	CO2	66.7	IPCC Revised guidelines 1996
Rode Diesel	1989-2020	N2O	0.0006	IPCC Revised guidelines 1996, Table 5
Diesel EN-590	1989-2020	N2O	0.0006	IPCC Revised guidelines 1996, Table 5
Benzine	1989-2020	N2O	0.0006	IPCC Revised guidelines 1996, Table 5
Diesel EN-590	1989-2020	NH3	0.000234	Klein et al, 2007, bijlage Tabel 7.2
Rode Diesel	1989-2020	NH3	0.000234	Klein et al, 2007, bijlage Tabel 7.2
Benzine	1989-2020	NH3	0.0000227	Klein et al, 2007, bijlage Tabel 6.3

5.5 TAF factoren

In Tabel 8 worden de TAF-factoren per stof getoond voor de verschillende TAF-groepen.

Tabel 8 TAF-factoren per TAF-groep.

TAF-groep	Brandstof	CO	HC	NO _x	PM
Agricultural Tractor	0,98	0,5	0,83	0,98	0,71
Arc Welder	1,29	3,22	3,16	1,31	2,11
Backhoe/Loader	1,16	2,66	2,23	1,05	2,07
Crawler Dozer	0,99	1,5	0,88	0,98	1,29
Excavator	1,03	0,44	1,4	0,87	0,89
Rubber-Tire Loader	1,04	3,68	1,07	0,96	2,02
Skid-Steer Loader	1,09	1,83	1,49	0,95	1,74
High	1,01	1,53	1,05	0,95	1,23
Low	1,18	2,57	2,29	1,1	1,97

In Tabel 9 staat weergegeven in welke TAF-groep de verschillende machines werden ingedeeld.

Tabel 9 Toewijzing van de machinetypes aan de verschillende EPA TAF-groepen.

Machine	EPA TAF-groep
dumpers	Low
vorkheftrucks	High
reach stackers	High
asfalt afwerkinstallaties	Low
graaf-laadcombinaties	Backhoe/Loader
walsen/compactors	Low
betonstorters	Low
hijskranen	Low
bulldozers	Backhoe/Loader
graafmachines	Excavator
graders	High
laadschoppen	Backhoe/Loader
ruw terrein heftrucks	Backhoe/Loader
walsen	Low
asfaltfreesmachines	High
trilplaten/stampers	Low
sleuvenfrezen	High
landbouwtrekkers	Agricultural Tractor
maaidorsers	Agricultural Tractor
maishakselaars	Agricultural Tractor

Machine	EPA TAF-groep
aardappelrooiers	Agricultural Tractor
bietenrooiers	Agricultural Tractor
sputmachnies	Agricultural Tractor
mestinjecteur	Agricultural Tractor
kettingzagen professioneel	Low
strimmers	High
bosmaaiers	High
heggescharen	High
grasmaaiers	High
bladblazers	High
zitmaaiers professioneel	Low
zitmaaiers prive	High
kettingzagen	Low
compacttrekkers	Agricultural Tractor
kantenstekers professioneel	Low
verticuteermachines professioneel	High
generatoren	Low

6 Uitkomsten van het emissiemodel

Om te beginnen wordt de hoeveelheid dieselbrandstof die het emissiemodel berekent vergeleken met de hoeveelheid dieselbrandstof die jaarlijks volgens het CBS wordt gebruikt in de sector van de mobiele machines.

Vervolgens worden de emissies van mobiele machines zoals berekend met het nieuwe emissiemodel vergeleken met de uitkomsten van de emissieberekeningen zoals die tot nu toe zijn gepubliceerd door de Emissieregistratie.

Daarnaast zijn in het emissiemodel enkele emissiebronnen opgenomen waarvan niet eerder emissiecijfers werden gepubliceerd in het kader van de Emissieregistratie. Het betreft de emissies van kleine door benzine aangedreven werktuigen zoals grasmaaiers, bladblazers en trilstampers in de bouw. Ook de emissies van LPG aangedreven heftrucks werden voor het eerst geschat met het nieuwe emissiemodel.

Ten slotte worden uitkomsten van het emissiemodel per afzonderlijke machine weergegeven per groep van machines die gebruikt wordt in een bepaalde VROM-doelgroep in Emissieregistratie. De emissies worden in Emissieregistratie geaggregeerd opgeslagen onder aparte emissieoorzaken die gesorteerd zijn naar doelgroep. In de landelijke emissietotalen worden niettemin alle emissies van mobiele machines toch gerekend tot de doelgroep Verkeer en Vervoer. De resultaten van de emissies per doelgroep worden kort besproken. Niet alle emissies die met het emissiemodel kunnen worden berekend zullen worden weergegeven en besproken. Als laatste wordt een prognose getoond van de emissies van de twee belangrijke stoffen NO_x en PM₁₀ en wordt ingegaan op de oorzaken van de voorspelde emissiereductie.

6.1 Vergelijking met eerder gepubliceerde uitkomsten

6.1.1 *Brandstofgebruik op landelijk niveau*

Om de emissies met eerder gepubliceerde uitkomsten (zie Klein et al., 2007) goed te kunnen vergelijken kan men het beste eerst de uitkomsten van het ongecorrigeerde brandstofgebruik zoals is berekend met behulp van formule 1 vergelijken met de laatste inzichten van het CBS ten aanzien van het totale brandstofgebruik van mobiele machines. In Tabel 10 staan deze uitkomsten van het model (kolom totaal berekend EMMA) en de CBS data weergegeven. In Tabel 10 staan tevens de correctiefactoren die worden toegepast volgens formule 3. Het CBS heeft tot nu toe alleen cijfers gepubliceerd over het verbruik van diesel door mobiele werktuigen en niet van benzine en LPG. De uitkomsten van benzine en LPG kunnen daarom niet getoetst worden aan CBS-cijfers. Correctiefactoren (zoals gedefinieerd in formule 3) zoals bij diesel zijn daardoor niet aan de orde bij LPG en benzine.

Tabel 10 Berekend verbruik van diesel brandstof (in TJ) vergeleken met CBS data.

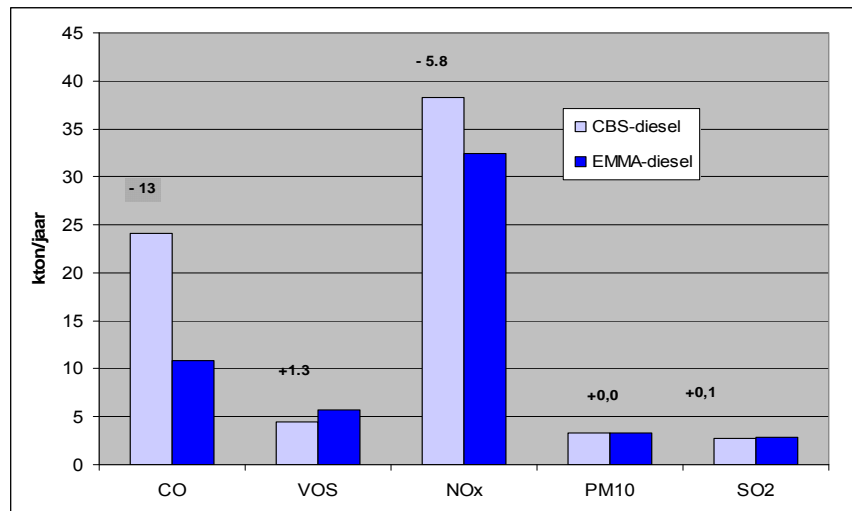
Jaar	Totaal CBS TJ	Totaal berekend EMMA TJ	Vershil TJ	Vershil %	Correctiefactor
1990	34200	24565			1.39
1991	33900	27380			1.24
1992	33200	29801			1.11
1993	35900	31797			1.13
1994	35000	33168			1.06
1995	31864	34018	2154	7	0.94
1996	34694	34584	-110	0	1.00
1997	30098	34936	4838	16	0.86
1998	34446	35215	769	2	0.98
1999	35183	35395	212	1	0.99
2000	32813	35471	2658	8	0.93
2001	28926	35864	6938	24	0.81
2002	30796	35608	4812	16	0.86
2003	34129	35129	1000	3	0.97
2004	33016	34347	1331	4	0.96
2005	36648	33828	-2819	-8	1.08
2006	35456	33687	-1769	-5	1.05
2007	32001	34171	2170	7	0.94
2008	37409	34975	-2434	-7	1.07

Opmerking: de cijfers in de groen gemarkeerde cellen kunnen niet rechtstreeks worden vergeleken omdat de vulling van het emissiemodel met verkoopcijfers uit historische jaren voor sommige werktuigen onvoldoende is.

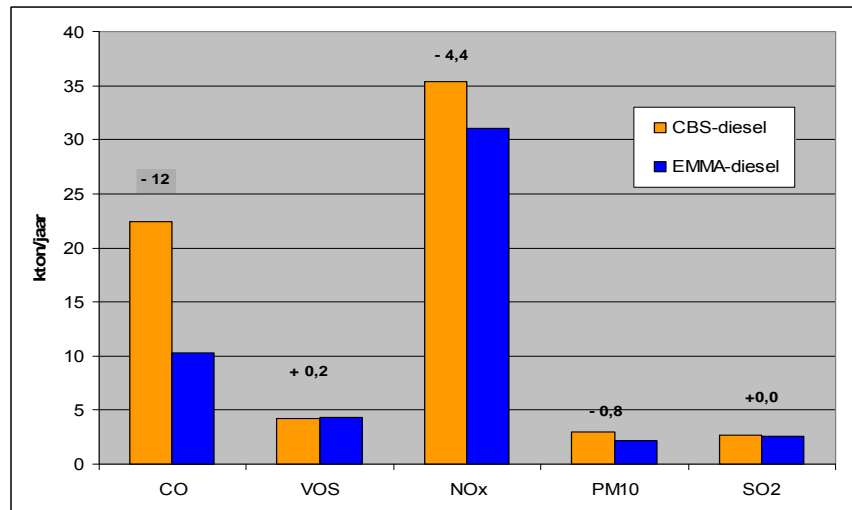
Uit Tabel 10 blijkt dat de uitkomsten van de brandstofberekening van het emissiemodel in de meeste gevallen minder dan 10 procent van de CBS data afwijken. Dit is een verrassend goed resultaat. Bij het CBS wordt nog nader onderzoek verricht naar de redenen waarom de cijfers van de jaren 1997, 2001 en 2002 een grotere afwijking vertonen ten opzichte van de andere jaren. De relatief geringe afwijking van de uitkomsten van het emissiemodel van de cijfers van het CBS geeft aan dat er gemiddeld genomen geen ernstige afwijkingen in de ingevoerde parameters in het emissiemodel aanwezig zijn. Dat wil niet zeggen dat de uitkomsten van het emissiemodel in details (bijvoorbeeld bij afzonderlijke machines) geen significante afwijkingen van de werkelijkheid zouden kunnen vertonen. Het berekenen van uitkomsten voor individuele machines is echter niet de primaire reden waarvoor het emissiemodel gemaakt is. Het doel van het emissiemodel is om redelijk betrouwbare emissiecijfers te verkrijgen op landelijk niveau waarin de belangrijkste wijzigingen van de emissiefactoren van het landelijke machinepark zo goed mogelijk worden weerspiegeld.

6.1.2 Emissies ten gevolge van dieselverbruik op landelijk niveau Macrocomponenten

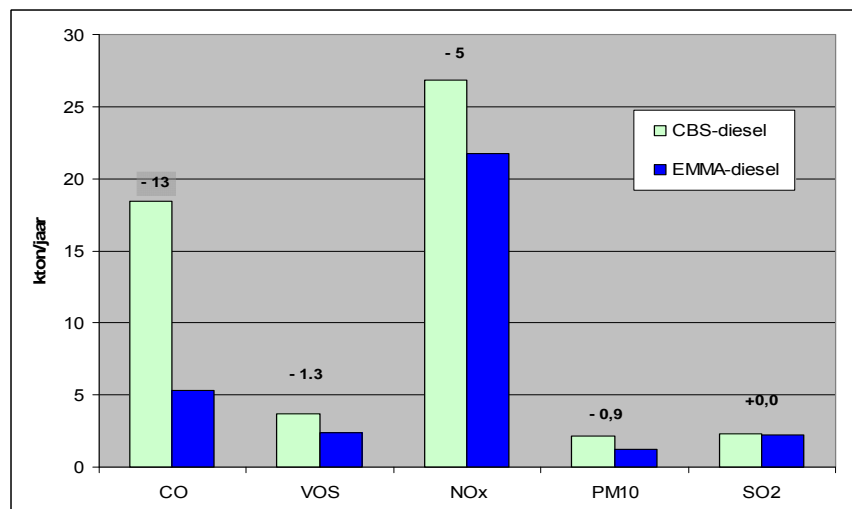
In Figuur 11, Figuur 12 en Figuur 13 staan de emissies getoond die werden berekend met het EMMA-model voor de jaren 1990, 2000 en 2007. Tevens staan per stof per jaar de verschillen tussen de uitkomsten van het EMMA-model met de emissies die tot nu toe werden berekend op basis van alleen de totale hoeveelheid afgezette dieselbrandstof.



Figuur 11 Emissies van mobiele machines diesel in 1990 berekend met EMMA vergeleken met CBS data.



Figuur 12 Emissies van mobiele machines diesel in 2000 berekend met EMMA vergeleken met CBS data.



Figuur 13 Emissies van mobiele machines diesel in 2007 berekend met EMMA vergeleken met voorlopige CBS data.

Uit Figuur 11, Figuur 12 en Figuur 13 blijkt dat de verschillen tussen de eerdere berekeningen en het EMMA-model variëren per stof. Voor koolstofmonoxide is de totale berekende emissie met het nieuwe model voor alle jaren meer dan 10 kiloton lager. Kennelijk zijn de emissiefactoren van CO die werden overgenomen van TREMOD MM duidelijk lager dan de emissiefactoren die tot nu toe werden gehanteerd. Bij de vluchtige organische stoffen (VOS) wordt voor 1990 een hogere emissie van 1 kiloton extra berekend met het nieuwe emissiemodel, terwijl voor 2007 juist 1 kiloton minder emissie wordt berekend. Het lager worden van de emissies is een gevolg van verjonging van het motorenpark van mobiele werktuigen die door het nieuwe emissiemodel heel consequent berekend wordt.

Voor stikstofoxiden (NO_x) wordt voor alle jaren een emissie berekend die ongeveer 4 tot 6 kiloton lager ligt dan tot dusver werd berekend. Kennelijk zijn ook de emissiefactoren van NO_x die werden overgenomen van TREMOD MM lager dan de emissiefactoren die tot nu toe werden gehanteerd.

Voor fijn stof is het resultaat van het nieuwe emissiemodel voor het jaar 1990 gelijk terwijl voor het jaar 2000 en 2007 de emissie 800 tot 900 ton lager is dan voorheen werd berekend. Het lager worden van de emissies is ook voor deze stof een gevolg van verjonging van het motorenpark van mobiele werktuigen die door het nieuwe emissiemodel heel consequent berekend wordt. Voor SO₂ zijn er geen verschillen te zien. Dit mag geen verwondering wekken aangezien SO₂ wordt berekend op basis van de hoeveelheid brandstof die door de correctiefactor in het emissiemodel gelijkgetrokken wordt.

Microcomponenten

In Tabel 11 staan de emissies vermeld van enkele microcomponenten van diesel gebruik door mobiele machines die werden berekend op basis van het emissiemodel. De emissiefactoren van de stoffen distikstofoxide (N₂O) en ammoniak (NH₃) staan vermeld in Tabel 7. De emissiefactoren van benzeen, PAK en methaan staan vermeld in tabel 2.7 in de tabellenset behorend bij het methodiekrapport van de taakgroep Verkeer en Vervoer (Klein et al., 2007).

Tabel 11 Emissies van enkele microcomponenten door dieselgebruik door mobiele machines, ton.

Stof	1990	1995	2000	2005	2007
Distikstofoxide (N ₂ O)	21	19	20	22	19
Ammoniak (NH ₃)	8	7	8	9	7
Benzeen	110	93	83	66	45
PAK (10 van VROM)	16	14	12	10	7
Methaan	230	193	173	139	94

6.2 Niet eerder gepubliceerde uitkomsten

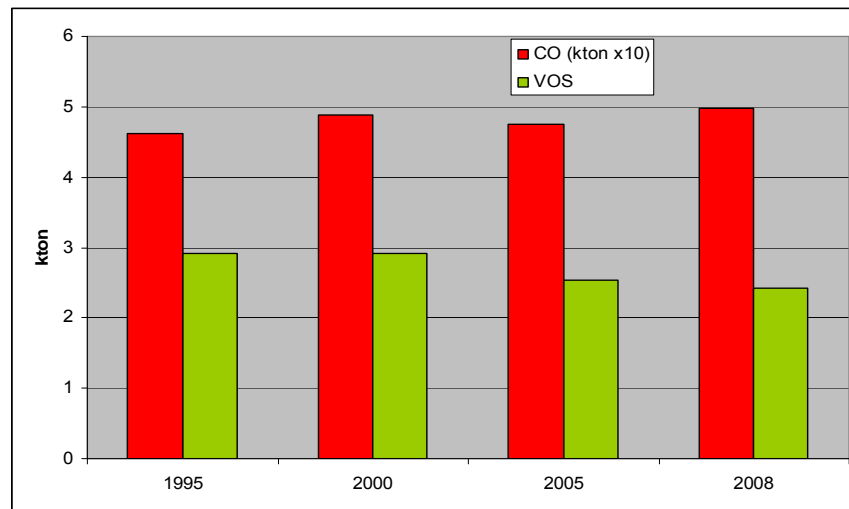
In het nieuwe emissiemodel is een aantal mobiele werktuigen meegenomen die tot nu toe niet werden meegenomen in de Emissieregistratie. Het gaat daarbij om kleine werktuigen met zowel 2-takt als 4-takt benzinemotoren die voornamelijk worden gebruikt voor tuin- en groenonderhoud zoals grasmaaiers, bladblazers, heggencharen, kettingzagen, kantenstekers en verticuteermachines. Een aantal machines wordt ook professioneel ingezet zoals zitmaaiers, kettingzagen in de bosbouw en trilstampers in de

wegenbouw. Dit heeft vooral consequenties voor de emissies van CO en VOS die verderop in dit rapport nog wordt besproken.

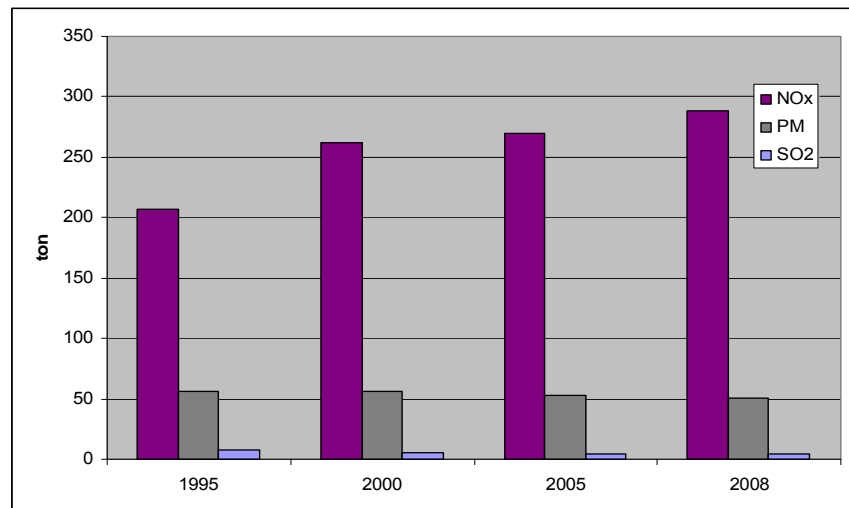
Verder zijn ook de emissies van heftrucks meegenomen. Vanwege het belang van gezonde arbeidsomstandigheden wordt een toenemend aantal heftrucks aangedreven door LPG en elektrische tractiebatterijen. Dit heeft met name een gevolg voor de emissies van NO_x die later nog besproken wordt.

In Figuur 14 en Figuur 15 staan de totale emissies weergegeven van benzine aangedreven werktuigen.

6.2.1 Emissies ten gevolge van benzineverbruik op landelijk niveau



Figuur 14 Ontwikkeling van emissies ten gevolge van benzineverbruik van mobiele machines.



Figuur 15 Ontwikkeling van emissies ten gevolge van benzineverbruik van mobiele machines.

Uit Figuur 14 blijkt dat de emissies van koolstofmonoxide (CO) en vluchtige organische stoffen (VOS) uit deze kleine door benzine-aangedreven werktuigen zeer aanzienlijk zijn. De hoge emissies worden veroorzaakt doordat een groot deel van de

benzine slechts gedeeltelijk verbrandt in de relatief eenvoudige 2-takt en 4-taktmotoren zonder enige voorziening tot emissiebeperking en met een zeer tolerante emissienormering tot op heden. Uit Figuur 15 blijkt dat de emissies van de overige stoffen zoals NO_x , PM_{10} en SO_2 van benzine-aangedreven werktuigen in absolute zin erg laag zijn, in tegenstelling tot de emissies van CO en VOS.

Microcomponenten

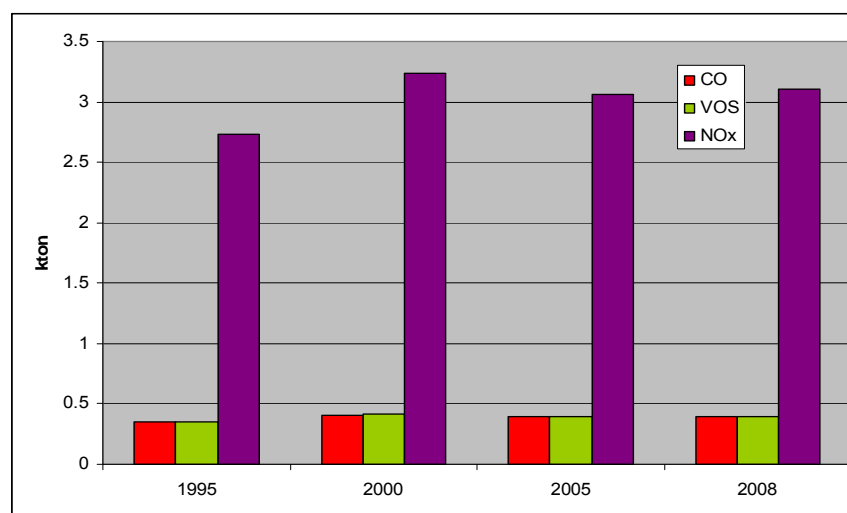
In Tabel 12 staan de emissies vermeld van enkele microcomponenten ten gevolge van benzinegebruik door mobiele machines die werden berekend op basis van het emissiemodel. De emissiefactoren van de stoffen distikstofoxide (N_2O) en ammoniak (NH_3) staan vermeld in Tabel 7. De emissiefactoren van benzeen, PAK en methaan staan vermeld in tabel 2.7 in de tabellenset behorend bij het methodiekrapport van de taakgroep Verkeer en Vervoer (Klein et al., 2007).

Tabel 12 Emissies van enkele microcomponenten door benzinegebruik door mobiele machines, ton.

Stof	1990	1995	2000	2005	2007
Distikstofoxide (N_2O)	0.5	1.0	1.1	1.1	1.1
Ammoniak (NH_3)	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
Benzeen	86	125	125	109	105
PAK (10 van VROM)	0.7	1.1	1.1	1.0	0.9
Methaan	100	146	146	127	123

6.2.2 Emissies ten gevolge van LPG-verbruik op landelijk niveau

In Figuur 16 staan de emissies weergegeven ten gevolge van het verbruik van LPG in heftrucks.



Figuur 16 Ontwikkeling van emissies ten gevolge van LPG-verbruik van mobiele machines.

Uit Figuur 16 blijkt dat de hoeveelheid NO_x uit heftrucks van enkele kilotonnen niet verwaarloosbaar is. De emissies die voor heftrucks worden berekend met het emissiemodel vormen een nieuwe extra bron van emissies binnen de Emissieregistratie.

Tot nu toe heeft de emissienormering weinig impact op de motoren van heftrucks op LPG waardoor deze emissies min of meer constant blijven.

Microcomponenten

In Tabel 13 staan de emissies vermeld van enkele microcomponenten ten gevolge van LPG-gebruik door mobiele machines die werden berekend op basis van het emissie-model. De emissiefactoren van PAK en methaan als fractie van koolwaterstoffen staan vermeld in tabel 1.31 in de tabellenset behorend bij het methodiekrappport van de taakgroep Verkeer en Vervoer (Klein et al., 2007).

Tabel 13 Emissies van enkele microcomponenten door LPG-gebruik door mobiele machines, ton.

Stof	1990	1995	2000	2005	2007
PAK (10 van VROM)	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03
Methaan	5	11	12	12	12

6.3 Emissie per doelgroep per machine

In de volgende paragrafen worden de emissies van mobiele werktuigen besproken per doelgroep. Indien daartoe aanleiding bestaat zullen ook de emissies van individuele werktuigen worden besproken. Als referentie wordt soms gesproken over de huidige doelgroeptotalen daarom is hier als referentie een tabel opgenomen waarin de huidige doelgroeptotalen voor een aantal stoffen is vermeld voor het jaar 2005.

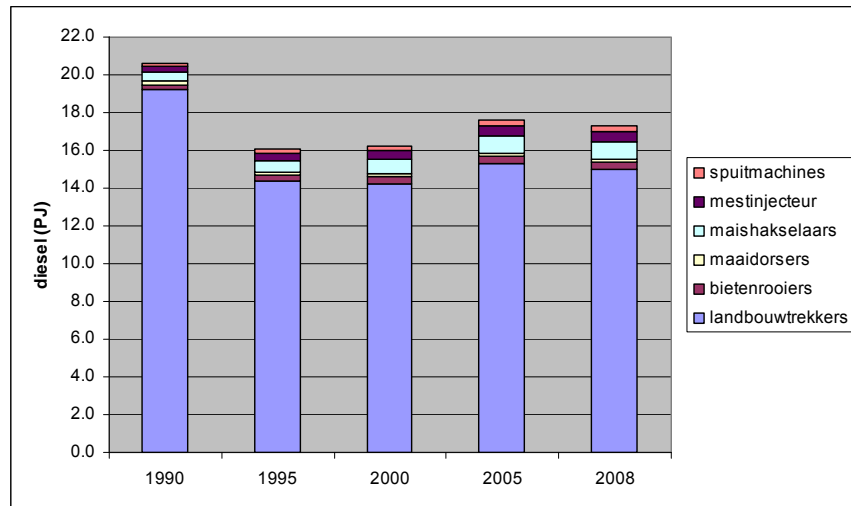
Overigens worden alle emissies van mobiele machines in de Emissieregistratie formeel toegekend aan de doelgroep Verkeer en Vervoer waardoor de vergelijking met de doelgroeptotalen slechts een oriënterende waarde heeft.

Tabel 14 Emissies van enkele relevante doelgroepen volgens Emissieregistratie in 2005, ton.

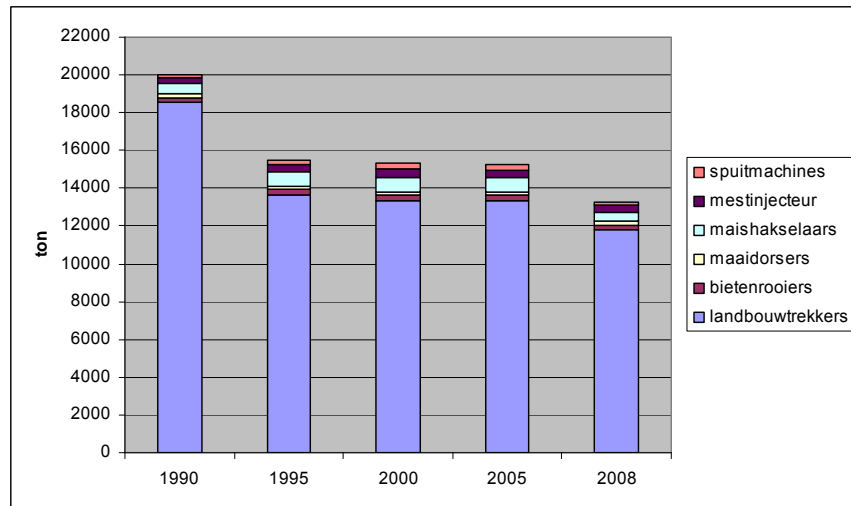
Doelgroep	NO _x	PM ₁₀	SO _x	CO	VOS
Landbouw	12308	8833	359	1256	436480
Bouw	824	1211	122	775	8564
Industrie	34240	8717	14945	148492	44128
Consumenten	15165	3320	510	54286	36864
Handel, Diensten en Overheid (HDO)	10923	953	399	2540	24276

6.3.1 Landbouw

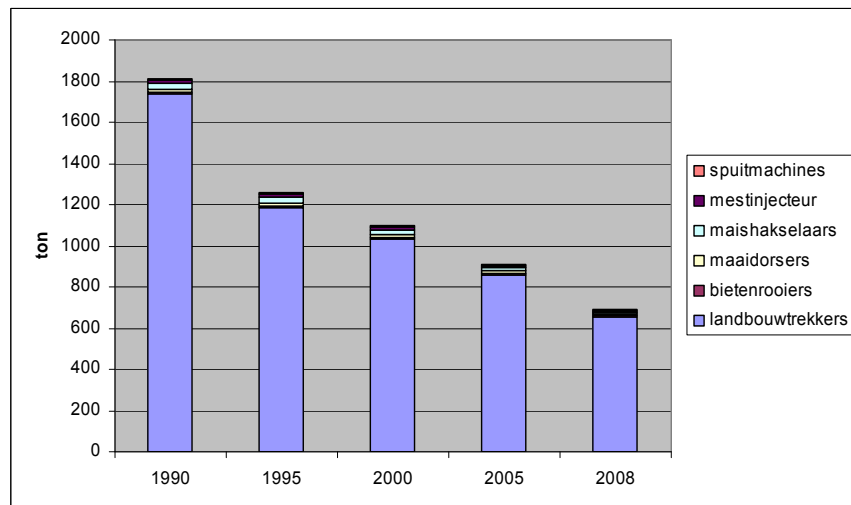
In Figuur 17 t/m Figuur 20 worden de ontwikkeling in het energiegebruik en de emissies van mobiele werktuigen in de landbouw getoond. Het betreft uitsluitend de werktuigen die door dieselbrandstof worden aangedreven.



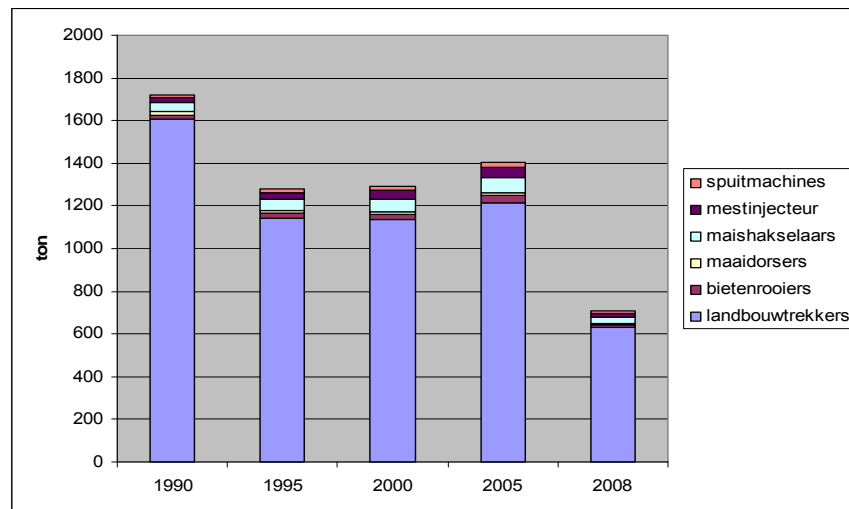
Figuur 17 Energieverbruik door landbouwmachines.



Figuur 18 NO_x emissie door landbouwmachines.



Figuur 19 PM₁₀ emissie door landbouwmachines.

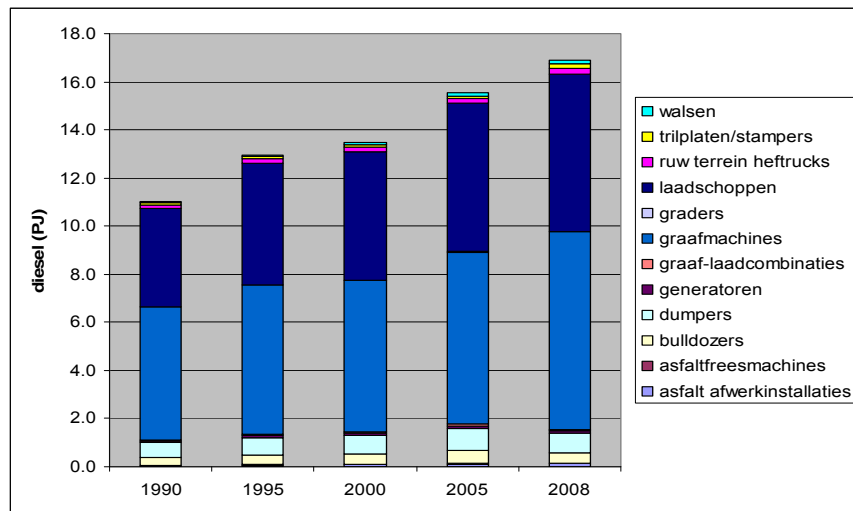


Figuur 20 SO₂ emissie door landbouwmachines.

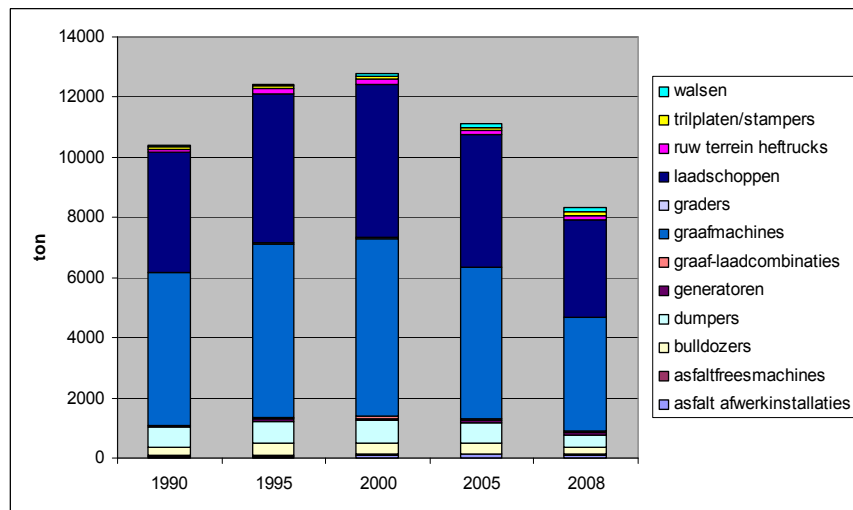
Uit Figuur 17 t/m Figuur 20 blijkt dat verreweg de grootste hoeveelheid brandstof wordt gebruikt door de landbouwtractoren waar generiek allerlei soorten agrarische werktuigen aan kunnen worden gekoppeld. Ongeveer 10 procent van de brandstof in de landbouw blijkt volgens het emissiemodel te worden gebruikt door de meer gespecialiseerde zelfrijdende machines. Dit lijkt vrij logisch aangezien veel gespecialiseerde werktuigen slechts gedurende een beperkte periode van het jaar kunnen worden gebruikt waardoor deze machines alleen rendabel kunnen worden ingezet indien ze vrijwel non-stop kunnen worden gebruikt in de daarvoor in aanmerking komende periodes. Veelal zal dit daarom plaatsvinden door loonbedrijven. De emissies van NO_x en PM₁₀ vertonen duidelijk een dalende trend die vooral het gevolg is van de voortgaande modernisering van het machinepark die de introductie met zich mee brengt van machines die aan strengere emissienormen moeten voldoen. De scherpe daling van de emissie van SO₂ in 2008 is het gevolg van de invoering van de Europese zwavelnorm voor dieselbrandstof van 1000 mg/kg.

6.3.2 *Bouw*

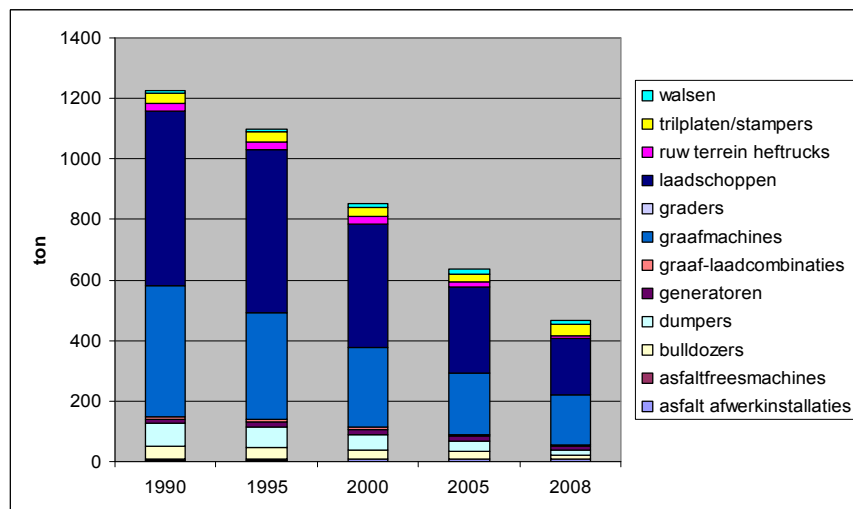
In Figuur 21 t/m Figuur 24 worden de ontwikkeling in het energiegebruik en de emissies van mobiele werktuigen in de bouw getoond. Het betreft hier uitsluitend de werktuigen die door dieselbrandstof worden aangedreven.



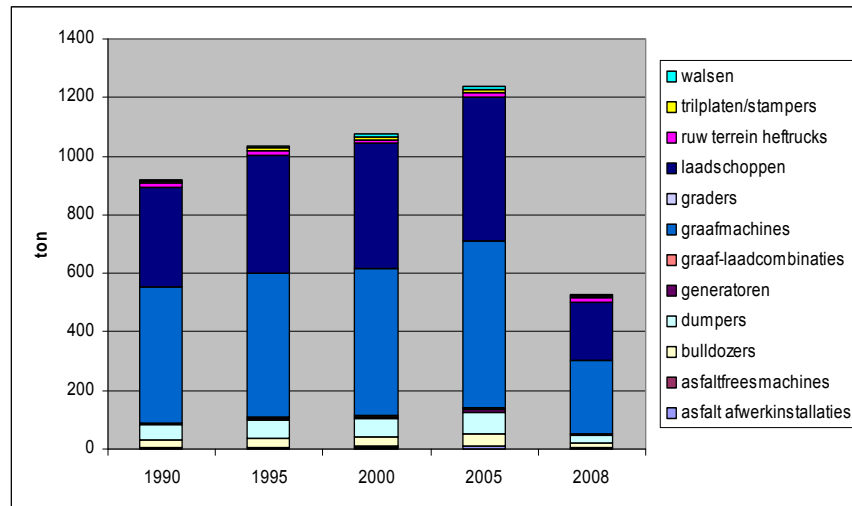
Figuur 21 Energieverbruik door bouwmachines.



Figuur 22 NO_x emissie door bouwmachines.



Figuur 23 PM₁₀ emissie door bouwmachines.

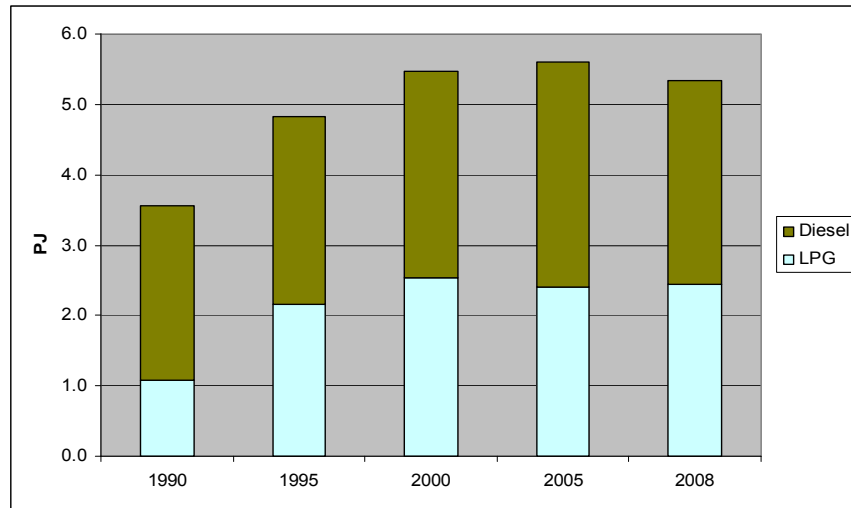


Figuur 24 SO₂ emissie door bouwmachines.

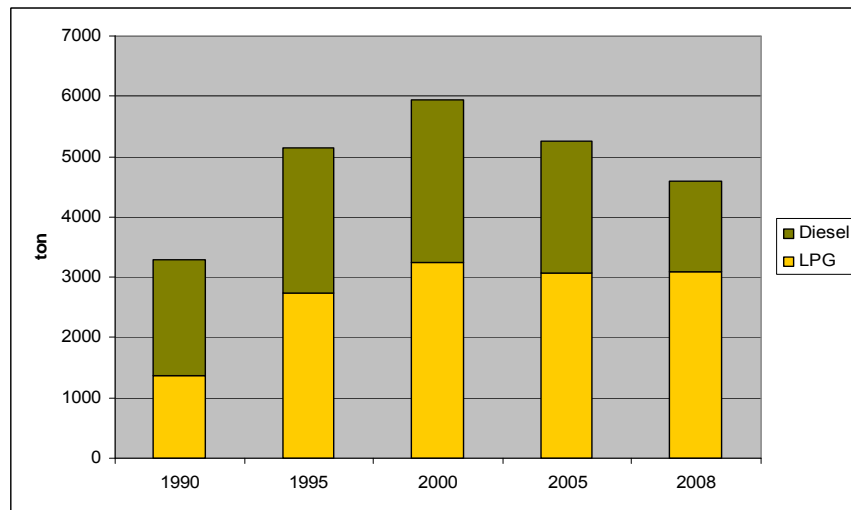
Uit Figuur 21 blijkt dat verreweg het grootste deel van de brandstof wordt gebruikt door een tweetal machinetypen namelijk de graafmachines en de laadschoppen. Samen gebruiken deze twee machinetypen meer dan 85 procent van de brandstof van alle bouwmachines. Uit Figuur 21 blijkt eveneens dat de trend in het gebruik van energie door bouwmachines tot en met 2008 een stijging vertoonde. Ondanks de stijgende trend in het energiegebruik werd met het emissiemodel toch een dalende trend in de emissies van NO_x en PM₁₀ berekend zoals blijkt uit Figuur 22 en Figuur 23. Dit is het gevolg van de voortgaande modernisering van het machinepark die de introductie van machines inhoudt die aan strengere emissienormen moeten voldoen. De scherpe daling van de emissie van SO₂ in 2008 (zie Figuur 24) is het gevolg van de invoering van de Europese zwavelnorm voor dieselbrandstof van 1000 mg/kg.

6.3.3 Industrie

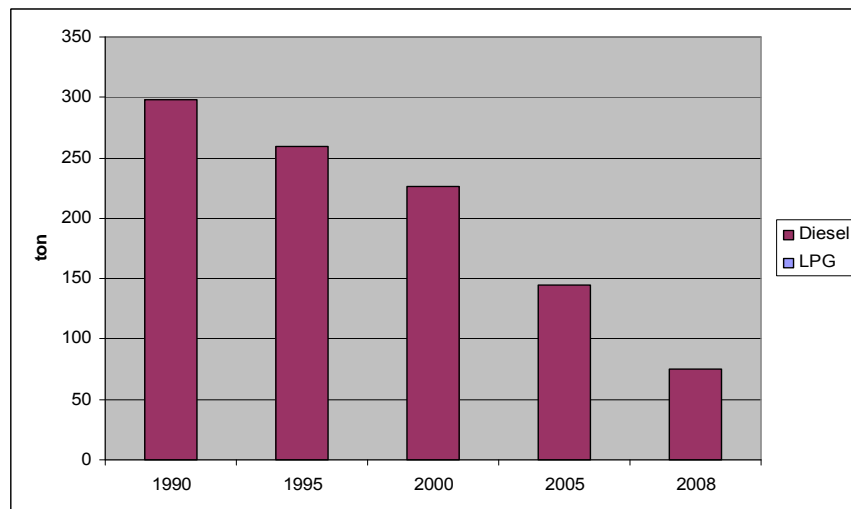
In Figuur 25 t/m Figuur 27 worden de ontwikkeling in het energiegebruik en de emissies van mobiele werktuigen in de industrie getoond. Het betreft hier zowel de werktuigen die door dieselbrandstof worden aangedreven als de werktuigen die door LPG worden aangedreven.



Figuur 25 Energiegebruik door intern transport industrie.



Figuur 26 NO_x emissie door intern transport industrie.

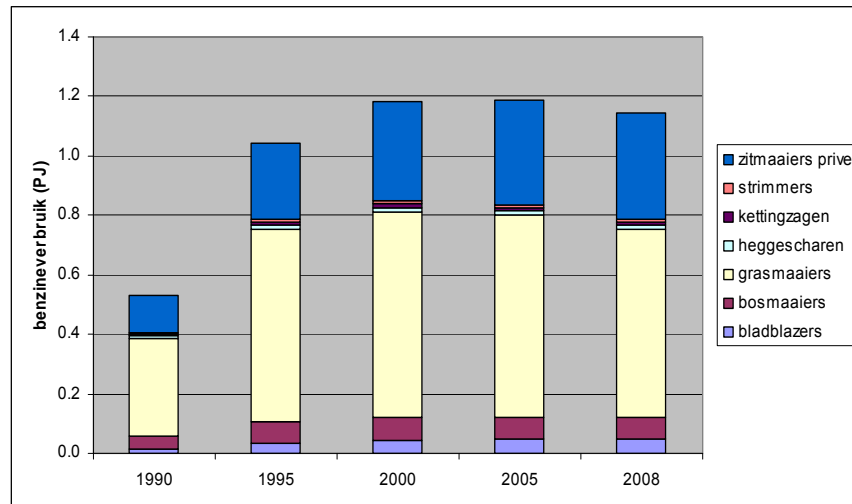


Figuur 27 PM₁₀ emissie door intern transport industrie.

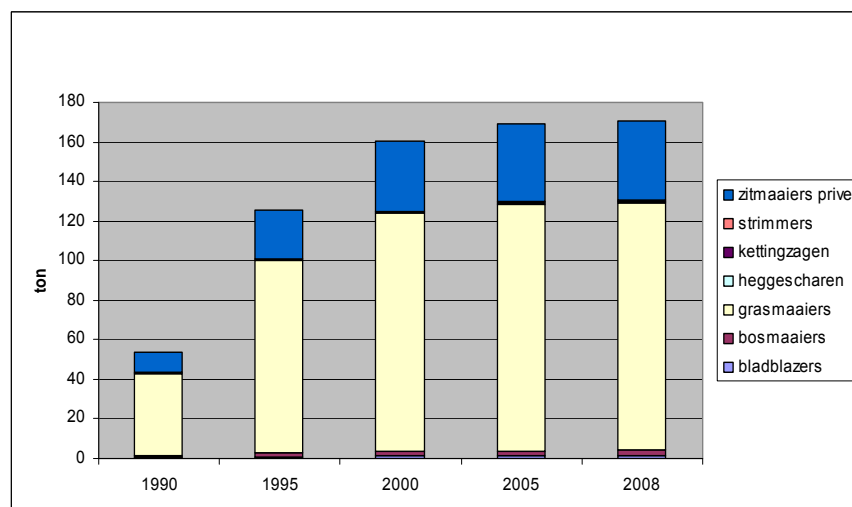
Uit Figuur 25 blijkt dat het aandeel van LPG (gerekend in energie) in intern transport van begin jaren negentig tot rond het jaar 2000 is gestegen van ongeveer 30 procent naar zo'n 50 procent. Naast de heftrucks zitten ook nog een aantal reach-stackers in het emissiemodel. Deze zeer zware heftrucks worden alleen ingezet bij het transport van containers op containerterminals. Het vermoeden bestaat dat de emissies van zeer sterk gespecialiseerde machines (waaronder de emissies van reach-stackers) die voorkomen in havens en luchthavens door het nieuwe emissiemodel nog onvoldoende zijn afgedekt. In numeriek opzicht hebben de op LPG lopende heftrucks reeds de overhand. Uit Figuur 26 en Figuur 27 blijkt dat de emissies van NO_x en PM_{10} van de diesel-aangedreven heftrucks in de loop der jaren afneemt als gevolg van de Europese emissienormering. De PM_{10} -emissie van LPG-aangedreven heftrucks is vrijwel nihil en is daarom niet berekend.

6.3.4 Consumenten

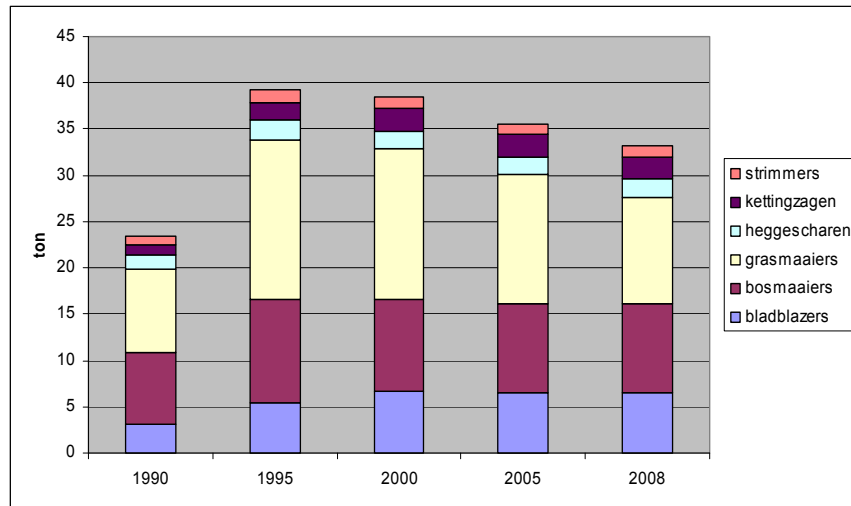
In Figuur 28 t/m Figuur 32 worden de ontwikkeling in het energiegebruik en de emissies van mobiele werktuigen door consumenten getoond. In deze groep komen uitsluitend kleinere werktuigen voor die door benzine worden aangedreven.



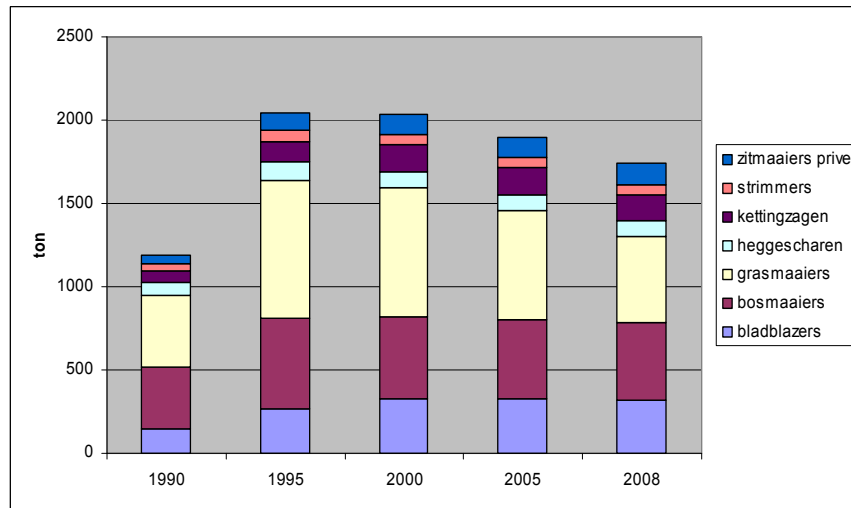
Figuur 28 Energieverbruik door particulieren in groenonderhoud.



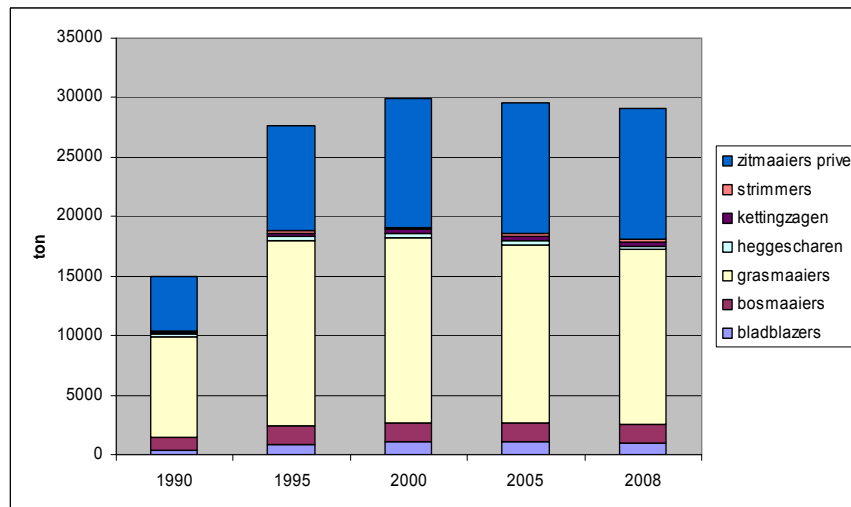
Figuur 29 NO_x emissie door particulieren in groenonderhoud.



Figuur 30 PM₁₀ emissie door particulieren in groenonderhoud.



Figuur 31 VOS emissie door particulieren in groenonderhoud.

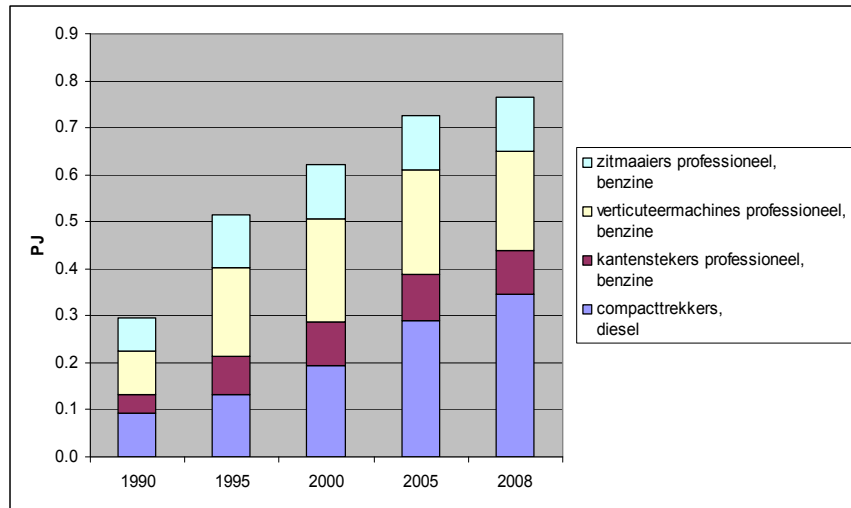


Figuur 32 CO emissie door particulieren in groenonderhoud.

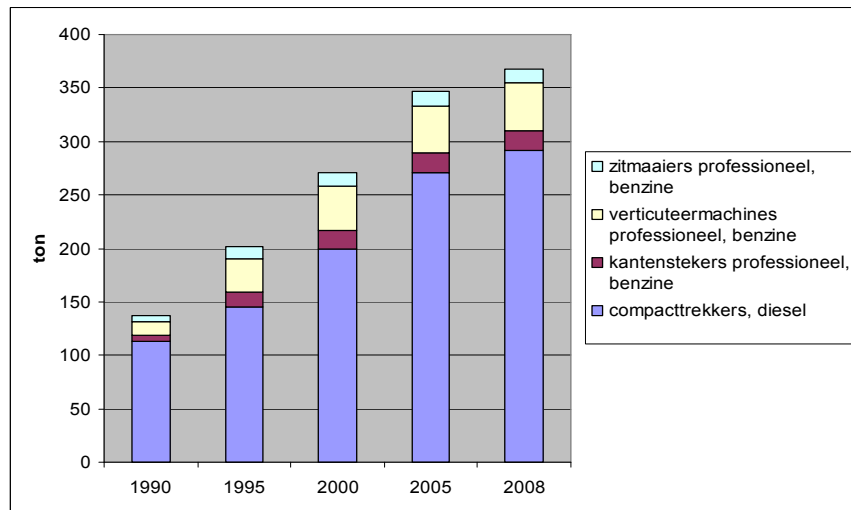
Uit Figuur 28 blijkt dat met behulp van het nieuwe emissiemodel is geschat dat de hoeveelheid benzine die door particulieren in groenonderhoud wordt besteed de laatste jaren net iets meer dan 1 PJ bedraagt. Deze berekende hoeveelheid komt overeen met zo'n 36 miljoen liter per jaar hetgeen iets meer dan 2 liter per Nederlander is. Het is moeilijk te bepalen of dit een redelijk cijfer is. Uit Figuur 28 blijkt verder dat ongeveer de helft van de benzine wordt gebruikt door de handmatig geduwde grasmaaiers, waarvan er ongeveer 600.000 actief gebruikt worden (zie Figuur 9). Dit komt neer op ongeveer 30 liter benzine per grasmaaier per jaar. Bij een aantal maaibeurten tussen de 20 (TNO-schatting) en de 35 (Volgers, 2007) ligt het verbruik tussen 1 en 1,5 liter per maaibeurt. Dit lijkt alleszins redelijk. Het verbruik van de zitmaaiers is volgens het emissiemodel ongeveer 10 miljoen liter benzine wat bij 100.000 machines zie (zie Figuur 9) neerkomt op 100 liter per zitmaaier per jaar. Per maaibeurt ligt het verbruik van de zitmaaiers dan tussen 3 en 5 liter benzine. Dit lijkt een realistische uitkomst. Het grootste gedeelte van het benzinegebruik van particulieren voor groenonderhoud is dan hiermee verklaard. Een echte validatie van dit gedeelte van het emissiemodel is niet mogelijk zonder extra onderzoek. Wel is hiermee gecontroleerd dat de uitkomsten realistisch zijn. Uit Figuur 29 en Figuur 30 blijkt dat de NO_x en de PM_{10} emissies van de machines voor groenonderhoud in absolute zin erg laag zijn. Echter uit Figuur 31 en Figuur 32 blijkt dat de emissies van koolstofmonoxide (CO) en VOS met respectievelijk ongeveer 55% en 6% ten opzichte van de huidige doelgroeptotalen een zeer significante bijdrage leveren. In de workshop is aangegeven door de deskundige op het gebied van emissiefactoren van TNO EST dat de emissiefactoren van 2-takt en 4-takt motoren van de stoffen koolstofmonoxide (CO) en VOS mogelijk te hoog zijn. In de literatuur zijn echter publicaties (Priest et al., 2000 en Volckens et al., 2007) aangetroffen waaruit blijkt dat de gebruikte emissiefactoren goed overeenkomen met de resultaten uit praktijkmetingen van de betreffende publicaties. Men kan hiertegen inbrengen dat deze metingen zijn uitgevoerd in Australië en de Verenigde Staten en daarom misschien niet representatief zijn voor de Europese situatie. Er is daarom ook nog een rapport bestudeerd dat in opdracht van de Europese Commissie is gemaakt (Miersch & Sachse, 1999). Uit dit rapport blijkt dat de emissiefactoren uit TREMOD MM van benzinemotoren in elk geval ook realistisch zijn voor de Europese situatie. Om die reden zijn de oorspronkelijke emissiefactoren van VOS en CO in het emissiemodel voorlopig gehandhaafd. Voor een werkelijke verbetering van de emissiefactoren van benzine aangedreven machines zou een uitgebreid meetprogramma noodzakelijk zijn.

6.3.5 *Handel, diensten en overheid (HDO)*

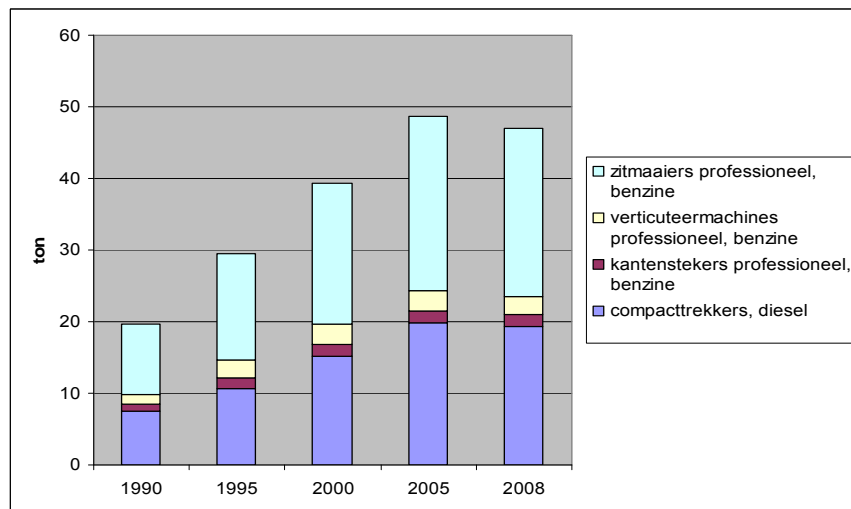
In Figuur 33 t/m Figuur 37 worden de ontwikkeling in het energiegebruik en de emissies van mobiele werktuigen door het professionele groenonderhoud (HDO) getoond. In deze groep komen zowel werktuigen voor die door benzine worden aangedreven als kleinere diesel aangedreven compacttrekkers waaraan verschillende gespecialiseerde hulpstukken kunnen worden gekoppeld.



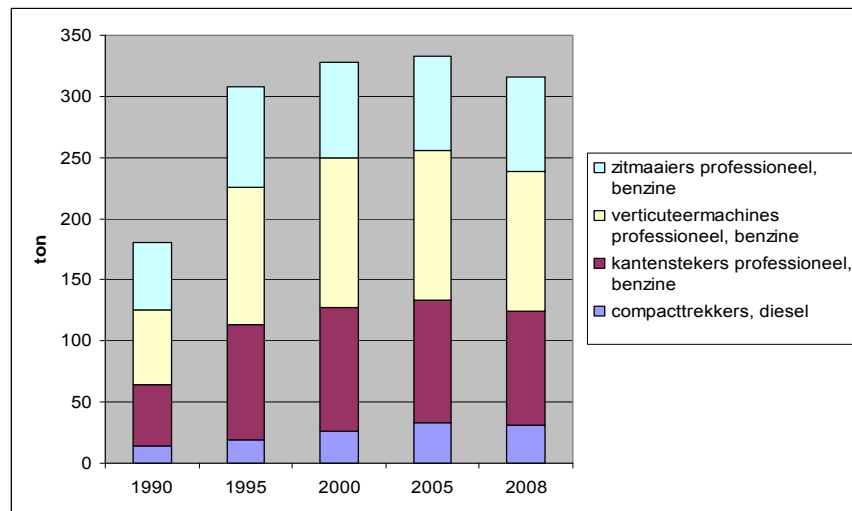
Figuur 33 Energieverbruik door professioneel groenonderhoud.



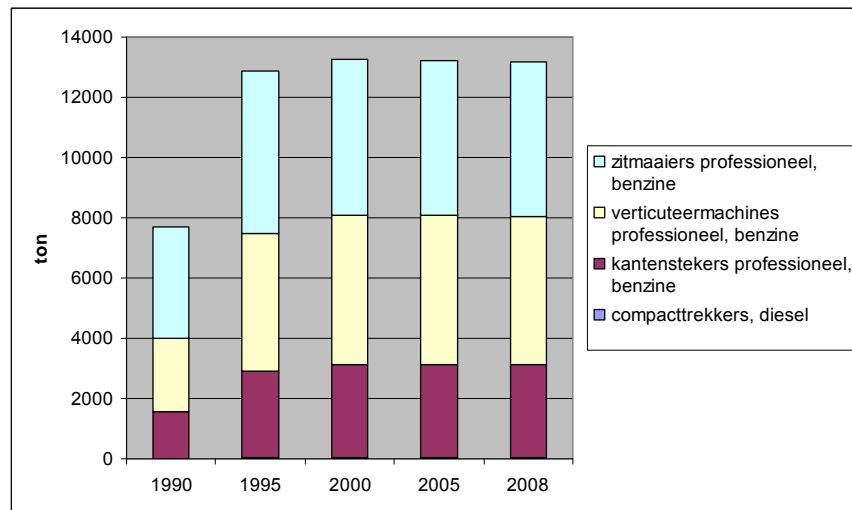
Figuur 34 NO_x emissie door professioneel groenonderhoud.



Figuur 35 PM₁₀ emissie door professioneel groenonderhoud.



Figuur 36 VOS emissie door professioneel groenonderhoud.



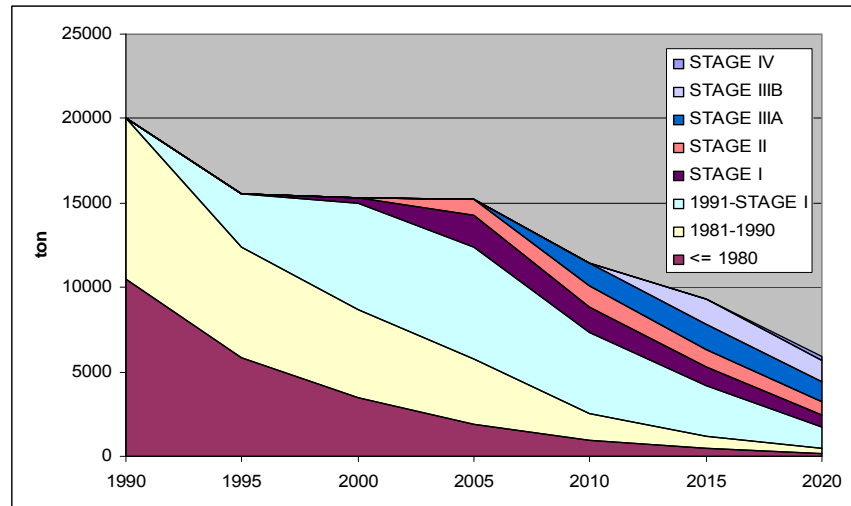
Figuur 37 CO emissie door professioneel groenonderhoud.

Uit Figuur 33 blijkt dat het brandstofgebruik van de diesel-aangedreven compacttrekkers met 0,3 PJ per jaar nog laag is maar toch wel vrij snel is toegenomen. Het gebruik van benzine door gespecialiseerd groenonderhoud is vrij constant en ligt op een vrij laag niveau van 0,4 PJ wat neerkomt op ongeveer 12 miljoen liter benzine per jaar. De onzekerheid in het laatste getal is vrij groot omdat het aantal verkochte machines (uitgezonderd compacttrekkers) is afgeleid van de situatie in België.

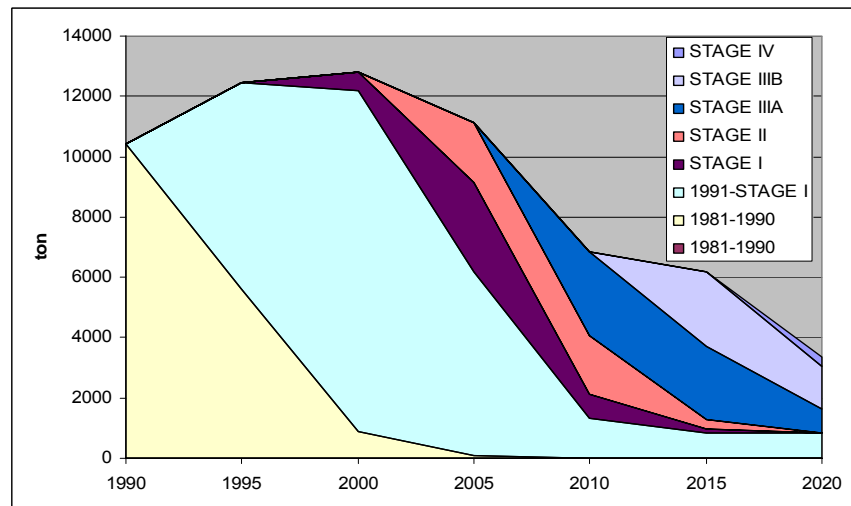
Uit Figuur 34 en Figuur 35 blijkt dat de NO_x en de PM_{10} emissies van de machines voor professioneel groenonderhoud in absolute zin erg laag zijn. De emissies van NO_x stijgen echter wel ten gevolge van een stijgend aantal compacttrekkers. Uit Figuur 36 en Figuur 37 blijkt dat de emissies van de stoffen koolstofmonoxide (CO) en VOS door professioneel groenonderhoud van respectievelijk ongeveer 500% en 1,5% ten opzichte van de huidige doelgrooptotalen (Tabel 14) significant zijn. In het voorheen gebruikte emissiemodel kwamen deze cijfers nog niet voor.

6.4 Verklaring van emissiedalingen en prognoses

Het emissiemodel bevat in principe de mogelijkheid om verklaringen van emissiedaling(verandering) en prognoses te produceren. Voor de twee belangrijke stoffen NO_x en PM_{10} laten we hier de uitkomsten zien van de emissies ten gevolge van dieselgebruik in de sectoren landbouw en bouw van de jaren 1990 tot en met 2020. Uitgangspunt voor deze berekeningen is dat de verkoop van machines van het jaar 2007 gehandhaafd blijft en dat de emissiefactoren dalen zoals is voorzien in de Europese regelgeving.



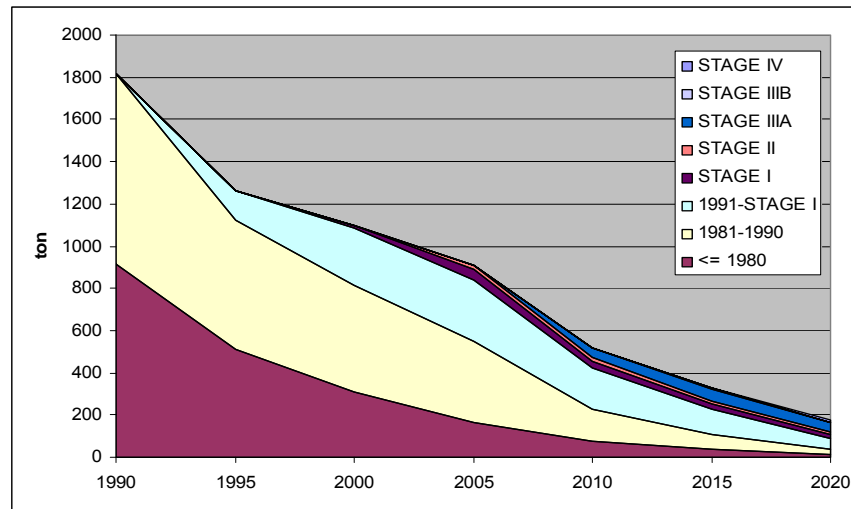
Figuur 38 Ontwikkeling van de emissies van NO_x door landbouwmachines.



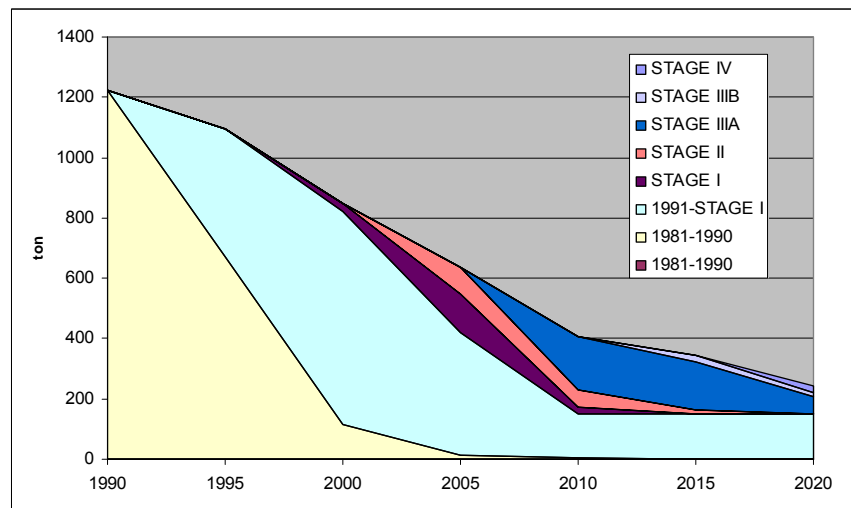
Figuur 39 Ontwikkeling van de emissies van NO_x door bouwmachines.

In Figuur 38 en Figuur 39 is duidelijk te zien dat de emissies van NO_x vanaf het jaar 2000 een dalende trend vertonen. Dit wordt veroorzaakt doordat de emissiefactoren vanaf stage II en daarna veel lager zijn dan emissiefactoren van de daaraan voorafgaande technologieën. De emissies van bouwmachines stijgen aanvankelijk nog door toename van energiegebruik maar dalen vervolgens sneller omdat de bouwmachines gemiddeld jonger zijn dan de machines in de landbouw. Machines van voor 1981

komen in de bouw niet voor terwijl machines van voor 1990 sneller uit gebruik worden genomen.



Figuur 40 Ontwikkeling van de emissies van PM₁₀ door landbouwmachines.



Figuur 41 Ontwikkeling van de emissies van PM₁₀ door bouwmachines.

In Figuur 40 en Figuur 41 is duidelijk te zien dat de emissies van PM₁₀ al vanaf het jaar 1990 duidelijk een dalende trend vertonen. Dit wordt veroorzaakt doordat de emissiefactoren vanaf stage I en daarna veel lager zijn dan emissiefactoren van de daaraan voorafgaande technologieën. De emissies van landbouwmachines dalen relatief meer dan van de machines in de bouw omdat de relatief hoge emissies van machines van voor 1981 worden uitgefaseerd. Machines van voor 1980 kwamen in de bouw in 1990 niet voor volgens het emissiemodel, terwijl machines van 1981-1990 sneller uit gebruik worden genomen dan bij landbouw.

7 Toekomstige ontwikkelingen dieselmotoren voor mobiele werktuigen

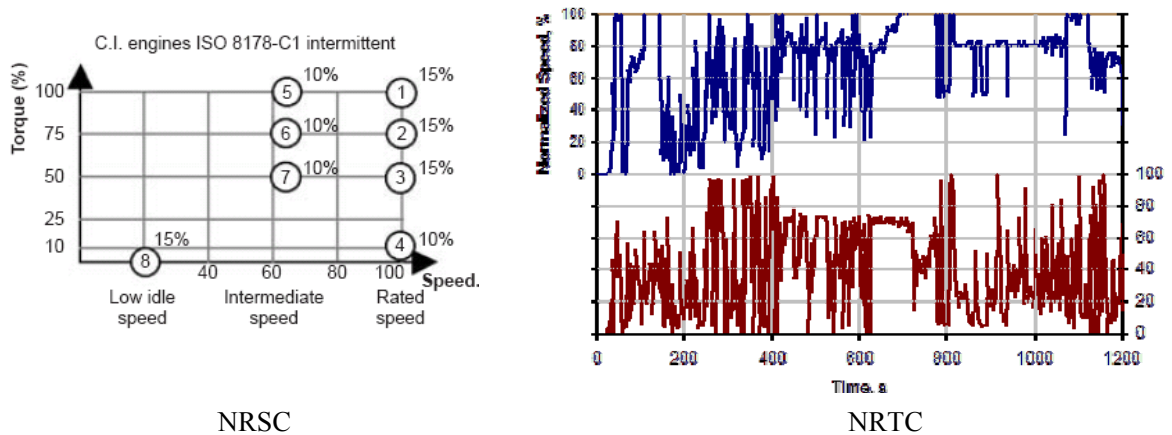
7.1 EU emissiewetgeving voor niet voor de weg bestemde mobiele machines

In 1997 werd in de Europese richtlijn 97/68/EC voor de eerste keer wetgeving vastgelegd voor de emissies van niet voor de weg bestemde mobiele machines (non-road) die op diesel lopen, zoals machines voor de wegenbouw of compressoren. De wetgeving werd geïmplementeerd in twee stappen: Stage I werd geïmplementeerd in 1999, Stage II werd geïmplementeerd van 2001 tot 2004, afhankelijk van de vermogensklasse van de motor. De wetgeving voor tractoren in de bos- en landbouw is in 2000 vastgelegd in de Europese richtlijn 2000/25/EC. Er gelden dezelfde grenswaarden, alleen de invoeringsdata van de verschillende stappen zijn verschillend. Motoren gebruikt in schepen, locomotieven, vliegtuigen en generatorsets werden niet door Stage I en II gedekt. In 2002 werd Directive 2002/88/EC aangenomen. Hiermee werd 97/68/EC geamendeerd en werd een emissiestandaard toegevoegd voor kleine benzine motoren met een vermogen kleiner dan 19kW. Deze standaard is tot een grote hoogte in lijn met de US standaard. In deze richtlijn zijn voor 'hand-held' en 'non hand-held' –machines grenswaarden in twee verschillende stappen vastgelegd.

In de Directive werd ook het toepassingsgebied van Stage II voor motoren die draaien met een constant toerental uitgebreid. Naast de wetgeving betreffende de uitlaatgas-emissies voor de categorie niet voor de weg bestemde mobiele machines bestaat er ook dergelijke wetgeving voor de pleziervaart. Deze wetgeving is vastgelegd in de richtlijn 94/25/EC, welke reeds geamendeerd is door 2003/44/EC.

Voor de stappen Stage III A en B en Stage IV werden de volgende richtlijnen aangenomen: richtlijn 2004/26/EC voor mobiele machines en richtlijn 2005/13/EC voor bos- en landbouwmachines. De Stage III standaard wordt geleidelijk ingevoerd van 2006 tot 2013 terwijl de Stage IV standaard in 2014 van kracht wordt. Het toepassingsgebied van Stage III en Stage IV wordt uitgebreid met aparte limieten voor motoren voor locomotieven en motoren voor de binnenscheepvaart. De wetgeving in Stage III en IV is alleen van toepassing op nieuwe motoren met uitzondering van vervangingsmotoren voor locomotieven en motoren voor de binnenscheepvaart, van materieel dat al in gebruik is. De EU Stage III en Stage IV limieten zijn geharmoniseerd met de V.S. Tier 3 en 4 limieten.

De grenswaarden in de Europese wetgeving zijn gedefinieerd in g/kWh, en de gehanteerde typegoedkeuringstest is een stationaire motortest verdeeld over meerdere lastpunten in het motorkenvel van vermogen en toerental (NRSC, Non Road Steady Cycle, gedefinieerd in ISO 8178-4). Zie Figuur 42. Voor een aantal verschillende toepassingsgebieden is onderscheid gemaakt tussen het aandeel van de lastpunten over de testcyclus en het niveau van de lastpunten in het kenvel (vermogen en toerental). Gelijktijdig met de invoering van de nieuwe stappen Stage IIIB en IV werd ook een transient test procedure in gebruik genomen, de Non-Road Transient Cycle (NRTC). Deze wordt in principe alleen gebruikt voor de meting van PM emissies voor Stage IIIB en Stage IV (behalve voor stationaire motoren). Indien de fabrikant dat wenst kan de NRTC ook worden gebruikt voor Stage III A of de gasvormige emissies (CO, HC en NO_x) onder Stage III B en Stage IV. In alle andere gevallen wordt de NRSC gebruikt. De emissiewaarden vastgelegd in de Europese richtlijnen worden in Bijlage B gegeven.



Figuur 42 Testcycli voor non-road motoren (mobiele werktuigen): NRSC Non Road Steady Cycle. NRTC Non Road Transient Cycle.

Voor de ontwikkelingen van de testcycli is een duidelijk parallel te zien met die van de heavy-duty on-road motoren, waar in de praktijk vanaf Euro IV (2005), een transiënte cyclus, de ETC, vereist was voor de typekeuring. Zie Figuur 43. De transiënte cyclus was vereist indien de motor voorzien was van geavanceerde uitlaatgasbehandeling zoals SCR de-NO_x of een deeltjesfilter. Daarnaast was sinds Euro III (2000) de ESC als stationaire testcyclus vereist. Bij de heavy-duty on-road motoren worden de eisen eveneens in g/kWh gesteld.

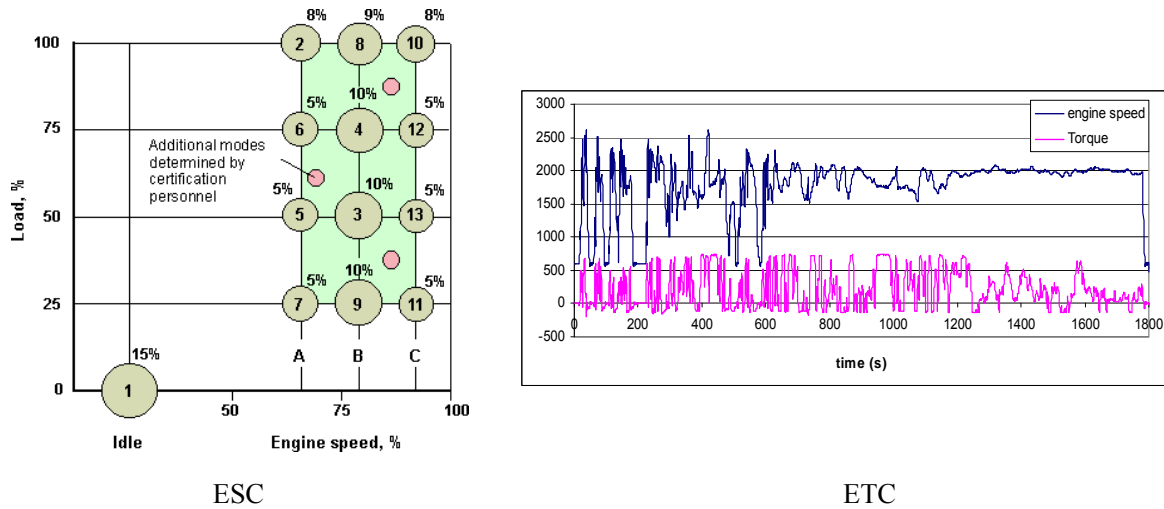
In Tabel 15 is een vergelijking gegeven van de non-road en de on-road emissielimieten. Uit de tabel kan opgemaakt worden dat Stage IIIA voor NO_x heel vergelijkbaar is met Euro IV, maar dat de deeltjeseis een factor 10 lager is. Vanaf stage IIIB is de deeltjeseis heel vergelijkbaar met die van Euro V en volgende. De NO_x eis van 3,3 g/kWh voor de wat kleinere stage IIIB motoren (56 tot 130 kW) is wat minder streng dan Euro V. Eigenlijk zit die NO_x eis dicht in de buurt van Euro IV.

Tabel 15 Vergelijking van non-road en on-road emissielimieten.

Non-Road					On-Road			
Year	Stage	Power kW	NO _x g/kWh	PM g/kWh	Euro	NO _x g/kWh	PM g/kWh	
1999	I	130 – 560	9,2	0,54	1992	I	8,0	0,36 (>85 kW)
2002	II	130 – 560	6	0,2	1997	II	7,0	0,15
2003	II	75 – 130	6	0,3	2000	III	5,0	0,10
2006	III A	130 - 560	4*	0,2	2005	IV	3,5	0,03/0,02**
2007		56 - 130	4*	0,3	2005	IV	3,5	0,03/0,02**
2011	III B	130 - 560	2	0,025	2008	V	2,0	0,03/0,02**
2012		56 - 130	3,3	0,025	2005	V	3,5	0,03/0,02**
2014	IV	56 - 560	0,4	0,025	2014	VI	0,4***	0,01

* NO_x + HC ** voor resp. ESC en ETC

*** op basis van ESC/ETC aanpassing voor WHSC/WHTC voorzien



Figuur 43 Test cycli voor on-road HD motoren: ESC: European Stationary Cycle, ETC : European Transient Cycle.

7.2 Technologische ontwikkelingen en mogelijke consequenties voor emissiefactoren

De vraag doet zich voor of de verbetering van de emissiefactoren proportioneel zal zijn met de aanscherping van de emissielimieten voor mobiele werktuigen (non-road).

In dit hoofdstuk zal eerst ingegaan worden op de technologische ontwikkelingen in vergelijking met on-road, waarna ingegaan zal worden op de emissiefactoren in relatie tot de emissielimieten.

7.2.1 Technologische ontwikkelingen

Voor dieselmotoren kunnen de mogelijkheden voor het verminderen van de uitlaatgas-emissies ingedeeld worden in 3 verschillende gebieden:

- (Interne) motormaatregelen
- Uitlaatgasnabehandeling
- Gecombineerde systemen

In Tabel 16 wordt een overzicht gegeven van de technologieën welke toepast worden voor de verschillende stage emissieclassen. Voor stage 1, II en IIIA is dat op basis van de motoren die geleverd worden. Voor stage IIB en IV is het overzicht vooral gemaakt aan de hand van de ervaring met de on-road motoren. Een korte toelichting op de gebruikte afkortingen:

- EGR: uitlaatgasrecirculatie
- SCR: Selective Catalytic Reduction van NO_x m.b.v. AdBlue (ureum) injectie in de uitlaat
- DPF: Diesel Particulate Filter

Onderstaand volgt een toelichting op de gebruikte technologieën.

Tabel 16 Stage klassen voor non-road motoren en gebruikte emissiecontrole technologieën.

Stage	Vermogen kW	Technologie
I en II		Optimalisatie injectie en verbranding
III A	130 - 560 56 - 130	EGR of SCR
III B	130 - 560 56 - 130	SCR of EGR of EGR + DPF EGR of EGR + DPF
IV	56 - 560	EGR + SCR of EGR + SCR + DPF of SCR + DPF

(Interne) motormaatregelen

De volgende maatregelen worden toegepast:

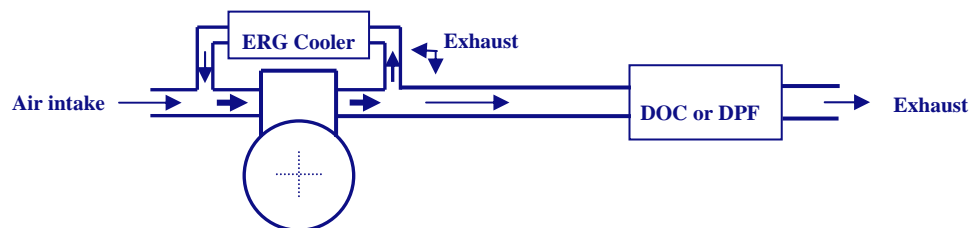
Optimalisatie injectie en verbranding:

- Verbetering luchtsysteem en ademhaling: dit zijn de toepassing van (verbeterde) drukvulling en tussenkoeling en de toepassing van vier kleppen per cilinder.
- Verbetering brandstofinjectiesysteem: Dit houdt in hogere druk injectie, verstuivers met meerdere en kleinere gaatjes en de zogenaamde rate-shaping. Dit laatste is het regelen van de stroomsnelheid tijdens de injectie. Een voorbeeld daarvan is ook het toepassen van pre en post injectie.

EGR (Exhaust Gas Recirculation / Uitlaatgasrecirculatie):

- Dit is het terugvoeren van uitlaatgas naar de inlaat van de motor. Hierdoor neemt de hoeveelheid massa toe waarin de verbranding plaats vindt. Zowel de verbrandings-temperatuur als de zuurstofconcentratie dalen, waardoor de NO_x emissie daalt. De deeltjesemissie kan toenemen, maar dat kan tegengegaan worden door verdere verbeteringen aan het injectiesysteem en de verbranding. Daarnaast kan een oxidatiekatalysator (DOC) of een roetfilter (DPF) worden toegepast. Zie Figuur 44.

De optimalisatie van de injectie en verbranding is in de praktijk voldoende om een NO_x niveau van ca 5 g/kWh en een PM emissieniveau van ca 0,05 g/kWh te realiseren. Dit komt overeen met Euro III niveau. In de praktijk zullen stage I en II niveaus goed te halen zijn met interne motormaatregelen exclusief EGR. Vanaf stage IIIA kan EGR toegepast worden.



Figuur 44 Schematische weergave EGR systeem op dieselmotor.

Uitlaatgasnabehandeling

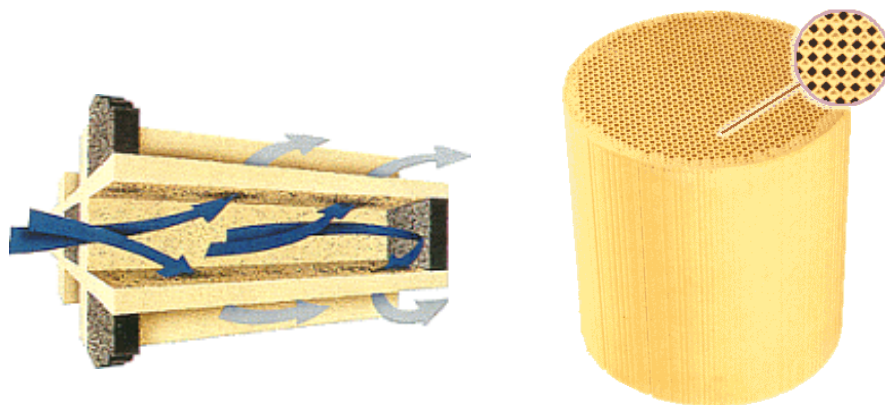
- DOC (diesel oxidation catalyst)
- Roetfilters
- SCR De-NO_x katalysator

Oxidatiekatalysator of DOC

Oxidatiekatalysatoren voor dieselmotoren worden vaak aangeduid met DOC (diesel oxidation catalyst). DOC is zeer geschikt om de HC en CO emissie te verminderen. De haalbare vermindering ligt in de range van 50% tot 90%. Daarnaast kan de oxidatiekatalysator de deeltjesemissie verminderen, aangezien het koolwaterstof-deel van het deeltje grotendeels geoxideerd wordt tot CO₂ en H₂O. Bij dieselbrandstof met een zwavel niveau van 350-500 ppm wordt deze vermindering vaak tenietgedaan door een toename van het sulfaat + waterdeel. Bij laagzwavelige brandstof (S<50 ppm) kan een emissievermindering van deeltjes van ca 15% tot 30% gerealiseerd worden

Roetfilters of DPF

De officiële naam is deeltjesfilter of DPF (diesel particulate filter), omdat ook andere deeltjes dan roet worden opgevangen dan roet. Het gesloten of wall-flow filter dat af fabriek het meeste wordt toegepast is weggegeven in Figuur 45. Roet (koolstof), koolwaterstoffen, sulfaat + gebonden water en anorganische bestanddelen zoals metalen (voornamelijk afkomstig van olieadditief). Het meest gebruikt voor wegvoertuigen is het keramisch monolietfilter. Andere filtertypen zijn het gesinterd metaal of poreuze metaalfilter. Een bekend voorbeeld van een roetfilter is de CRT (Continuously Regenerating Trap).



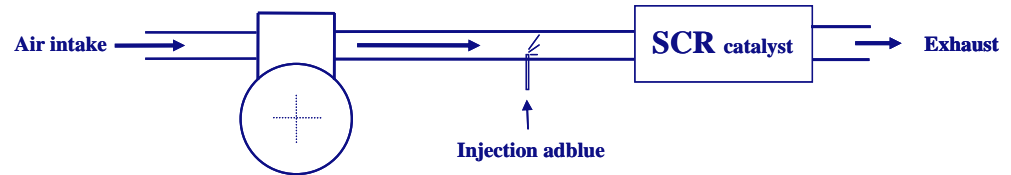
Figuur 45 Schematische weergave van een keramisch monoliet als gesloten roetfilter (deeltjesfilter).

SCR De-NO_x systemen

Bij selectieve katalytische reductie (Engels Selective Catalytic Reduction of SCR) van NO_x wordt een ammonia-vormend reagens toegevoerd (stroomopwaarts van de katalysator) om de NO_x om te zetten naar N₂. Dit reagens is een ureum oplossing die onder de handelsnaam AdBlue verkocht wordt. Ammonia (NH₃) reageert zeer selectief met de NO_x waardoor de reagens consumptie laag is. Zie Figuur 46. SCR-deNO_x vraagt een regelsysteem dat het ureum doseert als functie van motorkoppel en -toerental en mede afhankelijk van katalysatoreigenschappen en -parameters. Vanwege de zeer krachtige NO_x reductie (60%-80%) kan de motor op een hogere NO_x en een hiermee

samengaand lager brandstofverbruik afgesteld worden. Door de besparing op de brandstofkosten kunnen de kosten van het reagens meer dan gecompenseerd worden. Als gekozen wordt voor een hogere NO_x afstelling dan zal de deeltjesemissie vaak dalen, vanwege de zogenaamde NO_x -deeltjes trade-off. De emissiedaling van deeltjes zal per motortype sterk verschillen maar kan oplopen tot ongeveer 60%.

SCR wordt naast EGR vrij algemeen toegepast voor Euro IV- en Euro V-motoren. Voor de mobiele werktuigen zal het vrij algemeen toegepast worden vanaf stage IIIB. Voor stage IIIA wordt het beperkt toegepast.



Figuur 46 Schematische weergave SCR de NO_x systeem voor dieselmotor.

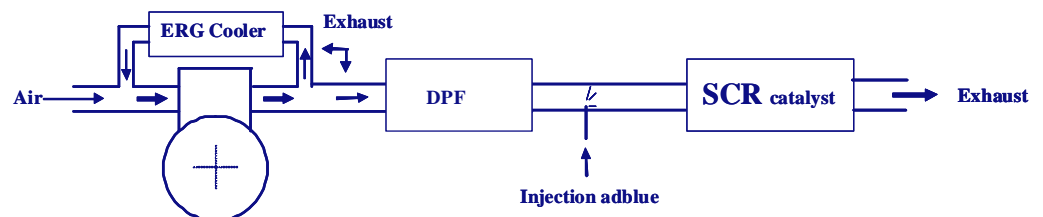
Gecombineerde systemen

Vooral voor het realiseren van de strenge limieten zoals Euro VI en Stage IV, zullen naar verwachting gecombineerde systemen toegepast worden. Daarnaast wordt de combinatie van EGR + roetfilter ook al toegepast voor Euro IV en voor stage IIIB.

De volgende combinaties zijn gebruikelijk:

- EGR + roetfilter (DPF)
- SCR + roetfilter (DPF)
- EGR + roetfilter (DPF) + SCR

Het gecombineerde systeem EGR + DPF + SCR (zie Figuur 47) is de meest waarschijnlijke technologie voor Euro VI en stage IV, hoewel ook de iets eenvoudigere systemen SCR + DPF en EGR + DPF niet uit te sluiten zijn.



Figuur 47 Schematische weergave gecombineerd emissiecontrole systeem: EGR + DPF + SCR.

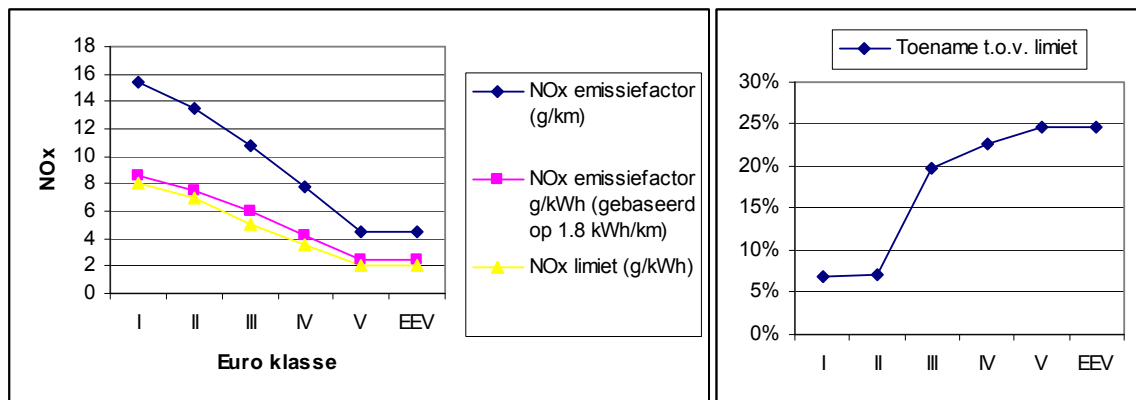
7.2.2 *Relatie emissielimieten en praktijkemissies*

Het verschil tussen praktijkemissies en de emissies tijdens de standaardtestcyclus van de typegoedkeuring wordt in het model meegenomen door de zogenaamde TAF factoren. Voor NO_x ligt deze factor afhankelijk van de toepassing van de motor tussen 0,95 en 1,31. Voor deeltjesemissie is deze range van 0,71 tot 2,11. Zie tabel 8 in paragraaf 5.5. De vraag is hoe deze factoren zich ontwikkelen in het kader van de toekomstige emissiewetgeving, met name stage IIIB en IV.

Naarmate een motor voorzien is van een emissiecontrole systeem met een grotere emissiereducties, is het risico groter dat de praktijkemissie sterker afwijkt van de

limietwaarden. Vooral voor NO_x is dat het geval, omdat de omzetting van NO_x in een katalysator vaak gebonden is aan een uitlaatgastemperatuur-range en omdat de NO_x omzetting te sturen is (door in en uitschakelen van de ureuminjectie). Uit Figuur 48, emissiefactoren voor stadsbussen, blijkt dat het verschil tussen de NO_x limiet en de waarde in de praktijk toeneemt, naarmate de motor aan strengere eisen moet voldoen. Het verschil neemt toe tot zo'n 25% voor stadsbussen met SCR (op basis van een constant verondersteld mechanische energieverbruik per km). Voor EGR liep voor dit geval het verschil op tot zelfs ca 60% [de Lange 2008]

Aangezien de testcycli van non-road en on-road een vergelijkbare opzet hebben, zijn er ook bij non-road risico's van een flink hogere NO_x emissie in de praktijk. Voor deeltjes is het beeld neutraler. Vanaf stage IIIB wordt de transiënte testcyclus (NRTC) ingevoerd. Het is te verwachten dat dan het verschil tussen praktijk en limietwaarde zal dalen. Dat beeld wordt nog gunstiger als een gesloten roetfilter wordt toegepast. Voor stage IV is toepassing van het roetfilter zeer waarschijnlijk. Voor stage IIIB is het optioneel.



Figuur 48 Emissiefactoren voor stadsbussen volgens CAR II. Euro IV, V en EEV met SCR. Bron [de Lange 2008].

Bij on-road motoren zien we verschillende maatregelen om de correlatie tussen praktijk (real-world) en type goedkeuringstest te verbeteren. Dit zijn:

- betere transiënte en stationaire testcycli (i.e. WHTC en WHSC),
- waarschijnlijke invoering van In Service Conformity (ISC) testen, waarbij in de praktijk met een mobiel meetsysteem de emissies gemeten worden en aan bepaalde eisen in relatie tot de limieten moet voldoen,
- strengere eisen voor de On-board diagnostics (OBD).

7.3 Mogelijkheden voor retrofit bij dieselmotoren voor mobiele werktuigen.

Het zou aantrekkelijk kunnen zijn om bestaande mobiele werktuigen schoner te maken door het toepassen van een retrofit technologie. Dit zou gedaan kunnen worden voor het verbeteren van de luchtkwaliteit in steden of stadscentra of in verband met arbeidsomstandigheden (ARBO), voor de personen welke direct in de buurt van de machines werkzaam zijn.

De volgende technologieën zijn in het verleden voorgesteld:

- oxidatiekatalysator of DOC
- roetfilter of DPF: gesloten dan wel open type roetfilter

- SCR de-NO_x katalysator
- EGR systeem
- Gecombineerd systeem zoals SCR + DPF of EGR + DPF

Oxidatiekatalysator of DOC

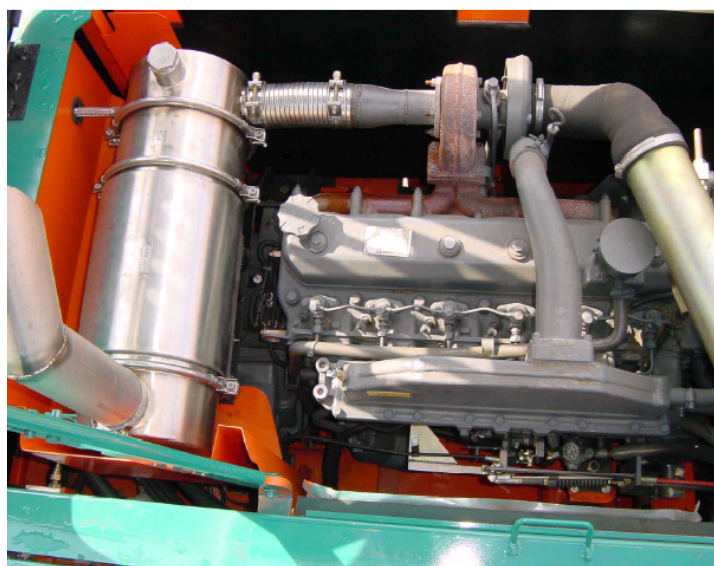
Door toepassing van een oxidatiekatalysator kan de deeltjesemissie met ca 15% tot 30% verminderd worden. Daarnaast worden HC en CO met 50% tot 90% verminderd.

Een groot nadeel is echter dat er een flinke kans is op een toename van de NO₂ emissie t.g.v. de oxidatie van NO naar NO₂. De totale NO_x emissie zal niet toenemen.

Vanwege de grote kans op toename van NO₂, wordt de toepassing van de oxidatiekatalysator afgeraden. Indien er vanwege het inzetprofiel of vanwege de toegepaste katalysatorstechniek geen toename van NO₂ is, dan is toepassing wel aan te raden.

Roetfilter of DPF

Het roetfilter wordt veelvuldig toegepast voor zowel wegvoertuigen als mobiele werktuigen om de luchtkwaliteit en ARBO te verbeteren. Zie Figuur 49.



Figuur 49 Voorbeeld van een roetfilter gemonteerd op een graafmachine (foto: TTM A. Mayer).

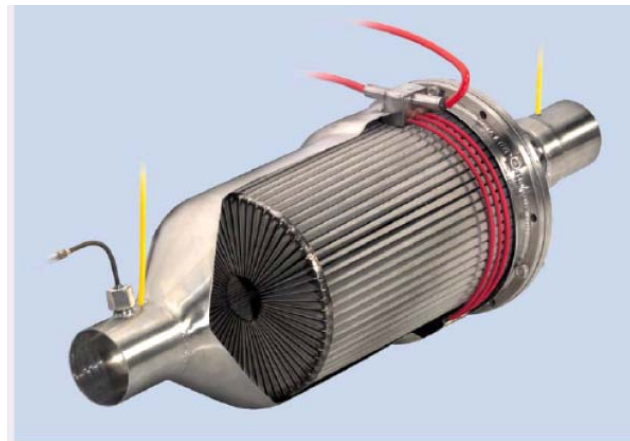
In Zwitserland zijn duizenden filters geïnstalleerd op mobiele werktuigen in het kader van het VERT-programma “Verminderung der Emissionen Realer Dieselmotoren im Tunnelbau” Voor VERT, zie referenties VERT. Toepassing van filters is daar ook vereist als in stadscentra en dergelijke gebouwd wordt.

Aangezien de meeste roetfilter gecombineerd worden met een oxidatiekatalysator om de NO₂ te verhogen en op die manier het roet te verbranden, is er veelal sprake van een toename van de NO₂ emissie. NO₂ wordt steeds meer als een ongewenste component gezien. Bij de toepassing van het roetfilter wordt dan ook aangeraden om te controleren of een eventuele toename de NO₂ emissie bij de specifieke toepassing acceptabel is. Een alternatief is het toepassen van een roetfiltertechnologie, welke geen aanleiding geeft tot een NO₂ toename. Dit kan door het toepassen van een andere regeneratiemethode zoals een brander, elektrisch of m.b.v. een brandstofadditief, of een alternatieve katalysator (met minder NO₂ toename) of eventueel door een combinatie met een SCR de-NO_x katalysator. Zie bijvoorbeeld Figuur 50.

Voor retrofit on-road worden veel zogenaamde open of partial flow roetfilters ingezet. Dit roetfiltertype wordt gekenmerkt door een veel lager rendement, ca 20% tot 80%, dat meestal sterk afhankelijk is van de gebruiksomstandigheden. Het voordeel van dit type roetfilter is dat het niet verstopt kan raken. Het nadeel daarvan is wel dat bij onvoldoende regeneratie het opgeslagen roet ineens naar buiten geblazen wordt. Het open roetfilter verhoogd eveneens het NO₂ emissie, aangezien de regeneratie op hetzelfde principe berust [van Asch 2009-I, van Asch 2009-II].

Toepassing wordt alleen aangeraden indien zeker gesteld wordt dat:

- het rendement en de regeneratie voldoende zijn
- NO₂ toename acceptabel is.



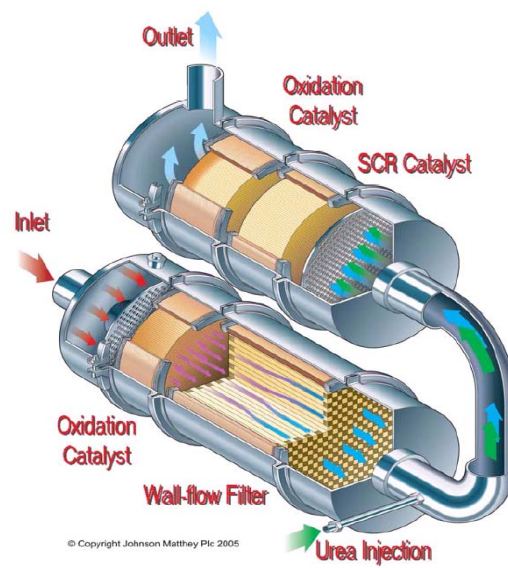
Figuur 50 Voorbeeld van (gesinterd metalen) roetfilter. Voor regeneratie wordt gebruik gemaakt van elektrische verhitting in combinatie met brandstofadditief (foto: HJS).

EGR systeem en EGR + DPF

Een EGR systeem om de NO_x te verlagen is ook voor retrofit beperkt toegepast. De impact op de motor is echter tamelijk groot en er zijn flinke risico's op een toename van de deeltjesemissie. Door combinatie met een roetfilter zou dat weer verminderd kunnen worden, maar in de praktijk raakt een dergelijk roetfilter gemakkelijk verstopt t.g.v. de verhoogde deeltjesemissie. Daarom wordt EGR als retrofit technologie afgeraden.

SCR systeem en DPF + SCR

In theorie is een SCR systeem gemakkelijk als retrofit systeem te installeren. In de praktijk blijkt het nogal eens tegen te vallen door storingen in het doseersysteem van ureum (AdBlue) en door kristallisatie van ureum in de uitlaat. De kristallisatie kan erg afhangen van de precieze geometrie van het uitlaatsysteem, het aanwezig zijn van cold-spots en de uitlaatgastemperatuur waarbij geïnjecteerd wordt. Alleen indien de precieze toepassing uitvoerig getest en ontwikkeld wordt, dan kan SCR als retrofit geïnstalleerd worden. Bij mobiele werktuigen kan de inbouwruimte een extra beperkende factor vormen. De combinatie van DPF + SCR heeft als voordeel dat de SCR katalysator, mits stroomafwaarts van de DPF geplaatst, gemakkelijk de verhoogde NO₂ concentratie omzet. In feiten versnelt de NO₂ (in combinatie met NO) de NO_x omzetting, hetgeen resulteert in een betere conversie bij lagere temperatuur. Zie Figuur 51.



Figuur 51 Uitlaatgasbehandelingssysteem bestaande uit roetfilter en SCR katalysator (foto: Johnson Matthey).

8 Toekomstige actualisatie van de invoergegevens

Om de kwaliteit van de emissieregistratie van mobiele machines hoog te houden moeten de invoergegevens regelmatig geactualiseerd worden. Voor mobiele machines kan dat op hieronder beschreven wijze.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen geregelde invoergegevens en niet geregelde invoergegevens. De geregelde invoergegevens bestaan uit de invoergegevens over landbouwtractoren, bouwmachines en het totale dieselverbruik. De niet geregelde invoergegevens bestaan uit de overige landbouwmachines en de machines voor professioneel en niet professioneel tuinonderhoud.

8.1 Geregelde invoergegevens

De toekomstige actualisatie van de invoergegevens vindt plaats door in november de verkoopcijfers van het voorgaande jaar op te vragen bij de Federatie Agrotechniek en de BMWT. Deze data moeten vervolgens een voorbewerking ondergaan door de gegevens onder te brengen in een spreadsheet met een standaard formaat. Voor ieder verkoopjaar wordt in het spreadsheet een apart tabblad opgenomen. De verkoopdata worden vervolgens geïmporteerd in het emissiemodel door middel van een aantal in het model aanwezige updatefuncties (queries) die aanwezig zijn in het emissiemodel. Deze queries moeten wel van jaar tot jaar onderhouden worden. De consequenties van het niet invoeren van 1 verkoopjaar van machines hoeft niet onmiddellijk tot grote problemen te leiden. De reden hiervoor is dat het emissiemodel om prognoses te maken altijd gebruik maakt van de laatst ingevoerde verkoopdata. Doordat verder het totale dieselgebruik wordt afgestemd met CBS-data zal dit niet meteen leiden tot significante verschillen in emissies. Het is echter zeer aan te bevelen om ieder jaar de geregelde invoergegevens in het emissiemodel in te voeren.

De afzet van dieselbrandstof aan de sector mobiele werktuigen is ieder jaar beschikbaar bij het CBS. Ook dit gegeven moet ieder jaar in een extern spreadsheet van het emissiemodel worden ingevoerd om vervolgens geïmporteerd te worden in het model.

8.2 Niet geregelde invoergegevens

8.2.1 *Berekening van het actieve park*

Van de niet geregelde invoergegevens is niet bekend of ze ieder jaar beschikbaar zullen zijn. Het totaal aantal van de actieve overige landbouwmachines zou eenmaal per 5 jaar bij de Federatie Agrotechniek moeten worden opgevraagd. Deze gegevens moeten vervolgens teruggerekend worden naar jaarlijkse verkoopcijfers van deze overige machines en daarna ingevoerd in het emissiemodel.

Het overzicht van de verkoop van tuinmachines in België van FEDAGRIM is wellicht wel ieder jaar beschikbaar. Deze data moeten eerst handmatig worden geselecteerd uit de publicatie en vervolgens worden omgerekend naar Nederlandse verkoopgegevens en ten slotte in het emissiemodel ingevoerd. Het is echter wenselijk dat in de toekomst analoge gegevens voor Nederland in het emissiemodel worden ingevoerd. Dit zal afhankelijk zijn van de belangstelling van de markt om dit soort cijfers in kaart te brengen voor Nederland.

Het overzicht van de verkoop van grasmaaiers in Nederland is waarschijnlijk niet ieder jaar beschikbaar. Zo lang er geen betere data voor grasmaaiers beschikbaar komen wordt aangeraden om geen wijzigingen aan te brengen in de verkoopcijfers van grasmaaiers in het emissiemodel.

8.2.2 *Emissiefactoren*

De ontwikkelingen ten aanzien van de Europese wetgeving met betrekking tot de emissienormering van de machines die in het emissiemodel zijn meegenomen moeten ieder jaar worden bijgehouden. Indien er nieuwe geldigheidstermijnen of andere grenswaarden worden vastgesteld moeten de consequenties hiervan worden ingevoerd in het emissiemodel.

8.3 Overlap met milieujaarverslagen

Om na te gaan in hoeverre de resultaten van het nieuwe emissiemodel zouden kunnen overlappen met door de taakgroep Enina gerapporteerde emissies is er gekeken naar de hoeveelheid dieselolie of huisbrandolie (HBO) die in 2007 werd opgegeven door bedrijven in individuele milieujaarverslagen (Dröge, 2009).

Slechts 7 bedrijven gaven in 2007 brandstofverbruik en emissies van heftrucks en andere mobiele apparaten op. In Tabel 17 is de verdeling tussen diesel verbruikt door mobiele machines en stationaire installaties in milieujaarverslagen weergegeven .

Tabel 17 Opgave van energiegebruik van diesel of HBO door mobiele werktuigen via milieujaarverslagen in 2007.

Soort installatie	Ton	TJ
Mobiele machines	178	8
Stationaire installaties	28212	1197

Uit Tabel 17 blijkt dat de opgegeven hoeveelheid diesel die wordt gebruikt in mobiele machines slechts 8 TJ (0,008 PJ) is ten opzichte van het totaal van ongeveer 35 PJ die landelijk wordt gebruikt door mobiele machines. Dit is slechts 0,02 procent van het totaal. De meeste HBO (1,2 PJ) die door de industrie wordt opgegeven wordt toegepast in stationaire (verbrandings)installaties.

Omdat de opgave van de hoeveelheid diesel door mobiele machines in milieujaarverslagen door de industrie in verhouding tot de totale berekende hoeveelheid energie verwaarloosbaar is wordt aanbevolen om hiervoor geen correctie aan te brengen in de resultaten van het emissiemodel.

8.4 Aanbevelingen voor nader onderzoek

In dit rapport is op diverse plaatsen gewezen op bepaalde tekortkomingen in de beschikbare kennis en informatie die van belang zijn voor een betrouwbare vaststelling van de emissiecijfers. In deze paragraaf worden deze tekortkomingen kort herhaald met eventuele aanbevelingen voor nader onderzoek.

- Van een aantal machines en sectoren ontbreken de invoergegevens. Het gaat hierbij om gespecialiseerde machines in zeehavens (containeroverslag) en op luchthavens (diverse typen). Daarnaast ontbreken verreikers, gemotoriseerde pompen en een deel van de mobiele aggregaten voor opwekking van elektriciteit (bijvoorbeeld in de wegenbouw). In de sector groenvoorziening en particuliere huishoudens is met zwak onderbouwde gegevens of met geëxtrapoleerde gegevens gewerkt. Met gericht onderzoek naar deze gegevens kunnen de relatief hoge emissies van VOS en CO vervangen worden door betere cijfers;

- b) Het toepassen van een generieke uitvalfunctie voor alle machines kan bij sommige belangrijke machines zoals landbouwtractoren, graafmachines en laadschoppen mogelijk tot afwijkingen in de parkopbouw (leeftijdprofiel) ten opzichte van de werkelijkheid hebben geleid. Onderzoek naar het leeftijdsprofiel en het gebruik van de actieve populatie van deze belangrijke machines kan de betrouwbaarheid van de emissiecijfers mogelijk aanzienlijk verbeteren. Gezien het relatief grote aantal komen de landbouwtractoren het eerst voor een nader onderzoek in aanmerking;
- c) Het effect van transiënte motorbelasting op de emissies is nauwelijks onderzocht. Voor sommige machines zoals landbouwtractoren en laadschoppen is het van groot belang om de invloed op de uiteindelijke emissie beter te kennen. Een gericht meetprogramma naar het effect van transiënte motorbelasting in de dagelijkse praktijk van deze machines op de totale emissies zou een betere onderbouwing van de optredende emissies kunnen verschaffen;
- d) Via een gericht meetprogramma kan het effect van langer of korter uitgesteld onderhoud op de emissies van bouwmachines als gevolg van sterk verschillende verhuur- en leasepraktijken zoals deze in de markt voorkomen nader onderzocht worden.

9 Referenties

Asch, R. van and Verbeek R., *Evaluation of particulate filtration efficiency of retrofit particulate filters for light duty vehicles*, TNO-MON-RPT-033-DTS, October 2009

Asch, R. van, Verbeek R., Kadijk G., *Real world efficiency of retrofit partial-flow diesel particulate filters for trucks*, TNO-MON-RPT-033-DTS-2009-03641, November 2009

Bouwman, M.E., *Mobiele werktuigen in Nederland; prognoses tot 2030*, RIVM-rapportnr. 773002004, maart 1996

CITEPA, Expert Group on Techno-Economic Issues (EGTEI), *Background documents: Land based diesel engines — 18 to 560 kW*, June 2003

Dröge R., Persoonlijke Mededeling via email op 22 juli 2009

FEDAGRIM, *Economisch Dossier over 2006*, oktober 2007, www.fedagrim.be

FEDAGRIM, *Economisch Dossier over 2007*, oktober 2008, www.fedagrim.be

Harvy et al., *Non Road Mobile Machinery Usage, Life and Correction factors*, Report to the Department for Transport, Draft for consultation, August 2004

IPCC, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
Volume 3, Inventory Reference Manual, Revised 1996 Bracknell (UK): IPCC WGI Technical Support Unit, 1996

EPA, *Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling*, EPA420-P-04-007, April 2004a

EPA, *Calculation of Age distributions in the Nonroad Model: Growth and Scrappage*, EPA420-P-04-007 NR-007b, April 2004b

EPA, *Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling—Compression-Ignition*, EPA420-P-04-009 NR-009c, April 2004c

McGuinlay, J., *Non-Road Mobile Machinery Usage, Life and Correction Factors*, AEAT/ENV/R/1895, November 2004

Klein et. Al., *Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele in Nederland*, uitgave taakgroep Verkeer en Vervoer van het project Emissieregistratie, oktober 2007

Lambrecht, U. et al., *Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen*, IFEU, Heidelberg, Januari 2004

Lange, R. de, *Ontwikkeling detail emissiefactoren autobussen voor de bussenknop in CAR II*. TNO rapport MON-RPT-033-DTS-2008-00773.

Lindgren, M., *A transient fuel consumption model for non-road mobile machinery*, *Biosystems engineering*, 91, 139-147, 2005

Miersch W., Sachse J., Emission testing of engines to be installed in Non-Road Mobile Machinery, Service Contract B4 -3040/97/MAR/D3, Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof GmbH, 20 August 1999

Priest M.W., William D.J., Bridgman H.A., *Emissions from in-use lawnmowers in Australia*, *Atm.Env.*, 34, 657-664, 2000

Samaras, S. et al., *EMEP/Corinair Emission Inventory Guidebook, Other mobile sources&machinery (B810-1)*, February 1996

Thompson N., Stradling R., Zemoch P., Craecker R. de, Sams Th., Neunteufel A., *Fuel effect on regulated emissions form advanced diesel engines and vehicles*, SAE technical paper 2004-01-1880, Toulouse, June 2004

VERT: http://www.akpf.org/pub/vert_filterliste.pdf en <http://www.bafu.admin.ch/luft/00632/00639/00644/index.html>

Volckens J., Braddock J., Snow R.F., Crews W., *Emissions profile from new and in-use handheld 2-stroke engines*, *Atm.Env.*, 41, 640-649, 2007

Volgers J.E., *De Nederlandse markt voor Grasmaaiers*, VOLBUR/2007-P3, www.volbur.nl, november 2007

Wood, S., *Emission factors programme Task 8c- emissions from non-road mobile machinery in the lawn and garden sector*, AEAT/ENV/1719/Issue 1, June 2004

Zebroek B. van, Vanhove F., Hulskotte J., Vermeulen R., *Emissies door niet voor de weg bestemde mobiele machines in het kader van internationale rapportering*, 1 juli 2005

10 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:
Planbureau voor de Leefomgeving

Namen en functies van de projectmedewerkers:
Ir. J.H.J. Hulskotte
Ir. R.P. Verbeek

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

Naam en paraaf tweede lezer:



Ir. R. Dröge

Ondertekening:



Ir. J.H.J. Hulskotte
projectleider

Autorisatie vrijgave:



Ir. R.A.W. Albers MPA
team manager

A Machinekenmerken

Machine	Motortype	Vermogen (kW)	Belasting (% vermogen)	Gebruiksduur (uren/jaar)	Mediane Levensduur (jaar)
bietenrooiers	diesel	240	60%	500	10.0
kettingzagen prof.	2-takt	4.5	30%	400	1.7
landbouwtrekkers	diesel	30	60%	250	20.0
landbouwtrekkers	diesel	37	50%	250	24.0
landbouwtrekkers	diesel	55	50%	450	20.0
landbouwtrekkers	diesel	60	45%	400	19.4
landbouwtrekkers	diesel	70	40%	500	20.0
landbouwtrekkers	diesel	100	40%	500	20.0
landbouwtrekkers	diesel	200	40%	860	11.6
maaidorsers	diesel	80	75%	100	33.3
maishakselaars	diesel	225	60%	500	10.0
mestinjecteur	diesel	260	50%	750	10.7
sputmachines	diesel	90	50%	700	10.0
asfalt afwerkinstallaties	diesel	20	55%	750	12.1
asfalt afwerkinstallaties	diesel	100	55%	750	19.4
asfaltfreesmachines	diesel	60	60%	1000	8.3
asfaltfreesmachines	diesel	150	60%	1200	6.9
asfaltfreesmachines	diesel	400	60%	1400	6.0
bulldozers	diesel	60	60%	900	5.6
bulldozers	diesel	100	60%	900	7.4
bulldozers	diesel	200	60%	900	9.3
dumpers	diesel	11	50%	350	11.4
dumpers	diesel	25	50%	500	8.0
dumpers	diesel	75	50%	500	10.0
dumpers	diesel	215	50%	1000	8.0
dumpers	diesel	320	50%	1000	8.0
generatoren	diesel	5	30%	2000	10.0
generatoren	diesel	35	30%	2000	10.0
generatoren	diesel	100	30%	2000	10.0
graaf-laadcombinaties	diesel	20	40%	1000	8.0
graaf-laadcombinaties	diesel	70	40%	1000	10.0
graaf-laadcombinaties	diesel	80	40%	1000	15.0
graafmachines	diesel	13	60%	800	6.3
graafmachines	diesel	28	60%	800	6.3
graafmachines	diesel	60	60%	800	6.3
graafmachines	diesel	100	60%	900	7.4
graafmachines	diesel	200	60%	900	7.4
graafmachines	diesel	375	60%	900	7.4
graders	diesel	60	60%	400	12.5
graders	diesel	100	60%	400	16.7
laadschoppen	diesel	30	60%	800	8.3
laadschoppen	diesel	50	60%	800	8.3
laadschoppen	diesel	100	60%	800	8.3

Machine	Motortype	Vermogen (kW)	Belasting (% vermogen)	Gebruiksduur (uren/jaar)	Mediane Levensduur (jaar)
laadschoppen	diesel	200	60%	1000	8.3
reach stackers	diesel	250	78%	750	8.5
ruw terrein heftrucks	diesel	60	60%	800	7.3
trilplaten/stampers	4-takt	10	40%	500	7.5
trilplaten/stampers	diesel	10	40%	500	7.5
vorkheftrucks	LPG	30	78%	850	9.0
vorkheftrucks	diesel	35	78%	750	6.8
vorkheftrucks	diesel	45	78%	750	6.8
vorkheftrucks	diesel	100	78%	850	7.5
vorkheftrucks	diesel	190	78%	850	7.5
walsen	diesel	15	40%	500	15.0
walsen	diesel	28	40%	500	15.0
walsen	diesel	50	40%	500	20.0
walsen	diesel	90	40%	500	20.0
bladblazers	2-takt	2	50%	10	13.0
bosmaaiers	2-takt	2	65%	10	7.7
compacttrekkers	diesel	10	50%	250	24.0
compacttrekkers	diesel	20	50%	250	24.0
compacttrekkers	diesel	40	50%	350	20.0
grasmaaiers	2-takt	3	65%	20	9.2
grasmaaiers	4-takt	3	65%	20	9.2
heggescharen	2-takt	0.6	65%	10	7.7
kantenstekers prof.	4-takt	3	50%	100	10.0
kettingzagen	2-takt	1.8	20%	7	14.3
strimmers	2-takt	0.75	65%	10	7.7
verticuteermachines prof.	4-takt	3	65%	300	10.3
zitmaaiers prive	4-takt	10	40%	35	12.1
zitmaaiers prof.	4-takt	10	40%	500	7.0

B Emissienormering voor mobiele niet voor de weg bestemde machines

Tabel 18 EU Stage I / II limieten, Stage I geldig tot 2001, Stage II van kracht in 2001 – 2004.

EU Stage I/II Emission Standards for Nonroad Diesel Engines						
Cat.	Net Power	Datum*	CO	HC	NO _x	PM
	kW		g/kWh			
Stage I						
A	130 ≤ P ≤ 560	1999/01	5	1,3	9,2	0,54
B	75 ≤ P < 130	1999/01	5	1,3	9,2	0,7
C	37 ≤ P < 75	1999/04	6,5	1,3	9,2	0,85
Stage II						
E	130 ≤ P ≤ 560	2002/01	3,5	1	6	0,2
F	75 ≤ P < 130	2003/01	5	1	6	0,3
G	37 ≤ P < 75	2004/01	5	1,3	7	0,4
D	18 ≤ P < 37	2001/01	5,5	1,5	8	0,8

* Stage II is ook geldig voor constant toerental motoren effectief in 2007.01

Tabel 19 Stage IIIA limieten, geleidelijke invoering van 2006 – 2008.

Stage III A					
Cat.	Net Power	Datum†	CO	NO _x +HC	PM
	kW		g/kWh		
H	130 ≤ P ≤ 560	2006/01	3,5	4	0,2
I	75 ≤ P < 130	2007/01	5	4	0,3
J	37 ≤ P < 75	2008/01	5	4,7	0,4
K	19 ≤ P < 37	2007/01	5,5	7,5	0,6

† Datums voor constant toerental motoren zijn: 2011.01 voor cat H, I en K; 2012.01 voor cat J.

Tabel 20 Stage IIIB limieten, geleidelijke invoering van 2011 – 2013.

Stage III B						
Cat.	Net Power	Datum	CO	HC	NO _x	PM
	kW		g/kWh			
L	130 ≤ P ≤ 560	2011/01	3,5	0,19	2	0,025
M	75 ≤ P < 130	2012/01	5	0,19	3,3	0,025
N	56 ≤ P < 75	2012/01	5	0,19	3,3	0,025
P	37 ≤ P < 56	2013/01	5	4.7†		0,025

† NO_x+HC

Tabel 21 Stage IV limieten, ingang 2014.

Stage IV						
Cat.	Net Power	Datum	CO	HC	NO _x	PM
	kW		g/kWh			
Q	130 ≤ P ≤ 560	2014/01	3,5	0,19	0,4	0,025
R	56 ≤ P < 130	2014/10	5	0,19	0,4	0,025

Tabel 22 Stage I en II voor hand held en non-hand held en Stage I voor de pleziervaart.

		EU					
		EU-RCD			EU-NRMM		
CO [g/kWh]	$CO = A + B \cdot P_N^{-n}$ in $\frac{g}{kWh}$			Category ¹	stage I	stage II	
		A	B	n	SH 1,2	805	
	2-str.	150	600	1	SH 3	603	
	4-str.	150	600	1	SN 1-4	519	
HC [g/kWh]	$HC = A + B \cdot P_N^{-n}$ in $\frac{g}{kWh}$			Category ¹	stage I	stage II	
		A	B	n	SH 1	295	
	2-str.	30	100	0.75	SH 2	241	
	4-str.	6	50	0.75	SH 3	161	
NO _x [g/kWh]	$NO_x = A + B \cdot P_N^{-n}$ in $\frac{g}{kWh}$			SH 1-3	5.36	Limits are for HC+NO _x (see below)	
	all figures below are for HC+NO _x						
		A	B	n	SH 1,2	-	50
					SH 3	-	72
	2-str.	10	0	0	SN1	50	50
	4-str.	15	0	0	SN2	40	40
					SN3	16.1	16.1
				SN4	13.4	12.1	
					NO _x < 10 for stage 2		

¹ SH1: Handheld machinery < 20 cm³
 SH2: Handheld machinery 20 – 50 cm³
 SH3: Handheld machinery > 50 cm³

SN1: Non handheld machinery < 66 cm³
 SN2: Non handheld machinery 66 - 100 cm³
 SN3: Non handheld machinery 100 - 224 cm³
 SN4: Non handheld machinery > 224 cm³

C Programma workshop

Workshop over emissies van mobiele werktuigen

26 november, 's ochtends, TNO Delft

INLOOP

(vanaf 8.45 uur)

1. Welkom door Guus Annokkee (dagvoorzitter)

Korte voorstellingsronde

(Inleider Gerben Geilenkirchen) (9.10 uur - 9.20 uur)

- Achtergrond en doel van deze workshop

2. Presentatie over emissiemodel mobiele werktuigen

(Inleider Jan Hulskotte) (9.20 uur – 10.00 uur)

- Invoergegevens,
- Gebruiksgegevens
- Uitkomsten
- Algemene discussie

3. Ontwikkelingen op het gebied van motoren en emissies bij mobiele werktuigen

(Inleider Ruud Verbeek) (10.00 uur-10.45 uur)

- Technieken in opkomst als gevolg van Europese wetgeving
- Ervaringen met roetfilters en andere technieken
- Gevolgen van onderhoud en het aspect veroudering
- Discussie

KOFFIE PAUZE

(10.45 uur – 11.00 uur)

4. Discussie in groepen

(11.00 uur – 11.45 uur)

Groep A: Landbouwwerktuigen en Groen (zaal 5.1.22 oranje)

Discussie over parkgegevens, gebruiksgegevens en energiegebruik en emissies

Groep B: Bouw en Intern transport (zaal 5.1.21 blauw)

Discussie over parkgegevens, gebruiksgegevens en energiegebruik en emissies

5. Conclusies en afsluiting

(11.45 uur – 12.30 uur)

- Terugmelding van uit de groepen
- Plenaire discussie over uitkomsten van de discussie en het vervolg hierop
- Voorlopig besluit over afronding van het project

D Deelnemers workshop

Guus Annokkee (TNO), workshopvoorzitter

Sander Brummelkamp (CBS), deskundige energiestatistieken

Hero Dijkema (CUMELA Nederland), vertegenwoordiger bedrijfsleven

Gerben Geilenkirchen (PBL), voorzitter taakgroep Verkeer

Anco Hoen (PBL), lid taakgroep Verkeer

Jan Hulskotte (TNO), auteur van dit rapport

John Klein (CBS), lid taakgroep Verkeer

Norbert Ligterink (TNO), deskundige emissiefactoren

Anton van Loon (BMWT), vertegenwoordiger bedrijfsleven

Ruud Verbeek (TNO), deskundige dieselmotoren

Theo Vulink (Federatie Agrotechniek), vertegenwoordiger bedrijfsleven

E Kenmerken van invoergegevens

Machine naam	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	90	t/m	80
asfalt afwerkinstallaties	M	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
asfaltfreemachines	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
bulldozers	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
dumpers	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
generatoren	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
graaf-laadcombinaties	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
graafmachines	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
graders	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
laadschoppen	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
ruw terrein heftrucks	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
trilplaten/stampers	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
walsen	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
reach stackers	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
vorkheftrucks	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
landbouwtrekkers	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
maaidorsers	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
bietenrooiers	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
maishakselaars	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
mestinjecteur	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
spuitmachines	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
kettingzagen professioneel	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
compacttrekkers	M	M	M	M	M	M	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
kantenstekers professioneel	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
verticuteermachines professioneel	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
zitmaaiers professioneel	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
bladblazers	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
bosmaaiers	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
grasmaaiers	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
heggescharen	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
kettingzagen	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
strimmers	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E
zitmaaiers prive	S	S	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	...	E

M = Monitoring

S = Schatting

E = Extrapolatie

F Onafhankelijke schatting van het aantal landbouwtrekkers

Landbouw; gewassen, dieren, grondgebruik, naar bedrijfstype, nationaal	
Perioden	2007
Bedrijfstypen	aantal
Akkerbouwbedrijven (groep)	11366
Opengrondsgroentebedrijven	1054
Opengrondsbloem(bollen)bedrijven	1736
Paddenstoelbedrijven	243
Blijvende teeltbedrijven (groep)	4452
Sterk gespecialiseerde melkveebedrijven	17891
Gespecialiseerde melkveebedrijven	1007
Schapebedrijven	188
Geitenbedrijven	286
Paard- en ponybedrijven	5067
Graslandbedrijven	3699
Gewassencombinaties (groep)	1345
Veeteeltcombinaties (groep)	1812
Gewassen-/veeteeltcombinaties (groep)	3814
Totaal aantal bedrijven dat vrijwel zeker gebruik maakt van 1 of meer tractoren	53960
Geschat aantal actieve tractoren bij landbouwbedrijven obv 1,5 tractor per bedrijf	80940
Geschat aantal actieve tractoren bij loonbedrijven (mededeling CUMELA)	15000
Totaal geschat aantal actieve tractoren	95940