

RIVM report 550002004/2003

**Uncertainty Analysis for NO_x Emissions from
Dutch passenger cars in 1998**

Applying structured expert elicitation and
distinguishing different types of uncertainty

M.M.P. van Oorschot, B.C.P. Kraan¹, R.M.M. van
den Brink, P.H.M. Janssen, R.M. Cooke¹

¹Department of Applied Mathematics, Delft University of
Technology

This investigation has been performed by order and for the account of RIVM, within the framework of project S/550002, Uncertainty Analysis.

Preface

In 1999 a public debate was held in Dutch newspapers on the quality and precision of data produced by RIVM in its annual reports, such as the Environmental Balances. All the commotion led to the placement of uncertainty analysis on the research agenda and the launch of several initiatives on uncertainty analysis at the RIVM. This does not mean that there was no prior attention given to the subject, but available methodologies and expertise were not generally applied. Furthermore, outcomes of uncertainty analyses were not transparent in publications and reports. An external review on the quality of RIVM emission calculations concluded that there was a need for more uniformity in the approach of assessing uncertainty analysis and a more structured use of expert knowledge. At the moment, the public debate has faded, and uncertainty information is available for much emission data.

The study reported here applied structured expert elicitation for assessing uncertainty in NO_x emission data of passenger cars. The calculation method presented distinguishes between uncertainty induced by lack of knowledge and uncertainty induced by variability in calculation algorithms. Results revealed the presence of several variables, all relevant for the final NO_x emission figures but viewed differently by experts. Hopefully, this study will fuel further discussion within the emission expert community, and eventually lead to better quality of NO_x emission figures for evaluating policy actions.

Having performed this time-consuming exercise, we can very well imagine that it is not feasible to undertake this kind of detailed analysis on every emission figure produced. Experts are confronted in their daily routines with ever-changing questions from policy makers, and an ever-growing need for figures to base decisions on. Nevertheless, we find uncertainty analysis, whether performed extensively or in a more modest form, indispensable as an aid to focusing further research on the weakest parts of our knowledge; as such this analysis can help us to make better decisions. We advocate therefore including uncertainty analysis on a routine basis as part of the process of producing RIVM's main products and reports, especially on subjects where further policy actions are necessary to reduce environmental pressure.

The authors

Executive summary

In decision-making processes on emission reduction measures, not only are emission data needed but also information on either the uncertainty or reliability of these data. Here, structured expert elicitation was used by the RIVM for an uncertainty analysis on NO_x emissions from Dutch passenger cars in 1998. Experts from several Dutch research institutes were selected for the elicitation process. Frequency distributions on individual car performance (emission factors) and volumetric (kilometres driven) variables could be obtained with the expert elicitation method. Total uncertainty was calculated by propagation and aggregation of individual car uncertainty in a Monte Carlo simulation. Calculating total uncertainty proved to be complex since different types of uncertainty play a role. The strategy followed was explicitly geared to variables showing inherent variability (aleatory uncertainty) and variables that are uncertain because of a lack of knowledge (epistemic uncertainty). We assumed emission factors to show epistemic uncertainty and volumetric variables to show aleatory uncertainty. The total uncertainty obtained was called ‘maximised’ uncertainty, since the assumption is quite crude and will probably lead to an overestimation of uncertainty. Considering the NO_x emissions for the total population, the smallest 95% uncertainty interval was obtained for the TNO–CBS (Statistics Netherlands) expert (–12% to +15%), while the largest interval was obtained for the RIVM expert (–35% to +51%). The combination of experts (called decision-makers [DM] in this method) showed intervals of –30% to +41% (DM before propagation) and –46% to +81% (DM after aggregation). Taking different types of uncertainty into account led to realistic results when compared with literature values. In conclusion, the approach of structured expert elicitation, combined with Monte Carlo simulation and aggregation, gave meaningful results. It is important to pay attention to characterising different types of uncertainty in elicitation protocols. However, the use of structured expert elicitation was very time consuming, and there is still a lot of discussion on combining expert data. Therefore, the need for structured expert elicitation should be firmly substantiated and focused on both variables having a major influence on model outcomes and those showing large differences in opinion.

Contents

Samenvatting 6

Summary 8

1 Study Background 11

1.1 Introduction 11

1.2 Goal 12

2 Study Description and Methodology 13

2.1 General set-up 13

2.2 Deterministic calculation model for emission factors 13

2.3 Expert judgement elicitation 16

2.4 Propagation 17

2.6 Aggregation 19

2.6.1 Aggregation under the assumption of independence 19

2.6.2 Epistemic and aleatory uncertainty 19

2.6.3 Aggregation of epistemic and aleatory uncertainty 21

2.6.4 Combination of expert elicitations 23

2.7 Software use 24

3 Results 25

3.1 Propagation results for individual cars 25

3.2 Results after aggregation to population level 30

3.2.1 Comparison of individual and population results 30

3.2.2 Total car NO_x emissions at the Dutch population level 34

3.3 Sensitivity analysis 38

3.4 Theoretical calculations as an independent control 39

4 Discussion and conclusions 41

4.1 Evaluation of structured expert assessment 41

4.2 Sensitivity analysis 43

4.3 Role of types of uncertainties and dependencies 44

4.4 Uncertainty of NO_x emissions from passenger cars 45

4.4.1 Individual cars 45

4.4.2 Total population 46

4.5 Final conclusions 47

References 49

List of abbreviations and acronyms 52

Mailing list 53

Appendices A to L 55

Samenvatting

Bij besluitvorming over te nemen maatregelen op het gebied van emissie reductie zijn niet alleen gegevens over emissies nodig maar ook over de onzekerheid c.q. betrouwbaarheid daarvan. Onzekerheid van gegevens is niet zonder meer altijd bekend uit onderzoek en literatuur, maar wordt vaak ingeschat door experts. Dit rapport beschrijft een studie naar het gebruik van gestructureerde expertbevraging bij een onzekerheidsanalyse van de NO_x-emissies uit personenauto's.

De totale Nederlandse NO_x-emissie wordt routinematig berekend uit emissieprestaties en volumedata. Uit TNO-meetprogramma's onder gestandaardiseerde testomstandigheden (test-cycli) zijn de emissiefactoren van auto's bekend per bouwjaar en brandstofsoort. Deze worden gecombineerd met CBS-data over aantallen auto's per bouwjaar en brandstofsoort en hun jaarlijkse kilometrages. De onzekerheid in de emissie van de totale populatie is in deze studie berekend door het opschalen van de onzekerheid en variabiliteit in gegevens van individuele auto's. Expertbevraging is ingezet om frequentieverdelingen te verkrijgen van prestatie- (emissie-factoren) en volumegegevens (kilometrages). Voor beide typen gegevens zijn drie experts bevraagd. Tevens zijn twee manieren onderzocht om expertmeningen te combineren.

Het berekenen van de onzekerheid op het niveau van de gehele populatie personenauto's was complex, omdat meerdere typen onzekerheid een rol spelen. Als de onzekerheid in de inputgegevens eenvoudigweg als statistische variabiliteit wordt gezien, dan leidt dit tot smalle onzekerheidsbanden rondom de populatie-emissie. Dit is het mathematische gevolg (centrale limiet stelling) van het sommeren van een groot aantal emissies van individuele auto's, afkomstig uit een zelfde verdeling. Deze smalle onzekerheidsbanden werden door verkeersexperts als niet reëel beoordeeld.

Om met dit probleem van aggregatie van onzekerheden om te gaan is een berekeningsstrategie gevolgd waarin expliciet onderscheid is gemaakt tussen variabelen die inherent variabel zijn (aleatorische onzekerheid) en variabelen die vooral onzeker zijn vanwege een gebrek aan kennis (epistemische onzekerheid).

We hebben aangenomen dat emissiefactoren behept zijn met epistemische onzekerheid en volumegegevens met aleatoire onzekerheid. Het effect hiervan is in de berekening aangebracht, door afhankelijkheden tussen de individuele auto's van een populatie te simuleren en door te laten werken in de onzekerheid op populatieniveau.

De aldus verkregen populatieonzekerheid wordt 'gemaximaliseerde onzekerheid' genoemd, omdat de aanname dat alle emissiefactoren van een 'milieu-brandstof' klasse op identieke wijze inherent onzeker zijn vrij grof is, en vermoedelijk leidt tot een overschatting van de onzekerheid op populatieniveau. De gemaximaliseerde onzekerheden waren duidelijk groter dan in het geval van enkel aleatoire (statistische) variabiliteit, en waren beter vergelijkbaar met literatuurwaarden.

Er is een aantal valkuilen aan te geven bij het toepassen van expertbevraging bij dit soort studies. Er was veel verwarring over de percentielen van de frequentieverdelingen. Het gemiddelde en het 50%-percentiel werden door de experts vaak als identiek beschouwd, terwijl dat alleen voor symmetrische verdelingen geldt. Als gemiddelden als mediaan worden gebruikt bij lognormale verdelingen met een lange rechter 'staart', dan leidt dit tot hogere gemiddelden dan bedoeld.

Verder werd gevraagd naar verdelingen van individuele auto's. Niet altijd realiseert men zich dat deze anders zijn dan verdelingen van gemiddelden over grote populaties. Veel hangt af van de gebruikte literatuur waar experts zich op baseren, en welke statistieken daarin zijn gerapporteerd. Zorgvuldigheid is nodig bij het overnemen van literatuurwaarden.

We hebben realistische resultaten behaald door expliciet rekening te houden met verschillende typen onzekerheid en door het toepassen van afhankelijkheden tussen individuen van een populatie. Daarom is het ook nodig om meer aandacht aan deze aspecten te besteden in protocollen voor expertbevraging, waarbij het echter wel de vraag is of experts informatie hebben over de afhankelijkheden binnen populaties.

Een gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de variabelen die het meest bijdragen aan de uiteindelijke onzekerheid, en wijst mogelijkheden aan om de onzekerheid te reduceren. In dit geval bleek het te gaan om de emissiefactoren, gereden kilometers, het aandeel van gereden kilometers op snelwegen en het aantal en effect van koude starts.

Het is daarnaast nodig om aandacht te geven aan een aantal zaken die niet in het model zijn opgenomen, zoals het samenstellen van testcycli met variërende motorbelastingen die representatiever zijn voor werkelijk gereden ritten.

Uit de antwoorden van de afzonderlijke experts zijn twee gecombineerde datasets (c.q. 'experts') afgeleid, namelijk één waarbij afzonderlijke gegevens al voor de Monte-Carlo (MC) simulaties werden samengevoegd ('DM-before'), en een waarbij dat pas na simulatie van afzonderlijke expertgegevens gebeurde ('DM-after').

Voor de NO_x emissie van de totale populatie personenauto's zijn verschillende 95% onzekerheidsintervallen gevonden. Het kleinste interval is verkregen voor de expert TNO-CBS (-12% tot +15%), en het grootste voor de RIVM expert (-35% tot +51%). De gecombineerde experts 'DM-before' en 'DM-after' hadden intervallen van respectievelijk -30% tot +41%, en -46% tot +81%. De expert 'DM-before' geeft een beeld van de actuele onzekerheid, terwijl de expert 'DM-after' vooral de invloed laat zien van de onderlinge verschillen tussen experts. Die verschillen zijn in dit geval dus aanzienlijk. Nadere analyse hiervan gaf inzicht in variabelen waarover blijkbaar geen overeenstemming bestaat in de expert gemeenschap, in dit geval de kilometrages voor pre-EURO en EURO1 benzine auto's. De frequentieverdelingen van de emissie-factoren voor verschillende milieu-technologieën laten zien dat deze technologieën voor benzine en LPG de gewenste emissiereductie effecten hebben gehad. Dat was niet zichtbaar bij dieselmotoren.

Vergelijking met literatuurwaarden gaf aan dat de 'gemaximaliseerde' onzekerheden in het algemeen overeenkomen met literatuurwaarden (met uitzondering van de combinatie na simulatie). We concluderen daarom dat de toegepaste benaderingswijze van gestructureerde expert bevraging, gecombineerd met Monte Carlo simulatie van onzekerheden en aggregatie van verschillende typen onzekerheid een werkwijze is die zinnige en betekenisvolle resultaten oplevert.

Het gebruik van expert bevraging bleek echter zeer arbeidsintensief en er is veel discussie over het wel of niet combineren van expertantwoorden. Het bleek verder een probleem om voldoende experts te vinden, hetgeen het moeilijk maakt om robuuste uitspaken te doen. Gezien deze hindernissen, moet de noodzaak om een uitgebreide expertbevraging uit te voeren, goed onderbouwd worden. De bevraging moet zich dan toespitsen op de meest controversiële onderwerpen en meest gevoelige variabelen, die bijvoorbeeld via een gevoeligheidsanalyse aan het licht zijn gebracht. Overige variabelen kunnen uit de literatuur gehaald worden. Dit concentreert het bevragingsproces en leidt tot een efficiënter gebruik van tijd en inzet van experts.

Summary

For decision-making on emission-reduction measures, not only are emission data necessary but also information on the uncertainty of data. Information on uncertainty is not always available in the literature or made explicit in research. Instead, it is often provided through expert judgement. This report presents a study on the use of expert elicitation in analysing the uncertainty of NO_x emitted from passenger cars

Total Dutch NO_x emissions are routinely calculated from performance and volumetric data. Measurements on car emission factors per year-class and fuel type are available from TNO monitoring programmes under standardised circumstances (test cycles). These data are combined with monitoring data from Statistics Netherlands on the number of cars and kilometres driven per year-class and fuel type. In this study, the uncertainty on the total population level was calculated by up-scaling the variability and uncertainty of individual statistics. Structured expert elicitation was used to obtain frequency distributions for statistics on performance (emission factors) and/or volume data (number of cars and kilometres). Two modes of combining expert opinions (before and after the Monte Carlo simulation) were derived for the two data types (performance and volume data) and three experts were assessed.

Calculating the population uncertainty was complex because of the different types of uncertainty involved. Treating uncertainty of all input parameters is simple as statistical variability yields very narrow uncertainty ranges for total population emissions. This is the mathematical consequence (according to central limit theorem) of summing a large number of individual car emissions, independently drawn from a well-known distribution. Traffic experts assessed these narrow uncertainty bands as being unrealistic.

A calculation strategy that explicitly takes different types of uncertainty into account was designed to cope with this problem of uncertainty aggregation. An important assumption making this possible was that uncertainty associated with emission factors was characterised as mostly *epistemic* (i.e. with 'state-of-knowledge uncertainty'), whereas volume data was characterised as mostly *aleatory* (i.e. with inherent variability). The effect of epistemic uncertainty was brought into the calculation by simulating dependency between emission factors of individual cars, and aggregating the calculate distributions to population levels. The uncertainty obtained was labelled 'maximised', since the assumption of an identical lack of knowledge for all emission factor data is quite crude, and probably leads to an overestimation of uncertainty. The maximised uncertainty was clearly higher in comparison with results from the only aleatory uncertainty case. These values were also more comparable to literature values.

There are a number of pitfalls associated with the use of expert elicitation in this type of study. Firstly, there is a great deal of confusion on the parameters of uncertainty distributions: median and mean values were often considered equal by the experts, while this is only the case for symmetrical distributions. Supplying means to function as medians for positively skewed log-normal distributions renders distributions with higher means than intended. Secondly, elicitation was done for individual car parameter distributions. Experts must realise that these differ from distributions of mean population values. Much depends on the literature available to experts, and what statistics are reported. So care must be taken when referring to literature values.

We obtained realistic results both by explicitly taking different types of uncertainty into account, and applying dependencies among individuals of a population. An additional complication arises with respect to making a suitable and realistic distinction between aleatory and epistemic uncertainty. To deal with these issues adequately, elicitation on these distinct uncertainty aspects must be included in the protocol, as well as in the subsequent probabilistic analysis. It remains, however, to be seen if experts can supply information on intra-population dependencies.

A sensitivity analysis gives insight into parameters that are important for total uncertainty, and may indicate options for reducing total uncertainty. In this case, the most sensitive parameters were the emission factors, the number of kilometres driven, the share of kilometres on highways and the number and effect of cold starts. Further, it is necessary to consider subjects not covered in the model, such as the compilation of more realistic test-drive cycles that take dynamic engine loads into account.

Two combined data sets ('experts') were derived from the expert data set. One set was compiled before the Monte Carlo simulation was performed, and one after simulation of individual expert data. For total population NO_x emissions, the smallest 95% uncertainty interval was obtained for the TNO-CBS expert (-12% to +15%), while the largest was obtained for the RIVM expert interval (-35% to +51%). The combined decision-makers (combination of experts [DM] used in this method) showed intervals of -30% to +41% ('DM before propagation') and -46% to +81% ('DM after aggregation'). The combination of experts 'before' gives an idea of actual uncertainty, while the combination 'after' paints a picture of possible differences in opinion between experts. In this case, these differences are considerable and could be attributed to differences in opinion on kilometres driven in pre-EURO and EURO1 petrol cars.

Frequency distributions for emission factors from different technology groups show that environmental technologies in petrol- and LPG-fuelled cars have indeed led to reduced emissions. This was not shown for diesel cars.

Maximised uncertainties are shown to agree with literature values here (with the exception of expert 'after'), leading us to the conclusion that the structured expert elicitation approach (applied in combination with the Monte Carlo simulation of dependencies and aggregation of different types of uncertainty) is, indeed, a method that gives meaningful results.

However, the use of formal expert elicitation was very time consuming and gave rise to the discussion on how the different responses should be combined. Further, it was a problem to find enough experts, making realisation of robust results difficult. Use of structured expert elicitation must therefore be thoroughly justified. The first step here is to ensure that the most controversial and sensitive variables are determined, while all the other variables can often be satisfactorily covered by reviewed literature. This limits the effort and time invested by experts to the most uncertain and important variables.

1 Study Background

1.1 Introduction

In 1999 a public debate appeared in the Dutch newspapers following critical remarks of an RIVM employee on the results published in important RIVM publications, such as the Environmental Balance (see Appendix 1 in Van Asselt et al., 2001 or Van der Sluijs, 2002, for a brief account of this debate). Consequential to this debate, known as the Kwaadsteniet affair, a review was performed on the models and instruments used by the RIVM division at the time, Environment and Nature, to calculate anthropogenic emissions (Onderdelinden, 1999). Here, it was advised to develop a standard methodology for uncertainty analysis and expert elicitation. In a study on uncertainty and Environmental Outlooks, uncertainty management was recommended as a strategic priority for RIVM (Van Asselt et al., 2001). To address the issue of standard methodology and expert elicitation, a project on 'Reliability of Emission data' (M888885/04/AA) was set up at the then Laboratory for Emissions and Waste Materials (LAE) in 2000. The goal of this project was to establish a methodology for uncertainty analysis of emission inventories, involving a systematic elicitation of experts on their knowledge on uncertainty. For methodological issues, co-operation was sought with the project on Uncertainty Analysis (S/550002).

The study described here is to respond to the need to quantify the uncertainty into emission calculations. But why is this needed? The main reason is that in situations where uncertainty is substantial, results obtained by applying such 'most likely' or 'nominal' values to uncertain parameters do not give an appropriate answer. When one must choose between decision alternatives under uncertainty, information is required on the plausible distribution of values. To maximise the expected utility of such values, we need a suitable methodology for quantification of uncertainty.

When conducting emission calculations, data from different sources are usually combined: data on activities and stocks being obtained from CBS, AVV, LEI and similar institutes. Technical data, such as emission factors for the various emission sources, are usually obtained from institutes like TNO and DLO. Experts taking part in the Emission Working Group (WEM) use these sources for their yearly updates of anthropogenic emissions. All data are surrounded with uncertainties, as given below.

- Part of the uncertainty is due to the incompleteness and deficiencies of the methods used in obtaining the data (such as technical measurements, countings, questionnaires, estimates and expert judgement). Uncertainty is also primarily a '*lack of knowledge induced*' uncertainty (or '*epistemic*' uncertainty);
- In another part of the results from the '*natural variability*' of the system, individual emission sources are typically non-identical, e.g. no two industrial installations, two cars or two animals have the same emissions. The resulting uncertainty is called '*aleatory*' or '*variability induced*' uncertainty, and stems from the fact that, in practice, it is typically impossible to know or measure all individual emission sources belonging to a certain category or group due to finite-sampling restrictions¹. Moreover, natural variability can also be exhibited as a certain degree of randomness (e.g. tomorrow's or next week's weather).

¹ In fact, the emission of such a group of sources is estimated on the basis of extrapolation, involving, for example, average emission factors etc. determined from a sub-sample of the complete population.

The categorisation into epistemic and aleatory uncertainties is not clear-cut or univocal, but depends on the purposes of a model, the current status of knowledge, or the information available in practice (see also Hora, 1996; Baecher and Christiansen, 2000).

Typically, well-established measurement programmes in combination with statistical analysis are used to report variability and its induced uncertainty, whereas one also has to consult experts, particularly when knowledge is sparse.

In general, once uncertainties in input data and in model structure have been quantified, these can be used to calculate uncertainties in model output. When doing so, it is important to identify the most sensitive parameters or factors contributing most to the output uncertainty. This type of results can help focus research on the most crucial data, and thus improve the emission inventory.

In 2000, appropriate methodologies for this purpose were selected and tested so as to compile a suitable approach to uncertainty analysis of emission inventories. Most of the methods were taken from the Good Practice Guidance report on uncertainty analysis for greenhouse gas inventories prepared by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2000). The studies ranged from those on a general and aggregated level (for instance, on a theme such as acidification) to detailed studies on single emission sources. Simple error propagation rules were used to determine the overall uncertainty when adding (uncertain) emissions of acidifying pollutants from different actor groups (Milieubalans, 2001). Case studies were performed to test more detailed methods (Van der Sluijs et al., 2002; this study).

1.2 Goal

The goal of the study was to evaluate methods for determining the uncertainty in total NO_x emissions from passenger cars [kg/yr] for the Netherlands in 1998. Further, the NO_x-emission uncertainty would be quantified on the basis of different experts.

This report covers a detailed study on uncertainties of NO_x emissions from passenger cars, where many experimental data on emission characteristics and counting results are available. However, data from experts are also needed on less well-known parameters in emission calculations, such as the use of air-conditioning and the share of aggressive driving style. The methods used in this study to assess the uncertainties in emission data are structured expert elicitation, Monte Carlo simulation and sensitivity analysis. An approach was also designed to take the effects of different types of uncertainties (i.e. aleatory and epistemic) more explicitly into account, while performing Monte Carlo simulations.

A technical report on the research and results published by the Delft University of Technology (Cooke and Kraan, 2002) in 2001, was further refined and elaborated by the RIVM authors. Appendices from the technical report are reproduced here for completeness, but the elicitation questions and rationales (Appendices B to D) are in Dutch.

2 Study Description and Methodology

2.1 General set-up

This study was set up to explore development, application and evaluation of methods for uncertainty analysis based on structured expert judgement. It would quantify uncertainty in NO_x emissions from cars in the Netherlands for 1998, as computed by the emission-model taskforce (see section 2.3). This uncertainty assessment involved tailoring the existing methods, such as structured expert elicitation and Monte Carlo simulation, to this problem and identifying issues for further research.

The uncertainty assessment comprises the steps below:

1. Identifying uncertain parameters;
2. Determining which parameters are expected to contribute significantly to the uncertainty of the end result by means of a sensitivity analysis;
3. Determining the nature of the uncertainty (e.g. aleatory versus epistemic);
4. Quantifying marginal distributions representing parameter uncertainties using structured expert judgement;
5. Quantifying dependencies between uncertain parameters;
6. Propagating the joint uncertainty distribution through the calculation model, taking the effect of aleatory and epistemic uncertainty into account;
7. Communicating the results to owners with problems.

The taskforce model was slightly adapted and recoded in UNICORN, a software package developed by the Delft University of Technology to perform the Monte Carlo simulations with correlation and to analyse the results (Cooke, 1995). The UNICORN model is described in Appendix A and the elicitation questions used in the structured expert elicitation, included as Appendices B and C. The individual expert assessments and rationale are given in Appendices D through I. Appendices J and K list the assessments of 'DM before propagation' (see section 2.3). In Appendices L and M, the individual expert assessments are presented graphically and compared (see section 2.3).

For details on modern methods of uncertainty analysis with structured expert judgement please refer to the recent European Guideline for structured expert judgement (Cooke and Goossens, 1999). For more background and details see: Bedford and Cooke (2000); Cooke (1991); Cooke et al. (1994); Harper et al. (1995); Goossens et al. (1996, 1997, 1998); Brown et al. (1997); Haskin et al. (1997); Little et al. (1997). For information on the applied UNICORN software see Cooke and Solomatine (1992); Cooke (1995) and Cooke et al. (1997).

2.2 Deterministic calculation model for emission factors

The emission model taskforce

The emission model taskforce (Klein et al., 2002; van den Brink et al., 2000a, 2000b; Annema, 2000) computes the basic emission factors for cars [g/km] per fuel type (petrol, diesel, LPG), weight class (light, middle, heavy), technology group (no catalyst, EURO 1

catalyst, EURO2 catalyst etcetera). This grouping refers to the environmental regulations under which the car was produced) and road type (urban, rural, expressway), according to:

$$E_{\text{basis}} = E_{\text{warm}} * [1 + \text{age} \times \text{Coeff_age}/100 + \text{percent_KMs_aggressivestyle} \times \text{effect_aggressivestyle}/100 + \text{percent_with_airco} \times \text{percent_time_airoco_on} \times \text{effect}_{\text{AIR}}/10000] + \text{number_coldstarts_per_km} \times \text{Effect_coldstarts} \quad (1)$$

Here, E_{warm} is the emission factor under warm operating conditions [g/km] determined from laboratory measurements with the help of the VERSIT model (Lefranc, 1999), and where Effect_coldstarts denotes the additional effect of cold-starts (artificially expressed in terms of effect-cold-start per driven km).

The basic emission factors (per fuel type, age, technology group, weight class and road type) are calculated for each year; or rather the variable *age* is varied in this formula to obtain values for the different age-classes in the population. The effects of driving style, cold starts and air-conditioning are treated as corrections on the warm emission factor E_{warm} .

The quantity E_{warm} is determined with the VERSIT model. The model uses the known relation between emissions and traction energy (see Figure 1). Traction energy is the energy needed to perform a real-life ride, and encapsulates energy needed to overcome air, acceleration and rolling resistance.

The VERSIT model is supplied with data from the Sample Control Program (SCP; Steekproef Controle Programma 1995/1996). This is a yearly control of emissions of newly imported cars. The primary goal is to determine whether a brand of cars conforms to current environmental standards. Hence, cars are adjusted by manufacturers to conform to the import specifications. Subsequently, they are subjected to two standard driving cycles (Urban Driving Cycle, UDC, and Extra Urban Driving Cycle, EUDC) on a chassis dynamometer. Emissions are collected in bags. The SCP selects car types in a way that is thought to be representative for the Dutch car population. Therefore, older cars and previously tested cars are also selected to determine the effects of ageing.

It is evident from this figure that any fitted model of $\text{NO}_x \times \text{swept volume}$ as a function of traction energy will have substantial variability-induced uncertainties. The situation is even worse than suggested in Figure 1. Many cars are represented by two points in this graph, one with lower traction energy corresponding to the UDC and one with higher traction energy corresponding to EUDC. The variability in Figure 1 clearly shows a large inter-vehicle variability in engine emissions. It does not cover intra-vehicle variability (which would show from repeated measurements on the same cars), that is thought to be important as well. The fitted polynomial also suffers from ‘model mis-specification’ as it is hard to find an appropriate functional form that adequately describes the data.

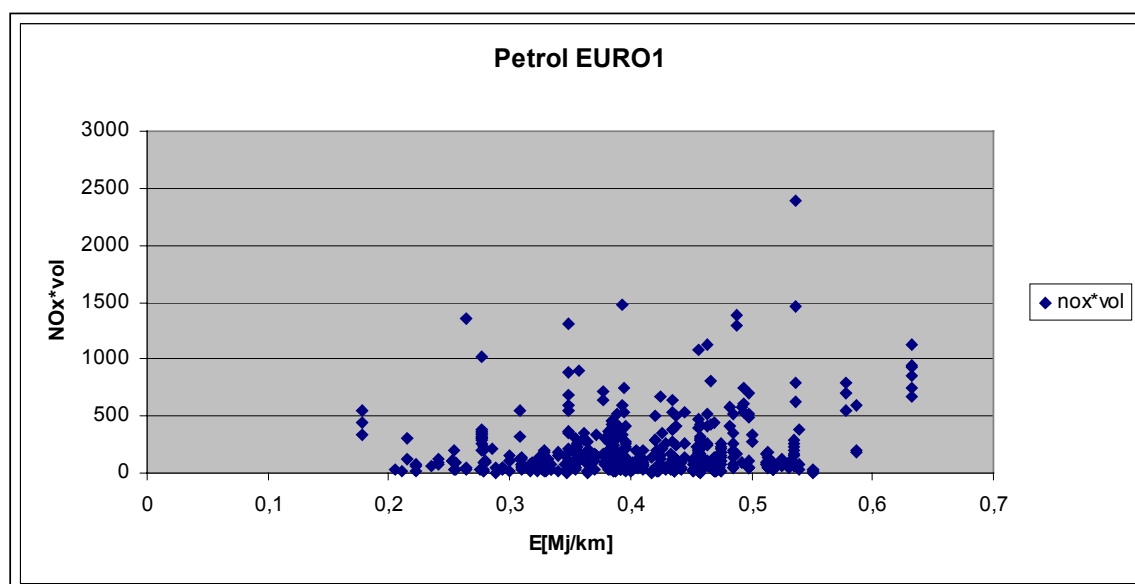


Figure 1: Emissions \times swept volume versus traction energy for EURO 1 petrol cars. (Data taken from SCP programme)

In view of the (variability-induced) uncertainties in the functional relation between emissions and traction energy it was decided not to ‘hard wire’ the VERSIT model into the current uncertainty analysis. Hence, we obtained the uncertainty of emission factors (due to variability and model misfit) as directly assessed by expert opinion rather than deriving some statistical measure of polynomial fit from residual errors around the polynomial function. We chose to use the taskforce emission model that uses trip types instead of traction energy (according to Formula 1). With this model, the basic emission factors (E_{basis}) can be calculated. Emissions are obtained by multiplying the emission factors with the number of kilometres driven. The results distinguish between fuel type, road type and technology group. These are summed to obtain a national total for passenger cars. Table 1 gives results per technology group for 1998.

	Petrol without regulated catalyst	Petrol with regulated catalyst	Petrol total	Diesel total	LPG total	Total
Kilometres (10^6 km)	16982	45716	62698	21372	9114	93184
Emission factor (g/km)	2.68	0.4	1.01	0.65	0.84	0.91
Emission (10^6 kg)	45.5	18.1	63.6	13.9	7.6	85

Table 1: The taskforce emission estimates for kilometres, NO_x emission factors and NO_x emission for passenger cars in 1998 (data from the taskforce, used in RIVM, 2001).

To get some further indication of the accuracy of the emission inventory results, a provisional sensitivity study has been done by Van den Brink et al. (2000a). They took a limited number of variables into account *i*) the number of cold starts per kilometre in urban areas, *ii*) percentage of kilometres driven aggressively and *iii*) percentage of time the air-conditioning

is switched on. The different inputs were combined as worst/middle/best case combinations (see Table 2). The NO_x emissions that resulted from this approach showed a range of +20% to -18% for petrol cars, and +15% to -10% for diesel cars.

		Low	Medium	High
Number of cold starts per kilometre	[km ⁻¹]	0.05	0.15	0.25
Share of aggressive driving in total driving time	[%]	5	10	25
Share of air conditioning use in driving time	[%]	5	18	30

Table 2: Ranges of inputs for 3 variables [data taken from Van Den Brink et al., 2000a].

Taking the limited set-up of this sensitivity analysis into account, it is safe to say that there are substantial uncertainties involved in the calculation of emission factors, despite the elaborate sampling and measurement programme of the emissions (SCP). We will not go into details of the sampling programme for kilometres and car numbers (data from CBS; see Klein et al., 2002 for further details).

2.3 Expert judgement elicitation

Expert judgement was elicited for two sets of questions: those relating to emission factors and those related to volumetric parameters (mileage). In each case, experts assessed 5%, 25%, 50%, 75% and 95% quantiles for the selected parameters, characterising the expert distributions of the implied uncertainties. In total 212 variables were elicited, divided roughly equally over emission and volume. Experts also assessed a restricted number of dependencies between selected parameters. The elicitation questions and answers are presented in appendices D through I, L and M.

Experts from five institutes participated in this study (see Table 3). The RIVM expert assessed all items, the TNO and VITO experts assessed only emission items, and CBS and AVV assessed only volume items. In consultation with RIVM traffic experts, it was decided to group the experts such that each group contained assessments for emission and volume items. Since TNO and CBS collaborate closely and share data, these experts were coupled. The obtained groups are: RIVM, TNO-CBS, and VITO-AVV. In the report we refer to these three groups as three (composite) experts.

Institution	Name expert	Expertise
AVV	Peter Mak	Volume
CBS	John Klein	Volume
RIVM	Bert van Wee	Emission and Volume
TNO	Raymond Gense and Erik van de Burgwal	Emission
VITO	Ina de Vlioger	Emission

Table 3: The different elicited experts and their field of expertise.

The experts have been combined with equal weights to obtain a so-called Decision Maker (DM), which represents a kind of synthesis of all experts. Equal weighting was applied as there were no 'seed' variables available to support performance based combinations ('seed'

variables are benchmark variables, whose true values are known post hoc; weights for experts are derived from their performance on these benchmarks; see Cooke, 1991, Cooke et al., 1999). We can represent the calculation process as shown in Figure 2. The experts' distributions were input to the Monte Carlo runs of the taskforce emission model (see Section 2.2), and NO_x emissions were calculated at the individual car level.

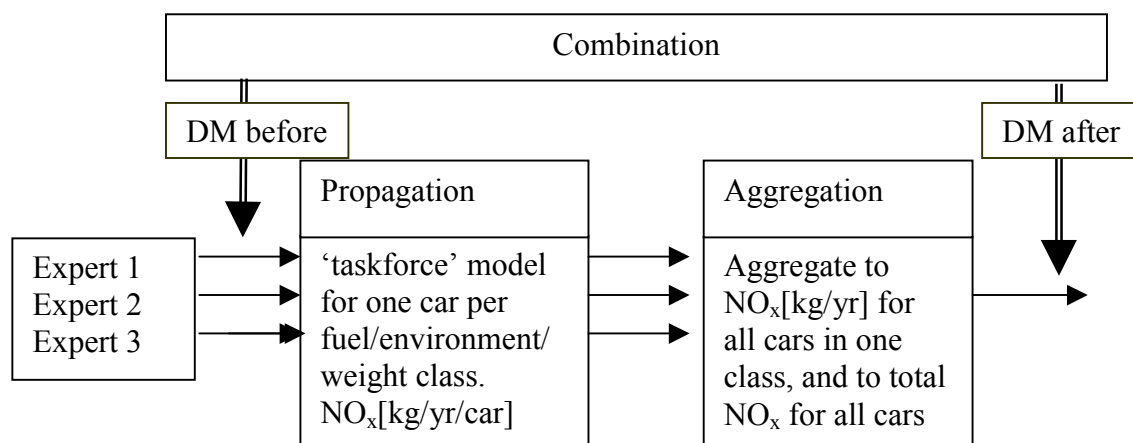


Figure 2: Schematic presentation of the calculation scheme.

This is depicted as the error propagation step (section 2.4). After this step, emissions of individual car are summed for all cars per fuel type/technology group and, finally, for the whole population. This step is called aggregation (see Section 2.5). A more elaborate flow chart of calculations can be found in Appendix A2.

With the uncertainty distributions of the 3 grouped experts, we obtained three distributions for aggregated NO_x emissions. Then, experts' distributions were combined to form a 'Decision Maker' (DM). This combination can be done either before propagation ('DM-before'), or after aggregation ('DM-after'). A last alternative (DM after propagation and before aggregation) is conceptually and numerically intermediate, and no results are presented for this alternative.

2.4 Propagation

In the error propagation step, Monte Carlo simulations of the taskforce emission model were performed on the individual car level. The emission factors for warm operating conditions (E_{warm}) are available from the elicitation sessions per fuel type, technology group, swept volume and road type (urban, rural, expressway). As mentioned, separate simulations have been done for different car types, based on fuel-type/environment category. The weight categories within each cell, and the types or cells and their acronyms are given in tables 4 and 5.

Weight category	Acronym	Weight-class
Light	L	< 850 kg
Medium	M	850 kg – 1150 kg
Heavy	H	> 1150 kg

Table 4: Overview of weight categories and acronyms

Cell	Acronym
Petrol without regulated catalyst	BZK
Petrol EURO 1	BE1
Petrol EURO 2	BE2
Diesel PRe-EURO	DPE
Diesel EURO 1 indirect injection	DE1
Diesel EURO 2 indirect injection	DE2I
Diesel EURO 2 direct injection	DE2D
LPG without regulated catalyst	LPGZK
LPG EURO 1	LPGE1
LPG EURO 2	LPGE2

Table 5: Cell names and acronyms

During simulation of each cell, random cars are sampled. Each individual car is determined by a vector of 10 volumetric and technical characteristics:

$V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10})$:

v_1 = number of kilometres driven.

v_2 = % km urban/rural/expressway.

v_3 = swept volume.

v_4 = % aggressive style.

v_5 = effect aggressive style.

v_6 = # cold starts.

v_7 = effect cold starts.

v_8 = air-conditioning (yes, no).

v_9 = % time air-conditioning on.

v_{10} = effect air-conditioning.

The Monte Carlo analysis is conceived as follows: we can imagine an urn containing all cars from a given fuel/environment/weight cell. We ‘draw’ a car from this urn and ‘observe’ the value of the vector V . We then draw a value for each emission factor (E_{warm}) from the appropriate expert distribution. With these, we can compute the yearly emission. Repeating this many times we generate the distribution for yearly emissions from an individual car, belonging to the considered fuel/technology/weight cell. For each fuel/technology group, the distribution over weight is known (see Appendix A, Table A-1), hence we can combine the separate distributions. This is the uncertainty distribution in the yearly NO_x emissions [kg/yr] for one random car drawn from the fuel/technology cell.

It should be noted that the components of the vector V need not be independent. For example, the total number of kilometres driven is expected to be correlated with the percentage expressway driving; if the total number is very high, then the percentage driven on the expressway will typically be high as well. Experts assessed this correlation according to the method in Cooke et al. (1999). Experts also assessed the correlation between the emission factor for rural and expressway driving². Of course, many other correlations could have been considered (with 212 variables a potential of 22,000 pairs), but only correlations that were judged potentially significant by the project team were queried.

² The experts differed with respect to this correlation, the values for the three experts were 0.825, 0.71 and 0. These correlations are considered the same for all fuel/environment/weight cells.

2.6 Aggregation

2.6.1 Aggregation under the assumption of independence

Based on the central limit theorem (see e.g. Cullen and Frey, 1999) it can be easily inferred that the *total* NO_x emission of n randomly chosen cars (where n is large) from a given fuel/technology cell has an asymptotically *normal distribution* with mean $n\mu$ and variance $n\sigma^2$ (where μ and σ^2 denote the mean and variance of the individual car NO_x emission). The crucial underlying assumption for this result is that the distributions of NO_x emissions of individual cars are identical *and mutually independent*. The precise form of the distribution of individual car emission does not matter (it may be skewed or whatsoever), as the resulting distribution of the sum of n cars will be symmetrically, and (asymptotically) normal under the condition of independence. Moreover, this result implies that the uncertainty will decrease by aggregating/summing individual emissions, since the mean of the total emission increases with n , while its standard deviation increases with only \sqrt{n} . Thus, the uncertainties (due to random variability, not knowledge deficits) cancel out due to their assumed independence.

A numerical example can illustrate this point.

Suppose X_i is the emission of the i -th car, where X_i is normally distributed with mean 25 and standard deviation 50 (these values are representative for Petrol without regulated catalyst, though the distribution is not normal). If the uncertainty for the cars is mutually independent, then the uncertainty in the total emissions of 2,040,000 petrol cars without catalyst is normal with mean 51 million and standard deviation 71,414. The 5% to 95% uncertainty band for the total emission is very narrow indeed: from 50.9 million to 51.1 million.

When confronted with these results, the traffic experts were very sceptical since these findings are not in line with previously reported uncertainty ranges (Frey, 1997; Annema, 2000). However, the results for the individual car uncertainty (see section 3.1) corresponded to their expectations. As a consequence, one can conclude that the assumption of independence in aggregation does not hold, so there must be dependence between emissions of two random cars from the same fuel/environment/weight cell.

2.6.2 Epistemic and aleatory uncertainty

Dependence between emissions of two random cars from the same fuel/technology cell can be bought on by uncertainty, which affects all cars in the same way. This issue arises in particular with regards to emission factors, as there are many types of uncertainties involved (see section 2.2) .

Structured expert judgement elicitation is always conditional on features stipulated by the analysis (called the *case structure* in Cooke et al., 1999). When an expert is asked for the emission of an arbitrary Dutch petrol car with large swept volume, without catalyst, in non-aggressive urban driving without air-conditioning, the case structure is:

[Dutch, petrol, large swept volume, without catalyst, non aggressive, urban, without air-conditioning]

The case structure does not stipulate *all* features relevant to the uncertainty. Uncertainty due to features not stipulated is assumed to be ‘folded into’ the expert’s distribution. The experts

consider the spread of emissions in the population of cars satisfying the case structure and report the requested quantiles of this distribution.

Now let us consider three experts with three different ways of blending in the non-stipulated uncertainty aspects (these are hypothetical experts, not the three experts in this study):

1) *Expert 1* believes that swept volume [cm^3] within this class is the main influence on emissions; given the cm^3 he can estimate the emission with near certainty. He bases his uncertainty assessment on the distribution of swept volume within this class of cars, which he happens to know very well. The actual swept volume distribution is folded into his emission uncertainty for the random car.

2) *Expert 2* believes that swept volume within this class is the main influence on emissions, just as expert 1. However, he does not know the distribution of swept volume. He has two reports that give rather different distributions. Hence, the uncertainty with regard to the cm^3 distribution is folded into his assessment. In other words, his spread is determined as the spread within each distribution of swept volume, times his probability for that distribution, and summed over the possible distributions.

3) *Expert 3* believes that all cars corresponding to the case structure will have practically the same emission, the actual swept volume (in cm^3) doesn't matter. However, he does not know what this emission is with certainty. He has some mathematical model that returns emission as a function of the information in the case structure, but he is uncertain about this model.

It should be noted that the three experts could have given *exactly the same* uncertainty distribution for emissions. The differences concern the way in which these distributions arise, i.e. what exactly is folded in and how it is folded in. Clearly, these three examples do not exhaust all the possibilities.

We use the terms *aleatory uncertainty* (or *natural variability-induced uncertainty*) and *epistemic uncertainty* (or *state-of-knowledge uncertainty*) to characterise the differences between these experts' views. The first expert's uncertainty is completely based on natural variability. The third expert's uncertainty is completely epistemic. The second expert's uncertainty is a mixture of both.

Mathematically, the differences between these experts are expressed by dependence. If the first expert learns the emission of one car, this will give him no information about a second car (unless he knows the two cars have the same swept volume). If the third expert learns the emission of one car, then this completely determines his belief about a second car, since he believes that all cars have the same (initially unknown) emission. For the second expert the situation is intermediate. Suppose he considers two reported distributions of swept volumes, a 'low' distribution and a 'high' distribution. If he now observes an emission of one car that is characteristic of the low distribution, this may raise his probability that a second car will also have an emission from the low distribution. The distributions may overlap, however, and hence the high distribution is not excluded. This is captured mathematically by a correlation between the emissions of the two cars.

2.6.3 Aggregation of epistemic and aleatory uncertainty

Correlation of the above described type will affect the way in which the uncertainty is aggregated over a population of N cars. We can illustrate this by extending the simple calculation of section 2.5.1. We follow a popular parlance according to which epistemic uncertainty is conceived as ‘uncertainty in the mean’ and aleatory variability is ‘variation around the mean’. This way of speaking would be appropriate for expert 2, for example if his two possible swept volume distributions differed only with regard to the location of the mean value. If the two distributions differed in other aspects as well, then variability around the mean would not be independent of the mean³. It might even arise that the two distributions had the *same* mean, e.g. one might be tightly concentrated and the other might be very diffuse. In this case there would be *no* uncertainty in the mean, in spite of the substantial aleatory uncertainty.

Let Z_i be independent random variables with standard deviation σ_z and mean zero. Let U be a random variable with standard deviation σ_U and let $C = \text{COV}(Z_i, U)$ (this does not depend on i). Further let

$$X_i = Z_i + U.$$

The X_i have mean U , and are conditionally independent given U . We suppose that Z_i is the aleatory uncertainty or natural variability around the mean U which is epistemically uncertain. Z_i and U are correlated. We compute the following variance, covariance and correlation:

$$\sigma_{X_i}^2 = \sigma_z^2 + \sigma_U^2 + 2C$$

$$\text{COV}(X_1, X_2) = 2C + \sigma_U^2$$

$$\rho(X_1, X_2) = \text{COV}(X_1, X_2) / \sigma_{X_i}^2 = [1 + \{\sigma_z^2 / (2C + \sigma_U^2)\}]^{-1}$$

If $\sigma_z^2 \gg (2C + \sigma_U^2)$ then X_1 and X_2 are practically uncorrelated.

Now let Σ denote the sum of N of the X_i 's, and Σ' the sum of N different X_j 's.

$$\sigma_{\Sigma}^2 = N\sigma_z^2 + N^2(2C + \sigma_U^2).$$

$$\text{COV}(\Sigma, \Sigma') = N^2(2C + \sigma_U^2);$$

$$\rho(\Sigma, \Sigma') = [\sigma_z^2 / (N(2C + \sigma_U^2)) + 1]^{-1}.$$

We see that if U is not constant, i.e. $\sigma_U^2 > 0$, the variance of Σ is dominated by the epistemic term $N^2(2C + \sigma_U^2)$. Moreover, neglecting the covariance C between the epistemic and

³ According to popular parlance, uncertainty in the mean and variation around the mean are treated as if they were independent. While this is true for normal sampling theory, it does not hold generally. It certainly does not hold for distributions like those pictured in Figures 3, 4 and 5. Positive random variables taking small values are typically skewed to the right, such that reducing the mean tends to reduce the variance as well. The exponential distribution is a good example, where the mean is equal to the standard deviation.

aleatory uncertainty would cause an error that grows with N^2 . This means that we cannot in general neglect the aleatory uncertainty even when aggregating over very large N , as this would entail neglecting the term C . Further, the correlation between Σ and Σ' becomes 1 as $N \rightarrow \infty$. Even though the correlation between individual variables $\rho(X_1, X_2)$ might be small and difficult for experts to assess, the correlation between sums of these variables $\rho(\Sigma, \Sigma')$ can be quite large.

Although we have adopted the popular parlance to illustrate the role of epistemic uncertainty in aggregation, we hasten to point out that epistemic uncertainty cannot always be expressed as uncertainty in the mean. Indeed, for expert 2 above, it may be that two weight distributions are considered possible, both having the same mean. In this case there is epistemic uncertainty, but the mean itself is not uncertain.

In this study there was considerable debate surrounding the best approach to treat epistemic and aleatory uncertainty. Two general approaches were discussed at length:

1. Elicit epistemic and aleatory uncertainty separately, or
2. Fold both types of uncertainty into the elicitation and assess correlation between sums of variables.

Each approach has its advantages and disadvantages: (1) is more accurate but more difficult to propagate, especially if we consider all the ways in which epistemic uncertainty can manifest itself (see e.g. Hora, 1996, Hofer, 1996). Approach (2) is more convenient for the mathematician but less accurate in the sense that complex interactions between epistemic uncertainty and variability are reduced to rank correlations. Further, (2) is difficult to elicit as experts usually have no knowledge about the elicited correlation coefficient between sums of individual cars.

Here, a third approach was chosen. According to the experts, the issue of epistemic uncertainty of NO_x emissions primarily concerns the emission factors and not the volumetric aspects. Therefore, it was decided to treat *all* uncertainty in emission factors as epistemic and all other uncertainties as aleatory. This is not realistic, since it treats all individual cars as having the same but unknown emission factors, but it does give a maximum value of the uncertainty in the total emissions (distinguishing and separating out the natural variability in emission factors would decrease the variance of the emissions sum). This approach renders what we will call ‘majorised uncertainty’. If the resulting uncertainty is of the same order as the differences between the experts themselves, then this ‘majorised uncertainty’ approach yields a useful approach to uncertainty, on which all parties can agree. In this way, it is not necessary to agree on the separate treatment of epistemic and aleatory uncertainty.

In the Monte Carlo simulation this was accomplished as follows. We sample two cars from a cell with the *same* emission factors, while all other (volume related) variables are sampled in the manner described in section 2.4 (see also Appendix A, UNICORN script). After simulation, we recorded the rank correlation ρ_r between the calculated emissions of two cars. Typical values for ρ_r are in the range 0.1 – 0.2. The emission distribution for a single car was stored on file. We then simultaneously sampled $2 \times N$ cars with this stored distribution, but with pairwise rank correlation, ρ_r , between the simultaneously sampled cars. Subsequently, the distribution of the sum of the 2 batches of N cars is obtained, and the rank correlation $\rho_{r,N}$ between the two batches was calculated. This rank correlation was used similarly to upgrade the batch (stored on file) to larger batches. Two steps were necessary (from 1 to 100, and

form 100 to 10,000) to arrive at a rank correlation between batches of nearly 1. These batches can therefore be considered as fully dependent, and can be easily aggregated to the total population size, without further simulation of batches and correlations. The results section presents majorized uncertainties obtained in this way. In section 2.6, the software used to perform this calculation is described

2.6.4 Combination of expert elicitations

We consider three possibilities for combining the expert distributions to form a Decision Maker (DM). We could

1. Combine the expert distributions for the elicitation variables, propagate this combined distribution through the taskforce emission model for an individual car, and then aggregate the result over the population of all cars ('DM-before');
2. Propagate the experts distributions through the taskforce emission model for individual cars, combine these propagated distributions, and then aggregate these combined distributions over the population of all cars; ('DM-in-between');
3. Aggregate the distributions over the population of all cars for each expert, and then combine these aggregated distributions ('DM-after').

If the experts assess the full joint distributions and we combine these joint distributions, then there is no difference between these approaches. However, that is usually infeasible, both for the experts and for the uncertainty analysts. The shortcuts which must be taken in practice can lead to differences in these approaches.

To appreciate these differences, consider a very simple example with uncertain quantities X and Y . We do not elicit joint distributions, rather experts 1 and 2 give marginal densities f_{x1} , f_{y1} , f_{x2} , f_{y2} for X and Y . Our model is some function $G(X, Y)$. We assume that X and Y are independent. If we first combine the experts densities with equal weights, and then compute G with the combined density, the underlying simultaneous density of X, Y – from which the density of $G(X, Y)$ can be inferred - will be the product density

$$\frac{1}{4}(f_{x1}+f_{x2})(f_{y1}+f_{y2}).$$

If however we first compute G for each expert, assuming independence, then combine the results with equal weight, the resulting density for G will be in fact inferred from the underlying density

$$\frac{1}{2}(f_{x1}f_{y1} + f_{x2}f_{y2}).$$

The results need not be the same. In the first case X and Y are independent whereas in the second case they are not. If the experts directly assessed their *joint* densities $f_{1(xy)}$, $f_{2(xy)}$ and we combine these, then the resulting density is $\frac{1}{2}(f_{1(xy)}+f_{2(xy)})$, whether this is performed before or after computation. The problem is that the 'shortcut' of assuming independence is not the same when applied before or after computation. Indeed, if each expert believes that X and Y are independent and the decision maker combines their densities with equal weight, - like in the latter case - then the decision maker *cannot* regard X and Y as independent (unless the experts happen to give the same densities).

In the present study, experts assessed some dependencies, and these are combined according to the method in Cooke et al. (1999). However, this is still a shortcut and differences arise⁴. In this study we computed the decision maker according to method 1 above ('DM-before') and method 3 ('DM-after') for total emissions. The 'DM-before' corresponds to the more common method in uncertainty analysis, as it is mathematically more tractable. Indeed, 'DM-after' would become computationally quite intensive if the number of experts increased to, say 10, which is representative for many uncertainty analyses.

2.7 Software use

In this study, several software packages were used to perform the necessary computations. The computations are depicted in a flow-chart in Appendix A.

- To propagate the individual car variables through the taskforce emission model, the model algorithm was recoded (see Appendix A) in UNICORN version 1.0 Pro (Cooke, 1995).
- Aggregation to the level of 10,000 cars per cell by the two step procedure (upgrading to (a) $N=100$ cars and subsequently to (b) 100×100 cars; see section 2.5.3) has been performed in MatLAB v.5.3. For this purpose, a simple algorithm was implemented which applies normal score correlations instead of rank correlations to impose the mutual correlations between (batches) of cars. This algorithm has been shown in Jansen (1996) to easily render maximum entropy distributions with given marginals and (normal score) correlations. Jansen's approach was preferred above the minimal information copula approach for inducing correlations, which is implemented in the UNICORN software, since this implementation did not give satisfactory results in simple verification tests. The exact reason for this deficiency was beyond the scope of the present study.
- Aggregation of batches of 10,000 cars to the whole population and to the combined expert were again performed in UNICORN.
- For visualisation of the established distributions, the UNIGRAPH v1.0 Pro package was used, in which a function is available for producing smooth distribution graphs from sampling results. With the help of the @RISK 4.0 add-in for Excel'97, the UNICORN scripts for the taskforce emission model were successfully verified and compared to taskforce results in Klein et al. (2002). Further, a sensitivity analysis was performed for light petrol EURO1 cars with @RISK (see Section 3.3). Sensitivity analysis is not yet a standard feature of UNICORN v1.0 Pro, but can be derived from calculated correlations.

⁴ Experts assess the conditional probability that one variable exceeds its median, given that another variable has exceeded its median. From this a rank correlation is derived under the constraint that the joint distribution should 'add as little information as possible' to the independent distribution. In combining experts, we must translate back to conditional probabilities, but relative to the medians of the decision maker this time. These latter conditional probabilities may be combined with the same weighting scheme as is applied to the experts themselves. Finally, a rank correlation for the decision maker is derived from the conditional probabilities of median exceedence. This is a shortcut; it would be better to combine the experts' full distributions rather than combining these translated conditional probabilities. This method also produces differences between 'before' and 'after', but the differences are less severe than those that arise from using the independence assumption for both the experts and the decision maker in the manner sketched above.

3 Results

This section gives results for individual emission factors and total emissions, broken down for different fuel/technology cells, for ‘DM-before’, ‘DM-after’, and for each of the three experts.

3.1 Propagation results for individual cars

The results in this section concern the ‘DM-before’, as they illustrate the main features of the propagation (results for other experts are similar). The many ‘bumps’ in the graphs are the result of the artificial smoothing procedure in UNIGRAPH, and contain no real information.

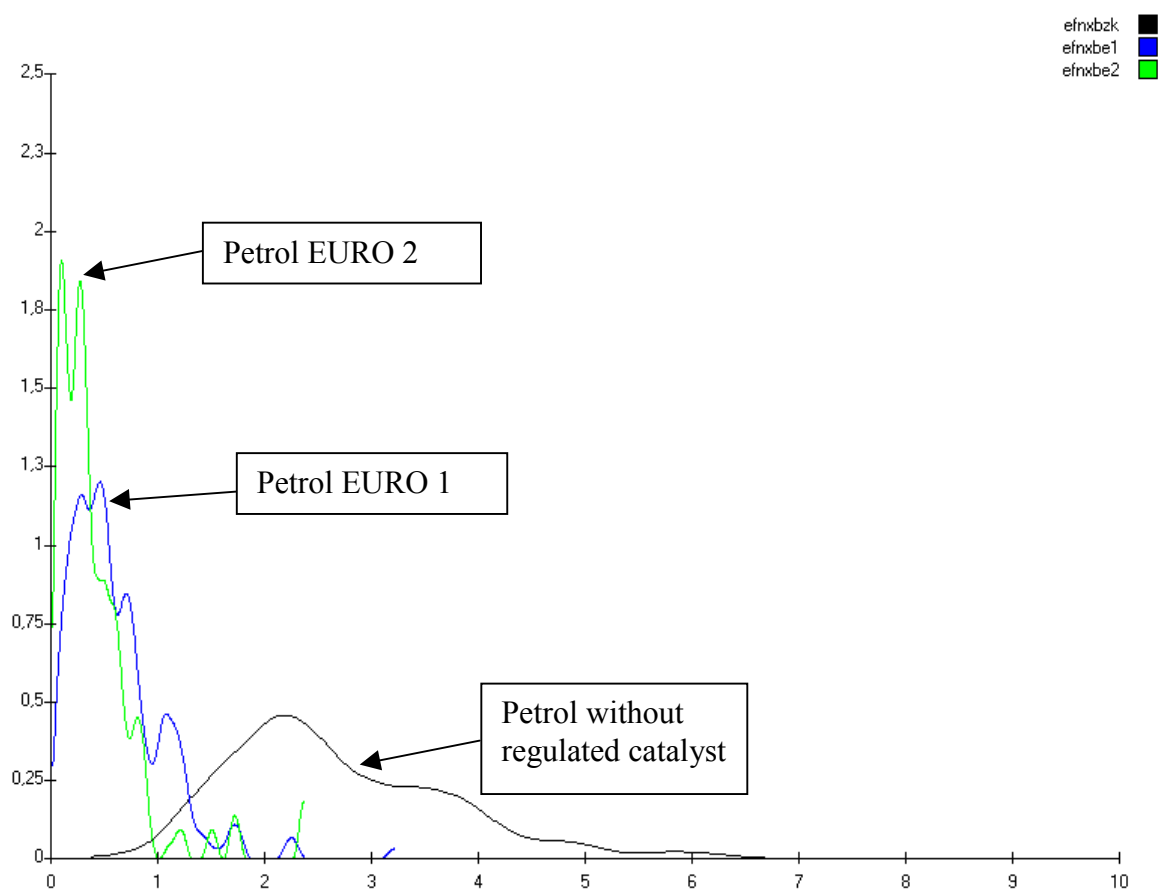


Figure 3: Probability density functions of NO_x emission factors [g/km] for petrol cars without regulated catalyst (efnxbzk), EURO1 (efnxbe1) and EURO2 (efnxbe2), all for expert ‘DM-before’.

Figure 3 shows the probability density functions for NO_x emission factors [g/km] for an individual car from the cells Petrol/Euro1 (BE1), Petrol/Euro2 (BE2) and Petrol without regulated catalyst (BZK). The distributions for Petrol Euro 1 and Petrol Euro 2 are strongly skewed to the right, and have lower emission factors relative to the unregulated catalyst, which has a heavy right tail. The most recent technology (EURO2) shows the lowest emission factors.

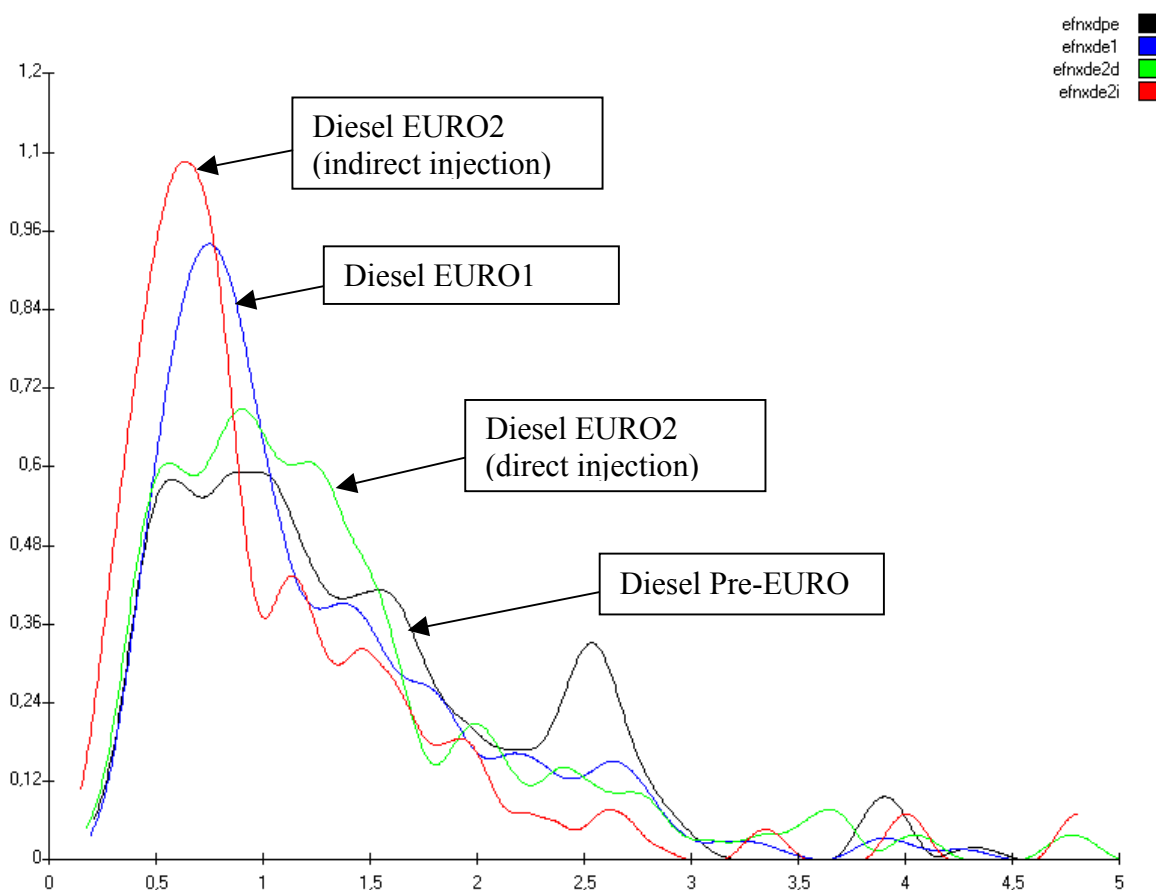


Figure 4: Probability density functions of NO_x emission factors [g/km] for diesel cars of cells PRe-EURO (efnxdpe), EURO1 (efnxde1) and EURO2 (direct and indirect, efnxde2d and efnxde2i, respectively) all for expert 'DM-before'.

Figures 4 and 5 show the densities for diesel and LPG, respectively. The differences for the emission factors between different technology groups are less significant for diesel cars than for petrol cars. The NO_x emission factors for a pre-EURO diesel car show the highest values, whereas those for diesel EURO2 (indirect injection) have the lowest values.

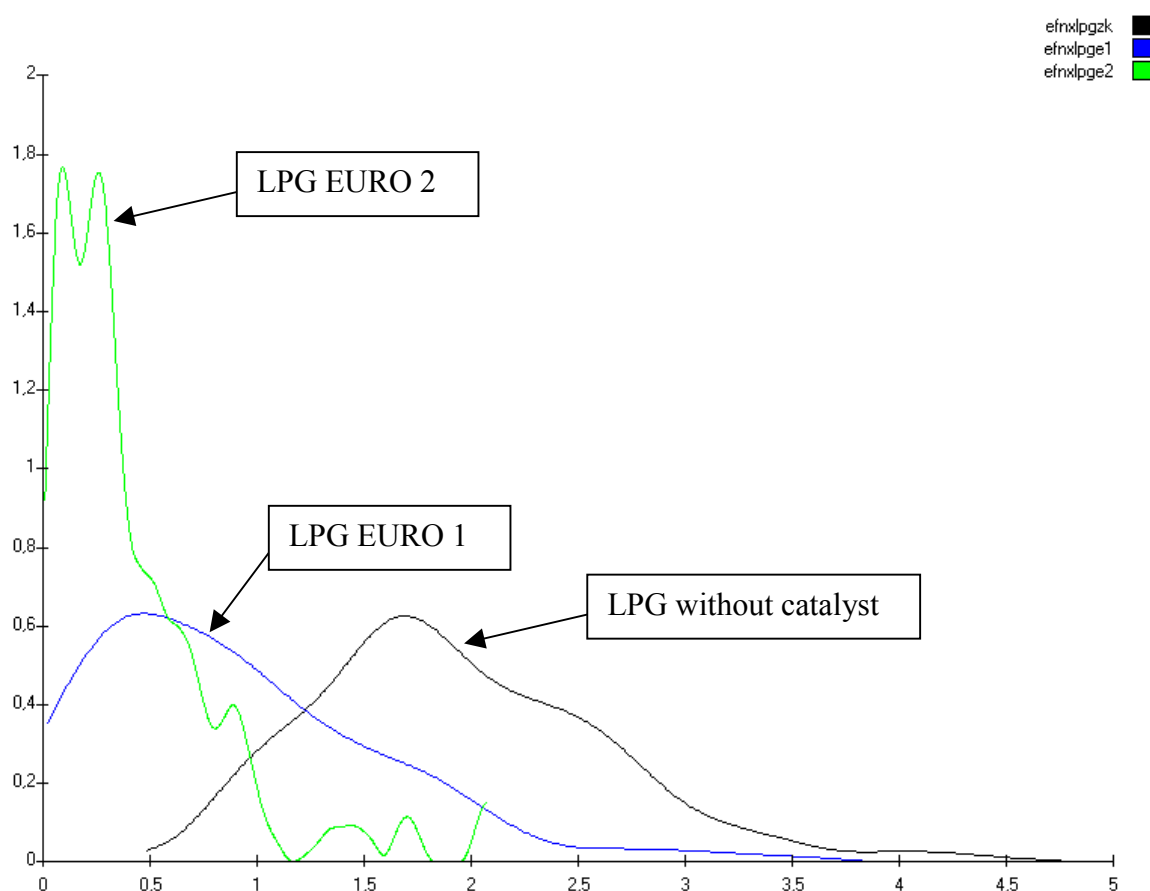


Figure 5: Probability density functions of NO_x emission factors [g/km] for LPG cars of cells without regulated catalyst (efnxlpgzk), EURO1 (efnxlpge1) and EURO2 (efnxlpge2) all for expert 'DM-before'.

For LPG, the distributions of Euro1, Euro 2 and no catalyst are more distinct again. As with petrol, the unregulated cars show higher emission factors and a heavy right tail.

Results of individual cars for emissions, emission factors and kilometres driven, are given in tables 6a and 6b, for all cells and experts. The results illustrate, as expected, that EURO2 technology groups have a lower mean emission factor than other technologies, for each fuel type. This is not only true for the expert 'DM-before', but holds for the experts RIVM, VITO-AVV and TNO-CBS as well.

Very notable is that kilometre values for expert VITO-AVV are higher than all other experts' values. This is reflected in the high emission values for VITO-AVV, which are the product of emission factors and kilometres. The emission factors for expert RIVM are always the lowest calculated, with the exception of petrol cars without catalyst.

Fuel/ technology Cell	Means and quantiles	DM-before			TNO-CBS		
		emission [kg/yr]	em. fac. [g/km]	[km/yr]	emission [kg/yr]	em. fac. [g/km]	[km/yr]
Petrol Without catalyst	5%	4,41e+00	1,31e+00	2,10e+03	4,92e+00	1,56e+00	2,50e+03
	50%	2,51e+01	2,52e+00	1,04e+04	1,67e+01	2,16e+00	8,24e+03
	95%	1,02e+02	5,45e+00	2,65e+04	4,41e+01	3,60e+00	1,63e+04
	Mean	3,55 e+01	2,97e+00	1,22e+04	1,97e+01	2,30e+00	8,56e+03
Petrol Euro 1	5%	1,09e+00	1,14e-01	3,32e+03	2,23e+00	3,02e-01	4,16e+03
	50%	6,45e+00	5,03e-01	1,49e+04	7,01e+00	5,65e-01	1,28e+04
	95%	2,77e+01	1,39e+00	3,10e+04	1,94e+01	1,16e+00	2,54e+04
	Mean	9,52e+00	6,11e-01	1,61e+04	8,45e+00	6,33e-01	1,35e+04
Petrol Euro 2	5%	9,32e-01	6,87e-02	5,00e+03	1,45e+00	1,12e-01	6,75e+03
	50%	5,10e+00	3,25e-01	1,84e+04	4,26e+00	2,80e-01	1,59e+04
	95%	2,17e+01	1,06e+00	3,92e+04	1,34e+01	6,45e-01	3,25e+04
	Mean	7,73e+00	4,31e-01	1,95e+04	5,49e+00	3,19e-01	1,76e+04
Diesel pre-euro	5%	6,57e+00	4,63e-01	7,00e+03	8,70e+00	1,34e+00	5,00e+03
	50%	3,02e+01	1,34e+00	2,40e+04	3,78e+01	1,85e+00	2,17e+04
	95%	1,09e+02	3,27e+00	4,95e+04	7,02e+01	2,77e+00	3,00e+04
	Mean	4,10e+01	1,53e+00	2,60e+04	3,82e+01	1,92e+00	1,96e+04
Diesel Euro 1	5%	9,62e+00	4,19e-01	1,21e+04	1,13e+01	8,28e-01	1,00e+04
	50%	3,35e+01	1,02e+00	3,52e+04	3,88e+01	1,37e+00	2,92e+04
	95%	1,30e+02	3,34e+00	6,15e+04	9,68e+01	2,48e+00	5,00e+04
	Mean	4,68e+01	1,33e+00	3,48e+04	4,42e+01	1,48e+00	2,94e+04
Diesel Euro 2 (direct injection)	5%	1,40e+01	4,29e-01	2,00e+04	2,24e+01	8,39e-01	2,00e+04
	50%	4,19e+01	1,07e+00	3,88e+04	5,26e+01	1,38e+00	3,92e+04
	95%	1,42e+02	3,17e+00	6,75e+04	1,14e+02	2,35e+00	6,00e+04
	Mean	5,55e+01	1,34e+00	4,11e+04	5,81e+01	1,46e+00	3,93e+04
Diesel Euro 2 (indirect injection)	5%	1,15e+01	3,65e-01	2,00e+04	1,84e+01	6,76e-01	2,00e+04
	50%	3,35e+01	8,44e-01	3,88e+04	4,33e+01	1,14e+00	3,92e+04
	95%	1,18e+02	2,63e+00	6,75e+04	9,49e+01	1,95e+00	6,00e+04
	Mean	4,52e+01	1,09e+00	4,11e+04	4,80e+01	1,21e+00	3,93e+04
LPG No catalyst	5%	1,15e+01	9,54e-01	8,00e+03	9,76e+00	1,31e+00	5,00e+03
	50%	3,98e+01	1,88e+00	2,02e+04	3,38e+01	2,01e+00	1,80e+04
	95%	1,28e+02	3,62e+00	5,00e+04	6,31e+01	3,07e+00	2,50e+04
	Mean	5,14e+01	2,05e+00	2,45e+04	3,49e+01	2,07e+00	1,67e+04
LPG Euro 1	5%	2,58e+00	8,88e-02	1,30e+04	1,08e+01	6,89e-01	1,00e+04
	50%	2,09e+01	7,55e-01	3,01e+04	2,81e+01	1,19e+00	2,48e+04
	95%	8,35e+01	2,24e+00	5,64e+04	6,30e+01	2,12e+00	4,00e+04
	Mean	2,92e+01	9,50e-01	3,16e+04	3,14e+01	1,28e+00	2,48e+04
LPG Euro 2	5%	1,66e+00	5,25e-02	1,50e+04	5,18e+00	2,12e-01	1,50e+04
	50%	1,02e+01	3,10e-01	3,60e+04	1,62e+01	5,27e-01	3,42e+04
	95%	4,93e+01	1,21e+00	6,06e+04	4,87e+01	1,29e+00	5,00e+04
	Mean	1,60e+01	4,36e-01	3,64e+04	2,03e+01	6,19e-01	3,26e+04

Table 6a Propagation results (means and quantiles) for emissions [kg/yr], emissions factors [g/km] and kilometres [km/yr] for individual cars, for all cells and experts.

Fuel/ technology Cell	Means and quantiles	VITO-AVV			RIVM		
		emission [kg/yr]	em. fac. [g/km]	[km/yr]	emission [kg/yr]	em. fac. [g/km]	[km/yr]
Petrol Without catalyst	5%	1,44e+01	1,37e+00	7,00e+03	1,97e+00	9,03e-01	1,50e+03
	50%	4,91e+01	2,76e+00	1,93e+04	1,97e+01	2,42e+00	8,64e+03
	95%	1,53e+02	5,65e+00	3,00e+04	9,55e+01	7,04e+00	2,50e+04
	Mean	6,12e+01	3,03e+00	1,93e+04	3,10e+01	3,65e+00	1,02e+04
Petrol Euro 1	5%	3,26e+00	2,16e-01	8,25e+03	2,58e-01	3,17e-02	2,33e+03
	50%	1,43e+01	7,20e-01	2,26e+04	1,50e+00	1,64e-01	1,14e+04
	95%	5,81e+01	2,09e+00	3,76e+04	1,22e+01	8,86e-01	3,23e+04
	Mean	2,10e+01	8,79e-01	2,24e+04	3,31e+00	2,74e-01	1,33e+04
Petrol Euro 2	5%	2,94e+00	1,85e-01	8,50e+03	3,06e-01	2,73e-02	3,44e+03
	50%	1,29e+01	6,11e-01	2,37e+04	1,42e+00	1,09e-01	1,41e+04
	95%	5,21e+01	1,74e+00	4,25e+04	6,44e+00	6,00e-01	4,28e+04
	Mean	1,84e+01	7,41e-01	2,38e+04	2,37e+00	2,08e-01	1,76e+04
Diesel pre-euro	5%	1,66e+01	4,44e-01	3,00e+04	3,91e+00	3,35e-01	8,00e+03
	50%	5,38e+01	1,38e+00	3,76e+04	1,27e+01	6,90e-01	1,80e+04
	95%	1,65e+02	3,63e+00	5,92e+04	4,31e+01	1,61e+00	4,07e+04
	Mean	6,81e+01	1,64e+00	4,03e+04	1,68e+01	8,04e-01	2,05e+04
Diesel Euro 1	5%	1,42e+01	3,65e-01	3,03e+04	7,95e+00	3,75e-01	1,40e+04
	50%	5,06e+01	1,25e+00	3,84e+04	1,99e+01	6,49e-01	3,17e+04
	95%	2,20e+02	4,88e+00	6,40e+04	5,28e+01	1,12e+00	6,46e+04
	Mean	7,73e+01	1,81e+00	4,19e+04	2,36e+01	6,85e-01	3,45e+04
Diesel Euro 2 (direct injection)	5%	1,40e+01	3,60e-01	3,08e+04	1,10e+01	4,00e-01	1,93e+04
	50%	5,30e+01	1,27e+00	3,95e+04	2,69e+01	7,02e-01	3,86e+04
	95%	2,36e+02	5,01e+00	6,50e+04	6,96e+01	1,22e+00	7,87e+04
	Mean	8,32e+01	1,89e+00	4,33e+04	3,17e+01	7,42e-01	4,24e+04
Diesel Euro 2 (indirect injection)	5%	1,11e+01	2,88e-01	3,08e+04	9,54e+00	3,60e-01	1,93e+04
	50%	4,03e+01	9,67e-01	3,95e+04	2,24e+01	5,75e-01	3,86e+04
	95%	1,72e+02	3,73e+00	6,50e+04	5,64e+01	1,03e+00	7,87e+04
	Mean	6,20e+01	1,41e+00	4,33e+04	2,64e+01	6,16e-01	4,24e+04
LPG No catalyst	5%	4,37e+01	1,28e+00	3,00e+04	8,77e+00	6,52e-01	1,00e+04
	50%	8,19e+01	2,13e+00	3,77e+04	2,81e+01	1,52e+00	1,81e+04
	95%	1,75e+02	3,45e+00	6,10e+04	9,17e+01	4,04e+00	3,16e+04
	Mean	9,23e+01	2,22e+00	4,07e+04	3,62e+01	1,83e+00	1,91e+04
LPG Euro 1	5%	2,51e+01	6,51e-01	3,13e+04	9,39e-01	3,59e-02	1,57e+04
	50%	5,54e+01	1,33e+00	4,00e+04	5,45e+00	2,01e-01	2,86e+04
	95%	1,40e+02	2,84e+00	6,70e+04	5,75e+01	2,03e+00	4,35e+04
	Mean	6,58e+01	1,49e+00	4,41e+04	1,51e+01	5,30e-01	2,88e+04
LPG Euro 2	5%	7,69e+00	2,02e-01	3,08e+04	7,61e-01	2,25e-02	1,62e+04
	50%	2,41e+01	5,88e-01	3,93e+04	4,25e+00	1,19e-01	4,06e+04
	95%	8,18e+01	1,76e+00	6,50e+04	3,01e+01	6,86e-01	6,14e+04
	mean	3,28e+01	7,46e-01	4,31e+04	8,51e+00	2,17e-01	3,94e+04

Table 6b Propagation results (means and quantiles) for emissions [kg/yr], emissions factors [g/km] and kilometres [km/yr] for individual cars, for all cells and experts.

3.2 Results after aggregation to population level

3.2.1 Comparison of individual and population results

To illustrate the effect of the chosen aggregation procedure, the probability density functions of emission factors for a representative (c.q. average) petrol car from the 10,000 car population are given in Figure 6. Emission factors have been calculated as follows: first the individual car results have been upgraded to a batch of 10,000 cars (see section 2.6) by Monte Carlo simulation. This resulted in distributions for total emission and total kilometres driven by 10,000 cars. The ratio between these two amounts gives a representative emission factor of the total population, taking individual differences within a cell into account (driving style, road type, weight, swept volume). The shapes and relative positions of the probability density functions for representative petrol cars are similar to those for individual petrol cars (compare Figure 3 with Figure 6). The distributions have all become narrower, indicating a smaller uncertainty at the population level, due to averaging effects. The same effect can be seen for diesel en lpg cars (compare figures 7 and 8 with figures 4 and 5).

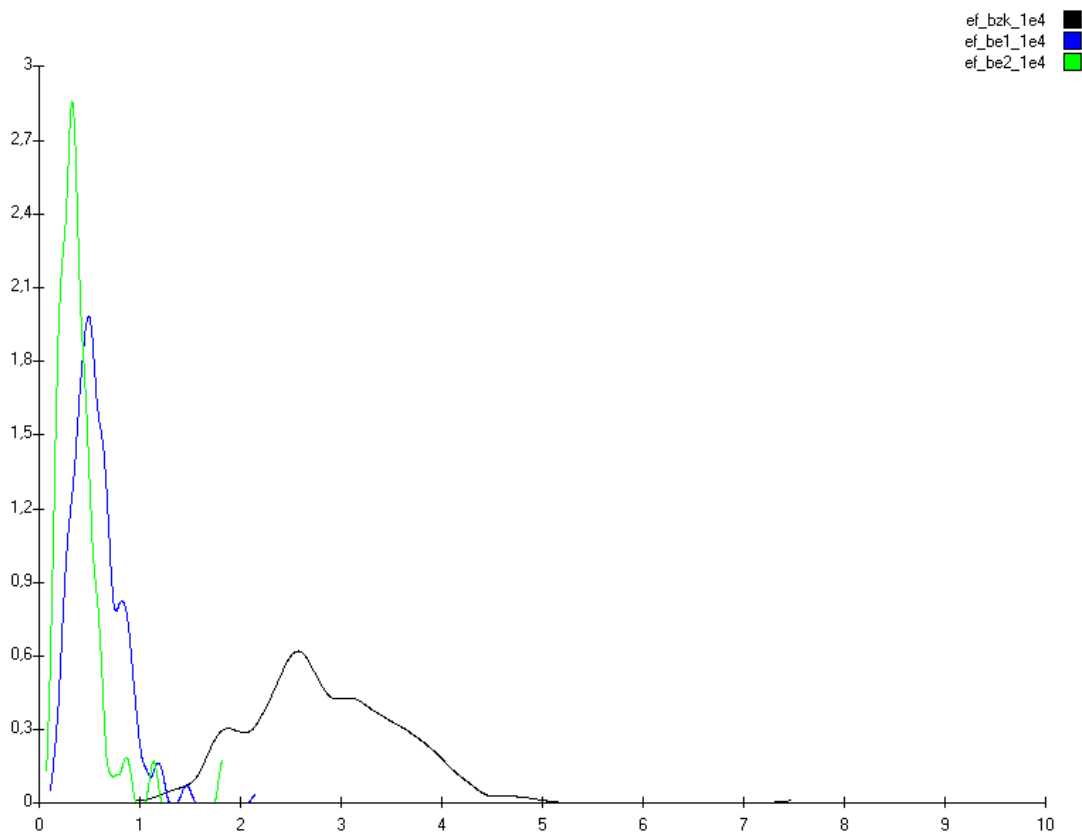


Figure 6: Probability density functions of NO_x emission factors [g/km] for a representative petrol car (derived from a batch of 10,000 cars) without regulated catalyst (ef_bzk_1e4), EURO1 (ef_be1_1e4) and EURO2 (ef_be2_1e4) for expert 'DM-before'.

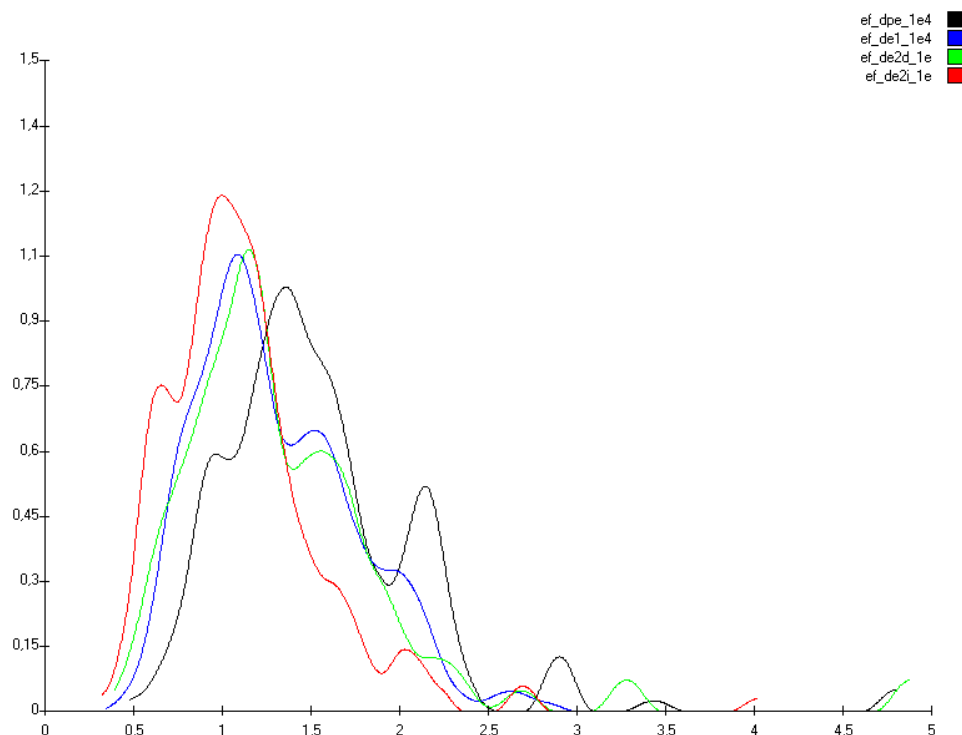


Figure 7: Probability density functions of NO_x emission factors [g/km] for a representative diesel car (derived from a batch of 10,000 cars) of cells PRe-EURO (ef_dpe_1e4), EURO1 (ef_de1_1e4) and EURO2 (direct and indirect, ef_de2d_1e4 and ef_de2i_1e4, respectively) for expert 'DM-before'.

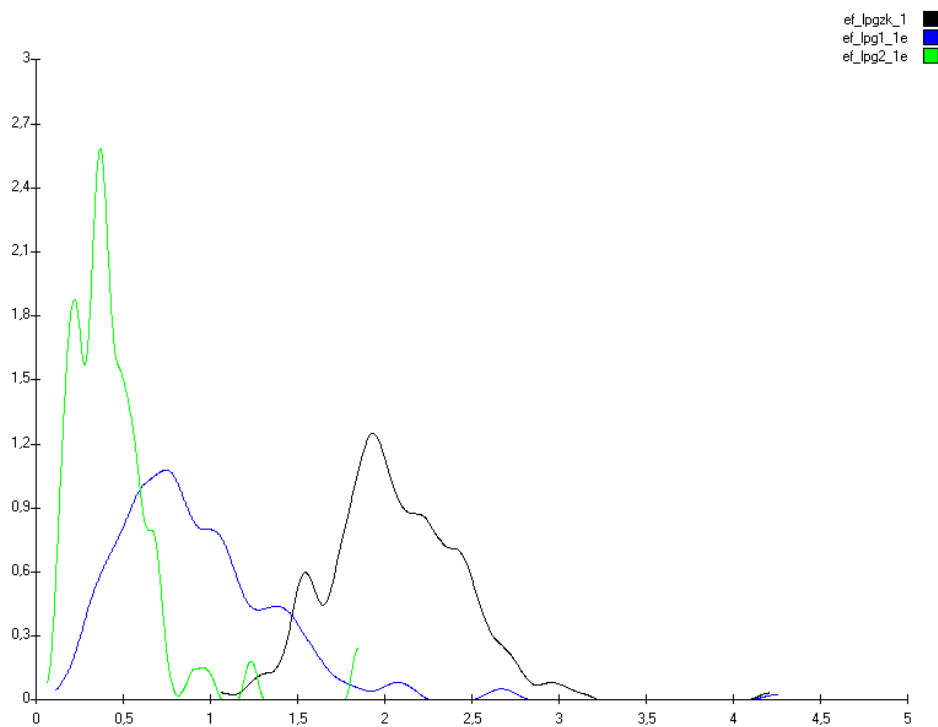


Figure 8: Probability density functions of NO_x emission factors [g/km] for a representative LPG car (derived from a batch of 10,000 cars) of cells without regulated catalyst (ef_lpgzk_1e4), EURO1 (ef_lpg1_1e4) and EURO2 (ef_lpg2_1e4) for expert 'DM-before'.

To further illustrate the effect of the applied aggregation procedure, statistics for kilometres, emission factors and emissions at both levels (individual cars and a total population of 10,000 cars) are compared in Tables 7, 8 and 9. The mean values are practically the same at both levels (apart from a factor 10,000 for kilometres and emission).

The uncertainties in kilometres driven by 10,000 cars are much smaller than those for an individual car. The remaining uncertainty, relative to the mean, at the 10,000 car level is only 1%. This is according to the expectation, as the assumption of aleatory uncertainty in volumetric data and the consequence of independence between individual causes a substantial uncertainty reduction when aggregating over a large population (see section 2.5.1).

The uncertainties in emission factors are also lower for the 10,000 car population, compared to individual car uncertainties. However, the dampening effect on uncertainties (relative to the mean) caused by the aggregation procedure is not as large as for kilometres driven. This is due to the assumed epistemic character of emission factor uncertainties, which means that individual car emission factors can not be considered completely independent. The applied aggregation procedure makes the individual car uncertainty more 'persistent', and this is shown in the 10,000 car figures.

Notice also the effect of aggregation on the emission results. The simulated individual car emission is calculated as the product of kilometres driven and emission factors. As a result, the individual car emission uncertainty is larger, compared to uncertainties in kilometres and emission factors, as both uncertainties are combined. The uncertainty at the 10,000 car level is lower compared to individual car uncertainty, but the dampening effect is intermediate between that for the other variables. This can be easily understood, as both types of uncertainty (epistemic and aleatory) play a role in the aggregation procedure.

These results show that uncertainties in the sum over individuals from a large population (aggregation) become substantially lower under the assumption of complete independence between individuals (see example in section 2.5.1). When dependence between individuals is assumed, the aggregation effect is clearly smaller. The aggregation effects on aleatory uncertainty (kilometres), epistemic uncertainty (emission factors) or both (emissions) are clearly different.

km	[km/yr]	1 car					1e4 cars				
		Mean	5%	50%	95%	U	mean	5%	50%	95%	U
Petrol	no catalyst	1,22e+04	2,10e+03	1,04e+04	2,65e+04	100%	1,22e+08	1,20e+08	1,22e+08	1,23e+08	1%
Petrol	EURO 1	1,61e+04	3,32e+03	1,49e+04	3,10e+04	86%	1,61e+08	1,60e+08	1,61e+08	1,63e+08	1%
Petrol	EURO 2	1,95e+04	5,00e+03	1,84e+04	3,92e+04	88%	1,95e+08	1,93e+08	1,95e+08	1,97e+08	1%
Diesel	pre-euro	2,60e+04	7,00e+03	2,40e+04	4,95e+04	82%	2,60e+08	2,58e+08	2,60e+08	2,62e+08	1%
Diesel	EURO 1	3,48e+04	1,21e+04	3,52e+04	6,15e+04	71%	3,48e+08	3,45e+08	3,48e+08	3,50e+08	1%
Diesel	EURO 2 dir. Inj.	4,11e+04	2,00e+04	3,88e+04	6,75e+04	58%	4,11e+08	4,09e+08	4,11e+08	4,14e+08	1%
Diesel	EURO 2 indir. Inj.	4,11e+04	2,00e+04	3,88e+04	6,75e+04	58%	4,11e+08	4,09e+08	4,11e+08	4,14e+08	1%
LPG	no catalyst	2,45e+04	8,00e+03	2,02e+04	5,00e+04	86%	2,44e+08	2,42e+08	2,45e+08	2,47e+08	1%
LPG	EURO 1	3,16e+04	1,30e+04	3,01e+04	5,64e+04	69%	3,16e+08	3,13e+08	3,16e+08	3,18e+08	1%
LPG	EURO 2	3,64e+04	1,50e+04	3,60e+04	6,06e+04	63%	3,64e+08	3,62e+08	3,64e+08	3,67e+08	1%

Table 7 Statistics for kilometres driven [km/yr] for an individual car and for a population of 10,000 cars, all for expert 'DM-before'. The column U (uncertainty) is calculated as (95% quantile - 5% quantile) / (2*mean).

Em. fac. [g/km]	1 car					1e4 cars				
	mean	5%	50%	95%	U	mean	5%	50%	95%	U
Petrol no catalyst	2,97	1,31	2,52	5,45	70%	2,86	1,68	2,75	4,28	45%
Petrol EURO 1	0,61	0,11	0,50	1,39	104%	0,57	0,26	0,54	0,99	63%
Petrol EURO 2	0,43	0,07	0,33	1,06	115%	0,40	0,17	0,36	0,73	70%
Diesel pre-euro	1,53	0,46	1,34	3,27	92%	1,55	0,82	1,48	2,51	54%
Diesel EURO 1	1,33	0,42	1,02	3,34	110%	1,32	0,68	1,22	2,26	60%
Diesel EURO 2 dir. Inj.	1,34	0,43	1,07	3,17	102%	1,34	0,67	1,24	2,29	60%
Diesel EURO 2 indir. Inj.	1,09	0,37	0,84	2,63	104%	1,11	0,59	1,04	1,87	58%
LPG no catalyst	2,05	0,95	1,88	3,62	65%	2,07	1,46	2,02	2,76	31%
LPG EURO 1	0,95	0,09	0,76	2,24	113%	0,90	0,34	0,83	1,67	74%
LPG EURO 2	0,44	0,05	0,31	1,21	133%	0,44	0,17	0,39	0,83	75%

Table 8 Statistics for emission factors (g/km) of an individual car and a representative c.q. average car from a population of 10,000 individuals, all for expert 'DM-before'.

Em	[kg/yr]	1 car					1e4 cars				
		mean	5%	50%	95%	U	Mean	5%	50%	95%	U
Petrol	No catalyst	35,5	4,41	25,1	102	137%	34,9e+04	1,97e+05	3,32e+05	5,35e+05	48%
Petrol	EURO 1	9,52	1,09	6,45	27,7	140%	9,36e+04	3,99e+04	8,67e+04	1,65e+05	67%
Petrol	EURO 2	7,73	0,932	5,1	21,7	134%	7,74e+04	3,32e+04	7,00e+04	1,42e+05	70%
Diesel	Pre-euro	41	6,57	30,2	109	125%	40,9e+04	2,22e+05	3,86e+05	6,54e+05	53%
Diesel	EURO 1	46,8	9,62	33,5	130	129%	46,1e+04	2,26e+05	4,21e+05	7,88e+05	61%
Diesel	EURO 2 dir. Inj.	55,5	14	41,9	142	115%	55,2e+04	2,86e+05	5,06e+05	9,40e+05	59%
Diesel	EURO 2 indir. Inj.	45,2	11,5	33,5	118	118%	45,5e+04	2,24e+05	4,18e+05	7,69e+05	60%
LPG	No catalyst	51,4	11,5	39,8	128	113%	50,9e+04	3,65e+05	5,04e+05	6,75e+05	30%
LPG	EURO 1	29,2	2,58	20,9	83,5	139%	28,4e+04	1,08e+05	2,63e+05	5,50e+05	78%
LPG	EURO 2	16	1,66	10,2	49,3	149%	16,1e+04	6,18e+04	1,46e+05	3,03e+05	75%

Table 9 Statistics for emissions (kg/yr) of an individual car and a population of 10,000 cars, all for expert 'DM-before'.

3.2.2 Total car NO_x emissions at the Dutch population level

Total NO_x emissions from each fuel/technology group can be found in Table 11, for all experts. These figures are the results of aggregation of individual cars to 10,000 cars, and then multiplying these results with a population factor, to arrive at the total population for the specific fuel/technology cell. The same total car numbers per cell were used for all experts (#cars ; data from CBS; no uncertainty assessed). The total Dutch NO_x emissions from passenger cars (Table 10, figures 9 and 10) are the sums over all cars (6,040,000), assuming independence between uncertainties of fuel/technology cells.

The petrol pre-euro (no catalyst) and petrol EURO1 cells make up the largest part of the whole car population, and contribute most to total NO_x emissions. The LPG cells contribute the lowest amount of NO_x.

The experts TNO-CBS and RIVM lie in a similar range, and are relatively close to the taskforce value of $85 \cdot 10^6$ kg NO_x (see Table 1). As for individual car results, the VITO-AVV results are higher and cause the 'DM-before' and 'DM-after' to exhibit somewhat higher emissions as well. This is largely caused by the fact that AVV reports the kilometres driven by petrol cars without catalyst as similar to kilometres driven by EURO 1 petrol cars. Contrary, the other experts believe that petrol cars without catalyst will be older and therefore drive fewer kilometres (see also Table 1 for taskforce values). As petrol cars without catalyst constitute a major part of the population with the highest emission factors, this assumption strongly influences the DM and total emission results.

NO _x kg * 1,00e+6	# cars		Mean	5%	50%	95%	Uncertainty (95% range)		Deviation from lognormal
Total	6,04e+06	DM before	138,00	101,00	135,00	181,00	-30%	+41%	1,00
		TNO-CBS	100,00	89,90	100,00	112,00	-12%	+15%	1,01
		VITO-AVV	251,00	186,00	246,00	330,00	-30%	+43%	1,01
		RIVM	91,10	63,60	88,70	126,00	-35%	+51%	1,02
		DM after	147,00	85,00	137,00	242,00	-46%	+81%	1,10

Table 10 Overall NO_x emissions [10^6 kg/yr] and 'majorised' uncertainties for 1998 (total of all fuel/technology cells). Means \pm the uncertainty percentages make up 95% intervals.

Deviation from lognormal is the ratio of quantiles: $(95\%/50\%)/(50\%/5\%)$. A value of 1 indicates a lognormal shape.

The left- and right-hand side of the 95% confidence interval around the mean value were obtained as the 2.5% or 97.5% percentiles minus the mean value (expressed as a percentage of the mean). Most distributions are not normal, which can be seen from the 'deviation from lognormal' ratios. Most of them are close to 1, indicating a lognormal shape. The distribution ratios for 'DM-after' is most remote from 1 (tables 10 and 11), which is the result of sampling from the different expert's distributions.

NO _x kg * 1,00e+6	# cars	Expert	Mean	5%	50%	95%	Uncertainty (95% range) 1)		Contribution to total unc. 2)	Deviation from lognormal 3)
Petrol no catalyst	2,04e+06	DM	71,81	41,62	68,95	109,14	-48%	+68%	30%	0,96
		TNO-CBS	40,19	34,48	40,19	46,31	-17%	+19%	7%	0,99
		VITO-AVV	124,03	74,05	119,95	188,50	-46%	+68%	28%	0,97
		RIVM	62,83	36,31	60,38	95,88	-48%	+71%	41%	0,95
		DM after	75,68	35,70	58,96	160,96	-55%	+135%	49%	1,65
Petrol EURO 1	2,04e+06	DM	19,09	8,57	17,69	33,66	-62%	+101%	11%	0,92
		TNO-CBS	17,22	10,59	16,71	25,30	-44%	+61%	9%	0,96
		VITO-AVV	42,43	18,71	38,56	76,70	-62%	+108%	14%	0,97
		RIVM	6,63	2,28	5,63	13,75	-71%	+155%	8%	0,99
		DM after	22,03	3,08	16,61	60,59	-89%	+220%	23%	0,68
Petrol EURO 2	9,20e+05	DM	7,09	3,05	6,44	12,51	-63%	+115%	5%	0,92
		TNO-CBS	5,06	2,75	4,78	8,11	-51%	+79%	3%	0,98
		VITO-AVV	16,84	8,04	15,46	28,98	-58%	+97%	5%	0,98
		RIVM	2,14	1,08	1,95	3,69	-55%	+104%	2%	1,04
		DM after	7,96	1,35	4,78	23,37	-85%	+248%	9%	1,38
Diesel pre-euro	3,20e+05	DM	13,12	7,10	12,45	20,93	-52%	+79%	6%	0,96
		TNO-CBS	12,22	12,13	12,22	12,32	-1%	+1%	0%	1,00
		VITO-AVV	21,82	10,14	19,78	38,72	-59%	+103%	7%	1,00
		RIVM	5,34	3,42	5,18	7,87	-42%	+63%	3%	1,00
		DM after	13,06	3,94	12,19	30,11	-73%	+172%	11%	0,80
Diesel EURO 1	3,20e+05	DM	15,04	7,23	13,73	26,24	-58%	+100%	9%	1,01
		TNO-CBS	14,14	10,27	13,95	18,40	-32%	+39%	5%	0,97
		VITO-AVV	24,58	9,09	21,79	49,28	-69%	+134%	10%	0,94
		RIVM	7,55	5,31	7,39	10,18	-34%	+45%	3%	0,99
		DM after	15,39	6,02	12,93	36,80	-64%	+191%	13%	1,32
Diesel Euro 2 (d&i)	8,00e+04	DM	4,02	2,07	3,73	6,84	-54%	+94%	2%	1,02
		TNO-CBS	4,24	3,04	4,18	5,62	-33%	+41%	2%	0,98
		VITO-AVV	5,78	2,01	5,07	11,76	-71%	+138%	2%	0,92
		RIVM	2,32	1,65	2,27	3,13	-34%	+45%	1%	1,00
		DM after	4,08	1,80	3,67	8,55	-60%	+191%	3%	1,15
LPG no cat	8,00e+04	DM	4,09	2,86	4,01	5,52	-35%	+46%	1%	0,98
		TNO-CBS	2,79	2,42	2,78	3,15	-16%	+16%	0%	0,99
		VITO-AVV	7,38	5,66	7,26	9,36	-27%	+35%	1%	1,00
		RIVM	2,90	1,71	2,76	4,47	-46%	+73%	2%	1,01
		DM after	4,30	2,04	3,02	8,48	-58%	+110%	2%	1,89
LPG EURO 1	1,60e+05	DM	4,61	1,73	4,16	8,80	-69%	+122%	3%	0,88
		TNO-CBS	5,02	3,34	4,91	6,98	-39%	+50%	2%	0,97
		VITO-AVV	10,51	6,10	10,02	16,48	-47%	+73%	3%	1,00
		RIVM	2,46	0,48	1,74	6,37	-85%	+244%	4%	1,00
		DM after	6,05	0,73	5,22	13,84	-91%	+158%	5%	0,37
LPG EURO 2	8,00e+04	DM	1,27	0,49	1,15	2,42	-68%	+121%	1%	0,90
		TNO-CBS	1,62	0,85	1,53	2,66	-54%	+82%	1%	0,96
		VITO-AVV	2,62	1,17	2,41	4,70	-61%	+104%	1%	0,95
		RIVM	0,69	0,20	0,56	1,54	-77%	+173%	1%	0,95
		DM after	1,63	0,29	1,46	3,69	-86%	+171%	1%	0,50

Table 11 Overall NO_x emissions [$1e^6$ kg/yr] and 'majorised' uncertainties for 1998, for all fuel/technology cells and experts. 1) Means \pm uncertainty percentages make up 95% interval; 2) calculated as emission uncertainty per cell divided by total emission (cf. IPCC, 2000); 3) calculated as the ratio of quantiles (95%/50%)/(50%/5%); 1 indicates a lognormal shape.

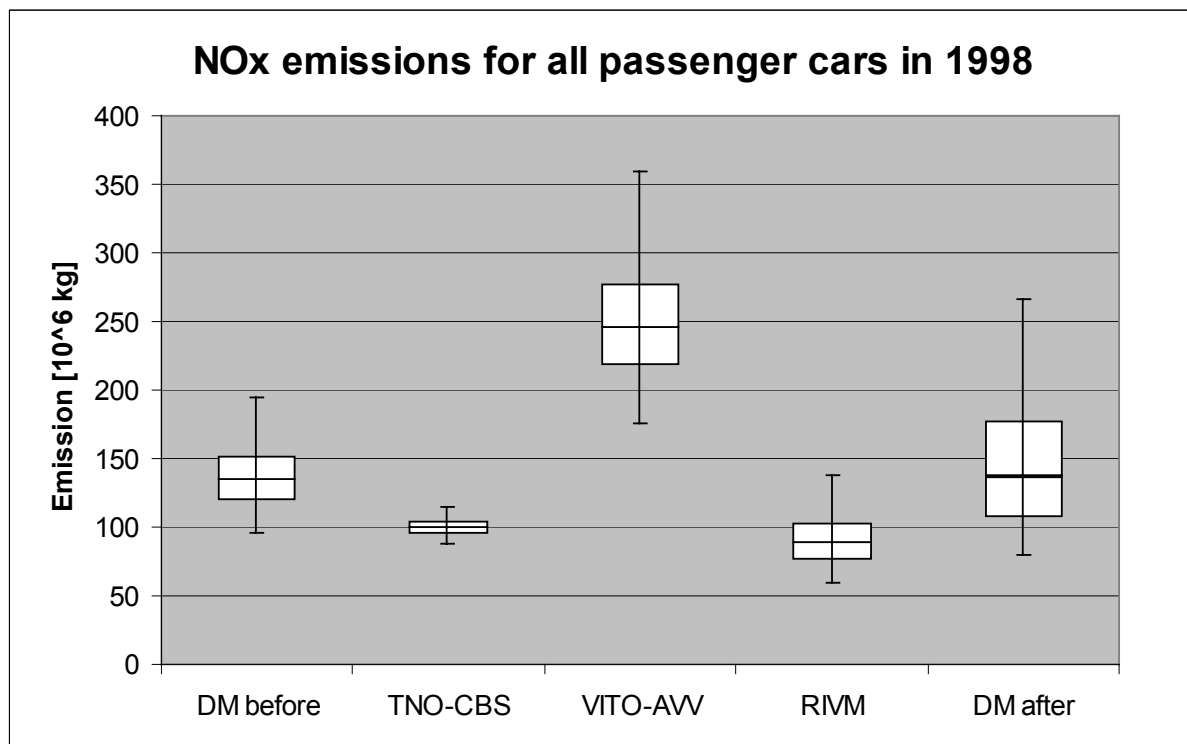


Figure 9: Box-Whisker plot of overall NO_x emissions [10^6 kg/yr] and ‘majorised’ uncertainties for all passenger cars in 1998 (number of cars $6,04 \times 10^6$). Boxes represent 25%, 50% and 75% percentiles; whiskers represent 2.5% and 97.5% percentiles; means and medians in Table 10.

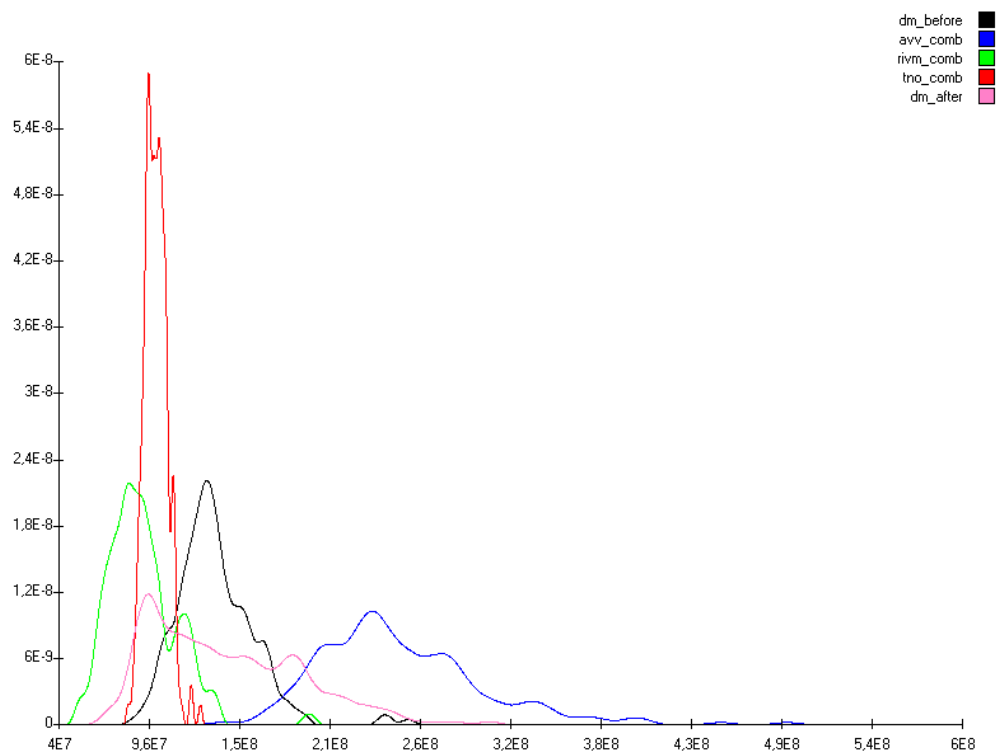


Figure 10: Probability density functions of overall NO_x emissions [kg/yr] and ‘majorised’ uncertainties from the total Dutch passenger car population for 1998 for all experts.

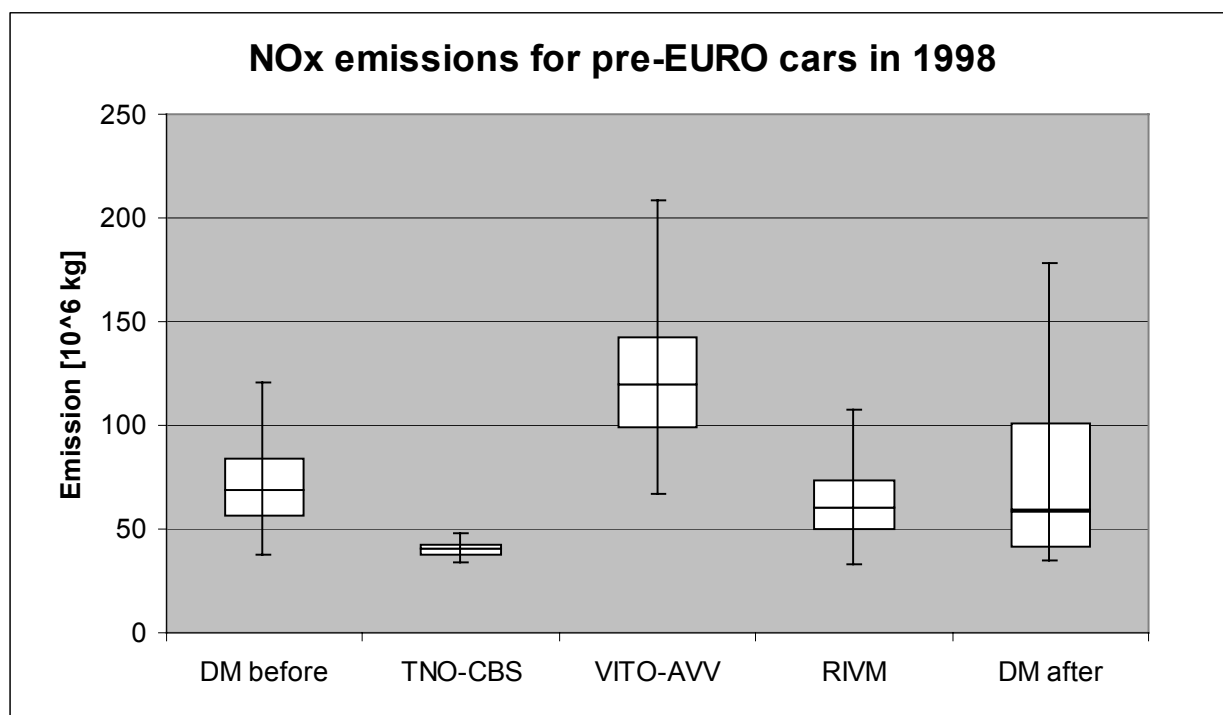


Figure 11: Box-Whisker plot of overall NO_x emissions [10^6 kg/yr] and 'majorised' uncertainties for pre-EURO petrol cars in 1998 (number of cars $2.04e^6$). Boxes represent 25% and 75% percentiles; whiskers represent 2.5% and 97.5% percentiles; means and medians in Table 10.

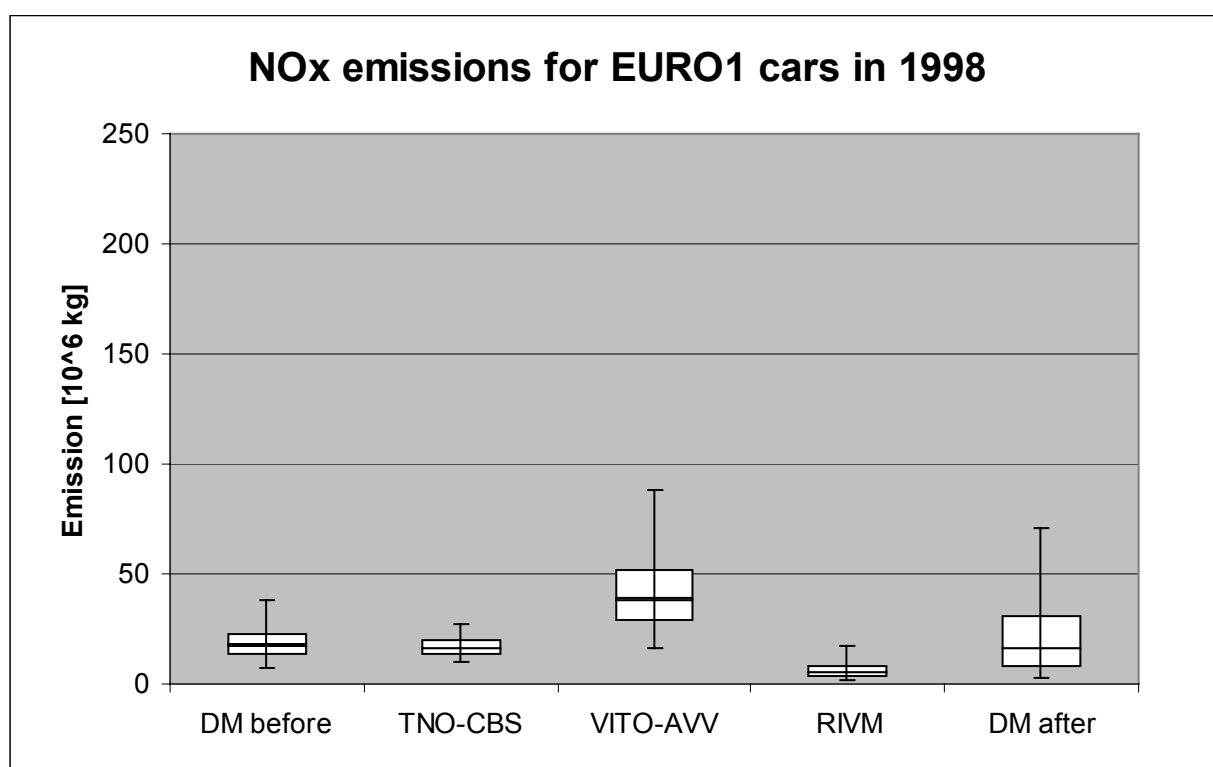


Figure 12: Box-Whisker plot of overall NO_x emissions [10^6 kg/yr] and 'majorised' uncertainties for EURO1 petrol cars in 1998 (number of cars $2.04e^6$). Boxes represent 25% and 75% percentiles; whiskers represent 2.5% and 97.5% percentiles; means and medians in Table 10.

Uncertainties are quite substantial for individual cells. The TNO-CBS expert shows the lowest uncertainty percentages, for all cells. For total emissions (Table 10), the uncertainty is much smaller, which is the effect of adding technology cells independently.

The different experts show very different uncertainty percentages (figures 9 and 10). The mean values for 'DM-before' and 'DM-after' are comparable, where 'DM-before' has narrower 5% - 95% bands. The experts' 90% uncertainty bands usually intersect (at least pair wise), but differences are considerable.

3.3 Sensitivity analysis

To get more insight in the importance of model parameters for model output (e.g. NO_x emissions), a sensitivity analysis has been performed, limited in scope.

The Petrol/no-catalyst cell has the largest contribution to the 1998 emission total (see section 3.2), followed by Petrol/EURO1. The first group will quickly disappear from the total population as these cars are old. With the purpose of monitoring improvement in mind, it was decided to focus on cell Petrol/EURO 1 (expert RIVM).

Usually, 3 different weight categories with different variables are simulated simultaneously (see Unicorn script, Appendix A). The parameters for each weight class are sampled, but a specific weight category is chosen in each sampling (using a switch function). This procedure weakens correlation between input and the output as only some of the sampled variables are actually used in the calculation of output. Therefore, the sensitivity analysis for this cell was performed for just one weight/swept volume category, determining the correlations between the sampled input variables and the resulting simulated output (i.e. the NO_x emission). This correlation is used as an indication of the sensitivity.

Code	Variable description	Correlation coefficient	Data quality
efr1	Emission factor rural <<1400 cc	0.612	B
kml	Yearly kilometres light car	0.505	A
effr1	Ratio emission factor expressway to rural	0.472	B
%kml	% kilometres driven on expressway by light car	0.319	B
efu1	Emission factor urban <<1400cc	0.266	B
nksl	Number of cold starts light car	0.229	D
eksl	Effect cold starts light car	0.212	D
%agl	% time aggressive style light car	0.049	N
efagr	Effect aggressive style rural ride	0.022	N
%kmlu	% kilometres driven urban light car	-0.018	B
afacl	Effect airco light car	0.017	N
efagu	Effect aggressive style urban	0.016	N
%acl	% airco on light car	-0.01	N
svl	Swept volume light car	-0.005	N
pacl	% light cars with airco	0.004	N
efage	Effect aggressive style expressway	0.003	N

Table 12 Correlation coefficients of input variables with model output (NO_x emissions) for an individual light (<<1400 cc) car from Petrol/EURO1 cell. The data quality indications are taken from Klein et al., 2002 (A to D from high to low quality, N indicates not known).

Results are summarised in Table 12. The first seven variables have a considerable influence on the total uncertainty in NO_x emission. Within this set, the number and effect of cold starts have the lowest data quality. The influence of air-conditioning and aggressive riding is low, but these variables have unknown data quality.

3.4 Theoretical calculations as an independent control

The employed procedure for calculating the presented results relies heavily on upgrading of individual-car results towards intermediate level (10,000 cars) results, followed by a final upgrading towards the population level. For the intermediate upgrading to 10,000 cars, a two-step sampling procedure is applied which accounts for the mutual correlation between the emissions of individual cars. It is first performed to the '100 cars'-level and next – using the distributions and mutual correlations for batches of 100 cars - towards the '10,000 cars'-level (see section 2.5.3 and section 2.6).

As a proxy for this two-step sampling-based upgrading procedure, a simple cross-cut can be used which relies on theoretical considerations (presented in appendix A4). Albeit the approximate and partial character⁵ of these proxy relations, they can be used as a first check of the employed upgrading procedure. Moreover, the rules-of-thumb provided by this proxy can be useful to prevent detailed computational efforts. The major price one has to pay is the loss of information on the form of the distributions themselves. Other cases where these proxy results on up-scaling individual level to population level could be applied are, for instance, agricultural NH₃ emissions and consumer-related emissions.

In order to test the 'sampling-based upgrading' procedure against this 'proxy', a simple benchmark situation has been evaluated. Moreover, this renders the opportunity to compare the approximate upgrading results with the 'exact' calculation, in which all 10,000 individual cars are simulated. For this, only cars of the petrol Euro 1 (BE1)-class were considered, assuming for simplicity that 70% of the cars are light and 30% are heavy. Using the elicitation data of BE1 for the 'emission factor expert' 1, and the 'volume-expert' 3, we evaluated the NO_x emission of a batch of 10,000 cars, consisting of 7000 light and 3000 heavy cars.

The so called 'exact' calculations were obtained for this batch by assuming that the totalled number of kilometres for the (7000) light cars has a normal distribution with parameters based on the 'law of large numbers'⁶; the same holds, *mutatis mutandis*, for the (3000) heavy cars. The emission factors for all light cars in the batch were taken as equal; their distribution was the one specified by the emission factor expert 1. The same was done for the heavy cars.

The statistics for the 'exact' calculations and for the 'sampling-based upgrading' method and the 'proxy'-calculations, are indicated in Table 13, which presents the results for 4 random experiments with a different seed for each. Comparison of these results shows that the mean

⁵ *Approximate*: they are based on the ordinary Pearson correlation coefficient and not on the rank correlation or the normal score correlation; *Partial*: no information is obtained on the form of the resulting distribution, only information on the first two moments (mean and variance or coefficient of variation) is retrieved.

⁶ The mean will be N times the individual mean car-kilometrage, and the variance will be N times the variance of the individual car-kilometrage, where N denotes the number of cars. The distribution is asymptotically normal.

and median for the ‘exact’ method do not differ much from those of the sampling-based updating method, although they seem to lie systematically somewhat higher in the latter case. The uncertainty bandwidth, as measured by the 5% and 95% quantiles, is systematically smaller for the ‘upgrading’ method than for the ‘exact’ method, showing an underestimation of about 15–20 % of the ‘exact’ bandwidth (compare also the error-factor, which is defined as the ratio between the 95%-quantile and the median). The coefficients of variation (CV) however are comparable for both methods showing slightly more diversity over the various experiments for the upgrading method (from 0.93 to 1.03). The CV-results are in reasonable accordance with the results obtained by using the proxy-relations (see the second last sub-column in Table 13).

This illustrates that in terms of the coefficient of variation the various methods show similar results appropriate, though the results on the quantiles show that the ‘upgrading method’ has a tendency to underestimate the uncertainty with approximately 15–20 %.

Method	Mean ($x \cdot 10^7$)	Median ($x \cdot 10^7$)	5% ($x \cdot 10^7$)	95% ($x \cdot 10^7$)	Error factor	CV		
‘Exact’	1.88	1.42	0.25	5.85	4.1	0.96		
	1.96	1.44	0.25	6.37	4.4	0.97		
	1.90	1.41	0.26	5.99	4.3	0.97	Proxy	
	1.93	1.42	0.25	6.31	4.4	0.97	CV	Rho
Upgrading method	1.96	1.45	0.35	5.15	3.6	0.93	0.98	0.33
	2.06	1.55	0.38	5.28	3.4	0.93	0.93	0.30
<i>1-> 100-> 10000</i>	1.99	1.47	0.36	5.09	3.5	1.01	0.95	0.33
	2.02	1.45	0.32	5.57	3.8	1.03	1.02	0.35

Table 13: Comparison of the sampling-based upgrading procedure with the ‘exact’ results and with the proxy-based results. Shown are the statistics for the total NO_x emission of a batch of 10,000 cars. The error factor is the ratio between the 95% quantile and the median. CV is the coefficient of variation, i.e. the ratio between the standard deviation and the mean. The last sub-column (Rho) denotes the estimated correlation coefficient between the NO_x emissions of two random cars in the batch.

4 Discussion and conclusions

4.1 Evaluation of structured expert assessment

This study applied structured expert judgement to assess the uncertainty in total NO_x emissions from passenger cars in the Netherlands for 1998. The elicitation variables were divided into a set dealing with emission variables and a set dealing with volume variables. It was difficult to find experts who could assess both sets, compelling us to form composite experts. The number of experts participating in this study was actually too small to paint a robust picture of the uncertainty in emissions. For the future, it may be advisable to consult foreign experts on emissions, even if this inhibits resolving emission factor uncertainty for the Dutch situation.

The elicitations were intensive and time consuming for the experts. Care was taken to keep the number of elicitation items to a minimum. In particular, the elicitation of dependencies was kept to an absolute minimum, resulting in the assumption of independence between all pairs of variables for which a large dependence was not anticipated. This, in turn, is expected to aggravate the difference between the 'DM before propagation' and the 'DM after aggregation' (as explained in the footnote in section 2.5.4). If a similar study were to be performed in future, it would be advisable to look critically at the distinction of weight classes, road types and technology groups to see whether the number of cells could be reduced. This may lead to a more comprehensible number of correlations to be assessed. The expert data assessed and results might prove useful to pinpointing the most important differences.

Informal methods for uncertainty assessments will produce results at a fraction of the cost. For instance, the highly aggregated tier-1 approach (IPCC, 2000) can be based on applying simple error-propagation formulae and default uncertainty characteristics (for processes where no actual data on uncertainty are available). The central question is under which conditions the extra effort involved in a full-scale uncertainty analysis, including formal expert assessment and detailed Monte Carlo simulation, is justified.

Generally, the strength of a formal structured expert judgement study lies in the ability to identify differences, trace them back to their sources and focus future research on the achievement of greater consensus on issues of decisive importance for the outcomes. We would like to emphasise that in the present study no conclusions have been drawn about the correctness of the informal taskforce assessments. The point is rather that the significance of emissions and their uncertainties cannot not be gleaned from these informal assessments alone.

We suggest that both formal and informal methods have a role to play in dealing with uncertainty in important issues. In the light of costs and effort involved, formal methods cannot be employed in an on-going fashion. Their role is rather to form a balanced and transparent picture of the uncertainties within the expert community on policy relevant matters, which have to be defensible in a wide forum of stakeholders. For day-to-day decisions, informal methods should be used to update and adapt the results of formal studies to changing circumstances. Thus formal and informal methods can complement each other. Formal methods serve to sensitise the expert community to subtle and difficult issues in

uncertainty analyses, and informal methods are indispensable in adapting insights gained in formal studies to changing circumstances.

One problem encountered in expert assessment is the confusion on standard statistical concepts and terminology. An easily made mistake is interchanging mean and median values. Not everybody is immediately aware of the difference between the two when distributions are not symmetrical. This type of confusion can be prevented by detailed instruction and building in controls (such as immediately showing the exact distributions and their main characteristics on a laptop computer derived from answers given by experts).

Another example of easily created confusion is that between distributions of individual car variables and the population mean (the standard deviation is also an indication of population spread and the standard error of mean is an indication of spread in the estimated mean). The literature available to experts is not always complete on all possible statistics and care must be taken when reproducing published values.

Furthermore, two major methodological issues came to light in the course of this study: (i) the question of whether to combine experts before or after computations, and (ii) the manner of dealing with epistemic versus aleatory uncertainty.

The first problem can only be met by spending more time in the elicitation on dependencies. As mentioned in section 2.5.4, the differences between ‘DM-before’ and ‘DM-after’ arise because we use shortcuts to represent high dimensional distributions, and these shortcuts lead to different results when applied before or after the expert combination. Acquiring more information about the experts’ joint distributions and efficiently encoding dependencies in high dimensional distributions form the best methods to overcome this problem. If the models are computationally cheap, there is no practical reason not to compute the models for each expert individually, and combine them - if appropriate - after computation.

When it comes to the important question of combining experts at all, or instead, dealing with the diversity of the individual expert results (obtained from performing all computations with each expert’s data), one can envision various answers.

- Summarising the accumulated information for decision makers and risk analysts often requires combining the individual expert distributions into a single distribution for further use in analysis models (Clemen and Winkler, 1999; Kaplan, 2000). Here, combining the experts is often the preferred mode of action. In the case here, this is feasible only because the number of experts is small.
- The diversity in expert opinion as such renders important uncertainty information, since it shows which substantial differences in opinion there are. The diversity may serve as a good basis for further study of relevant uncertainties, and can, moreover, stimulate the search for alternative modes of policy analysis, which may be more appropriate for debating on a problem (compare to Keith, 1996).

The second question was skirted by conservatively assuming that all uncertainty in emission factors was ‘uncertainty in the mean’ without any ‘variability around the mean’⁷. This approach will lead to 5%-95% confidence bounds that are ‘larger than realistic’ given the

⁷ Put differently, if characteristics for a group of cars (e.g. weight, air-conditioning, driving style, emission factors) are sampled repeatedly to build up a statistical distribution for emissions for this group, the *same* emission factors will be used for all cars in the group. The spread of emission values for the whole group will *not* be dampened by the occurrence of both high and low values of emission factors within the group. On each sample, *all* cars will have the same emission factor, be it high or low.

expert data, hence the name ‘majorised uncertainty bounds’. This approach has the advantage of skirting difficult questions on the proper treatment of lack-of-knowledge-induced uncertainty versus variability-induced uncertainty. The risk is that the majorised uncertainty bounds might be so large as to be useless in the decision-making context. We believe this is not the case with regard to the present data, since the majorised bands per expert are of the same order as the differences between the experts’ mean values⁸. Further, even with the majorised uncertainty bounds, the differences between various fuel and technology groups are clearly visible.

In our case, this enables agreement on using majorised uncertainty without having to completely resolve difficult issues on aggregation and combination. But this depends, of course, on the amount of difference between experts. We propose using ‘DM-before’ to represent the overall results of this study. The observed differences with ‘DM-after’ are the result from shortcuts taken to sample high-dimensional joint distributions. ‘DM-before’ conforms best with the usual practice in uncertainty analysis. In cases involving many experts and expensive computational models, it is the only feasible alternative.

An important goal of this study was to test and evaluate methods to assess uncertainty in NO_x emissions in the Netherlands based on structured expert judgement. The major findings are that: a) large relevant differences between experts’ opinions exist and b) a more thoughtful reconsideration is needed on the effect of variability and lack of knowledge-induced uncertainty. Elicitation protocols should therefore incorporate explicitly the assessment of the nature of uncertainties (and possible related dependencies) to be able to treat them appropriately during Monte Carlo simulations.

These results can be used in identifying an agenda for future research directed to improving uncertainty assessments. It should be focused on variables with a major influence on model outcomes and where large differences in opinion exist.

4.2 Sensitivity analysis

This study presents information on the impact of input on the uncertainty of the resulting emissions, which will help to focus future research and data collection efforts on variables that have the greatest potential for reducing uncertainty in total emissions. There is much active research in this area, and the methods for extracting such information are very much in development (Saltelli et al., 2000).

The most important categories, contributing to both the total emission figure and its uncertainty, are petrol pre-EURO and EURO1 (see Table 11). Improved monitoring of these categories will have the largest effect. As the share of pre-EURO category cars in the total population will decrease in the near future, we focused on a detailed sensitivity analysis of petrol EURO1. The most sensitive parameters were the rural emission factor, kilometres driven per year, urban emission factor, the emission factor ratio of expressway/rural, and number and effect of cold starts (see Table 12). This is in accordance with a sensitivity analysis of the COPERT-III traffic emission model applied to whole country emissions (Kioutsioukis and Tarantola, 2002), where emission factors and volume data assumed a substantial role. This is not surprising, as both trip-based models are similarly structured

⁸ The mean values are unaffected by the method of apportioning uncertainty. Indeed, the mean of the sum of N identically distributed random variables is N times the mean of one variable, regardless whether the variables are dependent or independent.

(number of cars, kilometres and emission factors per technology group and trip type, and a distinction between hot operation and cold starts). Of all the sensitive parameters mentioned, cold-start parameters had the lowest data quality (code D, Table 12). These are therefore the most probable candidates for reducing their uncertainty, as a result of which the total emission uncertainty will be reduced the most.

Future engine emissions will be lower due to technological improvements and car population changes. The influence of air-conditioners and aggressive driving style will therefore gradually become more important (Van den Brink et al., 2000a), especially as the share of cars sold with air conditioning has risen sharply. A scenario study can reveal this importance.

The present sensitivity analysis inevitably neglects variables not covered in the model, such as open-loop driving conditions, also mentioned by Duboudin et al. (2002), and engine deterioration with kilometres driven (Frey, 1997). The last variable was present in the original taskforce emission model, but not covered in our adapted and simplified UNICORN model. Further, the number of cars per category were not subject to elicitation, being considered very reliable. The same constants were used for all experts.

Several authors mention that emission factors have large uncertainties due to poor curve fitting on test cycle data (Van den Brink et al., 2000a; Frey, 1997; Tarantola and Giglioli, 2001; Kioutsioukis and Tarantola, 2002; see also section 2.2). The occurrence of large residual errors in empirical models is a form of model mis-specification. This type of model uncertainty may or may not be encapsulated in experts' answers on emission factor uncertainty, depending on their rationale for specifying emission factor distributions and dependencies. For more discussion on uncertainties related to the VERSIT model, see Van den Brink et al. (2000a).

There is much discussion on the translation of standard dynamometer measurements to separate trip emission factors. The use of electronic control systems and exhaust after-treatment make emissions from modern engines more sensitive to dynamic load changes. Standardised dynamometer test cycles do not take these changes into account. Similarly, congestion is important in real life situations, but is not part of the standard test cycles. Driving in congested situations has an important influence on emissions, although the effect is relatively small for NO_x emissions. When driving at high speeds, catalyst engines operate differently (open loop), leading to higher emissions as well (Gense et al., 2001). It is possible to derive more representative emission factors for a number of specific driving situations with data already available that may better describe real-life trips (Stahel, 2002; De Haan, 2002). Further, on the basis of recorded in-use driving data, it is possible to compose more representative test cycles (Burgwal et al., 2003).

4.3 Role of types of uncertainties and dependencies

Error propagation and aggregation incorporate information about dependencies between uncertain quantities. Since many dependency relations can be imagined while we have only considered a few, our investigation of dependencies is far from complete. Dependencies between emission factors for rural roads and expressways, and between total kilometres driven and the proportion driven on expressways, were explicitly assessed in the elicitations. Emission factors for different trip types are obtained from the same curve-fit model, so are

partly subject to the same uncertainty due to model mis-specification. This dependency between emission factors has not been taken into account.

We did not perform a separate analysis with and without statistical dependencies to show their effect on total uncertainty. In a study on urban daily emissions, taking correlations into account led indeed to slightly higher uncertainties (Duboudin et al., 2002).

Next to statistical dependencies and correlations, there are a number of explicitly formulated relations in the model structure. The share of kilometres driven on rural roads is derived from the elicited shares on urban roads and expressways. In this way, the shares always add up to 100%. This is a way to prevent unwanted values, and implies a direct relation between the share of rural kilometres and the other two shares.

The most important contribution of dependencies to total emission uncertainty actually came from the assumption of mutual dependence between emission factors from individual cars (see section 2.5). This dependency has been associated with the types of uncertainty involved. It was decided to treat uncertainty in emission factors of individual cars purely as ‘epistemic uncertainty’, assuming full dependency between cars of the same class, whilst uncertainty in the volumetric parameters (mileage) of cars was primarily considered to be an ‘aleatory uncertainty’ and treated as independent.

These choices, made for practical reasons, have a certain level of arbitrariness; future improvements can be found by using more detailed expert knowledge on the above issues. A typology of uncertainties is very helpful for improving the elicitation protocols (Van Asselt et al., 2001).

This study is one of the first attempts to treat different types of uncertainties quantitatively. As the effect of the aggregation procedure was substantial, more effort should be given in the future to the elicitation and probabilistic treatment of different types of uncertainties. This has already been mentioned by Frey (1997).

4.4 Uncertainty of NO_x emissions from passenger cars

4.4.1 Individual cars

A few conclusions for representative (or average) cars (for expert ‘DM-before’):

1. For a representative petrol car, the positive (emission-reducing) effect of the EURO1 and EURO2 regulations is clearly visible in the uncertainty distributions. The mean and the median of the EURO1 and EURO2 distributions have shifted to lower values, and the spread in the distributions is smaller in relation to cars without catalyst (Figure 6).
2. For a representative diesel car, the most recent regulatory regimes (EURO2 direct injection and EURO2 indirect injection) do not seem to produce substantial improvements. All distributions are relatively broad (Figure 7). According to the experts’, no major improvements have been achieved.
3. For a representative LPG car, there is a significant improvement visible for EURO1 and EURO2 cars relative to cars without catalyst. The spread in the distribution for EURO 2 is lower, relative to the other fuel/technology categories (Figure 8).

The conclusions are qualitative in nature and can be simply read from Figures 6, 7 and 8. We emphasise that these conclusions can only be drawn upon performance of an uncertainty analysis. For example, if we relied on nominal values for all parameters to compute emissions, we would not obtain information on the spread of distributions. Then it is hard to judge whether differences really exist or that distributions largely overlap, as is the case for diesel cars.

The representative NO_x-emission factors for the Decision Maker and other experts. Tables 6a and 6b, and Figure 6 can be compared with earlier published values. Emission factors for 2-year old EURO2 petrol and diesel cars were reported by Van den Brink et al. (2000a). Averaged over road types these were about 0.10 g/km and 0.64 g/km, respectively, and are in accordance with values for the RIVM expert. The other experts report higher values. For the 1998 total car population (reported by the road traffic taskforce; Van den Brink et al., 2000b), average NO_x-emission factors were 1.0 g/km (petrol), 0.6 g/km (diesel), and 0.6 g/km (LPG). The taskforce values are found around the middle range of the distributions given for petrol and LPG fuel cells (Figures 6 and 8), and at the lower end of the distributions given for diesel (Figure 7). The higher values for diesel reported for 'DM-before' are the result of relatively high emission factors given by the experts VITO-AVV and TNO-CBS.

4.4.2 Total population

The maximised uncertainty of the total population NO_x emission varies highly between experts. The smallest 95% uncertainty interval was obtained for TNO-CBS and is -12% to +15%, while the largest interval was obtained for the RIVM expert (-35% to +51%). The combined decision-makers show intervals of -30% to +41% ('DM-before') and -46% to +81% ('DM-after').

The uncertainty for 'DM-after' represents mainly differences in opinion at the final outcome level (Table 10, Figures 9 and 10), while 'DM-before' gives a statistically representative picture of uncertainty due to combined data variability and knowledge uncertainty obtained from different experts.

The differences between experts are due to the results for EURO and EURO1 petrol cars (Figures 11 and 12). They can be examined further by dissecting the results into an emission part and a volume part. From Table 6a and 6b, emission factors from different experts can be seen to be relatively similar. The AVV expert has a different opinion on kilometres driven. This difference in opinion is an important cause of the relatively high total emission values of VITO-AVV and the total 'DM-after' uncertainty. Substantial differences in opinion are not unusual in expert elicitation (Morgan and Keith, 1995), whose value lies in indicating where the expert community has different opinions on relevant subjects.

Total population NO_x emissions (Table 10) can be compared with the reported taskforce values (see Table 1; data from RIVM, 2001), where a total of 85 million kg NO_x was given for passenger cars in 1998, while the mean values reported here range from 91 to 251 million kg NO_x, depending on the expert combination (see Table 14). The RIVM expert had the lowest values, closest to the taskforce levels, while VITO-AVV showed the highest values.

When comparing the NO_x-emission uncertainty values to the (inter)national literature (for overviews see Kioutsioukis and Tarantola, 2002 and Frey, 1997), one must take care to compare only similar aggregation levels (i.e. national emissions from total fleet).

For Italy in the year 2000, total fleet NO_x-emission uncertainty was estimated as $\pm 22\%$ (95% interval; 2 x Coefficient of Variation) by Kioutsioukis and Tarantola (2002). Total fleet includes more vehicles than just passenger cars.

For the Netherlands in 1995, total NO_x-emission uncertainty from traffic and transport was estimated as 15% by RIVM (1999). For passenger cars only, uncertainties were estimated at $\pm 15\%$ for volume data and for emission factors as $\pm 10\%$ to $\pm 20\%$ (RIVM, 1999). When combined independently, this gives an uncertainty of $\pm 18\%$ to $\pm 25\%$ (cf. Tier-1 approach; IPCC, 2000). For the taskforce passenger car NO_x-emission data in 1998 (reported in RIVM, 2001), uncertainties for different parameters were estimated higher (25% for all activity data; 25% for diesel emission factors; 50% for petrol and LPG emission factors). This adds up to $\pm 43\%$, for the NO_x emission from all passenger cars (95% interval cf. Tier-1 method IPCC, 2000; see Table 14).

Source categories	NO _x emission in 1998 (kg NO _x)	Activity level uncertainty	Emission factor uncertainty	Emission uncertainty
Petrol cars	62,136,118	$\pm 25\%$	$\pm 50\%$	$\pm 55.9\%$
Diesel cars	13,319,043	$\pm 25\%$	$\pm 25\%$	$\pm 35.4\%$
LPG cars	5,952,938	$\pm 25\%$	$\pm 50\%$	$\pm 55.9\%$
TOTAL	81,408,099			$\pm 43.3\%$

Table 14. Tier-1 uncertainty analysis for NO_x emission from passenger cars. Emission uncertainties make up the 95% intervals around the 1998 values (according to tier-1 method in IPCC, 2000; data used in RIVM, 2001).

This comparison shows that the ‘maximised’ uncertainty ranges obtained in the present study, are generally in line with the uncertainty ranges reported before (with the exception of ‘DM-after’). Therefore, we conclude that the method of structured expert elicitation, combined with Monte Carlo uncertainty analysis and aggregation taking different types of uncertainty into account, although it was very time consuming and complex, proved workable and produced meaningful results. In the future, the results can be further improved by a more realistic accounting for lack of knowledge and variability induced uncertainty.

4.5 Final conclusions

We demonstrated that use of structured expert elicitation, in combination with formal probabilistic uncertainty analysis is an important tool that helps to focus discussion in the expert community on the most relevant issues. The applied formal method of structured expert elicitation was very time-consuming, and can not be performed in an ongoing way like informal methods. The strength of a formal structured expert judgement study lies in the ability to identify differences, trace them back to their sources, and focus future research on the achievement of greater consensus on issues of decisive importance for the outcomes.

Two major methodological issues came to light in the course of this study, (i) the question of whether to combine experts before or after computations, and (ii) the manner of dealing with epistemic versus aleatory uncertainty.

i) We presented both combined and separate results, as each result contains different information. The uncertainty for the combined expert ‘DM-after’ was substantially influenced by the absolute differences between experts, while the combined ‘DM-before’ gave a more reliable picture of actual uncertainty. Results per expert indicated the specific differences in opinion.

ii) Viewing uncertainties in individual car variables as independent – the case when uncertainty only reflects the variability in the population, will lead to very low uncertainties in the total population emission. On the other hand, lack of knowledge (epistemic uncertainty) about mean values of emission variables should have a more persistent character when calculating population uncertainty. We designed a calculations procedure that explicitly treats these different uncertainty types, assuming epistemic uncertainty in emission factors and aleatory uncertainty in volumetric variables. This led to considerable uncertainties in total population emissions.

The applied calculation procedure was proven theoretically sound, and simple rules-of-thumb can be derived for application in similarly structured cases (e.g. emissions from total animal populations). These results indicate that more specific attention should be given to characterising different types of uncertainty, in protocols for structured expert elicitation. The same could be said about dependence between individuals of a population; however, it is not likely that experts will have information on this subject.

A sensitivity analysis, limited in scope, revealed the variables that add most to total NO_x-emission uncertainty and indicates possibilities for reducing that uncertainty: emission factors, kilometres driven and share on expressways, and number and effect of cold starts are suitable candidates for further study. It is also very important to put more attention to matters not covered in the present model, such as obtaining more representative test cycles, and engine performance under changing load.

For total population NO_x emissions, the smallest 95% uncertainty interval was obtained for TNO-CBS (-12% to +15%), while the largest interval was obtained for the RIVM expert (-35% to +51%). The combined decision-makers show intervals of -30% to +41% (‘DM-before’) and -46% to +81% (‘DM-after’).

The large differences in results, as shown by ‘DM-after’ uncertainty, were caused mainly by substantial differences in opinion and knowledge between experts. Care must be taken when using these uncertainty percentages, as distributions are not normal.

The different technology groups showed clear differences for petrol and LPG cars, taking the uncertainties into account. Emission reduction technologies had a clear effect on emission characteristics. This difference was not observable for diesel cars.

Comparison with the literature shows the ‘maximised’ uncertainty ranges obtained in the present study to be generally in line with the uncertainty ranges previously reported (with the exception of ‘DM-after’). Therefore, we can conclude that the method of structured expert elicitation, combined with Monte Carlo uncertainty analysis and aggregation taking different types of uncertainty into account, proved workable and produced meaningful results, although very time-consuming.

References

- Annema, J.A. (2000). De onzekerere emissieschattingen in de sector verkeer, Bijdragen aan de Colloquium Verkeer, Environment en Techniek, RIVM, Bilthoven, van de Brink and Annema (eds) 331-343.
- Aspinall and Cooke, R. M. 'Expert judgement and the Montserrat volcano eruption', PSAM III, New York, September 1998.
- Baecher, G.B. and J.T. Christiansen 2000. Natural variation, limited knowledge, and the nature of uncertainty in risk analysis. Presented at 'Risk-based Decisionmaking in Water Resources IX', Oct. 15-20, 2000, Santa Barbara. [http://www.glue.umd.edu/~gbaecher/papers.d/Baecher_&_Christian Sta Barbara 2000.pdf](http://www.glue.umd.edu/~gbaecher/papers.d/Baecher_&_Christian%20Barbara%202000.pdf)
- Bedford, T.J. and R.M. Cooke, Mathematical Tools for Probabilistic Risk Analysis, Cambridge University Press, 2000.
- Bhola, B., R. Cooke, H. Blaauw and M. Kok, 'Expert opinion in project management', European Journal of Operations Research, 1991, Vol.57, pp.1-8
- Brown, J., L.H.J. Goossens, F.T. Harper, E.H. Haskin, B.C.P. Kraan, M.L. Abbott, R.M. Cooke, M.L. Young, J.A. Jones, S.C. Hora and A. Rood, Probabilistic accident consequence uncertainty analysis: Food chain uncertainty assessment, Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission and Commission of European Communities, NUREG/CR-6523, EUR 16771, Washington/USA, and Brussels-Luxembourg, 1997 (Volumes 1 and 2)
- Burgwal, E. van de, Gense, N.L.J., Rijkeboer, R.C., Binkhorst, R.P. (2003) In-use compliance programme passenger cars - annual report 2002, TNO Automotive, Delft
- Clemen, R.T. and R.L. Winkler (1999) Combining probability distributions from experts in risk analysis. Risk Analysis, Vol. 19, pp. 187-203
- Cooke, R. and Kraan (2002) Uncertainty Analysis for Automobile Emissions NOx. Overview of methods and results. Preliminary technical report, TU-Delft.
- Cooke, R. M. 'Uncertainty in dispersion and deposition in accident consequence modeling assessed with performance-based expert judgement', Reliability Engineering and System Safety, 1994, Vol.45, pp.35-46
- Cooke, R. M. , L.H.J. Goossens and B.C.P. Kraan, Methods for CEC\USNRC accident consequence uncertainty analysis of dispersion and deposition - Performance based aggregating of expert judgments and PARFUM method for capturing modelling uncertainty, Prepared for the Commission of European Communities, EUR 15856, 1994
- Cooke, R.M. and Jager, E. A probabilistic model for the failure frequency of underground gas pipelines Risk Analysis vol 18 no. 4 511-527, 1998.
- Cooke, R.M. and van Noortwijk, J.M. 'Local probabilistic sensitivity measures for comparing FORM and Monte Carlo calculations illustrated with dike ring reliability calculations' Computer Physics Communications vol 117, pp 86-98, 1999.
- Cooke, R.M., L.H.J. Goossens Procedures Guide for Structured Expert Judgement, EUR 18820; Report prepared under contract No. ETNU-CT93-0104-NL for the Commission of European Communities Directorate-general XI (Environment and Nuclear Safety) Directorate D (DG 11 CCJH) October 1999
- Cooke, R.M., and D. Solomatine, EXCALIBUR - Integrated system for processing expert judgments, Version 3.0, User's manual, Delft, Delft University of Technology and SoLogic Delft, 1992. Updated 8-2000 for MS Windows.
- Cooke, R.M., Experts in Uncertainty, Oxford University Press, 1991.
- Cooke, R.M., S. French and J.F.J. van Steen, The use of expert judgement in risk analysis - Report to the European Space Agency, (Contract no. 8051/88/NL/re(SC)), Delft, 1990, 220 pp.
- Cooke, R.M., UNICORN: Methods and code for uncertainty analysis, published by the Atomic Energy Association, Delft University of Technology, Delft, 1995
- Cooke, R.M. et al. Benchmark of Uncertainty Analysis Codes, European Safety and Reliability Assoc. Technical Committee Uncertainty Modelling, Delft, 1997.
- Cullen, A and Frey , H (1999) Probabilistic Techniques in Exposure Assessment. A handbook for dealing with variability and uncertainty in models and inputs. Plenum Press, New York/London.
- de Haan, P (2002) Modeling exercise. Presentation for the Artemis workshop on statistical methods in traffic emission inventories, JRC Ispra, Italy, november 26th, 2002.
- Duboudin, C., J. Noppe S and Catania (2002) Sensitivity and uncertainty analysis of Copert. Presentation for the Artemis workshop on statistical methods in traffic emission inventories, JRC Ispra, Italy, november 26th, 2002.
- Frey, H. C. (1997) 'Variability and uncertainty in highway vehicle emission factors' in Emission Inventory: Planning for the Future Air and waste management association, Pittsburgh, Pa. Pp 208-219.

- Frijters, M., Cooke, R. Slijkuis, K. and van Noortwijk, J.(1999) Expert Judgement Uncertainty Analysis for Inundation Probability, (in Dutch) Ministry of Water Management, Bouwdienst, Rijkswaterstaat, Utrecht.
- Gense, N.L.J., I.R. Wilmlink and H.C. van den Burgwal (2001) Emissions and congestion – Estimation of emissions on road sections and the Dutch motorway network. TNO report, TNO Automotive.
- Goossens, L.H.J. , J.D. Harrison, F.T. Harper, B.C.P. Kraan, R.M. Cooke and S.C. Hora, Probabilistic accident consequence uncertainty analysis: Internal dosimetry uncertainty assessment, Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission and Commission of European Communities, NUREG/CR-6571, EUR 16773, Washington/USA, and Brussels-Luxembourg, 1998 (Volumes 1 and 2)
- Goossens, L.H.J. , R.M. Cooke, F. Woudenberg and P. van der Torn, Probit functions and expert judgement: Main report: protocol and results; Appendices report: backgrounds, variables and data, Report prepared under contract for the Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, the Netherlands; Delft University of Technology, Safety Science Group and Department of Statistics, Stochastics and Operations Research, and Municipal Health Service, Rotterdam, Section Environmental Health, October 1992
- Goossens, L.H.J., J. Boardman, F.T. Harper, B.C.P. Kraan, M.L. Young, R.M. Cooke, S.C. Hora and J.A. Jones, Probabilistic accident consequence uncertainty analysis: Uncertainty assessment for deposited material and external doses, Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission and Commission of European Communities, NUREG/CR-6526, EUR 16772, Washington/USA, and Brussels-Luxembourg, 1997 (Volumes 1 and 2)
- Goossens, L.H.J., F.T. Harper, G.N. Kelly and C. Lui, The joint EC/USNRC project on uncertainty analysis of probabilistic accident consequence codes: Overall objectives and new developments in the use of expert judgement, In: P.C. Cacciabue and I.A. Papazoglou (Eds.), Probabilistic Safety Assessment and Management, Springer, 1996, Vol. 1, pp.618-624
- Goossens, L.H.J., R.M. Cooke and J.F.J. van Steen, 'Expert Opinions in Safety Studies', Report prepared under contract for the Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Delft, 1989
- Harper, F.T. , L.H.J. Goossens, R.M. Cooke, S.C. Hora, M.L. Young, J. Päsler-Sauer, L.A. Miller, B. Kraan, C. Lui, M.D. McKay, J.C. Helton and J.A. Jones, Joint USNRC/CEC consequence uncertainty study: Summary of objectives, approach, application, and results for the dispersion and deposition uncertainty assessment, Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission and Commission of European Communities, NUREG/CR-6244, EUR 15855 EN, SAND94-1453, Washington/USA, and Brussels-Luxembourg, 1995 (Vol. 1-3)
- Haskin, F.E. , L.H.J. Goossens, F.T. Harper, J. Grupa, B.C.P. Kraan, R.M. Cooke and S.C. Hora, Probabilistic accident consequence uncertainty analysis: Early health uncertainty assessment, Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission and Commission of European Communities, NUREG/CR-6545, EUR 16775, Washington/USA, and Brussels-Luxembourg, 1997 (Volumes 1 and 2)
- Hofer E. (1996) When to separate uncertainties and when not to separate. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 54, pp. 113-118
- Hora S.C. (1996) Aleatory and epistemic uncertainty in probability elicitation with an example from hazardous waste management. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 54, pp. 217-223
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Technical support unit IPCC NGGIP, IGES, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Jansen, M.J.W. (1996) Maximum entropy distributions with prescribed marginals and normal score correlations. In Proceedings Conference 'Distributions with given marginals and moment problems'. Editors Viktor Beneš, Josef Štěpán, Prague, sept. '96. Kluwer Academic Publishers.
- Kaplan S. (2000) Combining Probability Distributions from Experts in Risk Analysis. Letter to the Editor. Risk Analysis, Vol. 20, pp. 155-156
- Keith, D.W. (1996). When is it appropriate to combine expert judgments? Climatic Change, Vol. 33, pp. 139-143
- Kioutsioukis, I and Tarantola, S (2002) Uncertainties in emission inventory modelling. Deliverable 44 for the ARTEMIS project Prepared by the Applied Statistics Group, ISPRA, Italy.
- Klein, J., R. van den Brink, J. Hulskotte, J. Annema, J. van den Roovaart, M. Borst, R. Gense and E. van de Burgwal (2002). Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele bronnen in Nederland. Rapportagereeks Milieumonitor nr 4.
- Kraan, B (2002) Probabilistic Inversion in Uncertainty Analysis. PhD-thesis, TU-Delft.
- Kraan, B. and Cooke, R.M. (1996) Post-processing techniques for the joint EU-NRC uncertainty analysis of accident consequence codes, J. of Stat. Comp. and Simulation, vol 55, no 2. Pp 243-261.
- Kraan, B. C.P., and Cooke, R.M. 'Uncertainty in compartmental models for hazardous materials – a case study' Journal of Hazardous Materials, vol.71, pp 253-268, 2000
- Lefranc, F. (1999) 'VERSIT update light duty vehicles' TNO Road-Vehicles Research Institute, Delft.
- Little, M., C.M. Muirhead, L.H.J. Goossens, F.T. Harper, B.C.P. Kraan, R.M. Cooke, and S.C. Hora, Probabilistic accident consequence uncertainty analysis: Late health uncertainty assessment, Prepared for U.S. Nuclear

- Regulatory Commission and Commission of European Communities, NUREG/CR-6555, EUR 16774, Washington/USA, and Brussels-Luxembourg, 1997 (Volumes 1 and 2)
- Morgan, M.G. and D.W. Keith (1995) Subjective judgments by climate experts. *Environmental Science & Technology*, 29 (10), 468A-476A.
- Onderdelinden, D et al. (1999) Review RIVM instrumentarium Milieubalans 1999. RIVM report 251701037. Bilthoven, the Netherlands.
- RIVM (1999) Addendum. Meten, rekenen en onzekerheden. De werkwijze van het RIVM-Milieuonderzoek, RIVM report 408129 005. Bilthoven, the Netherlands.
- RIVM (2001) Milieubalans 2001. Het Nederlandse Milieu verklaard. Bilthoven, the Netherlands. RIVM/Kluwer 167pp.
- Rodic Lj. and L.H.J. Goossens, 'Formal expert judgement on reliability of landfill liners', In: *Geology and confinement of toxic wastes* (eds. M. Arnould, M. Barres and B. Come), Volume 1, A.A. Balkema, Rotterdam, 1993 pp.453-458
- Rodic Lj. and L.H.J. Goossens, 'Method of expert judgement applied to waste landfill performance', Paper presented at PSAM-II Conference, San Diego, Ca/USA, 20-25 March 1994, Vol 2, Session 039
- Saltelli, A, K. Chan, M. Scott. *Sensitivity Analysis*, John Wiley & Sons Publishers, Probability and Statistics series, 2000.
- Slijkhuis, K. Frijters, M. Cooke, R. and Vrouwenvelder, A. *Probability of flooding: An Uncertainty Analysis In Safety and Reliability*, Lydersen, Hansen & Sandtorv (eds.) Balkema, Rotterdam, 1419-1425, 1998.
- Stahel, W (2002) A Framework for Calculating Total Emissions, Exploratory analyses of lab test cycle data. Presentation for the Artemis workshop on statistical methods in traffic emission inventories, JRC Ispra, Italy, november 26th, 2002.
- Steekproefcontroleprogramma, onderzoek naar luchtverontreiniging personenauto's in het verkeer, Jaarrapport: 1995/1996. TODO: ref nazoeken
- Tarantola S. and N. Giglioli (2001) The JRC-ISIS in the ARTEMIS project: Summary of the First Year of Activity, EUR 19756 EN 28p.
- van Asselt, M.B.A., R. Langendonck, F. van Asten, A. van der Giessen, P.H.M. Janssen, P.S.C. Heuberger and I. Geuskens (2001) *Uncertainty & RIVM's Environmental Outlooks. Documenting a learning process*. RIVM report 5500002 001, RIVM Bilthoven.
- van den Brink, R., R. Gense and J. Klein, Road traffic emission modelling in the Netherlands. In the proceedings of TERA 2 K Conference Scuola Superiore Enrico Mattei – ENI Milan, 26 - 27 october, 2000a.
- van den Brink, R., R. Gense and J Klein (2000b) Nieuwe berekeningsmethodiek emissies wegverkeer. In: *Bijdragen aan het Colloquium Verkeer, Environment en Techniek*, RIVM, Bilthoven. R. van de Brink and J. Annema (eds) 275-290
- van der Sluijs, J.P. (2002) A way out of the credibility crisis of models used in integrated environmental assessment. *Futures*, Vol. 34, pp. 133-146
- van Noordwijk, J., R. Dekker, R. Cooke, and T. Mazzuchi, 'Expert judgement in maintenance optimization', *Trans. IEEE on Reliability*, 1992, Vol.41, No.3, pp.427-432
- Woudenberg, F., P. van der Torn, L.H.J. Goossens and R.M. Cooke, Externally calibrated expert assessments of concentration-response relations - General report and specific reports, Reports prepared under contract for the Ministry of Welfare, Public Health and Culture, the Netherlands, Municipal Health Service, Rotterdam, Section Environmental Health, and Delft University of Technology, Safety Science Group and Department of Statistics, Stochastics and Operations Research, April 1994, 71 p.

List of abbreviations and acronyms

AVV	Adviesdienst Verkeer en Vervoer
CBS	Central Bureau of Statistics
DLO	Dienst Landbouwkundig Onderzoek
DM	Decision Maker
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LAE	Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies
LEI	Landbouw Economisch Instituut
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
WEM	Werkgroep Emissie Monitoring

Mailing list

1-5. Auteurs

6. Jochem van der Waals (VROM/DGM/LMV)
7. John Klein (CBS, Voorburg)
8. Peter Mak (AVV, Rotterdam)
9. Paul Polak (AVV, Rotterdam)
10. Raymond Gense (TNO, Delft)
11. Erik van den Burgwal (TNO, Delft)
12. Jan Hulskotte (TNO-MEP)
13. Peter Coenen (TNO-MEP)
14. Tinus Pulles (TNO-MEP)
15. Rene van Gijlswijk (TNO-MEP)
16. Jeroen van der Sluijs (UU – Natuurwetenschappen en Samenleving)
17. Marjolein van Asselt (ICIS, Universiteit Maastricht)
18. Ina de Vlieger (VITO)
19. Bert van Wee (TU-Delft)
20. Roger Cooke (TU-Delft)
21. Bernd Kraan (TU-Delft)
22. Robin Smit (Univ. of Griffith, Brisbane, Aus.)
23. Stefano Tarantola (ISPRA, Italy)
24. Andrea Saltelli (ISPRA, Italy)
25. Klaas van Egmond (MNP)
26. Fred LAngeweg (MNP)
27. Arthur Petersen (IMP)
28. Rob Maas (NMD)
29. Anton van der Giessen (IMP)
30. Marianne Kuijpers (RIM)
31. Arnold Dekkers (IMP)
32. Hans Visser (IMP)
33. Peter Heuberger (IMP)
34. Wim van der Maas (IMP)
35. Laurens Brandes (IMP)
36. Robert van den Brink (RIM)
37. Jan-Anne Annema (RIM)
38. Karst Geurs (RIM)
39. Anco Hoen (RIM)
40. Hans Nijland (RIM)
41. Winand Smeets (LED)
42. Roel Thomas (LED)
43. Bart Wesselink (NMD)

44. Jos Olivier (KMD)
45. Alexander Gijsen (KMD)
46. Emile Schols (MEV)
47. Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
48. SBC/Communicatie
49. Bureau Rapportenregistratie
50. Bibliotheek RIVM
51. - 55. Bureau Rapportenbeheer

Appendices A to L

Appendix A1: Model and calculation description.

This appendix gives notation and describes the calculation model for NO_x emissions [kg/yr] for a single random car from a fuel/technology cell.

Input variable names and elicitation questions

Table A-1 gives the codes for all elicitation questions, and their relation to all model input variables, for all fuel/technology categories.

Explanation of abbreviations in Table A-1:

1. For fuel/technology type Petrol/Euro 2 (**BE2**) we determined that %**l**=0.348, based upon CBS data given by RIVM. This means that 34.8% of the Petrol Euro 2 weigh less than 850 kg (% in light category).
2. For fuel/technology type Diesel/Euro2 direct injection (**DE2D**), we assigned for model variable **efu1** (emission factor **urban**, for cars with a swept volume less than 2000 cc), the distribution associated with emission elicitation question 29, for cars with a swept volume < 2000 cc, here abbreviated as E29a.
3. Under fuel/technology type LPG/no catalyst (**LPGZK**), we assigned for model variable **nksl** (number of cold starts for a light car (<850 kg)), the distribution associated with volume elicitation question 11, <1150 kg, here abbreviated as V11a.

For further explanation of abbreviations, see the text of the elicitation question.

Different categories:

Weight categories: L (light, < 850 kg), M (medium, 850-1150 kg) and

H (heavy, >1150 kg)

Road type: u (urban), r (rural) and e (expressway)

Swept Volume: 1 (< 1400 cc), 2 (1400-2000 cc) and 3 (>2000 cc).

For Diesel and LPG we distinguish only two weight categories, namely (L+M) and H.

Model Variables	BZK	BE1	BE2	DPE	DE1	DE2D	DE2I	LPGZK	LPG1	LPG2
%l	0.71	0.388	0.348	0.368	0.086	0.016	0.016	0.234	0.037	0.065
%m	0.21	0.398	0.362	0.368	0.495	0.448	0.448	0.457	0.373	0.413
%h	0.08	0.214	0.29	0.264	0.419	0.419	0.536	0.309	0.59	0.522
svl	E19_a	E19_a	E19_a	E20_a	E20_a	E20_a	E20_a	E21_a	E21_a	E21_a
svm	E19_b	E19_b	E19_b	E20_b	E20_b	E20_b	E20_b	E21_b	E21_b	E21_b
svh	E19_c	E19_c	E19_c	E20_c	E20_c	E20_c	E20_c	E21_c	E21_c	E21_c
eful	E22_1a	E25_a	E26_a	E23_1a	E27_a	E29_a	E28_a	E24_1a	E30_a	E31_a
efu2	E22_1b	E25_b	E26_b	E23_1a	E27_a	E29_a	E28_a	E24_1b	E30_b	E31_b
efu3	E22_1c	E25_c	E26_c	E23_1c	E27_b	E29_b	E28_b	E24_1c	E30_c	E31_c
efr1	E22_2a	E32_a	E32_a	E23_2a	E34_a	E36_a	E35_a	E24_2a	E37_a	E38_a
efr2	E22_2b	E32_b	E32_b	E23_2a	E34_a	E36_a	E35_a	E24_2b	E37_b	E38_b
efr3	E22_2c	E32_c	E32_c	E23_2b	E34_b	E36_b	E35_b	E24_2c	E37_c	E38_c
effr1	E22_3a	E39_a	E40_a	E23_3a	E41_a	E43_a	E42_a	E24_3a	E44_a	E45_a
effr2	E22_3b	E39_b	E40_b	E23_3a	E41_a	E43_a	E42_a	E24_3b	E44_b	E45_b
effr3	E22_3c	E39_c	E40_c	E23_3b	E41_b	E43_b	E42_b	E24_3c	E44_c	E45_c
kml	V16_a	V17_a	V18_a	V19_a	V20_a	V21_a	V21_a	V22_a	V23_a	V24_a
kmm	V16_b	V17_b	V18_b	V19_a	V20_a	V21_a	V21_a	V22_a	V23_a	V24_a
kmh	V16_c	V17_c	V18_c	V19_b	V20_b	V21_b	V21_b	V22_b	V23_b	V24_b
%kmlu	V12_a	V12_a	V12_a	V13_a	V13_a	V13_a	V13_a	V14_a	V14_a	V14_a
%kmlc	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a	V15_a
%kmmu	V12_b	V12_b	V12_b	V13_a	V13_a	V13_a	V13_a	V14_a	V14_a	V14_a
%kmmc	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b	V15_b
%kmhu	V12_c	V12_c	V12_c	V13_b	V13_b	V13_b	V13_b	V14_b	V14_b	V14_b
%kmhc	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c	V15_c
%agl	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a	V1_a
%agm	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b	V1_b
%agh	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c	V1_c
efagu	E1_a	E2_a	E2_a	E3_a	E3_a	E3_a	E3_a	E4_a	E5_a	E5_a
efagr	E1_b	E2_b	E2_b	E3_b	E3_b	E3_b	E3_b	E4_b	E5_b	E5_b
efage	E1_c	E2_c	E2_c	E3_c	E3_c	E3_c	E3_c	E4_c	E5_c	E5_c
Pacl	V4_a	V4_a	V4_a	V6_a	V6_a	V6_a	V6_a	V8_a	V8_a	V8_a
Pacm	V4_b	V4_b	V4_b	V6_a	V6_a	V6_a	V6_a	V8_a	V8_a	V8_a
Pach	V4_c	V4_c	V4_c	V6_b	V6_b	V6_b	V6_b	V8_b	V8_b	V8_b
%acl	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a	V2_a
%acm	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b	V2_b
%ach	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c	V2_c
efacl	E6_a	E6_a	E6_a	E7_a	E7_a	E7_a	E7_a	E8_a	E8_a	E8_a
efacm	E6_b	E6_b	E6_b	E7_a	E7_a	E7_a	E7_a	E8_a	E8_a	E8_a
efach	E6_c	E6_c	E6_c	E7_b	E7_b	E7_b	E7_b	E8_b	E8_b	E8_b
Nksl	V9_a	V9_a	V9_a	V10_a	V10_a	V10_a	V10_a	V11_a	V11_a	V11_a
Nksm	V9_b	V9_b	V9_b	V10_a	V10_a	V10_a	V10_a	V11_a	V11_a	V11_a
Nksh	V9_c	V9_c	V9_c	V10_b	V10_b	V10_b	V10_b	V11_b	V11_b	V11_b
Eksl	E9_a	E10_a	E11_a	E12_a	E13_a	E14_a	E15_a	E16_a	E17_a	E17_a
Eksm	E9_b	E10_b	E11_b	E12_a	E13_a	E14_a	E15_a	E16_a	E17_a	E17_a
Eksh	E9_c	E10_c	E11_c	E12_b	E13_b	E14_b	E15_b	E16_b	E17_b	E17_b

Table A-1: Relation between model variables and elicitation questions for each fuel/technology class.

UNICORN script for Petrol/EURO1

Calculated model variables are called UDF's in UNICORN (User Defined Functions).

The UNICORN script can be roughly divided into 3 parts. The first part calculates the emission/emission factor/number of kilometers driven for car 1, while the second part calculates emission/number of kilometers driven for car 2 (UDF's ending with 2).

The third part (the conditional part) checks if the random samples are drawn appropriate, according to certain criteria. The UDF called 'condition1' checks that the percentage urban, rural and expressway kilometers add to 1, for each sampling. The UDF called 'condition 0' checks if the emissions of car 1 and car 2 are greater than 0 and if the emission factor is greater than 0. When these criteria are not met, the samples are automatically deleted from the simulation. The script is run for 10,000 samples, a part of which is discarded by the conditions.

Several input variables for car 2 are assigned the same elicited distributions as the corresponding model variables for car 1. These input variables are sampled from the same distribution, but get other values within each sampling. For instance, SVL and SVL2 are both sampled from distribution E19_A.

In several UDF's for car 2 (ending with a 2), the same input variables are used as in the corresponding UDF for car 1. For instance, the UDF's for elu and elu2 (emission factors for light car during urban ride), both use the input variables efu1, efu2, and efu3 (elicited emission factors for different swept volumes). Further, the UDF's for emlu and emlu2 use the same input variables efagu, efacl and eksl. This way, not only the same elicited distributions are used, but the same sampled values as well. This is done to create a dependency between the 2 cars, and is applied where emission factors are used (see Section 2.5 on aleatory and epistemic uncertainty).

An important change in the scripts, as compared to the original technical report (Cooke and Kraan, 2002), is the percentage of cold starts that occur during an urban ride (98%). The rest is assigned to the rural ride. For this purpose, a constant variable was added %KSU=0.98 (calculated from Klein et al., 2002). No cold starts occur on the express-way.

The model variables sampled from the elicited distributions are in boldface and are listed in table A.1

UDF: description

```
%kmlr: 100-%kmlu-%kml e
%kmmr: 100-%kmmu-%kmme
%kmhr: 100-%kmhu-%kmhe
elu: i1{0,svl,1400}*efu1+i1{1401,svl,2000}*efu2+i1{2001,svl,>>}*efu3
emlu: elu*(1+%agl*(efagu-1)/100+%acl*(efacl-1)*pac1/10000)+
+%ksu*nks1*eksl/(kml*%kmlu/100)
nrlu: kml*%kmlu/100
tlu: emlu*nrlu
elr: i1{0,svl,1400}*efr1+i1{1401,svl,2000}*efr2+i1{2001,svl,>>}*efr3
emlr: elr*(1+%agl*(efagr-1)/100+%acl*(efacl-1)*pac1/10000)+
+(1-%ksu)*nks1*eksl*100/(kml*%kmlr)
nrlr: kml*%kmlr/100
tlr: emlr*nrlr
ele: i1{0,svl,1400}*efr1*effr1+i1{1401,svl,2000}*efr2*effr2+
+i1{2001,svl,>>}*efr3*effr3
emle: ele*(1+%agl*(efage-1)/100+%acl*(efacl-1)*pac1/10000)
nrle: kml*%kml e/100
tle: emle*nrle
emu: i1{0,svm,1400}*efu1+i1{1401,svm,2000}*efu2+i1{2001,svm,>>}*efu3
emmu: emu*(1+%agm*(efagu-1)/100+%acm*(efacm-1)*pacm/10000)+
```

```

+ksu*nksm*eksm/(kmm*%kmmu/100)
nrmu: kmm*%kmmu/100
tmu: emmu*nrmu
emr: i1{0,svm,1400}*efr1+i1{1401,svm,2000}*efr2+i1{2001,svm,>>}*efr3
emmr: emr*(1+%agm*(efagr-1)/100+%acm*(efacm-1)*pacm/10000)+
+(1-%ksu)*nksm*eksm/(kmm*%kmmr/100)
nrmr: kmm*%kmmr/100
tmr: emmr*nrmr
eme: i1{0,svm,1400}*efr1*effr1+i1{1401,svm,2000}*efr2*effr2+
+i1{2001,svm,>>}*efr3*effr3
emme: eme*(1+%agm*(efage-1)/100+%acm*(efacm-1)*pacm/10000)
nrme: kmm*%kmmme/100
tme: emme*nrme
ehu: i1{0,svh,1400}*efu1+i1{1401,svh,2000}*efu2+i1{2001,svh,>>}*efu3
emhu: eh* (1+%agh*(efagu-1)/100+%ach*(efach-1)*pach/10000)+
+%ksu*nksh*eksh/(kmh*%kmhu/100)
nrhu: kmh*%kmhu/100
thu: emhu*nrhu
ehr: i1{0,svh,1400}*efr1+i1{1401,svh,2000}*efr2+i1{2001,svh,>>}*efr3
emhr: ehr*(1+%agh*(efagr-1)/100+%ach*(efach-1)*pach/10000)+
+(1-%ksu)*nksh*eksh/(kmh*%kmhr/100)
nrhr: kmh*%kmhr/100
thr: emhr*nrhr
ehe: i1{0,svh,1400}*efr1*effr1+i1{1401,svh,2000}*efr2*effr2+
+i1{2001,svh,>>}*efr3*effr3
emhe: ehe*(1+%agh*(efage-1)/100+%ach*(efach-1)*pach/10000)
nrhe: kmh*%kmhe/100
the: emhe*nrhe
light: i1{0,uw,%1}*(tlu+tlr+tle)
medium: i1{%1,uw,%1+%m}*(tmu+tmr+tme)
heavy: i1{%1+%m,uw,>>}*(thu+thr+the)
km_heavy: i1{%1+%m,uw,>>}*(nrhu+nrhr+nrhe)
km_medium: i1{%1,uw,%1+%m}*(nrmu+nrmr+nrme)
km_light: i1{0,uw,%1}*(nrhu+nrhr+nrhe)
ef_heavy: i1{%1+%m,uw,>>}*(thu+thr+the)/(nrhu+nrhe+nrhr)
ef_light: i1{0,uw,%1}*(tlu+tlr+tle)/(nrhu+nrhr+nrhe)
ef_medium: i1{%1,uw,%1+%m}*(tmu+tmr+tme)/(nrmu+nrme+nrmr)
km_be1: km_light+km_medium+km_heavy
ef_be1: ef_light+ef_medium+ef_heavy
nxbe1: (light+medium+heavy)/1000

%kmlr2: 100-%kmlu2-%kmle2
%kmmr2: 100-%kmmu2-%kmmme2
%kmhr2: 100-%kmhu2-%kmhe2
elu2: i1{0,svl2,1400}*efu1+i1{1401,svl2,2000}*efu2+i1{2001,svl2,>>}*efu3
emlu2: elu2*(1+%agl2*(efagu-1)/100+%acl2*(efacl-1)*pac12/10000)+
+%ksu*nks12*eks1/(kml2*%kmlu2/100)
nrлу2: kml2*%kmlu2/100
tлу2: emlu2*nrлу2
elr2: i1{0,svl2,1400}*efr1+i1{1401,svl2,2000}*efr2+i1{2001,svl2,>>}*efr3
emlr2: elr2*(1+%agl2*(efagr-1)/100+%acl2*(efacl-1)*pac12/10000)+
+(1-%ksu)*nks12*eks1*100/(kml2*%kmlr2)
nrлr2: kml2*%kmlr2/100
tlr2: emlr2*nrлr2
ele2: i1{0,svl2,1400}*efr1*effr1+i1{1401,svl2,2000}*efr2*effr2+
+i1{2001,svl2,>>}*efr3*effr3
emle2: ele2*(1+%agl2*(efage-1)/100+%acl2*(efacl-1)*pac12/10000)
nrle2: kml2*%kmle2/100
tle2: emle2*nrle2
emu2: i1{0,svm2,1400}*efu1+i1{1401,svm2,2000}*efu2+i1{2001,svm2,>>}*efu3

```

```

emmu2:  emu2*(1+%agm2*(efagu-1)/100+%acm2*(efacm-1)*pacm2/10000)+
+%ksu*nksm2*eksm/(kmm2*%kmmu2/100)
nrmu2:  kmm2*%kmmu2/100
tmu2:  emmu2*nrmu2
emr2:  i1{0,svm2,1400}*efr1+i1{1401,svm2,2000}*efr2+i1{2001,svm2,>>}*efr3
emmr2:  emr2*(1+%agm2*(efagr-1)/100+%acm2*(efacm-1)*pacm2/10000)+
+(1-%ksu)*nksm2*eksm/(kmm2*%kmmr2/100)
nrmr2:  kmm2*%kmmr2/100
tmr2:  emmr2*nrmr2
eme2:  i1{0,svm2,1400}*efr1*effr1+i1{1401,svm2,2000}*efr2*effr2+
+i1{2001,svm2,>>}*efr3*effr3
emme2:  eme2*(1+%agm2*(efage-1)/100+%acm2*(efacm-1)*pacm2/10000)
nrme2:  kmm2*%kme2/100
tme2:  emme2*nrme2
ehu2:  i1{0,svh2,1400}*efu1+i1{1401,svh2,2000}*efu2+i1{2001,svh2,>>}*efu3
emhu2:  ehu2*(1+%agh2*(efagu-1)/100+%ach2*(efach-1)*pach2/10000)+
+%ksu*nksh2*eksh/(kmh2*%kmhu2/100)
nrhu2:  kmh2*%kmhu2/100
thu2:  emhu2*nrhu2
ehr2:  i1{0,svh2,1400}*efr1+i1{1401,svh2,2000}*efr2+i1{2001,svh2,>>}*efr3
emhr2:  ehr2*(1+%agh2*(efagr-1)/100+%ach2*(efach-1)*pach2/10000)+
+(1-%ksu)*nksh2*eksh/(kmh2*%kmhr2/100)
nrhr2:  kmh2*%kmhr2/100
thr2:  emhr2*nrhr2
ehe2:  i1{0,svh2,1400}*efr1*effr1+i1{1401,svh2,2000}*efr2*effr2+
+i1{2001,svh2,>>}*efr3*effr3
emhe2:  ehe2*(1+%agh2*(efage-1)/100+%ach2*(efach-1)*pach2/10000)
nrhe2:  kmh2*%kmhe2/100
the2:  emhe2*nrhe2
light2:  i1{0,uw2,%1}*(tlu2+tlr2+tle2)
medium2:  i1{%1,uw2,%1+%m}*(tmu2+tmr2+tme2)
heavy2:  i1{%1+%m,uw2,>>}*(thu2+thr2+the2)
km_hvy2:  i1{%1+%m,uw2,>>}*(nrhu2+nrhr2+nrhe2)
km_med2:  i1{%1,uw2,%1+%m}*(nrmu2+nrmr2+nrme2)
km_lght2:  i1{0,uw2,%1}*(nrлу2+nrлr2+nrle2)
km_be12:  km_lght2+km_med2+km_hvy2
nxbe12:  (light2+medium2+heavy2)/1000

2beldep:  nxbe1+nxbe12
condition1:  i1{0,%kmlr,>>}*i1{0,%kmmr,>>}*i1{0,%kmhr,>>}*
i1{0,%kmlr2,>>}*i1{0,%kmmr2,>>}*i1{0,%kmhr2,>>}
condition0:  condition1*i1{0,light+medium+heavy,>>}*
i1{0,ef_light+ef_medium+ef_heavy,>>}*
i1{0,light2+medium2+heavy2,>>}

```

Differences between with catalyst and without catalyst.

Due to the design of the elicitation process the formulae for any fuel type class without regulated catalyst are slightly different. The Unicorn script in these cases are the same as above, with the exception of the UDF's here below:

```
ele:      i1{0,svl,1400}*effr1+i1{1401,svl,2000}*effr2+
          +i1{2001,svl,>>}*effr3
eme:      i1{0,svm,1400}*effr1+i1{1401,svm,2000}*effr2+
          +i1{2001,svm,>>}*effr3
ehe:      i1{0,svh,1400}*effr1+i1{1401,svh,2000}*effr2+
          +i1{2001,svh,>>}*effr3
ele2:     i1{0,svl2,1400}*effr1+i1{1401,svl2,2000}*effr2+
          +i1{2001,svl2,>>}*effr3
eme2:     i1{0,svm2,1400}*effr1+i1{1401,svm2,2000}*effr2+
          +i1{2001,svm2,>>}*effr3
ehe2:     i1{0,svh2,1400}*effr1+i1{1401,svh2,2000}*effr2+
          +i1{2001,svh2,>>}*effr3
```

Appendix A2: NO_x emission calculating scheme

Input to the calculation process are the expert distributions on individual car characteristics (*.dis files on the left hand side). These are fed into UNICORN, where a combined expert distribution is simulated (combi.unc UNICORN script).

The expert distributions are used in UNICORN scripts (bzk.unc, be1.unc, etc.) to simulate individual car NO_x emission, emission factor and kilometer distributions (nx_bzk.dis, nx_be1.dis, etc.). See the explanation of the UNICORN script for Petrol/EURO1 for further details on the script.

In this script, emission factors are sampled completely dependent for two simultaneously simulated cars. For volumetric variables, sampling is performed independent for the two cars. Correlation factors between the two individual cars can be calculated on output files containing all sampled data.

The individual car distributions and the correlations are input for the aggregation procedure, performed in MATLAB (100.mat and 1e4.mat MATLAB scripts), where normal score correlations are applied between simultaneously simulated cars (upgrading to 100 cars in 100.mat) and between batches of 100 cars (upgrading to 10,000 cars in 1e4.mat). This aggregating procedure was also performed with the UNICORN software, but the desired normal score correlation is not available in UNICORN.

The resulting NO_x distributions of 10,000 cars are combined in UNICORN (dm_after.unc) to obtain the expert 'DM-after'. The last UNICORN operation (dm_after_combi.unc) combines the separate fuel/technology groups to the total Dutch passenger car population, assuming independence between fuel/technology cells. For reporting purposes, the results are fed into an EXCEL '97 workbook (overview.xls).

For visualisation purposes, the DM-before distributions of individual cars were fed into UNIGRAPH. The resulting graphs are given as figures 3, 4 and 5. The same was done for the distributions for 10,000 cars (figures 6, 7 and 8).

Appendix A3: Correlations among model variables

The Spearman's rank correlations among model variables are given in Table A-2. These are derived from conditional probabilities, given by the experts (dependency questions 1, for volume and emission-factors). For this, the formula given in Kraan [40, page 69, 70] is used. The correlations within brackets are used for Diesel and LPG cars.

	TNO-CBS	VITO-AVV	RIVM
$\rho(\text{efr1,effr1})$	0	0.825	0.71
$\rho(\text{efr2,effr2})$	0	0.825	0.71
$\rho(\text{efr3,effr3})$	0	0.825	0.71
$\rho(\text{KML},\% \text{KMLE})$	0.25 (0.45)	0.5	0.61
$\rho(\text{KMM},\% \text{KMME})$	0.25 (0.45)	0.5	0.61
$\rho(\text{KMH},\% \text{KMHE})$	0.25 (0.45)	0.5	0.61
$\rho(\% \text{KMLE},\text{SVL})$	0.61	0.6	0.61
$\rho(\% \text{KMME},\text{SVM})$	0.61	0.6	0.61
$\rho(\% \text{KMHE},\text{SVH})$	0.61	0.6	0.61

Table A-2: Spearman's rank correlations among model variables for the three expert groups.

The Spearman's rank correlations of Table A-2 were used in combining expert information into the DM. The Spearman's rank correlations for the DM are given in Table A-3.

	BZK	BE1	BE2	DPE	DE1	DE2D	DE2I	LPGZK	LPG1	LPG2
$\rho(\text{efr1,effr1})$	0.42	0.22	0.45	0.74	0.73	0.68	0.73	0.54	0.48	0.59
$\rho(\text{efr2,effr2})$	0.67	0.16	0.37	0.74	0.73	0.68	0.73	0.54	0.42	0.56
$\rho(\text{efr3,effr3})$	0.62	0.13	0.49	0.76	0.74	0.65	0.67	0.52	0.19	0.61
$\rho(\text{KML},\% \text{KMLE})$	0.55	0.5	0.49	0.49	0.52	0.44	0.44	0.48	0.5	0.58
$\rho(\text{KMM},\% \text{KMME})$	0.55	0.56	0.53	0.58	0.57	0.45	0.45	0.57	0.58	0.54
$\rho(\text{KMH},\% \text{KMHE})$	0.45	0.45	0.45	0.48	0.46	0.46	0.46	0.44	0.46	0.42
$\rho(\% \text{KMLE},\text{SVL})$	0.53	0.53	0.53	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
$\rho(\% \text{KMME},\text{SVM})$	0.54	0.54	0.54	0.57	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55
$\rho(\% \text{KMHE},\text{SVH})$	0.36	0.36	0.36	0.43	0.43	0.43	0.43	0.35	0.35	0.35

Table A-3: Spearman's rank correlations among model variables for the DM for all fuel/technology classes.

Appendix A4: Towards a simple tiered approach for the uncertainty assessment of a group-total emission, on basis of individual emissions

To a certain extent, the most important uncertainty-results of the upgrading-procedure presented in section 2.5.3 and 2.6 can also be established in a theoretical way. Using the general result that the covariance of the sum of two sets of random variables is equal to the sum of all the cross-covariances of the individual variables, i.e.

$$\text{Cov}\left(\sum_i X_i, \sum_j Y_j\right) = \sum_{i,j} \text{Cov}(X_i, Y_j) \quad (1)$$

it can be deduced rather easily that for X_i which have variance σ_x^2 and mutual correlation ρ_x the following expression holds for the variance of the sum

$$\begin{aligned} \text{Var}\left(\sum_{i=1}^N X_i\right) &= \sum_{i,j=1}^N \text{Cov}(X_i, X_j) = N \cdot \sigma_x^2 + N \cdot (N-1) \cdot \sigma_x^2 \cdot \rho_x = \\ &= N^2 \cdot \sigma_x^2 \cdot \left(\rho_x + \frac{(1-\rho_x)}{N}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

Likewise, the covariance for *non-overlapping* sums of X_i is equal to:

$$\text{Cov}\left(\sum_{i=1}^N X_i, \sum_{j=N+1}^{2N} X_j\right) = \sum_{i,j=1}^N \rho_x \cdot \sigma_x \cdot \sigma_x = N^2 \cdot \rho_x \cdot \sigma_x^2 \quad (3)$$

Moreover, in case Y_i is a random variable with variance σ_y^2 which is correlated to X_i with correlation coefficient ρ_{xy} , and which is uncorrelated to X_j for $j \neq i$, then the cross-covariance between the sum of X_i and Y_j will be equal to:

$$\text{Cov}\left(\sum_{i=1}^N X_i, \sum_{j=1}^N Y_j\right) = \sum_{i=1}^N \rho_{xy} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y = N \cdot \rho_{xy} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \quad (4)$$

Consequently the following expressions can be readily deduced for the coefficient of variance and the correlations of the above sums (σ stands for standard deviation, while μ stands for mean):

$$CV\left(\sum_{i=1}^N X_i\right) = \frac{\sigma_{\sum X_i}}{\mu_{\sum X_i}} = CV_x \cdot \sqrt{\rho_x + \frac{(1-\rho_x)}{N}} \quad (5)$$

and

$$\rho\left(\sum_1^N X_i, \sum_{N+1}^{2N} X_i\right) = \frac{\rho_x}{\left(\rho_x + \frac{(1-\rho_x)}{N}\right)} = \frac{1}{\left(1 + \frac{(1-\rho_x)}{\rho_x \cdot N}\right)} \quad (6)$$

and

$$\rho\left(\sum_1^N X_i, \sum_1^N Y_j\right) = \frac{N \cdot \rho_{xy} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}{N \cdot \sigma_x \cdot \left(\sqrt{\rho_x + \frac{1-\rho_x}{N}}\right) \cdot \sigma_y \cdot \sqrt{N}} = \frac{\rho_{xy}}{\sqrt{N} \cdot \left(\sqrt{\rho_x + \frac{1-\rho_x}{N}}\right)} \quad (7)$$

while,

$$CV\left(\sum_{i=1}^N Y_i\right) = \frac{\sigma_{\sum y_i}}{\mu_{\sum y_i}} = \frac{CV_y}{\sqrt{N}} \quad (8)$$

if the Y_i are independent.

Formula9 (5) renders an expression for the uncertainty in the total emission of N cars, which have been (randomly) drawn from one fuel-environmental-cell, where ρ_x denotes the correlation between the emissions of two cars, randomly drawn from this cell. This expression gives a straightforward up-scaling of the uncertainty in the one-car-emission (as expressed by CV_x) towards the uncertainty in the group-total.

Notice moreover that expression (6) indicates that the correlation between non-overlapping group-totals approaches 1 as the batch-size N grows large.

Finally, expression (7) can be used to infer that the correlation between the emission total and the total mileage of the cars in a batch approaches to zero as the batch-size N grows large, in case mileage is considered as independent variable for the cars.

Combining expression (5), (7) and (8) one can also infer the uncertainty in the ‘characteristic’ emission-factor, associated to the group of N -cars, i.e.

$$EF^{group} = \frac{\sum X_i}{\sum Y_i} \quad (9)$$

by noting that

$$Var\left(\frac{T_1}{T_2}\right) \approx \left[\frac{\mu_{T_1}}{\mu_{T_2}}\right]^2 \cdot \{CV_{T_1}^2 + CV_{T_2}^2 - 2 \cdot \rho_{T_1 T_2} \cdot CV_{T_1} \cdot CV_{T_2}\} \quad (10)$$

which finally renders that for large N

$$CV_{EF^{group}} \approx CV_{\sum X_i} \quad (11)$$

This means that the uncertainty in the characteristic (group) emission factor is mainly determined by the uncertainty in the total emissions, since the uncertainty in the total mileage approaches 0 for large N (cf. formula (8)).

⁹ We will assume that X stands for emission, and Y stands for kilometers.

Concluding, the expressions (5) and (11) can be used as a basis for a simple tier-1 approach for the uncertainty assessment of the total emission of a group of cars on basis of the individual car emission.

Notice that this approach does not render information on the *form* of the probability distribution of total emission: only the first two moments can be assessed. Neither does it allow for an assessment of the *contribution* of the various underlying parameters to the total emission uncertainty, and does it allow for a separate treatment of variability-induced and lack-of-knowledge induced uncertainty.

Appendix B: Elicitation questions for Volume (in dutch)

Elicitatie Vragen Volume aspecten

U wordt gevraagd om uw onzekerheid voor een aantal onzekere grootheden aangaande het autopark in 1998 te kwantificeren. We vragen U dit te doen door de 5%, 25%, 50%, 75% en 95% kwantielen van uw onzekerheidsverdeling te geven. Het 5% kwantiel is die waarde, waarvoor U denkt met kans 0.05 dat de werkelijke waarde daaronder ligt, enz. Er moet altijd gelden dat het 5% kwantiel < 25% kwantiel < < 95% kwantiel.

Voorbeeld: hoeveel procent van de auto's rijdt overdag met de lichten aan?

Percentage [%] auto's dat overdag met lichten aan rijdt?				
5%	25%	50%	75%	95%
5	11	15	19	50

De resultaten in bovenstaande tabel dienen als volgt geïnterpreteerd te worden:

- met kans 0.05 is het percentage van auto's dat overdag met lichten aan rijdt minder of gelijk aan 5% en met kans 0.95 is het meer dan 5%;
- met kans 0.5 is het percentage van auto's dat overdag met lichten aan rijdt minder of gelijk aan 15% en met kans 0.5 is het meer dan 15%;
- met kans 0.95 is het percentage van auto's dat overdag met lichten aan rijdt minder of gelijk aan 50% en met kans 0.05 is het meer dan 50%.

Op dezelfde manier dienen het 25% en 75% kwantiel geïnterpreteerd te worden.

De auto's die in deze studie beschouwd worden, uitgesplitst naar brandstofsoort en milieuklasse, zijn:

- benzine/LPG zonder katalysator = auto's zonder katalysator (verkocht tot in 1992)¹
- benzine/LPG Euro1 = auto's met geregelde drieweg katalysator tot en met bouwjaar 1996²
- benzine/LPG Euro2 = auto's met bouwjaar 1997 tot en met 1998
- diesel pre-Euro = auto's met bouwjaar 1992 of eerder
- diesel Euro1 = auto's met bouwjaar 1993 tot en met 1996
- diesel Euro2 = auto's met bouwjaar 1997 tot en met 1998

In deze elicitation zullen 3 rit-typen onderscheiden worden:

1. Een rit binnen de bebouwde kom, waar de snelheid niet hoger dan 50 km/uur zal zijn en een gemiddelde snelheid van 20 km/uur aangenomen wordt.
2. Een rit op N-wegen, waar de snelheid niet hoger dan 80 km/uur zal zijn en een gemiddelde snelheid van 50 km/uur aangenomen wordt.
3. Een rit op de snelweg, waar de snelheid tussen de 100–120 km/uur zal liggen met een gemiddelde snelheid van 110 km/uur.

De definitie van agressief rijgedrag: gaspedaal maximaal 75% ingetrapt (wanneer mogelijk), schakelen bij hoge motortoerentallen (ten hoogste bij 80% van maximum toerental), afstanden tot voorganger minimaal (niet onverantwoordelijk klein).

De definitie van beheerst rijgedrag: het rijgedrag dat wordt aangeleerd tijdens de initiële rijlessen, wordt verondersteld ongeveer overeen te komen met het 'gemiddelde' rijgedrag, gaspedaal maximaal 50% ingetrapt; schakelen bij ongeveer 50% motortoerental; anticiperend rijden (ofwel: zo veel mogelijk constante snelheid en zo min mogelijk remmen)

⁴ Onder deze categorie vallen auto's met een 1- en 2-weg katalysator en ook auto's met een ongeregelde 3-weg katalysator.

² Vanaf omstreeks 1987 werden in Nederland onder invloed van stimuleringsregelingen auto's met (drieweg) katalysator verkocht, pas vanaf 1992 werd de EURO1-normstelling daadwerkelijk van kracht.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een willekeurige auto. Stel dat het rijgedrag kan worden ingedeeld naar 'beheerst' rijden en 'agressief' rijden, wel percentage [%] van de gereden kilometers in 1998 wordt dan getypeerd door een agressief rijgedrag?

	Percentage [%] agressief gereden kilometers?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

Opmerkingen:

Air-conditioning (1)

2. Gegeven een willekeurige auto met air-conditioning, wat is het percentage [%] van de gereden km's in 1998 met air-conditioning aan?

	Percentage [%] van gereden kilometers met air-conditioning aan?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

Opmerkingen:

Air-conditioning (2)

3. Wat is het percentage van **benzine auto's met bouwjaar 1996** met air-conditioning?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

4. IDEM voor **benzine auto's met bouwjaar 1998**?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1998 met airconditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

5. IDEM voor **diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1996**?

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

6. IDEM voor **diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1998**

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

7. IDEM voor **lpg auto's met bouwjaar 1996**

	Percentage [%] lpg auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥1150					

8. IDEM voor **lpg auto's met bouwjaar 1998**

	Percentage [%] lpg auto's uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥1150					

Opmerkingen:

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het aantal van koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen de bebouwde kom?

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een benzine auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

10. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een diesel auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

11. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een lpg auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Opmerkingen:

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

12. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het percentage [%] van het jaarkilometrage in 1998 gereden binnen de bebouwde kom?

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

13. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

14. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Opmerkingen:

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

15. Wat is het percentage [%] van gereden kilometers in 1998 op snelwegen?

	Percentage gereden kilometers op snelwegen [%]?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

Opmerkingen:

Jaarkilometrages per auto per jaar

16. Voor **benzine auto's zonder katalysator**, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

	Jaarkilometrage [km] voor benzine auto's zonder katalysator in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

17. IDEM **EURO1 benzine auto's**

	Jaarkilometrage [km] voor EURO1 benzine auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

18. IDEM **EURO2 benzine auto's**

	Jaarkilometrage [km] voor EURO2 benzine auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

19. IDEM **PRE-EURO diesel auto's**

	Jaarkilometrage [km] voor PRE-EURO diesel auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

20. IDEM **EURO1 diesel auto's**

	Jaarkilometrage [km] voor EURO1 diesel auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

21. IDEM **EURO2 diesel auto's**

	Jaarkilometrage [km] voor EURO2 diesel auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

22. IDEM **lpg auto's zonder katalysator**

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's zonder katalysator in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

23. IDEM **EURO1 lpg auto's**

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO1 in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Jaarkilometrages per auto per jaar

24. Voor lpg auto's uit milieuklasse EURO2, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO2 in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Opmerkingen:

Aantal auto's (1)

25. Wat is het aantal **benzine auto's** in het actieve Nederlandse autopark in 1998 voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc)?

	Aantal benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

26. IDEM voor **diesel auto's (indirecte en directe injectie)**

	Aantal diesel auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

27. IDEM voor **lpg auto's**

	Aantal lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

Opmerkingen:

Aantal auto's (2)

28. Wat is het percentage [%] van de **benzine auto's zonder katalysator** per slagvolume categorie (in kubieke centimeters; cc)?

	Percentage benzine auto's zonder katalysator per slagvolume categorie				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

29. IDEM voor **EURO1 benzine auto's**

	Percentage EURO1 benzine auto's per slagvolume categorie				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

30. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

	Percentage EURO2 benzine auto's per slagvolume categorie				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

31. IDEM voor **PRE-EURO diesel auto's**

	Percentage PRE-EURO diesel auto's per slagvolume categorie				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

32. IDEM voor **EURO1 diesel auto's**

	Percentage EURO1 dieselauto's per slagvolume categorie				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

33. IDEM voor **EURO2 diesel auto's**

	Percentage EURO2 diesel auto's per slagvolumecategorie				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

Opmerkingen:

Aantal auto's (3)34. Wat is het percentage [%] directe injectie motoren in **EURO2 diesel auto's**

	Percentage directe injectie EURO 2 diesel auto's				
Milieuklasse	5%	25%	50%	75%	95%
Euro2					

Opmerkingen:

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** en het **Jaarkilometrage** per auto per jaar.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een jaarkilometrage in 1998 had van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?	
---	--

2. Afhankelijkheid tussen het **Slag volume** en **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** (alleen voor experts die zowel het Volume gedeelte als het Emissie gedeelte doen).

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een slag volume heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?	
---	--

Appendix C: Elicitation questions for Emission (in dutch)

Elicitatie Vragen Emissie-factoren aspecten

U wordt gevraagd om uw onzekerheid voor een aantal onzekere grootheden aangaande het autopark in 1998 te kwantificeren. We vragen U dit te doen door de 5%, 25%, 50%, 75% en 95% kwantielen van uw onzekerheidsverdeling te geven. Het 5% kwantiel is die waarde, waarvoor U denkt met kans 0.05 dat de werkelijke waarde daaronder ligt, enz. Er moet altijd gelden dat het 5% kwantiel < 25% kwantiel < < 95% kwantiel.

Voorbeeld: hoeveel procent van de auto's rijdt overdag met de lichten aan?

Percentage [%] auto's dat overdag met lichten aan rijdt?				
5%	25%	50%	75%	95%
5	11	15	19	50

De resultaten in bovenstaande tabel dienen als volgt geïnterpreteerd te worden:

- met kans 0.05 is het percentage van auto's dat overdag met lichten aan rijdt minder of gelijk aan 5% en met kans 0.95 is het meer dan 5%;
- met kans 0.5 is het percentage van auto's dat overdag met lichten aan rijdt minder of gelijk aan 15% en met kans 0.5 is het meer dan 15%;
- met kans 0.95 is het percentage van auto's dat overdag met lichten aan rijdt minder of gelijk aan 50% en met kans 0.05 is het meer dan 50%.

Op dezelfde manier dienen het 25% en 75% kwantiel geïnterpreteerd te worden.

De auto's die in deze studie beschouwd worden, uitgesplitst naar brandstofsoort en milieuklasse, zijn:

- benzine/LPG zonder katalysator = auto's zonder katalysator (verkocht tot in 1992)³
- benzine/LPG Euro1 = auto's met geregelde drieweg katalysator tot en met bouwjaar 1996⁴
- benzine/LPG Euro2 = auto's met bouwjaar 1997 tot en met 1998
- diesel pre-Euro = auto's met bouwjaar 1992 of eerder
- diesel Euro1 = auto's met bouwjaar 1993 tot en met 1996
- diesel Euro2 = auto's met bouwjaar 1997 tot en met 1998

In deze elicitation zullen 3 rit-typen onderscheiden worden:

4. Een rit binnen de bebouwde kom, waar de snelheid niet hoger dan 50 km/uur zal zijn en een gemiddelde snelheid van 20 km/uur aangenomen wordt.
5. Een rit op N-wegen, waar de snelheid niet hoger dan 80 km/uur zal zijn en een gemiddelde snelheid van 50 km/uur aangenomen wordt.
6. Een rit op de snelweg, waar de snelheid tussen de 100–120 km/uur zal liggen met een gemiddelde snelheid van 110 km/uur.

De definitie van agressief rijgedrag: gaspedaal maximaal 75% ingetrapt (wanneer mogelijk), schakelen bij hoge motortoerentalen (ten hoogste bij 80% van maximum toerental), afstanden tot voorganger minimaal (niet onverantwoordelijk klein).

De definitie van beheerst rijgedrag: het rijgedrag dat wordt aangeleerd tijdens de initiële rijlessen, wordt verondersteld ongeveer overeen te komen met het 'gemiddelde' rijgedrag, gaspedaal maximaal 50% ingetrapt; schakelen bij ongeveer 50% motortoerental; anticiperend rijden (ofwel: zo veel mogelijk constante snelheid en zo min mogelijk remmen)

⁶ Onder deze categorie vallen auto's met een 1- en 2-weg katalysator en ook auto's met een ongeregelde 3-weg katalysator.

⁴ Vanaf omstreeks 1987 werden in Nederland onder invloed van stimuleringsregelingen auto's met (drieweg) katalysator verkocht, pas vanaf 1992 werd de EURO1-normstelling daadwerkelijk van kracht.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een **willekeurige benzine auto zonder katalysator** en warme motor, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] veranderd door een agressieve rijstijl ten opzichte van een beheerste rijstijl voor verschillende rit-typen (een factor 2 betekent een verdubbeling)?

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom					
N-wegen					
Snelwegen					

2. IDEM voor **willekeurige benzine auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom					
N-wegen					
Snelwegen					

3. IDEM voor **willekeurige diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor diesel auto				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom					
N-wegen					
Snelwegen					

4. IDEM voor **willekeurige lpg auto zonder katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom					
N-wegen					
Snelwegen					

5. IDEM voor **willekeurige lpg auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom					
N-wegen					
Snelwegen					

Opmerkingen:

Air-conditioning

6. Gegeven een **willekeurige benzine auto** met katalysator met air-conditioning, warme motor en een beheerste rijstijl, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] verandert bij gebruik van de air-conditioning ten opzichte van geen gebruik (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een benzine auto met katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

7. IDEM voor **diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een willekeurige diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥1150					

8. IDEM voor **lpg auto**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥1150					

Opmerkingen:

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto zonder katalysator**, wat is de totale NO_x-emissie [g] gedurende de eerste 5 minuten na een koude start verminderd met de totale NO_x-emissie gedurende de eerste 5 minuten na een warme start.

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor benzine auto zonder katalysator [g]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

10. IDEM voor **willekeurige EURO1 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

11. IDEM voor **willekeurige EURO2 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

12. IDEM voor **willekeurige PRE-EURO diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een PRE-EURO diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

13. IDEM voor **willekeurige EURO1 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

14. IDEM voor **willekeurige EURO2 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Koude starts

15. IDEM voor een willekeurige EURO 2 diesel auto (directe injectie)

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO 2 diesel auto (DI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

16. IDEM voor een willekeurige lpg auto zonder katalysator

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een lpg auto zonder katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

17. IDEM voor een willekeurige EURO1 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO1 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

18. IDEM voor een willekeurige EURO2 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO2 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Opmerkingen:

Slagvolumes

19. Voor **willekeurige benzine auto's** uit het personenautopark in 1998, wat is het slagvolume [in kubieke centimeters; cc] per gewichtsklasse?

	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850					
[850,1150]					
> 1150					

20. IDEM voor **willekeurige diesel auto's (indirect of directe injectie)**

	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

21. IDEM voor **willekeurige lpg auto's**

	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150					
≥ 1150					

Opmerkingen:

Emissie factoren (1)

22. Voor **benzine auto's zonder katalysator**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor verschillende rit-typen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					
NO _x [g/km] op N-wegen voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

23. IDEM voor **PRE-EURO dieselauto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					
NO _x [g/km] op N-wegen voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

24. IDEM voor **lpg auto's zonder katalysator**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					
NO _x [g/km] op N-wegen voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

Emissie factoren (2)

25. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type binnen de bebouwde kom met warme motor en een beheerste rijstijl?

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO1 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

26. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO2 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

27. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

28. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

29. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (DI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

30. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400					
[1400,2000]					
> 2000					

31. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400					
[1400,2000]					
> 2000					

Emissie factoren (3)

32. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type N-wegen met warme motor en een beheerste rijstijl?

	NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO1 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

33. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

	NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO2 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

34. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

35. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

36. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

	NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

37. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

	NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400					
[1400,2000]					
> 2000					

38. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

	NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400					
[1400,2000]					
> 2000					

Emissie factoren (4)

39. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de factor van de NO_x emissie [g/km] voor rittype snelweg ten opzichte van de NO_x emissie [g/km] voor rittype N-wegen voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) met warme motor en een beheerste rijstijl (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

40. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400					
[1400,2000]					
> 2000					

41. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

42. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

43. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000					
≥ 2000					

44. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400					
[1400,2000]					
> 2000					

45. IDEM voor **EURO2 lpg's auto**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400					
[1400,2000]					
> 2000					

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Emissie factoren (3)** en **Emissie factoren (4)**.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een NO _x emissie op N-wegen heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat de factor NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?	
--	--

2. Afhankelijkheid tussen het **Slag volume** en **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** (alleen voor experts die beide gedeelten, Volume en Emissie, doen).

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een slag volume heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?	
---	--

Appendix D: Rationale and assessments of Expert Volume.1 (in dutch)

Agressieve rijstijl

Deze vraag wordt als zeer moeilijk beschouwd. De initiële gedachten is dat de grenzen (de 0% en 100% kwantielen) 0% en 25% zijn. Verder wordt aangenomen dat de agressieve rijstijl niet afhankelijk is van gewicht van de auto. De strategie die gebruikt is om eerst de mediaan waarden te schatten op basis van de beschikbare data en vervolgens de andere kwantielen te bepalen. De bepaling is van de andere kwantielen is gedaan op basis van expertise en rekeninghoudend met de grenzen.

Air conditioning (1)

Er is geen persoonlijke ervaring met meetgegevens over het gebruik van air-conditioning, wel geeft de expert aan dat het aannemelijk is dat er geen verschil tussen gewichtscategorieën zijn. Verder geeft de expert aan dat in sommige systemen de airconditioning heel veel aanstaat (bijv. ook om te ontwazemen). Mediaan schattingen zijn als eerste gedaan en rekening houdend met de overwegingen zoals hierboven vermeld heeft de expert de andere kwantielen bepaald.

Air conditioning (2)

Voor deze vraag waren wat meetgegevens bekend, zoals dat de gemiddelde verkoop van auto's met airconditioning in 1996 tussen de 35% en 45% ligt. Verder is de overweging meegenomen dat kleine (lichte) auto's bijna geen air-conditioning heeft en dat grote (zware) auto's bijna altijd air-conditioning hebben. Tevens werd opgemerkt dat er niet veel diesel auto's zijn lichter dan 1150 kg. Op basis van het bovenstaande zijn de mediaanschattingen bepaald, die gebruikt zijn om de andere kwantielpunten te bepalen. De andere kwantielpunten zijn verkregen door expertise, aggregatie en interpolatie van resultaten.

Koude starts

De expert geeft aan dat hij zich in eerste instantie heeft geconcentreerd op gewichtscategorie [850,1150]. Binnen deze categorie zijn er volgens hem gemiddeld 2 koude starts op een dag. Voor de 5% en 95% kwantiel punten geeft de expert de waarden 1 en 3 respectievelijk. Voor de gewichtscategorie <850 geeft de expert aan dat hij een halve koude start per dag verwacht. Het effect van koude start voor diesel auto's wordt door de expert als verwaarloosbaar gezien in vergelijking tot benzine auto's.

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

De expert heeft zich ten eerste geconcentreerd op de gewichtscategorie [850,1150] en vervolgens op de <850 en >1150 gewichtscategorieën. Uitgaande van de beschikbare informatie heeft de expert de mediaan bepaald en vervolgens de andere kwantiel punten. Verder is de overweging meegenomen dat zware auto's niet veel binnen de bebouwde kom liggen en is ook het effect van taxi's in de schattingen meegenomen.

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

In het beantwoorden van deze vraag is aangenomen dat zware auto's meer op de snelweg dan lichte auto's en zijn gegevens gebruikt over het autopark van 1998. Op basis van de

gegevens en expertise is de expert de mediaan en kwantielpunten gaan schatten voor de gewichtscategorie [850,1150]. Daarna voor gewichtscategorie <850 en >1150, waarbij rekening is gehouden met het aantal auto's binnen de gewichtscategorie.

Jaarkilometrages per auto per jaar

De werkwijze is om eerst de mediaan voor de verschillende bouwjaren te bepalen. Voor diesel auto's is aangenomen dat ze aangeschaft zijn om er een groot aantal kilometers mee te rijden en daarom is er geen verschil tussen gewichtscategorieën <1150 en >1150 verondersteld. Op basis van het Personenauto panel is informatie ingewonnen over de jaarkilometrages van auto's zonder katalysator (bouwjaar voor 1987). Verder zijn veel lease auto's met een LPG installaties uitgevoerd en het is zeer moeilijk om inzicht te verkrijgen in de leasemarkt; de expert geeft aan dat er zelfs een gat tussen de afzet aan de pomp en verbruik van LPG zit. Als laatste stelt de expert dat in het bepalen van zijn 95% kwantielen voor EURO1 en EURO 2 auto's het maskeringseffect van lease maatschappijen meegenomen is.

Aantal auto's (1)

Op basis van beschikbare gegevens zijn percentages voor de verschillende categorieën bepaald. Slagvolume gegevens worden niet meer verzameld, dus de expert heeft zijn ervaring en gegevens van de RAI gebruikt om informatie over slagvolumes in te winnen. De expert geeft aan dat er geen afhankelijkheid is tussen het slagvolumes en gewicht, omdat fabrikanten betere katalysatoren leveren voor zware auto's.

Brandstofkwantiel	5%	25%	50%	75%	95%	Aantal 1998
Benzine						4.998.000
< 1400	40	45	46	50	55	
[1400-2000]	45	47	48	55	60	
> 2000	4	5	6	8	9	
Diesel						699.000
< 2000	77	80	81	82	83	
≥ 2000	17	18	19	20	22	
LPG						354.000
< 1400	30	35	40	45	50	
[1400-2000]	50	52	54	57	60	
>2000	3	4	6	7	8	

Binnen een milieuklasse is de som van de mediaan per slagvolume gelijk aan 1. De schattingen zijn verkregen door de aantallen van 1998 te vermenigvuldigen met de verschillende percentages.

Aantal auto's (2)

De schattingen zijn gebaseerd op oudere bouwjaren. Verder valt er een verschuiving te constateren naar zwaardere auto's. Per bouwjaar is de verdeling over de slagvolumes bekend, maar niet naar brandstofsoort. Gegevens van de RAI zijn gebruikt om de verdeling over de slagvolumes te desaggregeren naar brandstofsoort. Omdat er geen gegevens beschikbaar zijn voor EURO2 auto's en omdat er geen reden is om aan te

nemen dat EURO2 ten opzichte van EURO1 auto's erg veranderd zijn, is besloten om de schattingen voor EURO2 gelijk te stellen aan die van EURO1.

Aantal auto's (3)

Voor deze vraag is gebruik gemaakt van vuistregels van het TNO; in 1995 was 12.5% van de EURO2 directe injectie diesel auto's en 20% van de diesel auto's was EURO2. In het beantwoorden van deze vraag zijn auto's uit 1997 en 1998 het zwaarst gewogen.

Bouwjaar	% EURO2 IDI	%EURO2 (DI+IDI)
1995	12.5	20
1996	15	70
1997	25	100
1998	46	100
1999	79	100
2000	80	50

Afhankelijkheid tussen de Ruimterlijke verdeling van autokilometers en het Jaarkilometrage per auto per jaar

De expert heeft afhankelijkheids informatie gegeven over Benzine, Diesel en LPG auto's. Allereerst gaf de expert aan dat het doel van een diesel en LPG auto is om er veel kilometers mee te rijden op de snelweg. Een benzine auto daarentegen kent een veel diverser gebruik (stadsritjes, N-wegen en/of snelweg). Om dit gedrag te kwantificeren heeft de expert aan een conditionele kans voor Diesel en LPG van 0.7 gegeven en voor benzine auto's 0.6.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een willekeurige auto. Stel dat het rijgedrag kan worden ingedeeld naar 'beheerst' rijden en 'agressief' rijden, wel percentage [%] van de gereden kilometers in 1998 wordt dan getypeerd door een agressief rijgedrag?

Gewicht auto [kg]	Percentage [%] agressief gereden kilometers?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	5	10	15	20	25
[850,1150]	5	10	15	20	25
> 1150	5	10	15	20	25

Air-conditioning (1)

2. Gegeven een willekeurige auto met air-conditioning, wat is het percentage [%] van de gereden km's in 1998 met air-conditioning aan?

Gewicht auto [kg]	Percentage [%] van gereden kilometers met air-conditioning aan?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	10	15	20	30	40
[850,1150]	10	15	20	30	40
> 1150	10	15	20	30	40

Air-conditioning (2)

3. Wat is het percentage van benzine auto's met bouwjaar 1996 met air-conditioning?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	1	2.5	5	7.5	10
[850,1150]	5	15	25	37.5	50
> 1150	10	25	50	62.5	75

4. IDEM voor benzine auto's met bouwjaar 1998?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1998 met airconditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	5	10	15	25	30
[850,1150]	25	35	45	52	60
> 1150	40	50	60	70	75

5. IDEM voor diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1996?

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	5	15	25	37.5	50
≥ 1150	10	25	40	50	60

6. IDEM voor diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1998

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	25	35	45	52.5	60
≥ 1150	30	40	50	62.5	75

7. IDEM voor lpg auto's met bouwjaar 1996

	Percentage [%] lpg auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	5	15	25	37.5	50
≥ 1150	10	25	40	50	60

8. IDEM voor lpg auto's met bouwjaar 1998

	Percentage [%] lpg auto's uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	25	35	45	52.5	60
≥ 1150	30	40	50	62.5	75

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het aantal van koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen de bebouwde kom?

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een benzine auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	175	375	750	875	1000
[850,1150]	350	550	750	875	1000
> 1150	175	375	750	875	1000

10. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een diesel auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	350	550	750	875	1000
≥ 1150	350	550	750	875	1000

11. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een lpg auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	350	550	750	875	1000
≥ 1150	350	550	750	875	1000

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

12. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het percentage [%] van het jaarkilometrage in 1998 gereden binnen de bebouwde kom?

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	20	30	40	50	60
[850,1150]	15	20	25	37.5	40
> 1150	10	15	20	25	30

13. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	15	20	25	37.5	40
≥ 1150	10	15	25	40	60

14. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	15	20	25	37.5	40
≥ 1150	15	20	25	37.5	40

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

15. Wat is het percentage [%] van gereden kilometers in 1998 op snelwegen?

Gewicht auto [kg]	Percentage gereden kilometers op snelwegen [%]?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	10	20	30	35	40
[850,1150]	25	32.5	40	50	60
> 1150	20	35	50	62.5	75

Jaarkilometrages per auto per jaar

16. Voor benzine auto's zonder katalysator, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

Jaarkilometrage [km] voor benzine auto's zonder katalysator in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	2.5e3	5e3	8e3	1e4	1.5e4
[850,1150]	2.5e3	5e3	1e4	1.2e4	2e4
> 1150	2.5e3	5e3	1e4	1.2e4	2.5e4

17. IDEM EURO1 benzine auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO1 benzine auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	3e3	8e3	1.1e4	1.5e4	2e4
[850,1150]	5e3	1e4	1.3e4	1.8e4	2.5e4
> 1150	7e3	1.2e4	1.5e4	2e4	3e4

18. IDEM EURO2 benzine auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO2 benzine auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	5e3	1e4	1.4e4	1.6e4	2.5e4
[850,1150]	8e3	1.4e4	1.6e4	2e4	3e4
> 1150	1e4	1.6e4	2e4	2.5e4	4e4

19. IDEM PRE-EURO diesel auto's

Jaarkilometrage [km] voor PRE-EURO diesel auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	5e3	1.5e4	2.2e4	2.5e4	3e4
≥ 1150	5e3	1.5e4	2.2e4	2.5e4	3e4

20. IDEM EURO1 diesel auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO1 diesel auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1e4	2e4	3e4	4e4	5e4
≥ 1150	1e4	2e4	3e4	4e4	5e4

21. IDEM EURO2 diesel auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO2 diesel auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	2e4	3e4	4e4	5e4	6e4
≥ 1150	2e4	3e4	4e4	5e4	6e4

22. IDEM lpg auto's zonder katalysator

Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's zonder katalysator in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	5e3	1.5e4	1.8e4	2e4	2.5e4
≥ 1150	5e3	1.5e4	1.8e4	2e4	2.5e4

23. IDEM EURO1 lpg auto's

Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO1 in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1e4	2e4	2.5e4	3e4	4e4
≥ 1150	1e4	2e4	2.5e4	3e4	4e4

Jaarkilometrages per auto per jaar

24. Voor lpg auto's uit milieuklasse EURO2, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO2 in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.5e4	2.5e4	3.5e4	4e4	5e4
≥ 1150	1.5e4	2.5e4	3.5e4	4e4	5e4

Aantal auto's (1)

25. Wat is het aantal **benzine auto's** in het actieve Nederlandse autopark in 1998 voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc)?

	Aantal benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	2e6	2.25e6	2.35e6	2.5e6	2.75e6
[1400,2000]	2.25e6	2.35e6	2.45e6	2.75e6	3e6
> 2000	2.5e5	3e5	3.5e5	4e5	4.5e5

26. IDEM voor **diesel auto's (indirecte en directe injectie)**

	Aantal diesel auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	5.38e5	5.59e5	5.66e5	5.73e5	5.8e5
≥ 2000	1.19e5	1.26e5	1.33e5	1.40e5	1.54e5

27. IDEM voor **lpg auto's**

	Aantal lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.06e5	1.24e5	1.42e5	1.59e5	1.77e5
[1400,2000]	1.77e5	1.84e5	1.91e5	2.02e5	2.12e5
> 2000	1.06e4	1.42e4	2.12e4	2.48e4	2.83e4

Aantal auto's (2)

28. Wat is het percentage [%] van de **benzine auto's zonder katalysator** per slagvolume categorie (in kubieke centimeters; cc)?

Percentage benzine auto's zonder katalysator per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	50	56	62	66	70
[1400,2000]	30	31	32	36	40
> 2000	4	5	6	7	8

29. IDEM voor **EURO1 benzine auto's**

Percentage EURO1 benzine auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	35	37	39	41	43
[1400,2000]	50	52	54	57	60
> 2000	5	6	7	8	9

30. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

Percentage EURO2 benzine auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	35	37	39	41	43
[1400,2000]	50	52	54	57	60
> 2000	5	6	7	8	9

31. IDEM voor **PRE-EURO diesel auto's**

Percentage PRE-EURO diesel auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	77	78	79	80	82
≥ 2000	18	20	21	23	25

32. IDEM voor **EURO1 diesel auto's**

Percentage EURO1 dieselauto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	80	82	84	85	86
≥ 2000	14	15	16	18	20

33. IDEM voor **EURO2 diesel auto's**

Percentage EURO2 diesel auto's per slagvolumecategorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	80	82	84	85	86
≥ 2000	14	15	16	18	20

Aantal auto's (3)34. Wat is het percentage [%] directe injectie motoren in **EURO2 diesel auto's**

	Percentage directe injectie EURO 2 diesel auto's				
Milieuklasse	5%	25%	50%	75%	95%
Euro2	15	25	30	35	45

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** en het **Jaarkilometrage** per auto per jaar.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een jaarkilometrage in 1998 had van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?

0.62

Appendix E: Rationale and assessments of Expert Volume.2 (in dutch)

Agressieve rijstijl

Om deze vraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van gegevens van de KLPD (Korps Landelijke Politie Dienst), het BVOM (Bureau Verkeershandhaving Openbaar Ministerie) en Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) een studie in samenwerking met Politie Haaglanden over het optrek-gedrag in Den Haag. De expert heeft aangenomen dat snel en gedrag (bv. bumperkleven) te vertalen is met agressief. Voor bestuurders van auto's >1150 kg is aangenomen dat deze eerder een agressievere rijstijl hebben dan bestuurders van auto's <850 kg. Derhalve is de expert begonnen met de gewichtsklasse >1150 kg en heeft allereerst de 5% en 95% bepaald en vervolgens de mediaan. Op basis van deze schattingen zijn de schattingen voor de andere gewichtscategorieën bepaald. De expert geeft ook aan dat de definitie van agressief rijden erg ruim is, zo geeft hij aan dat agressief rijden tijdens de spits (bijv. invoegen, zigzaggend door verkeer) een ander soort agressief rijden is dan het agressief rijden buiten de spits.

Air conditioning (1)

Gelet op cijfer materiaal van RAI inzake air-conditioning in het personenautopark blijkt dat de penetratie daarvan in auto's <850 kg vrij klein is, in het middensegment iets groter en het meest voorkomt in de auto's > 1150 kg. De expert geeft aan dat een air conditioning het aantal beschikbare pk's reduceert. Daarom is het voor de expert dat de auto's < 850 kg niet veel kilometers met air conditioning aanrijden, voor [850, 1150] wat meer en voor > 1150 kg aanzienlijk. Op basis van de gegevens van het PAP (Personen Auto Panel) van het CBS zijn de schattingen gegeven.

Air conditioning (2)

Uit de RDC (RAI Data Centrum) gegevens over de niveau uitrustingen geeft de expert aan dat de groei van air conditioning in benzine auto's tot 1998 stabiel was, maar dat na 1998 de groei explosief gestegen is. De mediaan van gewichtscategorie [850,1150] voor auto's met bouwjaar 1998 is bepaald op 50% omdat in dit jaar in dit segment veel auto's verkocht zijn waar airconditioning "gratis" meegeleverd werd. Deze aanbieding maakt het verschil tussen auto's met het bouwjaar 1996 en 1998. Deze inzichten zijn verkregen uit de gegevens van de RDC (RAI Data Centrum). De manier van het bepalen van de kwantielen geschiedt door eerst het 5%-95% kwantiel interval te bepalen en vervolgens de andere kwantielen.

Voor diesel auto's is de aanpak hetzelfde geweest als voor benzine auto's. De reden dat voor 1996 dezelfde schattingen zijn gegeven als voor 1998 onderbouwt de expert dat de gegevens van het RDC van 1996 nagenoeg hetzelfde zijn als voor 1998.

Voor LPG auto's is dezelfde aanpak als voor benzine auto's gehanteerd.

Koude starts

Uitgangspunt voor deze vraag was het aantal koude starts dat de expert zelf maakt. De expert neemt deel aan het woon-werk verkeer. Bij het PAP is hier geen informatie over

beschikbaar. De expert stelt dat auto's lichter dan 850 kg typische boodschappenauto's of 2^e auto's zijn die niet alledaags gebruikt worden. Verder stelt de expert dat diesel auto's zwaarder dan 1150 kg meer koude start zullen maken omdat ze meer rijden. Voor het woon-werk verkeer, voornamelijk auto's tussen 850 kg en 1150 kg, is weer de strategie gebruikt om eerst het 5%-95% kwantiel interval te bepalen. Het 95% kwantiel voor [850,1150] is bepaald door 2 koude start in 200 werkdagen aan te nemen.

De expert merkt op dat de definitie van koude start van minimaal 4 uur stilstand misschien te lang is. Vanwege de toepassing van ceramische onderdelen koelen motoren steeds sneller af. Tevens stelt de expert dat de omgevingstemperatuur ook van invloed kan zijn.

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

Uitgangspunt is de CBS statistiek. Op basis van die gegevens zijn de kwantielen bepaald door eerst het 5%-95% kwantiel interval te bepalen. Omdat de benzine auto's lichter dan 850 kg gezien worden als "boodschappenauto's" is het 95% voor deze gewichtscategorie gesteld op 80%. Tevens merkt de expert op dat de benzine auto's in deze gewichtsklasse toch ook voor woon-werk verkeer gebruikt kunnen worden en derhalve minder kilometers rijden in de bebouwde kom in vergelijking tot N-wegen/snelwegen.

Voor benzine auto's in de gewichtscategorie [850, 1150], het woon-werk verkeer, is aangenomen dat deze meer op de N-wegen/snelwegen rijden dan in de bebouwde kom. Vandaar dat het 95% kwantiel minder is dan het 95% kwantiel voor benzine auto's in de gewichtscategorie <850 kg. Voor benzine auto's zwaarder dan 1150 kg worden de percentages gereden op N-wegen/snelwegen hoger in vergelijking tot [850-1150].

Voor Diesel/LPG is aangenomen dat het om auto's gaat die lange afstanden afleggen en dat deze hoofdzakelijk op de snelweg afgelegd worden. De expert geeft aan dat hij geen onderscheid gemaakt heeft naar gewichtsklasse.

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

Op basis van het CBS Statistisch jaarboek heeft de expert zijn schattingen gemaakt. In het maken van de schattingen van de medianen van [850,1150] en >1150 is op basis van de beschikbare informatie bepaald dat deze auto's 25% binnen de bebouwde kom, 25% op N-wegen en 50% op snelwegen rijden. Op basis hiervan zijn de andere kwantielen bepaald. Aangezien de auto's lichter dan 850 kg voor zowel boodschappen als woon-werk verkeer gebruikt worden zijn de 5% en 25% kwantielen minder dan de 5% en 25% kwantielen van [850,1150].

Jaarkilometrages per auto per jaar

De CBS gegevens fungeerden als startpunt voor alle brandstof/milieu categoriën. Aan de hand van zijn expertise kwam de expert tot iets hogere waarden dan de CBS gegevens. De expert heeft geen onderscheid gemaakt naar milieuklassen.

Voor benzine auto's zwaarder dan 850 kg, zijn de 5% en 25% kwantielen voornamelijk bepaald door de boodschappenauto's en de hogere kwantielen door het woon-werk

verkeer. Het aantal koude starts zoals gegeven in **Koude starts** is meegenomen in het beantwoorden van deze vraag. Voor de gewichtscategorie [850,1150], het woon-werk verkeer, is een gemiddelde afstand van 45 km gesteld, daarboven op komt nog het prive/recreatief gebruik. Voor de auto's zwaarder dan 1150 kg, heeft de expert aangenomen dat het om zakelijk gebruik gaat en dat het jaarkilometrage voor deze gewichtsklasse hoger ligt dan de andere gewichtsklassen.

Voor diesel/LPG auto's zwaarder dan 1150 kg vindt de expert dat jaarkilometrages van 70.000 km niet ondenkbaar zijn in geval van zakelijk gebruik. De mediaan voor deze gewichtsklasse is bepaald door aan te nemen dat ongeveer 140 km per dag wordt gereden. Voor diesel/LPG auto's lichter dan 1150 kg stelt de expert dat 50.000 km niet ondenkbaar is. De mediaan voor deze gewichtsklasse is bepaald door aan te nemen dat ongeveer 100 km per dag wordt gereden.

Aantal auto's (1)

Op basis van de CBS gegevens zijn de 5%-95% kwantiel intervallen voor de verschillende brandstof soorten bepaald.

Aantal auto's (2)

De expert geeft aan dat dit een moeilijke vraag is om te beantwoorden. Om dit gevoel weer te geven heeft de expert vrij brede banden gegeven. Allereerst is de mediaan bepaald en vervolgens de andere kwantielen. De mediaan is in de meeste gevallen op 50% gesteld, omdat de expert aangeeft dat het even waarschijnlijk is dat 50% van de auto's een slagvolume heeft van minder dan 1400 cc en 50% groter dan 1400 cc. De expert realiseert zich wel dat de som van een trekking uit de onzekerheids verdeling < 1400, een trekking uit de onzekerheids verdeling [1400,2000] en een trekking uit de onzekerheids verdeling > 2000 gelijk moet zijn aan 100%.

Aantal auto's (3)

De expert geeft ook hierbij aan dat dit een moeilijke vraag is. Allereerst is de mediaan geschat op basis van expertise en is voor brede banden gekozen om grote mate van onzekerheid aan te geven. De 5% en 95% kwantielen zijn bepaald op basis van expertise.

Afhankelijkheid tussen de Ruimterlijke verdeling van autokilometers en het Jaarkilometrage per auto per jaar

De expert geeft aan dat hij een gemiddelde heeft genomen tussen enerzijds benzine auto's zwaarder dan 1150 kg, diesel en LPG auto's en anderzijds benzine auto's lichter dan 850 kg. Voor de eerste groep wordt een conditionele kans van groter dan 0.707 gegeven en voor de tweede groep een conditionele kans van kleiner dan 0.707. Aan beide groepen is een gelijk gewicht gegeven en daarom is 0.707 als conditionele kans gegeven.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een willekeurige auto. Stel dat het rijgedrag kan worden ingedeeld naar 'beheerst' rijden en 'agressief' rijden, wel percentage [%] van de gereden kilometers in 1998 wordt dan getypeerd door een agressief rijgedrag?

Gewicht auto [kg]	Percentage [%] agressief gereden kilometers?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	5	15	20	35	50
[850,1150]	5	15	25	45	50
> 1150	10	20	35	45	60

Air-conditioning (1)

2. Gegeven een willekeurige auto met air-conditioning, wat is het percentage [%] van de gereden km's in 1998 met air-conditioning aan?

Gewicht auto [kg]	Percentage [%] van gereden kilometers met air-conditioning aan?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	2.5	3.5	5	10	20
[850,1150]	2.5	3.5	5	20	30
> 1150	10	20	25	30	45

Air-conditioning (2)

3. Wat is het percentage van benzine auto's met bouwjaar 1996 met air-conditioning?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	10	15	20	35	60
[850,1150]	10	15	20	35	60
> 1150	20	30	35	40	60

4. IDEM voor benzine auto's met bouwjaar 1998?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1998 met airconditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	20	25	30	35	65
[850,1150]	25	40	50	60	65
> 1150	20	25	35	40	60

5. IDEM voor diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1996?

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	10	15	20	35	75
≥ 1150	20	30	40	50	75

6. IDEM voor diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1998

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	10	15	20	35	75
≥ 1150	20	30	40	50	75

7. IDEM voor lpg auto's met bouwjaar 1996

	Percentage [%] lpg auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	25	35	45	50	55
≥ 1150	10	25	40	45	60

8. IDEM voor lpg auto's met bouwjaar 1998

	Percentage [%] lpg auto's uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	30	40	50	55	60
≥ 1150	10	25	40	45	60

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het aantal van koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen de bebouwde kom?

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een benzine auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	100	180	200	230	250
[850,1150]	100	250	300	350	400
> 1150	100	275	350	400	450

10. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een diesel auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	100	250	350	400	450
≥ 1150	150	300	400	450	475

11. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een lpg auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	100	250	350	400	450
≥ 1150	150	300	400	450	475

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

12. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het percentage [%] van het jaarkilometrage in 1998 gereden binnen de bebouwde kom?

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	15	20	40	50	80
[850,1150]	15	25	40	50	60
> 1150	10	15	25	40	50

13. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	10	15	25	40	50
≥ 1150	10	15	25	40	50

14. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	10	15	25	40	50
≥ 1150	10	15	25	40	50

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

15. Wat is het percentage [%] van gereden kilometers in 1998 op snelwegen?

	Percentage gereden kilometers op snelwegen [%]?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	10	20	50	60	80
[850,1150]	35	40	50	70	80
> 1150	45	47	50	80	90

Jaarkilometrages per auto per jaar

16. Voor benzine auto's zonder katalysator, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

Jaarkilometrage [km] voor benzine auto's zonder katalysator in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	7.0e3	1.2e4	1.8e4	2e4	2.5e4
[850,1150]	2.0e4	2.2e4	2.5e4	2.7e4	3.0e4
> 1150	2.5e4	2.7e4	3.0e4	4.0e4	5.0e4

17. IDEM EURO1 benzine auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO1 benzine auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	7.0e3	1.2e4	1.8e4	2e4	2.5e4
[850,1150]	2.0e4	2.2e4	2.5e4	2.7e4	3.0e4
> 1150	2.5e4	2.7e4	3.0e4	4.0e4	5.0e4

18. IDEM EURO2 benzine auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO2 benzine auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	7.0e3	1.2e4	1.8e4	2e4	2.5e4
[850,1150]	2.0e4	2.2e4	2.5e4	2.7e4	3.0e4
> 1150	2.5e4	2.7e4	3.0e4	4.0e4	5.0e4

19. IDEM PRE-EURO diesel auto's

Jaarkilometrage [km] voor PRE-EURO diesel auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	3.0e4	3.5e4	3.7e4	4.0e4	5.0e4
≥ 1150	3.5e4	4.0e4	5.0e4	6.0e4	7.0e4

20. IDEM EURO1 diesel auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO1 diesel auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	3.0e4	3.5e4	3.7e4	4.0e4	5.0e4
≥ 1150	3.5e4	4.0e4	5.0e4	6.0e4	7.0e4

21. IDEM EURO2 diesel auto's

Jaarkilometrage [km] voor EURO2 diesel auto's in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	3.0e4	3.5e4	3.7e4	4.0e4	5.0e4
≥ 1150	3.5e4	4.0e4	5.0e4	6.0e4	7.0e4

22. IDEM lpg auto's zonder katalysator

Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's zonder katalysator in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	3.0e4	3.5e4	3.7e4	4.0e4	5.0e4
≥ 1150	3.5e4	4.0e4	5.0e4	6.0e4	7.0e4

23. IDEM EURO1 lpg auto's

Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO1 in 1998					
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	3.0e4	3.5e4	3.7e4	4.0e4	5.0e4
≥ 1150	3.5e4	4.0e4	5.0e4	6.0e4	7.0e4

Jaarkilometrages per auto per jaar

24. Voor lpg auto's uit milieuklasse EURO2, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

Gewicht auto [kg]	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO2 in 1998				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	3.0e4	3.5e4	3.7e4	4.0e4	5.0e4
≥ 1150	3.5e4	4.0e4	5.0e4	6.0e4	7.0e4

Aantal auto's (1)

25. Wat is het aantal **benzine auto's** in het actieve Nederlandse autopark in 1998 voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc)?

	Aantal benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.0e6	1.5e6	1.7e6	1.9e6	2.0e6
[1400,2000]	1.0e6	2.0e6	3.0e6	3.2e6	3.5e6
> 2000	5.0e5	7.5e5	1.0e6	1.2e6	1.5e6

26. IDEM voor **diesel auto's (indirecte en directe injectie)**

	Aantal diesel auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	3.0e5	3.1e5	3.5e5	4.0e5	5.0e5
≥ 2000	2.0e5	2.25e5	2.3e5	2.5e5	3.0e5

27. IDEM voor **lpg auto's**

	Aantal lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.0e5	1.5e5	1.8e5	1.9e5	2.0e5
[1400,2000]	1.0e5	1.5e5	2.0e5	2.5e5	3.0e5
> 2000	5.0e4	7.5e4	1.0e5	1.25e5	2.5e5

Aantal auto's (2)

28. Wat is het percentage [%] van de **benzine auto's zonder katalysator** per slagvolume categorie (in kubieke centimeters; cc)?

Percentage benzine auto's zonder katalysator per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	10	30	50	60	85
[1400,2000]	10	30	50	70	90
> 2000	10	30	50	60	90

29. IDEM voor **EURO1 benzine auto's**

Percentage EURO1 benzine auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	10	30	50	75	95
[1400,2000]	10	30	50	70	90
> 2000	10	30	50	60	90

30. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

Percentage EURO2 benzine auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	10	30	60	80	90
[1400,2000]	10	30	70	80	90
> 2000	10	30	60	80	90

31. IDEM voor **PRE-EURO diesel auto's**

Percentage PRE-EURO diesel auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	10	30	60	70	95
≥ 2000	10	30	50	60	80

32. IDEM voor **EURO1 diesel auto's**

Percentage EURO1 dieselauto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	10	30	60	70	95
≥ 2000	10	30	50	60	80

33. IDEM voor **EURO2 diesel auto's**

Percentage EURO2 diesel auto's per slagvolumecategorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	10	30	60	70	95
≥ 2000	10	30	50	60	80

Aantal auto's (3)34. Wat is het percentage [%] directe injectie motoren in **EURO2 diesel auto's**

	Percentage directe injectie EURO 2 diesel auto's				
Milieuklasse	5%	25%	50%	75%	95%
Euro2	5	20	30	60	70

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** en het **Jaarkilometrage** per auto per jaar.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een jaarkilometrage in 1998 had van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?

0.707

Appendix F: Rationale and assessments of Expert Volume.3 (in dutch)

Agressieve rijstijl

De expert geeft aan dat hij grote moeite heeft met de definitie van agressief rijden: “Maximaal 75% ingetrapt gaspedaal, maar wat minimaal? ”, “Ten hoogste 75% (toerental), maar wat minimaal?”. De expert is uitgegaan van een agressieve rijder die regelmatig het gaspedaal bijna driekwart ingedrukt heeft en de auto flink op toeren jaagt. De expert vermeldt dat er geen meetgegevens voor deze vraag bekend zijn.

Uitgaande van een dergelijke agressieve rijstijl is de expert begonnen met de gewichtsklasse [850,1150]. De mediaan is verkregen door te veronderstellen dat 20% van de rijders agressief rijdt en dat die rijders dit gedrag in 30% van de tijd kan en wil vertonen, dus 6%. Op basis van de mediaan schat de expert het 5%-kwantiel op 2 en het 95%-kwantiel op 20. Hierbij heeft de expert voor bijvoorbeeld het 5%-kwantiel een soortgelijke redenatie opgehouden als voor de mediaan: 1 op de 7 automobilisten rijdt agressief en kan dit gedrag in 20% van de tijd vertonen, derhalve een 5% kwantiel van 2%. De 25% en 75%-kwantielen zijn bepaald door een log-normale verdeling te fitten op de 5% en 95%-kwantielen.

Air conditioning (1)

Een onderzoek uit Frankrijk vormde de basis voor het beantwoorden van deze vraag. De expert heeft er mee rekening gehouden dat het aantal warme dagen in Frankrijk groter is dan in Nederland en het effect van airconditioning relatief groter is. Dus het aantal dagen wanneer een airconditioning nodig is zal in Nederland minder zijn dan in Frankrijk. De expert heeft aangenomen dat het aantal warme dagen de helft is van het aantal warme dagen in Frankrijk.

Over de relatie met gewicht vertelt de expert dat kleine auto's meer dan gemiddeld voor ritjes binnen de bebouwde kom worden gebruikt en dat het effect van air conditioning groter is dan voor zwaardere auto's. Het aantal starts van een zwaardere auto (met meestal een warme motor) zal minder zijn dan het aantal starts van een lichte auto.

Verder heeft de expert nog een factor meegenomen voor koude starts en ontwaseming, wat meer voorkomt bij lichte auto's.

Air conditioning (2)

De expert geeft aan dat uit de literatuur blijkt dat 45% van de nieuw verkochte auto's (benzine, diesel en LPG) in 1998 air conditioning had. Verder geeft de expert aan dat de laatste jaren ook steeds meer lichte auto's met een air-conditioning zijn uitgerust, terwijl voorheen vooral zwaardere auto's met airconditioning werden uitgerust.

De gegevens voor 1996 heeft de expert afgeleid van de gegevens voor 1998. De percentages voor 1996 liggen veel lager dan die van 1998 (de expert veronderstelt een niet-lineair verband tussen de percentages van 1996 en 1998). Verder zijn de 5%-95% intervallen voor 1996 breder ingeschat dan die voor 1998.

De diesel en LPG auto's zijn vaker uitgerust met air-conditioning dan benzine auto's. In de gewichtsklasse [850-1150] kg zijn er veel diesel en LPG auto's uitgerust met air-conditioning.

De medianen van de brandstofsoorten en gewichtsklassen zijn gebaseerd op gegevens van de RAI. De expert heeft in het schatten van de overige kwantielen rekening gehouden met de zorgvuldigheid van de RAI gegevens.

Koude starts

Uit onderzoek blijkt dat een middenwaarde tussen de 500-650 koude start per jaar plausibel is. Aangezien de beschikbare informatie niet naar brandstofsoort en gewichtsklasse was uitgesplitst, heeft de expert de informatie zelf ge-desaggregeerd. Daarbij is aangenomen dat een lichte auto (veelal de boodschappenauto) meer koude starts maakt dan auto's in de andere gewichtsklassen. De expert geeft aan dat het verschil tussen brandstofsoorten niet groot is, alhoewel diesel en LPG auto's andere rittypen rijden dan benzine auto's; het verschil zit in de lengte van de ritten dan in het aantal koude starts.

De 5% en 95%-kwantielen zijn verkregen door te veronderstellen dat het aantal koude starts wel een 3 per week kunnen zijn of gemiddeld 4 a 5 per dag.

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

CBS gegevens voor 1998 zijn gebruikt in het beantwoorden van deze vraag. De gegevens van het CBS waren uitgesplitst naar rit-typen derhalve heeft de expert de gegevens alleen ge-desaggregeerd naar gewicht.

Overwegingen die gemaakt zijn in het bepalen van de 5% en 95%-kwantielen van benzine auto's, zijn dat benzine auto's meer binnen de bebouwde kom rijden en dat de relatie met gewicht zodanig is dat zwaardere auto's meer buiten de bebouwde kom rijden dan lichte auto's. Alhoewel veel lichte auto's ook voor het woon-werkverkeer gebruikt worden, en daardoor ook deels buiten de bebouwde kom rijden. Verder is ook nog meegenomen dat oudere mensen vaak in het bezit zijn van een zware auto, die relatief vaak binnen de bebouwde kom gebruiken. Dit alles resulteert voor zowel benzine, diesel en LPG auto's in een 5%-95% intervallen die erg groot zijn.

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

Uit CBS gegevens bleek dat 39% van de gereden kilometers in 2000 op de snelweg werd afgelegd, en in 1998 werd 38% op de snelweg verreden. De gegevens van het CBS heeft de expert ge-desaggregeerd naar gewichtsklasse; zware auto's zitten meer op de snelweg dan lichte auto. De 5% kwantielen zijn gebaseerd op mensen die niet vaak rijden en tot op zekere hoogte taxi's, voor de 95% kwantielen is aangenomen dat voor de gewichtsklasse < 850 kg veel particulieren alleen op de snelweg zitten en voor de gewichtsklasse [850-1150] en > 1150 kg het merendeel uit lease-auto's en auto's van de zaak bestaat.

Jaarkilometrages per auto per jaar

Op basis van CBS gegevens van het jaarkilometrage uit 1997 is deze vraag beantwoord. Er is aangenomen dat het aantal oldtimers in het wagenpark van 1998 ongeveer 100.000 was; het kilometrage van de oldtimers is voor de 5% -kwantielen van benzine auto's zonder katalysator representatief verondersteld. De mediaanwaarden zijn verkregen door de CBS gegevens te desaggregeren naar gewichtsklasse en brandstofsoort. De desaggregatie is gedaan zodanig dat er meer zware diesel/LPG auto's zijn dan zware benzine auto's.

Voor EURO1 en EURO2 auto's zijn de schattingen gebaseerd op dat zware auto's meer rijden dan lichte auto's. De 5% en 95% kwantielen zijn respectievelijk verkregen door aan te nemen dat 1 op de 20 auto's niet veel rijdt (2^e auto die niet vaak gebruikt wordt) en dat het kilometrage hoger ligt dan voor benzine auto's zonder katalysator, plus dat sommige mensen de voorkeur geven aan benzine in plaats van diesel/LPG, ondanks dat een diesel- of LPG-auto voor hen goedkoper kan zijn.

Voor diesel PRE-EURO geeft de expert aan dat de kilometrage lager ligt dan voor diesel EURO1/EURO2. Op basis van de CBS gegevens uit 1997 zijn de auto's voor 1989 geselecteerd en ge-desaggregeerd naar gewichtsklasse. De 5% kwantielen zijn bepaald op overwegingen dat er diesel auto's zijn die onder het economisch omslagpunt liggen en dat er bestuurders zijn die een lagere mobiliteits behoefte hebben gekregen, maar niet meteen hun auto wegdoen. De 95% kwantielen zijn gebaseerd op de kwantielen gegeven voor diesel EURO1/EURO2 en zijn zodanig dat de mediaan voor diesel PRE-EURO groter is dan de 50% kwantielen en lager dan de 95% kwantielen van diesel EURO1/EURO2.

Voor diesel EURO1/EURO2 heeft de expert de gegevens naar milieuklasse bepaald aan de hand van leeftijd; diesel auto's van 1 jaar worden EURO2 verondersteld en diesel auto's met een bouwjaar na 1994/1995 worden EURO1 verondersteld. Verder zullen er minder lichte auto's zijn dan zware. Bepaling van de kwantielen is gedaan op basis van de ge-desaggregeerde informatie voor deze milieuklasse.

Voor LPG auto's is verondersteld dat auto's met een bouwjaar voor 1990 zonder katalysator zijn uitgerust, dat auto's met een bouwjaar na 1994/1995 EURO1 zijn, en dat auto's met een bouwjaar na 1997 EURO2 zijn. In het verkrijgen van de 5% kwantielen heeft de expert een relatie tussen aantal gereden kilometers en leeftijd verondersteld: jonge auto's rijden meer en verder is rekening gehouden met auto's die weinig rijden, en die onder het economisch omslagpunt liggen maar vanwege emotionele redenen en afschrijving behouden blijven.

Aantal auto's (1)

Ook hier worden CBS gegevens ge-desaggregeerd naar gewicht en slagvolume. De informatie verkregen op deze manier vormt de basis voor de medianen. Op basis van expertise worden de andere kwantielen bepaald.

Aantal auto's (2)

De beschikbare CBS gegevens worden ge-desaggregeerd naar technologyklasse en slagvolume. Benzine Euro1 vormt het uitgangspunt voor de andere benzine milieuklassen. Voor milieuklasse zonder katalysator, > 1400 cc is aangenomen voor de mediaan dat er meer lichtere auto's zijn dan lichte EURO1 benzine auto's, voor > 2000 cc is het juist omgekeerd. De 5% en 95%-kwantielen zijn gebaseerd op expertise. De schattingen voor benzine EURO2 zijn op een soortgelijke manier verkregen als benzine zonder katalysator.

Voor diesel auto's is een gelijke aanpak genomen als voor benzine auto's: de relevante informatie is ge-desaggregeerd naar milieuklasse en aangenomen is gewichtsverdeling binnen de milieuklasse dezelfde is. Vroeger waren het vooral zware auto's die uitgerust waren met een diesel motor, vandaag de dag zijn er ook veel lichte auto's met een diesel motor. De onzekerheid over de desaggregatie vormt de grootste bijdrage in het bepalen van de 5% en 95% kwantielen.

Aantal auto's (3)

Omdat er geen informatie over deze vraag beschikbaar is geeft de expert een mediaan van 50% en een wijd 5%-95% interval.

Afhankelijkheid tussen de Ruimterlijke verdeling van autokilometers en het Jaarkilometrage per auto per jaar

Het is voor de expert aannemelijk dat als het jaarkilometrage hoog is dat het merendeel daarvan op de snelweg gereden is, vandaar een conditionele kans van 0.75.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een willekeurige auto. Stel dat het rijgedrag kan worden ingedeeld naar 'beheerst' rijden en 'agressief' rijden, wel percentage [%] van de gereden kilometers in 1998 wordt dan getypeerd door een agressief rijgedrag?

Gewicht auto [kg]	Percentage [%] agressief gereden kilometers?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	2.4	4.73	6.6	14.4	24
[850,1150]	2	3.94	6	12	20
> 1150	1.6	3.15	5.4	9.6	16

Air-conditioning (1)

2. Gegeven een willekeurige auto met air-conditioning, wat is het percentage [%] van de gereden km's in 1998 met air-conditioning aan?

Gewicht auto [kg]	Percentage [%] van gereden kilometers met air-conditioning aan?				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	11	15.5	20	24.9	35
[850,1150]	10	14	18	21.9	30
> 1150	9	12	16	18.7	25

Air-conditioning (2)

3. Wat is het percentage van benzine auto's met bouwjaar 1996 met air-conditioning?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	4	8	12	16	25
[850,1150]	6	13	20	27	45
> 1150	8	17	28	37	60

4. IDEM voor benzine auto's met bouwjaar 1998?

	Percentage [%] benzine auto's uit 1998 met airconditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	15	22	30	36	45
[850,1150]	30	35.9	40	46	55
> 1150	40	45	50	65	80

5. IDEM voor diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1996?

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	7	16	27	40	50
≥ 1150	8	17	27	42	55

6. IDEM voor diesel auto's (indirecte en directe injectie) met bouwjaar 1998

	Percentage [%] diesel auto's (indirecte en directe injectie) uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	40	42	45	53	60
≥ 1150	45	50.2	55	58.3	65

7. IDEM voor lpg auto's met bouwjaar 1996

	Percentage [%] lpg auto's uit 1996 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	7	13.5	22	26	50
≥ 1150	8	16	27	35	55

8. IDEM voor lpg auto's met bouwjaar 1998

	Percentage [%] lpg auto's uit 1998 met air-conditioning?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	40	42	45	50	60
≥ 1150	45	50.2	55	58.3	65

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het aantal van koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen de bebouwde kom?

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een benzine auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	150	350	625	950	1750
[850,1150]	150	330	575	900	1750
> 1150	150	310	525	850	1750

10. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een diesel auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	150	350	625	900	1750
≥ 1150	150	310	525	850	1750

11. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Aantal koude starts per jaar [#koude_starts/jaar] binnen bebouwde kom voor een lpg auto?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	150	340	600	925	1750
≥ 1150	150	310	550	850	1750

Ruimtelijke verdeling autokilometers (1)

12. Voor een **willekeurige benzine auto**, wat is het percentage [%] van het jaarkilometrage in 1998 gereden binnen de bebouwde kom?

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	6	20	35	60	95
[850,1150]	5	17	30	55	90
> 1150	4	12	25	50	85

13. IDEM **willekeurige diesel auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	4	9.68	20	34	80
≥ 1150	3	8	16	29	75

14. IDEM **willekeurige lpg auto**

	Percentage van jaarkilometrage gereden binnen bebouwde kom [%] voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	5	11.5	22	36.9	85
≥ 1150	4	9.68	18	34	80

Ruimtelijke verdeling autokilometers (2)

15. Wat is het percentage [%] van gereden kilometers in 1998 op snelwegen?

	Percentage gereden kilometers op snelwegen [%]?				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	10	21	35	50	80
[850,1150]	12	25	40	60	90
> 1150	15	28	45	65	95

Jaarkilometrages per auto per jaar (1)

16. Voor benzine auto's zonder katalysator, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

	Jaarkilometrage [km] voor benzine auto's zonder katalysator in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	1.5e3	4.5e3	9.5e3	1.4e4	2.5e4
[850,1150]	1.5e3	4.5e3	1.05e4	1.6e4	3.0e4
> 1150	1.5e3	5e3	1.15e4	1.65e4	3.5e4

17. IDEM EURO1 benzine auto's

	Jaarkilometrage [km] voor EURO1 benzine auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	2.5e3	6e3	1.1e4	1.6e4	3.0e4
[850,1150]	3.0e3	7e3	1.44e4	1.7e4	3.5e4
> 1150	3.5e3	8e3	2.0e4	3e4	4.0e4

18. IDEM EURO2 benzine auto's

	Jaarkilometrage [km] voor EURO2 benzine auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	3.5e3	7e3	1.3e4	2e4	3.5e4
[850,1150]	4.0e3	9e3	1.7e4	3e4	4.5e4
> 1150	4.5e3	9.42e3	2.3e4	3.5e4	5.5e4

19. IDEM PRE-EURO diesel auto's

	Jaarkilometrage [km] voor PRE-EURO diesel auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	8.0e3	1.29e4	1.8e4	2.53e4	4.0e4
≥ 1150	1.2e4	1.8e4	2.6e4	3.24e4	5.0e4

20. IDEM EURO1 diesel auto's

	Jaarkilometrage [km] voor EURO1 diesel auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.4e4	2.15e4	3.1e4	3.91e4	6.0e4
≥ 1150	1.8e4	2.9e4	4.1e4	5.4e4	8.0e4

21. IDEM EURO2 diesel auto's

	Jaarkilometrage [km] voor EURO2 diesel auto's in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.8e4	2.69e4	3.6e4	4.69e4	7.0e4
≥ 1150	2.5e4	3.6e4	4.6e4	6.17e4	9.0e4

22. IDEM lpg auto's zonder katalysator

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's zonder katalysator in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.0e4	1.38e4	1.8e4	2.15e4	3.0e4
≥ 1150	1.2e4	1.8e4	2.4e4	2.94e4	3.8e4

Jaarkilometrages per auto per jaar (2)

23. Voor lpg auto's uit milieuklasse EURO1, wat is het jaarkilometrage [km] in 1998 per gewichtsklasse?

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO1 in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.5e4	2.2e4	2.8e4	3.2e4	3.5e4
≥ 1150	1.8e4	2.36e4	3.5e4	4e4	4.5e4

24. IDEM EURO2 lpg auto's

	Jaarkilometrage [km] voor lpg auto's EURO2 in 1998				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.5e4	2.7e4	4.0e4	4.7e4	5.5e4
≥ 1150	2.0e4	3.5e4	5.0e4	5.7e4	6.5e4

Aantal auto's (1)

25. Wat is het aantal **benzine auto's** in het actieve Nederlandse autopark in 1998 voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc)?

	Aantal benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	2.01e6	2.12e6	2.21e6	2.28e6	2.41e6
[1400,2000]	2.17e6	2.28e6	2.37e6	2.44e6	2.57e6
> 2000	3.0e5	3.17e5	3.3e5	3.42e5	3.6e5

26. IDEM voor **diesel auto's (indirecte en directe injectie)**

	Aantal diesel auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	6.3e5	6.58e5	6.8e5	7.0e5	7.3e5
≥ 2000	4.0e4	4.49e4	5.0e4	5.32e4	6.0e4

27. IDEM voor **lpg auto's**

	Aantal lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.6e5	1.7e5	1.8e5	2.01e5	2.2e5
[1400,2000]	1.7e5	1.8e5	1.9e5	2.11e5	2.3e5
> 2000	2.5e4	2.8e4	3.0e4	3.48e4	4.0e4

Aantal auto's (2)

28. Wat is het percentage [%] van de **benzine auto's zonder katalysator** per slagvolume categorie (in kubieke centimeters; cc)?

Percentage benzine auto's zonder katalysator per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	46	47.1	48	48.8	50
[1400,2000]	46	47.1	48	48.8	50
> 2000	3	3.68	4.02	4.89	6

29. IDEM voor **EURO1 benzine auto's**

Percentage EURO1 benzine auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	45	46.1	47	47.7	49
[1400,2000]	46	47.1	48	48.8	50
> 2000	4	4.51	5	5.32	6

30. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

Percentage EURO2 benzine auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	44	45.1	46	46.8	48
[1400,2000]	47	48.1	49	49.8	51
> 2000	5	5.52	6	6.34	7

31. IDEM voor **PRE-EURO diesel auto's**

Percentage PRE-EURO diesel auto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	75	79	82	85.1	90
≥ 2000	10	11.5	13	19	25

32. IDEM voor **EURO1 diesel auto's**

Percentage EURO1 dieselauto's per slagvolume categorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	75	82	87	88.5	90
≥ 2000	10	11.5	13	19.1	25

33. IDEM voor **EURO2 diesel auto's**

Percentage EURO2 diesel auto's per slagvolumecategorie					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	75	82	87	88.5	90
≥ 2000	10	11.5	13	19.1	25

Aantal auto's (3)34. Wat is het percentage [%] directe injectie motoren in **EURO2 diesel auto's**

	Percentage directe injectie EURO 2 diesel auto's				
Milieuklasse	5%	25%	50%	75%	95%
Euro2	30	40	50	60	70

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** en het **Jaarkilometrage** per auto per jaar.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een jaarkilometrage in 1998 had van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?

0.75

2. Afhankelijkheid tussen het **Slag volume** en **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** (alleen voor experts die zowel het Volume gedeelte als het Emissie gedeelte doen).

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een slag volume heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?

0.75

Appendix G: Rationale and assessments of Expert Emission.1 (in dutch)

Agressieve rijstijl

Er zijn enkele referenties hiervoor beschikbaar, deze zijn gebruikt om de mediaan te bepalen. Omdat de steekproef in de referenties klein is en het feit dat agressieve rijstijl moeilijk te meten is (expert heeft enigszins moeite met de definitie van agressief rijden), heeft de expert een breed 5%-95% interval gegeven. Verder geeft de expert aan dat zijn verdeling scheef naar rechts is, een lognormale verdeling. De andere kwantielen zijn bepaald door een lognormale verdeling te fitten op de 5% en 95% kwantielen.

In het bepalen van de 95% kwantielen voor binnen de bebouwde kom is de expert uitgegaan van een kleine auto. Met een agressieve rijstijl zal de temperatuur van de motor oplopen, wat een hogere NOx emissie tot gevolg heeft.

Voor snelwegen geldt dat als een automobilist met een agressieve rijstijl kleeft aan de bumper van zijn voorganger dat de luchtweerstand lager is, waardoor de temperatuur van de motor niet hoog oploopt en dus een lagere NOx emissie geeft. Dat een agressieve rijstijl op de snelweg heeft voor- en nadelen.

De reden dat lagere waarden opgegeven zijn voor de snelweg dan voor binnen de bebouwde kom komt omdat een agressieve rijstijl op de snelweg minder afwijkt van een beheerste rijstijl dan die binnen de bebouwde kom.

Voor Diesel auto's geldt dat ze veel trekkracht onderin hebben, wat leidt tot een lagere temperatuur van de motor in vergelijking tot benzine motoren en dus een lagere NOx emissie. Maar omdat de steekproef van diesel auto's kleiner was dan die van benzine auto's, is toch gekozen om een grote spreiding te geven ondanks de fysica.

De mediaan van LPG auto's voor de verschillende rittypen is hetzelfde als de mediaan van benzine auto's. Vanwege het beperkte aantal meetresultaten is gekozen om een grotere spreiding te geven dan voor de benzine auto's. Verder kan het zijn dat LPG auto's waarvan de motor temperatuur hoog is minder NOx uitstoten dan benzine auto's bij een agressieve rijstijl ten opzichte van een beheerste rijstijl. Maar aangezien gevraagd wordt naar factoren is deze veronderstelling niet direct zichtbaar in de schattingen.

Verder geeft de expert aan dat het jaargetijde van invloed kan zijn. Hij heeft dit meegenomen in zijn onzekerheids verdeling.

Na het bepalen van de kwantielen heeft de expert nog gecheckt of de relatieve frequenties over een komen met zijn mate van geloof: de 5% kwantielen zijn getoest met de vuistregel dat dit mag voorkomen voor 1 van de 20 auto's, zo ook zijn de andere kwantielen getoest.

Air-conditioning

Er zijn enkele referenties aanwezig, alleen deze geven geen informatie over het gewicht. De steekproefgrootte in deze referenties is zeer klein.

Voor lichte auto's is aangenomen dat deze minder brandstof verbruiken en dat er minder ruimte is voor een air conditioning. Deze aanname leidt tot de bewering dat lichte auto's met air conditioning een grotere toeslagfactor hebben dan zwaardere auto's met airconditioning.

Op basis van de informatie in de steekproef is allereerst de mediaan bepaald voor gewichtsklasse [850,1150]. Gegeven de mediaan voor deze gewichtsklasse zijn de medianen voor de andere gewichtsklassen bepaald. In het bepalen van het 5%-95% interval is voor de lichte auto's meegenomen dat een air conditioning voor deze auto's meer beslag legt op de motor dan zwaardere auto's. Het effect van airconditioning voor zwaardere auto's is niet zo groot omdat in het algemeen voor deze gewichtsklasse het volle vermogen van de motor niet gebruikt wordt. Verder geeft de expert aan dat er binnen een gewichtsklasse een grote heterogeniteit bestaat.

Indien de expert de referenties niet zou hebben geraadpleegd dan zouden de 95% kwantielen lager liggen, maar de referentie en buitenlandse contacten geven de meetresultaten gewicht en wordt door de expert niet als *outlier* bestempeld.

De toeslagfactor voor diesel auto's wordt lager geacht dan die voor benzine auto's en voor LPG geeft de expert aan dat er geen reden is om dit anders te behandelen dan benzine.

Koude starts

De zogenaamde Basisgegevens worden voor auto's zonder katalysator door de expert als niet betrouwbaar beschouwd. Uit de beschikbare gegevens volgt dat de NOx emissie van een koude start groter is dan de NOx emissie van een warme start, maar de expert geeft aan dat bij een koude start de motortemperatuur lager is dan bij een warme start, wat een lagere NOx emissie tot gevolg heeft. Vandaar dat voor sommige brandstof/milieuklassen negatieve waarden gegeven zijn.

Voor auto's met katalysator geeft de expert aan dat de katalysator pas goed functioneert na 5 minuten. Vanwege de vraagstelling is het dus aannemelijk dat er in dit geval meer NOx emissie bij een koude start is dan bij een warme start. De expert ziet een stijging met gewicht, zwaardere auto's hebben een grotere NOx emissie bij een koude start dan lichte auto's. Omdat een goede werking van katalysatoren bij een koude start steeds belangrijker worden zijn de waarden van EURO2 auto's een stuk lager dan voor de andere milieuklassen; betere katalysatoren. Deze observatie wordt ondersteund door de beschikbare meetgegevens.

Voor benzine auto's zijn de medianen bepaald op basis van de meetgegevens en de 5%-95% intervallen voor de gewichtsklassen <850 en >1150 zijn bepaald aan de hand van de 5%-95% interval van [850,1150].

In het afleiden van het 5% kwantiel voor diesel auto's wordt aangegeven dat de verbrandingstemperatuur van de motor lager is dan voor benzine/LPG motoren en

daardoor minder NO_x wordt ge-emiteerd. Verder is een diesel motor sneller op bedrijfstemperatuur dan benzine\LPG motoren. Voor 1 op de 20 auto's geeft de expert aan dat een warme start meer NO_x emissie levert dan een koude start; vandaar de negatieve waarden.

Voor diesel auto's met een directe injectie is de expert meer onzeker dan voor indirecte injectie, omdat de steekproefgrootte kleiner is.

Voor LPG auto's zonder katalysator geldt hetzelfde als voor benzine auto's zonder katalysator, geen vertrouwen in de basisgegevens. In het algemeen geldt dat voor LPG auto's een lagere NO_x emissie geldt dan voor benzine auto's. Voor LPG auto's met katalysator geldt dat er uit onderzoek hogere waarden gemeten worden, vanwege de kleine steekproef is meer onzekerheid opgegeven. Voor milieuklasse EURO1 en EURO2 is het 95% kwantiel minder dan voor de vergelijkbare benzine auto's; de NO_x emissie van LPG auto's bij een koude start is minder dan de NO_x emissie van benzine auto's, terwijl de NO_x emissie van LPG auto's en benzine auto's bij een warme start vergelijkbaar is.

Slagvolumes

Voor deze vraag is geen data beschikbaar, derhalve heeft expert parate kennis gebruikt. Uitgangspunt is het personenautopark van 1998, wat volgens de expert voor het grootste gedeelte bestaat uit auto's van 1985-1998. De expert heeft aangenomen dat 1992 het jaar is waarin gemiddeld gesproken de auto's uit 1985-1998 als nieuw beschouwd kunnen worden.

Derhalve is het personenautopark van 1998 een autopark van gemiddeld 6 jaar oude auto's. Op basis hiervan heeft de expert zijn mediaan schattingen gebaseerd, de 5% en 95% kwantielen zijn afgeleid op basis van het gemiddelde personenautopark van 1992 met daarboven op nog een extra spreiding ten gevolge van verandering van het personenautopark 1998, auto's uit 1985-1998.

Voor diesel auto's is minder spreiding opgegeven omdat het aanbod van diesel motoren beperkter is; vaak wordt dezelfde diesel motor in meerdere type auto's gebruikt.

In geval van LPG auto's geldt voor auto's in de gewichtsklasse <1150, dat dit vaak de grotere/zwaardere auto's zijn en dus dicht tegen de 1150 kg aan. Deze auto's zijn vaak uitgerust grotere motoren, omdat het vermogen van een LPG motor minder is dan een evengrote (qua inhoud) benzinemotor. Vandaar dat de kwantielen van LPG auto's uit gewichtsklasse < 1150 niet helemaal overeenstemmen met benzine auto's uit gewichtsklasse [850,1150].

Emissiefactoren (auto's zonder katalysator)

De mediaanwaarden zijn gebaseerd op meetgegevens van het steekproefcontrole programma van TNO. De 5% en 95% kwantielen zijn bepaald op basis van expertise. Voor auto's van 1988-1992 geldt dat er een grote spreiding is binnen slagvolume klassen.

Daarentegen is een kleinere spreiding opgegeven voor diesel motoren, vanwege de lagere bedrijfstemperatuur van de motor.

Emissiefactoren (auto's met katalysator op N-wegen)

Volgens de expert zijn de metingen te optimistisch want de expert verwacht een hogere uitstoot van NOx voor auto's met katalysator. Deze observatie is gebaseerd op soortgelijke metingen gedaan in de Verenigde Staten. Als reden voor lagere meetwaarden geeft de expert 3 redenen:

1. de heterogeniteit van het autopark is niet voldoende meegenomen.
2. de ouderdom van de katalysator.
3. de genomen steekproef is niet representatief.

De expert geeft aan dat hij geen verband ziet tussen NOx emissie en brandstofverbruik, omdat overige omstandigheden ook variëren. De basis hiervoor ligt in metingen aan personenauto's, waarbij het energiegebruik tegen de NOx-emissie is afgezet (TNO). Vermoedelijk hebben auto's met een hoger brandstofgebruik – gemiddeld - betere katalysatoren. Op basis hiervan veronderstelt de expert geen verband tussen slagvolume en NOx emissie.

In het bepalen van het 5%-95% interval heeft de expert gebruik gemaakt van de gegevens in het steekproefcontrole programma en de aanname dat de meetwaarden te optimistisch zijn. Verder is het effect dat de spreiding van NOx emissie tussen auto's erg groot is en het effect van veroudering meegenomen.

Emissiefactoren (auto's met katalysator binnen de bebouwde kom)

Dezelfde aanpak is gebruikt als voor Emissiefactoren (N-wegen).

Emissiefactoren (auto's met katalysator op de snelweg)

De mediaanwaarden zijn bepaald op basis van het steekproefcontrole programma. Bijna altijd geldt dat de factor NOx emissie snelweg/NOx emissie N-wegen voor benzine/LPG groter is dan voor diesel. In het bepalen van de 5% kwantielen is een grote auto met veel extra vermogen als uitgangspunt gehanteerd, terwijl voor de 95% kwantielen een auto met een oude katalysator, die minder functioneert, genomen is.

Voor diesel auto's is het mogelijk dat de NOx emissie op de snelweg minder is dan de NOx emissie op de N-wegen; op N-wegen is het vaker optrekken en afremmen dan op de snelweg. Tevens is de spreiding in de diesel minder dan die van benzine, omdat de heterogeniteit in de metingen minder is.

Voor grotere LPG auto's geldt dat ze gelijk behandeld worden als benzine auto's. De expert heeft binnen de slagvolumeklassen <1400 aangenomen dat het merendeel van de auto's die tot deze klasse behoren dicht bij de 1400 cc liggen. Voor EURO2 LPG auto's is de verouderingsfactor minder meegewogen omdat ze korter op de markt zijn.

Afhankelijkheid tussen Emissiefactoren:

De expert geeft aan dat dit is een complexe vraag is. Voor een ruime meerderheid verwacht de expert een sterk positief verband tussen NOx emissie op N-wegen en de factor NOx emissie snelweg/NOx emissie N-wegen, maar daarentegen geldt ook dat er voor lichtere auto's een andere NOx-snelheid relatie geldt dan voor zwaardere auto's. Op basis van deze overwegingen geeft de expert een conditionele kans van 0.8.

Afhankelijkheid tussen de Slag volume en Ruimtelijke verdeling van autokilometers:

Uit onderzoek wordt een positief verband tussen het slagvolume en ruimtelijke verdeling van autokilometers bevestigd. Andere overwegingen die meegenomen zijn, zijn dat oudere mensen in een grote auto minder op de snelweg zijn en dat taxi's het merendeel binnen de bebouwde kom rijden. Als laatste geldt dat nieuwe auto meer kilometers rijden en dat het slagvolume van nieuwe auto's toeneemt.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een **willekeurige benzine auto zonder katalysator** en warme motor, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] verandert door een agressieve rijstijl ten opzichte van een beheerste rijstijl voor verschillende rit-typen (een factor 2 betekent een verdubbeling)?

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.1	1.4	1.6	2.5	4
N-wegen	1.05	1.35	1.5	2.3	3.5
Snelwegen	1.01	1.06	1.1	1.25	1.4

2. IDEM voor **willekeurige benzine auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.3	2.22	3	5	8
N-wegen	1.2	1.4	1.7	3.5	6
Snelwegen	1.1	1.15	1.2	1.6	2

3. IDEM voor **willekeurige diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor diesel auto				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.3	1.7	2	3.36	5
N-wegen	1.25	1.7	2	2.81	4
Snelwegen	1.2	1.4	1.6	2.55	3.5

4. IDEM voor **willekeurige lpg auto zonder katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.05	1.4	1.6	3.2	5
N-wegen	1.03	1.3	1.5	2.65	4
Snelwegen	1.01	1.06	1.1	1.38	1.6

5. IDEM voor **willekeurige lpg auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.25	2.2	3	5	9
N-wegen	1.15	1.4	1.7	4	7
Snelwegen	1.05	1.13	1.2	2	3

Air-conditioning

6. Gegeven een **willekeurige benzine auto** met katalysator met air-conditioning, warme motor en een beheerste rijstijl, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] verandert bij gebruik van de air-conditioning ten opzichte van geen gebruik (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een benzine auto met katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	1.1	1.5	1.8	2.7	4
[850,1150]	1.07	1.4	1.5	2.2	3
> 1150	1.05	1.13	1.3	1.9	2.5

7. IDEM voor **diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een willekeurige diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.1	1.5	1.7	2.8	4
≥1150	1.06	1.25	1.4	2.3	3.5

8. IDEM voor **lpg auto**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.08	1.4	1.6	2.3	3.5
≥1150	1.05	1.15	1.3	2.2	3

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto zonder katalysator**, wat is de totale NO_x-emissie [g] gedurende de eerste 5 minuten na een koude start verminderd met de totale NO_x-emissie gedurende de eerste 5 minuten na een warme start.

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor benzine auto zonder katalysator [g]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	-2	-0.96	0	0.99	3
[850,1150]	-2.5	-1.35	0	1.17	4
> 1150	-3	-1.74	0	1.22	5

10. IDEM voor **willekeurige EURO1 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.18	0.4	0.7	1	1.65
[850,1150]	0.2	0.4	0.8	1.3	1.8
> 1150	0.23	0.5	0.9	1.4	2

11. IDEM voor **willekeurige EURO2 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.08	0.2	0.35	0.5	0.72
[850,1150]	0.1	0.25	0.4	0.6	0.8
> 1150	0.12	0.3	0.45	0.7	0.9

12. IDEM voor **willekeurige PRE-EURO diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een PRE-EURO diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.2	0.45	0.7	0.9	1.2
≥ 1150	0.25	0.5	0.8	1.05	1.4

13. IDEM voor **willekeurige EURO1 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0	0.18	0.3	0.42	0.6
≥ 1150	0	0.2	0.35	0.48	0.7

14. IDEM voor **willekeurige EURO2 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0	0.15	0.25	0.59	0.85
≥ 1150	0	0.15	0.3	0.61	0.9

Koude starts

15. IDEM voor een willekeurige EURO 2 diesel auto (directe injectie)

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO 2 diesel auto (DI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0	0.15	0.3	0.61	0.9
≥ 1150	0	0.2	0.4	0.8	1.2

16. IDEM voor een willekeurige lpg auto zonder katalysator

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een lpg auto zonder katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	-2.5	-1.35	0	1.7	4
≥ 1150	-3	-1.74	0	2	5

17. IDEM voor een willekeurige EURO1 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO1 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.3	0.4	0.9	1.1	1.5
≥ 1150	0.4	0.6	1.1	1.35	1.8

18. IDEM voor een willekeurige EURO2 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO2 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.1	0.19	0.3	0.47	0.9
≥ 1150	0.12	0.22	0.4	0.54	1

Slagvolumes

19. Voor **willekeurige benzine auto's** uit het personenautopark in 1998, wat is het slagvolume [in kubieke centimeters; cc] per gewichtsklasse?

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	850	1040	1200	1380	1700
[850,1150]	1100	1400	1700	1850	2200
> 1150	1700	2010	2200	2540	3000

20. IDEM voor **willekeurige diesel auto's (indirect of directe injectie)**

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1400	1650	1800	1930	2200
≥ 1150	1700	2010	2000	2540	3000

21. IDEM voor **willekeurige lpg auto's**

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1300	1550	1800	1950	2200
≥ 1150	1700	2000	2200	2540	3000

Emissie factoren (1)

22. Voor **benzine auto's zonder katalysator**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor verschillende rit-typen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.4	0.60	1.07	1.81	6
[1400,2000]	0.5	0.72	1.23	2.00	7
> 2000	0.6	0.86	1.47	2.37	8
NO _x [g/km] op N-wegen voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.6	0.82	1.33	2.03	6
[1400,2000]	0.7	0.94	1.49	2.23	7
> 2000	0.8	1.11	1.98	2.78	8
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.5	1.97	2.96	4.25	10
[1400,2000]	1.8	2.35	3.56	5.08	12
> 2000	2	2.66	4.14	6.08	15

23. IDEM voor **PRE-EURO dieselauto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.15	0.22	0.39	0.64	1.5
≥ 2000	0.2	0.28	0.48	0.75	1.8
NO _x [g/km] op N-wegen voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.2	0.27	0.42	0.62	1.4
≥ 2000	0.22	0.31	0.51	0.77	1.5
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.35	0.46	0.70	0.99	2
≥ 2000	0.4	0.52	0.77	1.09	2.5

24. IDEM voor **lpg auto's zonder katalysator**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.3	0.42	0.70	1.11	3
[1400,2000]	0.4	0.54	0.86	1.30	4
> 2000	0.5	0.68	1.10	1.66	5
NO _x [g/km] op N-wegen voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.4	0.53	0.83	1.22	3
[1400,2000]	0.45	0.61	0.99	1.48	3.5
> 2000	0.6	0.82	1.33	2.00	4.5
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.8	1.07	1.68	2.48	5.5
[1400,2000]	0.9	1.20	1.86	2.72	6
> 2000	1	1.37	2.21	3.30	6.5

Emissie factoren (2)

25. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type binnen de bebouwde kom met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO1 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1e-2	3.03e-2	8.79e-2	0.2	0.3
[1400,2000]	1e-2	3.03e-2	8.79e-2	0.2	0.3
> 2000	1e-2	3.03e-2	8.79e-2	0.2	0.3

26. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO2 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1e-2	1.80e-2	4.10e-2	8.61e-2	0.3
[1400,2000]	1e-2	1.80e-2	4.10e-2	8.61e-2	0.3
> 2000	1e-2	1.80e-2	4.10e-2	8.61e-2	0.3

27. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.4	0.49	0.66	0.86	1.2
≥ 2000	0.5	0.59	0.76	0.95	1.4

28. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.39	0.56	0.77	1
≥ 2000	0.5	0.56	0.68	0.79	1.2

29. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (DI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.42	0.64	0.91	1.2
≥ 2000	0.4	0.52	0.74	1.02	1.4

30. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1e-2	2.66e-2	9.40e-2	0.34	1.5
[1400,2000]	1e-2	2.66e-2	9.40e-2	0.34	1.5
> 2000	1e-2	2.66e-2	9.40e-2	0.34	1.5

31. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1e-2	2.16e-2	6.18e-2	0.17	0.8
[1400,2000]	1e-2	2.16e-2	6.18e-2	0.17	0.8
> 2000	1e-2	2.16e-2	6.18e-2	0.17	0.8

Emissie factoren (3)

32. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type N-wegen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO1 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1e-2	2.22e-2	6.52e-2	0.18	0.7
[1400,2000]	1e-2	2.22e-2	6.52e-2	0.18	0.7
> 2000	1e-2	2.22e-2	6.52e-2	0.18	0.7

33. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO2 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1e-2	1.69e-2	3.45e-2	6.88e-2	0.5
[1400,2000]	1e-2	1.69e-2	3.45e-2	6.88e-2	0.5
> 2000	1e-2	1.69e-2	3.45e-2	6.88e-2	0.5

34. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.36	0.48	0.66	0.8
≥ 2000	0.4	0.46	0.58	0.70	1

35. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.33	0.38	0.43	0.8
≥ 2000	0.4	0.43	0.49	0.53	0.9

36. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.38	0.48	0.60	0.7
≥ 2000	0.4	0.48	0.59	0.71	0.8

37. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1e-2	2.60e-2	8.87e-2	0.32	1.7
[1400,2000]	1e-2	2.60e-2	8.87e-2	0.32	1.7
> 2000	1e-2	2.60e-2	8.87e-2	0.32	1.7

38. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1e-2	2.37e-2	7.40e-2	0.20	0.5
[1400,2000]	1e-2	2.37e-2	7.40e-2	0.20	0.5
> 2000	1e-2	2.37e-2	7.40e-2	0.20	0.5

Emissie factoren (4)

39. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de factor van de NO_x emissie [g/km] voor rittype snelweg ten opzichte van de NO_x emissie [g/km] voor rittype N-wegen voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) met warme motor en een beheerste rijstijl (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 benzine auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.2	1.32	1.56	1.79	2.5
[1400,2000]	1.15	1.23	1.38	1.52	2
> 2000	1.15	1.23	1.38	1.52	2

40. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 benzine auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.15	1.23	1.38	1.52	2
[1400,2000]	1.10	1.16	1.29	1.39	1.8
> 2000	1.05	1.10	1.19	1.26	1.7

41. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.8	0.86	0.98	1.09	1.5
≥ 2000	0.7	0.76	0.88	0.99	1.4

42. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.9	0.99	1.17	1.33	2
≥ 2000	0.8	0.89	1.07	1.25	1.7

43. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.9	0.99	1.17	1.23	2
≥ 2000	0.8	0.89	1.07	1.25	1.7

44. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 lpg auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1.15	1.23	1.38	1.52	2
[1400,2000]	1.15	1.23	1.38	1.52	2
> 2000	1.15	1.23	1.38	1.52	2

45. IDEM voor **EURO2 lpg's auto**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 lpg auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	0.7	0.76	0.88	0.99	1.4
[1400,2000]	1.1	1.16	1.29	1.39	1.8
> 2000	1.0	1.06	1.18	1.29	1.7

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Emissie factoren (3)** en **Emissie factoren (4)**.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een NO _x emissie op N-wegen heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat de factor NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?	0.8
--	------------

2. Afhankelijkheid tussen het **Slag volume** en **Ruimtelijke verdeling van autokilometers** (alleen voor experts die beide gedeelten, Volume en Emissie, doen).

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een slag volume heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat het percentage van de gereden kilometers op de snelweg voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?	0.75
---	-------------

Appendix H: Rationale and assessments of Expert Emission.2 (in dutch)

Agressieve rijstijl

Voor deze vraag is [1] gebruikt. In dit rapport zijn geen gegevens beschikbaar voor benzine/LPG auto's zonder katalysator.

Om tot de kwantielen te komen voor factor waarmee de NO_x emissie verandert voor benzine auto's zonder katalysator zijn eerst de 5% en 95% kwantielen bepaald. Hierbij is gebruik gemaakt van de informatie beschikbaar over benzine auto's met katalysator en het feit dat deze factor voor benzine auto's met katalysator groter geacht wordt dan voor benzine auto's zonder katalysator.

In het algemeen wordt gesteld dat de variëteit van meetresultaten voor auto's met katalysator enorm is.

Voor benzine auto's met katalysator is de informatie uit [1]. Vanuit de mediaan waarden zijn de 5% en 95% kwantielen bepaald. In het bepalen van de 5% en 95% kwantielen is rekening gehouden met het feit dat de ene auto gevoeliger is voor agressief rijden dan de andere auto.

Omdat diesel auto's stabiel zijn onder belastingswisselingen zijn, is het 5%-95% kwantiel interval minder groot dan voor benzine en LPG auto's. De 5% en 95% kwantielen zijn bepaald uitgaande van de mediaan waarde, die op zijn beurt uit [1] gehaald is.

Voor LPG auto's zonder katalysator geldt hetzelfde als benzine auto's zonder katalysator: geen informatie in [1]. Het bepalen van de kwantielen is gebeurd op basis van de kwantielen voor benzine auto's zonder katalysator en LPG auto's met katalysator. Verder is de spreiding groter verondersteld vanwege het geringe aantal meetwaarden en de grote spreiding tussen de beschikbare meetwaarden.

Air-conditioning

Ook hiervoor is [2] gebruikt. Het effect ten gevolgen van air conditioning wordt onafhankelijk van gewicht gesteld, omdat zwaardere auto's vaak duurdere auto's zijn met duurdere/betere katalysatoren. De schattingen voor de 5% en 95% kwantielen zijn bepaald uitgaande van de mediaan. Voor benzine is voldoende informatie in [1] aanwezig en voor diesel auto's is aangenomen ze heel stabiel zijn en dat ze even stabiel zijn als de air conditioning aan staat; de data in [2] bevestigt deze aanname. Voor LPG auto's is weinig informatie beschikbaar en derhalve zijn de kwantielen bepaald uitgaande van benzine auto's en is een grotere spreiding aangenomen.

Koude starts

Deze vraag wordt als zeer lastig beschouwd. Het steekproef controle programma van TNO geeft ook data voor koude start. Deze informatie dient als input voor het VERSIT model. Vervolgens kan voor willekeurige aandrijfenergie de emissie ten gevolge van een koude start bepaald worden. Het VERSIT model is gebruikt voor iedere

brandstofsoort/milieuklasse om inzicht te krijgen in het spreiding binnen de verschillende gewichtsklassen. Op basis van deze analyses zijn de kwantiel punten bepaald. Ook hier geldt dat de aanwezige meetwaarden voor LPG auto's uit het steekproef controle model zeer gering is, dit leidde tot het specificeren van een grotere onzekerheid voor LPG auto's in vergelijking met benzine en diesel auto's.

Bij een koude start is NO_x niet het enige probleem. Ook CO en HC komt vrij vanwege verrijking en het niet op temperatuur zijn van de katalysator.

Slagvolumes

Om deze vraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van autogidsen in combinatie met de ervaring van de expert. Allereerst zijn de 5%-95% kwantielen bepaald en vervolgens de mediaan en andere kwantielpunten

Emissiefactoren (auto's zonder katalysator)

Om tot de onzekerheidsverdelingen te komen is gebruik gemaakt van het VERSIT model. De input van het VERSIT model zijn de gegevens van het steekproef controle programma vanaf 1985.

Op basis van de slagvolume categoriën, zijn representatieve gewichten voor auto's bepaald. Deze gewichten zijn vertaald naar aandrijfenergieën die als invoer diende voor het VERSIT model. De getallen die uit het VERSIT model kwamen zijn als basis genomen om de verschillende kwantiel punten te bepalen, waarbij de 5% en 95% ook nog bepaald zijn op basis van expertise.

Voertuigen zonder katalysator hebben een hogere uitstoot van NO_x, maar zijn stabielier. Vandaar dat de spreiding van voertuigen zonder katalysator minder is dan de spreiding van voertuigen met katalysator.

De overwegingen die mee zijn genomen aangaande rittype zijn als volgt:

- Binnen de bebouwde kom: optrekken en afremmen, kortom een hogere dynamiek.
- N-wegen: stabiele snelheid, rolweerstand en luchtweerstand.
- Snelwegen: hogere snelheid, hogere luchtweerstand.

Emissiefactoren (auto's met katalysator binnen de bebouwde kom)

Dezelfde werkwijze is gehanteerd als voor **Emissiefactoren (auto's zonder katalysator)**, alleen nu voor auto's met katalysator en binnen de bebouwde kom. Verder zijn de auto's in het steekproef controle model minimaal 1 jaar oud.

Emissiefactoren (auto's met katalysator op N-wegen)

Dezelfde werkwijze is gehanteerd als voor **Emissiefactoren (auto's met katalysator binnen de bebouwde kom)**, alleen nu voor N-wegen.

Emissiefactoren (auto's met katalysator op de snelweg)

De VERSIT uitkomsten van een bepaalde auto voor snelwegen en N-wegen zijn op elkaar gedeeld en op deze manier is inzicht verkregen in de spreiding. De werkwijze was

om het slagvolume te vertalen naar een gewicht, op basis waarvan een aandrijfenergie bepaald wordt wat als invoer diende voor VERSIT. De uitkomsten van het VERSIT werden getoest aan de resultaten uit [1]. De 5% en 95% kwantiel punten zijn op basis van expertise en uitkomsten van de analyse bepaald. Er is geen afname naarmate het slagvolume groter wordt, omdat een lichte auto meer vatbaar is voor belastingveranderingen wat leidt tot hogere temperaturen en dus hogere NOx emissie. Voor Diesel is geen onderscheid gemaakt naar slagvolume klasse.

Afhankelijkheid tussen Emissiefactoren:

Er bestaat de mogelijkheid dat de factor NOx emissie snelweg/NOx emissie N-wegen het niet altijd groter dan de mediaan is als de NOx emissie N-wegen groter dan de mediaan is, het kan ook lager zijn. Om dit te ondersteunen wordt gerefereerd naar Figuur 1 uit [2], waarin de willekeur aangegeven is van hoe de NOx emissie kan afnemen cq. toenemen.

Referenties:

- [1] Gense, N.L.J.. Driving style, fuel consumption and tail pipe emissions. TNO rapport OO.OR.VM.021.1/NG, Delft, Maart 2001.
- [2] Gense, R., van de Burgwal, E. en Bremmers, D.. Emissies en files – Bepalen van emissiefactoren. Eindrapportage fase 2. TNO rapport 01.OR.VM.043.1/NG. Delft 2001.
- [3] Cooke, R.M., Kraan B.C.P.. Verantwoording bij de Elicitatievragen Emissie NOx onzekerheidsanalyse. Bijgeleverd bij elicitatievragen.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een **willekeurige benzine auto zonder katalysator** en warme motor, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] verandert door een agressieve rijstijl ten opzichte van een beheerste rijstijl voor verschillende rit-typen (een factor 2 betekent een verdubbeling)?

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	0.75	1	1.6	1.8	2
N-wegen	0.75	1	1.4	1.75	2
Snelwegen	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5

2. IDEM voor **willekeurige benzine auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1	2.5	3	4.5	6
N-wegen	1	1.4	1.75	3	4
Snelwegen	1	1.1	1.2	1.75	2.5

3. IDEM voor **willekeurige diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor diesel auto				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.25	1.75	2	2.5	3
N-wegen	1.25	1.75	2	2.25	2.5
Snelwegen	1.25	1.4	1.5	1.75	2

4. IDEM voor **willekeurige lpg auto zonder katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	0.75	1.25	1.6	2.5	4
N-wegen	0.75	1.2	1.4	2.25	3.5
Snelwegen	0.9	1.1	1.2	1.75	2.5

5. IDEM voor **willekeurige lpg auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1	2.5	3.5	5	8
N-wegen	1	1.5	2	3.5	6
Snelwegen	1	1.1	1.5	2.5	4

Air-conditioning

6. Gegeven een **willekeurige benzine auto** met katalysator met air-conditioning, warme motor en een beheerste rijstijl, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] verandert bij gebruik van de air-conditioning ten opzichte van geen gebruik (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een benzine auto met katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.25	1	1.25	1.75	2.5
[850,1150]	0.25	1	1.25	1.75	2.5
> 1150	0.25	1	1.25	1.75	2.5

7. IDEM voor **diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een willekeurige diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1	1.25	1.5	1.75	2
≥1150	1	1.25	1.5	1.75	2

8. IDEM voor **lpg auto**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.25	1	1.25	2.25	3
≥1150	0.25	1	1.25	2.25	3

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto zonder katalysator**, wat is de totale NO_x-emissie [g] gedurende de eerste 5 minuten na een koude start verminderd met de totale NO_x-emissie gedurende de eerste 5 minuten na een warme start.

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor benzine auto zonder katalysator [g]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
[850,1150]	0.5	0.8	1.1	1.3	1.5
> 1150	0.75	1.2	1.5	1.8	2

10. IDEM voor **willekeurige EURO1 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.5	0.7	0.8	1	1.25
[850,1150]	0.5	0.75	1	1.25	1.5
> 1150	0.75	1	1.25	1.6	2

11. IDEM voor **willekeurige EURO2 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.25	0.4	0.5	0.75	1
[850,1150]	0.35	0.5	0.6	0.8	1
> 1150	0.5	0.6	0.7	1	1.25

12. IDEM voor **willekeurige PRE-EURO diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een PRE-EURO diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.15	0.25	0.3	0.4	0.5
≥ 1150	0.25	0.4	0.5	0.6	0.75

13. IDEM voor **willekeurige EURO1 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.15	0.25	0.3	0.4	0.5
≥ 1150	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

14. IDEM voor **willekeurige EURO2 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.15	0.25	0.3	0.4	0.5
≥ 1150	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

Koude starts

15. IDEM voor een willekeurige EURO 2 diesel auto (directe injectie)

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO 2 diesel auto (DI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.15	0.25	0.3	0.4	0.5
≥ 1150	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

16. IDEM voor een willekeurige lpg auto zonder katalysator

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een lpg auto zonder katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.5	0.75	1	1.5	1.75
≥ 1150	0.75	1	1.5	1.75	2

17. IDEM voor een willekeurige EURO1 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO1 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.25	1.75	2.5	1.75	3
≥ 1150	1.5	2	3	3.25	3.5

18. IDEM voor een willekeurige EURO2 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO2 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.35	0.55	0.75	1	1.5
≥ 1150	0.5	0.9	1.25	1.5	2

Slagvolumes

19. Voor **willekeurige benzine auto's** uit het personenautopark in 1998, wat is het slagvolume [in kubieke centimeters; cc] per gewichtsklasse?

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	650	800	1000	1100	1250
[850,1150]	1000	1400	1600	1750	2000
> 1150	1400	1800	2000	2200	3000

20. IDEM voor **willekeurige diesel auto's (indirect of directe injectie)**

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1500	1650	1800	1900	2000
≥ 1150	1800	1900	2000	2500	3000

21. IDEM voor **willekeurige lpg auto's**

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1400	1650	1700	1850	2000
≥ 1150	1600	1800	2000	2200	3000

Emissie factoren (1)

22. Voor **benzine auto's zonder katalysator**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor verschillende rit-typen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1	1.3	1.5	1.8	2
[1400,2000]	1.3	1.6	1.8	2.1	2.5
> 2000	1.7	2	2.25	2.5	3
NO _x [g/km] op N-wegen voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.75	1.1	1.25	1.6	1.75
[1400,2000]	1	1.4	1.6	1.8	2
> 2000	1.5	1.8	2	2.2	2.5
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	2	2.25	3	3.5	4
[1400,2000]	2.5	2.75	3.5	4	4.5
> 2000	3.5	3.75	4.5	5	5.5

23. IDEM voor **PRE-EURO dieselauto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.75	0.9	1	1.25	1.5
≥ 2000	0.9	1.1	1.25	1.5	1.75
NO _x [g/km] op N-wegen voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.65	0.8	0.9	1.15	1.4
≥ 2000	0.8	1	1.15	1.4	1.65
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	2	2.25	2.5	2.75	3.25
≥ 2000	2.5	2.75	3	3.25	3.75

24. IDEM voor **lpg auto's zonder katalysator**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.75	0.85	1	1.25	1.5
[1400,2000]	1	1.25	1.5	1.75	2
> 2000	1.25	1.5	1.75	2	2.25
NO _x [g/km] op N-wegen voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.75	0.85	1	1.25	1.5
[1400,2000]	0.85	0.95	1.2	1.5	1.75
> 2000	1	1.25	1.5	1.75	2
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.5	1.75	2	2.25	2.75
[1400,2000]	2	2.25	2.5	2.8	3.25
> 2000	1.25	2.5	2.75	3.2	3.75

Emissie factoren (2)

25. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type binnen de bebouwde kom met warme motor en een beheerste rijstijl?

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO1 benzine auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.2	0.25	0.3	0.6	1
[1400,2000]	0.2	0.25	0.3	0.65	1
> 2000	0.2	0.3	0.35	0.7	1

26. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO2 benzine auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	5e-2	8e-2	0.1	0.3	0.5
[1400,2000]	5e-2	8e-2	0.1	0.35	0.5
> 2000	5e-2	0.1	0.15	0.4	0.6

27. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.5	0.65	0.75	1	1.25
≥ 2000	0.65	0.85	1	1.25	1.5

28. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.4	0.55	0.7	0.8	1
≥ 2000	0.4	0.6	0.8	0.95	1

29. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (DI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.5	0.7	0.8	1	1.25
≥ 2000	0.5	0.75	0.9	1.05	1.25

30. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 lpg auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	0.4	0.5	0.6	0.9	1.25
[1400,2000]	0.4	0.6	0.8	1	1.35
> 2000	0.5	0.7	1	1.25	1.5

31. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

Slagvolume	NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 lpg auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	0.1	0.15	0.2	0.5	0.75
[1400,2000]	0.1	0.15	0.25	0.5	0.75
> 2000	0.15	0.2	0.3	0.65	1

Emissie factoren (3)

32. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type N-wegen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO1 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.15	0.18	0.2	0.4	0.7
[1400,2000]	0.15	0.18	0.2	0.4	0.7
> 2000	0.15	0.2	0.25	0.45	0.7

33. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO2 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	5e-2	7e-2	0.1	0.2	0.3
[1400,2000]	5e-2	7e-2	0.1	0.2	0.3
> 2000	5e-2	7e-2	0.1	0.2	0.3

34. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.4	0.5	0.7	1
≥ 2000	0.3	0.4	0.5	0.8	1.25

35. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.2	0.35	0.5	0.6	0.8
≥ 2000	0.2	0.35	0.5	0.7	1

36. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.3	0.4	0.5	0.7	1
≥ 2000	0.3	0.4	0.5	0.8	1.25

37. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	0.3	0.4	0.5	0.75	1
[1400,2000]	0.3	0.45	0.6	0.8	1
> 2000	0.4	0.55	0.7	0.9	1.1

38. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	0.1	0.15	0.2	0.5	0.75
[1400,2000]	0.1	0.15	0.25	0.5	0.75
> 2000	0.1	0.2	0.3	0.65	1

Emissie factoren (4)

39. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de factor van de NO_x emissie [g/km] voor rittype snelweg ten opzichte van de NO_x emissie [g/km] voor rittype N-wegen voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) met warme motor en een beheerste rijstijl (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 benzine auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.1	1.15	1.25	1.35	1.5
[1400,2000]	1.05	1.08	1.1	1.2	1.3
> 2000	1	1.03	1.05	1.15	1.25

40. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 benzine auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.1	1.15	1.25	1.35	1.5
[1400,2000]	1.05	1.08	1.1	1.2	1.3
> 2000	1.05	1.08	1.1	1.2	1.3

41. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	1.25	1.5	2	2.5	3
≥ 2000	1.25	1.5	2	2.5	3

42. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	1.25	1.5	2	2.5	3
≥ 2000	1.25	1.5	2	2.5	3

43. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	1.25	1.5	2	2.5	3
≥ 2000	1.25	1.5	2	2.5	3

44. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 lpg auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1.25	1.35	1.5	1.75	2
[1400,2000]	1.2	1.35	1.4	1.7	2
> 2000	1.15	1.2	1.25	1.55	1.75

45. IDEM voor **EURO2 lpg's auto**

Slagvolume	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 lpg auto's				
	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	1.3	1.5	1.75	2	2.25
[1400,2000]	1.25	1.4	1.6	1.85	2.1
> 2000	1.2	1.35	1.5	1.75	2

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Emissie factoren (3)** en **Emissie factoren (4)**.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een NO _x emissie op N-wegen heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat de factor NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?
--

0.5

Appendix I: Rationale and assessments of Expert Emission.3 (in dutch)

Agressieve rijstijl

Uitgangspunt waren meetwaarden gerapporteerd in verschillende studies [1],[2],[3]. Op basis van een kritische inspectie van deze meetwaarden heeft de expert de strategie van eerst de 5% en 95% kwantielpunten te bepalen en vervolgens de 25%, 50% en 75% kwantielpunten, daarbij aangenomen dat de onderliggende dichtheden scheef naar rechts zijn.

De informatie beschikbaar voor auto's zonder katalysator is in de vorm van 1 auto die 18 ritten heeft gereden (6 ritten binnen de bebouwde kom, 6 ritten op N-wegen en 6 ritten op de snelweg). De verlaging van het 25% kwantiel, mediaan en 75% kwantiel van snelwegen ten opzichte van de andere rit-typen wordt verklaard door dat er meer NO_x uitstoot is door een rijstijl van veel optrekken en opremmen dan een meer uniformere rijstijl (minder NO_x uitstoot) welke typisch is voor de snelweg. De 5% en 95% kwantielen zijn bepaald door deels expertise en deels door te kijken naar soortgelijke benzine auto's met katalysator.

De expert geeft aan dat een dynamische rijstijl van een EURO1 benzine en LPG auto anders is dan een EURO2 auto; gemiddeld gezien functioneert het regelsysteem van de katalysator beter bij een EURO2 auto dan bij een EURO1 auto. Er is meer informatie aanwezig voor auto's met katalysator, derhalve heeft de expert de standaard deviatie kunnen bepalen. Verder geeft de expert aan dat een agressieve rijstijl van meer invloed is op auto's met katalysator, omdat agressieve rijstijl resulteert in een minder efficiënte werking van het regelsysteem van de katalysator. Verder heeft de hogere temperatuur van de motor een grotere uitstoot van NO_x tot gevolg. De 5% en 95% kwantielen zijn bepaald door de berekende standaard deviatie en de minimale en maximale waarden. Voor snelwegen is het gedrag van auto's met katalysator niet zo duidelijk als voor auto's zonder katalysator, derhalve geen verlaging van het 25% kwantiel en de mediaan.

Voor diesel auto's is weinig informatie beschikbaar. Wel is bekend dat de uitstoot van NO_x minder gevoelig is voor rijstijl voor diesel motoren. Omdat ook voor diesel auto's maar meetgegevens voor verschillende rittypen voor 1 auto beschikbaar waren is een soortgelijke benadering gebruikt als voor benzine auto's zonder katalysator.

Voor LPG auto's heeft de expert geen schattingen gegeven, omdat dit niet onder zijn expertise valt.

Air-conditioning

Dit wordt als een moeilijke vraag gezien. De referenties gebruikt zijn [4], [5], [6]. Men zou denken dat het gebruik van air-conditioning tot meer verbruik zou leiden en dus tot meer NO_x uitstoot, maar vanwege de geregelde driewegkatalysator bij benzine en LPG auto's wordt er een stuk van het surplus afgebroken en vandaar dat de stijging van NO_x emissie voor deze auto's minder snel is dan voor auto's zonder katalysator. De toename van de NO_x-emissies door air-conditioning is groter voor diesel auto's dan voor benzine auto's, zie [5].

Uit een onderzoek van TNO volgde dat de uitstoot van NO_x door gebruik van airconditioning toeneemt met 60%, zie [4]. De expert acht dit, op basis van [6], te pessimistisch.

Er is geen rekening gehouden gewichtsafhankelijkheid, omdat zwaardere benzine en LPG auto's uitgerust zijn met katalysatoren met een aangepaste capaciteit voor de conversie van de uitlaatgassen.

Op basis van de informatie in de referenties zijn de kwantielen bepaald. Het verschil in mediaan-waarden voor benzine en diesel auto's volgt uit de referenties.

Koude Starts

De beschikbare informatie voor deze vraag bestaat uit 2 onderdelen:

1. VITO metingen .
2. Computermodellen (TEMAT; emissiefunctie van MEET).

Voor de benzine auto's zonder katalysator zijn VITO metingen bekend voor 1 auto. Deze auto is verschillende keren gemeten. Op basis van 1. en 2. zijn de kwantielen bepaald voor benzine auto's zonder katalysator en benzine EURO1 auto's. De min-tekens voor benzine auto's zonder katalysator zijn het gevolg van dat de expert de NO_x uitstoot lager acht bij een koude start dan bij een warme start.

Voor benzine EURO2 auto's geldt dat de motortechnologie en katalysator beter is dan bij EURO1 auto's. Volgens de MEET methodologie is de reductie van NO_x uitstoot van een EURO2 auto 55% minder dan die van een EURO1 auto. De expert geeft aan dat dit een te optimistisch beeld is en dat het realistischer is om 44% (=0.8*55%) reductie te beschouwen. Derhalve om tot EURO2 kwantielen te komen zijn de EURO1 kwantielen met 0.54 (=1-0.44) vermenigvuldigd. Vervolgens zijn de resultaten nader bekeken en hier en daar aangepast.

Voor diesel auto's is een analoge manier als voor benzine auto's gebruikt. Het verschil was dat er minder meetgegevens beschikbaar waren en dat het accent meer op de computerberekeningen kwam te liggen. Verder is het effect van een koude start voor diesel motoren minder dan voor benzine motoren. De expert geeft aan dat voor benzine motoren met katalysator de opwarmingsfase heel belangrijk is, dit geldt niet voor PRE-EURO en EURO1 diesel auto's. Verder merkt de expert op dat het effect koude start voor de EURO3 en EURO4 diesel auto's belangrijker wordt, daarom zal er in de toekomst meer aandacht moeten besteed worden aan het effect koude start van diesel motoren. Volgens de MEET methodologie is de reductie van NO_x uitstoot van een EURO2 auto 40% minder dan die van een EURO1 auto. Net als voor de benzine auto's geeft de expert aan dat dit een te optimistische schatting is. De expert vindt 32% (=0.8*40%) realistischer, dus de kwantielen van EURO2 zijn bepaald door de EURO1 kwantielen met 0.68 (=1-0.32) te vermenigvuldigen. Vervolgens zijn de resultaten nader bekeken en hier en daar aangepast.

Emissiefactoren

De informatie gebruikt om deze vraag te beantwoorden is, vroegere metingen, het computermodel TEMAT en gegevens van het CBS.

De kwantielen zijn bepaald door de strategie van eerst de 5% en 95% kwantielen te bepalen en vervolgens de overigen. Het computermodel TEMAT heeft snelheidsafhankelijke invoerparameters. Om de verschillende rittypen te simuleren zijn een aantal verschillende snelheidsafhankelijke invoerparameters gekozen; de keuze van de verschillende waarden is gebaseerd op de default invoerparameter waarden. Op basis van de TEMAT uitvoer zijn, gebruikmakend van de eerder genoemde strategie, de kwantielen bepaald. Opgemerkt zij dat de mediaan groter genomen is dan het gemiddelde.

Voor auto's met een slagvolume tussen [1400,2000] zijn de kwantielen bepaald aan de hand van metingen, TEMAT uitvoer en CBS gegevens. Om tot de kwantielen te komen voor auto's met een slagvolume <1400 zijn de kwantielen behorende bij [1400-2000] vermenigvuldigd met een 'correctiefactor' die bepaald is met behulp van TEMAT; de correctiefactor voor een rittype is het quotiënt van de default uitkomst van TEMAT voor <1400 en de default uitkomst van TEMAT voor [1400,2000] van het rittype. Gebruikmakend van de juiste correctiefactor zijn de kwantielen van auto's met een slagvolumen van > 2000 bepaald. Voor auto's zonder katalysator merkt de expert op dat auto's met een slagvolume >2000 beter functioneren (minder NO_x emitteren) dan auto's met een slagvolume van [1400,2000]. Deze aanpak werd gebruikt voor alle milieuklassen.

Voor diesel auto's is een soortgelijke aanpak genomen als voor benzine auto's. Allereerst worden op basis van de beschikbare informatie de kwantielen voor auto's met een slagvolume <2000 bepaald. Vervolgens zijn de correctiefactor op basis van TEMAT en het CBS bepaald. Het gemiddelde van deze correctiefactoren is genomen om tot de kwantielen voor auto's met een slagvolume >2000 te komen. Deze aanpak werd gebruikt voor alle milieuklassen.

Referenties:

- [1] I. de Vlieger, G. Lenaers. Emissies – en verbruiksmetingen aan benzinewagens in reële omstandigheden. VITO rapport ABS.RA9601, 1996.
- [2] I. de Vlieger. On-board emission and fuel consumption measurement campaign on petrol-driven passenger cars. Atmospheric Environment, vol. 31 nr. 2, pp 3753-3761, 1997.
- [3] I. de Vlieger, D. de Keukeleere, J.G. Kretzschmar. Environmental effects of driving behavior and congestion related to passenger cars. Atmospheric Environment, vol. 34 nr. 27, pp 4649-4655, 2000.
- [4] RIVM colloquium. Verkeer, Milieu en Techniek. Juni 2000, pp 283-356.
- [5] ADEME, UTAC, ARMINES. La climatisation automobile impacts énergétiques et environnementaux: premier contact, synthèse. 1996.

[6] VITO metingen bij CLE op VW Polo (EURO4 benzine) en Skoda Octavia (EURO3 diesel), 2001.

[7] Mondeling contacten met L. Pelkmans.

[8] Resultaten TEMAT-model inzake emissiefactoren koude start. MEET Methodologie, 1999.

Agressieve rijstijl

1. Gegeven een **willekeurige benzine auto zonder katalysator** en warme motor, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] veranderd door een agressieve rijstijl ten opzichte van een beheerste rijstijl voor verschillende rit-typen (een factor 2 betekent een verdubbeling)?

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.00	1.20	1.50	2.00	3.00
N-wegen	1.00	1.20	1.50	2.00	3.00
Snelwegen	1.00	1.10	1.30	1.50	3.00

2. IDEM voor **willekeurige benzine auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor benzine auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.00	1.20	1.50	2.50	4.00
N-wegen	1.00	1.20	1.50	2.50	4.00
Snelwegen	1.00	1.20	1.50	2.00	4.00

3. IDEM voor **willekeurige diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor diesel auto				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	1.00	1.20	1.50	2.50	3.00
N-wegen	1.00	1.20	1.50	2.50	3.00
Snelwegen	1.00	1.20	1.30	1.50	3.00

4. IDEM voor **willekeurige lpg auto zonder katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (zonder katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N-wegen	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Snelwegen	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

5. IDEM voor **willekeurige lpg auto met katalysator**

	Factor van NO _x verandering voor agressieve rijstijl en beheerste rijstijl voor lpg auto (met katalysator)				
Rit-type	5%	25%	50%	75%	95%
Bebouwde kom	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N-wegen	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Snelwegen	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Air-conditioning

6. Gegeven een **willekeurige benzine auto** met katalysator met air-conditioning, warme motor en een beheerste rijstijl, wat is de factor waarmee de NO_x emissie [g/km] verandert bij gebruik van de air-conditioning ten opzichte van geen gebruik (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een benzine auto met katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	1.02	1.05	1.10	1.30	2.00
[850,1150]	1.02	1.05	1.10	1.30	2.00
> 1150	1.02	1.05	1.10	1.30	2.00

7. IDEM voor **diesel auto (indirecte of directe injectie)**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een willekeurige diesel auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	1.05	1.10	1.25	1.50	2.00
≥1150	1.05	1.10	1.25	1.50	2.00

8. IDEM voor **lpg auto**

	Factor van NO _x -verandering [g/km] bij gebruik van air-conditioning ten opzichte van geen gebruik voor een lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
≥1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Koude starts

9. Voor een **willekeurige benzine auto zonder katalysator**, wat is de totale NO_x-emissie [g] gedurende de eerste 5 minuten na een koude start verminderd met de totale NO_x-emissie gedurende de eerste 5 minuten na een warme start.

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor benzine auto zonder katalysator [g]				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	-4.00	-2.00	-1.20	-0.50	0.00
[850,1150]	-3.50	-1.60	-1.00	-0.40	0.00
> 1150	-3.50	-1.60	-1.00	-0.40	0.00

10. IDEM voor **willekeurige EURO1 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.00	1.20	2.00	3.60	7.00
[850,1150]	0.00	1.00	1.70	3.00	6.00
> 1150	0.00	1.00	1.70	3.00	6.00

11. IDEM voor **willekeurige EURO2 benzine auto**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 benzine auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	0.00	0.70	1.10	2.00	4.00
[850,1150]	0.00	0.60	1.00	1.70	3.40
> 1150	0.00	0.60	1.00	1.70	3.40

12. IDEM voor **willekeurige PRE-EURO diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een PRE-EURO diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.00	0.10	0.30	0.50	1.00
≥ 1150	0.00	0.10	0.30	0.50	1.00

13. IDEM voor **willekeurige EURO1 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO1 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.00	0.10	0.30	0.50	1.00
≥ 1150	0.00	0.10	0.30	0.50	1.00

14. IDEM voor **willekeurige EURO2 diesel auto (indirecte injectie)**

	Verschil [g] tussen totale NO _x -emissie koude start en totale NO _x -emissie warme start voor een EURO2 diesel auto (IDI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.00	0.07	0.20	0.30	0.70
≥ 1150	0.00	0.07	0.20	0.30	0.70

Koude starts

15. IDEM voor een willekeurige EURO 2 diesel auto (directe injectie)

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO 2 diesel auto (DI)				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	0.00	0.10	0.25	0.35	0.70
≥ 1150	0.00	0.10	0.25	0.35	0.70

16. IDEM voor een willekeurige lpg auto zonder katalysator

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een lpg auto zonder katalysator				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
≥ 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

17. IDEM voor een willekeurige EURO1 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO1 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
≥ 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

18. IDEM voor een willekeurige EURO2 lpg auto

	Verschil [g] tussen totale NOx-emissie koude start en totale NOx-emissie warme start voor een EURO2 lpg auto				
Gewicht auto [kg]	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
≥ 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Slagvolumes

19. Voor **willekeurige benzine auto's** uit het personenautopark in 1998, wat is het slagvolume [in kubieke centimeters; cc] per gewichtsklasse?

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 850	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[850,1150]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

20. IDEM voor **willekeurige diesel auto's (indirect of directe injectie)**

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
≥ 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

21. IDEM voor **willekeurige lpg auto's**

Gewicht auto [kg]	Slagvolume [in kubieke centimeters; cc]				
	5%	25%	50%	75%	95%
< 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
≥ 1150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Emissie factoren (1)

22. Voor **benzine auto's zonder katalysator**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor verschillende rit-typen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.00	1.30	1.70	2.50	5.10
[1400,2000]	1.20	1.50	2.00	3.00	6.00
> 2000	1.80	2.20	2.90	4.40	8.80
NO _x [g/km] op N-wegen voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.90	1.40	2.00	2.70	4.50
[1400,2000]	1.00	1.50	2.20	3.00	5.00
> 2000	1.10	1.70	2.50	3.40	5.70
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor benzine auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.10	1.60	2.40	3.00	3.80
[1400,2000]	2.00	3.00	4.50	5.50	7.00
> 2000	1.80	2.70	4.10	5.00	6.30

23. IDEM voor **PRE-EURO dieselauto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.30	0.50	1.00	2.00	3.00
≥ 2000	0.50	0.80	1.50	3.00	4.50
NO _x [g/km] op N-wegen voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.25	0.45	0.70	1.50	2.50
≥ 2000	0.40	0.70	1.10	2.40	4.10
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor pre-Euro dieselauto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.30	0.50	0.90	2.00	3.50
≥ 2000	0.50	0.80	1.40	3.20	5.50

24. IDEM voor **lpg auto's zonder katalysator**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x [g/km] op N-wegen voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NO _x [g/km] bij rit op de snelweg voor lpg auto's zonder katalysator					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Emissie factoren (2)

25. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type binnen de bebouwde kom met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO1 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.15	0.25	0.40	0.70	1.00
[1400,2000]	0.15	0.25	0.40	0.70	1.00
> 2000	0.20	0.33	0.53	0.93	1.33

26. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor een EURO2 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.12	0.20	0.32	0.56	0.80
[1400,2000]	0.12	0.20	0.32	0.56	0.80
> 2000	0.16	0.27	0.43	0.74	1.06

27. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.27	0.45	0.90	1.80	2.70
≥ 2000	0.31	0.52	1.04	2.07	3.11

28. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.21	0.34	0.68	1.37	2.05
≥ 2000	0.24	0.39	0.79	1.57	2.36

29. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 diesel auto's (DI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.24	0.39	0.76	1.57	2.36
≥ 2000	0.27	0.45	0.91	1.81	2.71

30. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO1 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

31. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

NO _x [g/km] binnen de bebouwde kom voor EURO2 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Emissie factoren (3)

32. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de NO_x emissie [g/km] voor de verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) voor rit-type N-wegen met warme motor en een beheerste rijstijl?

NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO1 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	0.10	0.15	0.32	0.49	0.58
[1400,2000]	0.10	0.15	0.33	0.50	0.60
> 2000	0.13	0.19	0.42	0.64	0.77

33. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor een EURO2 benzine auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	8e-2	0.12	0.26	0.39	0.47
[1400,2000]	8e-2	0.12	0.26	0.40	0.48
> 2000	0.10	0.15	0.32	0.51	0.61

34. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.23	0.41	0.63	1.35	2.25
≥ 2000	0.26	0.47	0.72	1.55	2.59

35. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.17	0.31	0.48	1.03	1.71
≥ 2000	0.20	0.35	0.55	1.18	1.97

36. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.20	0.35	0.53	1.18	1.97
≥ 2000	0.23	0.41	0.61	1.36	2.26

37. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO1 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

38. IDEM voor **EURO2 lpg auto's**

NO _x [g/km] op N-wegen voor EURO2 lpg auto's					
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Emissie factoren (4)

39. Voor **EURO1 benzine auto's**, wat is de factor van de NO_x emissie [g/km] voor rittype snelweg ten opzichte van de NO_x emissie [g/km] voor rittype N-wegen voor verschillende slagvolumes (in kubieke centimeters; cc) met warme motor en een beheerste rijstijl (een factor van 2 geeft een verdubbeling aan)?

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.00	2.00	2.80	3.40	4.00
[1400,2000]	1.00	1.90	2.50	3.30	4.00
> 2000	1.00	1.90	2.10	3.20	4.00

40. IDEM voor **EURO2 benzine auto's**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 benzine auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 1400	1.00	2.00	2.80	3.40	4.00
[1400,2000]	1.00	1.90	2.50	3.30	4.00
> 2000	1.00	1.90	2.10	3.20	4.00

41. IDEM voor **EURO1 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.80	1.10	1.30	1.80	3.00
≥ 2000	0.80	1.10	1.30	1.80	3.00

42. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (indirecte injectie)**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (IDI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	0.80	1.10	1.30	1.80	3.00
≥ 2000	0.80	1.10	1.30	1.80	3.00

43. IDEM voor **EURO2 diesel auto's (directe injectie)**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 diesel auto's (DI)				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
< 2000	1.00	1.30	1.80	2.50	3.50
≥ 2000	1.00	1.30	1.80	2.50	3.50

44. IDEM voor **EURO1 lpg auto's**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO1 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

45. IDEM voor **EURO2 lpg's auto**

	NO _x emissie snelweg/ NO _x emissie N-wegen voor EURO2 lpg auto's				
Slagvolume	5%	25%	50%	75%	95%
<1400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
[1400,2000]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
> 2000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Afhankelijkheden

1. Afhankelijkheid tussen de **Emissie factoren (3)** en **Emissie factoren (4)**.

Gegeven dat een auto (met een bepaald gewicht, uit een bepaalde milieuklasse en brandstoftype) een NO_x emissie op N-wegen heeft van boven het 50% kwantiel, wat is de kans dat de factor NO_x emissie snelweg/ NO_x emissie N-wegen voor deze auto ook boven het 50% kwantiel zit?

0.85

Appendix J: 'DM-before' solutions for Volume

Elicitation question	5%	25%	50%	75%	95%
v1_a	2.755	7.187	14.86	21.72	44.94
v1_b	2.332	6.897	14.25	22.63	48.03
v1_c	1.947	6.857	14.32	25.4	54.41
v2_a	2.826	8.361	16.42	23.84	37.46
v2_b	2.819	10.63	17.1	24.71	37.79
v2_c	9.246	14.29	19.59	27.27	41.64
v3_a	1.331	5.761	11.21	19.35	51.35
v3_b	5.971	14.25	21.62	34.19	54.96
v3_c	9.422	23.54	34.49	50.96	71.65
v4_a	6.472	17.89	26.29	33.23	56.73
v4_b	25.71	36.22	44.09	52.92	63.71
v4_c	21.75	38.14	48.97	63.49	77.12
v5_a	6.075	15.23	24.41	38.38	65.38
v5_b	9.422	23.29	36.29	48.12	69.09
v6_a	11.74	27.29	42.35	51.47	67.77
v6_b	22.95	39.1	50.12	58.6	73.82
v7_a	6.863	18.12	29.31	44.43	54
v7_b	8.714	20.86	33.71	45.52	59.36
v8_a	27.45	40.5	46.15	53.28	60
v8_b	14.86	38.84	49.23	57.44	71.95
v9_a	109.3	207.3	389.6	817.5	1493
v9_b	109.6	296.3	462.6	804.9	1485
v9_c	117.2	300.7	422.1	791.6	1476
v10_a	124.8	336.2	480.4	809.8	1487
v10_b	160.2	356.1	468.4	791.8	1476
v11_a	124.8	333.5	472.2	812.2	1492
v11_b	160.2	357.3	470.3	793.1	1476
v12_a	8.892	24.07	38.95	52.73	87.04
v12_b	7.449	20.47	31.43	45.58	79.62
v12_c	5.326	14.42	22.35	36.07	74.02
v13_a	5.242	15.8	24.04	37.76	67.83
v13_b	4.048	13.03	22.5	38.73	66.09
v14_a	6.257	16.31	24.45	37.89	71.73
v14_b	5.242	15.42	23.79	37.76	67.83
v15_a	10	20.35	33.36	51.2	77.6
v15_b	15.53	34.03	44	58.33	83.72
v15_c	17.86	38.37	49.44	67.74	90.53
v16_a	2068	6344	1.039E4	1.745E4	2.435E4
v16_b	2187	7280	1.407E4	2.403E4	2.954E4
v16_c	2241	7608	1.495E4	2.891E4	4.671E4
v17_a	2988	8346	1.289E4	1.857E4	2.71E4

Elicitation variable	5%	25%	50%	75%	95%
v17_c	4692	1.333E4	2.447E4	3.106E4	4.706E4
v18_a	4063	9630	1.465E4	1.951E4	3.137E4
v18_b	5325	1.437E4	2.102E4	2.65E4	4.077E4
v18_c	5898	1.716E4	2.618E4	3.486E4	5.143E4
v19_a	7199	1.642E4	2.474E4	3.612E4	4.705E4
v19_b	7673	1.97E4	2.814E4	4.542E4	6.648E4
v20_a	1.226E4	2.487E4	3.501E4	3.993E4	5.589E4
v20_b	1.264E4	2.865E4	4.032E4	5.278E4	7.416E4
v21_a	1.951E4	3.124E4	3.74E4	4.601E4	6.479E4
v21_b	2.208E4	3.611E4	4.533E4	5.716E4	8.245E4
v22_a	7548	1.607E4	2.065E4	3.557E4	4.65E4
v22_b	7673	1.777E4	2.463E4	4.304E4	6.617E4
v23_a	1.251E4	2.324E4	3.061E4	3.635E4	4.713E4
v23_b	1.274E4	2.412E4	3.591E4	4.452E4	6.644E4
v24_a	1.6E4	3.021E4	3.678E4	4.33E4	5.346E4
v24_b	1.736E4	3.376E4	4.27E4	5.479E4	6.764E4
v25_a	1.176E6	1.832E6	2.161E6	2.331E6	2.673E6
v25_b	1.309E6	2.294E6	2.427E6	2.846E6	3.406E6
v25_c	2.608E5	3.227E5	3.581E5	8.164E5	1.38E6
v26_a	3.043E5	3.916E5	5.659E5	6.623E5	7.186E5
v26_b	4.194E4	5.283E4	1.331E5	2.26E5	2.805E5
v27_a	1.069E5	1.417E5	1.69E5	1.879E5	2.146E5
v27_b	1.155E5	1.793E5	1.918E5	2.114E5	2.841E5
v27_c	1.147E4	2.368E4	3.029E4	8.297E4	2.054E5
v28_a	16.84	47.05	50	62.28	78.46
v28_b	15.93	31.78	46.23	49.12	82.88
v28_c	3.091	4.356	6.05	35.51	81.84
v29_a	16.13	37.88	45.31	48.15	87.75
v29_b	16.78	47.05	50	56.54	83.43
v29_c	4.064	5.17	7.038	35.54	81.84
v30_a	16.17	38.12	44.69	47.69	86.13
v30_b	16.81	48.41	51.17	58.69	86.38
v30_c	5.031	5.951	7.044	38.02	85.71
v31_a	17.81	66.51	78.77	81.76	91.53
v31_b	10.18	15.48	21.14	36.51	72.36
v32_a	17.85	66.57	82.84	85.89	91.96
v32_b	10.12	14.27	17.52	36.3	72.28
v33_a	17.85	66.57	82.84	85.89	91.96
v33_b	10.12	14.27	17.52	36.3	72.28
v34_a	8.899	26.08	36.21	53.59	69.05

Appendix K: 'DM-before' solutions for Emission

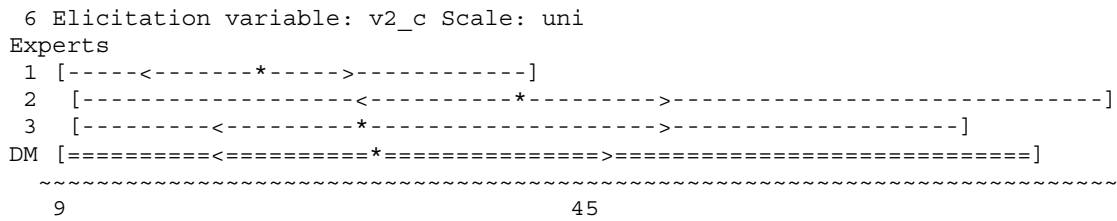
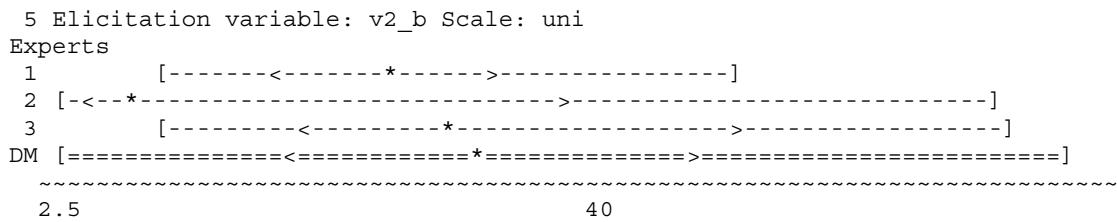
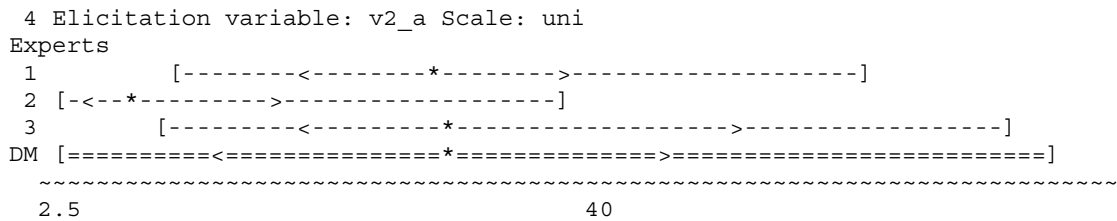
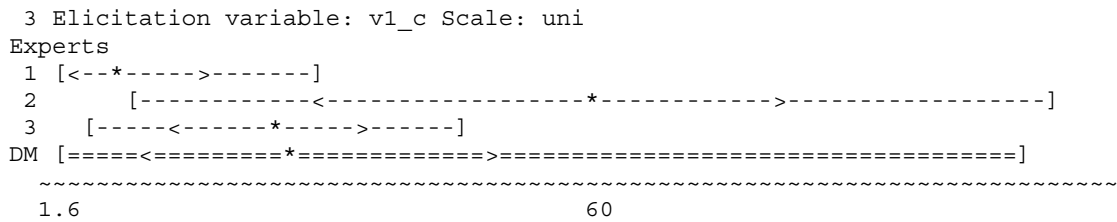
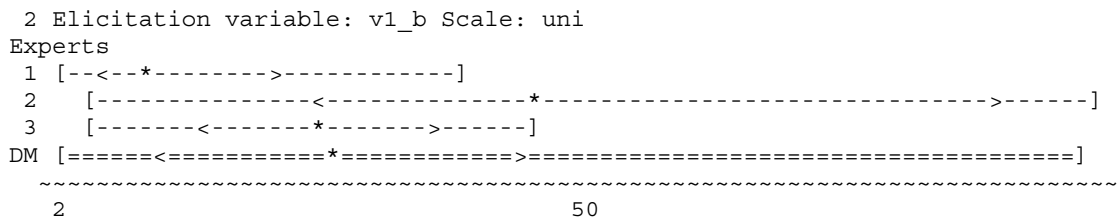
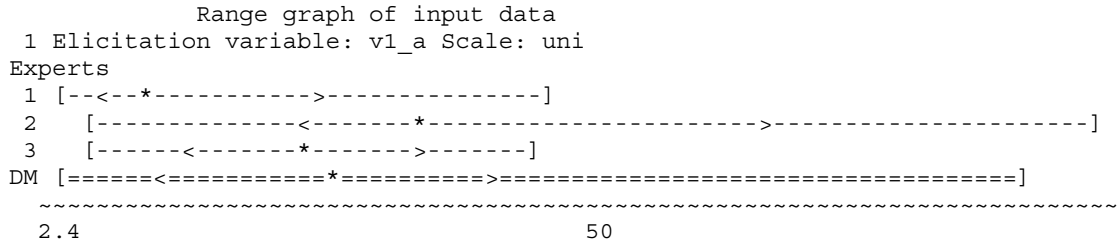
Elicitation variable	5%	25%	50%	75%	95%
e1_a	0.7996	1.226	1.577	1.966	3.581
e1_b	0.8008	1.189	1.478	1.934	3.213
e1_c	0.9253	1.073	1.192	1.351	2.537
e2_a	1.013	1.566	2.668	4.028	7.169
e2_b	1.009	1.329	1.692	3.006	5.333
e2_c	1.004	1.14	1.331	1.789	3.431
e3_a	1.035	1.471	1.94	2.661	4.491
e3_b	1.038	1.464	1.94	2.423	3.658
e3_c	1.039	1.297	1.521	1.961	3.251
e4_a	0.7941	1.317	1.6	2.878	4.76
e4_b	0.7939	1.237	1.481	2.335	3.766
e4_c	0.9172	1.066	1.174	1.503	2.365
e5_a	1.066	2.29	3.333	5	8.643
e5_b	1.021	1.432	1.946	3.788	6.681
e5_c	1.003	1.124	1.414	2.35	3.776
e6_a	0.4446	1.075	1.358	1.913	3.593
e6_b	0.4562	1.075	1.326	1.785	2.798
e6_c	0.4625	1.07	1.237	1.695	2.448
e7_a	1.018	1.208	1.5	1.847	3.586
e7_b	1.016	1.179	1.386	1.786	3.117
e8_a	0.3659	1.154	1.542	2.279	3.367
e8_b	0.3688	1.1	1.293	2.225	3
e9_a	-3.193	0.7107	1.393	2.547	3.123
e9_b	-2.832	0.8205	1.522	3.136	3.943
e9_c	-2.93	1.141	1.946	3.898	4.874
e10_a	0.1805	0.6475	0.9436	3.697	5.699
e10_b	0.1842	0.6961	1.168	3.22	4.91
e10_c	0.2301	0.8702	1.382	3.269	4.934
e11_a	0.08165	0.3413	0.5676	2.117	3.258
e11_b	0.1022	0.409	0.6466	1.82	2.78
e11_c	0.1238	0.5084	0.749	1.845	2.793
e12_a	0.07786	0.2912	0.4976	0.9879	1.154
e12_b	0.1045	0.4375	0.6604	1.157	1.348
e13_a	0.025	0.275	0.4833	0.7917	0.9458
e13_b	0.02857	0.3286	0.55	0.825	0.9625
e14_a	0.02297	0.2671	0.4565	0.6957	0.8154
e14_b	0.02687	0.3185	0.5304	0.7602	0.8751
e15_b	0.03158	0.345	0.5824	0.9512	1.136
e16_a	-2.047	0.693	1.313	3.588	4.119
e16_b	-2.439	0.942	1.659	4.478	5.139
e17_a	0.3191	0.8341	1.389	2.521	2.949

Elicitation variable	5%	25%	50%	75%	95%
e18_a	0.1136	0.2818	0.5246	0.8317	1.413
e18_b	0.136	0.3721	0.7326	1.288	1.905
e19_a	671.9	909.7	1077	1243	1643
e19_b	1031	1400	1633	1818	2157
e19_c	1454	1871	2103	2454	3000
e20_a	1426	1650	1800	1915	2161
e20_b	1718	1900	2000	2521	3000
e21_a	1325	1594	1738	1906	2165
e21_b	1617	1870	2100	2454	3000
e22_1a	0.5046	1.204	1.575	2.192	5.294
e22_1b	0.6304	1.442	1.856	2.6	6.203
e22_1c	0.7713	1.901	2.382	3.468	7.986
e22_2a	0.6587	1.158	1.577	2.436	5.209
e22_2b	0.7803	1.414	1.772	2.735	6.04
e22_2c	0.9064	1.703	2.133	3.125	6.897
e22_3a	1.187	2.133	2.875	3.664	8.565
e22_3b	1.921	2.881	3.857	5.246	10.33
e22_3c	1.928	3.565	4.474	5.399	12.82
e23_1a	0.184	0.4844	0.9037	1.292	2.672
e23_1b	0.2421	0.6668	1.147	1.6	3.977
e23_2a	0.228	0.4689	0.7841	1.145	2.199
e23_2b	0.2548	0.6157	1.006	1.418	3.53
e23_3a	0.3421	0.6871	1.508	2.474	3.248
e23_3b	0.4612	0.8625	2.064	3.061	4.84
e24_1a	0.3359	0.7711	0.98	1.336	2.738
e24_1b	0.4435	1.009	1.413	1.814	3.65
e24_1c	0.5708	1.281	1.685	2.111	4.551
e24_2a	0.4417	0.812	1	1.382	2.76
e24_2b	0.4964	0.9178	1.2	1.625	3.216
e24_2c	0.6537	1.189	1.533	1.941	4.128
e24_3a	0.8784	1.628	2	2.55	5.062
e24_3b	1.004	2.025	2.449	2.998	5.547
e24_3c	1.116	2.297	2.724	3.421	6.034
e25_a	0.02673	0.1776	0.2691	0.5217	0.9644
e25_b	0.02673	0.1776	0.2691	0.5381	0.9663
e25_c	0.02619	0.1926	0.3146	0.6469	1.207
e26_a	0.0143	0.07338	0.178	0.3333	0.7213
e26_b	0.0143	0.07338	0.1816	0.3559	0.7213
e27_a	0.3009	0.5719	0.7532	1.085	2.394
e27_b	0.3518	0.6937	0.9407	1.302	2.759
e28_a	0.2326	0.464	0.646	0.8689	1.823
e28_b	0.2712	0.5638	0.7612	0.9774	2.094
e29_a	0.2638	0.543	0.7705	1.071	2.103

Elicitation variable	5%	25%	50%	75%	95%
e30_a	0.03378	0.2769	0.54	0.8538	1.417
e30_b	0.03378	0.2769	0.6333	0.95	1.44
e30_c	0.03545	0.2803	0.7	1.14	1.5
e31_a	0.01734	0.1149	0.1917	0.4625	0.7782
e31_b	0.01734	0.1149	0.2214	0.4667	0.7782
e31_c	0.01827	0.135	0.2571	0.5471	0.9547
e32_a	0.02503	0.1443	0.2839	0.4985	0.8918
e32_b	0.02503	0.1443	0.2853	0.512	0.9025
e32_c	0.02614	0.1704	0.3325	0.6048	0.9357
e33_a	0.01509	0.07212	0.1348	0.3258	0.4915
e33_b	0.01509	0.07212	0.1364	0.3433	0.4945
e33_c	0.01498	0.08125	0.1555	0.4067	0.5971
e34_a	0.2596	0.4593	0.629	0.9386	1.959
e34_b	0.3029	0.5582	0.7965	1.162	2.261
e35_a	0.2005	0.3724	0.5591	0.7759	1.5
e35_b	0.2332	0.4534	0.6363	0.8982	1.717
e36_a	0.2306	0.4278	0.6024	0.9154	1.725
e36_b	0.268	0.515	0.677	0.9987	1.969
e37_a	0.03298	0.2766	0.5308	0.8789	1.58
e37_b	0.03298	0.2766	0.6571	0.9698	1.594
e37_c	0.03471	0.28	0.7375	1.168	1.624
e38_a	0.01754	0.1149	0.19	0.4077	0.7096
e38_b	0.01754	0.1149	0.2167	0.4143	0.7096
e38_c	0.01827	0.135	0.25	0.4547	0.9363
e39_a	1.076	1.264	1.517	2.4	3.772
e39_b	1.05	1.147	1.367	2.103	3.727
e39_c	1.002	1.103	1.367	1.98	3.693
e40_a	1.067	1.242	1.419	2.259	3.764
e40_b	1.04	1.127	1.286	2.094	3.724
e40_c	1.028	1.101	1.245	1.967	3.688
e41_a	0.8123	1.02	1.357	2.003	2.927
e41_b	0.7228	0.9597	1.318	2	2.926
e42_a	0.8548	1.143	1.476	2.024	2.933
e42_b	0.8193	1.088	1.403	2.01	2.929
e43_a	0.9349	1.215	1.627	2.258	3.243
e43_b	0.8447	1.155	1.543	2.251	3.237
e44_a	1.167	1.322	1.473	1.772	2
e44_c	1.15	1.221	1.362	1.646	1.968
e45_a	0.7192	0.8908	1.343	1.781	2.2
e45_b	1.114	1.27	1.45	1.71	2.059
e45_c	1.015	1.181	1.371	1.61	1.959

Appendix L: Range graphs for Volume

The symbols [and] corresponds to the 0% quantile and 100% quantile, respectively. The 25% and 75% quantile are represented by < and >, respectively. The median is represented by *.



7 Elicitation variable: v3_a Scale: uni
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
1 60

8 Elicitation variable: v3\_b Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
5 60

9 Elicitation variable: v3_c Scale: uni
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
8 75

10 Elicitation variable: v4\_a Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
5 65

11 Elicitation variable: v4_b Scale: uni
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
25 65

12 Elicitation variable: v4\_c Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
20 80

13 Elicitation variable: v5_a Scale: uni
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
5 75

14 Elicitation variable: v5\_b Scale: uni

Experts  
1 [-<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
8 75

15 Elicitation variable: v6_a Scale: uni

Experts
1 [-<---*----->-----]
2 [-<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
10 75

16 Elicitation variable: v6\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
20 75

17 Elicitation variable: v7_a Scale: uni

Experts
1 [-<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
5 55

18 Elicitation variable: v7\_b Scale: uni

Experts  
1 [-<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
8 60

19 Elicitation variable: v8_a Scale: uni

Experts
1 [---<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
25 60

20 Elicitation variable: v8\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
10 75

21 Elicitation variable: v9_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [--<*>]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [====<====*====>=====
~~~~~  
100 1750

22 Elicitation variable: v9\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*->-]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [====<====\*====>=====  
~~~~~  
100 1750

23 Elicitation variable: v9_c Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-<-----*->-]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [====<====*====>=====
~~~~~  
100 1750

24 Elicitation variable: v10\_a Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*->-]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [====<====\*====>=====  
~~~~~  
100 1750

25 Elicitation variable: v10_b Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-<-----*->-]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [====<====*====>=====
~~~~~  
150 1750

26 Elicitation variable: v11\_a Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*->-]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [====<====\*====>=====  
~~~~~  
100 1750

27 Elicitation variable: v11_b Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-<-----*->-]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [====<====*====>=====
~~~~~  
150 1750

28 Elicitation variable: v12\_a Scale: uni

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]

2 [----<-----\*----->-----]

3 [-----<-----\*----->-----]

DM [=====<=====\*=====>=====]

~~~~~  
6 95

29 Elicitation variable: v12_b Scale: uni

Experts

1 [-----<-----*----->-----]

2 [-----<-----*----->-----]

3 [----<----*----->-]

DM [=====<=====*=====>=====]

~~~~~  
5 90

30 Elicitation variable: v12\_c Scale: uni

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]

2 [----<-----\*----->-----]

3 [----<----\*----->-]

DM [=====<=====\*=====>=====]

~~~~~  
4 85

31 Elicitation variable: v13_a Scale: uni

Experts

1 [----<-----*----->-----]

2 [----<-----*----->-----]

3 [----<----*----->-]

DM [=====<=====*=====>=====]

~~~~~  
4 80

32 Elicitation variable: v13\_b Scale: uni

Experts

1 [----<-----\*----->-----]

2 [----<-----\*----->-----]

3 [----<-----\*----->-----]

DM [=====<=====\*=====>=====]

~~~~~  
3 75

33 Elicitation variable: v14_a Scale: uni

Experts

1 [-----<-----*----->-----]

2 [----<-----*----->-----]

3 [----<----*----->-]

DM [=====<=====*=====>=====]

~~~~~  
5 85

34 Elicitation variable: v14\_b Scale: uni

Experts

1 [----<-----\*----->-----]

2 [----<-----\*----->-----]

3 [----<----\*----->-]

DM [=====<=====\*=====>=====]

~~~~~  
4 80

35 Elicitation variable: v15_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
10 80

36 Elicitation variable: v15\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
12 90

37 Elicitation variable: v15_c Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
15 95

38 Elicitation variable: v16\_a Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1500 2.5E4

39 Elicitation variable: v16_b Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1500 3E4

40 Elicitation variable: v16\_c Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1500 5E4

41 Elicitation variable: v17_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
2500 3E4

42 Elicitation variable: v17\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
3000 3.5E4

43 Elicitation variable: v17_c Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
3500 5E4

44 Elicitation variable: v18\_a Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
3500 3.5E4

45 Elicitation variable: v18_b Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
4000 4.5E4

46 Elicitation variable: v18\_c Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
4500 5.5E4

47 Elicitation variable: v19_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
5000 5E4

48 Elicitation variable: v19\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
5000 7E4

49 Elicitation variable: v20_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1E4 6E4

50 Elicitation variable: v20\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1E4 8E4

51 Elicitation variable: v21_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1.8E4 7E4

52 Elicitation variable: v21\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
2E4 9E4

53 Elicitation variable: v22_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
5000 5E4

54 Elicitation variable: v22\_b Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
5000 7E4

55 Elicitation variable: v23_a Scale: uni

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1E4 5E4

56 Elicitation variable: v23\_b Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1E4 7E4

57 Elicitation variable: v24_a Scale: uni
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1.5E4 5.5E4

58 Elicitation variable: v24\_b Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1.5E4 7E4

59 Elicitation variable: v25_a Scale: uni
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1E6 2.75E6

60 Elicitation variable: v25\_b Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1E6 3.5E6

61 Elicitation variable: v25_c Scale: uni
Experts
1 [*>]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
2.5E5 1.5E6

62 Elicitation variable: v26\_a Scale: uni  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
3E5 7.3E5

63 Elicitation variable: v26_b Scale: uni

Experts
1 [<*>-]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-<--*-->---]
DM [====<====*====>====]
~~~~~  
4E4 3E5

64 Elicitation variable: v27\_a Scale: uni

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [====<====\*====>====]  
~~~~~  
1E5 2.2E5

65 Elicitation variable: v27_b Scale: uni

Experts
1 [---<---*--->---]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [---<---*--->---]
DM [====<====*====>====]
~~~~~  
1E5 3E5

66 Elicitation variable: v27\_c Scale: uni

Experts  
1 [<\*>-]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [<-\*>]  
DM [====<====\*====>====]  
~~~~~  
1.06E4 2.5E5

67 Elicitation variable: v28_a Scale: UNI

Experts
1 [<>-]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->---]
DM [====<====*====>====]
~~~~~  
10 85

68 Elicitation variable: v28\_b Scale: UNI

Experts  
1 [<\*>]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [---<---\*--->---]  
DM [====<====\*====>====]  
~~~~~  
10 90

69 Elicitation variable: v28_c Scale: UNI

Experts
1 *>]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [<*>]
DM [<*====>====]
~~~~~  
3 90

70 Elicitation variable: v29\_a Scale: UNI

Experts

```

1           [<*>]
2 [-----<-----*----->-----]
3           [-<*->-]
DM [=====*>=====]
~
10                               95

```

71 Elicitation variable: v29\_b Scale: UNI

Experts

```

1           [<*>]
2 [-----<-----*----->-----]
3           [-<*->-]
DM [=====*>=====]
~
10                               90

```

72 Elicitation variable: v29\_c Scale: UNI

Experts

```

1 *]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [<*>]
DM [<*>=====]
~
4                               90

```

73 Elicitation variable: v30\_a Scale: UNI

Experts

```

1           [<*>]
2 [-----<-----*----->-----]
3           [-<*->-]
DM [=====*>=====]
~
10                               90

```

74 Elicitation variable: v30\_b Scale: UNI

Experts

```

1           [<*>]
2 [-----<-----*----->-----]
3           [-<*->-]
DM [=====*>=====]
~
10                               90

```

75 Elicitation variable: v30\_c Scale: UNI

Experts

```

1 *]
2 [-----<-----*----->-----]
3 <*>]
DM <*>=====]
~
5                               90

```

76 Elicitation variable: v31\_a Scale: UNI

Experts

```

1           [--<--*-->--]
2 [-----<-----*----->-----]
3           [*>-]
DM [=====*>=====]
~
10                               95

```

77 Elicitation variable: v31\_b Scale: UNI

Experts

1 [<-\*----->-----]

2 [-----<-----\*----->-----]

3 [-<\*->-]

DM [====<====\*====>====]

~~~~~  
10 80

78 Elicitation variable: v32_a Scale: UNI

Experts

1 [-----<---*-->]

2 [-----<-----*----->-----]

3 [-<-*>]

DM [====<====*====>====]

~~~~~  
10 95

79 Elicitation variable: v32\_b Scale: UNI

Experts

1 [<-\*----->-----]

2 [-----<-----\*----->-----]

3 [-<\*->-]

DM [====<====\*====>====]

~~~~~  
10 80

80 Elicitation variable: v33_a Scale: UNI

Experts

1 [-----<---*-->]

2 [-----<-----*----->-----]

3 [-<-*>]

DM [====<====*====>====]

~~~~~  
10 95

81 Elicitation variable: v33\_b Scale: UNI

Experts

1 [<-\*----->-----]

2 [-----<-----\*----->-----]

3 [-<\*->-]

DM [====<====\*====>====]

~~~~~  
10 80

82 Elicitation variable: v34_a Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----*----->-----]

2 [-----<-----*----->-----]

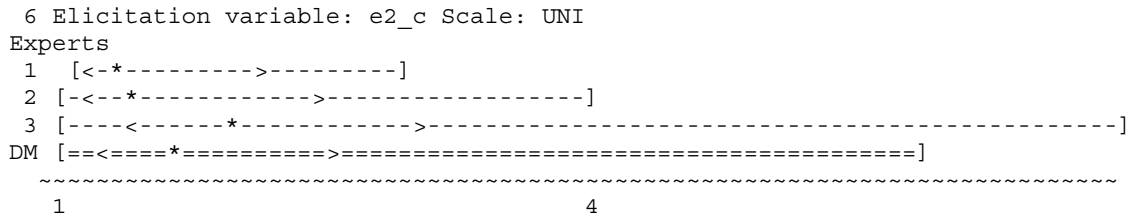
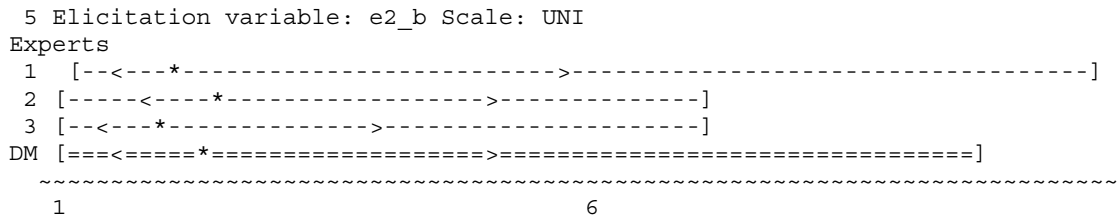
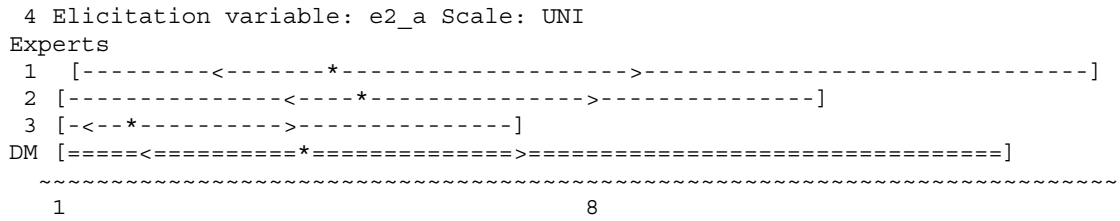
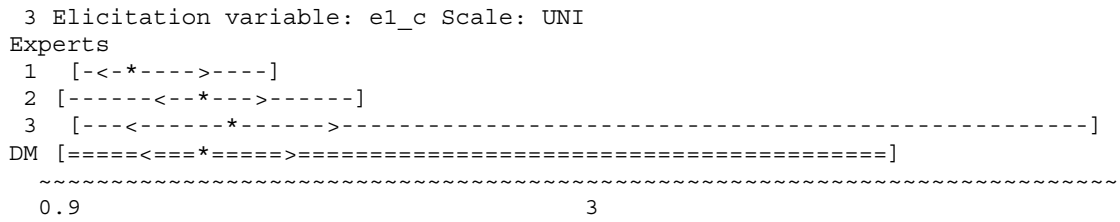
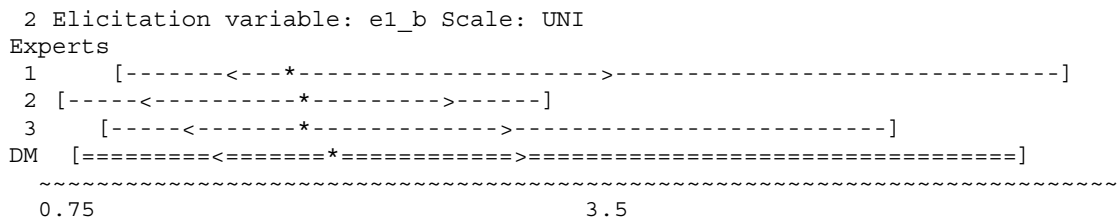
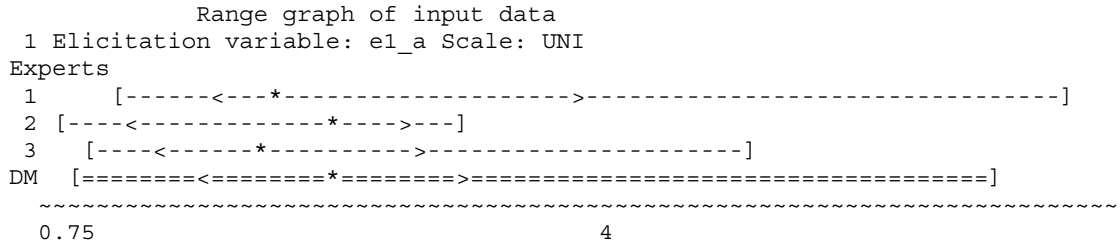
3 [-----<-----*----->-----]

DM [====<====*====>====]

~~~~~  
5 70

### Appendix M: Range graphs for emission

The symbols [ and ] corresponds to the 0% quantile and 100% quantile, respectively. The 25% and 75% quantile are represented by < and >, respectively. The median is represented by \*.





7 Elicitation variable: e3\_a Scale: UNI  
Experts  
1 [-----<----\*----->-----]  
2 [-----<----\*----->-----]  
3 [--<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1 5

8 Elicitation variable: e3_b Scale: UNI
Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
1 4

9 Elicitation variable: e3\_c Scale: UNI  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<---\*----->-----]  
3 [-----<---\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1 3.5

10 Elicitation variable: e4_a Scale: UNI
Experts
1 [-----<---*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
0.75 5

11 Elicitation variable: e4\_b Scale: UNI  
Experts  
1 [-----<---\*----->-----]  
2 [-----<---\*----->-----]  
3 [-----<---\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.75 4

12 Elicitation variable: e4_c Scale: UNI
Experts
1 [-<---*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
0.9 2.5

13 Elicitation variable: e5\_a Scale: UNI  
Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
1 9

14 Elicitation variable: e5_b Scale: UNI

Experts
1 [----<--*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3
DM [====<====*=====>=====]
~~~~~  
1 7

15 Elicitation variable: e5\_c Scale: UNI

Experts  
1 [-<--\*----->-----]  
2 [-<-----\*----->-----]  
3  
DM [==<====\*=====>=====]  
~~~~~  
1 4

16 Elicitation variable: e6_a Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [<*----->-----]
DM [=====<====*=====>=====]
~~~~~  
0.25 4

17 Elicitation variable: e6\_b Scale: UNI

Experts  
1 [-----<--\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [ <\*----->-----]  
DM [=====<====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.25 3

18 Elicitation variable: e6_c Scale: UNI

Experts
1 [----<--*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [<*----->-----]
DM [=====<====*=====>=====]
~~~~~  
0.25 2.5

19 Elicitation variable: e7\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [ <-----\*----->-----]  
DM [====<====\*=====>=====]  
~~~~~  
1 4

20 Elicitation variable: e7_b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [<-----*----->-----]
DM [====<====*=====>=====]
~~~~~  
1 3.5

21 Elicitation variable: e8\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<----\*----->-----]  
2 [-----<----\*----->-----]  
3  
DM [=====<====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.25 3.5

22 Elicitation variable: e8_b Scale: UNI

Experts
1 [--<---*----->-----]
2 [-----<----*----->-----]
3
DM [=====<====*=====>=====]
~~~~~  
0.25 3

23 Elicitation variable: e9\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<====\*=====>=====]  
~~~~~  
-4 3

24 Elicitation variable: e9_b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<====*=====>=====]
~~~~~  
-3.5 4

25 Elicitation variable: e9\_c Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<====\*=====>=====]  
~~~~~  
-3.5 5

26 Elicitation variable: e10_a Scale: UNI

Experts
1 [--<---*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<====*=====>=====]
~~~~~  
0 7

27 Elicitation variable: e10\_b Scale: UNI

Experts  
1 [--<---\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<====\*=====>=====]  
~~~~~  
0 6

28 Elicitation variable: e10_c Scale: UNI

Experts
1 [---<----*----->-----]
2 [---<--*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0 6

29 Elicitation variable: e11\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-<---\*-->---]  
2 [---<-\*--->---]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [====<====\*>====]  
~~~~~  
0 4

30 Elicitation variable: e11_b Scale: UNI

Experts
1 [---<--*----->---]
2 [---<-*----->---]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<====*>=====]
~~~~~  
0 3.4

31 Elicitation variable: e11\_c Scale: UNI

Experts  
1 [---<--\*----->---]  
2 [-<-\*----->---]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<====\*>=====]  
~~~~~  
0 3.4

32 Elicitation variable: e12_a Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<--*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<====*>=====]
~~~~~  
0 1.2

33 Elicitation variable: e12\_b Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<====\*>=====]  
~~~~~  
0 1.4

34 Elicitation variable: e13_a Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<====*>=====]
~~~~~  
0 1

35 Elicitation variable: e13\_b Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0                               1

```

36 Elicitation variable: e14\_a Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0                               0.85

```

37 Elicitation variable: e14\_b Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0                               0.9

```

38 Elicitation variable: e15\_a Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0                               0.9

```

39 Elicitation variable: e15\_b Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0                               1.2

```

40 Elicitation variable: e16\_a Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [--<---*----->---]
3
DM [=====<=====*=====>=====]
~
-2.5                               4

```

41 Elicitation variable: e16\_b Scale: UNI

Experts

```

1 [-----<-----*----->-----]
2           [-<-----*->-]
3
DM [=====<=====*=====>=====]
~
-3                               5

```

42 Elicitation variable: e17\_a Scale: UNI

Experts

1 [-<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
0.3 3

43 Elicitation variable: e17\_b Scale: UNI

Experts

1 [---<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
0.4 3.5

44 Elicitation variable: e18\_a Scale: UNI

Experts

1 [---<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
0.1 1.5

45 Elicitation variable: e18\_b Scale: UNI

Experts

1 [-<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
0.12 2

46 Elicitation variable: e19\_a Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
650 1700

47 Elicitation variable: e19\_b Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
1000 2200

48 Elicitation variable: e19\_c Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====]  
~  
1400 3000

49 Elicitation variable: e20\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
1400 2200

50 Elicitation variable: e20_b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
1700 3000

51 Elicitation variable: e21\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
1300 2200

52 Elicitation variable: e21_b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
1600 3000

53 Elicitation variable: e22\_1a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [---<-\*>---]  
3 [---<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
0.4 6

54 Elicitation variable: e22_1b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [---<-*>---]
3 [---<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.5 7

55 Elicitation variable: e22\_1c Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [---<-\*>---]  
3 [---<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
0.6 8.8

56 Elicitation variable: e22_2a Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-<--*-->-]
3 [-<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.6 6

57 Elicitation variable: e22\_2b Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<--\*-->-]  
3 [-<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
0.7 7

58 Elicitation variable: e22_2c Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-<--*-->-]
3 [-<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.8 8

59 Elicitation variable: e22\_3a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*----->-]  
3 [-<-----\*----->-]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
1.1 10

60 Elicitation variable: e22_3b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [<-----*----->-]
3 [-<-----*----->-]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
1.8 12

61 Elicitation variable: e22\_3c Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<-----\*----->-]  
3 [-<-----\*----->-]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
1.8 15

62 Elicitation variable: e23_1a Scale: UNI

Experts
1 [-<-----*----->-]
2 [-<-----*----->-]
3 [-<-----*----->-]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.15 3



63 Elicitation variable: e23\_1b Scale: UNI

Experts

```
1 [---<---*----->-----]
2      [---<---*--->----]
3      [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.2                                4.5
```

64 Elicitation variable: e23\_2a Scale: UNI

Experts

```
1 [-----<---*----->-----]
2      [-----<---*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.2                                2.5
```

65 Elicitation variable: e23\_2b Scale: UNI

Experts

```
1 [---<---*----->-----]
2      [---<---*--->----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.22                               4.1
```

66 Elicitation variable: e23\_3a Scale: UNI

Experts

```
1 [-----<---*----->-----]
2      [-----<---*----->-----]
3 [---<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.3                                3.5
```

67 Elicitation variable: e23\_3b Scale: UNI

Experts

```
1 [---<---*----->-----]
2      [---<---*--->----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.4                                5.5
```

68 Elicitation variable: e24\_1a Scale: UNI

Experts

```
1 [-----<---*----->-----]
2      [---<---*----->-----]
3
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.3                                3
```

69 Elicitation variable: e24\_1b Scale: UNI

Experts

```
1 [-----<-----*----->-----]
2      [-----<---*----->----]
3
DM [=====<=====*=====>=====]
~
0.4                                4
```

70 Elicitation variable: e24\_1c Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [---<---\*--->---]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

0.5 5

71 Elicitation variable: e24\_2a Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-<---\*--->---]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

0.4 3

72 Elicitation variable: e24\_2b Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [--<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

0.45 3.5

73 Elicitation variable: e24\_2c Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [----<-----\*----->----]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

0.6 4.5

74 Elicitation variable: e24\_3a Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [---<---\*--->---]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

0.8 5.5

75 Elicitation variable: e24\_3b Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [--<---\*--->---]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

0.9 6

76 Elicitation variable: e24\_3c Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [--<---\*--->---]  
3

DM [=====<=====\*>=====]

1 6.5

77 Elicitation variable: e25\_a Scale: UNI

Experts  
1 [---<-----\*---->-----]  
2 [---<---\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.01 1

78 Elicitation variable: e25_b Scale: UNI

Experts
1 [---<-----*---->-----]
2 [---<---*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
0.01 1

79 Elicitation variable: e25\_c Scale: UNI

Experts  
1 [--<---\*---->----]  
2 [-----<---\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.01 1.33

80 Elicitation variable: e26_a Scale: UNI

Experts
1 [<---*----->-----]
2 [--<---*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
0.01 0.8

81 Elicitation variable: e26\_b Scale: UNI

Experts  
1 [<---\*----->-----]  
2 [--<---\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.01 0.8

82 Elicitation variable: e26_c Scale: UNI

Experts
1 [<---*----->-----]
2 [---<---*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=====>=====]
~~~~~  
0.01 1.06

83 Elicitation variable: e27\_a Scale: UNI

Experts  
1 [---<---\*----->-----]  
2 [---<---\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=====>=====]  
~~~~~  
0.27 2.7

91 Elicitation variable: e30_c Scale: UNI

Experts

1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 1.5

92 Elicitation variable: e31_a Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [----<-----*----->-----]
3

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 0.8

93 Elicitation variable: e31_b Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [----<-----*----->-----]
3

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 0.8

94 Elicitation variable: e31_c Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [----<-----*----->-----]
3

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 1

95 Elicitation variable: e32_a Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [----<-----*----->-----]
3 [----<-----*----->-----]

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 1

96 Elicitation variable: e32_b Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [----<-----*----->-----]
3 [----<-----*----->-----]

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 1

97 Elicitation variable: e32_c Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [----<-----*----->-----]
3 [----<-----*----->-----]

DM [=====<=====*=====>=====]
0.01 1

98 Elicitation variable: e33_a Scale: UNI

```

Experts
1  [--<-----*----->-----]
2  [----<---*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.01                                0.5

```

99 Elicitation variable: e33_b Scale: UNI

```

Experts
1  [--<-----*----->-----]
2  [----<---*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.01                                0.5

```

100 Elicitation variable: e33_c Scale: UNI

```

Experts
1  [-<-----*----->-----]
2  [-----<-----*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.01                                0.61

```

101 Elicitation variable: e34_a Scale: UNI

```

Experts
1  [---<---*--->-----]
2  [----<---*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.23                                2.25

```

102 Elicitation variable: e34_b Scale: UNI

```

Experts
1  [---<---*--->-----]
2  [----<---*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.26                                2.59

```

103 Elicitation variable: e35_a Scale: UNI

```

Experts
1  [--<---*----->-----]
2  [-----<-----*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.17                                1.71

```

104 Elicitation variable: e35_b Scale: UNI

```

Experts
1  [-<---*----->-----]
2  [-----<-----*----->-----]
3  [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~
0.2                                  1.97

```

105 Elicitation variable: e36_a Scale: UNI

Experts
1 [---<----*->-----]
2 [-----<----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.2 1.97

106 Elicitation variable: e36\_b Scale: UNI

Experts  
1 [---<----\*->-----]  
2 [-----<----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
0.23 2.26

107 Elicitation variable: e37_a Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.01 1.7

108 Elicitation variable: e37\_b Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
0.01 1.7

109 Elicitation variable: e37_c Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.01 1.7

110 Elicitation variable: e38\_a Scale: UNI

Experts  
1 [-----<-----\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*>=====]  
~~~~~  
0.01 0.75

111 Elicitation variable: e38_b Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*>=====]
~~~~~  
0.01 0.75

112 Elicitation variable: e38\_c Scale: UNI

Experts

1 [----<-----\*----->-----]  
2 [---<-----\*----->-----]  
3

DM [=====<=====\*=====>=====  
~~~~~

0.01 1

113 Elicitation variable: e39_a Scale: UNI

Experts

1 [----<-----*----->-----]
2 [<---*-->---]
3 [-----<-----*----->-----]

DM [=====<=====*=====>=====
~~~~~

1 4

114 Elicitation variable: e39\_b Scale: UNI

Experts

1 [---<--\*----->-----]  
2 [\*-->--]  
3 [-----<-----\*----->-----]

DM [=<=====\*=====>=====  
~~~~~

1 4

115 Elicitation variable: e39_c Scale: UNI

Experts

1 [---<--*----->-----]
2 <*-->--]
3 [-----<-----*----->-----]

DM [=<=====*=====>=====
~~~~~

1 4

116 Elicitation variable: e40\_a Scale: UNI

Experts

1 [---<--\*----->-----]  
2 [<---\*-->---]  
3 [-----<-----\*----->-----]

DM [=====<=====\*=====>=====  
~~~~~

1 4

117 Elicitation variable: e40_b Scale: UNI

Experts

1 [---<--*----->-----]
2 [*-->--]
3 [-----<-----*----->-----]

DM [=====<=====*=====>=====
~~~~~

1 4

118 Elicitation variable: e40\_c Scale: UNI

Experts

1 [-<--\*----->-----]  
2 [\*-->--]  
3 [-----<-----\*----->-----]

DM [=====<=====\*=====>=====  
~~~~~

1 4

119 Elicitation variable: e41_a Scale: UNI

Experts
1 [--<---*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=*=====>=====]
~~~~~  
0.8 3

120 Elicitation variable: e41\_b Scale: UNI

Experts  
1 [--<---\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=\*=====>=====]  
~~~~~  
0.7 3

121 Elicitation variable: e42_a Scale: UNI

Experts
1 [----<---*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=*=====>=====]
~~~~~  
0.8 3

122 Elicitation variable: e42\_b Scale: UNI

Experts  
1 [----<---\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=\*=====>=====]  
~~~~~  
0.8 3

123 Elicitation variable: e43_a Scale: UNI

Experts
1 [----<---*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=*=====>=====]
~~~~~  
0.9 3.5

124 Elicitation variable: e43\_b Scale: UNI

Experts  
1 [----<---\*----->-----]  
2 [-----<-----\*----->-----]  
3 [-----<-----\*----->-----]  
DM [=====<=====\*=\*=====>=====]  
~~~~~  
0.8 3.5

125 Elicitation variable: e44_a Scale: UNI

Experts
1 [-----<-----*----->-----]
2 [-----<-----*----->-----]
3 [-----<-----*----->-----]
DM [=====<=====*=*=====>=====]
~~~~~  
1.15 2

