

**EXTRA
LUCHTVERONTREINIGING
BIJ PARKEERVOORZIENINGEN
BEREKENINGEN MET EEN AANGEPAST
CAR-MODEL**

P.G.M. BOONEKAMP

ABSTRACT

Extra air pollution on roads near parking facilities - calculations with a modified CAR-model

Air pollution on roads near parking facilities is generally underestimated with dispersion models, such as the Dutch CAR-model, intended for determining immision levels from traffic intensities, road characteristics, and emission factors. This is caused by the extra emission at the beginning of a trip due to a "cold" start and driving while the motor is still warming up. Because three-way catalyst systems are not functioning until they get hot enough this extra pollution during the first part of the trip remains a problem still to be solved. Another problem, specific to parking, is the "hot soak" emission of benzene due to evaporation of petrol from the fuel system at the end of the trip. Using data from a recent measurement programme calculations have been made for CO, NO₂ and benzene with a modified CAR-model for a realistic parking situation to illustrate the case.

INHOUD

SAMENVATTING EN CONCLUSIES	5
1. INLEIDING	7
2. EXTRA EMISSIES BIJ PARKEREN	8
2.1 Koude start emissies benzineauto's	8
2.2 Koude start en drie-weg katalysator	8
2.3 KS-emissies huidige autopark	9
2.4 Benzeenemissies door verdamping	11
3. AANPASSING REKENMODEL LUCHTVERONTREINIGING WEGVERKEER	13
3.1 Beschrijving CAR-model	13
3.2 Correctiefactor koude start	13
3.3 Correctie voor benzeenverdamping	14
3.4 LPG-, diesel- en vrachtauto's	14
4. BEREKENING LUCHTVERONTREINIGING BIJ PARKEERVOORZIENINGEN	16
4.1 Beschrijving voorbeeld-situatie	16
4.2 Uitgangspunten voor drie cases	16
4.3 Berekende concentraties van CO, NO ₂ en benzeen	17
5. KANTTEKENINGEN EN CONCLUSIES	20
5.1 Onderschattingsfactoren	20
5.2 Effect LPG- en dieselauto's	20
5.3 Beleid t.a.v. parkeeremissies	21
5.4 Conclusies	21
6. LITERATUUR	23
APPENDIX: REKENSHEMA PLUS TOELICHTING	25

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Bij parkeervoorzieningen ontstaat extra luchtverontreiniging ten gevolge van het relatief grote aantal auto's dat hier start met een koude motor. Ook kan een extra hoge benzeenconcentratie voorkomen ten gevolge van verdampende benzine uit geparkeerde auto's. Voor het bepalen van de "koude start" emissies (KS-emissie) is gebruik gemaakt van de resultaten van een TNO-steekproef uit 1989. Gemeten zijn de emissies van koolmonoxide (CO), stikstofoxiden (NO_x) en koolwaterstoffen (HC-verbindingen) bij vier soorten benzine-auto's: "vuile", aangepaste verbranding en ongeregelde resp. geregelde (drie-weg) katalysator. De extra emissie door een "koude" in plaats van een "warme" start blijkt niet af te nemen bij de schonere typen auto's. Voor het gehele autopark bedraagt de KS-emissie bij CO 28%, en 21% bij HC, ten opzichte van het totaal voor een 4 km standaard stadsrit.

De KS-emissie is vertaald naar een correctiefactor voor het eerste "vuile" deel van de rit. Met het autopark uit 1989 zou voor de eerste 300-500 meter de gebruikelijke emissiefactor voor stadsverkeer vermenigvuldigd moeten worden met 3,6 voor CO, 1,3 voor NO_x en 3,0 voor HC. Indien het autopark geheel voorzien zou zijn van drie-weg katalysatoren dalen de gemiddelde emissiewaarden fors. Omdat de KS-emissie niet afneemt moet een hogere correctiefactor worden toegepast (11 voor CO, 9 voor NO_x en 12 voor HC).

De extra benzeen-emissie door benzineverdamping is bepaald met behulp van gegevens uit de literatuur over o.a. benzineverdamping en de benzeenfractie in benzine. Tesamen met het aantal parkerende auto's per dag en per meter weglengte kan hieruit een emissiefactor worden bepaald.

Het aantonen van de relevantie van de extra emissies gebeurt door enkele berekeningen met het CAR-model van RIVM. Dit model kan concentraties van CO, NO₂ en benzeen bepalen langs wegen met behulp van een beperkt aantal gegevens over verkeersintensiteiten, fysieke kenmerken van de omgeving en emissiefactoren. Het CAR-model is aangepast voor de extra KS-emissies en de verdampingsemisies van benzeen. Het (aangepaste) model is gebruikt voor berekeningen aan een realistische situatie: een (geplande) parkeergarage naast reeds bestaande parkeerplaatsen bij een groot ziekenhuis.

Hieruit volgt ten eerste dat op wegen bij parkeervoorzieningen de berekende concentraties van CO en benzeen aanzienlijk hoger kunnen uitvallen als rekening wordt gehouden met de optredende extra emissies. In de voorbeeld-situatie valt de CO-concentratie 60% hoger uit; bij benzeen is dit zelfs 80% vanwege de extra bijdrage uit benzineverdamping.

Een tweede conclusie is dat de berekende concentraties bij parkeervoorzieningen weinig zullen dalen door een grootscheepse inzet van de drie-weg katalysator. Terwijl de gemiddelde stadsritemissies zullen dalen met een factor drie tot vier nemen in de voorbeeldsituatie de CO- en benzeenconcentraties slechts af met resp. 18 en 28%.

In het milieubeleid wordt veel aandacht besteed aan parkeren in het kader van het terugdringen van de (lokale) verkeersdrukke. Er wordt daarbij niet verwezen naar de directe effecten op de lokale luchtkwaliteit. Parkeervoorzieningen vallen zagezegd tussen de "wal" van de mobiele bronnen (normaal rijdend verkeer) en het "schip" van de stationaire bronnen (fabrieken, gebouwen, etc.).

Gezien de extra luchtvervuiling en het mogelijk langdurige karakter hiervan moet de planning van parkeervoorzieningen zeer zorgvuldig gebeuren. Met name grotere, intensief gebruikte, parkeergarages en terreinen bij reeds drukke wegen kunnen snel tot een (blijvende) overschrijding van de grenswaarden voor luchtverontreiniging leiden.

1. INLEIDING

Het wegverkeer draagt in belangrijke mate bij aan de problematiek van de (lokale) luchtkwaliteit. Bij het aanpakken hiervan volgt het beleid [1] drie sporen: schonere auto's, vermindering van (de groei van) de automobilititeit en stedelijke verkeersmaatregelen.

In het Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV-deel A, [2]) wordt een aantal beelden geschetst van de ontwikkeling van het verkeer en vervoer. Daarin worden o.a. veronderstellingen gemaakt over zuiniger maken van de auto, invoering van de drie-weg katalysator en het "rekening rijden" systeem. In het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP, [3]) zijn op dit terrein verdergaande maatregelen aangekondigd. Inmiddels zijn verdere aanscherpingen van het beleid verwerkt in het NMP-Plus [4] en het regeringsstandpunt over het SVV (deel D, [5]).

Verwezenlijking van de doelstellingen betekent niet dat het niveau van de luchtverontreiniging overal in gelijke mate naar beneden gaat. Juist voor de meest problematische situaties, dat wil zeggen in de steden, is het effect van de genoemde maatregelen het kleinst. Plaatsen binnen de stad, waar de meeste problemen zullen blijven bestaan of ontstaan, zijn alle concentraties van parkeervoorzieningen. Dit zijn namelijk de plaatsen, waar een drie-weg katalysator vaak in het geheel niet werkt; bovendien heeft men hier te maken met de extra luchtverontreiniging door benzeen t.g.v. verdamping van benzine uit geparkeerde auto's.

De extra emissies bij het parkeren worden behandeld in hoofdstuk 2. De mate van luchtverontreiniging door het wegverkeer bij drukkeren wegen wordt gewoonlijk bepaald met het CAR-model [9]. In hoofdstuk 3 worden enkele aanpassingen aan dit model beschreven t.b.v. het berekenen van concentraties bij parkeervoorzieningen. De relevantie hiervan wordt aangetoond in hoofdstuk 4 aan de hand van een realistische voorbeeld. Tenslotte volgen enkele kanttekeningen en algemene conclusies.

De hier beschreven aanpak is reeds in de praktijk toegepast i.v.m. het verlenen van een Hinderwet vergunning voor een te bouwen parkeergarage in Rotterdam [15].

2. EXTRA EMISSIES BIJ PARKEREN

2.1 Koude start emissies benzineauto's

Als de rit begint met een afgekoelde motor, een zogenaamde "koude start", worden sterk verontreinigde uitlaatgassen geproduceerd door het toevoeren van extra brandstof (gebruik van de choke) en de slechte verbranding in een nog koude motor. Tijdens het rijden warmt de motor steeds verder op, waardoor de uitstoot tenslotte het "normale" niveau bereikt bij een bepaalde snelheid en rijstijl. In de praktijk is dit het geval na enkele kilometers. Dat deze extra emissie niet verwaarloosbaar is bij een gemiddelde stadsrit wordt duidelijk uit de cijfers in tabel 1a. In deze tabel worden de gemeten emissies van koolmonoxide (CO), stikstofdioxiden (NO_x) en koolwaterstoffen (HC) gegeven voor een gestandaardiseerde stadsrit van 4 km. De gegevens zijn afkomstig van een eind 1989 afgesloten meetprogramma, uitgevoerd door TNO [6] aan bijna 300 van de weg gehaalde benzine-auto's. De auto's zijn gesplitst in vier groepen: de "vuile" auto's, de auto's met een arme-mengsel motor ("aangepast") en de auto's met een ongeregelde- resp. een geregelde katalysator. Voor elke groep auto's zijn steeds twee emissiewaarden gemeten, namelijk bij warme- en bij koude start. Het verschil tussen beide emissiewaarden kan toegerekend worden aan het koud starten van de automotor en het rijden met een opwarmende motor; dit is de z.g. KS-emissie. De gemiddelde emissie van een stadsrit is verkregen door weging van beide emissies, waarbij er vanuit is gegaan dat 75% van de ritten begint met een koude start. Uit de steekproefresultaten blijkt, dat bij "vuile" auto's de extra emissie t.o.v. het gemiddelde uitkomt op 27% voor CO, 0% voor NO_x en 19% voor HC.

Bij auto's met een aangepaste motor is de extra emissie in procenten uitgedrukt ongeveer even groot; omdat de gemiddelde emissie lager uitvalt is de absolute KS-emissie echter kleiner.

Bij auto's met een ongeregelde katalysator ligt de gemiddelde emissie voor een stadsrit meestal nog iets lager dan bij de aangepaste auto's. De KS-emissie ligt echter voor alle emissiesoorten hoger; bij NO_x en HC zelfs hoger dan bij de vuile auto. Dit betekent een flink hoger percentage voor de extra emissie, met name voor NO_x .

2.2 Koude start en drie-weg katalysator

Vanwege de inmiddels ingevoerde wet- en regelgeving is te verwachten, dat op termijn zo goed als het gehele park van benzineauto's uitgerust zal zijn met een drie-weg katalysator. De extra emissies bij koude start van dit type zijn dus van groot belang voor de toekomstige luchtverontreiniging door personenauto's. Het is een gegeven dat de drie-weg katalysator niet werkt als deze nog niet op temperatuur is. Ook de lambda-sonde, die de concentraties van verontreinigingen in de uitlaat meet, moet op temperatuur komen om de juiste meetsignalen af te kunnen geven. De uitlaatgassen worden dus pas enige tijd na het starten van de motor schoner. Zoals eerder geschetst worden juist tijdens het opwarmen van de katalysator en sonde relatief de meest vuile uitlaatgassen geproduceerd.

Uit de steekproefresultaten blijkt inderdaad dat de extra emissies t.g.v. koude start bij auto's met een drie-weg katalysator in het geheel niet kleiner worden; in het algemeen ligt de KS-emissie zelfs iets hoger dan voor alle andere typen auto's. De emissies van een stadsritcyclus met **warme** start dalen wel sterk door de drie-weg katalysator. De gemiddelde emissie daalt veel minder door het grote effect van de koude start. De KS-emissie is bij dit type auto van dezelfde orde van grootte als de gemiddelde emissie voor een stadsrit van 4 km!

Tabel 1a. Emissies van CO, NO_x en HC voor stadsritten (g)

Type auto	Emissies testcyclus (4 km)			KS t.o.v.	
	"Koud"	"Warm"	Gemiddeld	KS-emissie	Gemidd.
- CO -					
"Vuil"	65,5	48,7	61,3	16,8	27%
Aangepast	48,8	37,5	46,0	11,3	25%
Ong. katalysator.	50,4	36,9	47,0	13,5	29%
Gereg. katalysator	21,2	3,0	16,6	18,2	109%
Autopark 1989	59,2	43,5	55,3	15,7	28%
Gereg. kat. tov park	36%	7%	30%	116%	
- NO _x -					
"Vuil"	7,0	6,9	7,0	,0	0%
Aangepast	4,1	4,4	4,2	-,3	-6%
Ong.katalysator	3,6	2,5	3,3	1,1	33%
Gereg. katalysator	1,3	,4	1,0	,9	87%
Autopark 1989	5,9	5,8	5,9	,1	2%
Gereg.kat. tov park	21%	6%	18%	664%	
- HC -					
"Vuil"	10,8	8,9	1,4	1,9	19%
Aangepast	8,2	6,7	7,8	1,6	20%
Ong. katalysator	6,6	4,4	6,1	2,2	37%
Gereg. katalysator	2,8	,3	2,2	2,6	118%
Autopark 1989	9,6	7,7	9,1	1,9	21%
Gereg.kat. tov park	29%	3%	24%	133%	
Gemiddeld = 75% met koude start en 25% met warme start					
KS-emissie = "Koud" - "Warm"					
Bron: VROM publikatierreeks Lucht, nr. 87 (TNO-IW)					

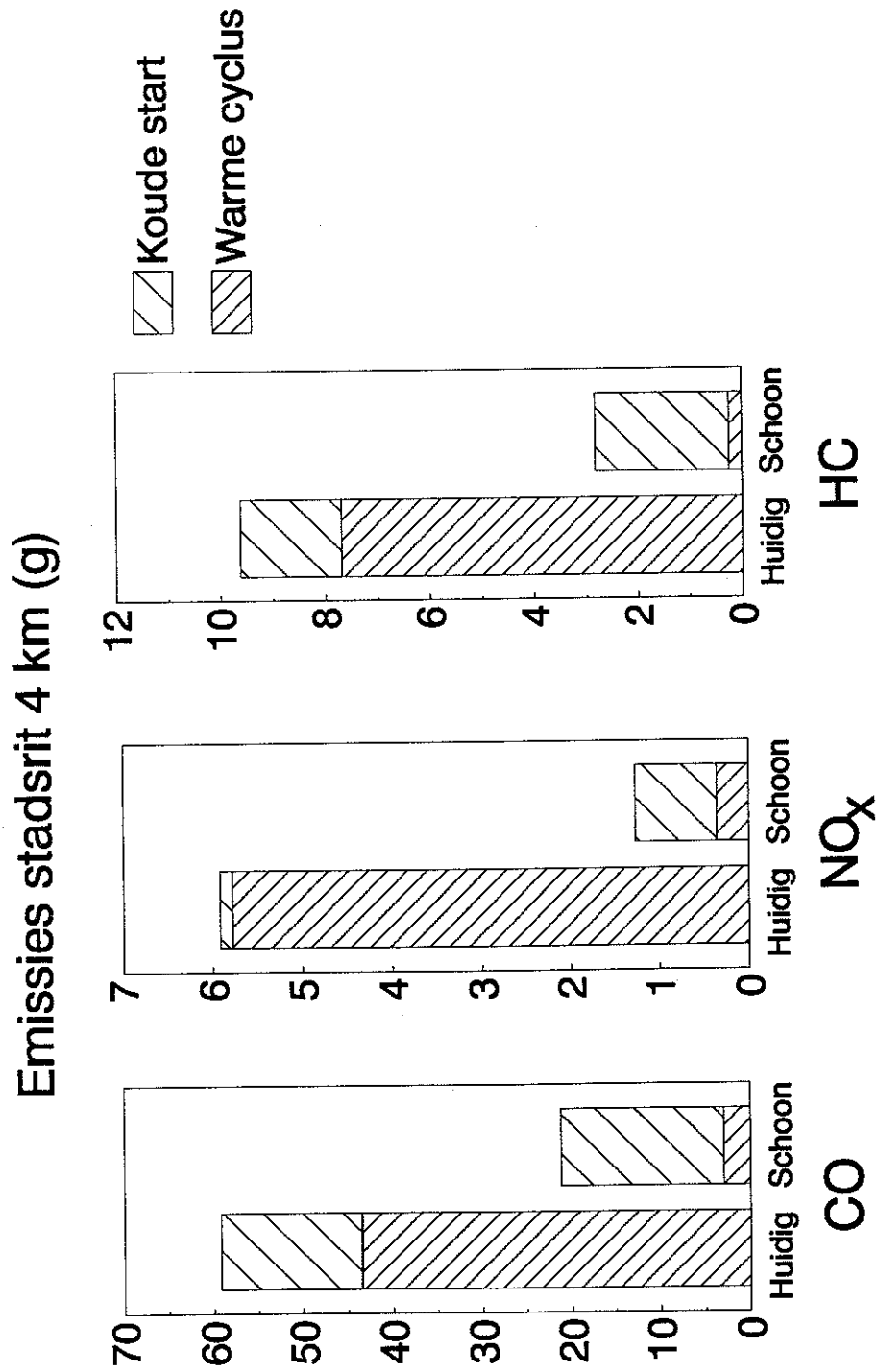
De hogere KS-emissie, vergeleken met andere typen, zou voor een deel verklaard kunnen worden uit het wat hogere gewicht van de geteste auto's met drie-weg katalysatoren. Een andere oorzaak zou kunnen liggen bij het gedrag van het meet- en regelsysteem indien er nog geen betrouwbaar signaal van de lambda-sonde beschikbaar is.

Omdat de extra emissie t.g.v. een koude start dus niet afneemt bij schonere auto's geldt voor het toekomstige stadsverkeer dat de bijdrage van koude starts relatief groot zal zijn. De KS-emissie zal voornamelijk vrijkomen tijdens het eerste deel van de rit, als de katalysator nog niet op temperatuur is. Voor nieuwe auto's is dit enige honderden meters; voor oudere kan dit oplopen tot 1,5 km.

2.3 KS-emissies huidige autopark

M.b.v. geschatte aandelen voor elke groep auto's in 1989 zijn ook de gemiddelde waarden voor het (benzine)autopark bepaald (zie tabel 1a). Vanwege het nog grote aandeel van auto's zonder katalysator (ongeveer 85%) liggen de extra emissies van het totale park dicht in de buurt van die van de vuile auto. Ten opzichte van de emissie van een standaard stadsrit van 4 km voegt een koude start 28% toe voor CO, 2% voor NO_x en 21% voor HC.

Figuur 1.



Brongegevens: TNO-IW

In figuur 1 worden de hiervoor beschreven resultaten nog eens uitgebeeld. Voor een standaard stadsrit van 4 km worden de totale emissies van CO, NO_x en CH per auto gegeven, zowel exclusief als inclusief de bijdrage van een koude start. De linker staaf geldt voor het huidige autopark, d.w.z. het park van 1989 met relatief weinig auto's met een katalysator. De rechter staaf ("Schoon") geeft de situatie weer, waarin het gehele autopark uitgerust zou zijn met (niet-defekte) drie-weg katalysatoren.

In de steekproef is nogmaals gemeten (behalve voor auto's met een drie-weg katalysator) nadat de motorafstelling van elke auto in de steekproef was gecontroleerd en eventueel bijgesteld. Deze resultaten staan vermeld in tabel 1b. Vergelijking met tabel 1a levert als opvallend feit dat de koude start emissie, m.n. die van CO, soms toeneemt na het beter afstellen van de motor! Het lijkt er dus op dat een snelle verbetering van de luchtkwaliteit bij parkeerconcentraties door massaal en regelmatig afstellen van de motoren niet altijd soelaas biedt.

Tabel 1b. Stadsrit-emissies na optimale afstelling motor

Type auto(*)	Emissies testcyclus (4 km)			KS t.o.v.	
	"Koud"	"Warm"	Gemiddeld	KS-emissie	Gemidd.
- CO -					
"Vuil"	51,2	31,7	46,3	19,6	42%
Aangepast	36,6	28,4	34,5	8,2	24%
Ong. katalysator	26,6	13,7	23,4	13,0	55%
- NO _x -					
"Vuil"	7,0	6,9	7,0	,1	2%
Aangepast	4,1	4,3	4,2	-,2	0%
Ong. katalysator	4,1	2,8	3,7	1,2	32%
- HC -					
"Vuil"	10,6	8,8	10,1	1,8	18%
Aangepast	7,8	6,7	7,5	1,1	15%
Ong. katalysator	4,4	2,6	3,9	1,8	46%
(*) Categorie "Gereg. katalysator" niet gemeten na optimale afstelling					
Bron: VROM publikatiereeks Lucht, nr. 87 (TNO-IW)					

2.4 Benzeenemissies door verdamping

In het milieubeleid wordt, vanwege de kankerverwekkende eigenschappen, apart aandacht besteed aan benzeen in uitgestoten koolwaterstoffen. Een Besluit Luchtkwaliteit is voor deze stof in voorbereiding [13]. Wat betreft de extra emissie t.g.v. een koude start wordt voor benzeen uitgegaan van hetzelfde percentage als geldt voor koolwaterstoffen in het algemeen (zie paragraaf 2.3).

Daarnaast geldt voor benzeen een tweede soort extra emissie. Als auto's worden geparkeerd verdampt door de warmte van de motor binnen 1 tot 2 uur de nog aanwezige benzine in de leiding vanaf de tank naar de carburateur of (bij een drie-weg katalysator) het injectiesysteem. De in de benzine aanwezige benzeen (1-4%) komt ook vrij en draagt in parkeersituaties extra bij aan de lokale benzeenconcentratie.

In beginsel is het mogelijk een groot deel van de verdampende benzine op te vangen m.b.v. actief-kool filters. Met behulp van een damp-retour-systeem kan de damp alsnog verbrand worden in de motor. Nederland is voor maatregelen gericht op de autofabrikanten sterk afhankelijk van het EG-beleid op dit terrein. Technisch gezien is het systeem snel in te

voeren; er is echter nog geen besluitvorming op gang gekomen, zodat het 10 tot 15 jaar kan duren voordat benzineverdamping bij auto's tot het verleden behoort.

Benzeen heeft een aantal gunstige eigenschappen t.a.v. het rijgedrag van de auto, waaronder een verhoging van het octaangehalte [14]. Momenteel wordt bij een enkele raffinaderij benzeen vervangen door een kunstmatig additief MBTE, dat min of meer dezelfde eigenschappen heeft. Hierdoor is het mogelijk benzine te maken met minder dan 1% benzeen (i.p.v. 2 à 4%), waardoor de hoeveelheid verdampende benzeen evenredig daalt. Naar verwachting zullen op de lange duur alle raffinaderijen (deels) overschakelen van benzeen op een additief zoals MBTE.

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het benzeengehalte in de uitlaatgassen lang niet zo sterk zal afnemen als het benzeengehalte in de benzine. Volgens [11] is ruim de helft van de benzeen in de uitlaatgassen ontstaan uit aromaten in de benzine tijdens het verbrandingsproces in de motor.

3. AANPASSING REKENMODEL LUCHTVERONTREINIGING WEGVERKEER

3.1 Beschrijving CAR-model

Teneinde omslachtige en dure metingen te voorkomen is door het RIVM een model ontwikkeld waarmee de luchtverontreiniging bij wegen op eenvoudige wijze bepaald kan worden. Dit CAR-model (Calculation of Airpollution from Roadtraffic) [7,8] levert een redelijk nauwkeurige schatting van de werkelijk optredende luchtverontreiniging. Het model kan m.b.v. een beperkt aantal inputgegevens concentratiewaarden voor CO, NO₂ en benzeen berekenen voor punten op korte afstand van een weg. De grotere gemeenten gebruiken dit model voor het opstellen van z.g. Verkeers Milieu Kaarten. Hierop wordt voor drukke straten aangegeven welk niveau van luchtverontreiniging nog slechts een klein deel van het jaar overschreden zal worden (uitgedrukt in bijv. de 98-percentiel waarde van de 8-uurs gemiddelde CO-concentratie). Belangrijke straatgebonden invoergegevens zijn het aantal en de soort voertuigen, de gemiddelde snelheid van het verkeer, de fysieke aard van de straat (bebouwing, bomen, etc.), en de afstand van het meetpunt tot de rijbaan. Daarnaast zijn regio-gegevens nodig, d.w.z. de gemiddelde windsnelheid en het "achtergrond" niveau van de luchtverontreiniging. Tenslotte zijn emissiefactoren nodig voor CO, NO_x en benzeen per voertuigtype bij diverse snelheden in het stadsverkeer.

In het CAR-model wordt niet expliciet rekening gehouden met koude start emissies noch met verdamping van benzeen. Teneinde de lokale effecten van parkerende auto's te kunnen demonstreren is het model op een paar punten aangepast. Dit houdt in dat voor elk beschouwd wegvak wordt bepaald welk deel van de passerende auto's hier rijdt met een nog niet opgewarmde motor. Voor deze auto's wordt de gebruikelijke emissiefactor vermenigvuldigd met een correctiefactor (de z.g. KS-factor, zie paragraaf 3.2). Verder wordt het aantal parkerende auto's per dag langs het betreffende wegvak bepaald. Hieruit wordt een emissie van verdampende benzeen afgeleid, die opgeteld wordt bij de emissie van de rijdende auto's (zie paragraaf 3.3).

3.2 Correctiefactor koude start

Bij auto's zonder katalysator is het effect van een koude start na enige kilometers zo goed als verdwenen. Het overgrote deel van de extra KS-emissie komt reeds vrij over een veel kortere afstand tijdens de eerste minuten van de rit. Bij auto's met geregelde katalysator is er een extra emissie totdat deze op temperatuur is gekomen. Voor nieuwe auto's is dit na enige honderden meters het geval, voor oudere voertuigen kan dit oplopen tot 1,5 km.

Voor de extra emissies zijn dus vooral de eerste 300-500 meter na het wegvrijden relevant. De totale emissie op dit deeltraject is gelijk gesteld aan de som van de KS-emissie en een evenredig deel van de waarde voor de 4 km lange "warme cyclus" (zie tabel 1a). Dit totaal wordt vergeleken met de waarde, die zou gelden bij gebruik van de emissiefactor voor gemiddeld stadsverkeer. Dit levert de z.g. KS-factor op die toegepast moet indien sprake is van koud startende auto's tijdens het eerste, relatief "vuile", deel van de rit.

In tabel 2 zijn per stof de correctiefactoren gegeven, waarmee de gemiddelde emissie op het vuile deeltraject vermenigvuldigd zou moeten worden. Indien uitgegaan wordt van het autopark uit 1989 en van de huidige praktijksituatie, dus zonder optimale afstelling, bedraagt de correctiefactor ongeveer 3,6 voor CO, 1,3 voor NO_x en 3,0 voor HC. Deze resultaten zijn in lijn met een enkele jaren geleden uitgevoerde TNO-studie op het gebied van emissies bij koude start en opwarmend rijden van auto's [10].

Als het gehele park uitgerust zou zijn met drie-weg katalysatoren daalt de gemiddelde emissie per standaardrit aanzienlijk (zie tabel 1a). De extra KS-emissie neemt echter niet

af zodat de correctiefactoren voor het eerste deel van de rit een stuk hoger uitvallen, namelijk ongeveer 11 voor CO, 9 voor NO_x en 12 voor HC.

Tabel 2. Correctiefactor emissies opwarmtraject vanwege koude start

Type auto	KS-factor opwarmtraject (0,4 km)		
	- CO -	- NO _x -	- HC -
"Vuil"	3,5	1,0	2,7
Aangepast	3,3	0,4	2,9
Ong.katalysator	3,7	4,0	4,4
Gereg. katalysator	11,1	9,1	11,9
Autopark 1989	3,6	1,3	3,0
$\text{KS-factor} = \frac{\text{Emissie warme-start-testrit per 0,4 km} + \text{KS-emissie}}{\text{Emissie gemidd. stadsrit per 0,4 km}}$			
Bron: VROM publikatierreeks Lucht, nr. 87 (TNO-IW)			

3.3 Correctie voor benzeenverdamping

Op basis van literatuur ([11,12,13]) is uitgegaan van gemiddeld 8 gram verdampende benzine per geparkeerde auto en, in de hier beschouwde situatie, van een benzeengehalte van 2,5%. Verder is een correctiefactor toegepast van 0,9 omdat benzeen iets minder snel verdampt dan benzine in het algemeen. Met behulp van het aantal geparkeerde auto's per etmaal, per meter weglengte van een gekozen wegvak, is een emissiefactor afgeleid. Deze is op dezelfde wijze gedefinieerd als de emissiefactor in het CAR-model voor rijdend verkeer (µg/m·s).

De benzeen-emissies van geparkeerde en startende/rijdende auto's worden bij elkaar opgeteld en het totaal wordt vervolgens in het CAR-model vertaald in een concentratie op een punt langs het wegvak.

3.4 LPG-, diesel- en vrachtauto's

Het CAR-model werkt met gemiddelde emissiefactoren voor resp. alle personenauto's en alle overige auto's (m.n. vrachtauto's). Hieruit wordt per straat overall-emissiefactoren bepaald. De emissiefactor voor personenauto's is een gewogen gemiddelde van de gemeten waarden voor benzine-, LPG- en diesel-personenauto's. De laatste twee typen maken in stedelijk verkeer beide 5 à 10% van het aantal auto's uit.

De emissiefactoren van de overige voertuigen zijn, met name voor NO_x, aanzienlijk groter dan die voor de personenauto's. Het aandeel van niet-personenauto's is hier ingezet op 2% van het totale aantal voertuigen (vanwege de gekozen voorbeeld-situatie). Vanwege het lage aandeel hebben de soms relatief hoge emissies van vrachtauto's een betrekkelijk kleine invloed op de emissiefactoren voor het totale verkeer.

In de navolgende berekeningen worden correctiefactoren, afgeleid uit de steekproef voor benzineauto's, toegepast op overall-emissiefactoren voor alle voertuigen tesamen. Dit kan, afhankelijk van de soort luchtverontreiniging, een kleine over-of onderschatting veroorzaken in de resultaten.

Uit de steekproefresultaten in tabel 1a kan ook afgeleid worden met welke reductiefactor de gemiddelde emissies van benzineauto's zullen afnemen bij volledige invoering van de drie-weg katalysator. Indien deze reductiefactor wordt toegepast op de gemiddelde emissie van alle voertuigen zal een overschatting van het effect van de katalysator optreden. Voor

LPG- en dieselauto's en vrachtauto's wordt namelijk geen of een veel kleinere reductie van de emissies verwacht.

In paragraaf 5.2 worden de mogelijke effecten van beide benaderingen op te trekken conclusies nader beschouwd.

4. BEREKENING LUCHTVERONTREINIGING BIJ PARKEERVOORZIENINGEN

4.1 Beschrijving voorbeeld-situatie

Om het effect van de extra KS-emissies en benzineverdamping duidelijk te maken is het (aangepaste) CAR-model toegepast op een concreet geval; een geplande parkeergarage voor 500 auto's bij een groot ziekenhuis (900 bedden), gelegen bij het centrum van een middelgrote stad. De garage is bedoeld als kort-parkeer voorziening voor de bezoekers van de poliklinieken, het bezoek voor de patienten en eventueel ook bezoekers van het stadscentrum. Het verkeer van en naar de garage gaat over hetzelfde stuk weg. Parallel aan de aan- en afvoerweg loopt, gescheiden door een middenberm van enkele meters, een ventweg waar ook intensief wordt geparkeerd (140 plaatsen). De wegen worden overschaduwed door rijen bomen, waardoor de luchtvervuiling relatief lang blijft hangen. Het geheel fungeert als een belangrijke stedelijke en regionale fietsroute; ook loopt hier de belangrijkste voetgangersroute naar het ziekenhuis. Bij een voorzichtig ingeschatte bezettingsgraad van 40% voor de garage zullen dagelijks ongeveer 2300 auto's hiervan gebruik maken. Daarbij komen enkele honderden auto's die alleen personen afzetten bij de ingang en enkele honderden parkerende auto's op de reeds bestaande plaatsen langs de aan- en afvoeroute. Tesaamen mondt dit uit in ruim 6000 voertuigbewegingen over de route naar de garage en over de ventweg. Verondersteld wordt dat de parkerende auto's in de garage en op straat de terugrit met afgekoelde motor beginnen.

Omdat de hoofdroute en ventweg door een brede middenberm van elkaar gescheiden worden mogen de emissies van het verkeer op beide wegen niet simpel bij elkaar opgeteld worden. Voor een gekozen meetpunt, meestal op verschillende afstand van beide wegen, moet met het CAR-model apart de bijdrage van elke verkeersstroom aan de concentraties bepaald worden. De twee deel-concentraties plus de achtergrondwaarde leveren de totale concentratie op.

4.2 Uitgangspunten voor drie cases

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor drie cases:

- A. Huidig autopark en standaard CAR-berekening.
- B. Idem met correcties voor KS-emissies en benzineverdamping (aangepast CAR-model).
- C. "Schoon" autopark en de daarbij behorende correcties.

Case A geeft de resultaten, zoals deze momenteel met het CAR-model zouden worden gevonden bij berekeningen voor de Verkeers Milieu Kaarten.

Case B levert, voor situaties met relatief intensieve parkeeractiviteiten, gecorrigeerde resultaten. Voor de koud startende auto's op de betreffende wegvakken zijn de gebruikelijke emissiewaarden vermenigvuldigd met resp. 3,6 voor CO, 1,3 voor NO_x en 3,0 voor benzeen (zie tabel 2, totale autopark). Voor benzeen wordt bovendien rekening gehouden met verdamping van benzine bij geparkeerde auto's langs de beschouwde wegvakken.

In case C worden eveneens gecorrigeerde concentraties berekend, nu echter voor een toekomstige situatie met een volledig gepenetreerde drie-weg katalysator. Omdat in dat geval de gemiddelde emissies van een stadsrit afnemen zijn de in case A en B gebruikte emissiefactoren verlaagd. Daarbij is uitgegaan van de gevonden verhouding tussen de emissiewaarden van de schoonste en de gemiddelde auto uit de steekproef (zie tabel 1a). Voor de extra emissie t.g.v. koude start over het betreffende stuk weg worden nu echter de hogere correctiefactoren toegepast, d.w.z. 11 voor CO, 9 voor NO_x en 12 voor benzeen

(zie tabel 2, "geregelde katalysator"). Omdat bij auto's met een drie-weg katalysator de carburateur vervangen wordt door een injectiesysteem is, op basis van literatuur ([12], blz.405 e.v.), een vermindering van de benzineverdamping met 60% aangenomen.

In alle cases zijn dezelfde basisgegevens gehanteerd; voor de gemiddelde emissiewaarden zijn de cijfers van VROM [9] voor 1989 genomen, evenals de lokale achtergrond concentraties (zie tabel 3). Voor de in het CAR-model in te vullen overige straat- en regio-kenmerken zijn de door RIVM aanbevolen waarden gebruikt. Voor de "toekomstige" situatie is, vanwege de vergelijkbaarheid met de andere cases, niet uitgegaan van mogelijke veranderingen in b.v. de verkeer- en parkeerdrukke, het landelijke- of stedelijke achtergrondniveau, etc.

Tabel 3. Berekende CO-, NO₂- en benzeen-concentraties (µg/m³)

Concentratie langs route	CO	NO ₂	Benzeen
- Achtergrond	1550	103	2,7
- Verkeersbijdrage	1820 - 2260 +	16 - 19 +	5,6 - 6,9 +
A. Totaal huidig autopark	3370 - 3810	119 - 122	8,3 - 9,6
B. Idem A met correcties	5290 - 6210	120 - 124	15,1 - 17,1
C. Idem B, schoon autopark	4380 - 5080	119 - 122	10,9 - 12,6
Grenswaarde	6000	135	10,0
Richtwaarde		80	

4.3 Berekende concentraties van CO, NO₂ en benzeen

De berekening voor case A resulteert in een CO-concentratie langs de route van ongeveer 3400 tot 3800 µg/m³ (98-perc. van het 8-uurs gemiddelde) afhankelijk van de plaats t.o.v. de rijbaan. Voor NO₂ is de berekende concentratie (98-perc. van het 1-uurs gemiddelde) 119 tot 122 µg/m³ en voor benzeen (jaargemiddelde concentratie) 8,3 tot 9,6 µg/m³ (zie tabel 3).

(Lit tabel 3 blijkt dat in de tweede case (B) de concentraties langs de route nu (veel) hoger uitvallen dan bij case A. Bij CO bedraagt de toename van de totale concentratie ongeveer 60% als gevolg van een verdubbeling van de verkeersbijdrage. Voor NO₂ is de toename van de verkeersbijdrage beperkt (1 à 2%); door de grote bijdrage van de (onveranderde) achtergrondconcentratie is de relatieve toename van de totale concentratie te verwaarlozen. Bij benzeen blijkt het verschil het grootst te zijn; de totale concentratie valt nu ongeveer 80% hoger uit door een bijna verdubbeling van de verkeersbijdrage en door de extra bijdrage van verdampende benzine.

Voor CO blijkt het niveau t.o.v. de grenswaarde van 6000 µg/m³ zo hoog dat nader onderzoek verplicht is. Voor benzeen ligt de waarde boven de naar verwachting eind 1990 in te stellen algemene grenswaarde van 10 µg/m³.

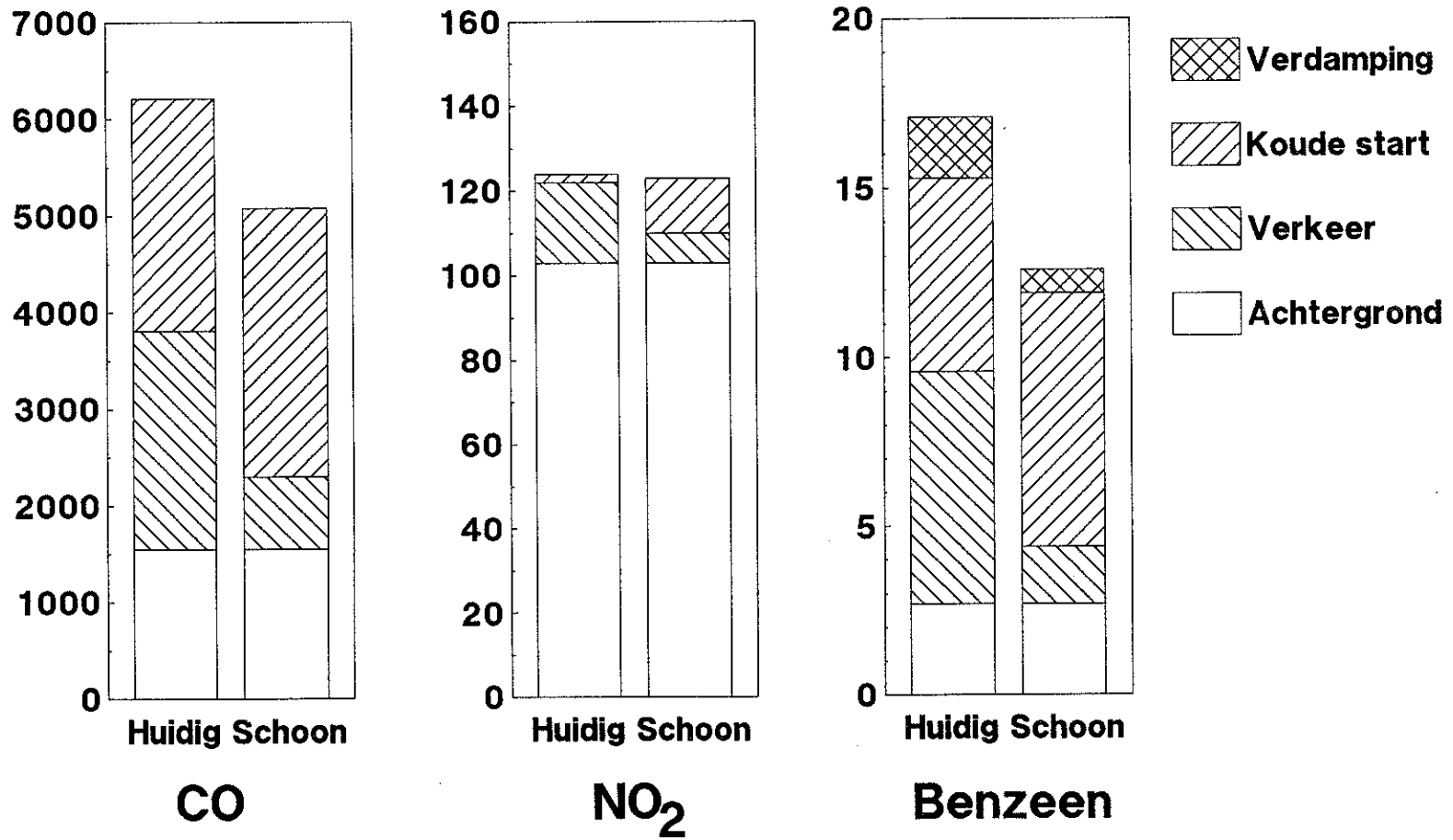
De berekening voor het volledig "schone" autopark (case C) levert een concentratie voor CO van ongeveer 4400 tot 5100 µg/m³. Dit is dus hoogstens 18% minder dan met het huidige grotendeels "vuile" autopark (inclusief correcties). De NO₂-concentratie daalt nu tot 119 a 122 µg/m³, een afname met slechts 1 tot 2 µg/m³. De benzeen concentratie neemt met slechts 28% af. Hiermee zou de concentratie van CO onder de vanaf het jaar 2000 overal geldende grenswaarde zakken. De benzeenconcentratie blijft echter te hoog t.o.v. de grenswaarde van 10 µg/m³.

In figuur 2 zijn de hiervoor beschreven resultaten nogmaals in beeld gebracht. De concentraties voor case A (conventionele CAR-berekening) zijn zichtbaar in de kolom "Huidig", namelijk als de som van achtergrond- en verkeersbijdrage. De totale kolom "Huidig" geldt voor case B, d.w.z. het autopark en de overige veronderstellingen voor 1989, en een aangepast CAR-model. Bij CO en NO₂ komt bovenop de achtergrond- en verkeersconcentratie de extra bijdrage t.g.v. koude start; bij benzeen komt daar als vierde onderdeel verdamping bij.

De kolom "Schoon" hoort bij case C ("schoon" autopark en aangepast CAR-model). Duidelijk is te zien dat de verkeersbijdrage sterk afneemt, maar de extra KS-bijdrage in het geheel niet.

Figuur 2

Concentraties bij een parkeervoorziening (ug/m³)



Figuur 2.

5. KANTTEKENINGEN EN CONCLUSIES

5.1 Onderschattingfactoren

In het bijzonder bij parkeervoorzieningen moet nog rekening worden gehouden met de volgende factoren die kunnen leiden tot hogere concentraties dan hiervoor berekend:

- een ongelijke verdeling van het verkeer over het etmaal en de weekdays of pieken bij vertrek of aankomst. Hierdoor zullen relatief vaker te hoge 8-uurs (bij CO) resp. 1-uurs (bij NO₂) gemiddelden voorkomen dan bij normale verkeersomstandigheden.
- het veelvuldig voorkomen van stationair draaiende motoren bij het in- en uitparkeren met relatief hoge emissies.
- het niet (goed) werken van de drie-weg katalysatoren. In case C is uitgegaan van een tamelijk theoretische situatie waarin de drie-weg katalysator van alle auto's volledig werkt (in de steekproef [6] zijn auto's met een niet goed werkende katalysator buiten gesloten van deelname; de resultaten in tabel 1 voor de auto's met drie-weg katalysator geven dus een te optimistisch beeld van de emissiedalingen). Uit praktijkervaringen tot dusverre blijkt dat een deel van de katalysatoren ongemerkt kapot gaat. Verder blijkt dat bij een oudere katalysator de auto langer moet rijden voordat de volledig reinigingsgraad is bereikt.

In 2000 zullen alle tijdelijk verhoogde grenswaarden voor drukke verkeerswegen zijn verlaagd tot de in tabel 3 genoemde waarden. Het aantal auto's zonder drie-weg katalysator zal dan nog aanzienlijk zijn omdat nog steeds niet elke nieuwe auto voorzien wordt van een drie-weg katalysator en de levensduur van de auto's nog steeds toeneemt. Verder is een toename van de lokale verkeers- en parkeerdruk te verwachten door de veronderstelde forse groei van het landelijke autobezit en afgelegde kilometers (ondanks de beperkende maatregelen in het NMP-plus). Alle genoemde onderschatting factoren tesamen zullen in het hier beschreven geval hoogstwaarschijnlijk leiden tot een overschrijding van de grenswaarden voor zowel CO als benzeen.

Daarnaast moet op langere termijn mogelijk rekening gehouden worden met lagere toegelaten concentraties van luchtverontreiniging (zie richtwaarde in tabel 3).

5.2 Effect LPG- en dieselauto's

Zoals eerder vermeld zijn in bovenstaande analyse emissiefactoren voor personenauto's en andere voertuigen in de stedelijke omgeving gebruikt. De extra koude start emissies en daaruit afgeleide correctiefactoren zijn echter gebaseerd op een steekproef van benzine-auto's. Het aandeel van diesel- en LPG-auto's lag in de jaren tachtig bij personenauto's voor beide rond de 10%, recent is een sterke daling zichtbaar van deze aandelen bij nieuwe auto's. Gezien de nadruk op zakelijk gebruik van deze typen auto's zal het aandeel in de hier beschreven parkeersituatie relatief lager zijn.

Wat betreft extra uitstoot bij een koude start is weinig bekend over diesel- of LPG-motoren. Een dieselmotor zou schoner kunnen zijn omdat deze sneller op temperatuur komt door het voorverwarmen. Een auto op LPG is zonder katalysator schoner dan een benzine auto zonder katalysator; dit zou kunnen betekenen dat bij een koude start een LPG-auto mogelijk ook relatief minder extra emissies uitstoot. De regeling bij een LPG-auto met drie-weg katalysator is daarentegen minder nauwkeurig en snel, waardoor in parkeersituaties een eventueel voordeel t.o.v. een benzineauto weer zou kunnen verdwijnen.

Het buiten beschouwing laten van niet-benzine auto's zou dus enerzijds kunnen leiden tot een minder grote opwaartse correctie (geval B t.o.v. A); anderzijds zal er ook een kleiner neerwaarts effect zijn bij het overschakelen op "schone" benzine auto's (geval C t.o.v. B).

De overige voertuigen, voornamelijk bestel- en vrachtwagens met dieselmotor, stoten in de huidige situatie meer CO en vooral meer NO_x uit (de benzeen-emissie ligt iets lager). De vooruitzichten voor een verlaging van de uitstoot zijn minder gunstig dan bij benzine-auto's met drie-weg katalysator. Bij vrachtwagens wordt b.v. een NO_x-reductie van 50% voorgesteld door de Europese Commissie, 75% reductie in 2010 wordt als haalbaar beschouwd [5]. In een situatie met relatief meer overige voertuigen dan hier geldt zou de verbetering in case C t.o.v. B minder groot uitvallen.

Al met al is er geen reden om de verkregen resultaten en de te trekken conclusies voor het jaar 2000 aan te passen vanwege de toegepaste benaderingen.

Zijdelings kan nog opgemerkt worden dat, vanuit de totale gezondheidseffecten van parkeervoorzieningen gezien, wel rekening gehouden zou moeten worden met niet-benzine auto's. Het gaat dan vooral om de extra uitstoot van roetdeeltjes bij het starten bij dieselmotoren. Aan deze soort uitstoot worden kankerverwekkende eigenschappen toegeschreven.

5.3 Beleid t.a.v. parkeeremissies

Parkeren is onlosmakelijk met wegverkeer verbonden; wie bij de plaats van bestemming niet kan parkeren zal minder snel de auto nemen. In het SVV-II en het NMP wordt daarom aandacht besteed aan parkeren in het kader van het terugdringen van de automobilititeit. Daarbij wordt echter niet verwezen naar de directe effecten van parkeervoorzieningen op de lokale luchtkwaliteit. Ook in de Besluiten Luchtkwaliteit of in andere beleidsstukken op dit gebied komt dit onderwerp niet aan de orde. Parkeervoorzieningen vallen zeggezeg tussen de "wal" van de mobiele bronnen (normaal rijdend verkeer) en het "schip" van de stationaire bronnen (fabrieken, gebouwen, etc.).

Bij parkeergarages is, naast de hiervoor geschetste situatie op toe- en afvoerwegen, ook de luchtverontreiniging in en direct rond het gebouw van belang. De relatief grote emissies op de toe- en afvoerwegen zullen ook gelden voor de verplaatsingen binnen de garage zelf. Bij een open uitvoering verhoogt dit de concentraties rondom de garage. Bij een garage onder een gebouw of onder de grond worden de gassen via een pijp op het dak afgevoerd. Het is een interessante vraag of dit zou mogen indien men deze uitstoot zou behandelen op vergelijkbare wijze als wettelijk geregeld is voor inrichtingen (stationaire verbrandingsinstallaties).

5.4 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Uit de resultaten van een in 1989 uitgevoerd TNO-meetprogramma aan personenauto's kan afgeleid worden dat bij het huidige autopark de extra emissies van CO en HC t.g.v. "koude" start een aanzienlijk deel uitmaken van de totale emissies voor een standaard stadsrit van 4 km (CO 28% en HC 21%).
- Bij de toe- en afvoerwegen van geconcentreerde parkeervoorzieningen (garages en terreinen) is de luchtverontreiniging (veel) groter dan men op basis van gemiddelde emissies en de verkeersintensiteit zou verwachten. In een realistische voorbeeld-situatie zou de CO-concentratie 60% en de benzeen concentratie zelfs 80% hoger uitvallen als gecorrigeerd wordt voor "koude" start en benzeenverdamping.
- Uit de TNO-resultaten blijkt ook dat de extra emissies t.g.v. koude start niet afnemen bij "schonere" auto's. Dit stelt een ondergrens aan de toekomstige emissiewaarden voor stadsverkeer.
- Het niveau van de luchtvervuiling bij parkeervoorzieningen en bijbehorende afvoerwegen zal in de toekomst ook veel minder afnemen dan bij het gemiddelde stadsverkeer

(hier bijvoorbeeld 18% minder voor CO en 28% voor benzeen bij een ruim drie resp. vier maal zo lage gemiddelde emissie).

- Er is dringend behoefte aan het formuleren van aanvullend beleid voor deze specifieke vorm van luchtverontreiniging; met parkeer-emissies wordt nog onvoldoende rekening gehouden in het bestaande beleid.
- Vanuit de directe omgeving gezien moeten grote en intensief gebruikte parkeergarages en -terreinen beschouwd worden als zeer vervuilende inrichtingen. Zelfs een gesloten uitvoering van de garage en zuivering van de afgezogen lucht lossen het probleem van de extra luchtvervuiling op toe- en afvoerwegen niet op. Plaatsing van parkeergarages of -terreinen met enige honderden plaatsen aan reeds door verkeers-emissies belaste straten zou pas mogen plaatsvinden na een grondige analyse van de op korte en lange termijn te verwachten concentraties van luchtverontreiniging.

6. LITERATUUR

- [1] Notitie Verkeer en Milieu. DG voor de Milieuhygiëne, Min. van VROM, Den Haag, december 1987.
- [2] Structuurschema Verkeer en Vervoer, deel A. Tweede Kamer, 20922 (1989-1990).
- [3] Nationaal Milieubeleidsplan. Tweede Kamer, 21137-1/2 (1989-1990).
- [4] NMP-Plus. Tweede Kamer, 21137-20 (1989-1990).
- [5] Structuurschema Verkeer en Vervoer, deel D. Tweede Kamer, 20922-15 (1989-1990).
- [6] Steekproef-controleprogramma, onderzoek naar luchtverontreiniging door voertuigen in het verkeer - jaarrapport 1988-1989.
R.C. Rijkeboer et al, Inst. voor Wegtransportmiddelen TNO. Publ.reeks Lucht, nr. 87, DG Milieubeheer, VROM, oktober 1989.
- [7] Technische aspecten van het besluit koolstofmonoxide en lood.
H.C. Eerens, K.D. van den Hout, C.J. Sliggers en H.J. Wiel. Publ.reeks Lucht, nr. 52, DG Milieubeheer, VROM, oktober 1986.
- [8] Technische aspecten van het besluit stikstofdioxide en lood.
H.C. Eerens, K.D. van den Hout, C.J. Sliggers en H.J. Wiel. Publ.reeks Lucht, nr. 64, DG Milieubeheer, VROM, augustus 1987.
- [9] Het CAR-model. De meerjarenberekening versus de berekening van jaar tot jaar.
C.J. Sliggers, afd.Luchtkwaliteit, DG Milieubeheer, VROM.
(plus CAR 89 - Aanvulling handleiding CAR-programma voor de rapportage over 1989. RIVM, Bilthoven, januari 1990).
- [10] Berekeningsmethoden voor de SVV-evaluatiefactoren Energie en Lucht - Parameterwaarden.
P. Tanja en M. Rijkeboer, V&V-groep TNO, november 1985, Delft.
- [11] Benzene emissions from passenger cars.
J.M. Tims, Concawe, Den Haag, december 1983.
- [12] Atmospheric ozone research and its policy implications, diverse bijdragen.
T. Schneider et al (editors), Elseviers Science Publishers B.V., Amsterdam, 1989.
- [13] Ontwerpbesluit luchtkwaliteit benzeen.
Staatscourant, 22 december 1989.
- [14] Benzine - brochure, Shell Nederland b.v., juli 1989.
- [15] CO- en NO₂-luchtverontreiniging bij parkeervoorzieningen.
P.G.M. Boonekamp, ECN-C-90-030, juli 1990.

APPENDIX: REKENSHEMA PLUS TOELICHTING

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een zelf geprogrammeerde versie van het CAR-model met een aantal aanpassingen.

Rekenschema

In tabel A.1 wordt, voor een van de doorerekende cases, een afdruk van het spreadsheet weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van het pakket "Framework", versie 2, op een IBM-pc of compatibel apparaat.

Toelichting

1. De tabel is de weergave van een spreadsheet, waarin de berekeningen met het CAR-model voor CO, NO₂ en benzeen worden nagebootst. Toegevoegd is een module, waarmee de verkeersstroom per wegdeel wordt onderscheiden in auto's met warme motor en auto's met afgekoelde motor (en extra "koude" start emissie). Verder is het CAR-model uitgebreid met een correctiefactor voor de emissies van auto's met koude start. Tenslotte is een extra module ingebouwd voor het meenemen van benzeen uit verdampende benzine van geparkeerde auto's.
2. De concentraties zijn berekend voor een aantal punten langs de weg; per punt en soort luchtverontreiniging is een kolom gereserveerd in het spreadsheet. Deze punten bevinden zich op respectievelijk het voetpad langs de Wilhelminalaan (kolommen Whl1 en Whl2) en het wandelpad langs de parallel lopende Harddraverslaan (kolommen Hdl1 en Hdl2). Nummer 1 heeft betrekking op de wegvakken ter hoogte van het ziekenhuis, nummer 2 op de wegvakken ter hoogte van de woningen aan de Wilhelminalaan. De laagste en hoogste gevonden waarden per case worden vermeld in de tabel met de resultaten.
3. In het spreadsheet wordt allereerst de achtergrondconcentratie in de straat bepaald conform de verstrekte cijfers door RIVM voor de regio. Daarbij is als afstand van de wegen tot de rand van de bebouwing de afstand tot de rondweg genomen (zie "ACHTERGRONDCONCENTRATIE").
4. Vervolgens worden de gemiddelde emissiefactoren, eventueel per wegvak, bepaald (zie "VOERTUIG-EMISSIE"). Het spreadsheet bevat de voertuig-emissies afkomstig van RIVM, gespecificeerd naar soort voertuig, gemiddelde snelheid en soort emissie. I.v.m. in en uit parkeren en filevorming is een lage gemiddelde snelheid aangehouden bij het bepalen van de emissie per voertuig. Voor het aandeel van niet-personenauto's is hier 2% ingezet; dit is lager dan voor gemiddeld stadsverkeer.
5. Onder "VERKEERSBEWEGINGEN" worden een aantal mogelijke "routes" onderscheiden i.v.m. de juiste berekening van de emissies. Voor elke route is het aantal rijdende voertuigen bepaald en het deel dat "onderweg" parkeert. Voorzover de routes over een bepaald wegvak lopen worden de aantallen voertuigen opgeteld. Deze totalen komen overeen met de geschatte aantallen auto's op het betreffende wegvak.
6. Per wegvak is ook het aantal parkerende voertuigen bepaald door vermenigvuldiging van het aantal plaatsen met een bezettingsgraad (auto's per plaats per etmaal); bij het eerste deel van de Wilhelminalaan is dit inclusief de aantallen op het terrein direkt voor de gebouwen van het ziekenhuis. Het aantal parkerende auto's in de geplande garage is apart vermeld, evenals de bezettingsgraad.
7. Voor routes, waarin een parkeerbeweging is opgenomen, geldt vanaf het punt van parkeren een hogere emissie; dit is het "vuile" gedeelte van de route. Per wegvak wordt gekeken welke "vuile" routes over dit wegvak lopen; dit resulteert in een bepaald percentage auto's met extra uitstoot per wegvak.

8. M.b.v. meetgegevens uit een TNO-rapport is bepaald dat deze voertuigen 3,6 maal zoveel CO, 1,3 maal zoveel NO_x en 3,0 maal zoveel benzeen uitstoten op de eerste honderden meters na het verlaten van de parkeerplaats. In het CAR-model is dit, per soort uitstoot, vertaald in een hoger fiktief aantal auto's met de standaard stads-emissie (zie "VERKEERS-EMISSIE"). Het fiktieve aantal auto's geeft, tesamen met de eerder bepaalde gemiddelde emissiefactor, de totale verkeersemissie.
9. Onder "VERSPREIDINGSFACTOREN" worden de emissies omgerekend naar concentratieniveau's van luchtverontreiniging, d.w.z. de extra verhoging t.o.v. een achtergrondniveau ofwel de verkeersbijdrage in de totale concentratie. De verdunningsfactor is bepaald conform het rapport nr. 52 uit de reeks "Lucht" van VROM voor CO en nr. 64 voor NO_x. Voor benzeen gelden dezelfde formules als voor CO. De verdunningsfactor wordt nog vermenigvuldigd met een aantal correctiefactoren voor jaarlijkse afwijkingen van het gemiddelde klimaat, de aanwezigheid van bomen en de gemiddelde windsnelheid. Hiervoor zijn de door RIVM aangegeven waarden gebruikt, bijgesteld aan de hand van de jaarlijks verschijnende supplementen betreffende mutaties. Bij het bepalen van de concentraties van CO en NO_x is al rekening gehouden met een omrekening van jaargemiddelde naar 98-percentiel waarden. Voor benzeen behoeft geen omrekening plaats te vinden omdat hierbij met de jaargemiddelden zelf wordt gerekend in beleid en wetgeving. Dit is hier verdisconteerd door bij benzeen een lagere jaar-correctiefactor in te zetten.
10. De bepaalde NO_x-concentratie t.g.v. het verkeer in de straat moet nog omgerekend worden naar een NO₂-concentratie. Dit gebeurt in het onderste gedeelte van het spreadsheet m.b.v. in te brengen ozon-concentraties en een aantal parameters en formules uit het CAR-model.
11. De som van verkeersbijdrage en achtergrondconcentratie levert de totale concentratie voor CO en NO₂ op het trottoir langs de wegen. Bij twee rijbanen, gescheiden door een brede middenberm, moet de verkeersbijdrage in een gekozen meetpunt apart bepaald worden voor beide rijbanen. Hier is deze aanpak ook gevolgd; de concentratie is de som van achtergrondconcentratie, de bijdrage van de Wilhelminalaan en die van de Harddraverslaan.
12. Voor benzeen moeten achtergrondconcentratie en verkeersbijdrage nog opgehoogd worden met een verdampingsbijdrage. Deze laatste kan op dezelfde wijze als de verkeersbijdrage afgeleid worden uit de totale (verdampings) emissie. In het spreadsheet wordt daarom eerst de verdampingsemissie opgeteld bij de verkeersemissie, alvorens de emissie te vertalen in een concentratie.
13. Voor het bepalen van de benzeenemissies door verdamping van benzine is een aparte module toegevoegd. Hierin wordt het aantal parkerende auto's langs een zeker wegvak gespecificeerd (jaargemiddelde), de lengte van dit wegvak, de hoeveelheid verdampende benzine tijdens het parkeren en het benzeengehalte in de verdampende benzine. Per wegvak wordt een totale emissie bepaald. Evenals de totale emissie voor het verkeer is deze uitgedrukt in µg/m·s.

Tabel A.1. Rekenschema aangepast CAR-model

		---- CO-versie CAR- 1989 ----					---- NO2-versie CAR 1989 ----					-- benzeen CAR 1989 ----				
		Whlm1	Hdr1	Whlm2	Hdr2	Zkh	Whlm	Hdr1	Whlm2	Hdr2	Zkh	Whlm	Hdr1	Whlm	Hdr2	
ACHTERGROND-CONCENTRATIE																
Afstand tot stadsrand	Fa	km	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Afstandsafh.faktor	S..	ug/m3	150	150	150	150	6	6	6	6	6	.50	.50	.50	.50	
Achtergrondconc.-regio	R..		1400	1400	1400	1400	97	97	97	97	97	2.20	2.20	2.20	2.20	
Achtergrondconc.-stad	Ca..		1550	1550	1550	1550	103	103	103	103	103	2.70	2.70	2.70	2.70	
VOERTUIG-EMISSIE																
Pers.auto's																
Emissiecoeff. 22 km/h	Ep22	ug/m.s	.142	.142	.142	.142	.018	.018	.018	.018	.018	.0013	.0013	.0013	.0013	
Emissiecoeff. 13 km/h	Ep13		.207	.207	.207	.207	.020	.020	.020	.020	.020	.0018	.0018	.0018	.0018	
Gemidd.snelheid	Vp	km/h	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Emissie pers.auto's	Ep	ug/m.s	.229	.229	.229	.229	.021	.021	.021	.021	.021	.0020	.0020	.0020	.0020	
Overige auto's																
Emissiecoeff. 22 km/h	Ep22	ug/m.s	.224	.224	.224	.224	.156	.156	.156	.156	.156	.0011	.0011	.0011	.0011	
Emissiecoeff. 13 km/h	Ep13		.315	.315	.315	.315	.211	.211	.211	.211	.211	.0015	.0015	.0015	.0015	
Gemidd.snelheid	Vp	km/h	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Emissie andere auto's	Ev	ug/m.s	.345	.345	.345	.345	.229	.229	.229	.229	.229	.0016	.0016	.0016	.0016	
Alle auto's																
Fractie niet-psa	Pv	%/100	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	
Gemidd.voertuigemissie	Es	ug/m.s	.231	.231	.231	.231	.0248	.0248	.0248	.0248	.0248	.0020	.0020	.0020	.0020	

VERKEERSBEWEGINGEN																
		rijden	parkerend			loos	p-lok.					BENZEEN-VERDAMPING				
1.Mg-Wh1-Pkaz-Wh1-Mg		50	50	0	0	0%	Kazerne									
2.Mg-Wh1-PB-Wh1-Mg		50	50	0	0	0%	Binnenterrein					Whlm1 Hdr1 Whlm2 Hdr2				
3.Mg-Wh1-Afz-Wh1-Mg		400	0	0	0	100%						weglengte per deel				
4.Mg-Wh1-PG-Wh1-Mg		1900	1900	0	0	0%	P-garage					200 200 175 175				
5.J1-Hd2-Hd1-Wh1-PG-Wh1-Mg		100	100	0	0	0%	P-garage					verdamping per vtg(gr)				
6.J1-Hd2-Afz-Hd1-Mg		100	0	0	0	100%						8 8 8 8				
7.J1-PHd2-PHd1-Mg		600	200	270	22%	Hd12/Hd11					benzeenfractie benzine					
8.J1-PHd2-PWh2-J1		200	70	110	10%	Hd12/Wh12					.025 .025 .025 .025					
9.J1-Hd2-Hd1-Mg		100	0	0	100%						corr.faktor verdamping					
Totaal routes		3500	2750	ppl.bez.gr.			koude start					.90 .90 .90 .90				
- totaal Hd1 (5+6+7+9)		900	270	70	3.86		335 37%					parkerende vtg/dag				
- totaal Hd2 (5+6+7+8+9)		1100	270	70	3.86		135 12%					50 270 110 270				
- totaal Wh1 (1+2+3+4+5)		5000	50	25	2.00 (Kaz.)		2075 42%(Kaz.)					tot.benzeenverdamp.(gr/d)				
- totaal Wh2 (8)		200	110	30	3.67		125 63%					9.00 48.60 19.80 48.60				
- tot.Binnenterrein (2+3+6)		200	50	25	2.00		50 25%					emiss.faktor (ug/m.s)				
- Parkeergarage		x	2000	500	4.00		x x					.52 2.81 1.31 3.21				

VERKEERS-EMISSIE																
Aantal voertuigbeweg.	N		5000	900	200	1100	200	5000	900	200	1100	200	5000	900	200	1100
Corr.faktor koude starts			3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	3.0	3.0	3.0	3.0
Aandeel koud gestarte vtg			.415	.372	.625	.123	.250	.415	.372	.625	.123	.250	.415	.372	.625	.123

Gecorr.aantal vtg	N"		10395	1771	525	1451	330	5623	1001	238	1141	215	9150	1570	450	1370
Tot. Verkeers-emissie	Evtg	ug/m.s	2401	409	121	335	88	140	25	6	28	5	18.17	3.12	.89	2.72

Tot. Parkeer-emissies		ug/m.s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.52	2.81	1.31	3.21
Totale emissies		ug/m.s	2401	409	121	335	88	140	25	6	28	5	18.69	5.93	2.20	5.93
.....																

VERSPREIDINGSFACTOREN																	
Gem. Afst. trottoir-wegas	s	m	5	10	10	5	7	5	10	10	5	7	5	10	10	5	
Bebouwingstype	T		rt4	rt4	rt4	rt4	rt3b	rt4	rt4	rt4	rt4	rt3b	rt4	rt4	rt4	rt4	
Verdunningsfactor	Fi	s/m2	1.06	.76	.76	1.06	1.18	1.06	.76	.76	1.06	1.18	1.06	.76	.76	1.06	
Corr. faktor (98-perc./jaargem.)			1.12	1.12	1.12	1.12	.93	.88	.88	.88	.88	.73	.40	.40	.40	.40	
Bomenfaktor	Fb		1.25	1.50	1.25	1.50	1.13	1.25	1.50	1.25	1.50	1.13	1.25	1.50	1.25	1.50	
Windfaktor	Freg		1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	
CONCENTRATIE			Whlm1	Hdr1	Whlm2	Hdr2	Zkh	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	Whlm1	Hdr1	Whlm2	Hdr2	
Achtergrond	Ca	ug/m3	1550		1550		1550	x	x	x	x	x	2.70		2.70		
Verkeer	Cvtg		4067	595	147	681	124	186	28	6	45	6	11.31	3.08	.95	4.31	
Totaal	Ctot		6213		2378		1674	214		51		x	17.09		7.96		
			=====		=====		=====						=====		=====		
Tijd.verh.grenswaarde			15000 (98-perc./8 uur)										20 ug/m3		(jaargemidd)		
Grenswaarde standaard			6000										10 ug/m3				

ACHTERGROND-CONCENTRATIE OZON								"O3"	"O3"		"O3"						
Afstandsafh.faktor	S..	ug/m3						-6		-6		-6	Toelichting benzeen:				
Achtergrondconc-regio	R..							70		70		70	straattyp	corr.faktor			
Achtergrondconc.-stad	Ca..							64	64	64	64	64	rt3b	1/3			
(normen)								240/h, <5d/j->120/h, <1d/j				rest	1/2.5				
NO2-FRAKTIE								"NO2"	"NO2"		"NO2"						
Pers.auto's								.040		.040		.040					
NO2-fraktie 44 km/h	fr44	ug/m.s						.040		.040		.040					
NO2-fraktie 22 km/h	fr22	ug/m.s						.040		.040		.040					
NO2-fraktie 13 km/h	fr13							.040		.040		.040					
NO2-fraktie pers.auto's	frp	ug/m.s						.040		.040		.040					
Overige auto's																	
NO2-fraktie 44 km/h	fr44	ug/m.s						.110		.110		.110					
NO2-fraktie 22 km/h	fr22	ug/m.s						.150		.150		.150					
NO2-fraktie 13 km/h	fr13							.150		.150		.150					
NO2-frakt.andere auto's	frv	ug/m.s						.154		.154		.160					
Alle auto's																	
Gemidd.voertuigfraktie	FNO2	ug/m.s						.042	.042	.042	.042	.041					
CONCENTRATIE								"NO2"	"NO2"		"NO2"						
Achtergrond (NO2)								103		103		103					
Faktor 1 (afh.type straat)								.50	.50	.50	.50	.70					
Faktor 2								1.00	1.00	1.00	1.00	1.00					
Faktor 3								440	440	440	440	440					
Verkeer								17	3	1	5	1					
Totaal								124		109		104					
Tijd.verhoogde waarde/idem 90%						150/135		=====		=====		=====					
Ontwerp-grenswaarde (98%-1h)						135		Whlm	Hdr1	Whlm2	Hdr2	Zkh					
Ontwerp-richtwaarde (98%-1h)						80		(98-perc./1 uur)									

Verkeers-situatie:	PG bij hfd-ing. per 1991 ,alleen bereikbaar via Whl1.																
(versie 5)	Wilhelminalaan dubbel tot hoofdingang, daarna afgesloten.																
Parkeerplaatsen:	25 K/Whl1, 500 PG, 140 Hd1/2 30 Whl2, 25 Binnenterrein.																
Emissies:	Waarden voor 1989																
	Koude start faktor= 3.6 CO, 1.3 NOx, 3.0 VOC.																
Parameters:	Straattyp = 4 excl.binnenterrein MCA, bomenfaktor<1.5																

