

Stand der techniek - dieselmotoremissies

Op- en overslag (groothandel, metaal)

Eindrapport

februari 2007

nummer 382

Auteurs:

M. (Kiek) Singels (CE)
H.J. (Harry) Croezen (CE)
A. (Anne) Cnossen (CE)
H. (Hans) Kromhout (IRAS)
J.J. (Jelle) Vlaanderen (IRAS)

Uitvoerders

IRAS

IRAS voert interdisciplinair onderzoek uit naar aspecten van risicobeoordeling van chemische, fysische en biologische agentia voor mens en milieu. IRAS verzorgt onderwijs en training in de disciplines toxicologie, milieu- en arbeidsgezondheidskunde en epidemiologie op Masters en PhD niveau

Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS)

Division Environmental Epidemiology

P.O.Box 80176

3508 TD Utrecht

Tel.: + 31 317 484147/482080

Fax: + 31 317 484457

De meest actuele informatie van IRAS is te vinden op de website:
www.iras.um.nl

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel.: + 31 15 2150150

Fax: + 31 15 150151

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Inhoud

Uitvoerders	II
Inhoud	III
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding voor het onderzoek: inzicht in de stand der techniek voor de vervanging dan wel reductie van blootstelling aan DME	3
1.2 Doel van dit onderzoek	6
1.3 Uitvoering en opbouwrapport	8
2 Inventarisatie arbeidssituaties in op- en overslag	10
2.1 Inventarisatie arbeidssituaties	10
2.2 Selectie arbeidssituaties voor nader onderzoek	11
2.3 Het algemene beeld	11
3 Metingen en risico-evaluatie in twee arbeidssituaties	13
3.1 Inleiding, beschrijving bedrijven	13
3.2 Methode	14
3.3 Resultaten	15
3.4 Vergelijking met andere studies	22
3.5 Beheersmaatregelen	23
3.6 Interpretatie van de gevonden concentraties aan de hand van risicoanalyse	24
4 Vervangings- en beheersmaatregelen in twee arbeidssituaties	26
4.1 Inleiding	26
4.2 Blootstelling aan DME	26
4.3 Relevante maatregelen	28
4.3.1 Bouwmaterialen groothandels	31
4.3.2 Groothandel in metaalproducten	33
4.3.3 Worden streefwaarde en grenswaarde voor additioneel risico gehaald?	35
5 Conclusies	36
6 Literatuur	38

A	DME en kankerverwekkendheid; risicobepaling	40
B	Selectieprocedure	43
C	Metingen bij bedrijven X, Y en Z	47
D	Vervangings- en beheersmaatregelen	50
E	Verslagen van bedrijfsbezoeken bij aanbieders reductiemaatregelen	67

Samenvatting

Dieselmotoremissies (DME) zijn in Nederland als kankerverwekkend geclassificeerd. Werkgevers zijn dan ook verplicht om maatregelen te treffen om deze kankerverwekkende stoffen te vervangen door niet-kankerverwekkende stoffen. Indien vervanging technisch niet mogelijk is, dienen zij de blootstelling van hun werknemers aan DME zo veel mogelijk te reduceren, en wel door het treffen van beheersmaatregelen op basis van de arbeidshygiënische strategie (artikel 4.17 en 4.18 Arbeidsomstandighedenbesluit).

Dit onderzoek behelst het bepalen van de stand der techniek van maatregelen ter vervanging en beheersing van dieselmotoremissies in op- en overslag, meer in het bijzonder bij de groothandels in bouwmaterialen en metaal.

Na een inventarisatie van subsectoren in de op- en overslagsector, is gekozen om maatregelen voor groothandel in bouwmaterialen en in metaalproducten nader te onderzoeken. In deze subsectoren is tevens een beperkt aantal metingen gedaan naar blootstelling.

Meetresultaten

Metingen bij drie groothandels in bouwmaterialen en metaalproducten laten zien dat van de circa 175.000 medewerkers bij deze bedrijfstakken werkzame personen met name magazijnmedewerkers worden blootgesteld aan DME als gevolg van emissies op de werkplek. De persoonlijk gemeten gemiddelde DME-blootstelling in de groothandelmagazijnen bedraagt 11-46 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ (microgram elementaire koolstof per kubieke meter) voor magazijnmedewerkers. Uit de in deze studie uitgevoerde metingen blijkt dat bij twee groothandels op een aantal dagen magazijnmedewerkers worden blootgesteld aan een concentratie van 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ of meer. Dit is een concentratie die hoger ligt dan de in dit rapport afgeleide waarden voor extra of additioneel risico (extra of additioneel aan het risico dat iedereen loopt door de achtergrondconcentratie) op sterfte door kanker door beroepsmatige blootstelling, en wel boven het zogenoemde verbodsniveau dat een onacceptabel risiconiveau inhoudt.

De verwachting is dat binnen de sector op- en overslag veel bouwmarkten te vergelijken zijn met de door hier bemeten bedrijven. Een deel van de werknemers in deze bedrijven zal na levenslange beroepsmatige blootstelling aan DME een onacceptabel additioneel risico op het ontwikkelen van longkanker lopen.

Stand der techniek

Mogelijkheden om blootstelling te beperken of te voorkomen zijn met name:

1 Vervangingsmaatregelen

- alleen aardgas en LPG-aangedreven voertuigen toelaten;
- toepassing van alternatieve logistieke bedrijfsvoering bij metaalproductengroothandels;
- eigen, LPG of aardgas trekker voor gebouwinterne transporten.

Met het toepassen van deze maatregelen is de blootstelling dus zoveel mogelijk voorkomen.

2 Beheersmaatregelen

- toepassen van opzetfilters;
- toepassen (zoveel als mogelijk) van geconditioneerde cabines op vorkheftrucks en als verblijfsruimte voor personeel;
- gedragsregels instellen met betrekking tot routing, rijgedrag en stationair draaien van motoren;
- ventilatie.

Met deze beheersmaatregelen kan worden gegarandeerd dat het additioneel risico op sterfte aan longkanker door blootstelling aan DME op de werkplek lager uitvalt dan het verbodsniveau.

De jaarlijkse meerkosten van deze maatregelen zijn naar verwachting beperkt, terwijl met de meeste maatregelen reducties van minimaal 90% kunnen worden gerealiseerd.

Aan de streefwaarde kan niet worden voldaan aangezien de achtergrondconcentratie bij alle bedrijven boven deze waarde ligt.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor het onderzoek: inzicht in de stand der techniek voor de vervanging dan wel reductie van blootstelling aan DME

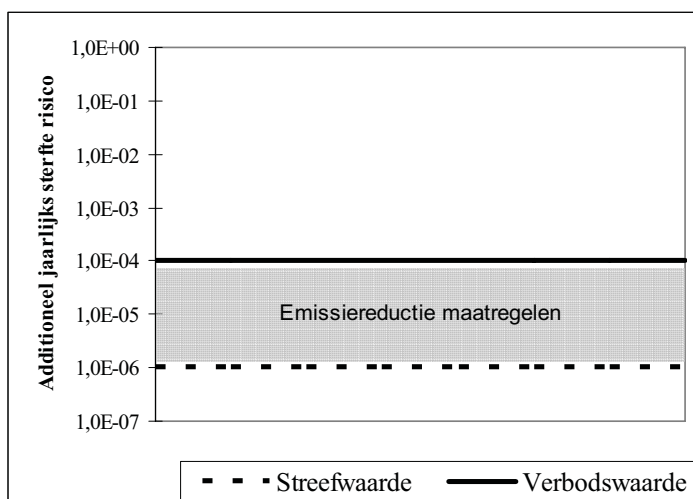
Dieselmotoremissies of DME zijn in Nederland als kankerverwekkend geclassificeerd¹ en staan op de ‘SZW-lijst van kankerverwekkende stoffen en processen’².

De Nederlandse en Europese regelgeving streeft in algemene zin naar een zo laag mogelijke blootstelling van personen aan kankerverwekkende stoffen.

Algemeen

Door de Gezondheidsraad is een streefniveau en een verbodsniveau gedefinieerd voor het additionele jaarlijks risico op sterfte aan niet geneesbare kanker veroorzaakt door blootstelling aan een kankerverwekkende stof in de arbeidssituatie van respectievelijk 10^{-6} en 10^{-4} . Bij een gemiddeld werkzaam leven van de Nederlandse werknemer van 40 jaar komt dit overeen met een additioneel aantal sterfgevallen van respectievelijk 1 op 25.000 en 1 op 250. Wanneer de concentratie van de blootstelling tussen streefwaarde en verbodswaarde valt, moeten reductiemaatregelen worden getroffen om de blootstelling zo laag mogelijk te doen zijn.

Figuur 1 Visualisatie beleidsdoelen en beleidsgebied voor additionele risico's op sterfte door blootstelling aan kankerverwekkende stoffen zoals DME



¹ Scientific documentation on the Dutch list of occupational carcinogens, RA2/95, Ministry of Social Affairs and Employment, commissie WGD, 1995 [diesel, whole exhaust].

² De meest recente versie van deze SZW-lijst is te vinden op www.szw.nl.

Bij de Gezondheidsraad is het proces voor de opstelling van dergelijke waarden gaande. In afwachting daarvan is ten behoeve van dit rapport door IRAS op basis van een uitgevoerde zogenaamde overlevingsanalyse bepaald dat bij een voor Nederland representatieve DME-achtergrondconcentratie van gemiddeld $3 \mu\text{g EC/m}^3$ de verbodswaarde en streefwaarde overeenkomen met een hogere concentratie op de werkplek van respectievelijk 50 en $0,16 \mu\text{g EC/m}^3$ [zie Singels, M, 2004 en bijlage A].

Voor arbeidssituaties

Zoals reeds vermeld is in de Nederlandse en Europese regelgeving gesteld dat een kankerverwekkende stof moet worden vervangen door een niet-kankerverwekkende. Als dat technisch niet mogelijk is dan moeten er beheersmaatregelen worden getroffen om de blootstelling zo laag mogelijk te laten zijn.

Hierbij geldt de stand der techniek:

- vervanging van dieselemisatiebronnen binnen het bedrijf indien technisch mogelijk;
- anders reduceren van blootstelling door reductie van emissies en/of reductie van de concentratie in de werkomgeving middels maatregelen tot een zo laag mogelijk niveau voor zover de stand der techniek dit toelaat.

In volgorde van prioriteit betreft het verlagen van emissies en/of blootstellingconcentraties de volgende maatregelcategorieën:

- het bij de bron voorkomen of terugbrengen op een niveau waarop geen schade aan de gezondheid kan optreden met name door de productie en het gebruik van kankerverwekkende stoffen plaats te doen vinden in een gesloten systeem;
- het op doeltreffende wijze verwijderen van kankerverwekkende stoffen door plaatselijke luchtafvoer (afzuiging) zonodig aangevuld met algemene ventilatie;
- het beperken tot een zo laag mogelijk niveau; bijvoorbeeld door het scheiden van mens en bron (beperken van blootstellingstijd, aantal blootgestelde individuen en/of de hoeveelheid DME);
- het beschikbaar stellen en gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen; dit is echter een tijdelijke oplossing zolang gezocht wordt naar meer structurele en betere oplossingen.

De minimaal te realiseren reductie wordt in de 'Interne instructie Arbeidsinspectie, versie 2.1' omschreven als:

'Is vervanging van het dieselmotoraangedreven arbeidsmiddel technisch niet mogelijk dan worden'.. 'maatregelen verlangd om de uitstoot aan DME in omsloten ruimten (binnenruimten) te voorkomen of met tenminste 70% te reduceren door het plaatsen van een roetfilter.

Het Nederlandse beleid sluit met deze inspanningsverplichting zonder harde concentratielimit of emissielimit aan bij het beleid in Duitsland en Groot-Brittannië waar ook een inspanningsverplichting zonder grenswaarde wordt gehanteerd. Hamvraag in het beleid is wat in de verschillende bedrijfstakken die actuele ‘stand der techniek’ is voor het voorkomen van of beheersen van blootstelling aan DME op de werkplek.

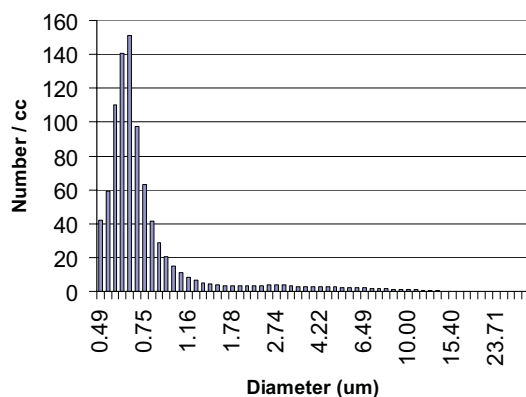
Dieselmotoremissies

De zogenaamde dieselmotoremissies (DME) betreft eigenlijk de emissie van fijnstofdeeltjes van dieselmotoren. Fijnstofdeeltjes geëmitteerd door dieselmotoren bestaan uit een veelheid aan toxische en vaak ook kankerverwekkende stoffen, zoals:

- zware metalen (arsen, seleen, beryllium, chroom, etc.);
- PAK's en PCB's;
- enkelvoudige aromaten (BTEX – benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen);
- aldehyden en ketonen.

Als maat voor DME wordt in de regel microgram elementaire koolstof per kubieke meter lucht ($\mu\text{g EC}/\text{m}^3$) gehanteerd.

Figuur 2 Voorbeeld van een deeltjesgrootte frequentie verdeling voor fijn stof geëmitteerd door dieselmotoren (uit Nelson)



DME bestaat voor 95% - 100% (zie bijvoorbeeld [RAINS, 2002],[VITO, 2003]) uit respirabel stof bestaande uit deeltjes kleiner dan $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) en voor 90% - 95% uit ultrafijne deeltjes met een diameter $< 1 \mu\text{m}$ (PM_1), zie ook Figuur 2. Dit stof penetreert tot in de longblaasjes en via de longblaasjes in bloed, lever, nieren en hart en veroorzaakt behalve longkanker ook andere kwalen als longziekten (bijvoorbeeld kortademigheid en bronchitis) en hartklachten.

1.2 Doel van dit onderzoek

Doel van dit onderzoek is om de stand der techniek in beeld te brengen voor vervangingsmaatregelen en beheersmaatregelen in een tweetal subsectoren van de op- en overslagbranche. De subsectoren betreffen:

- groothandel in bouwmaterialen;
- groothandel in metaalproducten.

Het onderzoek is een vervolg op een eerder onderzoek - Stand der techniek -dieselmotoremissies [Singels, 2004] - waarin eenzelfde analyse is uitgevoerd voor havenactiviteiten, garages, huisvuilinzameling, asfalteerders en bouwwerkzaamheden. Deze sectoren zijn destijds onderzocht vanwege het geschatte grote aantal werknemers dat regelmatig wordt blootgesteld aan hoge concentraties DME en vanwege de - destijds - onbekendheid met mogelijke vervangings- en beheersmaatregelen (zie Tabel 1).

Onderhavige vervolgstudie richt zich als gezegd op een andere sector met een hoog aantal aan hoge DME-concentraties blootgestelde werknemers.

De resultaten van het onderzoek kunnen worden gebruikt door werkgevers om te bepalen wanneer technisch gezien tot vervanging dient te worden overgegaan dan wel met beheersmaatregelen getracht moet worden de blootstelling te reduceren tot een zo laag mogelijk niveau. Tevens kan het als een handvat dienen voor het uitvoerings- en handhavingsbeleid van de Arbeidsinspectie.

Onder stand der techniek wordt in dit onderzoek verstaan een inventarisatie van de thans technisch en operationeel haalbare maatregelen ter vervanging en ter beheersing van DME, die enerzijds 'beschikbaar' zijn (reeds leverbaar) en anderzijds 'ter plaatse toepasbaar' zijn (praktische toepassing vinden in de branche).

Tabel 1 Indicatief overzicht mate van blootstelling aan DME en aantal blootgestelden in verschillende bedrijfssectoren.
De gearceerde bedrijfssectoren zijn onderzocht in een eerdere studie [Singels, 2004]

	Locatie	Regelmaat (w/m/v/)	Aantal blootgestelden (schatting)	Hoogte blootstelling (□ g EC/m ³)	Quick scan pot. Maatregelen	
					Vervanging?	Beheers?
Overslag in de haven	binnen/buiten	veel	10.000 - 20.000	20 - 50	nee	ja
Overslag, distributie, veilingen	binnen	veel	25.000 - 50.000	20 - 50	?	ja
Veerbootpersoneel	binnen/buiten	weinig	1.000 - 1.500	20 - 50	nee	ja
Mecaniciens	binnen	middel	100 - 250	20 - 50	nee	nauwelijks
Garagewerkzaamheden	binnen	middel	40.000 - 60.000	20 - 50	ja	ja
Vuilnismannen	buiten	veel	12.000	10 - 20	ja	ja
Asfalteerders	buiten	veel	4.000	10 - 20	nee	ja
Grondpersoneel vliegvelden	buiten	veel	2.000 - 4.000	10 - 20	ja	ja
Busremise	binnen	weinig	25.000	10 - 20	ja	ja
Vrachtwagenchauffeurs	buiten	veel	100.000 - 200.000	5 - 10	nee	ja
Werkzaamheden in de bouw	buiten	veel	250.000 (15.000 machinisten)	5 - 10	nee	ja
Agrarische sector	buiten	middel	195.000	5 - 10	nee	ja
Rangeerterreinen (incl. machinisten)	buiten	middel	tractoren/heftrucks	5 - 10	?	?
Defensie	buiten	weinig	500	5 - 10	nee	ja
Wegenwacht	buiten	veel	1.100	5 - 10	ja	nauwelijks
Offshore	buiten	veel	1.000	5 - 10	ja	?
Kantoorpersoneel langs snelweg	binnen	veel	900.000	5 - 10	nee	?
Bediening noodaggregaten	binnen	weinig		5 - 10	nee	?

1.3 Uitvoering en opbouwrapport

In het onderzoek zijn drie fasen doorlopen.

Fase 1: Inventarisatie op- en overslag subsectoren en selectie van arbeidssituaties met gezondheidsrisico's door dieselmotoremissies

In fase 1 wordt de volgende onderzoeksvraag beantwoord: In welke subsectoren komen arbeidssituaties voor met gezondheidsrisico's door dieselmotoremissies? Welke van deze subsectoren geven aanleiding voor nader onderzoek?

De uitgevoerde analyse en de resultaten daarvan zijn beschreven in hoofdstuk 2. Daarin wordt inzicht gegeven in de arbeidssituaties c.q. de subsectoren in de op- en overslag waar blootstelling aan DME plaatsvindt. Tevens wordt daar toegelicht waarom het onderhavige onderzoek zich op specifieke arbeidssituaties - groothandels in bouwmaterialen en metaalproducten - toespitst.

Fase 2: Heersende concentraties

Bij de gekozen subsectoren zijn metingen gedaan. Hierbij wordt antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvraag: Wat zijn de heersende blootstellingconcentraties in de gekozen arbeidssituaties in:

- 1 Voorloper bedrijven.
- 2 'Achterblijvers'.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd van praktijkmetingen in de gekozen arbeidssituaties.

Fase 3: Vervangingsmogelijkheden en blootstellingbeperkende maatregelen

In fase 3 is voor de geselecteerde arbeidssituaties de stand der techniek in beeld gebracht en zijn de volgende vragen beantwoord:

- 3 Welke vervangings- of beheersmaatregelen zijn beschikbaar en welke maatregelen geven adequate reductie waardoor sprake is van zo laag mogelijke blootstellingconcentraties en gezondheidseffecten?
- 4 Waar is vervanging technisch mogelijk en welke omstandigheden en afwegingen spelen daarbij een rol?
- 5 Welke blootstellingverlagende maatregelen moeten worden genomen in de gevallen dat vervanging niet mogelijk is? Welke omstandigheden en afwegingen spelen daarbij een rol?

In hoofdstuk 4 worden de gevonden technische en organisatorische maatregelen ter vervanging respectievelijk beheersing van kankerverwekkende stoffen in de gekozen arbeidssituaties beschreven.

In hoofdstuk 5 ten slotte worden de resultaten kort samengevat en worden conclusies getrokken.

In de bijlagen zijn de meer uitgebreide onderzoeks- en meetresultaten te vinden, alsmede een lijst van geraadpleegde bronnen en personen.

2 Inventarisatie arbeidssituaties in op- en overslag

2.1 Inventarisatie arbeidssituaties

Op basis van een eerder door onderzoekers [Singels, 2004] gepresenteerd overzicht van de meest voorkomende arbeidssituaties (Tabel 1) is gekozen voor de op- en overslag als sector voor een volgend stand der techniek onderzoek. Hierbij zijn de locatie, regelmaat en hoogte van de blootstelling aan DME (EC) geschat. Cijfers met betrekking tot het aantal blootgestelden betreffen grove schattingen. De geschatte blootstellingen in termen van EC voor de verschillende bedrijfstakken moeten worden gezien als ‘best guesses’ gebaseerd op recente buitenlandse studies in verschillende bedrijfstakken. Hogere concentraties ($> 20 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$) zijn met name te vinden in garages, busremises en overslagsituaties. Daar waar binnen diesel(hef)trucks rijden is de blootstelling het meest extreem. Dat is de belangrijkste reden om het onderhavige stand der techniek onderzoek uit te voeren. Ook de inspectieprojecten van de Arbeidsinspectie in 2005 en 2006 in de bouw- en metaalsectoren gaven aanleiding voor nader onderzoek.

Vervolgens is in de eerste fase van het onderzoek een overzicht gemaakt van de subsectoren die onder de hoofdsector op- en overslag vallen. De op- en overslagsector is zeer divers en kan grofweg onderverdeeld worden naar subsectoren:

- containers;
- tankopslag;
- koel- en vriesvemen;
- logistiek en distributie (‘grijze dozen’) - o.a. veilingen;
- bulk overslag;
- stukgoedoverslag.

De tank-, container- en bulkoverslag zijn met name gerelateerd aan de haven en vallen buiten de scope van dit project. In de logistiek en distributie zijn verreweg de meeste dieselheftrucks vervangen. Vrachtwagenchauffeurs vallen buiten de scope van dit onderzoek omdat ze feitelijk tot een andere bedrijfstak behoren.

Een belangrijke categorie om te onderzoeken zijn de op- en overslagbedrijven waar diesel(hef)trucks nog wel regelmatig binnen komen rijden. Deze situatie is met name te vinden bij de groothandel in diverse stukgoed sectoren, niet zijnde voedingsmiddelen (hout, metaal, bouw, machines/apparaten, chemie, kantoormeubilair). Deze deelsectoren van de subsector logistiek en distributie zijn nader onder de loep genomen.

Middels een quickscan is vastgesteld:

- het gebruik van voertuigen;
- de belasting door gassen of dampen;
- de beschrijving van de arbeidsplaatsen met een inschatting van het type dieselbronnen waaraan men hier blootgesteld is;
- het type potentiële maatregelen.

2.2 Selectie arbeidssituaties voor nader onderzoek

De meest voor de hand liggende subsectoren waarin gezocht diende te worden naar geschikte meetlocaties zijn (zie bijlage B voor een beschrijving van de uitgevoerde analyses):

- groothandel in hout- en bouwmaterialen (Hibin, AI) - BIK 5153;
- groothandel in metaalproducten - BIK 518;
- groothandel in consumentenartikelen (VNO, AI) - BIK 514;
- laad/los, op- en overslag, w.o. ook bedrijfsverhuizingen (via EVO, TLN, BZW Wegvervoer en Fenex) - BIK 631;
- expeditie en logistiek (via Fenex, BZW en TLN) - BIK 634;
- veilingen (VBN, 5 veilingen) - BIK 748431/1.

Op pragmatische gronden is uiteindelijk gekozen voor het uitvoeren van metingen in (zie bijlage B):

- 1 Groothandel in bouwmaterialen.
- 2 Groothandel in metaalproducten.

Doel van de metingen was het evalueren van het effect van een beheersmaatregel. De meetplekken c.q. deelsectoren zijn geselecteerd op de bereidwilligheid om mee te werken aan het verrichten van metingen. Er zijn uiteindelijk drie groothandels geselecteerd voor metingen. Twee bedrijven betroffen groothandels in bouwmaterialen (groothandel X en Y). Het derde bedrijf is een groothandel in metaalproducten (groothandel Z).

2.3 Het algemene beeld

Groothandels in bouwmaterialen en hout (BIK 5153) en in metaalproducten (BIK 518) betreffen samen circa 17.000³ bedrijven met circa 175.000 werkzame personen⁴. De beide subsectoren vormen daarmee samen ongeveer 20%(van het totaal aantal werknemers of bedrijven) van de totale groothandelbranche (SBI 51) [CBS Statline].

³ Het betreft ongeveer 4.130 bedrijven in de bouwmaterialen groothandel sector en ongeveer 12.970 bedrijven in de groothandel sector 'machines, apparaten en toebehoren'. De gegevens zijn verzameld met de Statline Webselector onder de groep '*Bedrijfsleven-groothandel-Kerncijfers groothandel en handelsbem.*' en onderwerp 'Bedrijven'. De gegevens hebben betrekking op 2004.

⁴ Het betreft ongeveer 41.000 personen in de bouwmaterialen groothandel sector en ongeveer 134.000 personen in de groothandel sector 'machines, apparaten en toebehoren'. De gegevens zijn verzameld met de Statline Webselector onder de groep '*Bedrijfsleven-groothandel-Kerncijfers groothandel en handelsbem.*' en onderwerp 'Arbeidsgegevens-Werkzame personen-Aantal werkzame personen eind september'. De gegevens hebben betrekking op 2004 voor BIK 518 en 2003 (vanwege ontbreken van cijfers voor 2004) voor BIK 5153.

Veel voorkomende typen bedrijven in met name de bouwmaterialengroothandel zijn:

- traditionele ‘order picking’ bedrijven;
- ‘drive in’ bedrijven;
- ‘drive through’ bedrijven.



Traditionele bedrijven leveren een pakket producten op basis van een vooraf opgegeven bestelling. De bestelling wordt buiten de hal bijvoorbeeld via een dock geleverd en op het afvoerende voertuig geladen. Bij een ‘drive in’ bedrijf wordt het voertuig voor aan- en/of afvoer van producten in de loods van de groothandel gereden en vervolgens afgesteld. Intern transport en laden en lossen vinden plaats middels vorkheftrucks. Bij een ‘drive through’ bedrijf rijdt het voertuig voor aan- en/of afvoer van producten door de loods langs de schappen met de gewenste producten.



Het grootste deel van de bedrijven behoort volgens Hibin tot de tweede categorie (‘drive in’)⁵. Het aandeel ‘drive through’ bedrijven neemt toe omdat minder personeel nodig is bij dit systeem. Overigens blijkt uit bedrijfsprofielen zoals te vinden op internet van bijvoorbeeld Pont Meyer dat de grens tussen ‘drive in’ en ‘drive through’ niet scherp is: het door Pont Meyer als ‘drive in’ gehanteerde bedrijfsconcept is feitelijk een ‘drive through’ systeem⁶.

⁵ Zie bijvoorbeeld <http://www.koolschijn.nl/>.

⁶ Zie bijvoorbeeld: <http://www.pontmeyer.nl/pictures/PDF/PontMagazineNov2004.pdf>, http://www.kuldipsingh.net/about_us_nl.html.

3 Metingen en risico-evaluatie in twee arbeidssituaties

3.1 Inleiding, beschrijving bedrijven

Groothandels in bouwmaterialen

Groothandels X en Y zijn vergelijkbaar qua opzet van het bedrijf en het type functies dat wordt uitgevoerd. Bij beide bedrijven is het magazijn een omsloten ruimte met een rolluik waardoor auto's naar binnen kunnen rijden. Bij groothandel Y is het magazijn, vanwege de brandveiligheid, in drie compartimenten opgedeeld. Deze compartimenten zijn van elkaar gescheiden door een rolluik.

In het magazijn staan stellingkasten met benodigdheden voor de bouw. Klanten rijden met hun auto langs de stellingkasten en laden in wat ze nodig hebben.

Tabel 2 Gegevens bouwmaterialen groothandel

Kenmerk	Groothandel X	Groothandel Y
Type bedrijfsvoering	'Drive through'	'Drive through'
Ligging vestiging	Rand van de stad op bedrijventerrein	Rand van de stad op bedrijventerrein
Afstand tot doorgaande weg	20 m	25 m
Type verkeer op doorgaande weg	Drukke weg. Verkeer bestaat uit kleine en grote voertuigen. Provinciale weg naar de stad.	Drukke beperkt. Toegangsweg naar bedrijventerrein, voornamelijk grote voertuigen.
Vloeroppervlakte omsloten ruimte	1 hal 4.000 m ²	3 hallen van 2.100 m ²
Aantal werknemers	27	14
<i>Aantal magazijn medewerkers</i>	4	3
Gemiddeld aantal voertuigen dat binnen rijdt per dag	100 voertuigen	55 voertuigen
Gemiddeld aantal vrachtwagens dat per dag voorrijdt	10 vrachtwagens	12 vrachtwagens
Interne bronnen van DME aanwezig	Nee	Nee

De producten worden afgerekend in een winkelgedeelte dat aan het magazijn is verbonden. Klanten van dit type bedrijf bestaan voornamelijk uit aannemers die met grote personenwagens en transportbusjes hun benodigdheden vervoeren. De aanvoer van producten naar de groothandel toe wordt uitgevoerd met vrachtwagens. Deze parkeren buiten op een terrein voor het magazijn. De producten worden van de vrachtwagens naar het magazijn vervoerd met behulp van elektrische vorkheftrucks.

Het personeel dat werkzaam is in het magazijn is de gehele dag bezig met het in en uit de stellingkasten halen van producten. Deze personen brengen het grootste deel van de dag in het magazijn door. Indien er aanvoer van producten is, rijden magazijnmedewerkers op elektrische vorkheftrucks naar buiten om de vrachtwagen uit te laden. Het winkelpersoneel is voornamelijk werkzaam in het winkelgedeelte, maar komt ook met enige regelmaat in het magazijn. Kantoorfuncties worden in beide vestigingen op een afgescheiden gedeelte van het bedrijf uitgevoerd. De personen werkzaam in het kantoorgedeelte komen gedurende de werkdag niet in het magazijn. Bij groothandel

X worden op een aparte afdeling vloeren en keukens verkocht. Personeel dat op deze afdelingen werkt komt gedurende de werkdag niet in het magazijn.

Groothandel in metaalproducten

In het magazijn van de groothandel in metaalproducten ligt een straat waar toeleveranciers producten afleveren en een straat waar vrachtwagens voor expeditie worden geladen. De straten zijn aan twee kanten afgesloten met een roldeur. De roldeuren waren gedurende de meetperiode vaak geopend. Tussen de straten liggen producten opgeslagen. Deze producten worden met behulp van een, in het gebouw geïntegreerd, tilsysteem van en naar de vrachtwagens vervoerd. In dit bedrijf komen voornamelijk zware vrachtwagens binnen. Een deel van de vrachtwagens is eigendom van het bedrijf zelf. Naast dieselaangedreven trekkers en vrachtwagens gebruikt het bedrijf ook een aantal LPG-aangedreven trekkers. De vrachtwagens van externe bedrijven zijn dieselaangedreven.

Tabel 3 Gegevens metaal producten groothandel

Kenmerk	Groothandel Z		
Type bedrijfsvoering	'Drive in'		
Ligging vestiging	Op bedrijventerrein, naast snelweg		
Afstand tot doorgaande weg	120 m		
Type verkeer op doorgaande weg	Drukke weg. Kleine en grote voertuigen, toegangsweg bedrijventerrein naar snelweg		
Vloeroppervlakte omsloten ruimte	30.000 m ²		
Aantal werknemers	75		
<i>Aantal magazijn medewerkers</i>	61		
Aantal vrachtwagens dat per dag over de aanvoerstraat rijdt	14 juni	15 juni	16 juni
	12	11	10
Aantal vrachtwagens dat per dag over de expeditiestraat rijdt	14 juni	15 juni	16 juni
	21	13	15
Interne bronnen van DME aanwezig	Ja, een deel van de vrachtwagen die worden gebruikt voor expeditie zijn eigendom van de groothandel		

Naast opslagruimtes zijn in het magazijn een afdeling waar buizen worden verzaagd en een afdeling die een coating op de buizen aanbrengt. De meeste werknemers in het magazijn zijn bezig met het laden en lossen van vrachtwagens en order picken. Werknemers lopen gedurende de werkdag door het gehele magazijn. In afgescheiden gedeelte van het pand waarin het magazijn gehuisvest is, wordt kantoorwerk uitgevoerd. De personen die werkzaam zijn in het kantoorgedeelte komen gedurende de werkdag niet in het magazijn.

3.2 Methode

Bij elk bedrijf zijn 4 werknemers gedurende drie achtereenvolgende dagen bemeten. Bij bedrijf Y zijn 2 werknemers niet drie maar 2 dagen bemeten (zie tabel 4). Werknemers zijn geselecteerd voor metingen op basis van hun functie, beschikbaarheid en bereidwilligheid om mee te werken. Bij functies waar een hoge blootstelling werd vermoed, zijn twee werknemers bemeten. Voor de overige functies is één persoon bemeten.

Tabel 4 Algemene opzet metingen groothandels

Bedrijf	Aantal werknemers bemeten	Aantal dagen gemeten	Aantal persoonlijke metingen	Aantal achtergrond metingen	Metingen onder detectielimiet	Metingen onder kwantificatielimiet
Groothandel X	4	3	12	3	0	0
Groothandel Y	4	3	10 ¹	3 ³	1	3
Groothandel Z	4	3	12 ²	3 ⁴	3	4

¹ Eén meting onder de detectielimiet, één meting onder de kwantificatielimiet – de limiet waarboven wel een waarde kan worden vastgesteld, maar waaronder de gemeten waarde nog een te grote onnauwkeurigheid heeft.

² Eén meting onder de detectielimiet, drie metingen onder de kwantificatielimiet.

³ Twee metingen onder de kwantificatielimiet.

⁴ Twee metingen onder de detectielimiet en één meting onder de kwantificatielimiet.

Per werknemer is informatie geregistreerd met betrekking tot mogelijke determinanten van blootstelling aan DME.

Naast de persoonlijke metingen is een stationaire meting uitgevoerd op een locatie bovenwinds ten opzichte van het magazijn. Deze meting is gebruikt om een indruk te krijgen van de heersende achtergrondconcentraties. Op alle meetdagen bij één bedrijf is dezelfde locatie gebruikt voor de stationaire meting. Per groothandel is een vragenlijst ingevuld met daarin vragen over grootte en ligging van het bedrijf, aantal voertuigbewegingen per dag en interne bronnen van DME in het bedrijf. De metingen zijn uitgevoerd in het voorjaar van 2006.

3.3 Resultaten

Figuur 3 t/m Figuur 5 geven de gemeten concentraties per dag per persoon weer. Bij groothandel X zijn voor elke functie hogere concentraties gemeten dan bij groothandel Y. Ook de gemeten achtergrondconcentraties waren bij groothandel X hoger dan bij groothandel Y. De concentraties gemeten bij groothandel Z zijn, met uitzondering van één werknemer, lager dan bij de bouwmarkten. In Figuur 6 wordt voor elke bemeten functie bij bedrijf X, Y en Z een Boxplot weergegeven. De boxplots geven een overzicht van de spreiding in gemeten concentraties per functie. In Tabel 5 en Tabel 6 is per functie het aantal metingen (N), het rekenkundig gemiddelde (AM), het geometrisch gemiddelde (GM) en de geometrische standaarddeviatie (GSD) van de gemeten concentraties berekent.

Tabel 5 Gemiddelde concentratie elementair koolstof ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per functie in groothandels X en Y

Locatie	Magazijnmedewerker			Winkelmedewerker			Kantoormedewerker			Achtergrondconcentratie			
	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GSD ^d
Groothandel X	6	41.22	40.29	3	24.03	23.82	1.18	3	12.33	12.00	3	16.53	1.17
Groothandel Y	6	24.95	23.51	2	11.05	10.84	1.32	2	2.10 ^e	1.82	3	3.70	1.51 ^e

Tabel 6 Gemiddelde concentraties elementair koolstof ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per functie in groothandel Z

Locatie	Voorlader			Order picken			Kantoormedewerker			Achtergrondconcentratie			
	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N ^a	AM ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GM ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GSD ^d
Groothandel Z	6	14.55 ^e	13.64 ^e	3	46.37	45.33	1.31	3	4.00 ^e	3.60 ^e	3	2.97 ^e	1.92 ^e

^a Aantal waarnemingen per bedrijf en per functie.

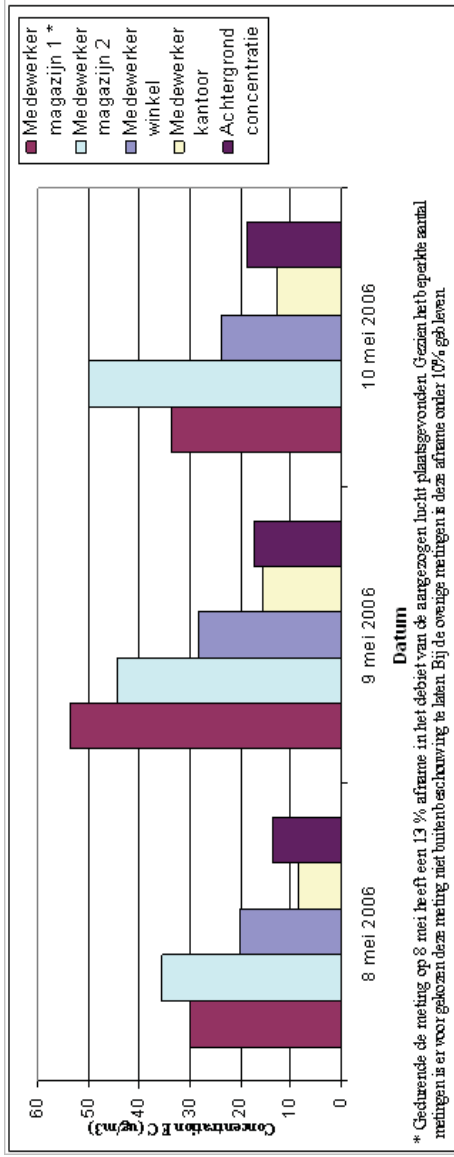
^b Rekenkundig gemiddelde.

^c Geometrisch gemiddelde.

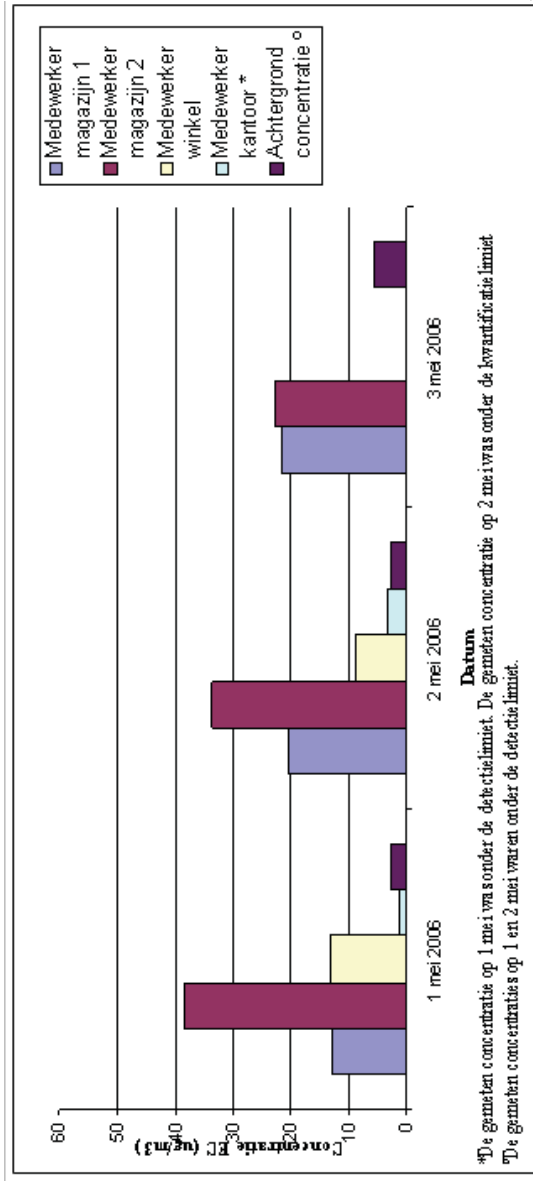
^d Geometrische standaard deviatie.

^e Bij de berekening van AM, GM en SD is voor een concentratie <LOD (detectielimiet) met 0,5 * LOD gerekend. Bij een concentratie tussen LOD en LOQ (kwaliteitslimiet) is gerekend met 0,5*LOQ. De kwaliteitslimiet is de grenswaarde waar beneden wel een signaal wordt gemeten, maar het signaal te onbetrouwbaar is omdat het nog te dicht bij de detectielimiet ligt.

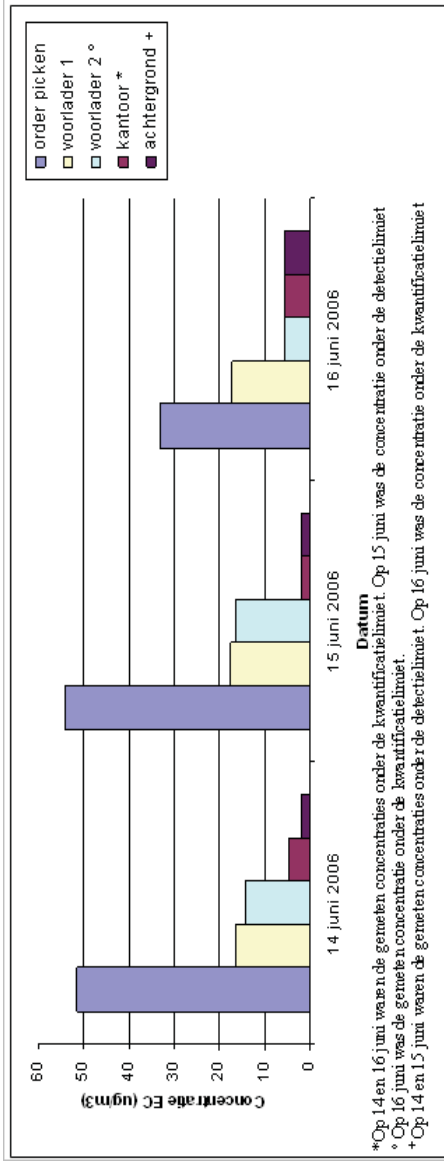
Figuur 3 Concentraties elementaire koolstof in respirabel stof groothandel X



Figuur 4 Concentraties elementaire koolstof in respirabel stof, groothandel Y

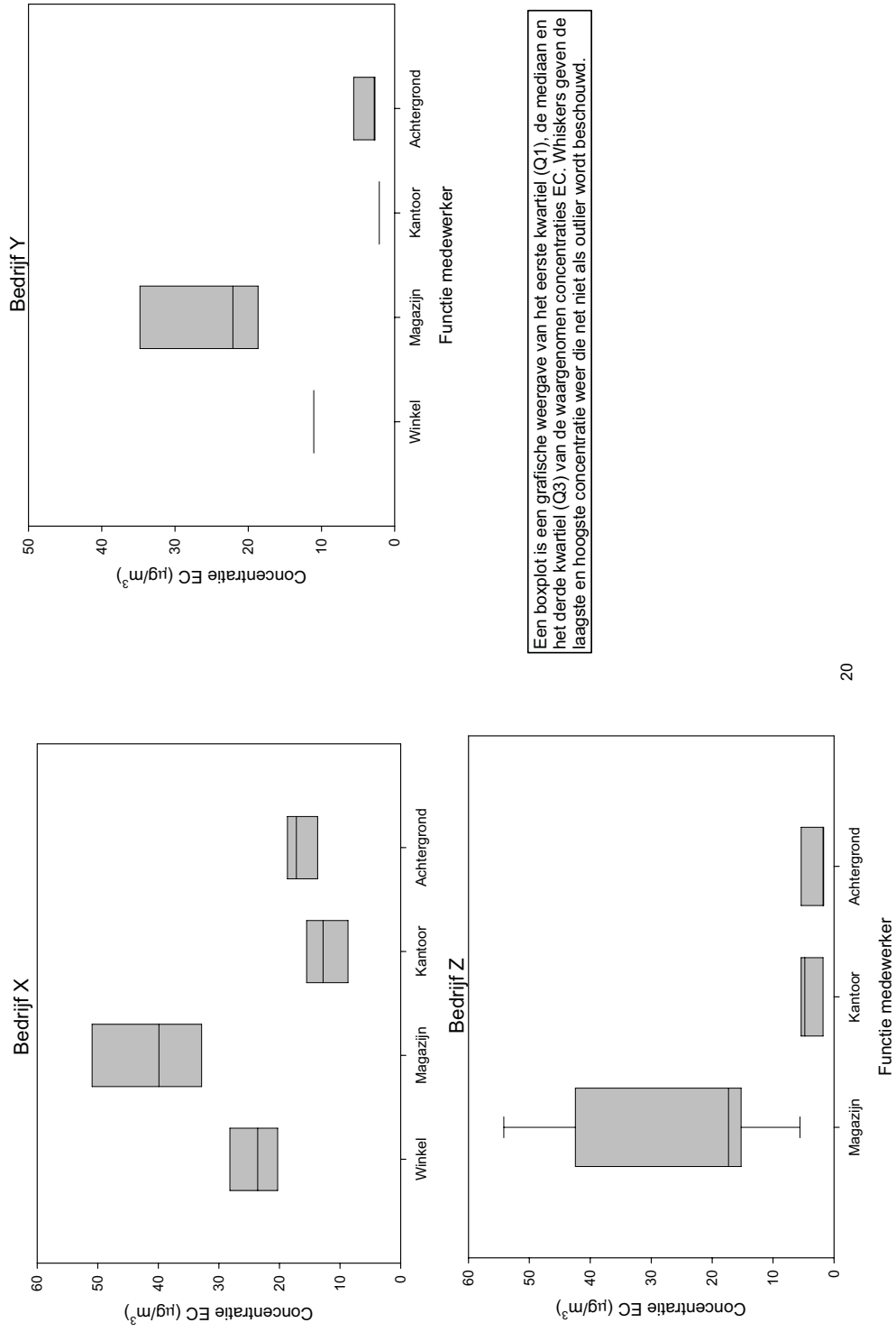


Figuur 5 Concentraties elementaire koolstof in respirabel stof, groothandel Z.



Figuur 6 Boxplots van waargenomen concentraties elementair koolstof in bedrijf X, Y en Z

Voor elk bemeeten bedrijf worden de bemeeten functies en de achtergrondconcentratie weergegeven.



Een boxplot is een grafische weergave van het eerste kwartiel (Q1), de mediaan en het derde kwartiel (Q3) van de waargenomen concentraties EC. Whiskers geven de laagste en hoogste concentratie weer die niet als outliër wordt beschouwd.

In Figuur 3 en Figuur 4 komt naar voren dat bij bouwmarkten de blootstelling van magazijnmedewerkers aan DME het hoogst is. Winkelmedewerkers zijn in beide vestigingen lager blootgesteld dan magazijnmedewerkers. De kantoormedewerkers zijn het laagst blootgesteld. Deze resultaten komen overeen met het vermoeden dat DME-blootstelling binnen deze bedrijven wordt veroorzaakt in het magazijn. De concentratie EC waaraan de kantoormedewerker wordt blootgesteld is bij beide vestigingen gelijk of lager dan de achtergrondconcentratie. Het is goed mogelijk dat blootstelling van kantoorpersoneel aan DME voornamelijk wordt bepaald door de hoogte van de achtergrondconcentratie. De blootstellingconcentraties kunnen vervolgens lager zijn dan de achtergrondconcentraties door absorptie van DME in de kantoren aan wanden en stoffering (vergelijk bruin worden van wanden door sigarettenrook).

De blootstelling aan DME van magazijn- en winkelpersoneel varieert sterk van dag tot dag en van persoon tot persoon. Dit heeft tot gevolg dat de blootstelling voor deze personen op sommige dagen ver boven de gemiddelde blootstelling kan zijn.

Verschillen tussen bouwmarkten

Bij groothandel X zijn hogere concentraties gemeten dan bij groothandel Y. De belangrijkste verklaring is waarschijnlijk dat er tijdens de meetdagen ongeveer twee keer meer voertuigen per dag in het magazijn bij groothandel X dan bij groothandel Y reden.

De relatief hoge achtergrondconcentratie die gemeten is bij groothandel X wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de drukke weg die langs deze vestiging loopt. Bij groothandel Y is een ventilatiesysteem geïnstalleerd dat voor een horizontale luchtstroom in het magazijn zorgt. Dit systeem is geïnstalleerd om de blootstelling van personeel aan uitlaatgassen te verminderen. Tijdens de meetdagen heeft het systeem de gehele dag gedraaid. Aangezien het personeel echter niet weet hoe het systeem te bedienen is het de vraag in hoeverre dit systeem tijdens normale werkdagen - bij afwezigheid van metinguitvoerende onderzoekers - wel draait.

Groothandel metaalproducten

Bij de metingen uitgevoerd bij de groothandel in metaalproducten valt op dat er bij één werknemer concentraties EC zijn gemeten die op de drie meetdagen ver boven de concentraties van de overige werknemers lagen. Een verklaring op basis van de functie van deze werknemer of de taken die hij gedurende de werkdag uitvoert, is niet gevonden. Opvallend is dat deze werknemer de enige zware roker is die bemeaten is binnen dit onderzoek. Door de lage concentratie van EC in sigarettenrook wordt over het algemeen aangenomen dat roken een beperkte invloed heeft op de hoogte van de EC bepaling. In een recente studie zijn de bepalingen EC bij rokers 20-30 % hoger dan bij niet-rokers [Smith et al., 2006]. De verhoogde concentraties, die zijn gemeten bij deze werknemer, zijn waarschijnlijk dan ook maar deels toe te schrijven aan sigarettenrook. Omdat de concentraties op alle

meetdagen verhoogd waren, is het aanneembaar dat deze werknemer daadwerkelijk aan hogere concentraties van DME wordt blootgesteld. In wordt een onderscheid gemaakt binnen de groep magazijnmedewerkers tussen orderpicken en voorladen. Dit onderscheid is gebaseerd op de functietitel die is opgegeven door de werknemers. Beide functies worden uitgevoerd in hetzelfde gedeelte van het magazijn. Ondanks de ongunstige ligging van dit bedrijf, naast een snelweg, zijn lage achtergrondconcentraties gemeten. De DME-concentraties gemeten bij de kantoorwerknemer, worden ook bij dit bedrijf waarschijnlijk alleen bepaald door de achtergrondconcentratie. Bij dit bedrijf is exact het aantal vrachtwagens bijgehouden dat per dag over een van de twee straten in het magazijn reed. Op 14 juni zijn er meer vrachtwagens naar binnen gereden (33 vrachtwagens) dan 15 en 16 juni (resp. 24 en 25 vrachtwagens). Dit verschil is niet terug te zien in de gemeten concentraties. Een mogelijke verklaring is dat bij elke transportbeweging (in- en uitrijden) de deuren van het bedrijf een vergelijkbare tijd geopend zijn, waardoor de emissies van de vrachtwagens in vergelijkbare mate worden verdund.

Analyse van de variatie in gemeten elementair koolstofconcentraties

Uit een statische analyse van de meetgegevens (zie bijlage C) blijkt dat de blootstelling van magazijnmedewerkers voornamelijk samenhangt met de blootstelling aan DME-emissies op de werkplek, terwijl de blootstelling bij andere functies vrijwel volledig samenhangt met de lokale achtergrondconcentraties.

3.4 Vergelijking met andere studies

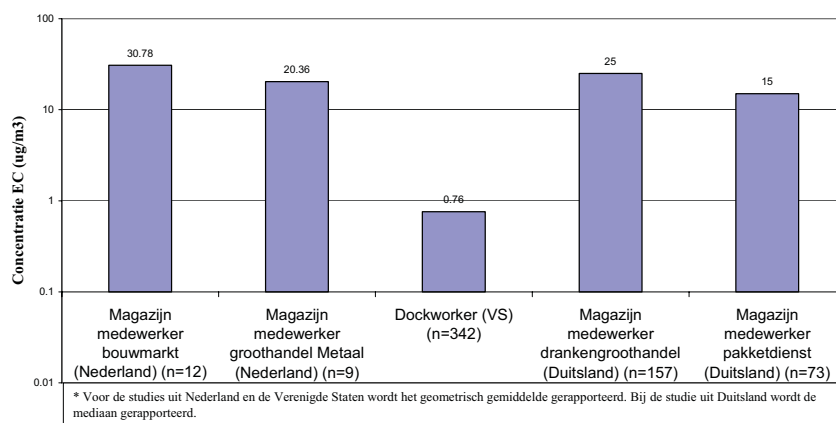
In het verleden zijn er internationaal een aantal studies uitgevoerd op het gebied van DME in de op- en overslag sector. Bij veel van deze studies is een relatief klein aantal metingen uitgevoerd [Garschick et al., 2002, Zaebst et al., 1991, Verma et al., 2003]. Dit maakt de interpretatie en vergelijking van de resultaten uit deze studies moeilijk.

Op dit moment wordt in de VS een grote studie onder truckers uitgevoerd. In deze studie zijn bij overslagmedewerkers geometrisch gemiddelde EC-concentraties gemeten tussen 0.09 en 2.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Smith e.a. 2006]. De functieomschrijving 'dockworker' uit de studie van Smith et al. is het best vergelijkbaar met de functie omschrijving 'magazijnmedewerker' die wordt gebruikt in deze studie. In Figuur 6 worden de geometrisch gemiddelde van de concentraties bij deze functies met elkaar vergeleken. In de figuur is te zien dat de concentraties gemeten in onze studie gemiddeld een factor 100 hoger zijn dan de concentraties gemeten in de studie van Smith et al. In deze studie wordt vermeld dat de variatie in achtergrondconcentraties, tussen verschillende vestigingen, overeenkomt met de variatie in persoonlijke concentraties.

Een andere studie, uitgevoerd in 1989 bij een overslagbedrijf uit de VS, rapporteert EC-concentraties in dezelfde range als de resultaten (2-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) uit onderhavige studie. Deze studie vermeldt een

significant hogere concentratie bij bedrijven waar dieselaangedreven vorkheftrucks intern worden gebruikt. In de zomertijd zijn lagere concentraties gemeten dan in de wintertijd omdat in de zomer vaker met open deuren is gewerkt [Garschick et al., 2002]. In Figuur 5 zijn ook resultaten opgenomen van metingen die zijn uitgevoerd in opdracht van de Duitse BGE. De concentraties gemeten in die studie zijn vergelijkbaar met de concentraties gemeten in onderhavige studie.

Figuur 6 Verschil in blootstelling* aan DME tussen magazijnmedewerkers in Nederland, de Verenigde Staten en Duitsland

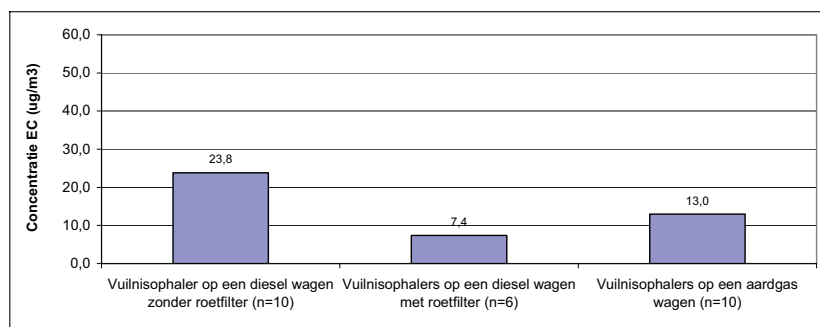


De studies uit de VS zijn uitgevoerd bij overslagbedrijven die gebruik maken van dockingstations. De dockingstations worden gebruikt om opleggers in te parkeren en uit te laden. Dit systeem voorkomt dat dieseltrucks het overdekte magazijn in moeten rijden. In deze studie rijden lichte en zware dieselovertuigen wel naar binnen en deze zijn voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de heersende DME-concentraties. Waarschijnlijk is dit de belangrijkste verklaring voor het verschil in gemeten concentraties in de VS en deze studie.

3.5 Beheersmaatregelen

Van de twee bemeten groothandels in bouwmaterialen, wordt locatie Y in dit onderzoek als voorloper beschouwd. Door de overkoepelende organisatie van groothandels in bouwmaterialen werd deze vestiging aangedragen als zodanig vanwege een ventilatiesysteem dat op deze locatie is aangebracht in het magazijn. Uit de resultaten in deze studie kan men echter niet de conclusie trekken dat het verschil in blootstellingsniveaus wordt veroorzaakt door de ventilatie bij bedrijf Y. In het rapport ‘Stand der techniek dieselmotoremissies’ uit 2004 [Singels, M., 2004] is onder andere gekeken naar het effect van het gebruik van roetfilters bij (diesel)afvalwagens op de EC waaraan vuilnisophalers werden blootgesteld.

Figuur 7 Invloed gebruik roetfilter op de hoogte van de gemiddelde blootstelling aan DME



De concentratie EC waaraan afvalophalers op dieseltrucks worden blootgesteld is in dezelfde orde van grootte als de concentraties die wij hebben gemeten in dit onderzoek. Uit Figuur 7 komt naar voren dat het gebruik van roetfilters de blootstelling aan EC met een factor drie reduceert. Het gebruik van afvalwagens met aardgasaangedreven motoren levert een reductie van de blootstelling op met ongeveer een factor twee.

3.6 Interpretatie van de gevonden concentraties aan de hand van risicoanalyse

De regelgeving omtrent beroepsmatige blootstelling aan DME is gebaseerd op maximaal geaccepteerde additionele risico's op sterfte door longkanker, als gevolg van een levenslange beroepsmatige blootstelling aan DME. De additionele risico's die worden gehanteerd in dit onderzoek zijn 1/250 en 1/25.000. In bijlage A zijn twee risicogrenzen afgeleid op basis van deze additionele risico's. Een additioneel risico van 1/250 leidt tot een waarde van 50 µg EC/m³. Een additioneel risico van 1/25.000 leidt tot een waarde van 0,16 µg EC/m³. Uit de in deze studie uitgevoerde metingen blijkt dat bij groothandel X en bij groothandel Z op een aantal dagen magazijnmedewerkers worden blootgesteld aan een concentratie van 50 µg EC/m³ of meer. In deze situaties is er sprake van een additioneel risico dat groter is dan 1/250.

Alle werknemers bemeaten in dit onderzoek worden blootgesteld aan concentraties EC die hoger zijn dan 0,16 µg EC/m³. Deze werknemers hebben een additioneel risico, op sterfte door longkanker als gevolg van beroepsmatige blootstelling aan DME, dat groter is dan 1/25.000.

De metingen zijn uitgevoerd in een relatief warme periode. Alle bedrijven hadden regelmatig een grote toegangsdeur openstaan. In de winter, als de deuren gesloten blijven, kunnen de concentraties EC in deze bedrijven verder oplopen. Het is mogelijk dat in de winterperiode meer werknemers onacceptabel hoog blootgesteld worden. Op basis van onze resultaten kunnen geen betrouwbare uitspraken worden gedaan over additionele risico's op longkanker in de gehele sector. Factoren die voornamelijk invloed hebben op de heersende DME-concentraties zijn de ligging van een bedrijf en

het aantal voertuigen dat dagelijks naar binnenrijdt. De verwachting is dat binnen de sector op- en overslag veel bouwmarkten te vergelijken zijn met de door ons bemeten bedrijven. Een deel van de werknemers in deze bedrijven zal na levenslange beroepsmatige blootstelling aan DME een onacceptabel additioneel risico op sterfte door longkanker hebben.

De grotere overslagbedrijven in Nederland werken met een dockingsysteem dat vergelijkbaar is met de systemen zoals ze in de VS worden gebruikt. Op basis van de studies die bij dit soort bedrijven zijn uitgevoerd in de VS, kunnen we concluderen dat in dit type bedrijven lagere blootstellingen ($< 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aan DME zijn te verwachten. [Zaebst et al., 1991, Garschick et al., 2002, Verma et al., 2003, Smith et al., 2006].

4 Vervangings- en beheersmaatregelen in twee arbeidssituaties

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de maatregelen beschreven welke zijn geïnventariseerd op basis van nader onderzoek in de geselecteerde arbeidssituaties. Zij zijn gerangschikt naar de aard van het effect dat ermee beoogd wordt en onderverdeeld in vervangingsmaatregelen en vier verschillende typen beheersmaatregelen (zie ook hoofdstuk 1). Geanalyseerd is welke van de uit voorgaande studie [Singels, 2004] en aanvullende bronnen bekende maatregelen toegepast zouden kunnen worden bij de drie bezochte en bemeten groothandels. Ook is geanalyseerd of met de toepasbare maatregelen

- aan de minimale vereiste reductie van 70% emissienorm kan worden voldaan;
- de blootstellingconcentraties aan DME zouden kunnen worden verlaagd tot beneden de verbodswaarde en eventueel de streefwaarde voor additioneel risico op sterfte aan longkanker.

4.2 Blootstelling aan DME

De belangrijkste bronnen voor DME in de groothandels waar in deze studie metingen zijn verricht - alle 'drive through' bedrijfstype - zijn vooral de voor aan- en afvoer van goederen gebruikte transportmiddelen: dieselaangedreven bestel- of vrachtwagens. De persoonlijk gemeten gemiddelde DME-blootstelling in de groothandelmagazijnen bedraagt 11-46 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ voor magazijnmedewerkers.

Een complicerende factor in deze sectoren is, dat deze transportmiddelen vaak niet in eigendom van de groothandelsbedrijven c.q. de werkgever zijn, maar toebehoren aan derden: transportondernemingen, particulieren c.q. detailhandel:

- Groothandel in bouwmaterialen

In een groothandel bouwmaterialen worden vooral de medewerkers die in het magazijn werken blootgesteld aan DME vanwege de door het magazijn rijdende bestel- of vrachtvoertuigen. Deze voertuigen kunnen in eigen bezit zijn, maar vallen meestal onder het beheer van leveranciers en klanten. Ook dieselheftrucks kunnen een bron van DME zijn, maar dit komt niet of nauwelijks meer voor. Overig personeel bij de groothandel wordt in mindere mate blootgesteld (zie resultaten hoofdstuk 3).

- Groothandel in metaalproducten

Deze groothandel is te vergelijken met de groothandel in bouwmaterialen. Ook hier zijn met name de magazijnmedewerkers blootgesteld aan DME en is de belangrijkste bron de voertuigen waarmee de producten worden vervoerd. Deze zijn grotendeels in eigendom van derden: leveranciers en klanten. Ook dieselheftrucks kunnen een bron van DME zijn, maar dit komt niet of nauwelijks meer voor.

De beïnvloedingsruimte van de werkgevers voor de direct bezochte groothandels ten aanzien van de bronnen van derden is kleiner dan bij eigen voertuigen/arbeidsmiddelen. Niettemin is de werkgever verplicht zijn werknemers hiertegen te beschermen.

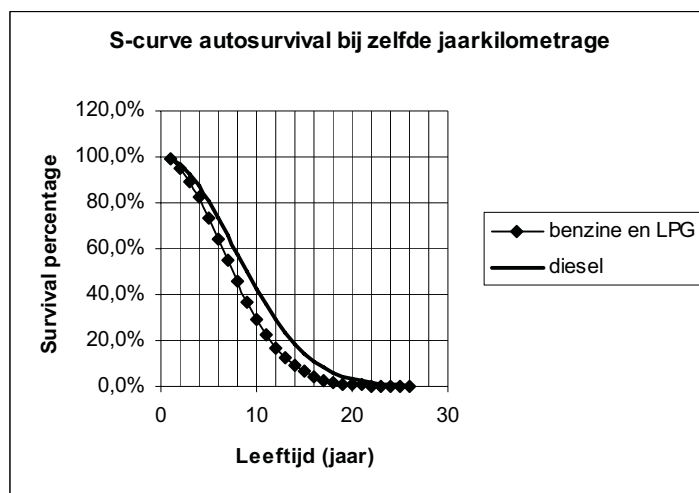
Hoewel 'drive through' slechts één van ongeveer drie bedrijfstypen is binnen de deelsectoren bouwmaterialengroothandel en metaalproductengroothandel, is de bij de drie bedrijven vastgestelde blootstelling van magazijnmedewerkers naar verwachting bij wijze van eerste orde benadering representatief voor de blootstelling van magazijnmedewerkers in beide deelsectoren in het algemeen.

- Ook bij het 'drive in' bedrijfstype worden de magazijnmedewerkers blootgesteld aan DME van voornamelijk de voor aan- en afvoer van goederen gebruikte transportmiddelen. Mogelijk is de blootstelling bij 'drive in' bedrijven wat lager wanneer voertuigen binnen het bedrijfsgebouw minder langdurig manoeuvreren. Aan de andere kant is er bij echte 'drive in' groothandels waarschijnlijk sprake van koude starts en de daarmee gepaard gaande hogere emissies van dieseldeeltjes.
- Daarnaast worden bij Duitse 'drive in' groothandels vergelijkbare blootstellingconcentraties vastgesteld als bij de in deze studie bemeeten 'drive through' bedrijven (zie ook paragraaf 3.4).

De blootstelling zoals vastgesteld op basis van de metingen zal de komende jaren blijven bestaan, ondanks de invoering van Euro-4 en Euro-5-normen omdat de instroom van voertuigen die aan deze milieunormen voldoen en de vervanging van oudere, meer emitterende voertuigen een periode van zeker 10 jaar vergt. Dit betekent dat het ook de komende jaren nog steeds de moeite loont om maatregelen te nemen om personeel minder bloot te stellen aan verhoogde DME-concentraties. Ter illustratie een op basis van praktijk samengestelde curve voor uitval van bestelauto's als functie van de leeftijd vanaf aanschaf⁷.

⁷ Uit B.E. Kampman, H.J. Croezen, J-C van Elburg, B. Schepers Bestelauto's anders belast, CE, Delft, 2003.

Figuur 8 Overlevingscurves voor bestelauto's, onderverdeeld naar brandstofsoort (S-curve)



Figuur 8 is bedoeld om te illustreren dat het jaren duurt voordat oudere, meer emitterende voertuigen geheel zijn verdwenen uit de bedrijfswagenparken.

4.3 Relevante maatregelen

In deze studie is eerst globaal nagegaan welke maatregelen toegepast zouden kunnen worden bij bouwmaterialengroothandels en metaalproductengroothandels die zijn opgezet zoals de drie bezochte bedrijven.

Vanwege de, als gezegd, beperkte beïnvloedingsruimte voor groothandels is per type groothandel een beperkte set van maatregelen geselecteerd uit een op basis van literatuurbronnen (zoals [Singels, 2004] opgestelde groslijst en in meer detail beschouwd (zie bijlage C). De groslijst bevat in feite alle al in de voorgaande studie ook geïnventariseerde maatregelen. In geraadpleegde literatuur zijn geen aanvullende maatregelen of categorieën maatregelen gevonden.

Groslijst

Weren uit omsloten ruimten

De maatregelen die in theorie genomen kunnen worden om DME uit de voertuigen te reduceren zijn:

- alternatieve logistieke systemen;
 - waarbij met name aan- en afvoer niet in de betreffende ruimte plaatsvinden;
 - waarbij aan- en afvoer en interne orderverwerking (het intern verplaatsen van producten) strikt van elkaar gescheiden zijn;
- aanpassen ontwerp laad- en loslocatie (bijvoorbeeld docking stations in plaats van binnenrijden);

Vervangingsmaatregelen

De maatregelen die in theorie genomen kunnen worden om DME uit de voertuigen te reduceren zijn:

- alternatieve mobiele werktuigen: elektrische vorkheftrucks;
- alternatieve brandstoffen: aardgas en LPG.

Beheersmaatregelen

Indien vervanging, technisch gezien, niet uitvoerbaar is, dienen beheersmaatregelen genomen te worden volgens de arbeidshygiënische strategie.

Categorie 1 Bronmaatregelen

- vaste roetfilters;
- opzetfilters.

Nieuwste typen voertuigen inzetten;

- toepassing diesel/wateremulsies;
- inzet kwalitatief hoogwaardige dieselbrandstof (in combinatie met bijvoorbeeld ‘common rail’ technieken);
- gedragsregels rond het stationair laten draaien van motoren en machines.

Categorie 2: Plaatselijke luchtafvoer (afzuiging) en/of algemene ventilatie

- algemene ruimteventilatie;
- puntbronaafzuiging;
- geforceerde ruimteventilatie;

Categorie 3: Scheiden van mens en bron

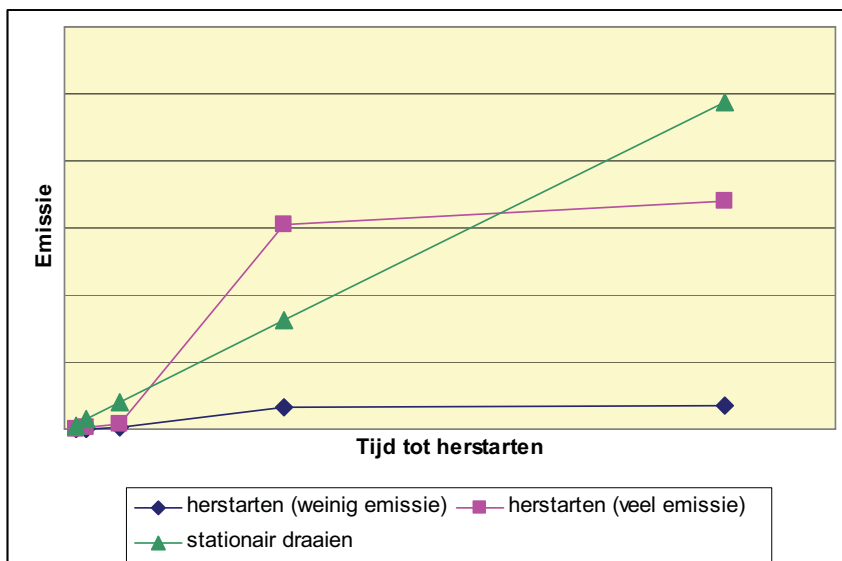
- minimaliseren van tijd binnen gebouw door optimalisatie logistiek;
- werken in afgesloten ruimtes met eigen ventilatie (afgeschermd klimaatruimten), voorzien van luchtsluizen e.d.;
- het aanpassen van dienstroosters;
- functiewisseling;
- het optimaal positioneren van werknemers ten opzichte van DME-bronnen, bijvoorbeeld door het gunstig routeren van voertuigen.

Categorie 4: Persoonlijke beschermingsmiddelen

- persoonlijke bescherming in de vorm van gasmaskers, etc.

Stationair laten draaien om emissies ten gevolge van koude start te voorkomen is alleen zinvol wanneer het voertuig gedurende zeer korte tijd stationair is. Het omslagpunt ligt voor een moderne dieselauto rond de drie minuten. Bij langere periodes is de emissie van stationair draaien groter als de emissies veroorzaakt door een koude start.

Figuur 9 Relatieve ontwikkeling van emissies bij stationair draaien en herstart (uit [Kortmann, 2006])



Emissies zullen lager zijn (tot 14%) bij goed motoronderhoud - zie ook [Singels, 2004]. Deze maatregel is in deze studie echter niet verder beschouwd aangezien het grootste deel van de emissiebronnen niet in eigendom van de beschouwde bedrijven is. Voor zover dit wel het geval is,

hoort goed motoronderhoud bij een goede bedrijfsvoering en zou het ene vanzelfsprekendheid moeten zijn, ook met het oog op duurzaam omgaan met gedane investeringen.

Overigens heeft gebruik van zogenaamde k-waarden voor roetemissies zoals gebruikt bij APK-keuringen geen toegevoegde waarde in geval van handhaving. Onderzoek van CE wijst uit dat de gemeten k-waarden niet representatief zijn voor werkelijke emissies omdat de omstandigheden waaronder k-waarden worden vastgesteld (vrije acceleratie op een rollerbank - niet representatief zijn voor het gebruik van een voertuig in de praktijk.

Hieronder wordt de gemaakte selectie beschreven.

4.3.1 Bouwmaterialen groothandels

Bij bouwmarkten opgezet volgens 'drive through' of 'drive in' systeem, waar enkel niet-dieselaangedreven vorkheftrucks (kunnen) worden toegepast, heeft de werkgever een beperkte set aan mogelijkheden om blootstelling van personeel te beperken of voorkomen:

- Weren:
 - 1 Uitsluitend toelaten van bepaalde typen voertuigen (aardgas, LPG, benzine, dieselvoertuigen met roetfilter) - voor zover dit controleerbaar is.
- Beheersmaatregelen:
 - 2 Gedragsregels instellen met betrekking tot routing, rijgedrag en stationair draaien van motoren.
 - 3 Opsteekfilter toepassen op voertuigen van klanten.
 - 4 Toepassen van ruimteventilatie met een voldoende hoog ventilatievoud.
 - 5 Personeel uitsluitend inzetten in geconditioneerde ruimten, zoals geventileerde kantoren (voor beantwoorden van vragen van klanten), van ventilatie voorziene vorkheftrucks.

De overige in de groslijst genoemde maatregelen zijn om uiteenlopende maatregelen niet verder beschouwd:

- Vervangingsmaatregelen en weren:
 - a Een aanpassing van logistieke systemen lijkt bij bouwmaterialen groothandels niet toepasbaar zonder het systeem in zijn essentie aan te passen⁸. Met name het 'drive through' systeem is gebaseerd op maximale zelfwerkzaamheid van de klant. Het logistieke systeem aanpassen zodat de klant minder lang door de groothandel rijdt doet al gauw afbraak aan dit principe. Ook zijn de groothandelgebouwen ontworpen op dit soort systemen en is aanpassen niet eenvoudig.

⁸ Het is bijvoorbeeld theoretisch mogelijk dat de klant de auto in vervolg buiten de bedrijfshal of op een vaste locatie in de bedrijfshal parkeert en vervolgens samen met een medewerker en een vorkheftruck aan het 'orderpicking' gaat in de groothandel. In dat geval is geen sprake meer van 'drive through' ook moet de hal van de groothandel dit soort activiteiten toe kunnen laten, wat een vraag is.

- b Gebruik maken van op basis van alternatieve energiedragers (LPG, aardgas, elektriciteit) aangedreven vorkheftrucks heeft in deze cases weinig zin omdat de voornaamste emissiebronnen de voertuigen van klanten betreffen.
- Beheersmaatregelen:
 - a Of in een dieselveertuig een diesel/water emulsie of aromaatvrije diesel wordt toegepast valt voor een werkgever niet te controleren.
 - b Doordat het werk bij een groothandel is verdeeld over meerdere gespecialiseerde categorieën werkplekken en het werk plaatsvindt zijn functiewissels en dienstroosteraanpassingen geen toepasbare maatregelen. Het nadeel van functiewisseling is dat meer personeel wordt blootgesteld aan kankerverwekkende stoffen.
 - c Het dragen van beschermingsmiddelen past niet bij de door de magazijnmedewerker mede te vervullen klantgerichte taken.

Van de naar onze verwachting relevante maatregelen is bij het instellen van regels met betrekking tot rijgedrag, routing en stationair draaien van motoren de uiteindelijke effecten op de blootstellingconcentraties niet in te schatten (zie ook [Singels, M., 2004]).

Voor de overige maatregelen is in Tabel 7 een schatting van kosten en effecten op emissies en blootstelling gegeven. Voor meer informatie wordt verwezen naar bijlage C.

Voor ventilatie is een schatting gegeven van het effect op de blootstellingconcentraties. In deze studie en in [Singels, 2004] wordt opgemerkt dat effecten van ventilatie op blootstellingconcentraties niet bekend of niet meetbaar zijn. Toch wordt deze techniek in TRGS 554 voorgeschreven als maatregel om DME-concentraties te beperken. Ook is uit bijvoorbeeld de praktijk bij bedrijven als Pechiney Vlissingen en Aldel Delfzijl en uit naslagwerken als VDI Richtlijnen en BAT REF-documenten bekend dat ventilatie een veelgebruikte techniek is om concentraties van schadelijke stoffen in binnenruimten te beperken. Het lijkt daarom nog steeds een relevante techniek. Alleen zal het ventilatiesysteem goed moeten worden gedimensioneerd en ontworpen om voldoende effect te hebben op de DME-concentratie binnen het groothandelmagazijn. Qua dimensionering moet worden gedacht aan een systeem dat meerdere honderdduizenden m³/uur aan verse lucht op bodemniveau aanzuigt en bovenin de hal afzuigt⁹.

Mogelijk kan ook een puntafzuiging worden gebruikt zoals wordt aangeboden door Euroroller. Het bereik van de aangeboden systemen is echter beperkt - 35 meter maximaal - waardoor gebruik in een hal van meerdere duizenden m² oppervlak waar voertuigen vrij doorheen zouden moeten kunnen rijden minder logisch lijkt (zie ook Bijlage E).

⁹ Volgens de vuistregels uit TRGS 554 moet bij gebruik van een diesel vorkheftruck met een vast roetfilter een volume aan verse lucht van 240 m³/uur/kW motorvermogen worden aangevoerd in gesloten ruimten. In TRGS 554 wordt uitgegaan van een afscheidingsrendement van DME door het roetfilter van 95%. Wanneer wordt aangenomen dat bestelauto's en personenauto's van klanten bij benadering een vergelijkbare hoeveelheid DME emitteren als één volcontinu opererende vorkheftruck van ongeveer 75 kW motorvermogen, dan is volgens deze vuistregel $(75 \times 240) \div (1 - 95\%) = 360.000$ m³/uur aan ventilatielucht nodig.

Tabel 7 Overzicht relevant geachte maatregelen voor bouwmaterialen groothandels

Maatregel	Meerkosten	Effecten op emissie	Effecten op blootstelling
Weren			
Uitsluitend toelaten van schone typen voertuigen (aardgas, LPG, benzine, dieselveertuigen met roetfilter)	Geen	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm
Beheersmaatregelen			
Gedragsregels instellen met betrekking tot routing, rijgedrag en stationair draaien van motoren	Waarschijnlijk geen	Niet bekend	Niet bekend
Opsteekfilter toepassen op voertuigen van klanten	€ 5.000 - € 10.000 per jaar aan filtermateriaal voor een bedrijf waar 50 - 100 voertuigen per dag komen	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm ¹⁰	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm
Toepassen van ruimteventilatie met een voldoende hoge ventilatievoud	Meerdere honderdduizenden €	Geen	50% - 75%
Personeel uitsluitend inzetten in geconditioneerde ruimten, zoals geventileerde kantoren (voor beantwoorden van vragen van klanten), van ventilatie voorziene vorkheftrucks	Tenminste € 2.800 per vorkheftruck	Niet goed te bepalen (zie [Singels et al, 2004]). Waarschijnlijk > 90%	Niet goed te bepalen (zie [Singels et al, 2004]). Waarschijnlijk > 90%

4.3.2 Groothandel in metaalproducten

Bij metaalproductengroothandels opgezet volgens ‘drive through’ of ‘drive in’ systeem zijn iets meer maatregelen mogelijk als bij een ‘drive in’ of ‘drive through’ bouwmaterialengroothandel.

- Ook hier kan een bedrijf ervoor kiezen (vervangingsmaatregelen) enkel schone voertuigen toe te laten of (beheersmaatregelen) gedragsregels worden ingesteld met betrekking tot routing/rijgedrag/stationair draaien, kunnen opzetfilters worden gebruikt, ruimteventilatie worden toegepast en kunnen geconditioneerde ruimten worden toegepast.
- Daarnaast kan de werkgever ervoor zorgen dat bij wijze van vervangingsmaatregel bedrijfseigen voertuigen voor aan- en afvoer van producten schoon zijn, bijvoorbeeld LPG- of aardgas aangedreven voertuigen. Zoals blijkt uit het voorbeeld van groothandel Z worden dergelijke voertuigen door sommige groothandels ook al doelbewust gebruikt.

¹⁰ Volgens Euroroller > 99% voor deeltjes > µm.

- We verwachten - uitgaande van de aanname dat aan- en afvoer plaatsvindt met opleggers - dat het daarnaast bij wijze van vervangingsmaatregel mogelijk is om blootstelling te voorkomen door voor het in- en uitrijden en het manoeuvreren in de hal een eigen LPG-aangedreven trekker gebruiken. De oplegger wordt dan buiten het bedrijf afgekoppeld dan wel aangekoppeld aan de trekker van toeleverancier of afnemer.

Tabel 8 Overzicht relevant geachte maatregelen voor metaal producten groothandels

Maatregel	Meerkosten	Effecten op emissie	Effecten op blootstelling
Weren			
Uitsluitend toelaten van schone typen voertuigen (aardgas, LPG, benzine, dieselveertuigen met roetfilter)	Geen	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm
Vervangingsmaatregelen			
Eigen LPG of aardgas trekker voor handling van opleggers binnen het magazijn	Investering van maximaal circa € 100.000 voor een extra LPG of aardgas trekker. Jaarlijkse kosten circa € 15.000 bij afschrijving in 10 jaar.	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm
Beheersmaatregelen			
Gedragregels instellen met betrekking tot routing, rijgedrag en stationair draaien van motoren	Waarschijnlijk geen	Niet bekend	Niet bekend
Opsteekfilter toepassen op voertuigen van klanten	€ 5.000 - € 10.000 per jaar aan filtermateriaal voor een bedrijf waar 50 – 100 voertuigen per dag komen	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm	Minimaal 90% reductie t.o.v. Euro-3-norm
Toepassen van ruimteventilatie met een voldoende hoge ventilatievoud	Meerdere honderdduizenden €	Geen	50% - 75%
Personeel uitsluitend inzetten in geconditioneerde ruimten, zoals geventileerde kantoren (voor beantwoorden van vragen van klanten), van ventilatie voorziene vorkheftrucks	Tenminste € 2.800 per vorkheftruck	Niet goed te bepalen (zie [Singels et al, 2004]). Waarschijnlijk > 90%	Niet goed te bepalen (zie [Singels et al, 2004]). Waarschijnlijk > 90%

4.3.3 Worden streefwaarde en grenswaarde voor additioneel risico gehaald?

Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 is tijdens de metingen bij drie groothandels voor de functies magazijnmedewerker en winkelpersoneel een verhoging van de DME-concentratie op de werkplek van structureel meer dan $0,16 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ en voor magazijnmedewerkers bij groothandel X en Z in bepaalde metingen ook van meer dan $50 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ gebleken. Dit betekent dat voor deze functies de streefwaarde voor het additionele risico op sterfte aan longkanker door blootstelling aan DME-concentraties op de werkplek structureel wordt overschreden en soms ook de verbodswaarde.

Zoals aangegeven in Tabel 8 en Tabel 7 zijn naar verwachting bij beide onderzochte typen groothandels maatregelen implementeerbaar die de emissie van DME op de werkplek met 90% kunnen reduceren. Er kan echter niet worden voldaan aan de streefwaarde. De achtergrondconcentratie ligt bij alle groothandels boven de streefconcentratie waardoor het fysiek nagenoeg onmogelijk wordt de concentratie in de bedrijfsruimte onder deze waarde te brengen.

5 Conclusies

Metingen bij drie groothandels in bouwmaterialen en metaalproducten laten zien dat van de circa 100.000 medewerkers bij deze bedrijfstakken werkzame personen met name magazijnmedewerkers worden blootgesteld aan DME als gevolg van emissies op de werkplek. De persoonlijk gemeten gemiddelde DME-blootstelling in de groothandelmagazijnen bedraagt 11-46 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ voor magazijnmedewerkers.

Uit de in deze studie uitgevoerde metingen blijkt dat bij groothandel X en bij groothandel Z op een aantal dagen magazijnmedewerkers worden blootgesteld aan een concentratie van 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ of meer. In deze situaties is er sprake van een additioneel risico dat groter is dan 1/250.

Het is goed mogelijk dat deze werknemers over een langere termijn dagelijks aan dit niveau worden blootgesteld. Deze werknemers hebben in dat geval een additioneel risico op sterfte door longkanker dat hoger is dan het verbodsniveau dat op het niveau ligt van een additioneel risico van 1/250. Indien een additioneel risico van 1/25.000 (streefniveau) wordt gehanteerd, zijn alle werknemers die bemeten zijn in deze studie, onacceptabel hoog blootgesteld. De metingen zijn uitgevoerd in een relatief warme periode. Alle bedrijven hadden regelmatig een grote toegangsdeur openstaan. In de winter, als de deuren gesloten blijven, kunnen de concentraties EC in deze bedrijven verder oplopen. Het is mogelijk dat in de winterperiode meer werknemers onacceptabel hoog blootgesteld worden. Op basis van de hier gepresenteerde resultaten kunnen geen betrouwbare uitspraken worden gedaan over de additionele risico's op longkanker in de gehele sector. Factoren die voornamelijk invloed hebben op de heersende DME-concentraties zijn de ligging van een bedrijf en het aantal voertuigen dat dagelijks naar binnenrijdt. Wij verwachten dat binnen de sector op- en overslag veel bouwmarkten te vergelijken zijn met de door in dit rapport bemeten bedrijven. Een deel van de werknemers in deze bedrijven zal na levenslange beroepsmatige blootstelling aan DME een onacceptabel additioneel risico op het ontwikkelen van longkanker lopen.

Mogelijkheden om blootstelling te voorkomen zijn met name:

- **Weren uit omsloten ruimten**
 - toepassing van alternatieve logistieke bedrijfsvoering bij metaalproductengroothandels - eigen, LPG of aardgas trekker voor gebouwinterne transporten.
- **Vervangingsmaatregelen**
 - alleen aardgas- en LPG-aangedreven voertuigen toelaten;

Indien dit technisch niet mogelijk is moet de blootstelling beperkt worden, dat kan door beheersmaatregelen. **En dan AH strategie!! ofwel in aflopende volgorde presenteren!**

- **Beheersmaatregelen**

- gedragsregels instellen met betrekking tot routing, rijgedrag en stationair draaien van motoren;
- toepassen van opzetfilters;
- ventilatie;
- toepassen (zoveel als mogelijk) van geconditioneerde cabines op vorkheftrucks en als verblijfsruimte voor personeel.

Met deze maatregelen kan in ieder geval worden voldaan aan de verbodswaarde.

De jaarlijkse meerkosten van deze maatregelen zijn naar verwachting beperkt, terwijl met de meeste maatregelen reducties van minimaal 90% kunnen worden gerealiseerd.

Aan de streefwaarde kan niet worden voldaan aangezien alleen al de achtergrondconcentratie bij alle bedrijven boven de waarde van 0,16 microgram EC per kubieke meter ligt.

6 Literatuur

Garshick, E., T. J. Smith, et al. (2002). 'Quantitative assessment of lung cancer risk from diesel exhaust exposure in the US trucking industry: a feasibility study', Health Effects Institute.

Singels, M., G. E. A. Warringa, et al. (2004). 'Stand der techniek - dieselmotoremissies'. Delft, CE; IRAS: 149. SZW werkdocument nr. 331, september 2004.

Smith, T. J., M. E. Davis, et al. (2006). 'Overview of particulate exposures in the US trucking industry.' J Environ Monit 8(7): 711-20.

Steenland, K., J. Deddens, et al. (1998). 'Diesel exhaust and lung cancer in the trucking industry: exposure-response analyses and risk assessment'. Am J Ind Med 34(3): 220-8.

Verma, D. K., M. M. Finkelstein, et al. (2003). 'Diesel exhaust exposure in the Canadian railroad work environment'. Appl Occup Environ Hyg 18(1): 25-34.

Zaebst, D. D., D. E. Clapp, et al. (1991). 'Quantitative determination of trucking industry workers' exposures to diesel exhaust particles'. Am Ind Hyg Assoc J 52(12): 529-41

L. Schrooten et al. 'Evaluatie van het reductiepotentieel voor fijn stofemissies'. (TSP, PM10, PM2,5) Naar het compartiment lucht in een aantal sectoren in Vlaanderen. Eindrapport: Deel 1: Literatuur VITO, december 2003

M. Singels et al. 'Stand der techniek –dieselmotoremissies'. CE/IRAS, september 2004

M. Mattenklott et al. 'Dieselmotoremissionen am Arbeitsplatz'. In: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 62 (2002), nr 1/2, blz. 13-23.

Anonymus 'Gabelstapler mit Dieselmotorischem Antrieb', uit serie brochures 'Informationen zur Arbeitssicherheit', uitgegeven door Grosshandels und Lagerei Berufsgenossenschaft (GroLa BG).

Anonymus 'Wetenschappelijke beoordeling van roetnabehandelingssystemen voor voertuigen' VITO, december 2003

http://lucht.milieuinformatie.be/custom7_02.cgi?id_tab=16&code_hoofdinhoud=54&code_subinhoud=80

P. Nelson. 'Fine particle and toxic emissions from In-Service Diesel Vehicles'. Macquarie University, 2005

Z. Klimont et al. 'Modellierung von Feinstaubemissionen in Europa'. Internationales Institut für angewandte Systemanalyse Laxenburg, Austria, Juni 2002.

B.E. Kampman, H.J. Croezen, J-C van Elburg, B. Schepers Bestelauto's anders belast, CE, Delft, 2003

L.J. (Rens) Kortmann L.C. (Eelco) den Boer R.J. (Robin) Vermeulen (TNO Automotive), Stationaire emissies op hotspots, CE, Delft, oktober 2006

Websites:

Anlagen zur TRGS:

http://www.umwelt-online.de/regelwerk/t_regeln/trgs/trgs500/554f.htm

Website Berufsgenossenschaft für den Einzelhandel. www.bge.de

A DME en kankerverwekkendheid; risicobepaling

De basis voor de door onderzoekers gehanteerde risico evaluatie wordt hieronder toegelicht.

A.1 Verbodswaarde en streefwaarde voor het risico op additionele sterfte

Het Nederlandse beleid ter beperking van kankerverwekkende stoffen gaat uit van een risicobenadering. Bij normgeving voor genotoxisch werkende kankerverwekkende stoffen wordt verondersteld dat er geen drempelwaarde bestaat waaronder geen kankerrisico zal optreden. Er is dus geen ‘veilige’ advieswaarde af te geven. In plaats daarvan worden een verbodswaarde en een streefwaarde voor het maximaal toelaatbare additionele risico om te sterven aan door blootstelling aan DME veroorzaakte longkanker gehanteerd. Deze zijn vastgesteld op:

- Een verbodswaarde van één extra sterfgeval per 250 sterfgevallen, ten gevolge van een beroepsmatige blootstelling van 40 jaar aan de chemische stof (één extra sterfgeval per 10.000 sterfgevallen per jaar blootstelling)¹¹.
- Een streefwaarde van één extra sterfgeval per 25.000 sterfgevallen, ten gevolge van een beroepsmatige blootstelling van 40 jaar aan de chemische stof (één extra sterfgeval per 1000.000 sterfgevallen per jaar blootstelling).

In het kader van dit onderzoek is een concentratie afgeleid op basis van de verbodswaarde en op basis van de streefwaarde, in afwachting van dergelijke waarden die door de Gezondheidsraad zullen worden afgeleid. Deze waarden worden vergeleken met de gemeten concentraties EC.

A.2 Gebruikte informatie en verwerking van informatie

Voor berekening van het levenslange risico op longkanker als gevolg van blootstelling aan DME komen maar weinig studies in aanmerking. De enige die gebruikt kan worden voor kwantitatieve schatting op basis van metingen van elementair koolstof is de studie van Steenland et al. (1998).

De studie van Steenland is een zogenaamde case controle studie voor longkanker afkomstig uit bestanden van de ‘Teamster Union’. In deze studie is op basis van een onderzoek van Zaebst et al. (1991) de blootstelling geschat. In tabel II van deze studie wordt de relatie tussen de longkankersterfte en de blootstelling geanalyseerd. Op basis van deze blootstelling-responsrelatie en Nederlandse sterftegegevens verkregen voor 1990-1999 uit de WHO database van het IARC te Lyon, is de kans op sterfte door beroepsmatige dieselblootstelling berekend middels een zogenaamde overlevingsanalyse.

¹¹ Nationale MAC-lijst, SZW, 2006, pagina 10.

De sterftegegevens voor de Nederlandse bevolking zijn verkregen voor vijfjaar leeftijdscategorieën vanaf het 20^e tot het 100^e levensjaar voor Nederlandse mannen. Uitgegaan is van een achtergrondblootstelling aan dieselmotoremissie van 3 µg/m³ gedurende het gehele leven. In de berekeningen is de beroepsmatige blootstelling gestart op het 20^e levensjaar en duurde tot het 65^e levensjaar. Het risico is berekend tot op ongeveer 75-jarige leeftijd. Deze leeftijd is gebruikt omdat die redelijk overeenkomt met de gemiddelde levensverwachting van de Nederlandse man op dit moment. Dit impliceert dat tot aan het 20^e levensjaar $20 \times 3 = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diesel is geaccumuleerd. Vanaf het twintigste levensjaar neemt de cumulatieve blootstelling per jaar toe met de som van achtergrondblootstelling en vervolgens de beroepsmatige blootstelling. Voor iedere vijf jaarscategorie is op basis van de berekende cumulatieve blootstelling het relatieve risico op longkanker berekend, gebruikmakend van de blootstelling-responsrelatie zoals die is afgeleid door Steenland et al., (1998). De gemiddelde sterfte in een vijfjaarscategorie wordt vervolgens vermenigvuldigd met het relatieve risico en op deze manier wordt het extra aantal longkankergevallen berekend, uitgaande van de gemiddelde sterfte in de Nederlandse populatie. Op basis hiervan kan dan het extra risico na levenslange blootstelling (feitelijke blootstelling gedurende het arbeidsleven) worden uitgerekend.

Een analyse als deze veronderstelt dat meer gevallen overlijden als gevolg van longkanker. In werkelijkheid zal een deel van deze personen echter niet aan longkanker maar aan andere oorzaken overlijden; voor deze kans is in de berekeningen gecorrigeerd.

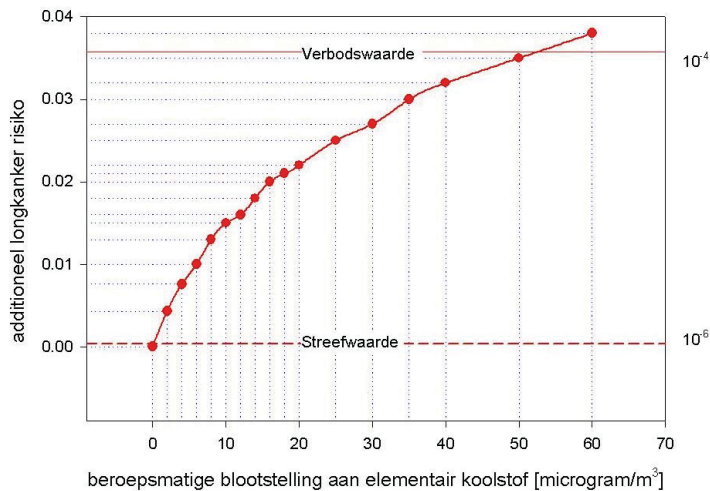
A.3 Resulterende relatie tussen verhoogde DME-concentraties op de werkplek en additionele kans op sterfte

In Figuur 10 wordt het uit de in de voorgaande paragraaf beschreven berekeningen resulterende verloop van het additionele risico op sterfte door longkanker als gevolg van beroepsmatige blootstelling aan DME weergegeven.

Het additionele risico van 1/250 extra gevallen van longkanker als gevolg van blootstelling aan DME-concentraties op de werkplek (het verbodsniveau) wordt bereikt bij een beroepsmatige blootstelling aan een concentratie van 50 µg/m³ EC.

De streefwaarde van 1/25.000 wordt bereikt bij een beroepsmatige blootstelling aan een DME-concentratie van 0,16 µg/m³ EC. Als de achtergrondconcentratie hoger is dan deze streefwaarde dan wordt de achtergrondconcentratie als streefwaarde gebruikt. De verbodswaarde geldt echter ongeacht de achtergrondwaarde.

Figuur 10 Additionele risico door levenslange beroepsmatige blootstelling aan DME bij een achtergrondconcentratie van $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC. De beide horizontale lijnen geven streefwaarde en verbodswaarde aan.



Berekeningen nader toegelicht

De berekening voor een risico van $1/25.000$ is als volgt:

De achtergrondsterfte aan longkanker in Nederland is 2.800 longkanker sterfgevallen per 25.000 sterfgevallen (CBS). Eén extra longkanker geval komt dan overeen met een relatief risico van $2801/2800=1,00036$. Dit is gelijk aan een additioneel longkankerrisico van 0.00036. In de figuur kan worden afgelezen dat $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC de hierbij horende concentratieverhoging is.

De berekening voor een risico van $1/250$ is als volgt:

De achtergrondsterfte aan longkanker in Nederland is 28 longkanker sterfgevallen per 250 sterfgevallen (CBS). Eén extra longkanker geval komt dan overeen met een relatief risico van $29/28=1,0357$. Dit is gelijk aan een additioneel longkankerrisico van 0,0357. In de figuur kan worden afgelezen dat $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC de hierbij horende concentratieverhoging is.

B Selectieprocedure

Doelstelling

Tijdens de uitvoering van fase 1 van deze studie is verder ingezoomd op de sector op- en overslag, welke zeer divers is. Deze nadere analyse heeft geleid tot een beschrijving en een definitieve keuze van het type arbeidsplaats waar metingen zijn uitgevoerd.

Doel van de metingen was het evalueren van het effect van een beheersmaatregel en daarop zijn de meetplekken geselecteerd.

Inventarisatie

In de uitvoering zijn voor de op- en overslagsector op een rij gezet:

- gebruik van voertuigen;
- belasting door gassen of dampen;
- omvang van door AI aangedragen of reeds onderzochte subsectoren;
- beschrijving van arbeidsplaatsen met een inschatting gemaakt van het type dieselbronnen waaraan men hier blootgesteld is;
- inschatting van het type maatregelen dat hier vervolgens op zou kunnen worden losgelaten. Deze inschattingen zijn echter (nog) niet door officiële informatiebronnen bevestigd.

Tenslotte zijn bij elk van de subsectoren binnen de op- en overslag de relevante brancheorganisaties genoemd en waar mogelijk hun reactie op het verzoek mee te werken aan het zoeken naar meetlocaties.

Analyse

Op basis van een aantal informatiebronnen is een shortlist van subsectoren, arbeidsplekken en maatregelen opgesteld.

Op basis van het (regelmatig) gebruik van voertuigen en mobiele werktuigen, kwamen de volgende subsectoren het meest in aanmerking voor metingen:

- vervoer over land (98.000 werknemers die soms/regelmatig gebruik maken van voertuigen) [CBS Statline];
- bouwnijverheid (90.000);
- groothandel en handelsbemiddeling (88.000).

Op basis van de aanwezigheid van gassen of dampen op de werkplek, kwamen de volgende subsectoren het meest in aanmerking voor metingen [CBS Statline]:

- industrie (238.000 mensen belast);
- bouwnijverheid (122.000);
- groothandel en handelsbemiddeling (74.000);
- vervoer en communicatie (130.000).

Op basis van (lopende) onderzoeken van de AI, kwamen voor metingen met name in aanmerking:

- groothandel in bouwmaterialen (15% overtreders);
- groothandel in overige consumentenartikelen (en algemeen assortiment);
- handelsbemiddeling (63 overtreders);
- laad-, los- over- en opslagbedrijven;
- expediteurs, bevrachters, weging, e.d.;
- vervoer over de weg (bussen, goederenvervoer).

In bovengenoemde subsectoren zijn de arbeidsplaatsen waar waarschijnlijk de hoogste blootstelling plaatsvindt die van (bronnen van DME tussen haakjes):

- magazijnmedewerkers (die binnen met heftrucks, pallettrucks, stapelaars en trekker op diesel werken);
- dockmedewerkers (die binnen of buiten met heftrucks, pallettrucks, stapelaars en trekkers op diesel werken en/of blootgesteld worden aan diesel vrachtwagens of andere mobiele werktuigen buiten);
- andere (administratieve) medewerkers die werkzaam zijn in de buurt van bovenbeschreven bronnen;
- mecaniciens;
- chauffeurs van vrachtauto's (worden niet betrokken in dit onderzoek).

De meest waarschijnlijke vervangings- en beheersmaatregelen voor deze arbeidssituaties zijn:

- LPG of elektrische heftrucks of alternatieve brandstoffen voor lichtere voertuigen;
- vrachtwagens met roetfilter of opsteekfilter uitrusten;
- routing van heftrucks en trekkers;
- afzuiging en ventilatie (centraal of langs docks);
- werktijden;
- andere organisatorische maatregelen.

Tenslotte spelen bij het vaststellen van de blootstelling ook de volgende factoren nog een rol:

- kenmerken van de arbeidsplaats (zie boven) en blootstellingsuren;
- bronnen van DME (zie boven), zowel binnen als buiten;
- grootte van de op- en overslagfaciliteit (aantal docks, vloerooppervlakte terminal en grondgebied, aantal verkeersbewegingen op het terrein);
- locatie van de op- en overslagfaciliteit (in stedelijk gebied of op bedrijventerrein is de achtergrondconcentratie hoger dan in landelijk gebied).

Conclusies

Op basis van de inventarisatie is aan het eind van fase 1 geconcludeerd dat de meest voor de hand liggende subsectoren waarin gezocht diende worden naar geschikte meetlocaties betroffen (via branche organisaties of AI tussen haakjes):

- groothandel hout- en bouwmaterialen (Hibin, AI) - BIK 5153;
- groothandel in metaalproducten BIK 518;
- groothandel consumentenartikelen (VNO, AI) - BIK 514;
- laad/los, op- en overslag, w.o. ook bedrijfsverhuizingen (via EVO, TLN, BZW Wegvervoer en Fenex) - BIK 631;
- expeditie en logistiek (via Fenex, BZW en TLN) - BIK 634;
- veilingen (VBN, 5 veilingen) - BIK 748431/1;
- eventueel andere groothandelsectoren, zoals kantoormeubilair (CBM), elektrische gebruiksgoederen (VLEHAN), machines en elektrische apparaten (VNO, VEBIT, bloemkwekerijen (HBAG, VGB), groente/fruit (Frugiventa - BIK 5131), bloemen/planten (BIK 5122).

Uiteindelijke selectie

Op pragmatische gronden is uiteindelijk gekozen voor het uitvoeren van metingen in (zie bijlage B):

- 1 Groothandel in bouwmaterialen.
- 2 Groothandel in metaalproducten.

Doel van de metingen was het evalueren van het effect van een beheersmaatregel. De meetplekken c.q. deelsectoren zijn geselecteerd op de bereidwilligheid om mee te werken aan het verrichten van metingen. Er zijn uiteindelijk drie groothandels geselecteerd voor metingen. Daarbij zijn metingen uitgevoerd in het magazijn, winkel- en kantoorgedeelte van het bedrijf. Bij alle drie bedrijven rijden er gedurende de werkdag voertuigen het magazijn in. Twee bedrijven betroffen groothandels in bouwmaterialen (groothandel X en Y). Het derde bedrijf is een groothandel in metaalproducten (groothandel Z). De bouwmarkten maken deel uit van dezelfde keten van groothandels. Groothandel X is geselecteerd op basis van een vermoeden van de Arbeidsinspectie dat er in deze vestiging mogelijk

hoge DME-blootstelling plaatsvindt. Groothandel Y is geselecteerd omdat deze vestiging binnen de keten als voorloper op het gebied van vermindering van blootstelling aan uitlaatgassen wordt beschouwd. Bij deze vestiging is een ventilatiesysteem in het magazijn geïnstalleerd dat de blootstelling aan DME mogelijk vermindert. De groothandel in metaalproducten is geselecteerd omdat er bij dit bedrijf, in tegenstelling tot de bouwmarkten, zware vrachtwagens het magazijn inrijden.

C Metingen bij bedrijven X, Y en Z

C.1 Opzet metingen en methodiek

Meetmethode

De metingen naar blootstelling aan DME berusten op analyse van de hoeveelheid elementair koolstof (EC) in respirabele deeltjes in de ademhalingszone van een werknemer als maat voor de blootstelling. De metingen (gedurende een werkdag) zijn uitgevoerd met een Gilian Gilair 5 pomp, waaraan een luchtslang verbonden met een Cassella cycloon is bevestigd. In de cycloon bevindt zich een filtercassette met een kwartsvezel filter van een doorsnede van 25 mm. De filters hebben een vezeldiameter tussen de 0,5 en 0,65 μm en houden 99,99% van de deeltjes groter dan 1 μm tegen. Het debiet van de aangezogen lucht bedraagt 2 l/min en is voor aanvang en na afloop van de metingen bepaald. 43 beladen filters en 9 blancs zijn opgestuurd naar het Institut für Gefahrstoff-Forschung der Bergbau -Berufsgenossenschaft an der Ruhr-Universität Bochum (IGF) al waar de analyse op EC heeft plaatsgevonden volgens analysemethode ZH 1/120.44 (= BGI 505-44) (TRGS 554, 2001). Hiertoe worden voorafgaand aan de metingen de kwartsvezelfilters in zuurstofplasma van organische verontreinigingen ontdaan en gewogen. Na de monstername wordt het filter teruggewogen en voor het verwijderen van carbonaten met zoutzuur behandeld. De organisch gebonden koolstof (OC) wordt in een stikstofstroom bij 500°C gedesorbeerd en tot kooldioxide geoxideerd, wat coulometrisch wordt bepaald en als organisch gebonden koolstof wordt berekend. Op het filter blijft het EC achter dat vervolgens door oxidatie tot koolstofdioxide in een zuurstofstroom coulometrisch bepaald wordt.

Analyse van de variatie in gemeten elementair koolstofconcentraties

In Tabel 9 worden de resultaten weergegeven van een statistische analyse die is uitgevoerd op de resultaten van alle persoonlijke metingen uitgevoerd bij de bouwmarkten en de groothandel in metaal. Het doel van deze analyse is inzicht te krijgen welke factoren de variabiliteit in de concentraties EC het best verklaren. De mogelijk verklarende factoren, die zijn verzameld in dit onderzoek zijn: het bedrijf waar de metingen zijn uitgevoerd, de functie die een werknemer uitvoert en de achtergrondconcentratie die gemeten is op de dag van de persoonlijke meting. Voor de analyse hebben we de bemeeten werknemers ingedeeld in drie functies: (medewerker) kantoor, (medewerker) magazijn en (medewerker) winkel. Ook is een analyse uitgevoerd waarbij de bedrijven in twee categorieën zijn ingedeeld: metaal en bouwmarkt. Omdat in dit onderzoek herhaalde metingen zijn uitgevoerd bij dezelfde personen, kunnen deze metingen niet als onafhankelijk van elkaar worden beschouwd. In de gekozen statistische analyses is hier rekening mee gehouden.

In Tabel 9 wordt weergegeven welke variabelen in de analyse zijn opgenomen (variabelen in model), de mate waarin een bepaalde waarde de schatting van de concentratie EC verhoogt of verlaagt (β) en de random (willekeurige) variabiliteit die resteert (S, SBW, SWW). De kolom fit model kan worden gebruikt om de verschillende modellen onderling te vergelijken. Het model met de laagste waarde is in principe het best in staat de variabiliteit in de gemeten concentraties te beschrijven. De kolom p-waarde geeft aan in hoeverre een variabele een significante bijdrage geeft aan het model. Over het algemeen wordt een variabele met een p waarde < 0.05 als significant beschouwd.

Tabel 9 Multilevelanalyse van gemeten concentraties EC. Model gecorrigeerd voor herhaalde metingen bij dezelfde werknemer

Model	Variabelen in model	p waarde ⁴	Fixed effect ⁵	β ⁶	SE ⁷	Fit model ⁸	S ⁹	SBW ¹⁰	SWW ¹¹	% SBW verklaard ¹²
1	-	-	intercept	2.73	0.28	64.4	1.05	0.91	0.14	
2			intercept	2.70	0.39	66.2	1.06	0.91	0.14	0%
	Achtergrond Concentratie ¹	0.90		0.02	0.16					
3			intercept	2.79	0.47	52.9	0.52	0.38	0.14	58%
	Funcctie ²	0.003	Kantoor	-1.32	0.60					
			Magazijn	0.46	0.53					
			Winkel	0	.					
4			intercept	2.79	0.47	51.9	0.53	0.39	0.14	57%
	Funcctie ²	0.0029	Kantoor	-1.19	0.63					
			Magazijn	0.62	0.57					
			Winkel	0	.					
	Type bedrijf ³	0.3897	Metaal	-0.38	0.43					
			Bouwmarkt	0	.					
5			intercept	2.40	0.49	46.9	0.35	0.21	0.14	77%
	Funcctie ²	0.0002	Kantoor	-1.18	0.49					
			Magazijn	0.64	0.44					
			Winkel	0	.					
	Bedrijf ³	0.0351	X	0.84	0.38					
			Y	-0.09	0.38					
			Z	0	.					

Uit Tabel 9 blijkt dat factoren functie en bedrijf voor 77% de variabiliteit in gemeten concentraties tussen personen kunnen verklaren. Dit betekent dat het verschil in blootstelling tussen werknemers voor een groot deel wordt verklaard door de functie die ze uitvoeren en het bedrijf waarin ze werkzaam zijn. Uit deze analyse komt ook naar voren dat de hoogte van de gemeten achtergrondconcentratie in onze data geen significante invloed heeft op de hoogte van de gemeten persoonlijke concentraties ($p=0.90$; $\beta=0.02$). Hierbij moet worden opgemerkt dat door het beperkte aantal bedrijven dat is bemeaten en de variatie in de achtergrondconcentratie tussen deze bedrijven, het

niet goed mogelijk is het effect van de achtergrondconcentratie op de persoonlijke blootstelling te scheiden van het effect van het bedrijf op de persoonlijke blootstelling.

In Tabel 10 is per functie gekeken naar de invloed van de gemeten achtergrondconcentratie op de gemeten persoonlijke concentratie. In deze tabel valt op dat bij functies kantoor en winkel de achtergrondconcentratie een significante positieve bijdrage levert aan de persoonlijke concentratie. Bij functie magazijn lijkt de achtergrondconcentratie geen significante bijdrage te leveren. Uit deze resultaten kunnen we concluderen dat in dit onderzoek de functie die een werknemer uitvoert en de locatie waar deze functie wordt uitgevoerd belangrijk zijn voor de hoogte van blootstelling aan DME.

Tabel 10 Multilevelanalyse van gemeten concentraties EC, per functie. Variabele in model: achtergrond concentratie.

<i>Functie</i>	<i>Variabele in model</i>	<i>P waarde</i> ⁴	β^6	<i>SE</i> ⁷	<i>Fit model</i> ⁸	<i>Intercept</i>	<i>S</i> ⁹	<i>S_{bw}</i> ¹⁰
Kantoor	Achtergrond concentratie ¹	0.04 ⁴	0.76	0.26	13.7	0.27	0.37	0.12
Magazijn	Achtergrond concentratie ¹	0.20 ⁴	-	0.14	27.6	3.54	0.49	0.41
Winkel	Achtergrond concentratie ¹	0.04 ⁴	0.45	0.09	1.4	1,92	0.03	0

- 1 Deze variabele geeft achtergrond concentratie weer op de dag van de meting.
- 2 De bemeten werknemers zijn in 3 verschillende functies ingedeeld: kantoor, magazijn en winkel.
- 3 De bemeten bedrijven zijn in 2 verschillende typen bedrijven ingedeeld: metaal en bouwmarkt.
- 4 De p-waarde geeft weer in welke mate een variabele een significante bijdrage levert aan het model.
- 5 Fixed effects zijn de categorieën waaruit de categoriale variabelen in dit model bestaan.
- 6 β geeft de bijdrage van een fixed effect aan het model weer.
- 7 SE geeft de standaardfout van de bijdrage van een fixed effect aan het model weer.
- 8 Fit model geeft weer hoe goed het model op de gemeten data past (likelihood ratio).
- 9 S geeft de totale variantie in het model weer.
- 10 SBW geeft het deel van de variantie in het model weer dat wordt veroorzaakt door verschillen tussen werknemers.
- 11 SWW geeft het deel van de variantie in het model weer dat wordt veroorzaakt door verschillen van dag tot dag.
- 12 Deze variabele geeft weer welk percentage van de variantie tussen werknemers die aanwezig is in de data wordt verklaard door het model.

D Vervangings- en beheersmaatregelen

D.1 Inleiding

Er zijn verschillende maatregelen die genomen kunnen worden om de blootstelling aan DME te reduceren. Deze maatregelen worden in deze bijlage besproken. Hierbij komen verschillende aspecten aan de orde. Deze aspecten zijn:

- toepasbaarheid technologie en marktsituatie;
- effect op DME;
- overige effecten en voorwaarden van implementatie;
- kosten en kosteneffectiviteit;
- beleidsontwikkelingen.

In paragraaf D.2 worden de vervangingsmaatregelen behandeld en in paragraaf D.3 de beheersmaatregelen.

D.2 Vervangingsmaatregel dit is dus eigenlijk geen vervangingsmaatregel: maar het voorkomen van blootstelling; zie mijn mail

In deze paragraaf worden maatregelen beschreven die als 'preventief' geïnclassificeerd kunnen worden, de zogenaamde vervangingsmaatregelen. De kankerverwekkende dieselmotoremissies worden hierbij gereduceerd tot (bijna) nul.

In de twee onderzochte werksituaties komen daarvoor de volgende maatregelen in aanmerking.

- 1 Alternatieve bedrijfsvoering; (weten uit omsloten ruimte).
- 2 Alternatieve brandstoffen: aardgas en LPG.

D.2.1 Alternatieve bedrijfsvoering

Alternatieve bedrijfsvoering is enkel relevant voor groothandels in metaalproducten. Zoals aangegeven in de hoofdttekst lijkt het haalbaar om een dusdanig logistiek systeem op te zetten dat opleggers voor aan- en afvoer van producten buiten het magazijn worden aan- en afgekoppeld van de reguliere trekker om door een bedrijfseigen schone trekker - bijvoorbeeld LPG-aangedreven - in en uit het gebouw te worden gereden en in het gebouw te worden gemanoeuvreed.

De techniek is in principe direct toepasbaar, mits het bedrijf over een eigen LPG-trekker beschikt. De reductie in emissies van en blootstelling aan DME is vrijwel 100%. Of er kosten zullen worden gemaakt hangt in de eerste plaats af van het gegeven of het bedrijf over een eigen schone trekker beschikt of niet. Een LPG-aangedreven oplegger kost naar schatting circa € 100.000.

Daarnaast kunnen eventueel extra kosten ontstaan wanneer door deze bedrijfsvoering meer tijd nodig is voor de handling van de lading en de distributie van en naar de groothandel meer moet worden uitbesteed. Het is echter niet doenlijk om in het kader van deze studie de eventuele meerkosten gerelateerd aan personeel en routing verder te bepalen.

D.2.2 Alternatieve brandstoffen: LPG en aardgas

De gemeten groothandels in bouwmaterialen hebben alleen te maken met DME van derden. Bij de groothandels zelf worden er elektrische vorkheftrucks gebruikt om de bouwmaterialen van de leveranciers het magazijn binnen te rijden. De groothandel in metaalproducten daarentegen beschikt over meer eigen voertuigen zoals trekkers op diesel en LPG- en dieselvrachtwagens.

Het type brandstof c.q. de kwaliteit van de brandstof is medebepalend voor de uitstoot van (kankerverwekkende) deeltjes door motoren. In deze paragraaf worden de alternatieve brandstoffen LPG en aardgas beschouwd.

Aardgas

Toepasbaarheid technologie en marktsituatie aardgasmotor

Aardgas wordt sporadisch ingezet in Nederland in met name stadsbussen in Haarlem en Tilburg. De technologie is op zich marktrijp, maar de penetratie blijft beperkt. Aardgas kan op twee manieren in het voertuig worden opgeslagen: onder hoge druk (Compressed Natural Gas: CNG) of vloeibaar (Liquefied Natural Gas: LNG). CNG is in Europa het meest gangbaar. De kenmerken van CNG zijn in Tabel 11 weergegeven.

Tabel 11 Voor- en nadelen van CNG ten opzichte van diesel

Voordelen	Nadelen
Toepassing van CNG leidt tot lagere emissies die vergelijkbaar zijn met de toepassing van LPG.	Het kost veel energie om het gas te comprimeren, en bij gelijke energie-inhoud is een CNG-tank 2,5 tot 3 keer zo zwaar als een dieseltank; het tanken is een probleem.
Ten opzichte van LPG en vooral diesel heeft CNG het voordeel dat het zeer goedkoop is (bij grootverbruik) omdat de brandstofheffingen zeer laag zijn.	Snelvulinstallaties zijn duur en normale vulinstallaties zijn traag.
De veiligheidsrisico's bij toepassing van CNG zijn minder groot dan bij toepassing van LPG. CNG is lichter dan lucht en zal, bijvoorbeeld bij lekkage in de garage, snel vervluchtigen. Daarom gelden er minder strenge veiligheidseisen aan het gebruik, het tanken en stallen van CNG-voertuigen.	Een voertuig met een CNG-motor is duurder dan een voertuig met een dieselmotor.
	Voor een CNG-bus geldt dat de onderhoudskosten hoger liggen dan voor dieselbus.
	Er is geen landelijke infrastructuur aanwezig en CNG-voertuigen zijn daarom momenteel nog gebonden aan een beperkt aantal vulpunten.
	Behalve meer volume (brandstoftanks), brengt een CNG-installatie ook meer massa met zich mee.

Er zijn verschillende leveranciers van aardgasmotoren voor trekkers en vrachtwagens. Enkele daarvan zijn bijvoorbeeld John Deere (VS), MAN (Duitsland), en NONOX (NL).

Effect op DME

De kankerverwekkendheid van DME worden voornamelijk veroorzaakt door deeltjes, al dan niet geassocieerd met PAK's. PAK's zijn onvolledige verbrandingsproducten die ontstaan bij verbranding van aromatische stoffen in diesel. Aardgas bestaat voornamelijk uit methaan. Bij verbranding van aardgas komen hierdoor nauwelijks PAK's vrij. Ook is de deeltjesuitstoot van aardgas lager. De kankerverwekkendheid van aardgasemissies lijkt dus beduidend lager dan die van DME¹².

Overige effecten en voorwaarden van implementatie

De belangrijkste randvoorwaarde bij het gebruik van aardgas is de beschikbaarheid van aardgas in tankstations. De eventuele aanleg van een landelijk dekkende tankinfrastructuur voor aardgas zal nog zeker 4 jaren gemoeid zijn. Of hiervoor investeerders te vinden zijn is nog de vraag. Doordat andere brandstoffen steeds schoner worden, is na 2010 het milieuvoordeel van aardgas ten opzichte van andere brandstoffen nog maar beperkt. Om voertuigen van aardgas te voorzien kunnen tankstations 'slow-fillers' en 'fast-fillers' gebruiken. 'Slow-fillers' doen een hele nacht over het vullen van een voertuig terwijl 'fast-fillers' in een paar minuten een voertuig met aardgas voorzien. Met name 'fast-fillers' zijn duur. Om deze reden moet een exploitant van een vulstation veel afnemers van aardgas hebben om rendabel te zijn¹³.

Het is ook mogelijk om op locatie een tankmogelijkheid op de aardgasaansluiting te creëren. Hiervoor is een aardgasaansluiting nodig, een 'slow-filler' of 'fast-filler' en een parkeerplek. De kosten voor het installeren van een dergelijke port kost in totaal rond de € 3.000 (aanschafkosten ongeveer € 2.500 en installatiekosten ongeveer € 500 voor een dag werk). Hier bovenop komt de aardgasprijs. Deze is voor grootverbruikers aanzienlijk lager dan voor kleinverbruikers, waar dus extra voordeel uit kan worden gehaald¹⁴. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het feit dat na 2.000 uur de aardgascompressor moet worden gereviseerd. De kosten hiervan bedragen ongeveer € 1.000, waarbij 2.000 uur gelijk staat aan ongeveer 250 tankbeurten. Dit komt uit op € 4 extra kosten per tankbeurt. De revisie duurt ongeveer 2 uur.

Kosten en kosteneffectiviteit

De meerkosten van een vrachtwagen op aardgas ten opzichte van diesel bedragen € 20.000,00 - € 30.000 (zie MES-analysemodel). De kosten van aardgas zijn ruim 50% lager per eenheid energie vergeleken met diesel¹⁵. De lagere prijs van aardgas is het gevolg van het feit dat er geen accijns wordt geheven op aardgas. Bij een brandstofverbruik van 1 liter diesel (of 1 m³ aardgas met dezelfde

¹² Eventuele andere mogelijke gezondheidsrisico's door aardgasmotoren daargelaten.

¹³ Bron: telefonisch interview met de heer Motshagen, Novem.

¹⁴ Bron: <http://www.ngv-holland.nl/docs/pdfs/thuistanken.pdf#search=%22thuis%20aardgas%20tanken%22> (september 2006).

¹⁵ Een liter diesel (± 36 MJ) kost momenteel circa € 1. Een kilo aardgas (circa 37 MJ) kost circa € 0,45. Gegevens zijn overgenomen uit MES analyse instrument.

energie-inhoud) per kilometer heeft een vrachtwagen op aardgas met een levensduur van 10 jaar dezelfde kosten als een vrachtwagen op diesel¹⁶.

Beleidsontwikkelingen

Momenteel zijn de subsidies op het gebruik van aardgasmotoren stopgezet. De omvang van het gebruik van aardgas in de toekomst is afhankelijk van stimulering door de overheid. In de beleidsnota Mobiliteit (Verkeer en Waterstaat) zijn geen specifieke maatregelen aangekondigd om het gebruik van aardgas te gaan stimuleren¹⁷. De beleidsnota Verkeersemissies (VROM) is onder meer gericht op extra maatregelen om te voldoen aan de Europese grenswaarden voor luchtkwaliteit. Deze beleidsnota zet erop in dat de uitlaatgassen van nieuwe dieselauto's en vrachtauto's door Europese normstelling rond 2010 zoveel schoner zijn geworden dat LPG, aardgas en benzine uit het oogpunt van verzuring en luchtkwaliteit geen duidelijke voordelen ten opzichte van diesel meer bieden.

In het EZ-transitietraject 'Nieuw Gas' wordt aardgas als transitiebrandstof gezien, om de weg voor te bereiden naar duurzame brandstoffen zoals waterstof en biogas. De discussie over de uitwerking hiervan loopt nog.

Waarschijnlijk zal om bovengenoemde redenen in de toekomst het gebruik van aardgas niet sterk gaan toenemen.

Recentelijk is door de overheid de accijns op aardgas voor transportdoeleinden drastisch verlaagd, juist om rijden op aardgas te stimuleren.

LPG

Toepasbaarheid technologie en marktsituatie

LPG is een brandstof met zeer weinig verontreinigingen, die met name populair is in Nederland. Een LPG-motor kan stoichiometrisch¹⁸ draaien en daarmee is toepassing van een driewegkatalysator (zoals in benzinemotoren) mogelijk. Hierdoor is het mogelijk om, ten opzichte van een dieselmotor (Euro-2), zeer lage emissies van NO_x, benzeen en CO te behalen. De uitstoot van NO_x zal met ongeveer 80% worden verminderd. Door de toepassing van LPG in plaats van diesel wordt de uitstoot van deeltjes 90 tot 95% lager. Stoichiometrische motoren zijn terug te vinden in speciaal ontworpen LPG-motoren (o.a. DAF-motor).

Naast de stoichiometrische LPG-motor bestaat ook de zogenaamde 'lean burn'¹⁹ LPG-motor. De toepassing van een driewegkatalysator met een NO_x-reducerende werking is hierdoor niet mogelijk, waardoor de emissiereducerende eigenschappen (voor met name NO_x) minder zijn dan van een

¹⁶ Bron: telefonisch interview met de heer Tromp, Gemeente Haarlem.

¹⁷ Bron: telefonisch interview met de heer Motshagen, Novem.

¹⁸ Modus van verbranding waarin de verhouding zuurstof-brandstof precies op elkaar zijn afgesteld voor volledige verbranding.

¹⁹ Modus van verbranding waarin meer zuurstof aanwezig is dan noodzakelijk voor volledige verbranding (brandstofarm mengsel).

stoichiometrische motor. Lean burn-motoren zijn over het algemeen omgebouwde dieselmotoren. Belangrijke kenmerken van de toepassing van LPG zijn weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12 Voor- en nadelen van LPG ten opzichte van diesel

Voordelen	Nadelen
Een LPG-motor kent lagere luchtvervuilende emissies dan een dieselmotor.	Het rendement van een LPG-motor is grofweg 20 procent lager dan dat van een moderne dieselmotor (hogere CO ₂ -emissie).
In Nederland is een goede LPG-infrastructuur aanwezig.	De energiedichtheid van LPG in MJ per liter is een stuk lager dan bij diesel en dit vereist grotere brandstoftanks.
De brandstofkosten zijn lager vergeleken met diesel.	Behalve meer volume (brandstoftanks), brengt een LPG-installatie ook meer massa met zich mee.
	Een LPG-motor is duurder dan een dieselmotor.
	Hogere onderhoudskosten vergeleken met een dieselmotor.
	Omdat LPG zwaarder is dan lucht ('het blijft hangen op de grond') brengt het veiligheidsrisico's met zich mee. Er zijn daarom strenge eisen gesteld aan het vervoer, het tanken en de stalling.

Effect op DME

De DME-uitstoot van de trekkers en vrachtwagens wordt vervangen door uitstoot van verbrande LPG. Deze emissies lijken minder kankerverwekkend. Dit komt doordat minder deeltjes uitgestoten worden. Daarnaast zijn de deeltjes (waarschijnlijk) minder kankerverwekkend (minder geassocieerde PAK's). Motoren op LPG emitteren daarnaast ook minder koolwaterstoffen en NO_x die schadelijk zijn voor de gezondheid. Daar staat wel een hogere CO₂-emissie tegenover²⁰.

Overige effecten en voorwaarden van implementatie

Een nadeel van het gebruik van een LPG-motor is het explosiegevaar. Ook is LPG niet aan elk tankstation verkrijgbaar.

Kosten en kosteneffectiviteit

De kosten van trekkers en vrachtwagens aangedreven met LPG verschillen per draaiuur niet veel van heftrucks op dieselmotoren²¹.

Beleidsontwikkelingen

Zie ook onder het kopje Aardgas.

²⁰ Bron: Vermeulen J, Janse P, Dings J. LPG in het binnenlands distributievervoer? CE rapport Delft, 2000.

²¹ Nog onderzocht moet worden of dit inclusief katalysator en ventilatie is.

D.3 Beheersmaatregelen

In deze bijlage worden maatregelen beschreven waarmee reductie van de dieselmotoremissie gerealiseerd kan worden, zonder dat de DME in zijn geheel vervangen kan worden: de zogenaamde beheersmaatregelen, waarbij de blootstelling aan DME sterk wordt verminderd.

In de onderzochte arbeidssituaties zijn onderstaande maatregelen nader bekeken. In de eerste categorie van de arbeidshygiënische strategie (bronmaatregelen) vallen:

- vaste roetfilters (D.3.1);
- opzetfilters (D.3.2).

In de tweede categorie (plaatselijke luchtafvoer en/of algemene ventilatie) is dit:

- algemene ruimteventilatie (D.3.4);
- bronafzuiging.

Daarnaast kan worden gekeken naar beheersmaatregelen waarbij mens en bron gescheiden worden (categorie III). Dit betreft:

- minimaliseren van de tijd binnen het gebouw door optimalisatie van de logistiek (D.4);
- het aanpassen van dienstroosters (D.5);
- functiewisseling (D.6);
- het optimaal positioneren van werknemers ten opzichte van DME-bronnen, bijvoorbeeld door het gunstig routeren van voertuigen (D.6.1);
- docking stations.

Tenslotte is gezocht naar maatregelen in de vierde categorie (persoonlijke beschermingsmiddelen):

- maskers en andere kleding (D.6.2).

Hieronder wordt per maatregelencategorie de effectiviteit, toepasbaarheid en de consequenties beschreven.

D.3.1 Vaste roetfilters

Toepasbaarheid technologie en marktsituatie

Er zijn vele (internationale) leveranciers van roetfilters op de markt. Voorbeelden van leveranciers zijn: Pyroban, ETB, EHC, Johson Matthey, Unikat, HUG,HJS, Deutz, HUSS, INTECO en Engelhard.

Effect op DME

Roetfilters kunnen in principe op iedere dieselmotor worden toegepast. Daarom kan deze maatregel in principe in iedere arbeidssituatie worden toegepast. Om het effect te bepalen is het noodzakelijk te weten wat in DME de bepalende factor is voor de kankerverwekkendheid. Hierover bestaat nog discussie. Wel zijn er sterke aanwijzingen dat de kankerverwekkendheid van DME wordt veroorzaakt door de hoeveelheid roetdeeltjes, mogelijk in combinatie met PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen) die geassocieerd zijn met deze deeltjes in DME. De centrale vraag betreft derhalve of na plaatsing van roetfilters de (ultra fine) deeltjes die de kankerverwekkendheid bepalen alsnog uitgestoten worden of wellicht relatief gezien (in massapercentage) nog toenemen.

De meeste metingen (ook in dit onderzoek) van de concentratie DME zijn gebaseerd op de reductie van de massa EC (elementair koolstof). In Duitse en Zwitserse wetgeving wordt de maximale concentratie uitgedrukt in massa EC/m³. Ook de Gezondheidsraad zal waarschijnlijk deze methode als basis voor de nog vast te stellen grenswaarden hanteren.

Zeker is dat door reductie van de massa EC het aantal deeltjes ook afneemt [Makkee, 2004]. Niet bekend is echter hoeveel deeltjes gereduceerd worden bij welke afname van EC. De afname van de hoeveelheid deeltjes is afhankelijk van de grootte van de deeltjes die worden afgevangen.

In Zwitserland is een lijst opgesteld met filters die meer dan 95% van het aantal deeltjes reduceren in de grootte van 10 - 300 nm, de zogenaamde VERT-lijst. Daarbij mag de uitstoot van nitro-PAK's niet toenemen. Alleen filters die op deze lijst staan mogen worden toegepast.

Overige effecten en voorwaarden van implementatie

Bij gebruik van filtersystemen blijft de gefilterde substantie (roet) achter in het filter. Dit roet moet na verloop van tijd verwijderd worden. Dit kan op verschillende manieren gebeuren.

De eerste manier om het roet te verwijderen (regeneratie van het filter) is door het roet uit het filter te blazen. Hierbij moet worden opgelet dat het roet niet alsnog in de omgevingslucht wordt vrijgelaten [VERT, 2003].

De tweede manier van regeneratie (en de meest voorkomende) gebeurt door verbranding van het roet. Dit vindt plaats bij een hogere temperatuur dan de gemiddelde temperatuur van uitlaatgassen, en kan worden gerealiseerd door het toevoegen van warmte aan het systeem, bijvoorbeeld door een ingebouwd warmte-element. Nadeel van deze vorm van regeneratie is dat het voertuig niet operationeel kan zijn tijdens het regeneratieproces. De regeneratietijd verschilt per type filter en per fabrikant.

Een andere manier om de verbranding mogelijk te maken is door katalytische substanties toe te voegen. Door bijvoorbeeld brandstofadditieven (zoals ureum) te gebruiken of door een katalytische laag in het filter, kan de verbranding van roet plaatsvinden bij een lagere temperatuur. Hierdoor hoeft geen warmte te worden toegevoegd aan het systeem. Een voordeel van deze vorm van regeneratie is dat verbranding plaatsvindt tijdens het gebruik en dat het voertuig daarom continu operatief kan blijven. Een voorwaarde van het gebruik van een filter met een katalytische substantie is dat de machine een bepaald gedeelte van de dag op een hoog vermogen moet draaien. Als de motor stationair draait is de temperatuur van de uitlaatgassen te laag voor katalytische verbranding en hoopt roet zich op in het filter. Bij het gebruik van brandstofadditieven is een nadeel dat storingen kunnen optreden indien niet de goede dosering wordt toegevoegd. Er zijn filtersystemen op de markt die automatisch de additieven doseren en hierdoor de kans op storingen verminderen.

Volgens Zwitserse normen (zie VERT) moeten filtersystemen een meetsysteem hebben dat aangeeft wanneer het filter vol zit. Indien een motor problemen heeft kan een filtersysteem verhinderen dat het defect wordt geconstateerd (zonder filter kan bijvoorbeeld worden gezien dat er teveel rook uit de uitlaat komt). Als het filter vroegtijdig aangeeft dat het filter vol zit geeft dit voor de gebruiker een indicatie dat er misschien iets mis is met de motor.

Bij regeneratie door verbranding moet na een paar duizend draaiuren het filter worden schoongemaakt. Dit komt omdat anorganische stoffen in het filtraat niet verbranden. Dit schoonmaakproces duurt niet langer dan een uur²².

Roetfilters kunnen in de fabriek opgezet worden, of achteraf door de gebruiker (retrofit). In geval van retrofit is in voorkomende gevallen sprake van aanpassingen aan de motor/uitlaat, waardoor de leveranciersgarantie en/of de RDW-typekeuring van het voertuig vervalt. Dit kan voor gebruikers aanleiding zijn om niet over te gaan tot plaatsing van een roetfilter.

Kosten en kosteneffectiviteit

De kosten van filters zijn niet eenduidig te geven. Er zijn verschillende typen op de markt (zie paragraaf voorwaarden en implementatie) met verschillende kosten. Bij regeneratie met behulp van een katalytische substantie kleven er (meer)kosten aan de katalytische substantie. Bij regeneratie door middel van het toevoegen van warmte betreffen de (meer)kosten het verwarmingselement en de energiekosten voor de extra warmte. Daarbij is bij deze vorm van regeneratie de machine niet operationeel tijdens de regeneratie van het filter. Dit kan extra kosten opleveren. Voor beide vormen van regeneratie zijn er personeelskosten gemoeid met het onderhoud en de schoonmaak van het filter.

²² Bron: telefonisch interview met de heer De Koning, Technogamma.

De kosten van het filter dat moet worden geplaatst is ook afhankelijk van het vermogen van de motor. Filters die op motoren met een groot vermogen worden geplaatst zijn duurder dan filters die worden geplaatst op motoren met een klein vermogen.

In Tabel 13 zijn de aanschafkosten vermeld van verschillende typen filters bij verschillende vermogens.

Tabel 13 De aanschafkosten, het regeneratietype en de regeneratietijd van verschillende typen Unikat filters [Lubrizol, 2003]

	Type K	Type V	Type S	Purifilter
Inflow (m ³ /h)				
250	4.862		7.119	3.979
350	5.291		7.857	5.533
550	6.655	6.145	9.138	
1000	7.737	6.391	10.990	11.234
2000	15.760	11.638		
Regeneratie dmv	Elektrische warmte	Elektrische warmte	Elektrische warmte	Katalytische lag
Regeneratietijd	8 uur	8 uur	1 uur	Niet (tijdens gebruik)

Een monteur heeft gemiddeld een dag nodig om een filter te monteren. Per filter zijn de installatiekosten ongeveer 8 keer € 50,00 en € 100,00 aan extra materiaalkosten (in totaal € 500,00). Bij elektrische regeneratie wordt een besturingskast aanbevolen om de regeneratie goed te laten verlopen. Deze besturingskast wordt gemonteerd bij het stopcontact en kost bij Lubrizol € 1.377,00. Als de filters jaarlijks worden schoongemaakt wordt de levensduur van filters geschat op 10 jaar²³.

Een inflow van 250 m³/h komt globaal overeen met een vermogen van 35 kW en een inflow van 2.000 m³/h met een vermogen van 300 kW [Techno Gamma B.V. 072 512 16 20].

Beleidsontwikkelingen

De emissiestandaarden (milieueisen) van dieselmotoren zijn vastgelegd in de zogenaamde 'Euronormen'. Dit zijn eisen aan emissies die dieselmotoren mogen uitstoten. De Euronormen worden in Europees verband vastgesteld. Volgens het Hoofdlijnenakkoord van 2003 zal Nederland geen nieuw beleid introduceren dat stringenter is dan de Europese normen voorschrijven, tenzij een specifiek Nederlands probleem een specifiek Nederlandse oplossing vergt²⁴.

De Euronormen zijn ingedeeld in 4 categorieën. De eerste categorie geldt voor vrachtwagens en bussen. De tweede categorie geldt voor bestelwagens, de derde categorie voor auto's en de vierde voor dieselmotoren die niet toegepast worden in wegtransport (b.v. dieselmotoren in bouwapparatuur). Trekkers zijn een onderdeel van de vrachtwagen en vallen in de eerste categorie. Euronormen stellen eisen aan de hoeveelheid uitstoot van CO, VOC's, NO_x en PM. Aangezien de kankerverwekkendheid

²³ Bron: telefonisch interview met de heer De Koning, Technogamma.

²⁴ Bron: Hoofdlijnenakkoord 16 mei 2003.

voornamelijk wordt bepaald door de hoeveelheid fijnstof in DME zijn alleen deze emissie-eisen (PM) relevant in dit onderzoek. Door verdere verhoging van de verbrandingsefficiëntie wordt onder andere de uitstoot van fijnstof gereduceerd. In onderstaande tabel is per norm vermeld welke eisen worden gesteld aan de uitstoot van fijnstof.

Tabel 14 De ingangsdatum van de euronormen en de maximale emissie van fijnstof voor vrachtwagens

Norm	Ingangsdatum	PM (g/kwh)
Euro-1	1992	0,36
Euro-2	1996	0,25
Euro-3	2000	0,10
Euro-4	2005	0,02
Euro-5	2008	0,02

Er wordt voor vrachtwagens in Europees verband al gesproken over een Euro-6-norm, waarbij de beoogde norm voor fijn stof 75% lager ligt dan Euro-5, en derhalve toepassing van een roetfilter vereist²⁵. Momenteel mogen nieuwe vrachtwagens (en trekkers) 0,02 gram fijnstof per kWh uitstoten. Voor personenwagens (hier vallen de bestelwagens ook onder) wordt onderscheid gemaakt naar het gewicht van de wagen. De norm varieert hiervoor van 0,025 (gewicht ≤ 1.305 kg) tot 0,06 (gewicht: $> 1.760 \leq 3.500$).

Nieuwe normen zijn nog niet geïmplementeerd. Er zijn wel nieuwe normen voorgesteld voor de periode 2006-2014. In 2011 mogen volgens deze normen nieuwe machines niet meer dan 0,02 g/Kwh uitstoten (alle vermogens). Ook hier geldt dat de massanorm niet veel hoeft te zeggen over het aantal deeltjes (zie paragraaf beleid vuilniswagens). Daarnaast worden de eisen voor uitlaatgassen van mobiele machines, zoals graafmachines en kranen, aangescherpt. Dit hebben de Europese ministers van milieu in oktober 2003 besloten. De uitstoot van luchtvervuilende stoffen van nieuwe mobiele machines moet uiterlijk in 2014 met meer dan 90% zijn verminderd. De eisen voor locomotieven en scheepsmotoren gaan voorlopig minder ver. Wel heeft de Europese Commissie de opdracht gekregen uiterlijk in 2007 met een voorstel te komen om ook deze eisen verder aan te scherpen.

Naast de milieueisen aan motoren, zijn er eisen aan het zwavelgehalte van brandstoffen. De huidige EU-norm voor het zwavelgehalte van gasolie gebruikt door mobiele machines en diesellocomotieven (< 2.000 mg/kg) is circa 40 keer hoger dan de norm waaraan de diesel voor het wegverkeer op dit moment in de praktijk aan voldoet (< 50 mg/kg). Per 2008 wordt het toegestane zwavelgehalte van de gasolie voor deze toepassingen gehalveerd naar 1.000 mg/kg. Om aan de door Nederland gewenste nieuwe eisen voor motoren te voldoen is nabehandelingstechnologie nodig die alleen goed

²⁵ Beleidsnota Verkeersemissies, VROM, 2004.

functioneert bij een zeer laag zwavelgehalte. Nederland streeft daarom in de EU naar verdere verlaging van het zwavelgehalte²⁶.

D.3.2 Opzetfilters

Naast filters die permanent op de uitlaat van machines worden geplaatst zijn er ook filters voor tijdelijk gebruik. Deze filters worden opsteekfilters genoemd.

Indien vrachtwagens of bestelwagens met een permanent filter worden uitgerust wordt in iedere situatie het effect van DME gereduceerd. Bij het gebruik van opsteekfilters wordt het effect van DME slechts gereduceerd als het filter op de machine is geplaatst, bijvoorbeeld als ze een groothandel binnen komen en weer worden verwijderd als ze de groothandel verlaten.

Toepasbaarheid technologie en marktsituatie

Voor de groothandels in bouwmaterialen en metaalproducten betekenen deze maatregelen dat de bestelwagens en vrachtwagens die het magazijn binnen gaan, een opzetfilter krijgen gemonteerd.

De opzetfilters kunnen toegepast worden op de meeste vrachtwagens en bestelwagens die bij het magazijn naar binnen rijden. Er zijn vele internationale producten en leveranciers. Voorbeelden van deze producenten zijn Mageta, EHC, en TSH.

Effect op DME

Ook de effectiviteit van opsteekfilters verschilt per filter. Met name het Zwitserse VERT onderzoek is van belang. In dit onderzoek worden filters getest op de reductie van het aantal deeltjes (in tegenstelling tot de massareductie in andere onderzoeken), en worden filters getest op de toename van de hoeveelheid genitrificeerde PAK's. Op de Zwitserse VERT-lijst staan 2 typen opsteekfilters, die toegepast worden op machines met een groot vermogen (bouwmachines) maar ook op auto's toegepast kunnen worden²⁷.

In gesprekken van Jeroen Terwoert van IVAM met het bedrijf Euroroller (leverancier gasreinigingsapparatuur) in het kader van een project van IVAM voor FNV bondgenoten is voor de effectiviteit van opzetfilters een rendement van 99% voor deeltjes > 99 micrometer genoemd.

In tegenstelling tot opsteekfilters die op auto's worden geplaatst is het effect van opsteekfilters die op bouwmachines worden toegepast wel gemeten in het Zwitserse VERT-onderzoek. In bijlage F staan de voorwaarden vermeld waar een opsteekfilter aan moet voldoen om op de Zwitserse VERT-lijst geplaatst te worden.

²⁶ Beleidsnota Verkeersemissies, VROM, 2004.

²⁷ Bron: telefonisch interview met de heer Mayer, TTM.

Overige effecten en voorwaarden van implementatie

Uit het vorige onderzoek [Singels, M., 2004] naar DME is bekend dat garagepersoneel over het algemeen niet positief is over het gebruik van opsteekfilters. Klachten die worden genoemd zijn: het krijgen van vieze handen, een slechte werkzaamheid (niet nader toegelicht) en het vergeten om het filter van de auto te halen²⁸. Dit kan ook voor de toepassing binnen de groothandels in bouwmaterialen en metaalproducten gelden.

Kosten (en kosteneffectiviteit)

Wanneer er sprake is van verschillende uitlaatdiameters moet er extra materiaal bij het filter worden geleverd om hem op iedere uitlaat passend te maken. Dit materiaal bestaat uit aansluitstukken met verschillende diameters. Vooral bij personenwagens zijn er veel verschillende uitlaatdiameters, afhankelijk van het type auto. Bij vrachtwagens is de diversiteit kleiner. Hier hebben de uitlaatdiameters vaak dezelfde maat (hoewel er vele uitzonderingen zijn). Voor de meeste vrachtwagens hoeft daarom geen extra materiaal aangeschaft te worden.

De prijs van een filter inclusief verschillende aansluitstukken is bij fabrikant EHC tussen de € 133 en € 243 (exclusief BTW). Het opzetten van een opsteekfilter gebeurt volgens de fabrikant EHC binnen een aantal seconden. Ook het verwisselen van de aansluitstukken gaat snel door middel van een bajonetsluiting. De extra personeelskosten bij het gebruik van opsteekfilters zijn dus zeer gering. De kosten van een opsteekfilter voor vrachtwagens bedragen bij EHC € 518 (excl. BTW)²⁹.

In tegenstelling tot filters voor permanent gebruik zijn de meeste opsteekfilters niet regenererbaar. Dit betekent dat het filtermedium dat in zich in het filterhuis bevindt moet worden vervangen. Bij fabrikant EHC moet dit om de 100 (zware voertuigen) of 200 (personenauto's) starts gedaan worden. De kosten van een filtermedium bedragen € 99, respectievelijk € 35. Dit betekent dat als een vrachtwagen of bestelwagen bij een bezoek 2 keer gestart moet worden, er per 50 of 100 klanten of leveranciers een nieuw filtermedium moet worden aangeschaft. Volgens fabrikanten is het filterhuis onverwoestbaar en de levensduur onbeperkt.

Er zijn wel regenererbare opsteekfilters, die bestaan uit een metalen behuizing plus als filtermateriaal keramisch koord en soms nog actief koolstof (zie bijlage: info Euroroller). Het filtermateriaal wordt in een oven 'schoongebrand' en daarna opnieuw gemonteerd. Dit type filters wordt bij DAF in Eindhoven gebruikt.

²⁸ Bron: telefonisch interview met de heer Zeilstra, Bovag.

²⁹ Bron: telefonisch interview met de heer Rodriguez, EHC

Beleidsontwikkelingen

Er is voor het aanbrengen van roetfilters door VROM een subsidieregeling in het leven geroepen. Conform deze regeling kunnen particulieren en bedrijven een groot deel van de kosten voor het laten installeren van een roetfilter vergoed krijgen.

D.3.3 Alternatieve dieselbrandstoffen

Aromatenvrije diesel is synthetisch geproduceerde dieselolie, waarin niet meer de van nature aromatische verbindingen (zoals PAK's en zwavel) uit aardolie zitten. In zijn zuivere vorm is deze synthetische brandstof dus zeer schoon. Zij komt voort uit een restproduct op basis van aardgas, dat vrijkomt bij de productie van aardolie, en normaal gesproken wordt afgefakkeld omdat het verder niet benut kan worden. Indien het echter wordt ingezet in een keten van chemische reacties kan er synthetische diesel van gemaakt worden. Bedrijven als Shell maken soms gebruik van deze mogelijkheden, maar productie op grote schaal is zeer kostbaar.

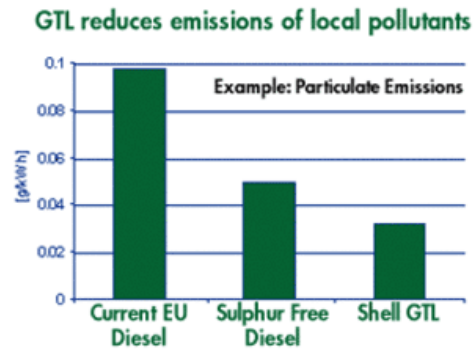
Van aromatenarme diesel is sprake wanneer aromatenvrije diesel wordt bijgemengd met gewone diesel. Sinds september 2005 heeft Shell op de snelwegtankstations de zogenaamde Shell V-Power Diesel op de markt gebracht. Dit is een zwavelvrije dieselbrandstof³⁰ die een synthetische GtL (Gas to Liquids)-component bevat, zoals hierboven beschreven. Ook in Duitsland en Oostenrijk is deze brandstof verkrijgbaar. De brandstof is geschikt voor alle typen dieselmotoren, maar wordt in eerste instantie alleen voor dieselpersonenauto's op de markt gebracht. Transportondernemers zijn vooralsnog niet geïnteresseerd in een schonere brandstof als deze 7 cent per liter duurder is³¹.

Shell claimt dat het gebruik van 'GtL' naast een hogere ontstekingskwaliteit voor een afname van de uitstoot van schadelijke stoffen zorgt. De uitstoot van (roet)deeltjes (40% minder), stikstof oxiden (5% minder), koolmonoxide (75% minder) en koolwaterstoffen (60% minder) is bij volledig synthetische diesel lager dan bij conventionele diesel (in een standaard dieselmotor). Het gebruik van zwavelvrije diesel met synthetische GtL dieselcomponent (zoals bij Shell V-Power Diesel) resulteert in een afname van de uitstoot van schadelijke stoffen; ook is hierdoor het gebruik van nabehandelingstechnieken effectiever. Resultaten verschillen per motortype, hierdoor kunnen er geen gegarandeerde procentuele verbeteringen worden gegeven. Op www.shell.com/gtl is een aantal testresultaten weergegeven.

³⁰ Dat wil zeggen maximaal 10 mg/kg.

³¹ Bron: telefonisch contact met Joris van Brussel, marketing Shell Nederland Verkoopmaatschappij.

Figuur 11 Uitstoot van (roet)deeltjes bij verschillende dieselbrandstoffen³²



Volgens Shell bevat de brandstof een aandeel van 5% GtL³³. Figuur 11 geeft effecten voor 100% GtL diesel.

D.3.4 Algemene ruimteventilatie

Bij ruimteventilatie wordt een systeem in een magazijn geplaatst waardoor de gehele luchtinhoud van het magazijn in een bepaalde tijdseenheid wordt ververs.

Toepasbaarheid technologie en marktsituatie

Ventilatie is een gangbare manier om blootstelling aan schadelijke stoffen in afgesloten bedrijfsruimten te beperken. Ventilatie van bedrijfshallen wordt bijvoorbeeld toegepast in de basismetaleindustrie en bij garages.

Effect op DME

Centrale ventilatie/afzuiging is in de eerste plaats gericht op de afzuiging van stof en dampen van oplosmiddelen die vrijkomen bij de werkzaamheden. Een bijkomend effect van de afzuiging is reductie van de concentratie van DME in garages. In hoeverre het fijnstof van DME wordt gereduceerd door deze maatregel is onduidelijk.

Het effect van ruimteventilatie op de blootstelling van personen aan DME in de bouw is beperkt. Dit komt door de grote lokale concentratieverschillen van de verontreiniging. In een blootstellingonderzoek dat in opdracht van Arbouw is gedaan, kon geen effect van geforceerde ventilatie worden aangetoond [Arbouw, 1999].

³² Bron: www.shell.com/gtl, resultaten op basis van 100% GtL.

³³ Bron: Gerard Fiolet, Shell Nederland Verkoopmaatschappij.

Kosten (en kosteneffectiviteit)

De aanschaf- en installatiekosten van een afzuigstelsel zijn afhankelijk van de grootte en inrichting van het magazijn. De aanschaf- en installatiekosten van een afzuigstelsel voor een bedrijfshal van 3.000 m³ bedragen bij de fabrikant DEMZO € 89.000³⁴. Onduidelijk is echter wat het debiet van dit stelsel is.

Ventilatoren voor een debiet van circa 200.000 Nm³/uur kosten circa € 100.000 per stuk. Leidingwerk en andere voorzieningen kosten bij benadering nog eens € 100.000.

D.3.5 Gedragsregels rond het stationair laten draaien van motoren en machines

Ook het aanpassen van het gedrag rondom het gebruik van de verschillende vervoersmiddelen kan een afname in DME opleveren, waaronder gedragsregels rondom het stationair laten draaien van motoren en machines. Hieronder is een aantal mogelijkheden beschreven.

Stationair draaiende motoren

Het laten draaien van onbelaste motoren kan een bijdrage leveren aan de blootstelling op de werkplek. De concentratie DME op de werkplek kan worden gereduceerd door machines op een zo groot mogelijke afstand van de werksituatie te positioneren als deze niet worden ingezet bij werkzaamheden [Arbouw]. Een andere mogelijkheid is het afzetten van de motoren bij het wachten.

Vooraf opwarmen van motoren

De koude start van dieselmotoren kan gepaard gaan met verhoogde uitstoot van giftige stoffen. Het effect van DME kan gereduceerd worden door voertuigen buiten de werkplek op te warmen om deze vervolgens naar de werksituatie te rijden. Ook kan worden gestreefd naar het zoveel mogelijk inzetten van voertuigen die in een voorgaande werkshift zijn gebruikt (en daarom nog warm zijn) [Arbouw].

Rijgedrag chauffeurs

Een minder sportief c.q. zuiniger rijgedrag van chauffeurs leidt tot lagere emissies van onverbrande koolwaterstoffen.

Motoronderhoud

Achterstallig motoronderhoud kan aanleiding geven tot hogere roetmissies. TNO Wegtransportmiddelen heeft in 1994 het effect van onderhoud op de emissie van luchtverontreinigende stoffen uit tractoren onderzocht [Bijsterbosch, 1994]. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat tractoren na onderhoud gemiddeld 14% minder deeltjes uitstoten dan voor het onderhoud.

³⁴ Bron: een voorbeeld van een rekening die ons is opgestuurd door Demzo apparatuurbouw.

D.4 Minimaliseren van tijd binnen gebouw

Toepasbaarheid technologie en marktsituatie

In de groothandel in bouwmaterialen rijden de bestelwagens in de huidige situatie binnen en kiezen daar hun producten uit, waarna ze naar de volgende stellingkast kunnen rijden. Dit is de bron van de DME in deze sector. Een alternatief op dit systeem is om de afnemer bij een loket de bestelling te laten doen, zodat de orderverwerking intern op orde wordt gemaakt. Een andere mogelijkheid is dat de afnemer meerijdt op een DME-vrij voertuig in eigendom van de groothandel en op deze wijze de producten uitkiest.

In de groothandel in metaalproducten is dit ook een mogelijkheid. Hiervoor zou de logistiek binnen het magazijn onder de loep genomen moeten worden om te kijken of de tijd dat er binnen wordt gereden geoptimaliseerd kan worden.

Effect op DME

De voorbeelden van maatregelen om de tijd binnen het bouwmaterialenmagazijn te reduceren zouden leiden tot een emissie van nul omdat de bestelwagens van de afnemers zo buiten blijven.

Wanneer er qua tijd, ruimte is in de logistiek binnen de groothandel in metaalproducten kunnen deze maatregelen tot een reductie leiden van de DME, maar deze niet geheel wegnemen.

Overige effecten en voorwaarden van implementatie

Als hierboven aangegeven moet één en ander wel passen in de logistieke organisatie binnen het bedrijf.

Kosten en kosteneffectiviteit

Het is onduidelijk of deze maatregel leidt tot extra kosten.

Beleid

Voor zover bekend is er op dit terrein geen beleid.

D.5 Aanpassen dienstroosters

Ook de werktijden zijn een belangrijke factor in de mate van blootstelling aan DME. De reductie van het risico op kanker correleert in grote mate met de reductie van de blootstellingduur. De werktijden van de werknemers kunnen zodanig worden ingericht dat werknemers zo min mogelijk worden blootgesteld aan DME. Dit betekent dat werknemers zo min mogelijk gelijktijdig met dieselaangedreven voertuigen moeten werken. Het werken in diensten, waarbij blootstellingperioden worden afgewisseld met minder of geen blootstelling levert flinke reductie op. Toepasbaarheid van

deze maatregel is afhankelijk van technische en organisatorische mogelijkheden. Ook specialisaties en functiepakketten kunnen een rol spelen.

D.6 Functiewisseling

De maatregel functiewisseling houdt in dat de werknemers niet de hele dag in het magazijn werken, maar bijvoorbeeld ook een deel van de dag in de winkel staan. Door twee functies te combineren zou de blootstelling aan DME bij een werknemer bijvoorbeeld gehalveerd kunnen worden. Het nadeel van deze maatregel is echter dat beide werknemers een groter aantal uiteenlopende taken moeten kunnen uitvoeren, wat extra scholing vraagt, afhankelijk van de complexiteit van de taak. Dit zorgt voor extra kosten.

D.6.1 Afstand tot en positie werknemers ten opzichte van de DME-bron

Er zijn op basis van het vorige onderzoek ook een aantal maatregelen denkbaar waarbij de afstand tussen de werknemer en de DME-bron wordt vergroot. Dit kan bijvoorbeeld door de inrichting van de werkplek. Daarnaast zijn er manieren op de positie van de werknemer ten opzichte van de DME-bron te verbeteren, bijvoorbeeld door bij de routing rekening te houden met de windrichting.

D.6.2 Persoonlijke bescherming

De laatste categorie maatregelen betreft het verplicht stellen van persoonlijke beschermingsmiddelen. Het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen met als doel de blootstelling van DME te reduceren gebeurt in de praktijk niet. Op de markt worden voor dit doel ook geen specifieke hulpmiddelen aangeboden.

E Verslagen van bedrijfsbezoeken bij aanbieders reductiemaatregelen

E.1 Bezoek/ interview Euroroller; Abcoude – m.b.t. Deselemissie-filters; 02-05-'06

Gesproken met: Jan Maarten de Groot; directeur.

E.1.1 Activiteiten

M.n. afzuigsystemen (slangenhaspels). A.g.v. de levering van aansluitstukken voor diverse typen uitlaten, ook filters gaan leveren met diezelfde aansluitstukken. Filters worden extern ingekocht: Metro Equipment Ltd. UK (papieren wegwerp). Slechts één andere leverancier, in Zweden.

E.1.2 Typen roetfilters

1. 'Permanent opbouw'
 - a Zowel nieuw ingebouwd als 'retrofit' (geen verschil).
 - b In uitlaat ingebouwd, vlak na de motor.
 - c Katalysator plus 'passief' deeltjesfilter.
 - d Werkt pas bij bedrijfstemperatuur > 350°C.
 - e Continu regenererend (ook alleen > 350°C).
 - f Niet effectief bij korte ritten. Filter raakt dan bovendien verstopt omdat regenereren niet plaatsvindt. b.v. niet voor weinig-gebruikte heftrucks.
 - g Effectiviteit bij optimale omstandigheden zeer hoog (99%).
- b Semi-permanent: soort permanente opsteekfilters, b.v. voor aggregaten in woonwijken die continu draaien: filter van metaal met honingraatstructuur; moet ook minimale bedrijfstemperatuur van 350oC hebben. Tevens geluiddempend.
- c Opsteekfilters:
 - a Extern op uitlaat geplaatst.
 - b Voor korte ritten met koude motor (starten/verplaatsen etc.).
 - c Kan temperaturen tot ± 200°C aan; genoeg voor korte ritten; niet voor b.v. vermogenstests op de rollerbank.
 - d Twee typen:
 - i. Keramische vezel, opgerold als 'mat'; regenererbaar; evt. + actief kool.
 - ii. Cellulose-ester (papier) plus actief kool ; wegwerp.

E.1.3 Retrofit filters (VERT-certificering)

Houdt Euroroller zich niet mee bezig.

Prijs ± € 800 voor een personenauto; € 400 subsidie. Zolang het niet verplicht is, zullen niet veel particulieren het laten plaatsen.

E.1.4 Opsteekfilters

Euroroller: voorkeur voor 'papier': 99% effectief, d.w.z. bij deeltjes > 1 µm! Voor kleinere deeltjes is het niet duidelijk. Deze worden wel meer en meer afgevangen naarmate het filter voller zit.

Aansluitsysteem: aan binnenkant v.d. uitlaat d.m.v. 'blaasbalg' van rubber met een Kevlar gaas erom. Kan makkelijk 200°C aan. Variant met carbon fiber kan 500°C aan. Wordt m.b.v. een bandenpomp, perslucht of handpompje opgepompt en sluit dan 100% aan. Kost maar enkele seconden. Valt er niet uit tijdens het rijden.

Gaat van 1 tot 500 maal mee, zeer afhankelijk van de uitstoot van de motor en de belasting. Alarmtoon zodra het filter verzadigd is. Niet regenererbaar. Gaat bij het normale bedrijfsafval.

Wordt bij **Scania** en bij zusterbedrijf van DAF in Mexico (Kenmex) standaard gebruikt.

Prijs: € 200,- inkoop.

Ook versies voor personenauto's beschikbaar, voor b.v. showrooms/ garages.

Niet heel veel geleverd: Scania, Kenmex, enkele showrooms, aantal carrosseriespuitertijen (niet m.b.t. arbo, maar m.b.t. de kwaliteit v.h. spuitwerk: geen roet), en op enkele graafmachines e.d. voor tunnel-aanleg (filter verplicht). Afzuigsystemen zijn de core-business.

Keramische vezels in opgerold koord: is op zich ook wel effectief als nieuw filter. Dikte v.h. totale filter, c.q. aantal lagen vezels kun je aanpassen.

Tussenhandelaar met 'monopolie': Kaltwasser, Duitsland.

Wijze van regenereren en opnieuw monteren is wel cruciaal. Regeneratie in speciale afgezogen oven, goed strak oprollen bij hernieuwde montage, omhulsel goed eromheen. Gebeurt vaak niet goed.

Geen signaal als het filter verzadigd is. Alleen visuele controle mogelijk.

Prijs: ong. gelijk aan papieren 'wegwerffilter'. Prijsverhouding hangt dus sterk af van aantal maal dat wegwerffilter meegaat, en het aantal malen dat het keramische filter geregenereerd kan worden.

E.1.5 Effectiviteits-eis 70% AI reëel?

Ligt eraan hoe het gemeten wordt: massa/ aantal deeltjes/ aantal deeltjes EC/ aantal deeltjes v.e. bepaalde grootte?

Normaal gesproken wordt 70% [massa] 'makkelijk' gehaald, zowel met [nieuwe] keramische als 'papieren' filters.

E.1.6 Schonere motoren

Huidige Euro-5 motoren halen de norm m.b.v. een additief - Ad Blue (ureumoplossing 32,5%) - dat in de uitlaatgassen gespoten wordt. Is eigenlijk een tussenoplossing. Ook Euro-4 en -5 motoren zijn pas schoner als de motor warm is. Bij koude starts en korte verplaatsingen net zo vuil als Euro-1, -2 of -3.

E.2 Verslag 2e werkgroep Dieseluitlaatgassen FNV Bondgenoten, Project VASt, Rotterdam, 21 september 2006

Jan-Maarten de Groot van Euroroller in Abcoude laat diverse (opsteek-)filters zien. Er zijn 'wegwerpfilters' (cellulosefilter + actief kool; compleet € 570; vervangend filter € 120) en herbruikbare of 'regeneerbare' filters (keramisch koord). Het hangt af van het gebruik welk type voordeliger is.

Het wegwerpfilter is 99% effectief (voor deeltjes groter dan 1 µm!), de regeneerbare 95%, maar na 4-5 maal regenereren nog maar ~ 70%. Het regenereren en inbouwen moet zeer zorgvuldig gebeuren! Het wegwerpfilter kan gemiddeld voor 50 starts gebruikt worden; soms maar 2x (oude wagens), soms 100-200. Hete uitlaatgassen (> 200°C) zijn bij wegwerpfilters nog een probleem (b.v. Euro 4-5).

Er zijn diverse systemen voor het aansluiten op de uitlaat, o.a. een 'blaasbalg-systeem'. Er zijn ook filters voor grote bouwmaschinen, heftrucks en b.v. generatoren.

In nieuwe wagens kunnen filters ingebouwd worden (ook achteraf: 'retrofit'). Dit is iets anders dan de filters die van buiten op de uitlaat gezet worden. Ze werken alleen bij een warme motor.

Belangrijk bij gebruik van filters is dat van de medewerkers en het bedrijf veel *zorgvuldigheid* wordt gevraagd: goed aanbrengen (kost wat tijd), tijdig vervangen, goed onderhoud etc.

Euroroller levert verder veel soorten afzuigsystemen, o.a. systemen die over een rail met het voertuig kunnen meebewegen (alleen in een rechte lijn).

Alle deelnemers hebben documentatie meegekregen. Zie ook www.euroroller.nl. Er zijn in Europa overigens maar 3-4 leveranciers van dit soort producten.