

Inventarisatie naar vóórkomen en gebruik van W.J.A. Meuling
en blootstelling aan benzeen in verschillende Mw. H. Akkersdijk*
toepassingsgebieden. MBL 1988-19

* Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van
Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

met medewerking van :

H.C.M. Mulder, arts

November 1988.

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveidert

stamb. nr. 2122
plaats 45-49
datum 31 JAN. 1990



SAMENVATTING

Het hier beschreven inventariserend onderzoek is onderdeel van een gefaseerde aanpak zoals is voorgesteld bij de planning en uitvoering van zg. "Health Hazard Surveys" in de Nederlandse industrie. Doel van dit in eerste fase uitgevoerde onderzoek is de Nederlandse situatie ten aanzien van het vóórkomen van, het gebruik van en de beroepsmatige blootstelling aan benzeen in kaart te brengen. Op basis hiervan kan via weging van de verzamelde gegevens en aantallen potentiëel blootgestelden een uitspraak gedaan worden of, en zo ja in welke mate, gezondheidsrisico's aanwezig of te verwachten zijn en kunnen prioriteiten worden gesteld voor verder onderzoek. Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van (inter)nationale literatuurgegevens, van statistisch materiaal en gegevens afkomstig van sleutelinformanten en werkplekbezoeken.

Uit omgevingsmetingen (PAS) bij diverse werkzaamheden kan geconcludeerd worden dat de WGD-advieswaarde (1 ppm; TGG-8 uur) in enkele gevallen overschreden wordt bij het produceren van benzeen en benzeenhoudende produkten, bij onderhoudswerkzaamheden, bij het laden en lossen van tankauto's, tankwagons en binnenvaarttankers. Overschrijding van de WGD-advieswaarde voor kortdurende blootstelling (3 ppm; TGG-15 min) treedt op bij het nemen van monsters voor analyse, bij het aan- en afkoppelen van vulslangen, bij het openen en sluiten van kranen, bij reparaties, bij het verwijderen van slib uit produktiewatertanks (aardgascondensaat) en bij controle van vloeistofniveaus. Meer in het bijzonder blijkt dat met name bij het dekpersoneel van binnenvaarttankers bij het laden van motorbrandstof of benzeen en tijdens het uitgassen van lege tanks overschrijding van de advieswaarde kan optreden, terwijl de advieswaarde voor kortdurende blootstelling bij controle van vulniveaus, het aan- en afkoppelen van slangen, bij reparaties en bij het vullen van vaten in benzineopslagplaatsen overschreden kan worden.

Uit het onderzoek wordt geconcludeerd dat de meetgegevens een zodanig beeld geven van de blootstelling in de toepassingsgebieden dat een nader gericht onderzoek hiernaar in het kader van een survey niet noodzakelijk wordt geacht. Wel vraagt het blootstellingsniveau om maatregelen teneinde deze te verlagen.

INHOUD

	pagina
1. INLEIDING	1
2. FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN	3
2.1 Chemische benaming	3
2.2 Synoniemen	3
2.3 Registratienummer	3
2.4 Chemische formule	3
2.5 Fysische eigenschappen	3
2.6 Conversiefactoren	3
3. TOXICOLOGISCHE GEGEVENS	4
3.1 Toxicokinetiek	4
3.2 Toxicodynamiek	4
3.3 Risicogroepen	6
4. GRENSWAARDEN	7
4.1 Arbeidshygiënische grenswaarden	7
4.2 Biologische grenswaarden	7
5. PRODUKTIE, TOEPASSINGSGEBIEDEN EN BLOOTGESTELDE POPULATIE	9
5.1 Inleiding	9
5.2 Productie en voorkomen	9
5.3 Toepassingsgebieden	13
5.4 Blootgestelde populatie	20
6. BLOOTSTELLINGSGEGEVENS	23
6.1 Inleiding	23
6.2 Omgevingsmetingen	23
6.3 Biologische monitoring	32
6.4 Bedrijfsgezondheidszorg	33
7. CONCLUSIES	34
8. LITERATUUR	38

1. INLEIDING

In opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid worden door de afdeling Bedrijfstoxicologie van het Medisch Biologisch Laboratorium (MBL) TNO te Rijswijk "Health Hazard Surveys" uitgevoerd. In deze surveys wordt nagegaan in hoeverre in Nederland beroepsmatige blootstelling aan chemische stoffen een gezondheidsrisico met zich meebrengt en hoe dit eventuele risico kan worden beheerst.

In dit kader is onderzoek verricht in de loodverwerkende industrie en naar het werken met versterkte polyesters. Voor de uitvoering van Health Hazard Surveys in de eerstvolgende jaren werd besloten prioriteit toe te kennen aan de stoffen en groepen van stoffen genoemd in de kaderrichtlijn 80/1107/EEG*. Vanwege de gecompliceerdheid en de omvang van de problematiek en de beheersbaarheid van de surveys werd tot een gefaseerde aanpak besloten, te weten:

- een inventarisatiefase;
- een fase van nadere oriëntatie in geselecteerde bedrijfs-groepen en naar bepaalde productieprocessen;
- een fase waarin (meet)methoden (verder) worden ontwikkeld;
- een fase waarin de survey wordt uitgevoerd;
- en tot slot de fase van rapportage en het opstellen van richtlijnen en adviezen.

* In Kaderrichtlijn 80/1107/EEG worden de volgende stoffen genoemd:

arsenicum en verbindingen			acrylonitril
cadmium	"	"	benzeen
kwik	"	"	1,4-dichloorbenzeen
lood	"	"	tetrachloormethaan
nikkel	"	"	trichloormethaan

Dit rapport bevat een verslag van de inventarisatie van gezondheidseffecten en het gebruik van en blootstelling aan benzeen in Nederland. Krachtens Artikel 160a van het 'Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen 1938' dient sinds 1 februari 1978 ieder produkt met een gehalte aan benzeen hoger dan 1 volume-procent, behandeld en gebruikt te worden als ware het benzeen.

Deze inventarisatie is het resultaat van onderzoek van het Directoraat-Generaal van de Arbeid uitgevoerd in de periode 1985-1986 en onderzoek van het Medisch Biologisch Laboratorium TNO uitgevoerd in de periode eind 1987 tot begin 1988.

Bij de inventarisatie is gebruik gemaakt van (inter)nationale literatuur geselecteerd uit de volgende literatuurbestanden: CISDOC, MEDLARS, CHEMABS, HSELINE en BIOSIS. Daarnaast werd gebruik gemaakt van sleutelinformanten voor het verkrijgen van meer gerichte gegevens over gebruik en toepassingsgebieden van de stof en het aantal potentiëel blootgestelden. Waar mogelijk werden de gegevens aangevuld met statistisch materiaal merendeels afkomstig van het Centraal Bureau voor de Statistiek. Tenslotte werden in een groot aantal gevallen gegevens verkregen door middel van werkplekbezoeken.

Het verslag is opgebouwd uit drie delen: een overzicht van de toxicologische gegevens van benzeen en te hanteren grenswaarden (Hoofdstukken 3 en 4), een inventarisatie van het gebruik van benzeen en een schatting van het aantal blootgestelden per toepassingsgebied (Hoofdstuk 5) en een overzicht van de in de literatuur gevonden blootstellingsgegevens voor de desbetreffende toepassingsgebieden (Hoofdstuk 6). In Hoofdstuk 7 zijn aan de hand van de verzamelde gegevens conclusies getrokken inzake een volgende fase van een survey.

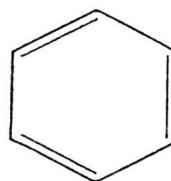
2. FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN [1,2]

2.1 Chemische benaming : Benzeen

2.2 Synoniemen : Benzol

2.3 CAS-nummer : 71-43-2

2.4 Structuur formule :



2.5 Fysische eigenschappen

Aggregatietoestand : vluchtige, kleurloze vloeistof
(20°C) : met een karakteristieke geur.

Chemische formule : C₆H₆

Moleculaire massa : 78,12

Smeltpunt : 5,5 °C

Kookpunt (1 bar) : 80,1 °C

Relatieve dichtheid
van de damp (20°C,
1 bar, lucht = 1) : 2,7

Oplosbaarheid
(20°C, 1 bar) : 1,8 mg per gram water; volledig
oplosbaar in ether, aceton en
alcohol.

2.6 Conversiefactoren

(25°C, 1 bar) :
1 ppm = 3,25 mg/m³
1 mg/m³ = 0,31 ppm
1 μmol/l = 24,2 ppm

3. TOXICOLOGISCHE GEGEVENS

3.1 Toxicokinetiek

Bij inademing van benzeen wordt 30-50% snel opgenomen door het lichaam. Er zijn geen gegevens bekend over opname van benzeen via het maag-darmkanaal bij de mens. Volgens uitkomsten van dierproeven wordt het benzeen dat oraal wordt toegediend vrijwel volledig en snel geresorbeerd [2]. Gezien de resorptieve effecten na toediening op de huid (zie toxicodynamiek) is de percutane penetratie van belang. Na opname verspreidt benzeen zich door het hele lichaam, ongeacht de wijze van toediening. De benzeenconcentratie in het lichaam daalt snel na beëindiging van de blootstelling.

Uit literatuurgegevens blijkt dat het metabolisme van benzeen in de mens in grote lijnen lijkt op dat van proefdieren. Benzeen wordt gemetaboliseerd via het P-450 "mixed-function" oxydase-systeem. Een der voornaamste metabolieten die hierbij ontstaat is fenol. Een klein deel van het gevormde fenol wordt omgezet in hydrochinon en catechol. Van de opgenomen dosis wordt 12-40% onveranderd uitgeademd. Een klein deel (< 1%) wordt onveranderd met de urine uitgescheiden. Van de opgenomen dosis wordt 60-80% in de vorm van conjugaten van fenol (fenylsulfaat en fenylglucuronzuur) met de urine uitgescheiden [2].

3.2 Toxicodynamiek

Voor zoogdieren bedraagt de LC50 (2-8 h) 15-60 g/m³ en de orale LD50 1-10 g/kg lichaamsgewicht; voor de mens wordt 65 g/m³ (5 à 10 min) als dodelijk beschouwd [2]. Benzeen is bij konijnen, matig irriterend voor de ogen (conjunctivale irritatie en voorbijgaande hoornvlies-beschadigingen). Benzeen is irriterend voor de huid. Tengevolge van ontvetting kunnen roodheid, blaasjesvorming en een droge en schrale huid het gevolg zijn [3]. Het klinisch beeld is verschillend voor resp. chronische en acute intoxicaties. Afhankelijk van de expositieduur en de concentratie kunnen hoofdpijn,

duizeligheid, misselijkheid, braken en sufheid optreden bij exposities aan 50 - 150 ppm na circa 5 uur, of leiden tot convulsies, bewusteloosheid en de dood bij exposities aan circa 20.000 ppm na 5 à 10 minuten. Ook na een kortdurende hoge expositie kan bij ernstige gevallen het chronische beeld ontstaan van een anemie, leucopenie en/of een thrombocytopenie, waarbij het beenmerg een wisselend beeld kan vertonen van aplasie tot hyperplasie.

Bij langere blootstellingstijden treedt bij proefdieren en de mens bij concentraties groter dan 150 mg/m^3 (46,5 ppm) schade aan het hematopoïetische systeem op (anemie, leucopenie, thrombocytopenie en aplastische anemie). Benzeen is gebleken carcinogeen te zijn bij ratten (oraal en inhalatoir) en muizen (inhalatoir) en kan bij concentraties hoger dan 325 mg/m^3 (100 ppm) bij de mens leukemie induceren. Veelal werd leukemie voorafgegaan door pancytopenie of aplastische anemie, maar een verband kon niet voor alle gevallen worden vastgesteld [2]. Toediening op de huid bij proefdieren resulteerde in papilloma's en resorptieve hematopoïetische effecten [3].

Ofschoon benzeen een negatief resultaat gaf in punt-gen mutatie-toetsen, kan benzeen chromosoomschade in plantecellen en somatische zoogdiercellen in vitro en in vivo veroorzaken, terwijl er bij personen met een benzeen-hemopathie cytogenetische effecten in perifere lymfocyten zijn waargenomen. Chromosomale afwijkingen of gevallen van leukemie zijn niet aangetoond in die studies, waarbij het expositieniveau de 25 ppm niet heeft overschreden [3]. Bij mannen die beroepshalve aan benzeen blootgesteld waren, is een immunotoxische werking van benzeen aangetoond. Teratogene effecten van benzeen zijn niet waargenomen. Er is echter op dit punt maar weinig onderzoek verricht.

Concentraties boven 10 mg/m^3 (3 ppm) veroorzaken een hinderlijke geur [2].

Op basis van literatuurgegevens is de Werkgroep van Deskundigen [1] van mening dat voor de risico-evaluatie van benzeen er meer argumenten zijn om uit te gaan van het ontbreken van een no-effect

level dan argumenten die pleiten voor de aanwezigheid hiervan. De Werkgroep gaat uit van het niet bestaan van een no-effect level. Voor de geadviseerde grenswaarde zie 4.1.

3.3 Risicogroepen

In de literatuur worden geen speciale risicogroepen genoemd [1,4]

4. GRENSWAARDEN

4.1 Arbeidshygiënische grenswaarden

In diverse landen zijn voor benzeen arbeidshygiënische grenswaarden opgesteld. In Nederland bedraagt de huidige grenswaarde 10 ppm (= 33 mg/m³)[5]. Deze waarde komt in grote lijnen overeen met die in een aantal West-Europese landen en in de Verenigde Staten. Onlangs is door de Werkgroep van Deskundigen een voorstel [1] tot verlaging van de grenswaarde geformuleerd dat mede gebaseerd is op een advies van de Gezondheidsraad. De Werkgroep adviseert een grenswaarde van 1 ppm (= 3,25 mg/m³) als tijdgewogen gemiddelde over 8 uur en een grenswaarde voor kortdurende blootstelling (TTG-15 min) van 3 ppm (= 10 mg/m³).

Er ligt een 'voorstel voor een Richtlijn van de Raad' opgesteld door de Commissie van de Europese Gemeenschappen in 1985 [6] waarin een grenswaarde (8 uur tijdgewogen) van 5 ppm (16,25 mg/m³) wordt geadviseerd.

4.2 Biologische grenswaarden

Toepassing van biologische monitoring via benzeen in bloed en/of uitademingslucht geeft informatie over de feitelijke opname van benzeen in het lichaam, ook bij toepassing van persoonlijke beschermingsmiddelen.

Door de American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) zijn zogenaamde biologische grenswaarden opgesteld. Deze waarden moeten beschouwd worden als waarschuwingsgrens. Voor benzeen wordt als waarschuwingswaarde voorgesteld een gehalte van 50 mg/l gemeten als totaal fenol in een monster urine verzameld aan het eind van het werk. Voor gemengde uitademingslucht en alveolaire lucht verzameld de volgende morgen direkt voor het begin van het werk, wordt een waarschuwingswaarde van resp. 0,06 ppm en 0,12ppm benzeen voorgesteld. Deze gehalten corresponderen

met tijdgewogen gemiddelde blootstellingen van 10 ppm (= 33 mg/m³) [7]. Ook de Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) [8] heeft voor benzeen richtwaarden opgesteld die in tabel 1 zijn weergegeven. Omdat benzeen wordt aangemerkt als carcinogeen, is geen Biologische Arbeitsstoff Toleranz Werte (BAT-Werte) opgesteld.

Tabel 1. Richtwaarden voor diverse concentraties benzeen als tijdgewogen gemiddelde (8 uur) opgesteld door de Deutsche Forschungsgemeinschaft [8].

Benzeen in lucht ppm	Benzeen in bloed (mg/l)	Fenol in urine (mg/l)
1	0;005	--
2	0,014	--
4	0,038	--
6	-----	45
8	0,100	60
10	-----	80
16	0,270	120

5. PRODUKTIE, TOEPASSINGSGEBIEDEN EN BLOOTGESTELDE POPULATIE

5.1 Produktie en vóórkomen

De winning van benzeen uit steenkool voor commerciële doeleinden dateert uit 1849; tegenwoordig wordt meer dan 90% van benzeen echter gewonnen uit aardolie door middel van gefractioneerde destillatie of via het zogenaamde katalytisch 'kraken' [9].

Het gebruik van benzeen is in te delen naar een drietal hoofdtoepassingsgebieden namelijk, als extractie- en oplosmiddel, als motorbrandstof door de aanwezigheid van benzeen en als grondstof voor de bereiding van diverse eind- en tussenprodukten. Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van deze producten.

Vroeger werd benzeen veel gebruikt als oplosmiddel in lijmen en verven maar het is nu geheel vervangen door o.a. toluen [2].

Benzeen is aanwezig in motorbrandstof als gevolg van zijn natuurlijk voorkomen in ruwe olie en wordt nog ten dele gevormd als bijprodukt tijdens het bewerkingsprocédé (kraken) hiervan [10]. De algemeen levende gedachte dat puur benzeen wordt toegevoegd aan motorbrandstof berust dan ook op een misvatting [11]. Het gehalte aan benzeen in motorbrandstof bedraagt in Nederland gemiddeld ca. 4% met een range van 1-8% [12] en is gelimiteerd tot 7,5% [11].

5.2 Produktie

Produktie van benzeen vindt in Nederland plaats in een drietal bedrijven [13], terwijl bij een bedrijf dat fenol produceert benzeen wordt gevormd als bijprodukt. De produktie van benzeen in deze bedrijven vindt in alle gevallen in gesloten systemen plaats conform het 'Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen' (VBF) Artikel 160a [21]. Gegevens over de produktie staan naast de invoer- en uitvoergegevens over de jaren 1977-1984 vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Gegevens over invoer, uitvoer en produktie van benzeen in Nederland over de jaren 1977-1987 (x 1000 kg.) [15]

Jaar	Invoer	Uitvoer	Produktie
1977	267.150	230.955	**
1978	284.249	226.498	**
1979	342.253	201.346	**
1980	358.036	152.612	**
1981	414.102	157.032	744.000
1982	312.687	188.638	772.000
1983	297.425	281.877	1.032.000
1984	367.307	274.761	1.095.000
1985	409.433	229.379	975.900
1986	435.850	233.444	980.200
1987	379.955	323.114	1.195.700

** Geen opgave

De produktie- en opslaggegevens van de in totaal elf oliemaatschappijen in Nederland zijn bekend doch strikt vertrouwelijk [16,17]. Aan de hand van jaarcijfers afkomstig van de BOVAG blijkt dat in 1986 aan super en normale motorbrandstof 4.646.000.000 liter verkocht is. Bij een gemiddeld gehalte aan benzeen van 5% komt dit neer op circa 205.000 ton benzeen. Naar verwachting zal in de komende jaren het verbruik aan motorbrandstof nog toenemen [18]. De eerstkomende jaren is ook een toename van het gebruik van "lood-vrije" benzine te verwachten. Tegenover het verlagen van het loodgehalte staat een verhoging van het oktaangetal (RON = Research Octane Number) daar lood als substituut (antiklop middel) hiervoor aanwezig was. Verhoging van het oktaangetal kan afhankelijk van het gevoerde proces, tot een verhoging van het benzeengehalte leiden [11].

[19]. Uitgaande van een gemiddeld gehalte aan benzeen van 7% komt dit neer op 15.000 ton. De hoeveelheid aardgas die per jaar geproduceerd wordt is redelijk stabiel en wordt voornamelijk beïnvloed door het klimaat (bijv. koude winter).

De totale hoeveelheid benzeenhoudende produkten bedraagt hierdoor op jaarbasis ruwweg 4.900.000.000 liter. Betrokken op benzeen komt dit op gewichtsbasis neer op 220.000 ton.

5.3 Toepassingsgebieden

Er zijn drie benzeenproducenten in Nederland. Bij twee hiervan is het produkt voor de verkoop bestemd. Eén gebruikt het als grondstof voor de bereiding van andere produkten. Zo zijn ter plekke de volgende fabrieken te onderscheiden:

- een cyclohexaanfabriek;
- een caprolactamfabriek;
- een cumeenfabriek;
- een insecticidefabriek;
- een (lagere) olefinenfabriek;
- drie ethylbenzeen/styreenfabrieken.

Er is één producent in Nederland waar benzeen als nevenprodukt ontstaat bij de bereiding van fenol. Het gevormde benzeen is voor de verkoop bestemd.

In alle gevallen vindt de produktie plaats in gesloten systemen. Blootstelling bij de produktie zal dan ook voornamelijk optreden bij het openen en sluiten van kranen, het nemen van monsters voor analyse, bij schoonmaak- en onderhoudswerkzaamheden en door het lekken van damp of vloeistof.

5.3.1 Motorbrandstof

De produktie van motorbrandstof wordt in Nederland door zes van de elf oliemaatschappijen verzorgd [21]. In alle gevallen vindt produktie plaats in gesloten systemen. Blootstelling bij de produktie

zal dan ook voornamelijk optreden bij het openen en sluiten van kranen, het nemen van monsters voor analyse, bij schoonmaakwerkzaamheden en door het lekken van damp of vloeistof [22].

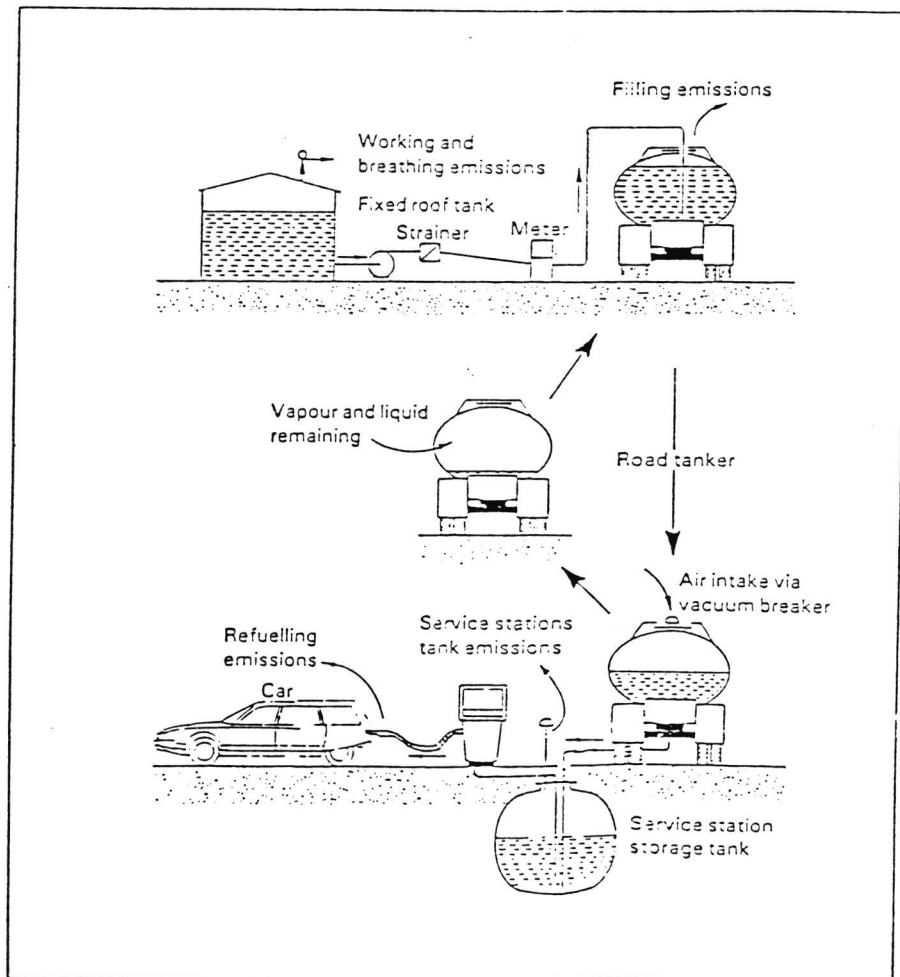
Wanneer het produkt gereed is wordt circa 30% direkt per tankauto vervoerd naar de benzinstations. Circa 29% wordt getransporteerd via een pijpleiding naar grote opslagtanks (inhoud: 49.000.000 liter); 23% wordt per schip vervoerd naar middelgrote opslagtanks (inhoud: 18.800.000 liter); 9% wordt verladen in binnenvaarttankers en de resterende 9% wordt via het spoor naar kleinere opslagtanks (inhoud: 9.300.000 liter) vervoerd [23].

Blootstelling bij de genoemde distributielijnen kan uiteraard optreden. Voor het vervoer via pijpleidingen wordt blootstelling nagenoeg uitgesloten [23]. Bij het vullen van tankauto's zijn wel blootstellingsmomenten aan te geven. Het vullen kan op twee manieren geschieden n.l het zogenaamde 'top-laden' waarbij de toevoer van benzine verloopt via geopende luiken aan de bovenzijde van de tank door middel van een vularm, en het zogenaamde 'bodem-laden' waarbij via vulslangen de benzine aan de achterzijde van de auto aan de onderzijde van de tank wordt ingenomen. Beide methoden kunnen worden uitgevoerd in combinatie met of zonder een zogenaamd 'damprecovery'systeem waarbij de verdreven damp wordt teruggeleid via een slangensysteem en wordt afgevangen. Dit kan gebeuren door condensatie van de damp door koeling; adsorptie aan aktieve kool; of door het oplossen van de damp in een oplosmiddel [23].

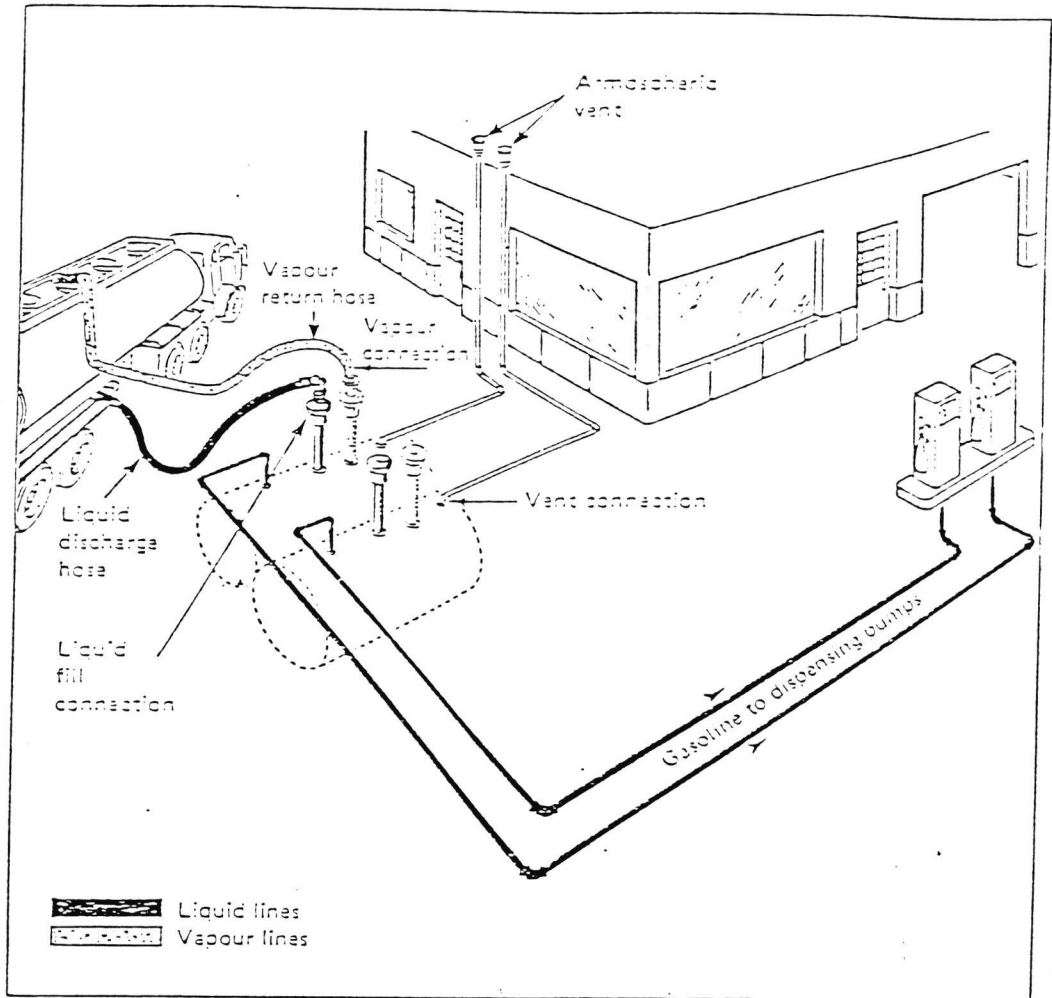
Blootstelling treedt op bij het openen en sluiten van de luiken, vooral bij inspectie van het vloeistofniveau in de tank, bij het aan- en afkoppelen van de vulslangen en de damprecovery-slangen en door het morsen van benzine (zie figuur 2 en 4 voor een schematisch overzicht). Ook het vullen van spoorwegtankers kent vergelijkbare blootstellingsmomenten, met die uitzondering dat hierbij meestal 'top-laden' wordt toegepast. Hetzelfde is aan de orde bij het laden van binnenvaarttankers.

Tijdens het transport van de motorbrandstof treedt in principe weinig of geen blootstelling aan benzeen op [23,24]. Bij de afle-

vering van de benzine bij de servicestations kan blootstelling optreden bij het aan- en afkoppelen van de toevoerleiding vooral omdat in de nagenoeg lege tanks nog veel benzinedamp aanwezig is die vrijkomt door verdrijving bij het vullen. De opslagtanks bevinden zich ondergronds en zijn voorzien van ontluchtungs pijpen. Verder kan blootstelling optreden door het morsen van brandstof vooral bij het afkoppelen van de vulslang en bij het vullen van motorbrandstof in voertuigen door het personeel van servicestations of door de consument zelf. Ook hier geldt dat blootstelling kan optreden door morsen en door dampverdrrijving uit de benzine-tank.



Figuur 2. Schematisch overzicht van dampemissies tijdens het laden en lossen van motorbrandstoffen [23].



Figuur 3. Schematisch overzicht van het lossen van motorbrandstof met een 'damprecovery' systeem bij servicestations [23].

5.3.2 Aardgascondensaat

De winning van aardgas kan in principe als gesloten systeem aangemerkt worden. Blootstelling kan optreden door het lekken van damp of vloeistof, bij onderhoudswerkzaamheden, bij het nemen van procesmonsters en bij het openen en sluiten van kranen. Voor de condensatie- en de gas-wasininstallatie geldt hetzelfde. Blootstelling treedt niet op bij het transport van het condensaat door pijplei-

dingen naar opslagtanks en uiteindelijk naar het verzamelpunt. Bij het verzamelpunt worden binnenvaarttankers gevuld. Het merendeel van het transport geschiedt per binnenvaarttanker terwijl maar een klein deel per tankauto plaats vindt [16,20]. Tijdens het transport van het condensaat naar de raffinaderijen zal nagenoeg geen blootstelling optreden. In het algemeen kan gesteld worden dat er geen wezenlijk andere blootstellingsmomenten te duiden zijn dan eerder omschreven bij de opslag, het transport en de verlading van motorbrandstoffen (zie 5.3.1.).

5.3.3 Fabricage van harsen en plastics

Volgens summiere gegevens blijkt één bedrijf benzeen te gebruiken bij de bereiding van acrylaathars. Gegevens over gebruikshoeveelheden en procesvoering ontbreken.

Eén groot bedrijf dat vroeger benzeen gebruikte bij de bereiding van plastics is overgegaan op een andere grondstof. Verdere gegevens over andere bedrijven ontbreken.

5.3.4 Halffabrikaten voor de kleurstoffen-, de reukwaren- en de farmaceutische industrie

Volgens opgave worden in een drietal bedrijven z.g. halffabrikaten geproduceerd waarbij benzeen als grondstof dient. Deze produkten zijn o.a. bestemd voor de farmaceutische industrie. De produktie kan beperkt zijn tot een aantal maanden van het jaar. Verdere gegevens ontbreken. Uit informatie verkregen van de overkoepelende organisatie voor de farmaceutische industrie (NEFARMA) [25] bleek dat er in Nederland geen farmaceutische produkten worden bereid waarbij benzeen als grondstof of als intermediair betrokken is. Bij navraag bij een andere bron is gebleken dat benzeen incidenteel wèl nog op laboratoriumschaal gebruikt wordt bij extracties van therapeutica maar niet meer bij de bereiding [26]. Deze laatste toepassing vindt echter conform het VBF [14] plaats onder geconditioneerde omstandigheden (zuurkast) wat bij goed functioneren, voor de werkplek als gesloten systeem te beschouwen is.

5.3.5 Op- en overslag van benzeen en benzeenhoudende produkten

Vrijwel alle op- en overslagbedrijven behandelt naast de benzeenhoudende produkten zoals BTX-mengsels (benzeen-tolueen-xyleen mengsels), pyrolyse-nafta, aardgascondensaat en motorbrandstof ook een groot aantal andere organische oplosmiddelen. De produkten worden merendeels in het tankpark aangevoerd per treinwagon, zeeschip of binnenvaarttanker. Afvoer geschiedt veelal per binnenvaarttanker, zeeschip of per tankauto. In een enkel geval geschiedt afvoer van benzeen ook in ter plaatse afgevlude drums. Naar schatting is er een vijftiental bedrijven operationeel op de Nederlandse markt. De blootstellingsmomenten bij het laden en lossen zijn in principe dezelfde als bij het laden en lossen van motorbrandstof (zie 5.3.1). In het algemeen kan nog gesteld worden dat blootstelling hoofdzakelijk kortdurend plaatsvindt.

Een uitzondering op het in 5.3.1 beschreven blootstellingsprofiel vormt het reinigen van de tanks dat wordt uitgevoerd als er andere produkten in moeten worden opgeslagen. Het reinigen gebeurt door z.g. 'contractors' en zou altijd uitgevoerd worden door personen in gasdichte pakken voorzien van onafhankelijke ademhalingsbeschermingsapparatuur (= apparatuur waarbij de lucht onafhankelijk van de omgevingslucht wordt geleverd) omdat er zeer hoge blootstellingen bij kunnen optreden.

Verschillende bedrijven hebben het dragen van filtermaskers en in enkele gevallen het dragen van onafhankelijke ademhalingsbeschermingsapparatuur verplicht gesteld bij werkzaamheden met benzeenhoudende produkten.

Bij de verlading van o.a. benzeen per binnenvaarttanker was het tot voor kort zo dat tijdens het laden damp werd afgeblazen via een hoog geplaatst overdrukventiel op het schip. Sinds oktober 1987 is een wettelijke regeling van kracht voor het 'Vervoer over binnenwateren van gevaarlijke stoffen' (VBG) [27] waarbij in randnummer 141.425 van de bijlage is geregeld dat bij het verladen van o.a. benzeen de uittredende gas/lucht-mengsels via een dampretourleiding naar de wal moeten worden afgevoerd. In deze regeling is

echter niets opgenomen over de manier waarop de gas/lucht-mengsels op de wal veilig moeten worden verwerkt.

Er is dus een duidelijke verschil tussen een damprecoverysysteem, (zie 5.3.1) waarbij de damp wordt teruggeleid naar de voorraadtank of wordt afgevangen via actieve koolfilters cq. een oplosmiddel en een dampretourleiding zoals die verplicht is volgens het VBG. Bij deze laatste wordt de vrijkomende damp niet afgevangen maar naar een ander punt geleid.

In een enkel bedrijf werkt de z.g. 'steigerwacht' in een overdruk-cabine.

5.3.6 Benzeen als vrijkomend bijprodukt

Tijdens de verbranding van cokes ontstaat het z.g. cokesovengas dat o.a. grote hoeveelheden benzeen, toluen en xyleen kan bevatten. Eén bedrijf in Nederland ontdoet het gas van een naastgelegen grote industrie door middel van een gas-was-procedure met olie gevolgd door stoomdestillatie van het BTX-mengsel. Het condensaat bevat circa 80% benzeen. Ook hier verloopt het proces in een gesloten systeem en wordt het condensaat opgeslagen in een voorraadtank. Het condensaat wordt verladen in tankauto's door middel van bodemladen en naar België vervoerd. De jaarlijkse produktie aan BTX wordt geschat op 7.000 ton. Omgerekend komt dit op gewichtsbasis neer op 4.700 ton benzeen. Blootstellingsmomenten zijn ook hier niet wezenlijk anders dan in 5.3.1 omschreven. Tot voor enkele jaren werd ook bij een ander bedrijf het cokesovengas nog ontdaan van BTX-mengsels en werd het verkregen produkt verkocht. Echter uit economische overwegingen werd dit gestopt. Uit zeer recente informatie blijkt nu dat er vergevorderde plannen bestaan dit weer te herzien en een nieuwe installatie hiervoor te bouwen.

5.3.7 Benzeenhoudend produkt als testmateriaal

Het gebruik van benzeen in prakticalokalen van onderwijsinstellingen is de laatste jaren sterk verminderd. In laboratoria van bedrijven, ziekenhuizen, commerciële instellingen e.d. is er in het

geval van genormaliseerde analysevoorschriften nog weinig animo om benzeen als extractievloeistof te vervangen. Echter, alle laboratoria zullen dergelijke werkzaamheden met benzeen volgens richtlijnen uitvoeren in een zuurkast, welke bij goed functioneren kan worden aangemerkt als een gesloten systeem conform het VBF [14].

Er is één bedrijf dat voor het testen van actieve kool benzeen als marker gebruikt. Het geheel wordt uitgevoerd in een gesloten systeem zodat blootstelling vrijwel is uit te sluiten.

In een ander bedrijf wordt de doorlaatbaarheid van plasticbuizen bepaald met behulp van benzeenbevattend aardgascondensaat. Ook hier is de procesvoering gesloten en zal blootstelling nagenoeg niet optreden.

5.4 Blootgestelde populatie

Bij de benzeenproductie zijn in totaal ca. 450 personen als potentieel blootgesteld te duiden, terwijl eenzelfde aantal wordt opgegeven voor de bedrijven die het geproduceerde benzeen direct als grondstof gebruiken om andere producten te fabriceren. In totaal dus 900 personen in de benzeenproducerende cq. -verwerkende industrie.

Bij het produceren van motorbrandstof zijn slechts enkele operators aanwezig. Het automatische proces verloopt continu. Een schatting van het aantal personen werkzaam als operator bij de zes produktiemaatschappijen van motorbrandstof komt uit op 200 personen. Het onderhoudspersoneel bedraagt ca. 150 personen. De overige potentieel blootgestelden bedragen ca. 350 personen (laboratorium, tankpark, verladers, chauffeurs en deponhouders). Volgens opgave bedraagt het aantal benzinegrossiers in Nederland ca. twintig [17] waarbij circa 150 personen werkzaam zijn.

Per tankauto is meestal één chauffeur aanwezig die ook betrokken is bij de inname en afgifte van de benzine. Een tankauto kan ca. 30.000 liter motorbrandstof bevatten en kan 1-3 servicestations, afhankelijk van de grootte, hiermee bevoorraden [22]. Bij de grote opslagreservoirs waar de tankauto's worden bevoorrad zijn meestal buiten de chauffeur nog één à twee andere personen werkzaam [17].

Het aantal opslagplaatsen bedraagt volgens NOVOK [17] ca. 40. Bij de afgifte van benzine bij de servicestations is in het algemeen alleen de chauffeur degene die het vullen voor zijn rekening neemt. Het aantal chauffeurs van deze tankauto's wordt geschat op 150 personen. Het aantal potentieel blootgestelden bij de opslagreservoirs kan geschat worden op 100 personen [17]. De totale populatie die werkzaam is bij de benzinevul- en servicestations bedroeg in 1986 17.000 personen [18]. Er zijn 8000 benzineafnamepunten in Nederland. Hiervan zijn er circa 1000 die aangemerkt kunnen worden als 'groot volume' depots. De overige 7000 stuks zijn (kleine) garages met één of twee pompen. De verkoop van benzine vormt daar slechts een klein onderdeel van de dagelijkse bezigheden. Bij aanname dat 1 persoon bij zo'n vestiging gedurende 10-20% van de werktijd hiermee belast is, komt dit neer op 7000 potentieel blootgestelden. Van de 1000 grote stations kent ongeveer 70% een zelfbedieningssysteem, de overige 30% zijn dus van bediening voorzien. Bij de aanname dat gemiddeld twee personen per bediende vestiging als pompbediende werkzaam zijn kan het aantal potentieel blootgestelden hierdoor op ca. 600 personen worden geschat. Het aantal werknemers bij zelfservicestations bedraagt gemiddeld drie personen, die merendeels kantoor- cq. kassierswerkzaamheden verrichten. Hierbij is in principe geen hogere blootstelling te verwachten dan die de algemene bevolking ondervindt. Bij een aanname dat 30% van deze populatie toch een hogere blootstelling zou kunnen krijgen komt het aantal potentieel blootgestelden op 700 personen. Het totaal aantal bedraagt dan 8300 personen.

Het aantal binnenvaarttankers bedraagt 500 waarop ca. 1500 bemanningsleden aanwezig zijn [28]. Bij het laden van motorbrandstof is in het algemeen een tweetal bemanningsleden betrokken. Eén controleert regelmatig het vulniveau via manuele peiling, de ander houdt aan boord het vulproces in de gaten terwijl er meestal ook nog één persoon op de wal betrokken is bij het laadproces. Het aantal bevrachtingen met motorbrandstof wordt geschat op circa 33% van de totale tankercapaciteit [28]. Het aantal potentieel bloot-

gestelden kan hierdoor op maximaal 500 personen geschat worden. Het aantal potentieel blootgestelden betrokken bij de winning van aardgas en het hieraan gekoppelde condensatie- en gas-wasproces bedraagt volgens schatting minder dan 100 personen [19]. Bij het transport van aardgascondensaat door middel van tankauto's kan naar schatting een 25 personen als potentieel blootgesteld te duiden zijn [20]. Daarnaast zijn naar schatting minder dan 50 personen potentieel blootgesteld en werkzaam op de binnenvaarttankers. Het aantal blootgestelden bij het uitvoeren van reinigingswerkzaamheden wordt op minder dan 100 personen geschat [20].

Een opgave van het totaal aantal potentieel blootgestelden bij de op- en overslagbedrijven bedraagt een 600 personen.

De aantallen potentieel in de overige toepassingsgebieden (5.3.3, 5.3.4 en 5.3.6) worden geschat op respectievelijk 40, 20 en 15 personen.

Het totaal aantal potentieel blootgestelden ('population at risk') aan benzeen en benzeenhoudende produkten in Nederland komt hierdoor op ca. 12.000 personen. Wanneer dit cijfer gecorrigeerd wordt met het aantal personen (8300) die werkzaamheden verrichten met benzeenhoudende produkten, komt het verschil goed overeen met de berekende gegevens voor de Nederlandse situatie uit een enquête uitgevoerd door CEFIC [29] bij benzeenproducerende bedrijven in verschillende EG-landen.

6. BLOOTSTELLINGSGEGEVENS

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van onderzoeken naar blootstelling aan benzeen per toepassingsgebied weergegeven. Hierbij worden de resultaten van omgevingsmetingen vermeld. In principe worden voor de navolgende beoordeling alleen metingen van concentraties op basis van persoonlijke monsterneming (PAS-meting) vermeld. Slechts door deze wijze van bemonstering ontstaat een reëel beeld van de blootstelling van de betreffende populatie. Verder moet de monsterduur (meettijd) in overeenstemming zijn met het blootstellingsprofiel (piek, continu), de werktijd of de tijd die nodig is voor het verrichten van specifieke handelingen. Gezien de algemene opvatting dat het concentratieverloop over het jaar beschreven kan worden met een log-normale verdeling [30] zijn waar mogelijk de rekenkundige gemiddelden en de standaarddeviaties getransformeerd tot geometrische gemiddelden en geometrische standaarddeviaties. Geometrische standaarddeviaties tot 2,5 kunnen voorkomen in een situatie waarbij de werkzaamheden binnen worden uitgevoerd [31] terwijl voor werkzaamheden buiten geometrische standaarddeviaties tot 5 kunnen voorkomen [22]. Waar mogelijk is het 95-percentiel van de concentratieverdeling berekend om tot onderlinge vergelijking van de verschillende onderzoeken te kunnen komen en de gegevens te kunnen toetsen aan een grenswaarde [30].

6.2 Omgevingsmetingen

Er zijn verschillende onderzoeken gerapporteerd waarbij omgevingsmetingen (PAS) zijn verricht in relatie met het uitgevoerde werk (raffinage, opslag, transport en aflevering van motorbrandstof). In enkele gevallen betreffen het buitenlandse onderzoeken. Uit deze onderzoeken kan op grond van de gegevens geconcludeerd worden dat de situatie in het buitenland in hoge mate vergelijkbaar is met de Nederlandse.

Motorbrandstofraffinage

De uitvoering van de taak 'operator' is voor een deel 'plant'-afhankelijk in die zin dat het soms een overwegend passieve controlerende taak is (controle kamer) of meer een actievere (nemen van monsters voor analyse e.d) [22]. Volgens [32] zijn er hoge kortdurende blootstellingen gemeten, voornamelijk bij de ruwe olie destillatie-unit tijdens het controleren van het niveau en tijdens het nemen van monsters voor analyse. De hoogste concentratie die gemeten werd met behulp van continu registrerende apparatuur (Miran) bedroeg 59 ppm (5 min). In tabel 4 staan tijdgewogen gemiddelde concentraties (8 uur) vermeld uit andere onderzoeken [22].

Produktie van benzeen en andere stoffen met benzeen als grondstof

In analogie met de produktie van motorbrandstof (zie 5.3.1) gelden ook hier in principe dezelfde blootstellingsmomenten en werkzaamheden. Blootstellingsmetingen verricht bij personeel werkzaam in de benzeen producerende en verwerkende bedrijven staan vermeld in tabel 3.

Tabel 3. PAS-metingen (TGG-8 uur) bij verschillende functies.

Functie	Aritmetisch gemiddelde (ppm)
Procesoperator	0,05 - 2,4 *
Wachtchefs, lab. personeel	<1
Onderhoudspersoneel	<1 - 5

* Kortdurend kunnen hoge concentraties voorkomen vooral bij het openen van vaten en bij het nemen van monsters voor analyse. Een waarde van 90 ppm werd door één bedrijf opgegeven.

Bij één bedrijf wordt voor het opsporen van lekken e.a. toevallige emissies, langs een vooraf vastgestelde route gemeten met direct afleesbare apparatuur. Hierbij kwamen gemeten momentane concentraties voor tussen 0,1 en 200 ppm. Echter wel op plaatsen waar doorgaans geen personen werkzaam zijn.

In het algemeen kan vermeld worden dat bij deze fabrieken regel is dat bij werkzaamheden waarbij concentraties >5 ppm voorkomen filtermaskers moeten worden gedragen en bij concentraties >10 ppm persluchtmaskers of andere onafhankelijke ademhalingsbeschermingsmiddelen en in een enkel geval het dragen van gasdichte pakken.

Laden, transport en lossen van motorbrandstof

In Europa wordt het laden van brandstof voornamelijk door de tankwagenaanvoerder zelf uitgevoerd. De meest gebruikte methode is (nog) het zogenaamde 'top-laden' [33]. Het laden van een tankauto (ca. 30.000 liter) duurt gemiddeld 30 minuten [22] waarna het afleveren (2 à 3 adressen) plaats vindt. Het afleveren duurt gemiddeld 45 minuten. De blootstelling tijdens het laadproces, het transport en het afleveren zijn in verschillende onderzoeken onderzocht. De gemiddelde blootstellingen tijdens het laden staan vermeld in tabel 4 waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen 'top'- en 'bodem'-laden. Metingen verricht bij chauffeurs van tankauto's tijdens het transport van de benzine naar de afleveradressen zijn schaars. Normaliter zal er ook geen blootstelling optreden. Zo er blootstelling is kan dit veroorzaakt worden door verdamping van benzine uit kleding en schoeisel die door morsen tijdens het laden hiermee was verontreinigd. Een Duits onderzoek [24] toont aan dat de blootstelling tijdens het transport spreidt van <0,3 - 0,6 ppm; (geometrisch gemiddelden; TGG-8 uur; n=12). Het lijkt redelijk te veronderstellen dat de blootstelling van de chauffeur over de werkdag voornamelijk wordt bepaald door het laadproces.

Door het personeel (1 à 2) van de benzineopslagplaats worden gemiddeld zo'n 24 tankwagens per dag geladen [23].

Tabel 4. Overzicht van PAS-metingen (TGG-8uur) bij de produktie, het laden, transport en aflevering van motorbrandstof

Werkzaamheden	Aantal metingen	Aritmetisch gemiddelde (ppm)	Aritmetische stand.dev. (ppm)	Geometrisch gemiddelde (ppm)	Geometrische stand.dev. (ppm) *	95-percentiel waarde (ppm) *	Referentie
top-laden **	142	1,8	2,1	0,5	2,9	2,9	[22]
top-laden **	43	0,3	0,2	0,2	2,0	0,6	[35]
top-laden **	12	-	-	0,9	1,3	0,9	[24]
bodem-laden **	59	0,4	0,4	0,1	2,6	0,5	[22]
bodem-laden **	140	0,3	0,3	0,3	2,0	0,9	[35]
transport	12	-	-	0,2	1,6	0,4	[24]
transport + aflevering	29	1,7	6,3	0,07	8,9 ***	2,6	[22]
pompbedienen	13	0,1	0,1	0,02	3,1	0,1	[22]
pompbedienen	21	0,3	0,3	0,2	2,6	1,0	[35]
pompbedienen	351	-	-	0,2	2,0	0,6	[36]
tankwagon	32	0,5	0,9	0,06	5,2 ***	0,9	[22]
tankwagon- (top-lader)	39	2,0	-	1,0	3,5	7,9	[34]
tankwagon- (grnd.lader)	23	20,0	-	9,0	4,5	106,9	[34]
tanker	11	0,7	1,8	0,2	5,5 ***	3,3	[35]
tanker	11	1,2	3,3	0,05	54,5 ***	35,9	[22]
raffinage	62	0,3	1,3	0,01	13,3 ***	0,7	[22]
'bulk'laden	21	0,5	0,6	0,14	4,6	1,7	[22]
'bulk'laden (vaten 200 l)	9	9,1	11,5	3,0	2,8	16,3	[22]

* Berekend volgens [27]

** Meting tijdens laden ca. 30 min. berekend als TGG-8 uur (rest van de dag expositie = 0)

*** Geometrische standaarddeviatie (GSD) groter dan 5,0 (populatie mogelijk niet homogeen)

Het vullen van tankwagons (ca. 80.000 liter) geschiedt overwegend nog door 'top'laden. Deze werkzaamheden worden door 1 à 2 personen van de benzineopslagplaats voor meer dan 4 uur per dag uitgevoerd. Per dag worden gemiddeld zo'n 17 wagons geladen. De resultaten van metingen verricht bij het laden van tankwagons zijn weergegeven in tabel 4. In deze tabel is onderscheid gemaakt tussen het personeel dat boven op de tankwagon handelingen verricht (openen, sluiten, peiling) en opzichters die op de begane grond het vulproces begeleiden. Het blijkt dat juist deze personen een relatief hoge blootstelling ondervinden door damp die zich langs de tankwagon naar beneden beweegt [32,33,34].

Het personeel van de opslaglokaties voert voor het grootste deel van de dag vulwerkzaamheden uit (tankauto's, tankwagons, binnenvaarttankers, vaten). Bij deze personen zijn blootstellingsmetingen verricht die in tabel 4 staan vermeld.

Het vullen van binnenvaarttankers (ca. 2.000.000 liter) neemt ruim een halve werkdag in beslag. Zowel het dekpersoneel als het personeel op de wal van het laadstation worden blootgesteld, waarbij de eerste duidelijk hogere blootstellingen ondervindt dan de tweede. Een Zweeds onderzoek toont aan dat er hoge tot zeer hoge kortduurende blootstellingen kunnen optreden juist bij het controleren van het vulniveau tegen het einde van het vulproces omdat er dan vaker gecontroleerd moet worden. Er zijn waarden gemeten tot 120 ppm (5-15 min) [32]. Metingen verricht bij het dekpersoneel tijdens het laden van binnenvaarttankers staan vermeld in tabel 4. Er wordt aangekondigd dat het laden steeds minder via de zogenaamde 'open' methode wordt uitgevoerd waarbij damp uit de vulopening verdwijnt en zich over het dek verspreidt [33].

Metingen uitgevoerd bij het afleveren van motorbrandstof door tankwagenchauffeurs zijn summier voorhanden. De blootstellingsgegevens uit een Duits onderzoek [24] staan vermeld in tabel 4. Veel metingen zijn verricht bij het vullen van benzine in auto's door personeel van servicestations. Zie hiervoor tabel 4.

Laden, transport en lossen van benzeen en benzeenhoudende
produkten anders dan motorbenzine

Twee producenten van benzeen verladen het produkt of per tankauto of per binnenvaarttanker. Bij het laden en lossen van tankauto's wordt gebruik gemaakt van een 'damprecovery' systeem waarbij benzeendampen worden afgevangen via actieve kool. Later wordt hieruit het benzeen weer teruggewonnen. Meetgegevens bij het laden voor de Nederlandse situatie geven een gemiddelde concentratie (TGG-8 uur) aan van 0,1 - 1,2 ppm. Een gemiddelde waarde van 2,4 ppm werd gemeten bij een chauffeur die in 8 uur enige malen een tankauto heeft geladen en gelost. Een Duits onderzoek [37] toont de volgende meetgegevens uitgedrukt als TGG-8 uur:

- bij het laden van tankauto's

geometrisch gemiddelde 0,7 ppm, 95-percentielwaarde 2,4 ppm;

- het laden en lossen van tankwagons

geometrisch gemiddelde 0,9 ppm, 95-percentielwaarde 25,4 ppm.

Tijdens het transport van benzeen treedt in principe geen blootstelling op.

Het laden, lossen en transport van benzeen door middel van binnenvaarttankers is een hoofdstuk apart. Hierbij zijn soms hoge blootstellingen gemeten. De manier van laden en het goed gebruik maken van een dampretoursysteem of de mogelijkheid leidingen met stikstof door te spoelen, spelen een belangrijke rol bij de ernst van de blootstelling.

Volgens informatie [38] bestaat in het algemeen de bemanning van een binnenvaarttanker uit vier personen. De werktijden zijn zelden 8 uur per dag, merendeels 10 - 12 uur en soms 24 - 48 uur achtereen. De bemanning blijft 7 dagen aan boord en is daardoor dus 24 uur per dag op de werkplek aanwezig. Na 7 dagen varen volgen 7 dagen vrijaf. De vervoerde lading is veelal divers, soms vaart men 1 reis (2 - 4 dagen) met benzeen om vervolgens enkele malen andere stoffen te vervoeren. Het komt ook voor dat men 2 à 3 reizen met

benzeen uitvoert. Het laden en lossen en de blootstellingsmomenten hierbij, zijn niet wezenlijk anders dan bij het laden en lossen van motorbrandstof. Indien de volgende lading een andere is dan benzeen is het gebruikelijk dat de lege tanks worden uitgegast om nog aanwezig produkt te laten verdampen en de tanks schoon te blazen. Dit uitgassen gebeurt tijdens de vaart en duurt in de regel 6 - 8 uur. Veelal gebeurt dit door het open zetten van de tanks of door het afblazen via het overdrukventiel [38]. Door de eigen vaarwind wordt de bemanning, die zich vaak achter op het schip in de verblijfsruimte bevindt permanent aan een concentratie benzeen blootgesteld wat ook tijdens de nachtrust kan voorkomen. Door een bedrijfsgezondheidsdienst zijn tijdens een tweetal reizen metingen verricht die naast andere in tabel 5 vermeld staan.

Tabel 5. PAS-metingen bij personeel van binnenvaarttankers tijdens het laden en het transport van benzeen.

Werkzaamheden/ Functie	Aritmethisch gemiddelde (TGG-8 uur)	Aritmethisch gem. kortdurende expositie
Verlader op de wal	<0,1 - 0,4 ppm	-
id. bij afkoppelen slangen	-	20 ppm *
Steigerwacht	0,5 - 1,5 ppm	-
Dekpersoneel	1,5 - 4,5 ppm	-
id. bij reparaties	-	100 ppm *
id. bij laden	0,1 - 24 ppm	-
id. bij openen 'pigtrap'	-	9 - 20 ppm *
id. bij aankoppelen op pompplaats	-	25 - 32 ppm *

* Geen opgave van tijdsduur.

Aardgaswinning

Er zijn summiere blootstellingsgegevens bekend bij de produktie, het condensatie- cq. gas-wasproces, het verladen van aardgascondensaat en onderhoudswerkzaamheden bij de produktie-units.

Produktie op het land

Er zijn 28 clusters die volledig automatisch vol-continu de winning van aardgas verzorgen. De controle van het gesloten productieproces vindt voor alle 28 boorlokatie (clusters) centraal plaats. Er zijn 10 procesoperators die in continudienst werkzaam zijn en op afroep door de centrale naar een bepaalde lokatie worden gestuurd om storingen e.d te verhelpen. Er zijn summier blootstellingsmetingen (PAS) verricht bij deze personen [20]. Alle metingen (aritmatische gemiddelden (A.M.)) zouden beneden de 1 ppm zijn waarbij incidenteel een overschrijding kan zijn voorgekomen [20].

Produktie op zee (Noordzee)

Bij de produktie op zee zijn twee type platforms te onderscheiden een zogenaamde 'satelliet'- en een 'hoofd'platform. Op beide worden dezelfde werkzaamheden uitgevoerd. Het productieproces is gesloten en volledig geautomatiseerd. Op het 'satelliet'platform zijn 2-4 procesoperators aanwezig en op het 'hoofd'platform een zestal die allen in continudienst arbeid verrichten. Blootstellingsmetingen (PAS) die bij deze operators zijn uitgevoerd kwamen tussen 1,2 en 2,7 ppm (TGG-8 uur; A.M.) uit.

Opslag en verlading van aardgascondensaat

Metingen zijn uitgevoerd bij chauffeurs van tankauto's die aardgascondensaat laden bij produktieclusters en het vervolgens afleveren bij het verzamelpunt in Delfzijl. Het laden geschiedt volgens het 'bodem'-laad principe waarbij géén damprecovery wordt toegepast. Het laden wordt alleen door de chauffeur uitgevoerd en

duurt circa 2 uur (40.000 liter). Een enkele PAS-meting uitgevoerd bij het laden bedroeg 0,5 ppm terwijl bij het lossen tussen 0,1 - 0,3 ppm (A.M.) is gemeten [20]. Volgens een opgegeven schatting worden per dag circa 6 tankauto's geladen op verschillende lokaties. In analogie met het transport van motorbrandstof (blz. 25) zal tijdens het transport normaliter geen blootstelling optreden. Bij de twee verzamelplaatsen van aardgascondensaat (Delfzijl en Den Helder) is per unit één operator werkzaam. Deze units zijn vol-continu in werking. Er zijn kortdurende PAS-metingen verricht bij de normale werkzaamheden (innemen en laden van aardgascondensaat, nemen van monsters voor analyse, e.d). De meettijd was in overeenstemming met de handelingen (15-60 min). De blootstelling varieerde van 1 - 32 ppm (A.M.). De 8 uren gemiddelde blootstelling (A.M.) bij de operator in Den Helder bedroeg 1,5 - 2,4 ppm. Ook hier betrof het PAS-metingen bij het verrichten van de normaal voorkomende werkzaamheden [20]. Metingen verricht bij het laden van binnenvaarttankers waarbij buiten de operator 2 personen aan dek betrokken zijn, bedroegen gemiddeld < 1 ppm (TGG-8 uur; A.M.). Het laadproces wordt volgens opgave uitgevoerd met damp-recovery. Het aantal binnenvaarttankers dat per week wordt geladen bedraagt in totaal 2 à 3 (beide lokaties) [20].

Onderhoudswerkzaamheden

In de periode maart tot september is het gebruikelijk dat er schoonmaak en onderhoudswerkzaamheden aan de produktie-unit worden gepleegd. Op gezette tijden is er dan één van de 28 boorlokaties 'down'. De werkzaamheden bestaan uit reparaties, schoonmaken van tanks en het verwijderen van slib uit de produktiewatertank. In totaal zijn er circa vijftien personen werkzaam waarbij er vijf voornamelijk toezicht en controle werkzaamheden uitvoeren. In samenwerking met de Bedrijfsgezondheidsdienst Oostelijk-Groningen zijn er PAS-metingen verricht alleen bij het reinigen van de voorraadtanks omdat men van een 'worst-case' benadering is uitgegaan. De resultaten hiervan laten een spreiding zien van 0,1 - 4,8 ppm als TGG (8 uur; A.M.) [20].

Cokesovengas

In het bedrijf zijn 20 potentieel blootgestelden die volgens opgave een gemiddelde blootstellingsduur hebben van 1 dag in de week. In 1987 zijn met badges metingen verricht waarbij gemiddelde concentraties (TGG-8 uur) werden gemeten van 0 - 0,4 ppm. Door de Bedrijfsgezondheidsdienst wordt ook geregeld fenol in urine bepaald, hierbij is nooit een verhoging ten opzichte van een controlegroep waargenomen.

Produktie van halffabrikaten

Volgens opgave zijn in een tweetal bedrijven zowel metingen verricht bij kortdurende werkzaamheden als werkzaamheden die de hele werkdag beslaan. De gemeten concentraties benzeen bedroegen <1 ppm (TGG-8 uur) en bij kortdurende werkzaamheden, zoals het openen van apparatuur e.d. >10 ppm (geen opgave van tijd). Men zegt dat er filtermaskers worden gedragen bij concentraties boven de huidige MAC-waarde.

Bij de overige toepassingen van benzeen (5.3.4, 5.3.7) zijn geen blootstellingsgegevens voorhanden.

6.3 Biologische monitoring

Een buitenlands onderzoek [34] rapporteert biologische monitoringgegevens bij het laden van tankwagens met motorbrandstof waarbij zowel monsters urine als ademlucht werden verzameld. De resultaten waren niet in overeenstemming met de verwachting. Men geeft aan dat er nog veel onderzoek verricht moet worden alvorens zulke metingen bruikbare gegevens opleveren.

Alhoewel er verschillende bedrijfsgezondheidsdiensten zijn die biologische monitoring van benzeen in de vorm van fenoluitscheiding in urine regelmatig uitvoeren zijn er in de open literatuur geen gegevens hierover gevonden.

6.4 Bedrijfsgezondheidszorg

Alle in dit rapport genoemde bedrijven hebben een eigen bedrijfs-arts of bedrijfsgezondheidsdienst of zijn aangesloten bij een regionale bedrijfsgezondheidsdienst. Een uitzondering vormen de twee bedrijven genoemd onder 5.3.7 die benzeen of benzeenhoudend produkt gebruiken als teststof.

7. CONCLUSIES

Uit de verzamelde gegevens en de verkregen informatie is gebleken dat de hoeveelheid benzeen in motorbrandstof de komende jaren, afhankelijk van de procesvoering een lichte stijging zal kunnen ondergaan. Verder wordt verwacht dat de produktie en het gebruik van motorbrandstof nog zal toenemen. De produktie van benzeen lijkt zich te hebben gestabiliseerd evenzo is dit het geval bij de vraag naar benzeen bij op- en overslagbedrijven.

Benzeen wordt nog gebruikt als extractiemiddel in het laboratorium, bij analyses en als marker in proefopstellingen. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd in gesloten proefopzetten of in zuurkasten die bij goed functioneren als een gesloten systeem zijn aan te merken conform het 'Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen' (VBF).

De hoeveelheid aardgas die zowel op land als op zee gewonnen wordt is redelijk stabiel en ligt volgens de gegevens tussen grenzen die grotendeels bepaald worden door klimatologische factoren. Uit informatie is gebleken dat er geen grote produktietoename in de komende jaren te verwachten is.

Uit de metingen (PAS) uitgevoerd bij verschillende werkzaamheden kan geconcludeerd worden dat de WGD-advieswaarde (1 ppm; TGG-8 uur) in enkele gevallen overschreden wordt bij het produceren van benzeenhoudende produkten (aardgas, aardgascondensaat) en bij onderhoudswerkzaamheden. Overschrijding treedt ook op bij het laden en lossen van benzeen en benzeenhoudende produkten in tankauto's, tankwagons en binnenvaarttankers, vooral bij het aan- en afkoppelen van slangen en het controleren van vulniveaus. Het niet gebruiken van een damprecoverystelsel leidt tot een verhoging van de blootstelling. Ook bij het reinigen van tanks treedt overschrijding op.

Overschrijding van de advieswaarde voor kortdurende blootstellingen (3 ppm; TGG-15 min) zou volgens de gegevens in het algemeen kunnen optreden bij het nemen van monsters voor analyse, bij het aan- en afkoppelen van vulslangen, bij het uitvoeren van speciale

werkzaamheden (reparaties) en bij het verwijderen van slib uit produktiewatertanks (aardgascondensaat).

Uit de blootstellingsgegevens van verschillende onderzoeken blijkt dat er geen overschrijding van de advieswaarde optreedt bij het vullen van benzine in auto's door pompbedienden. Ook tijdens het transport over de weg van motorbrandstof en benzeen treedt geen overschrijding hiervan op. Dit is echter wel het geval bij het laden van tankwagons met motorbrandstof en benzeen. Geconcludeerd kan worden dat er bij de produktie van motorbrandstof geen overschrijding van de advieswaarde zal optreden. Wel kan overschrijding van de advieswaarde voor kortdurende blootstelling optreden bij het nemen van monsters voor analyse en bij controle van vloeistofniveaus.

Uit de gegevens blijkt verder dat met name bij het dekpersoneel van binnenvaarttankers tijdens het laden van motorbrandstof of benzeen en tijdens het uitgassen van nagenoeg lege tanks overschrijding van de advieswaarde kan optreden, terwijl de advieswaarde voor kortdurende blootstelling kan worden overschreden bij controle van het vulniveau, het aan- en afkoppelen van slangen en het uitvoeren van reparatie.

Bij het laden van brandstoffen in benzineopslagplaatsen kan bij het vullen van vaten overschrijding van de advieswaarde optreden. Uit de gegevens kan verder geconcludeerd worden dat het 'bodem'-laden van tankauto's tot een lagere blootstelling leidt dan het zogenaamde 'top'-laden. In het laatste geval lijkt een overschrijding van beide advieswaarden (TGG-8 uur en TGG-15 min) aannemelijk. Het laden/lossen met een 'damprecovery'systeem is in vele gevallen nog geen algemeen gebruik. Het gebruik van een dampretourleiding naar de wal bij het laden van o.a. benzeen in binnenvaarttankers is volgens het VBG verplicht, echter het afvangen van de damp is niet geregeld.

Het is opvallend dat er soms duidelijke verschillen zijn tussen gerapporteerde waarden. Deze verschillen zijn o.a te verklaren door de klimatologische omstandigheden waarbij gemeten werd (wind, relatief hoge temperatuur enz.). Het meer of minder gesloten zijn

van de werkplek is eveneens van invloed.

De 'population at risk' kan aan de hand van de informatie geschat worden op 12.000 personen.

De gegevens met betrekking tot aantallen blootgestelden en blootstellingsniveaus zijn samengevat in tabel 6.

Als eindconclusie kan worden gesteld dat de meetgegevens een zodanig beeld geven van de blootstelling, dat een nader onderzoek daarnaar in het kader van een survey niet noodzakelijk wordt geacht. Het blootstellingsniveau vraagt wel in de meeste gevallen om maatregelen die tot een reductie van (piek)blootstelling moeten leiden. Hierbij valt te denken aan:

- het controleren van vulniveaus te automatiseren;
- het top-laden vervangen door bodem-laden;
- het gebruik van een 'damprecovery' systeem tijdens het laden;
- een regeling op te stellen voor het afvangen van damp uit dampretourleidingen;
- het bovenwinds uitgassen van tanks van binnenvaarttankers;
- het gebruik van onafhankelijke ademhalingsbeschermingsapparatuur bij het uitvoeren van incidentele werkzaamheden waarbij hoge concentraties verwacht kunnen worden.

Tabel 6. Samenvatting van het aantal blootgestelden en de blootstellingsniveau's # per proces.

Processen	'Population at risk'	B l o o t s t e l l i n g	
		95-percentiel (spreiding)	A.M.** (spreiding)
		T G G - 8 uur	
<u>Aardgas</u>			
- winning/gas-was/condensatie	<100	-	1,2 - 2,7 ppm
- transport van aardgascondensaat	< 75	-	1,5 - 2,4 ppm
- onderhoud/reiniging	<100	-	0,1 - 4,8 ppm
<u>Productie (benzeen/stoffen met benzeen als grondstof)</u>			
- operators/onderhoud	900	-	<1 - 2,4 ppm
- op- en overslag laden tankauto	600	2,4 ppm	0,1 - 2,4 ppm
- laden/lossen tankwagon		25,4 ppm	
- laden/lossen tanker		-	<0,1 - 24 ppm
<u>Benzine</u>			
- raffinage operators+onderhoud	<500	0,7* ppm	
- opslag/verlading 'bulk'laden (+vaten)	<100	1,7 - 16,3 ppm	
top-laden (auto)		0,6 - 2,9 ppm	
bodem-laden (auto)		0,5 - 0,9 ppm	
top-laden (tankwagon)		0,9* - 106,9 ppm	
binnenvaarttanker	<500	3,3* - 35,9* ppm	
- transport per auto	150	0,4 ppm	
,, + afleveren		2,6* ppm	
- pompbedienen	<8300		0,1 - 1,0 ppm
<u>BTX-productie</u>	20		0 - 0,4 ppm
<u>Halffabriek productie</u>	35		<1 ppm
<u>Overige Industrie</u>	75	??	??

	ca. 12.000 personen		

De metingen betreffen onbeschermden werkers.

* GSD groter dan 5,0 (populatie mogelijk niet homogeen).

** A.M (aritmetisch gemiddelde).

8. LITERATUUR

- [1] **WGD.** Benzeen. 'Risico-evaluatie en voorstel voor een grenswaarde'. Advies van de Werkgroep van Deskundigen. Voorburg. Februari 1988.

- [2] **RIVM.** Benzeen. 'Basisdocument'. Juni 1987. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Bilthoven.

- [3] **Patty. F.A.** 'Industrial Hygiene and Toxicology'. Vol.2B, pag. 3260-3283, 1981. New York, Interscience publishers.

- [4] **CGC.** Benzeen. 'Protocollen ten behoeve van de bedrijfsgezondheidszorg'. Uitgave onder auspiciën van de NVAB. MBL-TNO afdeling Bedrijfstoxicologie. Rijswijk. 1986.

- [5] **MAC-lijst.** 'De Nationale MAC-lijst 1987' P-145. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Voorburg. 1987.

- [6] **EEG.** 'Voorstel voor een richtlijn van de Raad'. COM(85) 669 def. Brussel, december 1985. Commissie van de Europese Gemeenschappen.

- [7] **ACGIH.** 'Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987-1988'. American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

- [8] **DFG.** 'Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-werte (BAT-Werte)'. Henschler, D en G. Lehnert (Eds.). Deutsche Forschungsgemeinschaft. Hamburg 1986.

- [9] **Fishbein, L.** 'An Overview of Environmental and Toxicological Aspects of Aromatic Hydrocarbons. 1. Benzene'. The Science of the Total Environment. 1984, 40, 189-218.
- [10] **Brief, R, J. Lynch, T. Bernath en R.A. Scala.** 'Benzene in The Workplace'. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1980, 41, 616-623.
- [11] **CONCAWE.** 'Consequences of Limiting Benzene Content of Motor Gasoline'. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water - Europe. Report 13/83. Den Haag. December 1983.
- [12] **CONCAWE.** 'Exposure to Atmospheric Benzene Vapour Associated with Motor Gasoline'. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water - Europe. Report 2/81. Den Haag. Februari 1981.
- [13] **CIS.** 'Directory of World Chemical Producers 1985 - 1986'. Chemical Information Services Ltd. Oceanside N.Y 11572. U.S.A.
- [14] **ART-160a.** 'Artikel 160a'. Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen 1938. Staatsblad 15 1978. Januari 1978.
- [15] **CBS.** 'Maandstatistiek van de buitenlandse handel per goederensoort'. December 1977 - 1987. Voorburg. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- [16] **DGA.** 'Persoonlijke mededeling'. Mw.H. Akkersdijk. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Voorburg. 1987.

- [17] **NOVOK.** 'Persoonlijke mededeling' J. Oskam. Algemeen secretaris. Nederlandse Organisatie van Olie- en Kolenhandel. Rotterdam 1987.
- [18] **BOVAG.** 'Persoonlijke mededeling' J.P. Jansen. Hoofd afdeling Structuur. BOVAG. Rijswijk 1987.
- [19] **NAM.** 'Persoonlijke mededeling' Dr. J.W. Jurg. Hoofd afdeling Milieu. Nederlandse Aardolie Maatschappij. Assen 1987.
- [20] **NAM.** 'Persoonlijke mededeling'. J.C.R. de Leeuw. Arbeidshygiënist. Nederlandse Aardolie Maatschappij. Assen 1987.
- [21] **CONCAWE.** 'Die Fernleitungen der Mineralölindustrie in West-Europa. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water - Europe. Bericht 7/86. Den Haag. Oktober 1986.
- [22] **CONCAWE.** 'A Survey of Exposures to Gasoline Vapour'. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water - Europe. Report 4/87. Den Haag. Juni 1987.
- [23] **CONCAWE.** 'Hydrocarbon Emissions from Gasoline Storage and Distribution Systems'. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water - Europe. Report 85/54. Den Haag. September 1986.
- [24] **Kleine, H.** 'Untersuchungen zur Benzolexposition von Tankwagenfahrern'. Staub. 1986, 46 (4), 192-196.
- [25] **NEFARMA.** 'Persoonlijke mededeling'. R. Plaat. Secretaris afdeling Voorlichting. Nederlandse Associatie van de Farmaceutische Industrie. Utrecht 1987.

- [26] **Duphar.** 'Persoonlijke mededeling'. Dr. Zellenrath Bedrijfs-arts Philips-Duphar. Weesp 1987
- [27] **VBG.** 'Regeling houdende voorschriften voor het vervoer in tankschepen van giftige en brandbare vloeistoffen'. Directoraat-Generaal van het Verkeer. Afdeling Gevaarlijke Stoffen. Staatscourant 208. Oktober 1987.
- [28] **Vroege, D.** 'Binnenvaart en bedrijfsgezondheidszorg'. T. soc. Geneesk. 1982, 60 (23), 739-744.
- [29] **CEFIC.** 'Criterium Document on Benzene'. Brussel 1983. Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique.
- [30] **Leidel, N.A., K.A. Bush en J.R. Lynch.** 'Occupational Exposure Sampling Strategy'. NIOSH-pbl. no 77-159. Cincinnati OHIO 1977.
- [31] **Brouwer, D.H., en W.J.A. Meuling.** 'Inventarisatie in het kader van een stofgerichte Health Hazard Survey'. Concept-rapport afdeling Bedrijfstoxicologie. Medisch Biologisch Laboratorium TNO. Rijswijk. Augustus 1987.
- [32] **Nordlinder, R. en O. Ramnäs.** 'Exposure to Benzene at Different Work Places in Sweden'. Ann. Occup. Hyg. 1987, 31 (3), 345-355.
- [33] **CONCAWE.** 'Review of European Oil Industry Benzene Exposure Data'. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water - Europe. Report 3/86. Den Haag. Maart 1986.
- [34] **Sherwood, R.J.** 'Evaluation of Exposure to Benzene Vapour During the Loading of Petrol'. Brit. J. Industr. Med. 1972, 29, 65-69.

- [35] Halder, C.V., G.S. van Gorp, N.S. Hatoum en T.M. Warne.
'Gasoline Vapor Exposures. Part 1. Characterization of
Workplace Exposures'. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1986, 47
(3), 164-172.
- [36] Schulz, G. 'Benzolexposition beim Umschlag von Ottokraftstof-
fen'. Staub. 1986, 46 (6), 273-275.
- [37] DGMK. 'Messung der Benzolexposition bei Umschlag und Produk-
tion von Ottokraftstoffen'. DGMK-Projekt 250. Hamburg.
Oktober 1983. Deutsche Gesellschaft für Mineralölwissen-
schaft und Kohlechemie E.V.
- [38] Meulen van der, S.H.S. 'Chemische belasting in de binnen-
vaart'. Voordracht NVvA-symposium oktober 1984.