



Briefrapport 609021075/2008

M.H. Broekman | M.E. Gerlofs-Nijland | D.P.J. Swart

Metingen van de luchtemissie en de samenstelling van brandstoffen van zeeschepen

Briefrapport 609021075/2008

Metingen van de Luchtemissie en de samenstelling van brandstoffen van zeeschepen

M. H. Broekman, M.E.Gerlofs-Nijland, D.P.J. Swart

Contact:

M. H. Broekman

Centrum Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadviesing (IMG)

Marcel.Broekman@rivm.nl

Datum: 6 oktober 2008

Versie: 0.1

IMG-vraagnummer: 2750

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de VROM-Inspectie Regio Zuid-West (Zeeland en Zuid-Holland), in het kader van project M/609021/08/SB - S-houdende brandstoffen zeeschepen.

© RIVM 2008

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het Kort

Zeeschepen stoten flinke concentraties fijn stof uit (tot 65 mg/m³). Dit blijkt uit nieuwe metingen van het RIVM van het 'totaal stof' in de rookgassen. In 2007 is hierbij voor het eerst specifiek naar fijn stof gekeken. De aard en omvang van de uitstoot van totaal stof is gelijk aan de meetresultaten van voorgaande jaren. Het onderzoek is in opdracht van de VROM-Inspectie uitgevoerd, die sinds 2005 emissies van totaal stof van zeeschepen laat meten.

Aan het fijn stof kleven bovendien stoffen die in de scheepsbrandstoffen voorkomen, zoals zwavel, vanadium, ijzer en nikkel. Deze drie metalen komen van nature voor in ruwe aardolie. Ook zijn andere metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) aangetroffen.

Daarnaast is het gasvormige zwaveldioxide in de uitstoot gemeten, dat ontstaat na verbranding van zwavelhoudende brandstoffen. De concentraties liepen daarbij sterk uiteen. Dit komt doordat de zwavelgehalten in stookolie en gasolie verschillen.

De metingen van totaal stof zijn op de schepen verricht. Zwaveldioxide is op afstand gemeten met een meetwagen op de oevers van de Westerschelde en het Noordzeekanaal bij IJmuiden. Ze werden verricht bij schepen tijdens de vaart en bij schepen die aan de wal liggen. De laatste gebruiken brandstof voor de stroomvoorziening. Het gaat om schepen die op stookolie en schepen die op gasolie varen.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	7
1.1	Doel	7
1.2	projectaanpak	8
2	RESULTATEN	11
2.1	Monsterneming	11
2.2	Chemische analyse van de brandstoffen	13
2.3	Totaal en fijn stof	18
2.4	Chemische reactiviteit van fijn stof	21
2.5	Chemische analyse van de geëmitteerde stoffen in de rookgassen	22
3	CONCLUSIE	27
	Literatuur	30
	Bijlagen	31

Begrippen en afkortingen

ASTM	American Society for Testing Materials
BAGA	Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen
Dioxineachtige PCB	PCB waarvan de ruimtelijke structuur vlak is en om die reden dioxineachtige eigenschappen hebben.
Dioxinen	Betreft 17 congenere van PolyChloorDibenzoDioxinen (PCDD) en PolyChloorDibenzoFuranen (PCDF)
EOX:	Extraheerbaar organische gebonden halogenen (chloor, fluor, jood, broom)
GC-MS	GasChromatography coupled on Mass Spectrometry detection
HFO	Heavy Fuel Oil
HPLC-UV/FLU	High Pressure Liquid Chromatography – UltraViolet and FLUorescence detection
ICP	Inductive Coupled Plasma
IMG	Inspectie, Milieu en Gezondheidsadviesing (RIVM)
Indicator PCB	betreft zeven PCB die een goede representante zijn van in totaal 209 congenere, dit zijn PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180
KLPD:	Korps Landelijke Politie Diensten
LIDAR	Light Detection and Ranging
LVM	Laboratorium Voor Milieumetingen
MDO	Marine Diesel Oil
MGO	Centrum voor Milieu Gezondheid Onderzoek
MOI	Micro Office Impactor
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PCB	Poly Chloor Bifenyleen
PM	particulate matter of fijn stof
RIVM:	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SECA	SOx Emission Control Area
TSP	Total Suspended Particles
VROM:	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu
XRF	X-Ray Fluorescence spectrometry

\

1 INLEIDING

De VROM-Inspectie wil op basis van een vervolgonderzoek weten wat de aard van de luchtemissie van zeeschepen is tijdens de vaart over de belangrijkste binnengaatscheepvaartroutes. Verder wil de VROM-Inspectie de relatie onderzoeken van de geëmitteerde stoffen en de chemische samenstelling van de brandstoffen. Hiervoor heeft de VROM-Inspectie ondersteuning gezocht bij het centrum voor Inspectie, Milieu en Gezondheidsadvisering van het RIVM voor het nemen van monsters van brandstoffen en de geëmitteerde luchtstof en de chemische analyse van de samenstelling hiervan. In 2005 heeft het RIVM in opdracht van de VROM-Inspectie voor het eerst metingen verricht van de emissie van schadelijke stoffen van zeeschepen. In dit onderzoek is op totaal 10 schepen onderzoek gedaan naar de luchtemissie van stofdeeltjes en hieraan gebonden schadelijke stoffen zoals PAK, dioxinen, chloorhoudende koolwaterstoffen, PCB, metalen, zwavel, broom, fosfor en chloor. Gasvormige componenten zijn vanwege de ongeschiktheid van de beschikbare meetmethoden niet gemeten. Dit onderzoek heeft een vervolg gekend in 2006 en 2007. De onderzoeksresultaten van 2005 en 2006 zijn door het RIVM gerapporteerd in briefrapporten. Dit rapport behandelt het onderzoek dat is uitgevoerd in 2007.

Het meetprogramma is in 2007 uitgebreid met een meetmethode om het geëmitteerde totaalstof te karakteriseren in fijnstoffracties. Aanleiding hiervoor is de toegenomen belangstelling bij de (internationale) overheden om de uitstoot van fijn stof door zeeschepen beter in beeld te hebben. Verder is in 2007 door de VROM-Inspectie ervoor gekozen om de emissiemetingen van gasvormige zwaveldioxide met de LIDAR meetwagen integraal in dit programma mee te nemen. Deze metingen zijn in 2006 in een apart project voor het eerst in de praktijk toegepast en gaven succesvolle resultaten.

1.1 Doel

De VROM-Inspectie wil vaststellen, wat de aard is van de luchtemissie van schadelijke stoffen van varende zeeschepen op twee binnengaatscheepvaartroutes, te weten de Westerschelde en het Noordzeekanaal. In aanvulling op de totaalstof emissies beoogt de VROM-Inspectie om de bijdrage van fijn stof en ultra fijn stof aan de totaalstof emissies te onderzoeken.

Verder wil de VROM-Inspectie ook de chemische samenstelling van de scheepsbrandstoffen en de relatie met de gemeten atmosferische emissie vaststellen. Een belangrijke parameter is het totaalgehalte van zwavel en de relatie met stofgebonden zwavel en gasvormige zwaveldioxide in de rookgassen.

1.2 projectaanpak

Het project is in januari 2007 gestart met een overleg met de opdrachtgever over de achtergrond, de probleemstelling, de vraagstelling en de doelstelling. In de navolgende maanden is in de voorbereidingsfase een inhoudelijke en beheersmatige afbakening gemaakt. De inhoudelijke afbakening is gedefinieerd op grond van de ervaringen en de uitkomsten van de RIVM metingen in 2005 en 2006.

Op 21 maart 2007 zijn de definitieve afspraken voor de uitvoering van het veld - en laboratoriumonderzoek vastgelegd in een RIVM offerte¹ en voor akkoordondertekening naar de VROM-Inspectie toegestuurd. Het onderzoek is na akkoord van de VROM-Inspectie gestart met de monsterneming van de rookgassen en de scheepsbrandstoffen in het voorjaar. Tegelijkertijd zijn ook de LIDAR metingen ingepland. Het uitgangspunt was om deze metingen zoveel mogelijk aan dezelfde zeeschepen te onderwerpen als de overige metingen.

Monsterneming, chemische analyse en LIDAR metingen

Voor een planning van de meetdagen zijn door de VROM-Inspectie en het RIVM goede afspraken gemaakt in samenwerking met de KLPD en de overige scheepvaartautoriteiten. Hierbij is ernaar gestreefd om de meetdagen zoveel mogelijk buiten de zomervakantie in het voorjaar en in het najaar vast te zetten. Dit planningsproces is al tijdens het offertetraject in gang gezet.

De monsternemers van het RIVM hebben in samenwerking met de medewerkers van de KLPD en de VROM-Inspectie op veertien dagen² monsters genomen van de geëmitteerde totaalstof en de fijnstoffracties in de rookgassen van zeeschepen. Tevens zijn de scheepsbrandstoffen bemonsterd, waarop de schepen tijdens de emissiemetingen voeren.

Voor de meting van het totaalstof heeft het RIVM voor dit doel een opstelling ontwikkeld, waarmee onafhankelijk het totaalstof op twee (voorgewogen) kwartfilters tegelijkertijd kan worden afgevangen. Dit gebeurt door middel van twee luchtpompen die elk op een filter zijn aangesloten. De monsterneming³ vindt plaats bij een constante aanzuignelheid van 10 liter per minuut voor een periode van 5 minuten. Dit betekent dat per filter 50 liter van de rookgassen over de filters is aangezogen.

Na de monsterneming zijn de filters direct verpakt en gecodeerd voor de chemische analyse van diverse stoffen (zie tabel 1). De concentratie van het totaalstof is berekend op

¹ RIVM offerte met kenmerk 20070157 IMD mhb, dd 21 maart 2007

² 17, 18, 24 en 25 april; 22 en 23 mei; 16 en 17 oktober; 1, 2, 9, 14, 15 en 16 november

³ De monsterneming in dit onderzoek gebeurt niet isokinetisch, zoals dat gangbaar is bij emissiemetingen van inrichtingen in het kader van toetsing van de emissiegrenswaarden in de NeR. Dit betekent dat de gemeten luchtconcentraties geen emissieconcentraties zijn volgens de definitie in de NeR en dat de emissievracht niet gekwantificeerd kan worden op basis van de gemeten emissieconcentraties.

basis van de verschilweging van het filter en het volume van de rookgassen die door het filter is geleid. De samenstelling van de schadelijke contaminanten in het totaalstof is geanalyseerd in de laboratoria van het LVM/RIVM en het IMG/RIVM. De analyses zijn volgens planning in twee fasen uitgevoerd.

In 2007 zijn voor het eerst ook metingen uitgevoerd van de verschillende fijnstoffracties van het totaalstof in de uitstoot. Hiervoor is samenwerking gezocht met het Centrum voor Milieu-Gezondheid Onderzoek (MGO) van het RIVM. Voor de metingen is gebruik gemaakt van een Micro Orifice Impactor (MOI). Met dit apparaat kunnen verschillende fijnstoffracties verzameld worden op basis van de aërodynamische diameter van de deeltjes. De MOI is ontworpen om buitenlucht te bemonsteren en MGO past de MOI vooral toe bij blootstellingsexperimenten met stofconcentraties die circa een factor 1000 lager zijn dan in dit emissieonderzoek. Het dagelijkse onderzoek van MGO is vooral gericht op het bepalen van gezondheidseffecten ten gevolge van blootstelling aan luchtverontreiniging.

De MOI is aangepast voor de emissiemetingen van de stoffracties in de rookgassen van zeeschepen. Zo is de bemonsteringstijd aanzienlijk verkort tot maximaal 30-60 seconden om verstoppingen van de nozzle openingen in het apparaat te voorkomen. De aanzuigbuis is daarbij verlengd. Verder zijn er slechts drie stages gebruikt, zodat drie fijnstoffracties verzameld konden worden te weten *coarse* 2,5-10 μm , *fine* 0,18 – 2,5 μm en *ultrafine* < 0,18 μm . Er vindt een voorafscheiding plaats waardoor deeltjes groter dan 10 μm worden afgevangen.

Naast het bepalen van de fijnstoffracties is door MGO gekeken naar de chemische reactiviteit van de verschillende fracties met behulp van de DTT (dithiotreitol) verbruikstest. Deze test kan een beeld geven hoe reactief een chemische stof is in een biologisch systeem zoals de longen waar het oxidatieve stress kan induceren. Bij oxidatieve stress worden vrije radicalen geproduceerd die cellen en genetisch materiaal (DNA) kunnen beschadigen. Deze a-cellulaire assay is gebaseerd op de afname van een bekende hoeveelheid DTT door een bekende hoeveelheid fijnstofdeeltjes in de tijd. De snelheid van de reactie is een kwantitatieve maat voor het radicaalvormend vermogen van de koolstoffractie van de deeltjes welke wordt bepaald aan de hand van de hoeveelheid DTT die niet gereageerd heeft met fijn stof. Het DTT verbruik wordt weergegeven in nmol DTT/min* μg fijn stof.

De onderzoeksgroep van het LVM/RIVM heeft op zeven dagen LIDAR metingen uitgevoerd van de zwaveldioxide uitstoot van varende zeeschepen op bovengenoemde routes bij Hansweert en het Noordzeekanaal bij de Velsenterminal (16/10), het Houtrakemaal (9/11) en Walsoorden (14/11 en 15/11).

Aan boord van de varende zeeschepen zijn door de medewerkers van de VROM-Inspectie en de KLPD in drievoud een A, B en C monster genomen van de brandstof. De monsters

zijn in glazen potten gedaan voorzien van schroefdop met teflon inleg. De VROM-Inspectie heeft de monsters verzameld en voor analytisch onderzoek overgedragen aan BSI Inspectorate Netherlands (A en B-monsters) en het RIVM (C-monsters).

Een overzicht van de te onderzoeken stoffen, de monsterneming – en analysemethoden en het uitvoerend analytische laboratorium is in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: *Overzicht van de onderzochte chemische en fysische parameters in de rookgassen en de brandstoffen en een overzicht van de bemonstering - en analysemethode*

	Contaminant	Analysemethode	Analyse laboratorium
	Rookgassen		
1	Totaal stof (TSP)	Verschilweging van het filter	IMG/RIVM
	Fijnstoffracties	Verschilweging filters	MGO/RIVM
2	Stofgebonden metalen	XRF	IMG/RIVM
3	Stofgebonden totaal chloor, broom, fosfor en zwavel	XRF	IMG/RIVM
4	Stofgebonden PAK	Extractie en HPLC-UV/FLU	LVM/RIVM
5	Zwavel dioxide	LIDAR	LVM/RIVM
6	Chemische reactiviteit	DTT verbruikstest	MGO/RIVM
	Scheepsbrandstoffen²		
7	PAK ¹	GC-MS	LVM/RIVM
8	Elementen	XRF	IMG/RIVM
9	Dichtheid	D 4052	BSI ³
10	Zwavel	ASTM D 4294	BSI
11	EOX	BAGA	BSI
12	Kinematic Vixcosity	D 445	BSI
13	Elementen	ICP	BSI
14	Acid number	D 664	BSI
15	Total acid number	D 664	BSI
16	Flash number	D 93 A	BSI

- 1) Het RIVM heeft in het voorjaar van 2005 in opdracht van de VROM-Inspectie een gevalideerde analysemethode voor de gehaltebepaling van 16 EPA PAK in olie ontwikkeld. Deze methode is voor dit onderzoek gebruikt.
- 2) De scheepsbrandstoffen zijn in alle gevallen bemonsterd uit de dagtank via een kraan.
- 3) De verrichtingen van 9 t/m 16 zijn in opdracht van de VROM-Inspectie door BSI uitgevoerd.

2 RESULTATEN

In dit hoofdstuk doen we verslag van alle (succesvolle) metingen. We beginnen in paragraaf 2.1 met een overzicht van de monsternemingen. In paragraaf 2.2 doen we verslag van de chemische samenstelling van de scheepsbrandstoffen. Dit betreft een overzicht van de gehalten van de 16 EPA-PAK en de totaalgehalten van de belangrijkste elementen. In paragraaf 2.3 volgt een overzicht van de emissieconcentraties van totaalstof en drie fijnstoffracties inclusief de chemische reactiviteit van de verschillende fracties. Vervolgens geven wij in paragraaf 2.4 de resultaten van de chemische analyse van de stofgebonden PAK en de stofgebonden elementen. Tot besluit geven wij de emissiegetallen van het gasvormige zwaveldioxide in de rookgassen van de zeeschepen. We maken in deze overzichten een onderscheid in de meetresultaten van varende en stilliggende schepen. Dit is vooral van belang voor de interpretatie van de schadelijke stoffen die gemeten zijn in de rookgassen. De samenstelling van de rookgassen is afhankelijk van de brandstof waarop gevaren wordt.

2.1 Monsterneming

In onderstaand tabel zijn de gegevens vermeld van de zeeschepen, de locaties en de data waarop de monsternemingen van de rookgassen en de scheepsbrandstoffen zijn uitgevoerd.

Tabel 2; *Overzicht van de bemonsterde zeeschepen*

<i>Datum</i>	<i>Type brandstof</i>	<i>IMD code</i>	<i>VI code</i>	<i>Byzonderheid^l</i>
17 april	Gasolie	IMD 071704 01 + 02	VI1704ZW001	Kade
17 april	HFO	IMD 071704 03 + 04	VI1704ZW002	Varend
17 april	HFO	IMD 071704 05 + 06	VI1704ZW003	Varend
18 april	Gasolie	IMD 071804 01 + 02	VI1804ZW001	Kade
18 april	Gasolie	IMD 071804 03 + 04	VI1804ZW002	Kade
18 april	Gasolie	IMD 071804 05 + 06	VI1804ZW003	Kade
24 april	Gasolie	IMD 072404 28 + 33	VI2404ZW001	Varend
24 april	Gasolie	IMD 072404 16 + 37	VI2404ZW002	Varend
24 april	HFO	IMD 072404 03 + 09	VI2404ZW003	Varend
24 april	HFO	IMD 072404 17 + 18	VI2404ZW004	Varend
24 april	HFO	IMD 072404 07 + 21	VI2404ZW005	Varend
25 april	HFO	IMD 072504 08 + 10	VI2504ZW001	Varend
25 april	HFO	IMD 072504 36 + 51	VI2504ZW002	Varend

25 april	Gasolie	IMD 072504 40 + 43	VI2504ZW003	Varend
25 april	HFO	IMD 072504 20 + 30	VI2504ZW004	Varend
22 mei	HFO	IMD 072205 22 + 65	VI2205ZW001	Varend
22 mei	MDO	IMD 072205 02 + 64	VI2205ZW002	Varend
22 mei	Gasolie	IMD 072205 24 + 46	VI2205ZW003	Varend
23 mei	Gasolie	IMD 072504 25 + 48	VI2305ZW001	Varend
23 mei	HFO	IMD 072504 61 + 62	VI2305ZW002	Varend
23 mei	HFO	IMD 072504 31 + 23	VI2305ZW003	Varend
16 oktober	HFO	IMD 071610 32 + 68	VI1610ZW001	Varend
16 oktober	HFO	IMD 071610 02 + 15	VI1610ZW002	Varend
17 oktober	MDO	IMD 071710 12 + 35	VI1710ZW001	Kade
17 oktober	Gasolie	IMD 071710 11 + 34	VI1710ZW002	Kade
17 oktober	HFO	IMD 071710 47 + 67	VI1710ZW003	Kade
1 november	HFO	IMD 071101 45 + 46	VI0111ZW001	Varend
1 november	MDO	IMD 071101 47 + 48	VI0111ZW002	Varend
1 november	HFO	IMD 071101 21 + 22	VI0111ZW003	Varend
1 november	HFO	IMD 071101 23 + 24	VI0111ZW004	Varend
1 november	HFO	IMD 071101 13 + 69	VI0111ZW005	Varend
2 november	Gasolie	IMD 071102 15 + 16	VI0211ZW001	Varend
2 november	HFO	IMD 071102AV 03 +04	VI0211ZW002	Varend
2 november	HFO	IMD 071102AB 13 + 63	VI0211ZW003	anker
2 november	HFO	IMD 071102AV 37+ 38	VI0211ZW004	Varend
2 november	HFO	IMD 071102AV 39 + 40	VI0211ZW005	Varend
9 november	HFO	IMD 091107 41 + 42	VI0911ZW001	Kade
9 november	Gasolie	IMD 091107 43 + 44	VI0911ZW002	Kade
14 november	HFO	IMD 141101 29 + 30	VI1411ZW001	Varend
14 november	HFO	IMD 141101 31 + 32	VI1411ZW002	Varend
14 november	HFO	IMD 141101 25 + 26	VI1411ZW003	Varend
14 november	Gasolie	IMD 141101 27 + 28	VI1411ZW004	Varend
15 november	Gasolie	IMD 151102 05 + 06	VI1511ZW001	Varend
15 november	HFO	IMD151102 17 + 18	VI1511ZW002	Varend
15 november	HFO	IMD 151102 19 + 20	VI1511ZW003	Varend
15 november	MDO	IMD 151102 04 + 12	VI1511ZW004	Varend
15 november	HFO	IMD 151102 11 + 14	VI1511ZW005	Varend
15 november	HFO	IMD 151102 15 + 20	VI1511ZW006	Varend
16 november	Gasolie	IMD 161102 16 + 17	VI1611ZW001	Varend
16 november	HFO	IMD 161102 19 + 13	VI1611ZW002	Varend
16 november	HFO	IMD 161102 51 + 52	VI1611ZW003	Varend
16 november	Gasolie	IMD 161102 49 + 50	VI1611ZW004	Varend

1. De LIDAR zwaveldioxide metingen zijn op zeven dagen gerealiseerd, waarvan er drie dagen in Hansweert aan de Westerschelde (1/11 en 2/11) en vier dagen aan het Noordzeekanaal bij de Velsenterminal (16/10), het Houtrakgemaal (9/11) en Walsoorden (14/11 en 15/11).

Er zijn veertien meetdagen gerealiseerd waarop emissiemetingen konden worden uitgevoerd aan in totaal 52 zeeschepen. De metingen zijn uitgevoerd tijdens de vaart, waarvan er tien schepen stil lagen. Zo lagen er negen schepen tijdens de metingen aan de kade en één schip lag voor anker. Tijdens de emissiemetingen zijn de scheepsbrandstoffen bemonsterd en op de chemische en fysische samenstelling onderzocht. Tijdens de zwaveldioxide metingen zijn in totaal 93 boten gemeten. Hiervan waren er 52 succesvol. Een succesvolle meting wil zeggen, dat de combinatie van vaar en weersomstandigheden, die moeten leiden tot een meetbare rookpluimontwikkeling, gunstig waren voor het bepalen van een emissiegetal.

2.2 Chemische analyse van de brandstoffen

In het onderzoek is zoals in de projectaanpak is beschreven van elk zeeschip een monster van de brandstof genomen. Het gaat om de brandstof waarop het schip tijdens de luchtmetingen voer.

Het RIVM heeft de monsters geanalyseerd op het gehalte aan PAK en elementen. Voor de interpretatie van de analyseresultaten is tevens gekeken naar de gehalten van zwavel en elementen gerapporteerd door BSI. Van belang hierbij is, dat de onderlinge RIVM en BSI resultaten consistent zijn en geen toevallige afwijkingen laten zien.

PAK analyse in brandstoffen

In tabel 3 en 4 is een samenvattend overzicht gegeven van de PAK gehalten in de brandstoffen van varende en stilliggende schepen. In totaal zijn 48 brandstoffen op PAK onderzocht. Deze bestaan uit 29 stookolie-, 15 gasolie- en 4 MDO monsters.

In de bijlagen zijn de PAK totaalgehalten van de 16 EPA PAK en die van de 10 van VROM van alle brandstoffen afzonderlijk weergegeven. Dit geldt ook voor de PAK gehalten van de MDO brandstoffen. Deze staan niet in het samenvattend overzicht.

Om de zware stookolie en de gasolie te vergelijken zijn ook de verhoudingen van de lichte en de zware PAK per monster bepaald. De verhouding is berekend door de fractie lichte PAK te delen door de fractie zware PAK. Dit levert een dimensieloos getal op. De fractie lichte PAK is de som van de gehalten van naftaleen, acenafteen, fluoreen, fenantheen, anthraceen, fluorantheen, pyreen. De fractie zware PAK is de som van de gehalten van benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, indeno (123cd)pyreen, dibenzo (ah)anthraceen en benzo(ghi)peryleen. De verwachting is dat zware stookolie een groter aandeel zware PAK bevat dan de gasolie. In die gevallen waarbij voor een individuele PAK component de bepalingsgrens is gemeten

is deze voor de berekeningen gelijkgesteld aan de bepalingsgrens (0,1 milligram per kilogram). Dus voor een waarde < 0,1 is gerekend met 0,1.

Tabel 3; PAK gehalten in brandstoffen van varende schepen opgegeven in milligram per kilogram (mg/kg)

	STOOKOLIE (n=26)				GASOLIE (n=9)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Naftaleen *	3610	3249	72	15027	1139	705	327	2449
Acenaftyleen ^{a)}	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Acenafteen	183	80	13	319	108	83	37	306
Fluoreen	182	87	25	373	222	81	142	356
Fenanthreen *	428	142	86	652	269	171	1,41	618
Anthraceen *	95	42	10	168	31	26	0,18	88
Fluorantheen *	47	25	5,98	114	12	10	5,81	36
Pyreen	175	81	18	394	62	40	24	163
Benzo(a)anthraceen *	85	39	8,14	199	2,53	1,75	0,15	5
Chryseen *	127	59	25	294	9	5	4	18
Benzo(b)fluorantheen	27	15	0,08	58	0,85	0,54	0,28	2,07
Benzo(k)fluorantheen *	4,98	1,86	0,70	9,47	0,08	0,06	0,05	0,21
Benzo(a)pyreen *	48	19,14	3,91	96	0,41	0,27	0,12	0,96
Indeno(123cd)pyreen *	6,52	3,34	0,93	17	0,11	0,05	0,08	0,21
Dibenzo(ah)anthraceen	11	4,51	1,82	21	0,09	0,04	0,08	0,19
Benzo(ghi)peryleen *	30	14	0,10	62	0,36	0,22	0,12	0,69
eerste acht PAK	4721	3532	230	16500	1843	999	755	3879
tweede acht PAK	340	132	47	661	13	7	6	27
verhouding licht/zwaar	14	10	5	48	180	186	76	667
16 EPA PAK	5061	3582	278	16843	1856	1000	765	3884
10 VROM PAK *	4354	3402	188	16009	1454	863	505	3170

Opmerking: Helaas zijn drie stookoliemonsters en één gasoliemonster door het analytische laboratorium niet ontvangen. Deze zijn teruggevonden in de koelcel van het RIVM. Het gaat om de monsters met code VI1704ZW003, VI2404ZW002, VI2404ZW004 en VI2504ZW001.

a) acenaftyleen is niet bepaald vanwege een matrixstoring

* de 10 PAK verbindingen van VROM

Het gemiddelde PAK gehalte van de stookolie op varende schepen is hoger dan die van de gasolie. De gehalten van de som van 10 VROM PAK in stookolie bedraagt afgerond 4350 milligram per kilogram en in gasolie 1450 milligram per kilogram. Uit de standaarddeviatie van het gemiddelde zien we een flinke spreiding. Een fractie van de

totale spreiding komt voor rekening van de methode van monsterneming en de chemische analyse. Voor het overige is de spreiding vooral te verklaren in de verschillen in de chemische samenstelling (kwaliteit) van de brandstofsoorten. In orde grootte wijken de PAK gehalten en de spreiding hierin niet af van onderzoeken uit voorgaande jaren. Dit geldt ook voor de onderzochte verhouding van de lichte en zware PAK fracties per brandstofsoort. We zien dat de gasolie volgens verwachting een relatief grotere fractie lichte PAK heeft ten opzichte van de zware PAK fractie vergeleken met die van de stookolie. Dit betekent dat het PAK patroon geheel volgens de verwachting de brandstofsoort kenmerkt.

Tabel 4; *PAK gehalten in brandstoffen van stilliggende schepen opgegeven in milligram per kilogram (mg/kg)*

	STOOKOLIE (n=3)				GASOLIE (n=6)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Naftaleen *	3923	2881	1276	6992	705	344	356	1257
Acenaftyleen ^{a)}	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Acenafteen	185	27	155	209	83	44	35	155
Fluoreen	202	69	124	251	218	76	139	313
Fenanthreen *	429	119	292	500	248	158	1,41	487
Anthraceen *	86	47	33	121	21	23	0,18	60
Fluorantheen *	39	14	24	51	14	11	5	33
Pyreen	118	43	68	147	58	37	24	125
Benzo(a)anthraceen *	38	23	22	65	4,79	5,76	0,15	15
Chryseen *	58	30	41	93	15	18	2,72	51
Benzo(b)fluorantheen	13	7,65	7,65	22	1,36	1,29	0,22	3,83
Benzo(k)fluorantheen *	2,10	1,39	1,29	3,71	0,13	0,20	0,05	0,54
Benzo(a)pyreen *	16	14	7,95	32	0,59	0,71	0,11	2,01
Indeno(123cd)pyreen *	2,18	1,68	1,15	4,12	0,08	0,00	0,08	0,08
Dibenzo(ah)anthraceen	4,39	3,06	1,84	7,78	0,08	0,00	0,08	0,08
Benzo(ghi)peryleen *	10	7,30	3,77	18	0,16	0,06	0,09	0,27
eerste acht PAK	4981	2595	2513	7687	1347	544	819	2340
tweede acht PAK	144	87	93	245	22	26	3	73
verhouding licht/zwaar	42	34	19	81	133	116	21	343
16 EPA PAK	5126	2590	2607	7782	1369	550	826	2353
10 VROM PAK *	4545	2711	1977	7380	993	424	591	1801

a) acenaftyleen is niet bepaald vanwege een matrixstoring

* de 10 PAK verbindingen van VROM

De PAK gehalten van de scheepsbrandstoffen van de stilliggende schepen verschillen nauwelijks met die van de varende schepen. Dit geldt tevens voor de spreiding van de gemiddelde meetwaarden en voor de verhouding van lichte en zware PAK fracties per brandstofsoort.

XRF analyse van de elementen in de brandstoffen

In tabel 5 en 6 is een samenvatting gegeven van de totaalgehalten van de elementen in de scheepsbrandstoffen. De gehalten zijn opgegeven in milligram per kilogram. Het totaalgehalte zwavel is uitgedrukt in massaprocenten. De meetwaarden kunnen worden vergeleken met elementanalyses van BSI. Een overzicht hiervan is in de bijlage gegeven.

Tabel 5; *Totaalgehalten van elementen in brandstoffen van varende schepen opgegeven in milligram per kilogram (mg/kg) en van zwavelgehalte opgegeven in massaprocenten (m/m %)*

	STOOKOLIE (n=29)				GASOLIE (n=10)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Mg	216,26	71,65	92,40	370,50	19,39	10,57	10,00	35,40
Al	79,13	37,67	25,70	210,50	3,60	0,00	3,60	3,60
Si	32,61	8,76	16,60	53,20	14,34	9,28	2,70	31,80
P	2,82	7,07	0,60	30,50	1,60	1,05	0,60	3,40
S (%)	1,88	0,49	1,29	3,46	0,18	0,046	0,10	0,23
Cl	40,07	18,94	18,10	131,10	25,29	14,64	8,10	41,70
Ca*	6,53	15,69	1,20	67,40	1,20	0,00	1,20	1,20
As*	0,20	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,20
V	88,02	27,90	41,10	139,20	0,68	0,08	0,50	0,80
Cr	2,46	0,49	2,30	4,30	2,38	0,25	2,30	3,10
Fe	18,38	9,06	6,20	36,50	3,18	0,97	2,20	5,50
Ni	37,35	11,02	21,70	70,90	0,49	0,03	0,40	0,50
Cu	0,89	0,80	0,30	3,60	0,71	0,13	0,50	0,90
Zn	0,99	1,09	0,20	4,50	0,67	1,32	0,20	4,40
Sn	13,97	4,70	6,90	22,50	12,52	4,28	6,80	19,00
Sb	5,93	1,90	3,90	11,80	5,16	1,43	4,40	8,60
Te	14,08	5,02	7,60	28,90	16,70	6,24	9,40	26,40
I	12,70	2,32	10,20	19,70	14,00	3,45	10,70	22,40

* Calcium en Arseen zijn voornamelijk op het niveau van de bepalingsgrens gemeten, maar zijn in de tabel opgenomen voor een vergelijking met de metingen van BSI.

Tabel 6; *Totaalgehalten van elementen in brandstoffen van stilliggende schepen opgegeven in milligram per kilogram (mg/kg) en van zwavelgehalte opgegeven in massaprocenten (m/m %)*

	STOOKOLIE (n=3)				GASOLIE (n=6)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Mg	182,47	154,00	10,00	306,20	28,68	36,75	10,00	103,40
Al	57,30	13,32	42,70	68,80	3,60	0,00	3,60	3,60
Si	32,47	10,15	21,60	41,70	20,47	23,98	6,70	69,10
P	0,60	0,00	0,60	0,60	2,83	2,25	0,60	6,20
S (%)	1,62	0,39	1,17	1,89	0,21	0,11	0,06	0,39
Cl	36,83	3,10	34,80	40,40	21,42	13,32	10,40	39,80
Ca	1,20	0,00	1,20	1,20	1,20	0,00	1,20	1,20
As	0,20	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,20
V	84,87	62,71	38,40	156,20	0,70	0,00	0,70	0,70
Cr	2,30	0,00	2,30	2,30	2,58	0,52	2,30	3,60
Fe	12,77	4,73	9,60	18,20	3,07	0,50	2,20	3,70
Ni	34,30	23,87	18,90	61,80	0,47	0,08	0,30	0,50
Cu	0,63	0,21	0,40	0,80	0,77	0,10	0,60	0,90
Zn	0,90	0,75	0,20	1,70	0,20	0,00	0,20	0,20
Sn	11,03	6,42	6,60	18,40	9,37	3,29	4,80	13,70
Sb	7,17	4,79	4,40	12,70	6,67	2,99	4,40	11,10
Te	15,10	10,10	5,90	25,90	12,35	4,69	7,70	18,00
I	17,40	7,37	9,40	23,90	11,80	1,50	10,60	14,70

Het RIVM toont significant hogere element totaalgehalten in stookolie voor magnesium (216 versus 19 mg/kg), aluminium (79 versus 4 mg/kg), silicium (32 versus 14 mg/kg), zwavel (1,9 versus 0,2 massaprocenten), chloor (40 versus 25 mg/kg), vanadium (88 versus 0,7 mg/kg), ijzer (18 versus 3 mg/kg) en nikkel (37 versus 0,5 mg/kg) vergeleken met de gehalten in gasolie van varende schepen. De overige elementen vertonen nauwelijks verschillen in de beide brandstofsoorten. De samenstelling van de elementen in de scheepsbrandstoffen van varende en stilliggende schepen komen goed overeen. De elementsamenstelling die door BSI is onderzocht komt gedeeltelijk met dit beeld overeen. Overeenkomsten zijn er voor zwavel, nikkel, silicium en vanadium. Aluminiumgehalten zijn op grond van de ICP analyse niet verschillend in gasolie en in stookolie, maar wel lager dan die van de XRF analyse. Voor chroom, calcium, fosfor en zink zijn vergeleken met de XRF analyse iets hogere gehalten in de stookolie aangetoond. De verklaring moet vooral gevonden worden in de verschillen van de analysetechnieken. Met XRF vinden we alle speciaties van de elementen (totaalgehalten), terwijl bij een ICP analyse de voor destructie beschikbare element speciaties gemeten worden. Verder

merken we op dat de XRF analyse niet een kwantitatieve analysemethode is, wat betekent dat de spreiding van de meetwaarden rond het gemiddelde groter is. Voor dit onderzoek echter beantwoordt de methode goed aan het doel om de aard van de brandstoffen vast te kunnen stellen.

De elementsamenstelling van de scheepsbrandstoffen komt grotendeels overeen met de RIVM onderzoeken in 2005 en 2006.

2.3 Totaal en fijn stof

De resultaten van de emissiemetingen van het totaal stof in de rookgassen van varende en stilliggende schepen zijn weergegeven in de tabellen 7 en 8. Per brandstofsoort is de gemiddelde meetwaarde, de standaarddeviatie, de minimum en maximum meetwaarde en het aantal succesvol gemeten zeeschepen vermeld.

Tabel 7; *Emissieconcentratie van totaalstof op varende schepen (mg/m³)*

Brandstof	Gemiddelde	stdev	minimum	maximum	Aantal schepen
Gasolie ¹	16,01	23,85	0,00	72,00	9
MDO	40,07	30,72	9,40	96,80	3
Stookolie	64,96	34,00	18,20	168,00	29

1) de verschilweging van de filters behorend bij het schip met code VI1411ZW004 was niet betrouwbaar

Tabel 8; *Emissieconcentratie van totaalstof op stilliggende schepen (mg/m³)*

Brandstof	gemiddelde	stdev	minimum	maximum	Aantal schepen
Gasolie	37,27	37,46	8,40	100,00	6
MDO	66,40	39,88	38,20	94,60	1
Stookolie	145,30	108,74	20,80	275,20 ¹	3

1) deze meetwaarde komt voor rekening van het schip dat voor anker lag en een zwarte roetuitstoot liet zien.

Geheel volgens verwachting zien we, dat de gemiddelde emissieconcentratie van schepen op stookolie het hoogst zijn en die van de schepen op gasolie het laagst. De meetwaarden zijn circa 65 milligram per kubieke meter voor schepen die op stookolie varen en circa 16 milligram per kubieke meter voor schepen die op gasolie varen. De schepen die op MDO varen liggen met hun emissies van totaal stof er tussenin, namelijk circa 40 milligram per

kubieke meter. Uit de standaarddeviatie en de minimum en maximum meetwaarden constateren we dat de emissies flink kunnen verschillen. Dit kan verklaard worden door de verschillen in de kwaliteit van de brandstoffen, de verbrandingsprocessen in de scheepsmotoren en de vaarcondities.

De emissieconcentratie van het totaalstof in de rookgassen van de stilliggende schepen liggen gemiddeld iets hoger dan die van de varende schepen. Als we rekening houden met de onzekerheid rond de berekende gemiddelden, constateren we dat er nauwelijks verschillen zijn in orde grootte.

De berekende gemiddelde van de totaalstof metingen is voor HFO, MDO en gasolie zonder onderscheid te maken in varende en stilliggende schepen respectievelijk 73, 47 en 25 milligram per kubieke meter. Deze emissieconcentraties zijn te vergelijken met de totaal massa metingen opgegeven in tabel 9. Hierbij verwachten we, dat de totaalstof metingen vergelijkbaar of hogere emissieconcentraties opleveren dan het totaal van de fijnstoffracties op basis van de MOI metingen.

In tabel 9 is een karakterisering van het totaal stof door middel van de MOI metingen in drie fijnstoffracties weergegeven, te weten *coarse* (2,5-10 μm), *fine* (0,18-2,5 μm) en *ultrafine* (< 0,18 μm) evenals het totaal van deze fracties. Dit is gedaan per brandstofsoort.

Tabel 9; *Emissieconcentratie per brandstofsoort en procentuele verdeling van de fijnstoffracties (mg/m³)*

Brandstof	Percentage Coarse (%)	Percentage Fine (%)	Percentage Ultrafine (%)	Massa (mg/m ³)	Aantal
Gasolie	2.5 ± 1.7	39.6 ± 16.7	57.7 ± 16.6	56.8 ± 45.5	14
HFO	4.4 ± 3.1	44.7 ± 21.2	50.9 ± 20.6	108.7 ± 43.4	25
MDO	2.2 ± 0.4	41.1 ± 17.1	56.7 ± 16.6	116.6 ± 76.3	4

We tonen aan dat het totaalstof in de uitstoot van varende en stilliggende zeeschepen grotendeels als fijn stof (< 10 μm) is te karakteriseren. Uit de procentuele verdeling van de drie fracties in tabel 9 constateren we, dat ruim 50 massaprocenten van het uitgestoten fijn stof uit *ultra fine* deeltjes bestaat. Circa 40 massaprocent van het fijn stof bestaat uit

deeltjes uit de fractie *fine*. Een relatief klein percentage van het fijn stof wordt bijgedragen door de fractie *coarse*. Uit een vergelijking van de totaalstof emissieconcentraties zien we dat de meetwaarden van de MOI tegen de verwachting in systematisch iets hoger liggen. Dit geldt voor alle brandstofsoorten. De afwijking is het grootst voor MDO. Hiervoor geldt echter, dat het aantal metingen gering was.

We kunnen ondanks deze afwijking en rekening houdend met de onzekerheden in de berekende gemiddelden wel kwalitatief stellen, dat het totaalstof in de rookgassen grotendeels fijn stof is.

Deze uitkomst is van grote betekenis, omdat de gemeten concentraties van stofgebonden PAK en stofgebonden elementen in dit onderzoek en die van 2005 en 2006 nauwelijks zullen verschillen met de emissieconcentratie die op basis van een isokinetische monsterneming gemeten zouden zijn. Dit heeft te maken met de fysische transporteigenschappen van zeer kleine stofdeeltjes. Ze vertonen namelijk meer gelijkenis met de gasvormige stoffen.

Voor een overzicht van alle MOI metingen zijn de emissieconcentraties van het totaal stof en de corresponderende verdeling naar de fijnstof fracties per type meting weergegeven in tabel 10. Hiermee wordt bedoeld het onderscheid van metingen die zijn uitgevoerd op varende schepen en stilliggende schepen.

Tabel 10; *Massaconcentratie en procentuele verdeling van fijnstoffracties per type meting (mg/m³).*

	Massa (mg/m ³) (gem + sd)	Aantal	Percentage Fine (%)	Percentage Ultrafine (%)
Alle schepen	92.5 ± 52.6	43	41.5 ± 17.6	54.8 ± 17.4
“Stilliggende” metingen	66.2 ± 56.4	9	41.0 ± 17.1	55.2 ± 16.7
“Varende” metingen	99.5 ± 50.1	34	41.6 ± 18.0	55.7 ± 17.8

De verhouding van de emissieconcentraties van de drie fijnstoffracties vertoont nauwelijks verschil bij de metingen op varende en stilliggende schepen waarbij er geen onderscheid naar brandstofsoort gemaakt is.

2.4 Chemische reactiviteit van fijn stof

In onderstaand tabel geven we een overzicht van de uitkomsten van de toxiciteitsproeven. De meetwaarden geven inzicht in de chemische reactiviteit van de fijnstof fracties ultra fine, fine en coarse per brandstofsoort. Hierbij is geen onderscheid gemaakt in varende en stilliggende boten.

Tabel 11; *Gemiddelde chemische reactiviteit per brandstofsoort en fijnstoffractie in nmol DTT/ min- μ g \pm standaard deviatie.*

Brandstof	Coarse	Fine	UltraFine
Gasolie	-	0,020 \pm 0,006	0,021 \pm 0,012
HFO	0,043 \pm 0,018	0,025 \pm 0,008	0,029 \pm 0,018
MDO	0,028 (n=1)	0,044 \pm 0,024	0,025 \pm 0,014

We constateren uit de testen dat er geen significante verschillen gevonden worden in de gemiddelde chemische reactiviteit van de afzonderlijke fijnstoffracties per brandstofsoort. Het RIVM verwacht, dat bij een grotere dataset wel verschillen aangetoond zouden kunnen worden.

2.5 Chemische analyse van de geëmitteerde stoffen in de rookgassen

In tabel 12 en 13 is een samenvattend overzicht gegeven van de emissieconcentratie van stofgebonden elementen en PAK van varende en stilliggende zeeschepen. Het is een selectie van alle gemeten stoffen die boven de bepalingsgrens zijn gemeten. In de tabel zijn de gemiddelde concentraties, de standaarddeviatie van het gemiddelde en het minimum en maximum van de gemeten concentraties vermeld.

Een overzicht van alle gemeten emissieconcentraties staat in de bijlage vermeld. De meetwaarden van schepen die op MDO voeren zijn niet in onderstaande tabellen opgenomen, maar komen wel in de bijlage terug.

Tabel 12; *Emissieconcentraties van stofgebonden contaminanten in de rookgassen van varende zeeschepen opgegeven in microgram per kubieke meter.*

	STOOKOLIE (n=29)				GASOLIE (n=10)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Pak epa	1,21	0,89	0,28	5,31	0,87	0,67	0,28	2,81
Pak vrom	1,02	0,65	0,22	3,68	0,76	0,67	0,22	2,72
Al	159	74	38	347	136	41	67	179
Ba	189	1,9	189	199	189	0,0	189	189
Ca	3280	1804	1188	7271	1876	820	1173	4002
Cd	77	6,1	75	108	75	0,0	75	75
Cl	42	28	13	91	53	31	13	95
Co	28	25	7,9	136	14	20	6,3	70
Cr	25	0,8	25,14	29,28	25	0,2	25	26
Cu	14	15	9,4	75	11	5,2	9,4	26
Fe	412	226	166	1246	191	64	123	268
Hg	6,3	0,2	6,3	7,4	6,3	0,0	6,3	6,3
Mn	24	40	13	226	13	1,3	13	17
Ni	695	217	218	1193	181	72	124	346
Pb	13	3,0	9,4	19	12	2,5	9,4	16
S	1861	896	607	4001	212	253	13	894
Sn	211	117	126	462	276	160	126	451
Sr	14	5,9	5,3	31	9,2	3,3	5	13
Ti	37	16	13	69	28	17	10	48
Tl	6,7	1,5	6,3	14	6,4	0,3	6,3	7,1
V	1420	656	297	2747	31	0,0	31	31
Zn	69	51	13	207	97	42	14	160

Tabel 13; *Emissieconcentraties van stofgebonden contaminanten in de rookgassen van stilliggende zeeschepen opgegeven in microgram per kubieke meter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*

	STOOKOLIE (n=2)				GASOLIE (n=6)			
	gem	stdev	min	max	gem	stdev	min	max
Pak epa	16,14	19,09	2,64	29,64	1,29	1,19	0,59	3,08
Pak vrom	11,30	12,36	2,56	20,04	0,99	0,86	0,52	2,28
Al	146	27	126	165	112	51	61	185
Ba	189	0,0	189	189	189	0	189	189
Ca	2149	967	1465	2833	2302	1445	1157	4817
Cd	75	0,0	75	75	75	0,0	75	75
Cl	31	3,2	29	33	59	33	13	93
Co	10	5,5	6,5	14	8,0	1,7	6,3	11
Cr	25	0,0	25	25	25	0,2	25	26
Cu	9,4	0,0	9,4	9,4	10	1,0	9,4	12
Fe	213	79	157	269	238	86	129	323
Hg	6,3	0,0	6,3	6,3	6,4	0,2	6,3	6,7
Mn	13	0,1	13	13	14	1,2	13	15
Ni	668	647	211	1126	151	31	126	193
Pb	9,4	0,0	9,4	9,4	13	2,9	9,4	16
S	1464	1536	378	2550	392	455	13	1020
Sn	126	0,0	126	126	301	143	126	466
Sr	14	1,8	12	15	8,9	3,8	5,9	14
Ti	40	8,0	35	46	24	19	10	50
Tl	6,3	0,0	6,3	6,3	6,5	0,3	6	7,1
V	1571	2152	49	3092	31	0,0	31	31
Zn	47	40	18	75	163	188	15	498

Opmerking: de analyse van de filters behorend bij het schip dat voor anker lag (code VI0211ZW003) zijn niet geanalyseerd.

De emissieconcentraties in tabel 12 tonen aan, dat de gemiddelde uitstoot van zeeschepen die op stookolie varen voor stofgebonden zwavel (1861 versus 212 microgram per kubieke meter), vanadium (1420 versus 31 microgram per kubieke meter), ijzer (412 versus 191 microgram per kubieke meter) en nikkel (695 versus 181 microgram per kubieke meter) significant hoger zijn de gemiddelde uitstoot van zeeschepen die op gasolie varen. De verschillen zijn minder extreem voor PAK, calcium, kobalt, koper, strontium en titanium. De overige elementen zijn in de uitstoot vergelijkbaar of zijn iets lager dan die van zeeschepen met gasolie (chloor, tin en zink).

De emissieconcentraties in tabel 13 zijn in aard en omvang enigszins verschillend aan die van de rookgassen van varende schepen. Voor PAK zien we een duidelijk hogere emissieconcentratie van de zeeschepen met stookolie, te weten 11 tegen 1 microgram per kubieke meter. Voor zink (163 versus 97 microgram per kubieke meter) en ijzer (238 versus 191 microgram per kubieke meter) is een hogere uitstoot gemeten van de zeeschepen met gasolie. Met nadruk maken we de kanttekening dat het aantal onderzochte stilliggende schepen kleiner is dan het aantal varende schepen, zodat de meetwaarden minder precies zijn.

Zwavedioxide LIDAR metingen

In het onderzoek van 2007 zijn voor het eerst metingen verricht van het gasvormige zwavedioxide in de uitstoot van varende schepen in combinatie met de overige emissiemetingen, waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan.

In tabel 14 geven we een beknopt overzicht van de belangrijkste meetuitkomsten. Het gaat om emissiewaarden uitgedrukt in gram per seconde.

In 2006 zijn de eerste LIDAR metingen van de zwavedioxide-uitstoot van zeeschepen uitgevoerd. In dat jaar zijn op vijf meetdagen in totaal 42 varende zeeschepen op de Westerschelde gemeten. Uit dit totaal was van 24 boten succesvol een emissiegetal bepaald. Deze resultaten staan in tabel 14 ook vermeld.

In de tabel is een onderscheid gemaakt van de emissiegetallen van zeeschepen die op stookolie en gasolie voeren. Dit was afhankelijk van de beschikbare informatie hierover en was helaas vrij onvolledig.

In de bijlage is een overzicht gegeven van alle LIDAR metingen van 2007.

Tabel 14; *Emissiegetallen van de zwavedioxide uitstoot van zeeschepen in gram per seconde*

Brandstofsoort	Gemiddelde (g/s)	Stdev (g/s)	Minimum (g/s)	Maximum (g/s)	Aantal	Totaal aantal schepen	Percentage Succesvolle Metingen (%)
Allen (2006)	12,0	11,5	1,4	37,0	24	42	57
Allen	5,6	6,7	0,1	23,7	52	93	56
Stookolie ¹	7,2	8,8	0,3	23,6	10	93	11
gasolie ¹	0,1	-	-	-	1	93	1

- 1) Conform de verwachting vertonen de zeeschepen op stookolie hogere emissies van zwavedioxide. Helaas was er onvoldoende informatie over de brandstofsoorten beschikbaar om een volledig en betrouwbaar beeld hiervan te geven.

Het RIVM heeft van 93 varende zeeschepen 52 succesvolle metingen verricht van de zwaveldioxide-uitstoot. Deze score is vergelijkbaar met die van het LIDAR onderzoek in 2006 (zie tabel 13).

De gemiddelde emissie van zwaveldioxide in de rookgassen bedraagt 5,6 gram per seconde. De spreiding in de metingen is groot en varieert van 0,1 tot 23,7 gram per seconde. Deze spreiding wordt vooral veroorzaakt door de verschillen in soort en samenstelling van de brandstof, en door de variatie in de *hoeveelheid* per seconde gebruikte brandstof. Deze hoeveelheid is afhankelijk van het gewicht van het schip, de stroming, de wind en de manoeuvres die worden uitgevoerd. Daarnaast is zij voor een klein deel te verklaren door de natuurlijke spreiding van de meetmethodiek van de LIDAR.

Uit een vergelijking van de emissiegetallen met die van 2006, zien we dat de gemiddelde meetwaarde van de zwaveldioxide-uitstoot van 12,0 naar 5,6 gram per seconde is gedaald. Dit is een positieve ontwikkeling als dit verklaard kan worden door brandstoffen met een lager zwavelgehalte.

De gerapporteerde emissiegetallen geven geen specificatie van de brandstofsoort waarop de gemeten zeeschepen hebben gevaren. De daling kan beïnvloed zijn door een vermindering van het aandeel gemeten zeeschepen die op stookolie voer. Als we echter mogen aannemen dat de verhouding van brandstof gerelateerde zeeschepen in beide jaren hetzelfde is, kan de daling van het emissiegetal verklaard worden door de aangetoonde daling van het zwavelgehalte in de stookolie. Deze daling was overigens te verwachten door de aanscherping van de norm van het zwavelgehalte in stookolie in de SECA (SO_x Emission Control Area) vaargebieden van 4,5 massaprocenten naar 1,5 massaprocenten. Deze aanscherping geldt vanaf september 2007. Alle lidarmetingen van 2007 zijn na deze datum uitgevoerd.

In 2006 is een gemiddeld zwavelgehalte in de stookolie van 2,2 (RIVM) en 2,1 (BSI) gemeten. In 2007 zien we, dat dit gemiddelde is gedaald naar 1,8 (RIVM) en 1,7 (BSI). Voor gasolie zijn de gemiddelde meetwaarden licht gestegen. In 2006 bedroeg het gemiddelde 0,14 (RIVM) en 0,15 (BSI). In 2007 bedraagt het gemiddelde 0,20 (RIVM) en 0,23 (BSI) massaprocenten. Als we kijken naar de gemiddelde emissieconcentratie van de stofgebonden zwavel in de rookgassen, dan zien we voor de op stookolie varende schepen een daling van 3,28 milligram per kubieke meter in 2006 naar 1,86 milligram per kubieke meter in 2007. Dit is goed te verklaren met de geconstateerde daling van het zwavelgehalte van de stookolie in beide jaren. De gemiddelde emissieconcentratie van de zeeschepen die op gasolie varen blijft in ons onderzoek constant, namelijk 0,24 (2006) en 0,21 milligram per kubieke meter (2007).

3 CONCLUSIE

Het RIVM heeft in opdracht van de VROM-Inspectie regio Zuid-West een vervolgonderzoek verricht naar de atmosferische emissie van zeeschepen die op de Westerschelde en het Noordzeekanaal voeren. De metingen zijn verricht in de rookgassen van de zeeschepen en omvatten totaalstof (TSP), fijn stof (< 10µm), stofgebonden PAK, elementen (metalen en zwavel, chloor, broom, fosfor) en gasvormig zwaveldioxide. De metingen zijn in april, mei, oktober en november 2007 op de zeeschepen uitgevoerd. In totaal zijn 52 schepen in veertien meetdagen onderzocht op de samenstelling van de stofdeeltjes in de rookgassen en de samenstelling van de scheepsbrandstoffen. In combinatie met deze metingen zijn door het RIVM op zeven dagen ook LIDAR metingen uitgevoerd van de zwaveldioxide-uitstoot van varende zeeschepen langs de oevers van de Westerschelde en het Noordzeekanaal.

Chemische samenstelling van de scheepsbrandstoffen

Het gemiddelde PAK gehalte van de stookolie van varende zeeschepen is hoger dan die van de gasolie. De gehalten van de som van 10 VROM PAK in stookolie bedraagt afgerond 4350 milligram per kilogram en in gasolie 1450 milligram per kilogram.

Geheel volgens de verwachting bevat de stookolie meer zware PAK fracties dan de gasolie en zijn de PAK patronen karakteristiek voor de brandstofsoort.

Dit beeld zien wij in aard en omvang terug bij de PAK samenstelling van de brandstoffen van de stilliggende zeeschepen.

In de scheepsbrandstoffen toont het RIVM in de stookolie van varende zeeschepen significant hogere totaalgehalten voor magnesium (216 versus 19 mg/kg), aluminium (79 versus 4 mg/kg), silicium (32 versus 14 mg/kg), zwavel (1,9 versus 0,2 massaprocenten), chloor (40 versus 25 mg/kg), vanadium (88 versus 0,7 mg/kg), ijzer (18 versus 3 mg/kg) en nikkel (37 versus 0,5 mg/kg) vergeleken met de gehalten in gasolie. De overige elementen vertonen nauwelijks verschillen in de beide brandstofsoorten. De samenstelling van de elementen in de scheepsbrandstoffen van stilliggende schepen wijkt hiervan nauwelijks af.

De elementen die bepaald zijn door BSI komen in aard overeen voor zwavel, nikkel, silicium en vanadium. Voor aluminium, chroom, calcium, fosfor en zink zijn verschillen aangetoond vergeleken met de meetwaarden van het RIVM. De aangetoonde verschillen zijn niet groot en zijn vooral te verklaren in de verschillen van de nauwkeurigheid van de analysemethoden en de meetprincipes van de XRF en de ICP-AES technieken.

In 2006 is een gemiddeld zwavelgehalte in de stookolie van 2,2 (RIVM) en 2,1 (BSI) gemeten. In 2007 zien we dat dit gemiddelde is gedaald naar 1,8 (RIVM) en 1,7 (BSI).

Voor gasolie zijn de gemiddelde meetwaarden grotendeels gelijk gebleven. In 2006 bedroeg het gemiddelde 0,14 (RIVM) en 0,15 (BSI). In 2007 bedraagt het gemiddelde 0,20 (RIVM) en 0,23 (BSI) massaprocenten.

Geëmitteerde totaalstof, fijn stof, PAK en elementen in de rookgassen

Het RIVM toont aan dat de gemiddelde emissieconcentratie van het totaalstof van schepen op stookolie het hoogst is en die van de schepen op gasolie het laagst. De meetwaarden zijn afgerond 65 milligram per kubieke meter voor schepen die op stookolie varen en 16 milligram per kubieke meter voor schepen die op gasolie varen. De schepen die op MDO varen liggen met hun emissies van totaal stof er tussenin, namelijk 40 milligram per kubieke meter. Uit de spreiding van de meetwaarden constateert het RIVM dat de emissies flink kunnen verschillen. Dit kan verklaard worden door de verschillen in de kwaliteit van de brandstoffen, de verbrandingsprocessen in de scheepsmotoren en de vaarcondities. In dit beeld zijn geen afwijkingen aangetoond van de emissieconcentratie van het totaalstof in de rookgassen van stilliggende schepen.

Het RIVM heeft vastgesteld, dat het fijn stof voornamelijk uit fine en ultrafijn stof (<2,5 µm) bestaat. Slechts een klein deel van het fijn stof (<5%) bestaat uit de *coarse* fractie welke bestaat uit stofdeeltjes met een aerodynamische diameter groter dan 2,5 micrometer. De voorgenoemde procentuele verdeling is vastgesteld in de rookgassen van varende en stilliggende zeeschepen.

De totaal concentraties van het fijn stof zijn op basis van de MOI metingen systematisch iets hoger dan de metingen van de totaalstof emissie concentraties. Dit geldt voor alle brandstofsoorten. De afwijking is het grootst voor MDO. Hiervoor geldt echter dat het aantal metingen gering was. Dit is tegen de verwachting, maar wel verklaarbaar als rekening wordt gehouden met de onzekerheid van de meetmethoden. Het RIVM concludeert op grond hiervan dat er voldoende indicaties zijn, dat het totaalstof in de rookgassen nagenoeg geheel uit fijn stof bestaat. Hierbij is geen onderscheid aan te tonen in de uitstoot van varende en stilliggende zeeschepen.

Voor wat betreft de schadelijkheid van de uitstoot zijn er geen verschillen gevonden in de chemische reactiviteit tussen de verzamelde fijnstoffracties en/of brandstofsoort ondanks de verschillen in PAK concentratie. Hierbij moet echter opgemerkt worden dat bij een grotere dataset wellicht verschillen aangetoond kunnen worden.

Het RIVM vindt voor zeeschepen die op stookolie varen gemiddeld hogere emissieconcentraties van stofgebonden zwavel (1861 versus 212 microgram per kubieke meter), vanadium (1420 versus 31 microgram per kubieke meter), ijzer (412 versus 191 microgram per kubieke meter) en nikkel (695 versus 181 microgram per kubieke meter) dan voor zeeschepen op gasolie. De verschillen zijn minder extreem voor PAK, calcium,

kobalt, koper, lood, strontium en titanium. De overige elementen zijn in de uitstoot vergelijkbaar of iets lager.

De samenstelling van de rookgassen van stilliggende zeeschepen is voor PAK, zink en ijzer enigszins verschillend aan die van de rookgassen van varende schepen. Voor PAK is een duidelijk hogere emissieconcentratie gemeten van de zeeschepen met stookolie, te weten 11 tegen 1 microgram per kubieke meter. Voor zink (163 versus 97 microgram per kubieke meter) en ijzer (238 versus 191 microgram per kubieke meter) is een hogere uitstoot gemeten van de zeeschepen met gasolie.

De gemiddelde emissieconcentratie van de stofgebonden zwavel in de rookgassen is vergeleken met de metingen in 2006 gedaald van 3,28 milligram per kubieke meter naar 1,86 milligram per kubieke meter in 2007. Dit is goed te verklaren met de geconstateerde daling van het zwavelgehalte van de stookolie in beide jaren.

De gemiddelde emissieconcentratie van de zeeschepen die op gasolie varen blijft constant, namelijk 0,24 (2006) en 0,21 milligram per kubieke meter (2007). Dit is goed te verklaren met het redelijk constante niveau van het zwavelgehalte van 0,15 (2006) naar 0,20 (2007) milligram per kilogram in de brandstof.

De gemeten PAK en elementen in de rookgassen zijn grotendeels te verklaren op grond van de chemische samenstelling van de scheepsbrandstoffen. Indicaties hiervoor zijn de aangetoonde PAK, zwavel, aluminium, vanadium, ijzer, nikkel en zink in de stookolie en de gasolie.

Uit het voorgaande blijkt, dat de concentratie aan schadelijke stoffen in de rookgassen van schepen die op stookolie varen voor de meeste stoffen hoger liggen dan die van de schepen op gasolie. Dit is consistent met de bevindingen van het RIVM onderzoek in 2005 en 2006.

Het RIVM heeft van 93 varende zeeschepen 52 succesvolle metingen verricht van de zwaveldioxide uitstoot. Deze score is hetzelfde als die van de LIDAR metingen in 2006. De gemiddelde emissie van zwaveldioxide bedraagt 5,6 gram per seconde. Dit is een daling van de gemiddelde emissie gemeten in 2006 (12 gram per seconde). De daling kan verklaard worden door de geconstateerde daling van het zwavelgehalte in de stookolie. Hierbij neemt het RIVM aan dat de verhouding van het aandeel zeeschepen dat tijdens de LIDAR metingen op stookolie voer en het aandeel dat op gasolie voer, in beide jaren niet wezenlijk verschillend was.

Literatuur

S.C. Kasifa; Scheepvaart en Milieu – Mogelijkheden voor emissiereductie –
RIVM rapportnr: 773002019/2002, aug 2001.

M.P. Keuken; J. Wesseling; J.C.T. Hollander; H. Verhagen; Luchtkwaliteit in relatie tot
scheepvaart
TNO rapportnr: B&O-A R 2005/085, april 2005

Richtlijn 1999/32/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende een vermindering van het
zwavelgehalte van bepaalde vloeibare brandstoffen en tot wijziging van Richtlijn
93/12/EEG

Website: www.Noordzeeloket.nl
Betreft: MARPOL 73/78 bijlage VI

Website: www.eu-milieubeleid.nl
Betreft: Overzicht EU regelgeving: Zwavelgehalte van bepaalde vloeibare brandstoffen

RIVM briefrapport 20051064 IMD mhb “Luchtemissie van schadelijke stoffen bij
zeeschepen”
7 april 2006

RIVM briefrapport 609121002/2007 “Luchtemissie van schadelijke stoffen bij zeeschepen
5 juni 2007

RIVM rapport 609021039/2007 Zwaveldioxide-uitstoot van zeeschepen gemeten met lidar
31 augustus 2007

RIVM rapport 609021056/2007 Invloed van zeeschepen op luchtkwaliteit
15 januari 2008

RIVM/MGO rapport Luchtemissie zeeschepen – verzameling fijnstoffracties
Research protocol number: 0701-609021
22 januari 2008

RIVM/MGO rapport Luchtemissie zeeschepen – chemische reactiviteit in fijnstoffracties
Research protocol number: 0701-609021
29 september 2008

Bijlagen

PAK gehalten in scheepsbrandstoffen	pagina 30 t/m 33
Element en zwavelgehalten in scheepsbrandstoffen	pagina 34 t/m 41
Totaal stof en stofgebonden elementen en zwavel in de rookgassen	pagina 42 t/m 54
Stofgebonden PAK in de rookgassen	pagina 55 t/m 57
BSI analyses in scheepsbrandstoffen	pagina 58 t/m 60
LIDAR zwaveldioxide metingen	pagina 61

PAK gehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode april 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram

Code VI	VI1704ZW001	VI1704ZW002	VI 1704ZW003	VI1804ZW001	VI1804ZW002	VI1804ZW003	VI2404ZW001	VI2404ZW002
Varend/stilliggend	kade			kade	kade	kade		
Brandstof	gasolie	stookolie	stookolie	gasolie	gasolie	gasolie	gasolie	gasolie
Code RIVM	IMD07170401	IMD07170403	IMD07170405	IMD07180401	IMD07180403	IMD07180405	IMD07240428	IMD07240416
	IMD07170402	IMD07170404	IMD07170406	IMD07180402	IMD07180404	IMD07180406	IMD07240433	IMD07240437
7 lichtste PAK	1198	3508		1563	819	2340	2251	
8 zwaarste PAK	3	436		73	7	13	15	
licht/zwaar	343	8		21	121	176	149	
Totaal EPA PAK	1201,33	3943,22		1635,79	825,91	2352,80	2266,18	
PAK (10 VROM)	887,47	3251,29		1039,20	591,05	1800,85	1871,49	

Code VI	VI2404ZW003	VI 2404ZW004	VI2404ZW005	VI 2504ZW001	VI2504ZW002	VI2504ZW003	VI2504ZW004
Varend/stilliggend							
Brandstof	stookolie	stookolie	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie
Code RIVM	IMD07240403	IMD07240417	IMD07240407	IMD07250408	IMD07250436	IMD07250440	IMD07250420
	IMD07240409	IMD07240418	IMD07240421	IMD07250410	IMD07250451	IMD07250443	IMD07250430
7 lichtste PAK	7877		7968		2373	986	16500
8 zwaarste PAK	303		281		261	6	342
licht/zwaar	26		28		9	155	48
Totaal EPA PAK	8180,08		8249,51		2633,68	992,80	16842,53
PAK (10 VROM)	7368,19		7412,16		2198,04	732,02	16008,62

PAK gehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode mei en oktober 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram

Code VI	VI2205ZW001	VI2205ZW002	VI2205ZW003	VI2305ZW001	VI2305ZW002	VI2305ZW003
Varend/stilliggend						
Brandstof	stookolie	MDO	gasolie	gasolie	stookolie	stookolie
Code RIVM	IMD07220522	IMD07220502	IMD07220524	IMD07230525	IMD07230561	IMD07230531
	IMD07220565	IMD07220564	IMD07220546	IMD07230548	IMD07230562	IMD07230523
7 lichtste PAK	7933	1158	755	1497	2403	1103
8 zwaarste PAK	517	24	10	8	386	170
licht/zwaar	15	48	76	179	6	6
Totaal EPA PAK	8450,41	1182,13	765,10	1505,06	2789,51	1273,52
PAK (10 VROM)	7548,69	888,22	505,10	1203,10	2165,65	931,65

Code VI	VI1610ZW001	VI1610ZW002	VI1710ZW001	VI1710ZW002	VI1710ZW003
Varend/stilliggend					
Brandstof	stookolie	stookolie	kade	gasolie	kade
Code RIVM	IMD07161032	IMD07161002	IMD07161012	IMD07171011	IMD07171047
	IMD07161068	IMD07161015	IMD07161035	IMD07171034	IMD07171067
7 lichtste PAK	4933	2696	3456	1137	2513
8 zwaarste PAK	661	288	34	23	93
licht/zwaar	7	9	101	50	27
Totaal EPA PAK	5594,14	2983,85	3490,25	1159,67	2606,78
PAK (10 VROM)	4345,79	2198,14	2509,98	898,33	1976,98

PAK gehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode november 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram

Code VI	VI0111ZW001	VI0111ZW002	VI0111ZW003	VI0111ZW004	VI0111ZW005	VI0211ZW001	VI0211ZW002	VI0211ZW003
Varend/stilliggend								voor anker
Brandstof	stookolie	MDO	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie	stookolie
Code RIVM	IMD07110145	IMD07110147	IMD07110121	IMD07110123	IMD07110113	IMD07110215	IMD071102AV03	IMD071102AB13
	IMD07110146	IMD07110148	IMD07110122	IMD07110124	IMD07110114	IMD07110216	IMD071102AV04	IMD071102AB63
7 lichtste PAK	4189	1118	7914	5942	1783	2531	6930	4744
8 zwaarste PAK	276	25	399	547	246	27	441	245
licht/zwaar	15	45	20	11	7	94	16	19
Totaal EPA PAK	4465,16	1142,43	8312,13	6489,15	2029,40	2557,81	7371,04	4988,71
PAK (10 VROM)	3961,06	1017,04	7218,96	5513,66	1500,18	2144,77	6221,08	4278,22

Code VI	VI0211ZW004	VI0211ZW005	VI0911ZW001	VI0911ZW002	VI1411ZW001	VI1411ZW002	VI1411ZW003	VI1411ZW004
Varend/stilliggend			kade	kade				
Brandstof	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie
Code RIVM	IMD071102AV37	IMD071102AV39	IMD09110741	IMD09110743	IMD14110129	IMD14110131	IMD14110125	IMD14110127
	IMD071102AV38	IMD071102AV40	IMD09110742	IMD09110744	IMD14110130	IMD14110132	IMD14110126	IMD14110128
7 lichtste PAK	802	230	7687	1027	8767	6088	2250	781
8 zwaarste PAK	120	47	95	12	437	302	418	10
licht/zwaar	7	5	81	85	20	20	5	79
Totaal EPA PAK	921,98	277,85	7782,07	1038,80	9203,59	6390,33	2667,74	790,48
PAK (10 VROM)	723,59	187,84	7380,18	742,65	8076,48	5650,82	2168,13	536,00

PAK gehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode november 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram

Code VI	VII1511ZW001	VII1511ZW002	VII1511ZW003	VII1511ZW004	VII1511ZW005	VII1511ZW006	VII1611ZW001	VII1611ZW002
Varend/stilliggend								
Brandstof	gasolie	stookolie	stookolie	MDO	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie
Code RIVM	IMD15110205	IMD15110217	IMD15110219	IMD15110204	IMD15110211	IMD15110215	IMD16110216	IMD16110219
	IMD15110206	IMD15110218	IMD15110220	IMD15110212	IMD15110214	IMD15110220	IMD16110217	IMD16110213
7 lichtste PAK	3879	3885	2035	8417	1585	3058	1994	6827
8 zwaarste PAK	6	345	408	444	223	361	20	242
licht/zwaar	667	11	5	19	7	8	102	28
Totaal EPA PAK	3884,46	4230,08	2442,27	8860,44	1807,08	3418,90	2013,27	7068,36
PAK (10 VROM)	3169,57	3605,39	1725,13	7992,51	1259,63	2747,55	1331,23	6338,58

Code VI	VII1611ZW003	VII1611ZW004
Varend/stilliggend		
Brandstof	stookolie	gasolie
Code RIVM	IMD16110251	IMD16110249
	IMD16110252	IMD16110250
7 lichtste PAK	3167	1914
8 zwaarste PAK	371	16
licht/zwaar	9	117
Totaal EPA PAK	3538,00	1930,02
PAK (10 VROM)	2884,44	1596,29

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode april 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	kade			kade	kade	kade
	gasolie	stookolie	stookolie	gasolie	gasolie	gasolie
	VI1704ZW001	VI1704ZW002	VI1704ZW003	VI1804ZW001	VI1804ZW002	VI1804ZW003
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	16,3	347,8	233,3	103,4	10	10
Al	3,6	87,4	30,1	3,6	3,6	3,6
Si	6,7	26	27,4	10,9	10	10,8
P	2,8	0,6	0,6	2,1	0,6	4,7
S	0,14	2,32	1,52	0,23	0,06	0,20
Cl	12,1	36	38,8	37,1	10,4	13,8
Ca	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	0,7	102,4	59,3	0,7	0,7	0,7
Cr	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	3,6
Fe	3	18,1	9,5	3,7	3	3,3
Ni	0,5	40,4	22,6	0,5	0,5	0,3
Cu	0,6	0,6	0,3	0,8	0,7	0,8
Zn	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
Sn	10,9	16	10,9	4,8	11,3	6,5
Sb	4,4	11,8	6	6	4,4	11,1
Te	12,9	11,3	14	8,6	9	17,9
I	10,7	11,5	13,5	11,5	11,5	10,6

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode april 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	gasolie	gasolie	stookolie	stookolie	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie
	VI2404ZW001	VI2404ZW002	VI2404ZW003	VI2404ZW004	VI2404ZW005	VI2504ZW001	VI2504ZW002	VI2504ZW003	VI2504ZW004
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	10	31,3	280,8	336,6	258,7	315,4	146,7	10	131,9
Al	3,6	3,6	27,6	127,8	101,9	100,5	87,7	3,6	55,7
Si	21,2	15	16,6	52,8	31	30,2	35,1	2,7	30,5
P	2,1	3,3	0,6	0,6	0,6	23,2	0,6	0,6	0,6
S	0,21	0,20	2,33	2,68	1,97	2,51	2,03	0,10	2,15
Cl	41,7	38,7	32,9	37,4	35,7	21,5	33,1	8,2	33,2
Ca	1,2	1,2	1,2	67,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	0,7	0,7	118,9	75,4	115,2	107,8	137,7	0,6	119,1
Cr	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	3,2
Fe	5,5	3,7	7,9	15,6	13	29,2	36	3,4	12,5
Ni	0,4	0,5	46,6	26,2	40,8	37,1	44,9	0,5	41,3
Cu	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Zn	0,2	0,2	0,2	0,8	0,5	0,6	1,3	0,2	1
Sn	8,4	14,7	10,3	20,8	8	17,2	22,5	15	15,9
Sb	4,4	6,7	5,9	4,3	7,6	6,2	4,4	4,4	4,4
Te	11,1	18,6	10,3	7,6	16,4	18	23,5	20,4	18,2
I	14,8	15,9	11,5	11,5	13,4	19,2	10,8	10,7	11,5

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode mei 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	stookolie	MDO	gasolie	gasolie	stookolie	stookolie
	VI2205ZW001	VI2205ZW002	VI2205ZW003	VI2305ZW001	VI2305ZW002	VI2305ZW003
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	199,7	115,8	10	10	164,3	194,1
Al	71,7	49,9	3,6	3,6	60,3	59,2
Si	27,4	25,2	3,1	13,6	20,3	28,2
P	0,6	0,6	1,3	1,4	0,6	0,6
S	1,94	1,34	0,16	0,23	2,57	1,48
Cl	38,2	31,7	9,8	28,7	31,7	40
Ca	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	79,1	0,7	0,8	0,7	107,6	73,7
Cr	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fe	8,5	1,9	2,2	2,4	18,8	35,3
Ni	29,5	0,5	0,5	0,5	37,2	36,5
Cu	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Zn	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Sn	10,6	15,6	14,6	8,5	18,6	20,6
Sb	3,9	5,5	8,6	4,4	6,1	4,4
Te	9,4	23,2	11,4	14,3	17,3	10,3
I	11,5	16,3	13,6	22,4	13,7	11,5

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode oktober 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

			kade	kade	kade
	stookolie	stookolie	MDO	gasolie	stookolie
	VI1610ZW001	VI1610ZW002	VI1710ZW001	VI1710ZW002	VI1710ZW003
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	92,4	195,2	59,8	18,3	10
Al	72,7	69,7	44	3,6	42,7
Si	24,7	43,4	14,3	15,3	21,6
P	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
S	1,46	1,51	0,71	0,39	1,17
Cl	49,1	32,7	37,1	39,8	40,4
Ca	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	62,2	103,8	0,7	0,7	38,4
Cr	3,9	2,3	2,3	2,7	2,3
Fe	28,5	12,8	3,4	2,2	9,6
Ni	42,7	47,6	0,5	0,5	18,9
Cu	0,5	0,6	0,8	0,8	0,7
Zn	0,9	0,2	0,2	0,2	0,8
Sn	10,7	21,2	16,2	13,7	6,6
Sb	7,5	6,2	7,7	4,4	4,4
Te	10,4	10,2	15,4	7,7	13,5
I	11,4	11,5	11	14,7	18,9

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode november 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	stookolie	MDO	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie
	VI0111ZW001	VI0111ZW002	VI0111ZW003	VI0111ZW004	VI0111ZW005	VI0211ZW001	VI0211ZW002
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	106,9	170,3	189,1	284,7	150,8	20,9	204
Al	63,9	89,4	25,7	72,8	113,9	3,6	48
Si	38,4	43,9	26,7	34,7	31,7	17,6	38,1
P	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,7	0,6
S	1,93	1,45	1,31	1,74	1,65	0,21	1,46
Cl	39,9	40,2	35,3	35	31,6	33,2	47
Ca	1,2	1,2	12,2	1,2	1,2	1,2	55,3
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	81,1	0,7	41,1	132,7	83,5	0,5	64,3
Cr	2,3	3,2	4,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fe	13,8	8,5	8,3	11,7	15,1	3,3	16,2
Ni	28,5	0,5	23,7	60,9	34,5	0,5	29,6
Cu	1	1	0,8	0,5	0,7	0,9	3,1
Zn	0,7	0,2	1,9	1,1	0,7	0,7	3,4
Sn	9,3	10,6	11,6	8,1	13,6	6,8	18,5
Sb	4,4	4,8	7,5	6	5	4,4	6,2
Te	8,9	16,4	11,1	13,2	20,3	17,4	18,6
I	13,8	14,1	14,5	16,7	19,7	11,5	11,5

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode november 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	voor anker			kade	kade		
	stookolie	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie	stookolie
	VI0211ZW003	VI0211ZW004	VI0211ZW005	VI0911ZW001	VI0911ZW002	VI1411ZW001	VI1411ZW002
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	231,2	370,5	201,1	306,2	14,1	226,8	154,8
Al	60,4	210,5	123,1	68,8	3,6	123,3	70
Si	34,1	53,2	33,7	41,7	69,1	41	23,7
P	0,6	30,5	0,6	0,6	6,2	12,4	0,6
S	1,80	3,46	1,59	1,89	0,21	1,62	1,61
Cl	35,3	18,1	36,8	34,8	15,3	131,1	43,2
Ca	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	60	63,6	58,9	156,2	0,7	58,5	71,4
Cr	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fe	18,2	6,2	30	10,5	3,2	18,3	31,8
Ni	22,2	21,7	28,2	61,8	0,5	36,3	27,1
Cu	0,8	3,6	0,7	0,4	0,9	0,7	2,7
Zn	1,7	4,5	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4
Sn	18,4	18	13,4	8,1	9	6,9	13,7
Sb	12,7	4,4	10	4,4	9,7	4,7	4,8
Te	25,9	17,9	8	5,9	18	14,9	11,4
I	23,9	11,5	11,4	9,4	11,8	12	10,2

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode november 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	stookolie	gasolie	gasolie	stookolie	stookolie	stookolie	MDO	stookolie
	VII411ZW003	VII411ZW004	VII511ZW001	VII511ZW002	VII511ZW003	VII511ZW004	VII511ZW005	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	285,7	25,8	35,4	233,5	241,1	78,2	214,1	
Al	82,7	3,6	3,6	80,1	81,8	28,1	43,1	
Si	36,7	6,1	31,8	45,1	25,3	25,1	30,2	
P	0,6	0,6	3,4	0,6	0,6	9	0,6	
S	1,72	0,11	0,22	2,17	1,65	0,75	1,48	
Cl	36,2	9	38,9	56,3	35,4	50,1	35,1	
Ca	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
V	75	0,7	0,7	123,4	92,3	0,7	73	
Cr	2,3	3,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	
Fe	36,5	2,4	2,9	24,4	14	3,8	18,1	
Ni	38,2	0,5	0,5	46,3	39,9	0,5	42,9	
Cu	0,6	0,7	0,8	0,8	0,4	0,7	0,3	
Zn	1,5	4,4	0,2	0,6	2,9	0,9	0,2	
Sn	14,6	17,5	8,4	9,7	11,1	10,2	10,5	
Sb	9,3	4,4	4,4	4,4	4,8	6,4	4,1	
Te	17,5	26,4	9,4	10,6	28,9	9,4	14,8	
I	13	14,9	13,5	11,4	13,3	16,1	12,9	

XRF- elementgehalten van de scheepsbrandstoffen in de periode november 2007 uitgedrukt in milligram per kilogram en zwavelgehalten uitgedrukt in massaprocenten

	stookolie	gasolie	stookolie	stookolie	gasolie
	VI1511ZW006	VI1611ZW001	VI1611ZW002	VI1611ZW003	VI1611ZW004
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mg	201,5	10	127,9	182,1	30,5
Al	74,4	3,6	91,2	38,1	3,6
Si	39,5	10	27,1	27	22,3
P	0,6	0,6	0,6	0,6	1
S	1,76	0,15	1,47	1,29	0,21
Cl	38,5	8,1	42,8	39,4	36,6
Ca	15,4	1,2	10,2	1,2	1,2
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	139,2	0,7	86,6	45,7	0,7
Cr	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Fe	15,4	3,5	11,4	16,1	2,5
Ni	70,9	0,5	33,9	27,1	0,5
Cu	0,7	0,5	1,1	0,4	0,9
Zn	0,3	0,2	2,6	0,2	0,2
Sn	12,8	12,3	8,3	21,8	19
Sb	5,7	4,4	6,8	5,1	5,5
Te	13,7	11,6	14,1	7,6	26,4
I	12,3	11,2	10,4	11,1	11,5

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode april 2007

	Gasolie (kade)		Stookolie		Stookolie		Gasolie (kade)	
	VI1704ZW001		VI1704ZW002		VI1704ZW003		VI1804ZW001	
	IMD07170401	IMD07170402	IMD07170403	IMD07170404	IMD07170405	IMD07170406	IMD07180401	IMD07180402
TSP	100	95,8	46,8	57	64,6	65,6	69,8	81,8
Al	61,58	73,14	103,04	120,89	143,26	130,19	57,55	65,09
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,85	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Ca	4973,77	4659,61	1589,14	1694,20	1622,07	1597,19	2990,80	3553,77
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	105,13	81,28	74,14	70,62	74,19	71,63	75,62	78,41
Co	6,29	6,29	17,09	15,83	10,56	12,57	6,29	9,15
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	12,29	10,13	9,98	9,53	10,13	9,43	9,43	10,61
Fe	300,34	317,93	434,80	478,53	343,31	340,55	259,37	279,98
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	7,11
Mn	13,07	16,59	18,60	12,57	14,07	15,08	15,58	12,57
Ni	121,39	130,94	669,03	790,42	493,36	477,02	132,70	137,98
Pb	11,56	9,43	17,09	21,36	16,34	14,58	18,35	14,33
S	1075,18	965,35	1242,06	1519,27	1110,87	1137,01	815,81	1025,42
Sn	349,35	452,39	304,11	213,63	369,45	462,44	351,86	580,57
Sr	5,88	5,98	6,86	5,28	8,07	13,04	7,26	5,03
Ti	12,16	11,71	17,97	22,32	23,62	23,17	11,94	11,01
Tl	6,29	7,82	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	31,43	31,43	1435,33	1728,88	894,98	891,71	31,43	31,43
Zn	275,71	265,90	92,99	96,26	91,73	90,98	438,06	557,70

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode april 2007

	Gasolie (kade)		Gasolie (kade)		Gasolie		Gasolie	
	VI1804ZW002		VI1804ZW003		VI2404ZW001		VI2404ZW002	
	IMD07180403	IMD07180404	IMD07180405	IMD07180406	IMD07240428	IMD07240433	IMD07240416	IMD07240437
TSP	11,6	8,4	9,6	14,6	22,8	23,2	32,4	n.b.
Al	102,04	97,52	86,46	102,04	110,33	113,60	100,53	105,05
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	3,77	4,27	3,77	3,77	3,77
Ca	1683,39	1639,16	1493,39	1429,30	1892,50	1926,93	1474,79	1449,66
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	69,99	71,08	83,54	73,51	86,46	74,62	74,52	75,78
Co	6,29	10,05	7,01	6,29	7,94	6,29	6,29	6,66
Cr	25,14	25,14	25,14	26,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	10,78	12,74	10,91	11,03	9,43	9,43	9,43	9,43
Fe	308,13	337,78	279,48	250,07	267,92	268,92	238,76	239,01
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	12,57	12,57	15,33	15,08	12,57	13,57	12,57	14,07
Ni	132,20	130,19	130,19	131,95	127,17	129,18	129,68	118,88
Pb	13,57	15,83	16,84	13,32	9,43	13,32	18,10	13,82
S	37,98	40,87	12,57	12,57	104,75	120,11	12,57	12,57
Sn	369,45	349,35	341,81	314,16	434,80	444,85	414,69	480,04
Sr	7,39	7,16	5,28	7,67	5,03	7,99	7,77	5,03
Ti	12,11	8,42	11,54	14,70	10,66	20,68	13,72	13,19
Tl	6,29	6,29	6,29	7,34	7,82	6,29	6,29	6,29
V	31,43	31,43	31,43	31,43	31,43	31,43	31,43	31,43
Zn	79,92	80,17	96,51	90,73	115,61	110,58	81,93	79,67

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode april 2007

	Stookolie		Stookolie		Stookolie		Stookolie	
	VI2404ZW003		VI2404ZW004		VI2404ZW005		VI2504ZW001	
	IMD07240403	IMD07240409	IMD07240417	IMD07240418	IMD07240407	IMD07240421	IMD07250408	IMD07250410
TSP	44,2	50,8	80,4	73	67,6	774	111,8	94
Al	108,07	109,83	119,38	108,32	37,71	37,71	37,71	37,71
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,87
Ca	2525,84	2457,48	4682,23	4023,75	4712,39	4033,80	7366,41	6356,07
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	95,50	120,64
Cl	84,40	73,64	80,42	73,39	75,32	80,68	74,14	72,88
Co	13,32	12,32	8,29	7,44	29,15	11,81	261,38	10,81
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	29,15	25,14
Cu	9,43	9,43	13,70	10,30	15,83	9,43	100,28	48,76
Fe	310,64	300,84	431,53	343,06	405,89	450,63	476,27	358,14
Hg	6,29	6,89	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	14,07	13,57	15,33	18,85	19,85	16,59	380,76	70,37
Ni	542,36	573,28	367,69	319,44	918,10	960,32	712,51	829,38
Pb	11,36	15,58	18,35	16,59	15,33	16,59	17,09	13,82
S	833,90	914,33	2161,16	1668,31	2520,81	2185,79	3976,00	3453,24
Sn	324,21	387,04	324,21	442,34	231,22	331,75	442,34	185,98
Sr	5,03	5,58	6,79	5,48	5,88	8,17	36,64	25,69
Ti	16,11	16,08	17,59	15,68	34,43	15,68	25,13	6,29
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	10,56	6,29	14,07	14,07
V	883,42	1044,77	615,00	496,87	2211,18	2436,87	2975,72	2518,30
Zn	85,70	21,01	108,82	26,87	93,24	95,00	84,95	83,94

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode april en mei 2007

	Stookolie		Gasolie		Stookolie		Stookolie		MDO
	VI2504ZW002		VI2504ZW003		VI2504ZW004		VI2205ZW001		VI2205ZW002
	IMD07250436	IMD07250451	IMD07250440	IMD07250443	IMD07250420	IMD07250430	IMD07220522	IMD07220565	IMD07220502
TSP	63	31,6	70,8	72	50,4	49,4	61,3	50	26,4
Al	153,06	137,98	64,59	68,86	37,71	37,71	37,71	37,71	37,71
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	4,93	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Ca	4277,59	2872,67	2330,06	2177,75	2314,22	2255,66	6235,43	5574,44	1665,55
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	76,15
Cl	73,39	70,12	103,55	85,78	93,34	88,44	72,13	69,62	85,00
Co	12,06	14,58	8,12	6,29	14,58	9,80	15,83	12,82	6,29
Cr	25,14	25,14	25,14	26,39	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	16,34	13,52	9,43	12,29	10,58	9,43	9,43	11,06	9,43
Fe	746,95	503,66	272,69	251,33	464,70	452,89	375,73	368,70	232,98
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	8,55	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	13,82	16,08	19,10	14,33	12,57	18,10	16,84	14,33	13,32
Ni	838,43	515,72	129,18	127,67	822,85	757,25	818,57	714,27	113,85
Pb	16,08	20,11	16,34	14,58	16,08	12,06	19,35	16,08	16,66
S	2193,59	1052,81	223,73	204,00	1680,88	1570,54	2101,60	1775,38	220,87
Sn	376,99	321,70	442,34	459,93	286,51	452,39	517,73	407,15	444,85
Sr	10,76	7,09	6,08	5,08	6,96	6,76	9,85	9,78	5,03
Ti	24,20	16,39	11,21	10,38	22,80	17,84	18,65	23,70	11,79
Tl	7,59	6,89	6,29	6,64	6,29	6,29	6,41	6,89	6,29
V	2156,39	1128,46	31,43	31,43	1981,97	1777,14	1860,33	1563,01	31,43
Zn	181,21	134,46	122,65	117,87	59,82	54,04	149,54	126,17	16,61

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode mei 2007

	Gasolie			Gasolie		Stookolie		Gasolie	
	VI2205ZW003			VI2305ZW001		VI2305ZW002		VI2305ZW003	
	IMD07220564	IMD07220524	IMD07220546	IMD07230525	IMD07230548	IMD07230561	IMD07230562	IMD07230523	IMD07230531
TSP	36,4	5,4	8	11,2	12,8	22	24	78,4	67,6
Al	37,71	101,54	115,86	103,30	111,09	37,71	121,14	107,32	132,45
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	208,60	188,55
Br	4,17	4,93	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Ca	1808,05	1719,08	1802,52	1713,30	1737,18	2108,89	2052,09	4217,27	3727,19
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	122,97	71,40	69,57	69,06	68,71	102,79	69,62	72,63	72,88
Co	6,29	6,29	6,29	6,29	6,61	59,82	7,74	26,39	15,58
Cr	28,40	25,14	25,14	25,14	25,14	33,43	25,14	25,14	25,14
Cu	11,69	9,43	9,43	9,43	9,43	18,60	9,43	10,56	9,43
Fe	268,17	233,99	247,56	233,48	255,10	171,15	275,71	855,27	807,01
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	12,57	14,33	12,57	12,57	12,57	100,78	15,08	12,57	13,57
Ni	118,63	135,97	131,19	125,41	132,70	186,48	249,57	972,13	853,76
Pb	13,32	10,81	14,07	11,56	14,58	15,33	9,80	14,83	11,31
S	324,97	33,10	108,45	98,37	112,29	655,96	667,53	2394,14	2099,09
Sn	414,69	369,45	359,40	266,41	590,62	304,11	387,04	294,05	369,45
Sr	8,17	8,97	6,18	5,03	5,03	30,08	5,03	7,97	8,57
Ti	15,16	10,43	12,79	9,95	10,93	18,67	12,06	9,35	17,52
Tl	6,29	6,29	7,11	6,29	6,29	10,56	6,29	6,29	6,29
V	31,43	31,43	31,43	31,43	31,43	274,95	319,44	1684,40	1484,59
Zn	23,50	89,98	107,57	102,54	90,73	12,57	13,95	116,87	100,03

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode oktober 2007

	Stookolie		Stookolie		MDO (kade)		Gasolie (kade)	
	VII1610ZW001		VII1610ZW002		VII1710ZW001		VII1710ZW002	
	IMD071610-32	IMD071610-68	IMD071610-15	IMD071610-02	IMD071710-12	IMD071710-35	IMD071710-11	IMD071710-34
TSP	24,2	47,2	n.b.	68	38,2	n.b.	10,2	15
Al	184,47	186,99	228,46	195,78	165,37	116,62	185,23	184,22
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	3,77	4,75	3,77	3,90	3,77
Ca	1568,28	1808,80	4320,32	5783,04	5730,26	12146,65	1414,97	1468,00
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	14,68	25,16	35,44	28,95	22,47	46,19	13,40	12,57
Co	39,46	66,85	19,60	13,82	8,29	11,31	10,05	6,29
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	14,88	9,43	9,43
Fe	291,79	504,92	292,80	212,62	164,37	221,92	149,54	119,13
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	15,58	33,68	17,84	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57
Ni	529,30	886,93	767,55	480,04	195,78	206,84	188,24	184,98
Pb	9,43	13,07	10,88	9,88	12,89	9,43	11,06	10,88
S	1076,44	2227,77	1691,68	2193,59	1606,99	3661,84	183,09	263,39
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70
Sr	14,58	14,60	17,82	15,48	15,36	17,32	14,15	13,19
Ti	43,98	49,76	45,99	41,47	38,45	20,36	46,72	44,26
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	609,97	1363,95	1722,35	820,58	31,43	31,43	31,43	31,43
Zn	20,89	43,48	52,53	67,86	419,72	1181,24	14,25	15,43

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode oktober en november 2007

	Stookkolie (kade)		Stookkolie		MDO		Stookkolie	
	VII1710ZW003	IMD071710-67B	IMD071101-45	IMD071101-46	IMD071101-47	IMD071101-48	IMD071101-21	IMD071101-22
TSP	20,8	n.b.	162,6	102	9,4	23	80,6	42
Al	152,30	177,69	150,55	166,38	175,93	171,15	373,98	320,19
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	4,52	3,77	3,77	3,77	4,95	3,87	3,77
Ca	1440,86	1488,61	1209,14	1165,91	1395,12	1666,80	5423,65	3976,00
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	29,48	28,43	18,35	18,47	16,19	16,41	21,39	18,80
Co	6,29	6,79	50,01	22,37	6,29	10,05	36,95	19,35
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	9,43	9,43	101,03	9,43	9,43	9,43	9,43
Fe	157,33	156,07	371,71	207,35	130,44	121,14	380,01	280,73
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	12,57	12,57	18,60	13,12	12,57	12,57	14,10	12,57
Ni	203,32	217,90	562,72	435,55	198,05	195,03	621,53	420,72
Pb	9,43	9,43	9,95	9,43	9,43	10,05	12,57	14,58
S	370,96	384,28	2656,53	1399,39	227,75	406,40	2462,25	1472,53
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70
Sr	11,16	13,40	14,70	15,28	13,24	13,19	21,39	18,82
Ti	45,24	46,75	39,46	42,47	47,90	41,29	65,09	58,31
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	49,26	49,51	1425,03	678,33	31,43	31,43	946,75	481,54
Zn	15,31	20,96	40,72	34,68	28,37	41,47	91,99	56,05

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode november 2007

	Stookolie		Stookolie		Gasolie		Stookolie
	VI0111ZW004		VI0111ZW005		VI0211ZW001		VI0211ZW002
	IMD071101-23	IMD071101-24	IMD071101-69	IMD071101-70	IMD071102-15	IMD071102-16	IMD071102AV03
TSP	47,8	21,2	32,6	27,8	295,5	9,6	66,6
Al	195,78	193,02	197,04	192,52	163,36	178,44	310,14
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	4,98
Ca	2487,39	1705,26	1857,31	1681,63	1831,93	1940,50	5757,91
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	14,33	12,57	19,15	14,40	18,37	23,85	24,88
Co	24,38	18,60	24,13	21,87	6,29	8,04	36,19
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43
Fe	271,68	180,20	221,92	193,02	121,14	131,19	386,79
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	16,59	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57	18,10
Ni	1000,53	565,99	471,24	372,47	193,27	195,53	816,56
Pb	9,43	9,43	9,43	10,86	9,43	9,43	14,83
S	1405,93	633,60	735,64	477,77	316,17	317,43	3397,95
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70
Sr	15,66	13,30	12,54	12,92	11,54	12,47	23,68
Ti	42,47	39,46	39,21	43,23	40,14	47,12	58,06
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	2076,97	1014,86	749,21	481,04	31,43	31,43	1672,58
Zn	36,24	19,10	21,99	19,48	133,96	152,81	153,56

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode november 2007

	Stookolie			Stookolie		Stookolie (kade)		Gasolie (kade)	
	VI0211ZW004			VI0211ZW005		VIVI0911ZW001		VI0911ZW002	
	IMD071102AV04	IMD071102AV37	IMD071102AV38	IMD071102AV39	IMD071102AV40	IMD09110741	IMD09110742	IMD09110743	IMD09110744
TSP	168	18,2	121,6	51	34,4	179,8	98,4	9,8	20,6
Al	320,19	167,64	155,07	167,38	177,19	113,85	138,48	167,13	159,59
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	5,93
Ca	5760,42	1030,44	1939,49	1554,96	1417,74	3257,20	2408,72	1151,83	1161,38
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	20,51	12,57	12,57	14,90	15,43	29,23	37,62	20,91	20,43
Co	41,22	6,29	23,12	15,83	6,29	22,37	6,29	9,30	12,82
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43
Fe	432,79	117,37	213,88	737,39	427,76	288,27	248,81	128,68	128,68
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	19,10	12,57	12,57	12,57	12,57	12,72	12,57	12,57	12,57
Ni	813,55	183,72	792,69	782,88	481,54	1402,66	849,24	193,27	192,27
Pb	14,23	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43
S	3204,42	172,71	1957,84	1010,59	723,07	3121,49	1979,45	116,36	157,88
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70
Sr	24,08	11,79	12,69	16,26	14,20	15,73	14,02	13,07	14,50
Ti	65,35	41,14	42,98	50,52	38,45	28,15	41,22	50,14	48,88
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	1462,73	31,43	844,71	1471,27	728,35	3910,65	2273,76	31,43	31,43
Zn	174,42	12,57	19,03	40,72	24,05	91,99	57,81	17,22	24,38

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode november 2007

	Stookolie		Stookolie		Stookolie		Gasolie
	VII1411ZW001		VII1411ZW002		VII1411ZW003		VII1411ZW004
	IMD141101-29	IMD141101-30	IMD141101-31	IMD141101-32	IMD141101-25	IMD141101-26	IMD141101-27
TSP	34,8	29	65,8	71,2	100	94,6	n.b.
Al	186,99	185,98	190,51	193,52	208,60	195,03	174,92
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	3,77	3,87	3,77	3,77
Ca	2208,41	2027,96	7318,65	7223,15	4275,08	3676,92	1191,79
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	18,50	19,00	37,57	37,85	21,19	19,05	12,57
Co	13,82	18,85	45,49	41,22	61,07	64,84	7,29
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	9,43	26,89	22,87	9,43	9,43	9,43
Fe	316,92	297,57	828,38	810,28	1333,79	1158,62	137,48
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	12,57	12,57	22,12	19,60	22,12	25,89	12,57
Ni	1066,88	940,97	862,81	883,67	1079,95	1054,57	187,99
Pb	12,54	12,04	16,59	13,90	15,23	11,89	10,05
S	1923,16	1710,53	3953,38	4048,88	3224,53	2885,24	123,30
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70
Sr	16,49	17,07	21,11	21,87	18,92	19,88	13,24
Ti	47,00	39,71	51,52	50,52	70,62	67,36	47,83
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	2525,84	2131,51	2178,51	2252,90	2342,87	2205,90	31,43
Zn	31,54	27,85	40,39	42,73	140,24	128,43	74,39

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode november 2007

	Gasolie			Stookolie		Stookolie		MOD	
	VI1511ZW001			VI1511ZW002		VI1511ZW003		VI1511ZW004	
	IMD141101-28	IMD151102-05	IMD151102-06	IMD151102-17	IMD151102-18	IMD151102-19	IMD151102-20	IMD151102-04	IMD151102-12
TSP	nb	5,6	3,8	104,4	73,2	78,2	22	48,4	96,8
Al	182,46	180,96	175,68	200,81	190,51	203,58	187,74	176,68	165,62
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	15,58	188,55
Br	3,77	3,77	3,77	5,05	5,60	3,77	3,77	3,02	3,77
Ca	1153,34	1279,01	1265,43	1679,37	1490,12	2342,37	1649,21	2270,99	3586,44
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	1,26	75,42
Cl	12,57	12,62	14,78	15,61	17,49	16,79	16,79	13,45	13,87
Co	8,04	82,44	58,31	16,59	6,29	40,21	16,84	5,53	7,79
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	9,30	25,14
Cu	9,43	10,56	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	1,56	9,43
Fe	124,66	134,96	137,48	334,77	317,93	424,24	237,00	137,48	169,39
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	0,00	6,29
Mn	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57	4,55	12,57
Ni	187,99	416,45	275,96	664,26	497,63	1076,44	535,58	178,95	208,35
Pb	9,43	9,43	9,43	11,31	10,20	9,43	9,43	10,81	15,91
S	117,77	118,45	120,91	2473,06	1581,60	1773,87	688,39	860,04	1843,49
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	58,06	125,70
Sr	11,21	12,26	12,64	17,69	14,45	15,98	14,38	15,18	13,92
Ti	47,35	45,19	41,90	42,98	38,70	56,80	48,51	42,98	39,21
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	0,00	6,29
V	31,43	31,43	31,43	1514,50	956,05	2626,37	960,57	3,87	31,43
Zn	78,67	13,32	14,48	31,06	27,97	54,54	24,25	16,86	31,04

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode november 2007

	Stookolie		Stookolie		Gasolie		Stookolie		Stookolie
	VI1511ZW005		VI1511ZW006		VI1611ZW001		VI1611ZW002		VI1611ZW003
	IMD151102-11	IMD151102-14	IMD151102-15	IMD151102-20	IMD161102-16	IMD161102-17	IMD161102-19	IMD161102-13	IMD161102-51
TSP	45,8	26	131,6	82,8	15	1	111,4	114,4	50,8
Al	205,84	204,33	208,35	205,84	156,83	173,92	134,21	138,73	172,41
Ba	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	4,30	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,87
Ca	3790,02	2326,04	6836,11	4694,80	4797,84	3206,94	3588,96	3347,68	1684,14
Cd	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42	75,42
Cl	16,14	16,64	24,40	35,01	55,64	79,44	26,92	29,68	17,94
Co	27,65	16,08	48,76	25,89	6,53	6,29	26,14	11,31	36,69
Cr	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43
Fe	329,99	210,61	365,68	254,09	135,21	135,72	322,96	320,69	381,01
Hg	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Mn	12,57	12,57	21,61	16,59	12,57	12,57	12,57	12,57	12,57
Ni	844,71	463,45	1535,86	849,74	188,75	186,48	858,53	596,65	669,79
Pb	11,23	9,43	9,43	10,91	9,43	13,22	12,89	9,43	9,43
S	1881,69	880,15	3576,39	2148,60	1154,35	633,85	3126,51	2352,93	1212,91
Sn	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70	125,70
Sr	15,58	13,92	22,07	15,78	13,32	13,12	17,67	17,82	16,76
Ti	51,52	48,76	36,44	42,98	38,70	44,18	41,97	36,69	50,77
Tl	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
V	1364,21	578,30	3169,24	1533,10	31,43	31,43	2219,47	1336,31	1041,00
Zn	26,04	15,76	46,24	37,85	206,59	114,10	231,47	183,47	29,81

Totaalstof concentratie in milligram per kubieke meter en emissieconcentraties van elementen in de rookgassen uitgedrukt in microgram per kubieke meter in de periode november 2007

	Gasolie		
	VI1611ZW004		
	IMD161102-52	IMD161102-49	IMD161102-50
TSP	29,8	2,8	n.b.
Al	179,20	169,65	170,65
Ba	188,55	188,55	188,55
Br	3,77	3,77	3,77
Ca	1355,41	1425,78	1204,11
Cd	75,42	75,42	75,42
Cl	27,12	32,12	27,17
Co	25,89	26,89	12,57
Cr	25,14	25,14	25,14
Cu	9,43	37,95	14,23
Fe	240,52	122,90	122,40
Hg	6,29	6,29	6,29
Mn	12,57	12,57	12,57
Ni	438,32	238,26	271,18
Pb	10,35	9,43	9,43
S	665,51	197,59	104,88
Sn	125,70	125,70	125,70
Sr	12,34	11,51	11,16
Ti	42,73	45,24	44,28
Tl	6,29	6,29	6,29
V	486,82	31,43	31,43
Zn	23,88	84,45	43,73

PAK emissieconcentraties in de rookgassen van zeeschepen in de maand april en mei uitgedrukt in microgram per kubieke meter

	VI 1704ZW002	VI 1704ZW003	VI 1804ZW001	VI 1804ZW002	VI 1804ZW003	VI 2404ZW001	VI 2404ZW002	VI 2404ZW003	VI 2404ZW004
	stookolie	stookolie	Gasolie (kade)	Gasolie (kade)	Gasolie (kade)	gasolie	gasolie	stookolie	stookolie
	IMD07170403	IMD07170405	IMD07180401	IMD07180403	IMD07180405	IMD07240428	IMD07240416	IMD07240403	IMD07240417
	IMD07170404	IMD07170406	IMD07180402	IMD07180404	IMD07180406	IMD07240433	IMD07240437	IMD07240409	IMD07240418
Lichte PAK	1,4056	0,8226	2,2044	0,7178	0,5163	1,1647	0,8033	0,8998	0,8748
zware PAK	0,1521	0,2566	0,8709	0,0905	0,1766	0,0600	0,0600	0,6122	0,2739
verhouding licht/zwaar	9,2396	3,2061	2,5311	7,9291	2,9242	19,4113	13,3876	1,4697	3,1936
totaal 16 EPA PAK	1,5577	1,0791	3,0753	0,8084	0,6928	1,2247	0,8633	1,5121	1,1487
PAK (10VROM)	1,3484	0,8741	2,2771	0,6375	0,5323	1,0252	0,6703	1,1231	0,8630
	VI 2504ZW001	VI 2504ZW002	VI 2504ZW003	VI 2504ZW004	VI 2205ZW001	VI 2205ZW002	VI 2205ZW003	VI 2305ZW001	VI 2305ZW002
	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie	stookolie	MDO	gasolie	gasolie	stookolie
	IMD07250408	IMD07250436	IMD07250440	IMD07250420	IMD07220522	IMD07220502	IMD07220524	IMD07230525	IMD07230561
	IMD07250410	IMD07250451	IMD07250443	IMD07250430	IMD07220565	IMD07220564	IMD07220546	IMD07230548	IMD07230562
Lichte PAK	1,3262	0,6468	0,2240	1,0996	1,3804	0,7992	0,4838	0,3489	0,4227
zware PAK	0,0600	0,0711	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,1155
verhouding licht/zwaar	22,1032	9,0933	3,7333	18,3262	23,0064	13,3197	8,0640	5,8149	3,6612
totaal 16 EPA PAK	1,3862	0,7180	0,2840	1,1596	1,4404	0,8592	0,5438	0,4089	0,5382
PAK (10VROM)	1,2424	0,5914	0,2190	0,8845	1,2577	0,7382	0,4183	0,3003	0,4380

PAK emissieconcentraties in de rookgassen van zeeschepen in de maand mei, oktober en november uitgedrukt in microgram per kubieke meter

	VI2305ZW003	VI1610ZW001	VI1610ZW002	VI1710ZW001	VI1710ZW002	VI1710ZW003	VI0111ZW001	VI0111ZW002	VI0111ZW003
	stookolie	stookolie	stookolie	MDO (kade)	Gasolie (kade)	Stookolie (kade)	stookolie	MDO	stookolie
	IMD07230531	IMD07161032	IMD07161002	IMD07161012	IMD07171011	IMD07171047	IMD07110145	IMD07110147	IMD07110121
	IMD07230523	IMD07161068	IMD07161015	IMD07161035	IMD07171034	IMD07171067	IMD07110146	IMD07110148	IMD07110122
Lichte PAK	1,2555	0,8470	1,1523	0,2485	0,4183	20,2016	1,6069	1,5079	1,2844
zware PAK	0,0882	0,0782	0,1124	0,0560	0,1720	9,4425	0,3880	0,0560	0,0560
verhouding licht/zwaar	14,2426	10,8362	10,2498	4,4375	2,4322	2,1394	4,1417	26,9267	22,9349
totaal 16 EPA PAK	1,3437	0,9252	1,2647	0,3045	0,5903	29,6442	1,9949	1,5639	1,3404
PAK (10VROM)	1,0845	0,8550	1,0789	0,2485	0,5188	20,0388	1,7607	1,4288	1,2630
	VI0111ZW004	VI0111ZW005	VI0211ZW001	VI0211ZW002	VI0211ZW003	VI0211ZW004	VI0211ZW005	VI0911ZW001	VI0911ZW002
	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie	stookolie	stookolie	stookolie	Stookolie (kade)	gasolie
	IMD07110123	IMD07110113	IMD07110215	IMD071102AV03	IMD071102AB13	IMD071102AV37	IMD071102AV39	IMD09110741	IMD09110743
	IMD07110124	IMD07110169	IMD07110216	IMD071102AV04	IMD071102AB63	IMD071102AV38	IMD071102AV40	IMD09110742	IMD09110744
Lichte PAK	0,3290	0,4994	0,9218	2,1058	0,2485	0,8774	0,8558	2,5840	0,5812
zware PAK	0,0929	0,1978	0,0560	0,0560	0,0560	0,6550	0,0560	0,0560	0,0846
verhouding licht/zwaar	3,5404	2,5245	16,4605	37,6035	4,4375	1,3396	15,2815	46,1437	6,8705
totaal 16 EPA PAK	0,4219	0,6973	0,9778	2,1618	0,3045	1,5325	0,9118	2,6400	0,6658
PAK (10VROM)	0,3531	0,5960	0,8924	2,0690	0,2485	1,2887	0,8256	2,5573	0,5785

PAK emissieconcentraties in de rookgassen van zeeschepen in de maand november uitgedrukt in microgram per kubieke meter

	VI1411ZW001	VI1411ZW002	VI1411ZW003	VI1411ZW004	VI1511ZW001	VI1511ZW002	VI1511ZW003	VI1511ZW004
	stookolie	stookolie	stookolie	gasolie	gasolie	stookolie	stookolie	MDO
	IMD14110129	IMD14110131	IMD14110125	IMD14110127	IMD15110205	IMD15110217	IMD15110219	IMD15110204
	IMD14110130	IMD14110132	IMD14110126	IMD14110128	IMD15110206	IMD15110218	IMD15110220	IMD15110212
Lichte PAK	1,0003	1,2813	1,3077	0,3329	0,5281	2,2974	0,9863	0,7782
zware PAK	0,0560	0,0560	0,1424	0,0560	0,0623	3,0105	0,1834	0,2240
verhouding licht/zwaar	17,8618	22,8806	9,1814	5,9449	8,4817	0,7631	5,3764	3,4743
totaal 16 EPA PAK	1,0563	1,3373	1,4501	0,3889	0,5903	5,3079	1,1697	1,0022
PAK (10VROM)	0,9892	1,2552	1,3479	0,3288	0,5259	3,6819	1,0375	0,8391
	VI1511ZW005	VI1511ZW006	VI1611ZW001	VI1611ZW002	VI1611ZW004			
	stookolie	stookolie	gasolie	stookolie	gasolie			
	IMD15110211	IMD15110215	IMD16110216	IMD16110219	IMD16110249			
	IMD15110214	IMD15110220	IMD16110217	IMD16110213	IMD16110250			
Lichte PAK	0,6388	0,7377	0,8980	2,7515	0,6405			
zware PAK	0,0623	0,2790	0,0560	0,0560	0,0560			
verhouding licht/zwaar	10,2619	2,6437	16,0361	49,1332	11,4380			
totaal 16 EPA PAK	0,7011	1,0168	0,9540	2,8075	0,6965			
PAK (10VROM)	0,6090	0,8412	0,8573	2,7181	0,5325			

Totaal overzicht van resultaten van BSI												
datum: 10 juni 2008												
Monstercode	BSI	90760-17	90760-18	90760-19	90760-20	90760-1	90760-2	90760-4	90760-4	90760-7		
Monstercode	VROM	VI 1704 ZW003A en B	VI 1804 ZW001B	VI 1804 ZW002B	VI 1804 ZW003B	VI 2404 ZW001B	VI 2404 ZW002A en B	VI 2404 ZW004A en B	VI 2404 ZW005B			
D.4052	Density @ 15°C	HFO	gasoil	gasoil	gasoil	gasoil	gasoil	gasoil	HFO	HFO		
ASTM D.4294	sulphur	0,9866	0,8833	0,8524	0,8524	0,847	0,856	0,823	0,9718			
BAGA	% m/m	2,07	1,33	0,96	0,17	0,18	0,17	2,38	1,84			
D.445	EOX	8	8	<1	<1	<1	<1	7	11			
ICP	Kinematic Viscosity @ 40°C	3,232	363	3,413	2,969	2,918	3,161	194,9	187,3			
ICP	al	<1	7	<1	<1	<1	<1	11	3			
ICP	As	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10			
ICP	Ca	2	4	<1	<1	<1	<1	69	4			
ICP	Cr	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
ICP	Pb	2	2	2	2	2	2	<1	<1			
ICP	Hg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10			
ICP	Ni	30	18	<1	<1	<1	<1	22	34			
ICP	P	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
ICP	Si	<1	1	<1	<1	<1	<1	7	<1			
ICP	Sh	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
ICP	Ti	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
ICP	V	81	49	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
ICP	Zn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
D.664	Acid number	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	zero	Ni			
D.664	Total acid number	0,16	0,32	0,11	0,12	0,16	0,09	0,02	0,07			
D.93	flash number	81,0	93,0	75,0	65,0	64,0	69,0	>110,0	95,0			
Monstercode	BSI	90760-14	90760-5	90760-6	90760-21	90760-8	90760-9	90760-10	90760-11			
Monstercode	VROM	VI 2504 ZW004B	VI 2205 ZW001B	VI 2205 ZW002B	VI 2205 ZW003B	VI 2305 ZW001B	VI 2305ZW002B	VI 2305ZW003B	VI 2504 ZW001A en B			
D.4052	Density @ 15°C	HFO	HFO	MBO	gasoil	gasoil	HFO	HFO	HFO			
ASTM D.4294	sulphur	0,9767	0,8842	0,8837	0,8590	0,8474	0,9889	0,9686	0,9689			
BAGA	% m/m	1,84	1,94	0,10	1,73	0,18	1,32	1,32	2,28			
D.445	EOX	7	7	2	0,09	<1	5	10	6			
ICP	Kinematic Viscosity @ 40°C	177,7	196,7	3,278	3,093	3,402	345,2	333,4	390,7			
ICP	al	7	6	<1	<1	<1	2	4	4			
ICP	As	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10			
ICP	Ca	14	17	<1	<1	<1	5	2	<1			
ICP	Cr	<1	91	<1	<1	<1	128	138	<1			
ICP	Pb	<1	3	<1	2	2	3	3	<1			
ICP	Hg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10			
ICP	Ni	36	30	<1	<1	<1	31	30	30			
ICP	P	<1	3	<1	<1	<1	1	<1	<1			
ICP	Si	4	3	<1	<1	<1	1	<1	<1			
ICP	Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
ICP	Ti	<1	<1	<1	<1	<1	<1	173	<1			
ICP	V	114	92	<1	<1	<1	67	84	<1			
ICP	Zn	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
D.664	Acid number	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	zero			
D.664	Total acid number	0,06	0,23	0,67	0,14	0,67	0,07	0,28	0,04			
D.93	flash number	>110,0	>110,0	94,0	65,0	71,0	103,0	>110,0	>110,0			

Totaal overzicht van resultaten van BSI

datum: 10 juni 2008

	700850-1 VI 1610 ZW001A	700850-2 VI 1610 ZW002A	700850-3 VI 1710 ZW001A	700850-4 VI 1710 ZW002A	700850-5 VI 1710 ZW003A	701383-1 VI 0111 ZW001	701383-2 VI 0111 ZW002	701383-3 VI 0111 ZW003
	HFO	HFO	MDO	gasoil	MDO	HFO	MDO	HFO
Density @ 15°C	0,9874	0,9906	0,8890	0,8565	0,9445	0,9545	0,8571	0,9742
sulphur	1,31	1,43	0,63	0,31	1,08	1,67	1,11	1,13
EOX	13	40	13	14	16	12	19	10
Kinematic Viscosity @ 40°C	206,4	406,5	4,2	3,508	87	37,78	3,974	142,8
al	4	2	1	1	3	8	6	28
As	<1	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10
Ca	8	2	1	1	11	7	<5	60
Cr	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5	<5
Pb	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5	<5
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10
Ni	9	5	1	1	2	23	<5	21
Pb	9	1	1	<1	1	<5	<5	<5
Si	10	12	<1	<1	2	9	<5	21
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5	<5
Ti	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5	<5
V	10	95	1	1	34	68	<5	39
Zn	9	<1	1	<1	1	<5	<5	<5
Acid number	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero
Total acid number	0,12	0,23	0,31	0,09	0,49	0,07	0,48	0,35
flash number	85,5	92,5	77,5	67,0	80,0	77,5	70,0	>110,0
BSI	701383-4	701383-5	701383-6	701383-7	701383-8	701383-9	701383-10	701383-11
VROM	VI 0111 ZW004	VI 0111 ZW005	VI 0211 ZW001	VI 0211 ZW002	VI 0211 ZW003	VI 0211 ZW004	VI 0211 ZW005	VI 0911 ZW001A
	HFO	HFO	gasoil	HFO	HFO	HFO	HFO	HFO
Density @ 15°C	1,0072	0,9752	0,8537	0,9866	0,9781	0,9803	0,9512	0,9747
sulphur	1,52	1,57	0,19	1,24	1,78	3,27	1,45	1,28
EOX	7	9	<1	14	49	24	8	5
Kinematic Viscosity @ 40°C	486,100	383,700	3,100	178,300	415,700	356,800	341,300	420,100
al	7	7	<5	20	15	10	<5	5
As	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ca	19	5	5	53	6	<5	9	5
Cr	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	46	23	<5	20	22	18	22	45
Pb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Si	7	6	<5	15	9	7	6	<10
Sn	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ti	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V	112	64	<5	55	58	54	51	114
Zn	<5	<5	<5	<5	<5	8	<5	<5
Acid number	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero
Total acid number	0,31	0,51	0,06	0,23	0,36	0,36	0,22	0,15
flash number	>110,0	107,0	68,0	>110,0	>110,0	>110,0	>110,0	>110,0

Totaal overzicht van resultaten van BSI

datum: 10 juni 2008

Monstercode	BSI		701383-12	701383-13	701383-14	701383-15	701383-16	701383-17	701383-18	701383-19	701383-20	701383-21
Monstercode	VROM		VI 0911 ZW002A	VI 1411 ZW001A	VI 1411 ZW002A	VI 1411 ZW003A	VI 1411 ZW004A	VI 1511 ZW001A	VI 1511 ZW002A	VI 1511 ZW003A	VI 1511 ZW004A	VI 1511 ZW005A
D 4052	Density @ 15°C	kg/l	0,8648	0,9706	0,9732	0,9872	0,8522	0,8502	0,9752	0,9845	0,8809	0,9817
ASTM D 4294	sulphur	% m/m	0,18	1,2	1,41	1,57	0,14	0,18	1,55	1,48	0,65	1,34
BAGA	EOX	mg/kg	<1	69	10	5	<1	<1	25	10	21	2
D 445	Kinematic Viscosity @ 40°C	mm2/s	4,279	121,8	200,4	327,8	3,612	2,847	202,5	374,6	5,674	285,1
ICP	al	mg/kg	<5	14	14	10	<5	<5	12	11	<5	10
ICP	As	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ICP	Ca	mg/kg	<5	<5	11	15	<5	<5	14	8	14	6
ICP	Cr	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ICP	Pb	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ICP	Hg	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ICP	Ni	mg/kg	<5	22	18	23	<5	<5	38	38	<5	34
ICP	P	mg/kg	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	25	<5
ICP	Si	mg/kg	<10	25	40	40	<10	<10	40	10	<10	<10
ICP	Sn	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ICP	Ti	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ICP	V	mg/kg	<5	50	60	67	<5	<5	108	85	5	63
ICP	Zn	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	10	<5
D 664	Acid number	mg KOH/g	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero	zero
D 664	Total acid number	mg KOH/g	0,05	0,03	0,21	0,07	0,24	0,03	0,27	0,22	0,87	0,26
D 93	flash number	oC	69,0	87,0	>110,0	79,5	66,0	75,0	>110,0	109,5	72,0	>110,0
Monstercode	BSI		701383-22	701383-23	701383-24							
Monstercode	VROM		VI 1511 ZW006A	VI 1611 ZW001A	VI 1611 ZW002A							
D 4052	Density @ 15°C	kg/l	0,9867	0,8602	0,9467							
ASTM D 4294	sulphur	% m/m	1,63	0,13	1,32							
BAGA	EOX	mg/kg	10	<1	9							
D 445	Kinematic Viscosity @ 40°C	mm2/s	295,6	3,332	46,65							
ICP	al	mg/kg	10	<5	<5							
ICP	As	mg/kg	<10	<10	<10							
ICP	Ca	mg/kg	25	<5	20							
ICP	Cr	mg/kg	<5	<5	<5							
ICP	Pb	mg/kg	<5	<5	<5							
ICP	Hg	mg/kg	<10	<10	<10							
ICP	Ni	mg/kg	53	<5	28							
ICP	Pb	mg/kg	<5	<5	<5							
ICP	Si	mg/kg	14	<10	<10							
ICP	Sn	mg/kg	<5	<5	<5							
ICP	Ti	mg/kg	<5	<5	<5							
ICP	V	mg/kg	106	<5	71							
ICP	Zn	mg/kg	<5	<5	<5							
D 664	Acid number	mg KOH/g	zero	zero	zero							
D 664	Total acid number	mg KOH/g	0,35	0,09	0,13							
D 93	flash number	oC	>110,0	70,5	82,5							

LIDAR emissiemetingen van de zwaveldioxide uitstoot van zeeschepen
uitgedrukt in gram per seconde

meetlocatie	naam schip	datum	aantal metingen	gemiddelde	
				SO ₂ emissie (g/s)	st afwijking (g/s)
Velsentterminal	Narcea	16-10-2007	1	2,5	-
Velsentterminal	Water Lelie met kraan	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Rio	16-10-2007	2	0,2	0,1
Velsentterminal	Westerschelde	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Jetsed	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Sleepbootje (naam onbekend)	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Explorer	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Geopotes 14	16-10-2007	3	3,9	0,6
Velsentterminal	P42	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Geopotes 14	16-10-2007	2	9,0	1,3
Velsentterminal	Scelveringhe	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Stolt Hikawa	16-10-2007	-	-	-
Velsentterminal	Geopotes 14	16-10-2007	3	5,9	1,6
Hansweert	Crigea	1-11-2007	-	-	-
Hansweert	Ginga Puma	1-11-2007	4	0,8	0,3
Hansweert	Marble Highway	1-11-2007	3	0,3	0,3
Hansweert	Oper Casablanca	1-11-2007	2	0,3	0,2
Hansweert	MSC Mathilde	1-11-2007	3	2,4	0,5
Hansweert	Okapy	1-11-2007	-	-	-
Hansweert	Leda Maersk	1-11-2007	3	23,6	4,5
Hansweert	Hilda Knutsen	1-11-2007	4	6,0	3,4
Hansweert	Buxsailor	1-11-2007	4	9,5	0,9
Hansweert	Nibe Maersk	1-11-2007	3	5,3	0,5
Hansweert	Birka Transporter	1-11-2007	4	2,9	1,0
Hansweert	Philipp Essberger	1-11-2007	1	6,1	-
Hansweert	Shipholbrock Sun	1-11-2007	2	9,7	5,5
Hansweert	Oland	1-11-2007	1	3,1	-
Hansweert	Ottawa Express	1-11-2007	3	11,1	5,1
Hansweert	Baco-liner 2	1-11-2007	3	6,9	4,3
Hansweert	Atlantis Alvarado	1-11-2007	5	0,7	0,3
Hansweert	Grande America	1-11-2007	3	23,3	6,4
Hansweert	Helene S	1-11-2007	3	20,3	12,4
Hansweert	MSC Bremen	1-11-2007	2	23,7	7,9
Hansweert	Cap Arnauti	1-11-2007	1	22,7	-
Hansweert	Ocean Light	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Tarnvik	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	MCT Alioth	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Alessandra Bottiglieri	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Geest Trader	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Stella Polaris	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Njatasja Theresa	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Gerd Sibum	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Margaretha	2-11-2007	-	-	-
Hansweert	Horn Cap	2-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	Rijkspont 8 Buitenhuizen	9-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	Sophia	9-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	draagvleugelboot Karla	9-11-2007	1	0,4	-
Houtrakgemaal	Rijkspont 8 Buitenhuizen	9-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	Condor	9-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	Nitrico II	9-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	draagvleugelboot Catharina Amalia	9-11-2007	1	0,1	-
Houtrakgemaal	Argus	9-11-2007	-	-	-
Houtrakgemaal	Orisant	9-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Bow Sirius	14-11-2007	2	3,7	1,2
Walsoorden	Dion	14-11-2007	5	1,9	1,0
Walsoorden	MSC Grace	14-11-2007	4	3,8	1,5
Walsoorden	Alpha Agas	14-11-2007	7	1,8	1,0
Walsoorden	Dutch Faith	14-11-2007	2	1,4	0,1
Walsoorden	Dolie Europa	14-11-2007	2	4,8	2,2
Walsoorden	Ostra	14-11-2007	5	0,4	0,1
Walsoorden	Stability	14-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Tone	14-11-2007	3	0,6	0,3
Walsoorden	Ever Result	14-11-2007	3	13,1	5,4
Walsoorden	Stolt Guillemot	14-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Grendon	14-11-2007	2	0,2	0,04
Walsoorden	Nora	14-11-2007	2	2,9	1,6
Walsoorden	Delmas Annemone	14-11-2007	4	0,9	0,9
Walsoorden	Coral Nettuno	14-11-2007	-	-	-
Walsoorden	General Dabrowski	14-11-2007	2	0,9	0,5
Walsoorden	Lexa Maersk	14-11-2007	3	5,9	3,2
Walsoorden	Clipper Sira	14-11-2007	1	0,1	-
Walsoorden	Alpine Girl	14-11-2007	-	-	-
Walsoorden	MSC Monica	14-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Aicedo	15-11-2007	1	1,1	-
Walsoorden	Pinta	15-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Itajai Express	15-11-2007	2	4,8	1,5
Walsoorden	Deltagas	15-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Granato	15-11-2007	3	3,3	0,9
Walsoorden	Valparaiso Express	15-11-2007	2	4,7	4,0
Walsoorden	Cerambycida	15-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Clipper Inge	15-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Pakri Victory	15-11-2007	2	5,9	1,1
Walsoorden	Irbe Venta	15-11-2007	2	0,8	0,4
Walsoorden	Orisant	15-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Georg Essberger	15-11-2007	-	-	-
Walsoorden	Pinta	15-11-2007	2	0,7	0,002
Walsoorden	Southern Juice + MSC Japan *	15-11-2007	4	5,0	3,0
Walsoorden	Pine Arrow	15-11-2007	2	1,0	0,4
Walsoorden	MSC Baleares	15-11-2007	2	1,8	0,4
Walsoorden	Bluarrow	15-11-2007	-	-	-
Hansweert	Sigas Centurion	16-11-2007	-	-	-
Hansweert	Atlantic Cartier	16-11-2007	3	17,3	2,8

* schepen voeren gelijk op: sombepaling van emissiegetal

Aantal gemeten boten: 93
Waarvan succesvol: 52
Waarvan niet succesvol: 41
Aantal succesvolle scans: 139

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl