

**Emissieschattingen Diffuse bronnen  
Emissieregistratie**

**Morsingen PAK door  
zeescheepvaart**

Versie mei 2016

Op actualiteit gecontroleerd: mei 2024

De gepresenteerde methode voor emissieberekening van de genoemde emissieoorzaken in deze factsheet is actueel, maar vanaf 2017 worden de nieuwe emissiecijfers niet meer toegevoegd. Ga voor de meest recente emissiecijfers naar de website van EmissieRegistratie ([www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl)).

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WATERDIENST  
Uitgevoerd door DELTARES en TNO

# Morsingen PAK door zeescheepvaart

## 1 Omschrijving emissiebron

Het betreft hier de emissies ten gevolge van het lozen van met olie verontreinigd water op NCP (Nederlands Continentaal Plat) zoals blijkt uit de waarnemingen van surveillances met vliegtuigen. De meest waarschijnlijke emissiebron van deze oliewaarnemingen is de scheepvaart. De emissies door schepen kunnen op diverse manieren zijn ontstaan:

- regulier toegestane lozingen vanuit olie/waterscheidinginstallaties aan boord
- illegale lozingen van bilgewater
- illegale lozingen van oliesludges overgebleven uit reiniging van zware stookolie aan boord
- illegale lozingen van waswater en ballastwater
- lozingen als gevolg van calamiteiten

Doordat de waarnemingen van olievlekken als uitgangspunt zijn genomen valt geen onderscheid meer te maken naar de onderliggende oorzaken.

Deze emissiebron wordt binnen de nationale Emissieregistratie toegerekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer.

## 2 Toelichting berekeningswijze

De emissies worden op eenvoudige wijze berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier de op basis van waarnemingen en extrapolatie geschatte hoeveelheid minerale olie die jaarlijks wordt gemorst op het NCP, met een emissiefactor (EF) per stof, uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV, in dit geval het gemiddelde gehalte aan afzonderlijke PAK in minerale olie.

Aangenomen is dat verreweg het grootste deel van de olie die geloosd wordt op zee bestaat uit minerale olie.

De PAK-emissie wordt vervolgens berekend door de emissie van de minerale olie te vermenigvuldigen met het gemiddelde PAK-gehalte van de minerale olie, via:

$$\text{Emissie PAK} = \text{emissie minerale olie} * \text{PAK-gehalte minerale olie}$$

Het gemiddelde PAK-gehalte van de minerale olie wordt verkregen door een aanname te doen omtrent de aandelen van verschillende oliesoorten in de waargenomen olievlekken.

## 3 Emissieverklarende variabele

In een MARIN-rapport [1] staat beschreven welke waarnemingen door RWS worden uitgevoerd met behulp van vliegtuigen. Onderstaande passage is op dit rapport gebaseerd.

Voor het detecteren van olievlekken op zee wordt voornamelijk gebruik gemaakt van SLAR (Side Looking Airborne Radar). De waarnemingen gebeuren tijdens verschillende soorten vluchten met een waarnemingsvliegtuig. Onderscheiden worden:

- Remote sensing meldingen; gedurende vluchten waarbij de verontreinigingen alleen worden geteld.
- NAT-meldingen; tijdens de nationale beheersvluchten (NAT) wordt gevlogen volgens een min of meer vast patroon op behoorlijke hoogte. Het constateren van verontreinigingen is één van de taken. De grotere verontreinigingen worden visueel geverifieerd, hetgeen betekent dat de olievlekken op kortere afstand door de Kustwacht worden geïnspecteerd.
- SHIP-meldingen; deze worden gesignaleerd gedurende Beleidsplan Scheepvaart vluchten. Tijdens deze vluchten daalt het vliegtuig naar uitgekozen schepen en worden visuele controles uitgevoerd.

Gedurende NAT-vluchten vliegt het vliegtuig op grotere hoogte zodat een breder gebied op verontreinigingen kan worden gescand. Er is daarnaast geen oponthoud bij ieder schip zoals bij (SHIP) waardoor in de vliegrichting een veel grotere afstand per vlieguur kan worden afgelegd. De NAT-meldingen vormen een langjarige betrouwbare consistente meetreeks.

De waarnemingen worden gerubriceerd in de categorieën "verontreinigingen" en "olieverontreinigingen". De volgende "verontreinigingen" worden buiten de categorie "olieverontreinigingen" gehouden:

- verontreinigingen van onbekende aard of niet geverifieerd;
- plantaardige of dierlijke oliën;
- chemicaliën.

In tabel 1 staat een overzicht van de waarnemingsresultaten [2] van de NAT-vluchten vermeld over een lange reeks van jaren. Hieruit blijkt dat het aantal waarnemingen per vlieguur ongeveer is gehalveerd in twaalf jaar tijd. Tevens blijkt dat het volume van de gemiddelde olieplek met bijna een factor 10 is afgenomen. De beschikbare gegevens vanuit de NAT-vluchten vanaf 2011 zijn niet beschikbaar gekomen of zijn gezien als onvoldoende betrouwbaar voor actuele betrouwbare jaarlijkse update van de waarnemingsresultaten. De Waarnemingsresultaten van jaar 2010 zijn daarom doorgekopieerd.

Tabel 1 Overzicht van de waarnemingsresultaten uit NAT-vluchten betreffende olieplekken

Jaar	Gevlogen	Olieplekken	Totaal Oppervlak olieplekken	Totaal Volume olieplekken	N Aantal olieplekken	Oppervlak olieplekken	Volume olieplekken	V Geschat Volume per olieplek
	Uren	Aantal	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Vlekken/vlieguur	Per vlieguur	m <sup>3</sup> per vlieguur	m <sup>3</sup> /vlek
1992	236	66	83.03	214.88	0.28	0.35	0.91	3.3
1993	497	118	103.72	250.86	0.24	0.21	0.5	2.1
1994	405	103	71.39	112.03	0.25	0.18	0.28	1.1
1995	478	83	63.6	177.76	0.17	0.13	0.37	2.2
1996	477	86	112.49	96.98	0.18	0.24	0.2	1.1
1997	693	124	176.85	142.16	0.18	0.26	0.21	1.2
1998	579	75	80.8	42.62	0.13	0.14	0.07	0.5
1999	545	69	163.61	150.67	0.13	0.3	0.28	2.2
2000	586	127	127.85	85.04	0.22	0.22	0.15	0.7
2001	551	77	128.79	70.34	0.14	0.23	0.13	0.9
2002	473	44	33.69	19.23	0.09	0.07	0.04	0.4
2003	484	69	64.89	33.59	0.14	0.13	0.07	0.5
2004	608	65	66.42	25.71	0.11	0.11	0.04	0.4
2005	663	55	72.25	40.05	0.08	0.11	0.06	0.7
2006	764	40	53.24	54.59	0.05	0.07	0.07	1.4
2007	525	26	8.75	4.42	0.05	0.02	0.08	0.2
2008	668	25	25.8	69.07	0.04	0.04	0.13	2.8
2009	658	31	31.3	93.26	0.05	0.05	0.14	3
2010	804	27	38.4	8.68	0.03	0.05	0.01	0.3
2011	804	27	38.4	8.68	0.03	0.05	0.01	0.3
2012	804	27	38.4	8.68	0.03	0.05	0.01	0.3
2013	804	27	38.4	8.68	0.03	0.05	0.01	0.3
2014	804	27	38.4	8.68	0.03	0.05	0.01	0.3

Morsingen PAK door zeescheepvaart

Door Helmers [3] is een statistische analyse uitgevoerd van bovengenoemde NAT-waarnemingen van olievlekken. De resultaten uit het rekenmodel van Helmers uit tabel 4.1 worden in dit factsheet overgenomen voor de jaren waar Helmers voor gerekend heeft. Het gaat hier om de totaal geschatte hoeveelheid olie per jaar (TA) in kubieke meters waarbij rekening is gehouden met de effecten van wind en de gemiddelde levensduur van olievlekken.

Voor de jaren waarvoor Helmers geen statistische analyse heeft uitgevoerd is in deze factsheet een vereenvoudigde schattingsmethode geïntroduceerd. Deze schattingsmethode houdt in dat het aantal waargenomen olievlekken per vlieguur over een geheel jaar (kolom N in tabel 1) wordt vermenigvuldigd met het gemiddelde volume van de waargenomen olievlekken in een jaar (kolom V) en vermenigvuldigd met een schalingsfactor (S) van 13 000. De schalingsfactor S is afgeleid door de resultaten van Helmers zo goed mogelijk te correleren met de invoergegevens kolom V en kolom N zoals vermeld in tabel 1. Het aantal waargenomen olievlekken per vlieguur (kolom N in tabel 1) kan worden beschouwd als een goede maat voor het aantal verontreinigingen dat gemiddeld genomen is aangetroffen in een jaar. Dit aantal wordt als representatief beschouwd voor het gehele oppervlak van het NCP. Het gemiddelde volume van de olievlekken (kolom V) wordt als maatgevend volume per vlek in een bepaald jaar beschouwd. De schalingsfactor S is nodig om het aantal vlekken per vlieguur door te vertalen naar het totaal aantal vlekken op het gehele NCP over een jaar.

De formule voor de schatting van het volume olie op het NCP is dan:

$$O = N \times V \times S$$

Waarbij:

O	=	geschat volume olie (m <sup>3</sup> /jaar.NCP)
N	=	aantal vlekken/vlieguur (1/uur)
V	=	geschat volume per vlek (m <sup>3</sup> )
S	=	aantal uur in een jaar/fractie NCP bestreken per vlieguur (13 000 is afgeleid uit de resultaten van Helmers)

Aangezien een jaar 8 760 uur heeft is de fractie van het NCP die bestreken zou worden in een uur bij een waarde van S=13 000 ongeveer 0.67 (tweederde deel van het NCP).

Er van uitgaande dat vooral de drukke scheepvaartroutes van belang zijn, zou dit misschien kunnen kloppen. De indruk bestaat echter dat in een vlieguur niet tweederde deel van het NCP kan worden waargenomen. Dit zou kunnen betekenen dat de schatting van Helmers aan de lage kant is.

Tabel 2 Geschat volume van olielozingen op het NCP (emissieverklarende variabele) op basis van informatie uit Nationale Beheersvluchten (m<sup>3</sup>)

Jaar	Olie volume (m <sup>3</sup> )	Bron/Methode
1990	20 827	Extrapolatie
1993	8 970	Helmers [3]
1994	5 067	Helmers [3]
1995	2 496	Helmers [3]
2000	1 803	Helmers [3]
2005	785	Opschaling
2010	140	Opschaling
2012	140	Opschaling
2013	140	Opschaling

NB. Het volume voor het jaar 1990 is gebaseerd op een extrapolatie van de trendlijn voor de jaren 1992 – 2004.

De schatting van het volume geloosde olie is wat betreft de orde van grootte redelijk in overeenstemming met een ruwe schatting van Wulffraat [4], die voor de jaren 1980-1990 voor het NCP ongeveer 10 000 ton olie heeft geschat, wat globaal overeenkomt met 12 .000 kubieke meter olie. Compaan [5] schat voor 1988 een hoeveelheid tussen de 5 000 en 14 000 ton, hetgeen goed overeenkomt met de schatting van Wulffraat.

#### 4 Emissiefactoren

Het is zeer lastig om de gemiddelde PAK-samenstelling van de waargenomen olievlekken in te schatten omdat de herkomst van de olie immers niet goed bekend is. Niettemin is toch een poging gedaan door de profielen van verschillende componenten met elkaar te combineren tot een gemiddeld gewogen PAK-profiel. In de eerste plaats zijn uit de literatuur PAK-gehalten gehaald voor de afzonderlijke PAK in verschillende oliesoorten. Vervolgens is met behulp van verschillende literatuur-referenties een schatting gemaakt van aandelen van verschillende oliesoorten. Uit de genoemde rapportage van MARIN [1] valt af te leiden dat het aandeel van calamiteus geloosde olie ongeveer gelijk zal zijn dan het aandeel van “operationeel” geloosde olie.

Daarom is het aandeel van de categorie oliesludges en tankerwaswater op 50 procent gezet. Vervolgens is uit een Amerikaanse publicatie [7] het relatieve aandeel gehaald van de calamiteus geloosde brandstoffen en ruwe aardolie.

In [6] tabel E.18 staat 36% voor ruwe aardolie, voor diesel en lichte stookolie samen 28% en voor zware stookolie 36%. In onderstaande tabel zijn deze percentages gehalveerd in verband met het veronderstelde aandeel van oliesludges en tankerwaswater.

Tabel 3 Schatting van het gemiddelde gehalte aan PAK-componenten in olielozingen(mg/kg)

Stof/Oliesoort	Marine dieselolie	Zware stookolie	Ruwe aardolie	Oliesludges en tankerwaswater	Gemiddelde olielozing
Verondersteld Aandeel in olievlekken	14%	18%	18%	50%	100%
Dichtheid (kg/L)	0.85	0.9	0.85	0.85	0.86
Referentie PAK-gehalte	[8]	[9]	[10]	[10]	Gewogen gemiddelde
PAK	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Naftaleen	1 080	1000	430	44	430.6
Fenanthreen	750	480	150	55	245.9
Anthraceen	150	170	4.3	2	53.4
Fluorantheen	100	240	2	2	58.6
Chryseen	10	196	30	12	48.1
Benzo[a]anthraceen	20	90	3	3	21.0
Benzo[b]fluorantheen	15	25	4	1.7	8.2
Benzo[k]fluorantheen	15	25	0.07	0.3	6.8
Indeno[1,2,3-cd]pyreen	15	25	0.08	0.2	6.7
Benzo[g,h,i]peryleen	0.35	1	0.08	0.7	0.6
Benzo[a]pyreen	10	44	1.5	0.1	9.6

## 5 Maatregelen en effecten

In de gepresenteerde cijfers in deze factsheet komen de effecten van maatregelen automatisch tot uitdrukking omdat de gepresenteerde cijfers berusten op waarnemingen.

Diverse maatregelen hebben waarschijnlijk effect op de hoogte van de emissieverklarende variabele. Ongetwijfeld één van de beste maatregelen is de consequente handhaving van de bestaande regelgeving [11], de bewaking van de zee en de handhaving aan boord van schepen in de havens (Port State Control). In dit kader kunnen tevens worden genoemd de implementatie van de EU HOI-richtlijn en de samenwerking van de havens bij het weren van “rust-buckets” (<http://www.parismou.org>).

Daarnaast spelen waarschijnlijk de tijd en het geld die gemoeid zijn met het inleveren van afvalstoffen in havens een belangrijke rol in het gedrag van de schepen [12]. In verband met de scherpe mondiale concurrentie kunnen de schepen zich geen enkel tijdsverlies permitteren die het gevolg zou kunnen zijn van een inefficiënt georganiseerde inzameling van afvalstoffen. De wijze waarop de HOI-richtlijn zowel wat betreft de logistiek van inzameling en de tariefstelling is geïmplementeerd kent nogal grote verschillen per haven. Per haven zijn er tamelijk grote verschillen tussen zowel de wijze van inzamelen en in mindere mate ook de daarmee gemoeid gaande kosten/tarieven [12].

## 6 Tijdreeks emissiefactoren

Aangezien er geen maatregelen bekend zijn die effect hebben op de in par. 4 vermelde emissiefactoren, worden de emissiefactoren constant verondersteld in de tijd.

## 7 Emissies

Onderstaande tabel geeft het verloop van de emissies in de tijd weer. De emissies zijn berekend door vermenigvuldiging van de emissiefactoren uit tabel 3 met de emissieverklarende variabele (de hoeveelheid waargenomen olie) uit tabel 2. De cijfers voor minerale olie zijn afgerond op tonnen, de PAK's op kg.

Tabel 4 Emissies van minerale olie en PAK als gevolg van olielozingen op zee voor de peiljaren

Stof	Jaar	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Minerale olie (ton)		17 890	2 144	1 549	675	120	120	120
Naftaleen (kg)		7 704	923	667	291	52	52	52
Fenanthreen (kg)		4 399	527	381	166	30	30	30
Anthraceen (kg)		955	114	83	36	6.4	6.4	6.4
Fluorantheen (kg)		1 048	126	91	40	7	7	7
Chryseen (kg)		860	103	74	32	6	6	6
Benzo[a]anthraceen (kg)		376	45	33	14	3	3	3
Benzo[b]fluorantheen (kg)		146	18	13	6	1	1	1
Benzo[k]fluorantheen (kg)		121	14	10	5	1	1	1
Indeno[1,2,3-cd]pyreen (kg)		120	14	10	5	1	1	1
Benzo[g,h,i]peryleen (kg)		11	1	0.9	0.4	0.1	0.1	0.1
Benzo[a]pyreen (kg)		172	21	15	6	1	1	1

De resultaten die in bovenstaande tabel staan vermeld komen redelijk overeen met eerdere schatting in de Doelgroepstudie en beleidsanalyse zeescheepvaart Noordzee [13]. Voor 1987 wordt hierin van benzo(a)pyreen een range genoemd van 123 tot 128 kilogram per jaar en voor fluorantheen een range van 595 tot 1090 kilogram per jaar.

Wulffraat [4] heeft in 1993 de emissie van benzo(a)pyreen als gevolg van olielozingen op Noordzee geschat op 60 kilogram per jaar. De orde van grootte die in tabel 4 wordt geschat is daarmee vergelijkbaar.

## 8 Verdeling compartimenten

De primaire emissie van de besproken emissiebron vindt in zijn geheel plaats naar het oppervlaktewater. De secundaire belasting van zeebodem en lucht die kan optreden maakt geen deel uit van deze factsheet.

## 9 Emissieroutes naar water

De emissies vinden voor 100% plaats direct naar oppervlaktewater. Er is geen sprake van lozingen op riool.

## 10 Regionalisatie

In het bestand van de emissieregistratie zijn de emissie van zeeschepen geregionaliseerd op basis van het brandstofgebruik per gridcel op het NCP. Aangezien het patroon van olielozingen enige gelijkenis vertoont met het patroon van de scheepvaartroutes worden de emissies van olielozingen eveneens op basis van het brandstofgebruik per gridcel in de EmissieRegistratie geregionaliseerd.

## 11 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

De eerste versie van deze factsheet is van juni 2008. De factsheet wordt jaarlijks geüpdatet. De update met jaar 2013 is gebaseerd op een kopie van de emissieverklarende variabelen voor jaar 2010. De reden is dat er nog geen nieuwe en betrouwbare cijfers beschikbaar waren voor jaren vanaf 2010.

## 12 Betrouwbaarheid

Aan elk onderdeel van de emissieberekening is een betrouwbaarheid toegekend. De volgende betrouwbaarheidspercentages zijn hierbij gehanteerd: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 100%, 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel. Alle percentages ertussen geven van laag naar hoog een steeds kleinere betrouwbaarheid en een grotere onzekerheid. Voor elk van de onderdelen is de betrouwbaarheid ingeschat door een groep experts. Hierbij zijn onder andere de volgende punten in overweging genomen:

- Metingen: zijn er metingen beschikbaar? Om hoeveel metingen gaat het? Zijn ze recent, realistisch en representatief? Hoe groot is de variatie?
- Als er geen metingen voorhanden zijn: is er veel literatuur of zijn er andere informatiebronnen beschikbaar?
- Als de emissie d.m.v. een model wordt verkregen: wat is de schaal van het model en is het model gevalideerd?
- Aannames: moeten er veel aannames gedaan worden en hoe groot zijn die?
- Regionalisatie: geeft de EVV een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van de bron? Hoe groot is de variatie van de emissie in de ruimte en kan deze variatie door de EVV wel goed over Nederland verdeeld worden?

Onderdeel Emissieberekening	Betrouwbaarheidspercentage (%)
Emissieverklarende variabele	100%
Emissiefactoren	50%
Verdeling compartimenten	0%
Emissieroutes naar water	0%
Regionalisatie	10%

De emissieverklarende variabele wordt gezien als onzeker met name gebaseerd op ontbreken van betrouwbare mogelijke aanvullingen van benodigde gegevens. De emissiefactor is relatief onbetrouwbaar omdat samenstelling van minerale olie onzeker is. De regionalisatie is relatief zeker omdat de scheepsroutes van zeeschepen vastliggen en goed bekend zijn. De emissieroutes naar water en verdeling compartimenten worden als zeer betrouwbaar ingeschat omdat emissie alleen direct alleen naar water is.

### 13 Verbeterpunten

De emissiefactoren en emissieverklarende variabelen.

Als belangrijkste verbeterpunten voor de schatting van de emissies t.a.v. morsingen PAK door zeescheepvaart kunnen worden genoemd:

- Monitoring en methode verbetering van aantallen, oppervlakte en volumme van olievlekken;
- Meting van het werkelijke PAK en oliegehalte in waargenomen olievlekken;
- Meting van andere stoffen dan PAK in de geloosde olie (detergenten en metalen).

### 14 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen met [emissieregistratie@deltares.nl](mailto:emissieregistratie@deltares.nl).

### 15 Referenties

1. C. van der Tak, *Actualisatie T0-emissies*, MARIN Rapport Nr. 16196.620/2, 10 juli 2000.
2. A. Th. Visser, Rijkswaterstaat Dienst Noordzee, *Persoonlijke mededeling verstuurd per email*, 10-11-2005.
3. R. Helmers, *Statistical analysis of oil pollution data (1992-2000) from the Dutch part of the North Sea*, Centre for Mathematics and Computer Science, Amsterdam March 2002.
4. K.J. Wulffraat, Th. Smit, H. Groskamp, A. de Vries, *De belasting van de Noordzee met verontreinigende stoffen*, Rapport DGW-93.037, blz. 127, 1980-1990.
5. H. Compaan, *Polycyclic aromatic hydrocarbons(PAH) in the North Sea an inventory*, TNO Environmental and Energy Research, IMW-R 92/392, december 1992.
6. National Research Council, *Oil in the sea III, Inputs, fates and effects*, The National Academies Press, Table E-18, 2003.
7. D.E. Hall (Chairman), R. Doel, R. Jørgensen, D.J. King, N. Mann, P. Scorletti, P. Heinze (Technical Coordinator), *Polycyclic aromatic hydrocarbons in automotive exhaust emissions and fuels*; report no.98/55, Prepared for the CONCAWE Automotive Emissions Management Group by its Special Task Force AE/STF-12: CONCAWE, Brussels, november 1998.
8. Oonk, J. et al, *Bilgewater binnenscheepvaart*, factsheet Emissieschattingen Diffuse bronnen, december versie 2, december 2004.
9. M van Mouwerik et al., *Fuel oil number 6 entry*, Environmental Contaminants Encyclopa, National Park Service, Water Resources Division, Water Operations Branch, 1 juli 1997.
10. Kerr, J.M.et al, *Polyaromatic hydrocarbon content in crude oils around the world*, Society of Petroleum Engineers, SPE 52724, 1999.
11. Stichting de Noordzee, *Handhaving afgifte afvalstoffen zeevaart, van zwakke schakel naar sterke hand*, februari 2002.
12. Nijdam, M.H en Langen P.M. de, *Haven Ontvangst Installaties, indirecte financiering en gevolgen voor de concurrentiepositie van Nederlandse Zeehavens*, Erasmus Universiteit Rotterdam, concept-eindrapport, juni 2005.
13. J. Tijink, W. van Urk, *Doelgroepstudie en beleidsanalyse zeescheepvaart Noordzee*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat RIKZ, Rapport RIKZ 97.008.
14. Most, P.F.J. van der et al., *Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water*. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44, juli 1998.



15. Classificatiesysteem betrouwbaarheid wateremissies (Dröge, 2013)

**Internet-sites**

<http://www.parismou.org>