

EMS-protocol Emissies door Verbrandingsmotoren van Zeeschepen op het Nederlands Continentaal Plat

Versie 2, 22.11.2003

22 november 2003

Auteurs:

Jan Hulskotte (TNO-MEP)

Ernst Bolt (RWS-AVV)

Dick Broekhuizen (RWS-AVV)

Colofon

Uitgegeven door: Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Informatie: P.Paffen, km A2.18
AVV, Postbus 1031, 3000 BA Rotterdam

Telefoon: 010-2825726
Fax: 010-2825643

Projectuitvoering: Emissie Registratie en Monitoring Scheepvaart
(EMS)
Rijkwaterstaat,
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Boompjes 200 Rotterdam

Datum: 22 november 2003

Status: Definitief

Versienummer: 2

Inhoudsopgave

1	Inleiding en scope	1–1
3	Emissiebron	3–1
3.1	Oorzaken	3–1
3.2	Maatregelen	3–1
4	Berekeningswijze	4–1
4.1	Buitengaats varende zeeschepen	4–1
5	Emissieverklarende variabele	5–1
5.1	Bepaling met behulp van statistische gegevens	5–1
5.2	Tijdreeks 1990 tot heden	5–3
5.3	Jaarlijkse bepaling	5–3
6	Aard van de emissiebron	6–1
7	Emissiefactoren	7–1
7.1	Emissiefactoren tijdreeks van 1990 tot heden	7–1
7.2	Jaarlijkse bepaling	7–3
8	Emissies	8–1
8.1	Emissiecijfers 2000	8–1
8.2	Emissie sinds 1990	8–1
8.1	Verschil in Methode	8–2
8.2	Verschil in cijfers	8–2
9	Kwaliteit van de gegevens	9–1
10	Verbeterpunten methodiek	10–1
10.1	Zwakke punten	10–1
10.2	Belangrijkste verbeterpunten	10–1
11	Regionale opsplitsing	11–1
16	Referenties	16–1

Dit rapport geeft een beschrijving van de methode die wordt gevolgd voor de berekening van de emissies van koolstofdioxide (CO₂), stikstofoxiden (NO_x), koolstofmonoxide (CO), stof (PM), vluchtige organische stoffen (VOS) en zwaveldioxide (SO₂) door motoren van zeeschepen op Nederlands grondgebied. De resultaten worden jaarlijks gebruikt voor de Nederlandse Emissieregistratie.

Er wordt hierbij een functioneel onderscheid gehanteerd tussen buitengaats varen op ontwerpsnelheid (onderdeel A), manoeuvreren in aanloop naar de havens (onderdeel B) en stilliggen (onderdeel C). Deze onderdelen vormen op zichzelf staande onderdelen. In dit rapport staat onderdeel A beschreven.

In dit protocol wordt binnen bovengenoemde onderdelen tevens onderscheid gemaakt tussen hoofdmotoren en hulpmotoren. Hoofdmotoren zijn bedoeld voor de voortstuwing van het schip. Hulpmotoren zijn nodig voor manoeuvreren (boegschroefmotoren) en het opwekken van elektriciteit voor de bedrijfsvoering en de huisvesting van bedienend personeel of in passagiers in geval van veerboten (generatoren).

Geen onderdeel van dit protocol zijn:

- de emissies van visserij
- Zeeschepen varende op de Westerschelde (dit wordt bij het protocol Manoeuvreren meegerekend)
- emissies afkomstig van de lading of andere bronnen dan motoren
- emissies van andere stoffen dan bovengenoemde.

3.1 Oorzaken

De voorstuwning van zeeschepen op routes varend op het Nederlands continentaal plat (NCP) en andere routegebonden vaarwegen op het Nederlands grondgebied en opwekking van energie in havens vindt hoofdzakelijk plaats met behulp van dieselmotoren.

Andere motoren die tevens zijn gebaseerd op verbranding van fossiele brandstoffen die nog zelden gebruikt worden zijn gasturbines en stoommachines.

De verbrandingsprocessen die plaatsvinden in al deze motoren veroorzaken emissies van luchtverontreinigende stoffen. De belangrijkste stoffen die vrijkomen zijn kooldioxide, stikstofoxiden, deeltjes (PM₁₀), koolmonoxide, koolwaterstoffen, en zwaveldioxide. Kooldioxide en zwaveldioxide worden veroorzaakt door de oxidatie van de in de brandstof aanwezige koolstof en zwavel. De emissies van deze stoffen zijn daardoor volledig afhankelijk van de gehalten koolstof en zwavel van de brandstof en de hoeveelheid brandstof die wordt verbrand.

Stikstofoxiden worden voornamelijk veroorzaakt door de hoge temperaturen en drukken de verbrandingsmotoren waardoor de in de lucht aanwezige stikstof zich verbindt met zuurstof. Koolmonoxide, koolwaterstoffen en deeltjes zijn producten van onvolledige verbranding. De emissies van laatstgenoemde stoffen zijn hiermee voornamelijk afhankelijk van de technische eigenschappen van de motoren en de wijze waarop deze motoren worden gebruikt.

3.2 Maatregelen

MARPOL is het IMO-verdrag ter voorkoming van verontreiniging door zeeschepen. Bijlage VI (Annex VI) bij het MARPOL-Verdrag dateert van eind 1997 en stelt normen aan de emissies naar de lucht door de zeescheepvaart. Deze Annex reguleert onder andere de uitstoot van NO_x en VOS door motoren en de brandstofkwaliteit (waaronder het zwavelgehalte en de monitoring daarvan).

tabel 1 Door IMO vastgestelde grenswaarden voor de NO_x-uitstoot van motoren groter dan 130 kW (geldig voor motoren van na 1-1-2000)

N	NO _x (g/kWh)
<130	17
130-2000	45.N ^{-0.2}
>2000	9,8

N = maximum toerental (omwentelingen/minuut)

De maximum-grens voor het zwavelgehalte in brandstofolie bedraagt 4,5%. Daarnaast zijn twee 'SO_x-emission control areas' aangewezen: de Oostzee en de Noordzee (samen met het Kanaal). Het zwavelgehalte van de brandstof moet in deze gebieden onder de 1,5 % liggen. Andere mogelijkheid om aan deze norm te voldoen is toepassing van een rookgasreiniging met hetzelfde resultaat.

Naast de regulering van de NO_x-uitstoot en het zwavelgehalte van de brandstoffen geldt binnen IMO een facultatieve bepalingen voor de regulering van VOS-emissies.

Om Annex VI in werking te kunnen laten treden is de ratificatie van 15 landen benodigd met gezamenlijk tenminste 50% van het wereldhandelstonnage.

Buiten Annex VI besteedt IMO ook aandacht aan de uitstoot van broeikasgassen door de zeescheepvaart.

4.1 Buitengaats varende zeeschepen

Het nu volgende stuk behandelt de berekening van de emissies van buitengaats varende zeeschepen

De berekeningswijze van de emissies vindt plaats door vermenigvuldiging van emissieverklarende variabelen met emissiefactoren. De methode die hierbij gevolgd wordt is globaal beschreven in het EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook [1] onder de noemer "ship movement methodology".

De berekening vindt per basisjaar plaats in twee stappen en wordt in principe uitgevoerd op basis van reisgegevens van individuele zeeschepen. Met behulp van de verkeersdatabase en routetoedeling van SAMSON¹ wordt op basis van reisgegevens bepaald wat per schip de gevaren afstand is op de Nederlandse wateren (NCP) in een bepaald jaar.

Met behulp van de emissie per schip per eenheid gevaren afstand wordt berekend wat de emissie per stof is. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een aantal scheepskenmerken zoals het vermogen van de hoofdmotor(en), de ontwerpsnelheid, het type motor, het soort brandstof en het bouwjaar van de hoofdmotor(en).

Voor ieder afzonderlijk zeeschip varend op routes op Nederlandse grondgebied geldt de volgende formule voor het energiegebruik:

$$\text{Energie} = \text{Vermogen} \times \text{Tijd}$$

De tijd wordt berekend door de gevaren afstand te delen door de (ontwerp)snelheid van ieder afzonderlijk schip.

Energiegebruik schip 's' =
Geïnstalleerd vermogen maal fractie ingezet vermogen
maal lengte afgelegde weg
gedeeld door snelheid schip

ofwel:

$$E_s = P_s \cdot F_s \cdot L_s / V_s \quad (1)$$

Waarbij:

E_s = Energiegebruik, (Kwh)

P_s = Geïnstalleerd vermogen op dit schip volgens registratie in Lloyds, (Kw)

F_s = Fractie vermogen ingezet (constante 0,85 bepaald door enquête zeeschepen)

L_s = Totale afgelegde weg van dit schip op de geregistreerde routes, (zeemijl)

V_s = Ontwerpsnelheid van dit schip volgens registratie in Lloyds, (zeemijl/uur)

De fractie van het ingezet vermogen ten opzichte van het geïnstalleerde vermogen is op grond van een TNO-enquête in de Rotterdamse haven op 85% bepaald. Het enquêtégemiddelde van 89 zeeschepen was 83%. Dit komt goed overeen met de aannames van andere auteurs. In de recente ENTEC-studie [4] werd 80% aangenomen. Flodström komt in 1997 op grond van een enquête uitkomsten van 82 schepen van Zweedse rederijen op 81% en een gerealiseerde snelheid van 93% ten opzichte van de ontwerpsnelheid.

De berekening van het brandstofgebruik per schip wordt vervolgens specifiek per motortype, bouwjaar en brandstofsoort berekend:

Branstofgebruik schip 's' =
Energiegebruik schip 's'
gedeeld door rendement voortstuwingsinstallatie
gedeeld door energie-inhoud brandstof per kg

ofwel:

$$Q_s = E_s / (R_{m,f,y} \cdot W_f) \quad (2)$$

Waarbij:

Q_s = Brandstofgebruik, (kg)

$R_{m,f,y}$ = Rendement van motortype (m), brandstof(f) en bouwjaar(y), (Kwh/Kwh)

W_f = Energie inhoud van brandstof (f), (Kwh/kg)

De berekening van de emissies die motorafhankelijk zijn worden vervolgens uitgevoerd door vermenigvuldiging van het energiegebruik met de emissiefactoren per hoeveelheid energie.

Emissie (motortype-afhankelijk) =
Energiegebruik maal emissiefactor

ofwel:

$$EM_t = E_s \cdot EF_{t,m,f,y} \quad (3)$$

Waarbij:

EM_t = Emissie van stoffen (t) die motortype afhankelijk zijn, (kg)

E_s = Energiegebruik, (Kwh)

$EF_{t,m,f,y}$ = Emissiefactoren van stoffen(t), motortype (m), brandstof(f) en bouwjaar(y), (kg/Kwh)

¹ Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the NorthSea, in beheer bij AVV

De berekening van de emissies die brandstofafhankelijk zijn worden vervolgens uitgevoerd door vermenigvuldiging van het brandstofgebruik met de emissiefactoren per hoeveelheid brandstof.

**Emissie (brandstof-afhankelijk) =
Brandstofgebruik *maal* emissiefactor**

$$EM_f = Q_s \cdot EF_{f,b} \quad (4)$$

Waarbij:

EM_f = Emissie van stoffen (f) die brandstof afhankelijk zijn, (kg)

Q_s = Brandstofgebruik, (kg)

$EF_{f,b}$ = Emissiefactoren van stoffen(f), brandstof(b), (kg/kg)

5.1 Bepaling met behulp van statistische gegevens

Op grond van het scheepsreizen bestand van Lloyds Fairplay is met behulp van het routenetwerk van SAMSON [2] van ieder individueel schip te bepalen wat de afgelegde weg is op het Nederlands grondgebied. Dit gegeven dient als invoer voor de emissieberekeningen zoals hierboven zijn omschreven. De procedure die wordt toegepast binnen het SAMSON wordt beschreven in voornoemd MARIN-rapport [2].

In onderstaande tabel staan alle variabelen genoemd die moeten worden gebruikt om de emissieberekening van zeeschepen tot stand te brengen. De tabel is gemaakt om snel overzicht te hebben in de specificatie van de emissieverklarende variabelen en de emissiefactoren. Daarnaast is rekening gehouden met andere externe eisen aan de emissie-inventarisatie.

Uit de tabel valt af te leiden dat de toekenning van verkeersdata aan de routes moet worden opgebouwd met een aantal extra gegevens waaronder bouwjaar motor, havens, vlag. Dit laatste kan eenvoudig worden gerealiseerd door de identificatienummers van de schepen te koppelen aan de routegegevens.

Daarnaast geeft de tabel houvast voor de specificatie van gegevens die moeten worden opgevraagd om de berekening van emissiefactoren uit te voeren.

Specificatie van emissies zal mogelijk zijn per variabele waarbij in de kolom EVV een "ja" staat vermeld.

tabel 2 Variabelen in emissie-model berekening emissies zeeschepen

	Variabele	Beschrijving	Bron	Specificatie in Emissieverklarende variabele (EVV)	Koppeling Emissiefactoren
1	Scheepstype	20 of 11 typen	Scheepsregister	Ja maar alleen voor presentatie	
2	Brandstof	HFO of MDO	Scheepsregister (via algoritme)	Ja	Ja
3	Type hoofd motor	4 typen (2T,4T,TB,ST)	Scheepsregister	Ja	Ja
4	Bouwjaar Motor	Jaarklassen, perioden van 5 jaren (7 klassen in EF)	Scheepsregister	Ja	Ja
5	Toerental Motor	Klasse-indeling n.n.b.	Scheepsregister	Hulpvariabele Berekening Emissiefactoren vanaf 2000	Nee

	Variabele	Beschrijving	Bron	Specificatie in Emissieverklarende variabele (EVV)	Koppeling Emissiefactoren
6	Laadvermogen	GT of DWT (x klassen)	Scheepsregister	Ja maar alleen voor presentatie	
7	Vermogen		Scheepsregister	Ja	
8	Vermogen Hulpmotoren		Scheepsregister	Ja	
9	Gemiddelde Snelheid		Scheepsregister	Ja	
10	Vaartijd	Gekoppeld aan 9 via route	Combinatie	Hulpvariabele Berekening	
11	Haven herkomst	Keuze van 10 ? belangrijkste havens + categorie "Overige"	Reizenregister	Ja	
12	Haven Bestemming	Keuze van 10 ? belangrijkste havens + categorie "Overige"	Reizenregister	Ja	
13	Vlag	Nl, EU, Rest ?	Scheepsregister	Ja	

Toelichting op de variabelen

1. Scheepstype in het scheepsregister (Lloyds register of ships) is een variabele "stat type code" opgenomen. Deze specificeert 20 scheepstypen die geaggregeerd kunnen worden tot 11 typen die meer in aanmerking komen voor gespecificeerde presentatie van gegevens.
2. Brandstof kan via het scheepsregister via een algoritme worden afgeleid van type hoofdmotor en aanwezige brandstoftanks en de daarbij gespecificeerde brandstoffen. Als er een tank aanwezig is voor zware olie (omvang tanks is gegeven) zal worden aangenomen dat het schip tijdens de vaart buitengaats gebruik maakt van zware olie. Tweetaktmotoren lopen tijdens de vaart buitengaats altijd op zware olie. Voor de overige locaties zal worden uitgegaan van de resultaten van het onderzoek in de Rotterdamse haven. De brandstof is met name bepalend voor de emissiefactoren van CO₂, SO₂ en PM.
3. Type hoofdmotor staat in het algemeen vrijwel altijd aangegeven in de database. Het type hoofdmotor is bepalend voor de emissies van NO_x en alle componenten bij de types TB (turbines) en ST (stoom). Emissiefactoren van laatstgenoemde types zijn beschikbaar en worden niet veranderd.
4. Bouwjaar motor staat goed ingevuld in het schepenregister. Emissiefactoren zijn afhankelijk van het bouwjaar van de motor.
5. Toerental motor. Toerental motor staat redelijk ingevuld in de database. Jaarlijkse actualisatie van de gemiddelde NO_x-emissiefactor per bouwjaar lijkt hiermee goed uitvoerbaar.
6. Laadvermogen wordt (waarschijnlijk) per scheepstype in verschillende klassen ingedeeld. Dit dient slecht voor presentatie-doeleinden.
7. Vermogen van de hoofdmotor wordt gebruikt in de berekening van het energiegebruik.

-
8. Vermogen hulpmotoren wordt gebruikt in de berekening van het energiegebruik.
 9. De ontwerpsnelheid van ieder schip afzonderlijk wordt gebruikt voor de berekening van de vaartijd per route.
 10. Vaartijd. De vaartijd wordt berekend uit de route-lengte/snelheid. Dit wordt gebruikt in de berekening van het energiegebruik. $\text{Energie: Vermogen} \times \text{PercentageIngezet} \times \text{Tijd}$.
 11. Haven herkomst. Is van belang voor berekening emissies van "tussen-liggende" jaren.
 12. Haven bestemming. Is van belang voor berekening emissies van "tussen-liggende" jaren.
 13. Vlag. Is vanwege politieke interesses van belang.

5.2 Tijdreeks 1990 tot heden

Ten tijde van het schrijven van dit protocol waren basisdata beschikbaar over de jaren 1987, 1995 en 2000.

5.3 Jaarlijkse bepaling

Van de basisdata van het jaar 2000 is tevens bekend wat het havengebied van herkomst en bestemming van de betreffende schepen is geweest. Ongeveer 70 % van de scheepsreizen op het NCP is via herkomst of bestemming verbonden aan een Nederlandse haven. Het is dus mogelijk om emissiedata van tussenliggende jaren te interpoleren of te extrapoleren op basis van bezoekgegevens van Nederlandse havens die bij het CBS kunnen worden verkregen.

De emissie van elke scheepsbeweging wordt toegekend aan een haven van herkomst en bestemming.

Hierbij wordt geen verschil gemaakt tussen herkomst of bestemming van het schip. Van de belangrijkste havens wordt vervolgens een trendfactor in de totalen (gemeten in GT) van alle schepen die deze havens hebben aangedaan. Deze trendfactor wordt vervolgens vermenigvuldigd met het aandeel van de emissies dat aan deze haven is toegekend. Onderliggende aanname hierbij is dat de onderlinge verhoudingen in de transport stromen tussen verschillende landen relatief constant zullen zijn.

Reizen over de Westerschelde worden niet bij dit protocol berekend: de bestemming is hier 'Westerschelde', zonder onderscheid van de werkelijke haven van bestemming. Het varen vanaf de Westerscheldemonding tot aan de werkelijke haven (en terug) wordt bij het protocol Manoeuvreren meegerekend.

tabel 3 Methodiek voor ophoging
m.b.v. havenbezoekdata van CBS

Haven	Emissie in basisjaar	Trendfactor overslag Haven in Rekenjaar t.o.v. basisjaar	Emissie geschat Voor Rekenjaar
H1	E_1	T_1	E_1 . T_1
H2	E_2	T_2	E_2 . T_2
H3	E_3	T_3	E_3 . T_3
H4	E_4	T_4	E_4 . T_4
H5	E_5	T_5	E_5 . T_5
H6	E_6	T_6	E_6 . T_6
H7	E_7	T_7	E_7 . T_7
H8	E_8	T_8	E_8 . T_8
H9	E_9	T_9	E_9 . T_9
H10	E_10	T_10	E_10 . T_10
Overig	E_overig	T_overig	E_overig . T_overig
	Totaal Basisjaar		Totaal Rekenjaar

Beschrijving data-aanvoerroute

De bestanden aangaande scheepsreizen en schepen worden aangekocht bij Lloyds Fairplay. Vervolgens worden deze data verwerkt in het SAMSON-systeem en bewerkt zoals is beschreven in de rapportage van MARIN[2].

Bron voor periodieke actualisatie data

In principe vormen de hierboven aangeduide bestanden van Lloyds de primaire bron voor actualisatie. Omdat aanschaf en bewerking van deze bestanden teamelijk kostbaar is en de dynamiek niet erg groot is kan volstaan worden met elke twee jaar de Lloyds bestanden te gebruiken en het tussenliggende jaar op basis van de havencalls op te hogen.

De emissies vinden uiteraard daar plaats waar de schepen varen. Voor de 'routegebonden' scheepvaart (de schepen die van 'A' naar 'B' varen) kan behoorlijk goed aangegeven worden waar die emissies plaatsvinden. Het SAMSON model toont de intensiteit van scheepvaartverkeer langs de routes (zie hoofdstuk 11), de emissies vertonen hetzelfde patroon. Niet-routegebonden verkeer (visserij, werkschepen, recreatievaart) valt niet onder dit protocol.

7.1 Emissiefactoren tijdreeks van 1990 tot heden

De methodiek voor de afleiding van techniekafhankelijke emissiefactoren alsmede het gemiddelde rendement van de scheepsmotoren staat beschreven in TNO-rapport [3].

In het kader van het project Emissieregistratie en Monitoring Scheepvaart (EMS) is een deelonderzoek uitgevoerd voor de afleiding van emissiefactoren voor motoren in de zeevaart. Voor de emissiefactoren wordt onderscheid gemaakt tussen:

- motortype: tweetakt of viertakt;
- soort brandstof: lichte stookolie (MDO) of zware stookolie (HFO);
- bouwjaar van de motor;
- bedrijfstoestand: % maximum vermogen

Op basis van beschikbare metingen en literatuur worden de emissiefactoren in tabel 4 tot en met tabel 6 voorgesteld.

tabel 4 Emissiefactoren voor lage-toerenmotoren (tweetaktmotoren, in g/kWh)

Jaar	NO _x	PM HFO	PM MDO	CO	VOS	Specifiek Brandstof- gebruik
< 1974	16	1,7	0,5	3,0	0,6	210
1975-1979	18	1,7	0,5	3,0	0,6	200
1980-1984	19	1,7	0,5	3,0	0,6	190
1985-1989	20	1,7	0,5	2,5	0,6	180
1990-1994	18	1,7	0,4	2,0	0,5	175
1995-1999	15	1,5	0,3	2,0	0,4	170
2000	tabel 6	1,5	0,3	2,0	0,3	168

tabel 5 Emissiefactoren voor medium en hoge toerenmotoren (viertaktmotoren, in g per kWh)

Jaar	NO _x	PM HFO	PM MDO	CO	VOS	Specifiek Brandstof- gebruik
< 1974	12	0,8	0,5	3,0	0,6	225
1975-1879	14	0,8	0,5	3,0	0,6	215
1980-1984	15	0,8	0,5	3,0	0,6	205
1985-1989	16	0,8	0,5	2,5	0,6	195
1990-1994	14	0,8	0,4	2,0	0,5	190
1995-1999	11	0,7	0,3	2,0	0,4	185
2000	tabel 6	0,7	0,3	2,0	0,3	183

tabel 6 NO_x-emissiefactor voor motoren na 2000(g per kWh)

Toerental	NO _x -emissie (g / kWh)
< 130 rpm	14,5
tussen 130 en 2000 rpm	$38 \cdot n^{-0,2}$
boven 2000 rpm	8,3

De emissiefactoren in bovenstaande tabellen dienen te worden gecorrigeerd voor de bedrijfstoestand van het schip. Deze correctiefactoren worden weergegeven in tabel 8. Voor buitengaatse vaart blijkt de deellast gemiddeld 85% van het maximaal vermogen te bedragen. Voor binnengaatse vaart en manoeuvreren bedraagt de deellast 10-40% van het maximaal vermogen.

tabel 7 Correctiefactoren op de emissiefactoren uit tabel 4 t/m tabel 6

Deellast	NO _x	PM	CO	VOS
85%	0,97	0,97	0,70	0,84
50%	1,00	1,01	1,12	1,03
45%	1,01	1,01	1,23	1,09
40%	1,02	1,03	1,38	1,16
35%	1,03	1,05	1,56	1,27
30%	1,04	1,08	1,80	1,42
25%	1,06	1,12	2,14	1,65
20%	1,10	1,19	2,66	2,02
15%	1,17	1,32	3,51	2,74
10%	1,34	1,63	5,22	4,46

Tijdens stilliggen worden de emissies vooral veroorzaakt door hulpmotoren en boilers. De emissiefactoren hiervoor worden gegeven in tabel 8.

tabel 8 Emissiefactoren voor hulpmotoren en boilers (in kg per ton brandstof)

Jaar	NO _x	PM HFO	PM MDO	CO	VOS
Hulpmotoren					
< 1974	43	3,4	2,6	19,1	5,1
1975-1979	57	3,5	2,6	16,1	3,5
1980-1984	67	3,6	2,7	13,8	3,1
1985-1989	73	3,6	2,3	11,8	2,7
1990-1994	64	3,6	1,8	10,0	2,3
1995-1999	54	3,4	1,5	8,8	2,0
na 2000	40	3,5	1,5	7,5	1,5
Boilers					
Alle jaren	4,1	2	2	1,6	0,8

Voor de volledigheid is in onderstaande tabel nog de emissies van stoom- en gasturbine aangedreven schepen weergegeven [6].

.....
 tabel 9 Emissiefactoren voor stoom- en gasturbine aangedreven schepen (in kg per ton brandstof)

	NOx	NO _x	PM	PM	CO	VOS
	HFO	MDO	HFO	MDO		
Stoomturbine	3,3	7	2,5	2,1	0,5	0,2
Gasturbine		16		1,1	0,5	0,1

.....
 tabel 10 Brandstofgerelateerde emissiefactoren voor brandstoffen

Stof	CO ₂ (g/kg)	SO ₂ (g/kg)	Energie (MJ/kg)
HFO	3170	54	41
MDO	3150	20	42
MGO/ULMF	3140	4	42,5

7.2 Jaarlijkse bepaling

Er zijn twee omstandigheden, die een actualisatie van de emissiefactoren in deze wenselijk cq. noodzakelijk kunnen maken. Op het moment dat nieuwe regelgeving van kracht wordt (waarschijnlijk in 2007), wordt het noodzakelijk een nieuwe bouwjaarcategorie aan tabel 4 tot en met tabel 8 toe te voegen. Indien nieuwe inzichten of meetgegevens beschikbaar komen voor zeeschepen uit de jaren 1970 tot en met 2007, waardoor aanpassing van emissiefactoren mogelijk wenselijk is. Deze ontwikkelingen worden door de taakgroep Verkeer jaarlijks geëvalueerd en zonodig wordt actie genomen.

8.1 Emissiecijfers 2000

Onderstaande emissiecijfers zijn geproduceerd met het rekenmodel beschreven in hoofdstuk 4 en emissieverklarende variabelen en emissiefactoren van hoofdstuk 5 en 7.

tabel 11 Emissies op het NCP in 2000, in kton

Type motor	CO ₂	NO _x	PM	SO ₂	CO	VOS
Hoofdmotoren	3510	91	7,9	55	13,9	2,8
Hulpmotoren	193	4	0,1	1	0,7	0,1
Totaal	3700	95	8	56	14,6	2,9

Bovenstaande emissiecijfers zijn zelfs ten opzicht van het Nederlandse landelijke emissietotaal aanzienlijk te noemen. Het gaat dan met name om de emissies van NO_x, PM₁₀ en SO₂.

8.2 Emissie sinds 1990

tabel 12 Emissies op het NCP in 1987, in kton

Type motor	CO ₂	NO _x	PM	SO ₂	CO	VOS
Hoofdmotoren	2570	61,6	5,5	39,9	11,3	2,3
Hulpmotoren	136	2,7	0,1	0,7	0,6	0,1
Totaal	2706	64	6	41	12	2,5

tabel 13 Emissies op het NCP in 1995, in kton

Type motor	CO ₂	NO _x	PM	SO ₂	CO	VOS
Hoofdmotoren	3226	79,7	6,9	48,6	12,8	2,7
Hulpmotoren	179	3,9	0,1	0,9	0,7	0,2
Totaal	3405	84	7	50	14	3

Bovenstaande tabellen zullen nog worden aangevuld met de uitkomsten van de berekeningen met behulp van havengegevens zoals is aangegeven in tabel 3.

8.1 Verschil in Methode

Aangezien er tot nu toe geen officiële methodiek was om bovengenoemde emissies vast te stellen, is er geen verschil aan te geven.

8.2 Verschil in cijfers

Aangezien er tot nu toe geen officiële cijfers van bovengenoemde emissies waren, is er geen verschil aan te geven.

De onzekerheden van de verschillende onderdelen van de emissieberekening kunnen worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [7]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORe emission INventories AIR).

Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

tabel 14 Classificatie parameters

Onderdeel	parameter	Classificatie
emissieberekening		
Emissieverklarende variabele	Aantal vaartuigkilometers	A
	onderverdeeld naar kenmerken	
	Vermogen	B
	Snelheid	B
Emissiefactoren		
	CO ₂	A
	Zwavel dioxide	A
	NO _x	B
	CO	B
	Koolwaterstoffen	B
	PM	D

10.1 Zwakke punten

- De emissiefactoren voor PM (deeltjes) zijn voornamelijk gebaseerd op schattingen van deskundigen terwijl naar deze sterk in de belangstelling staande stof nauwelijks (praktijk)metingen gedaan blijken te zijn.
- Het ingezet vermogen is aan de hand van de enquête in de Rotterdamse haven ingeschat op 85% MCR. Daarbij is er vanuit gegaan dat hierbij de dienstsnelheid, zoals in het Lloyds schepenregister vermeld, gehaald wordt. Dit is niet geheel zeker.
- De 'Reduced Speed Zone', waar in de nadering van de haven vermogen wordt teruggenomen, wordt in het Protocol Manoeuvreren gemodelleerd. Dit leidt in sommige gevallen (namelijk wanneer deze zone het NCP overlapt) tot een correctie op de NCP emissie. De exacte omvang van deze zone staat echter geenszins vast.
- Hoewel het zwavelpercentage in de brandstof (met name HFO) is gebaseerd op tienduizenden monsters is niet veel bekend over het precieze verloop in de tijd en de ruimte.
- Ten tijde van het schrijven van dit protocol was nog onduidelijk of de bereidheid bestaat om de benodigde data jaarlijks in te kopen en te bewerken zodat het protocol ook jaarlijks kan worden toegepast.

10.2 Belangrijkste verbeterpunten

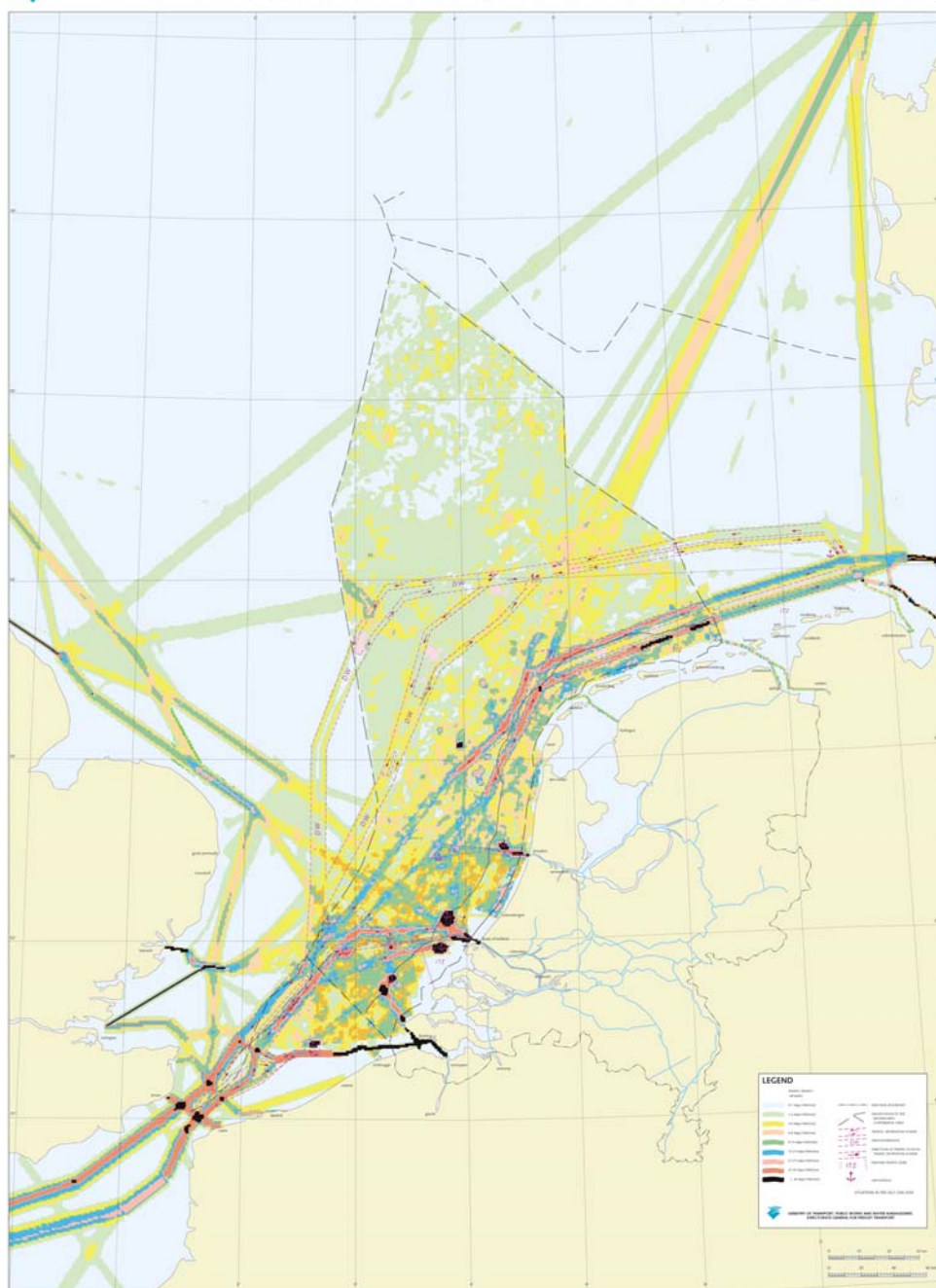
- Het uitvoeren van praktijkmetingen aan fijn stof emissie door zeeschepen die varen op zware stookolie.
- Mogelijk moet de dienstsnelheid van de schepen iets worden aangepast aan de realiteit
- Een nauwkeuriger benadering van emissies is mogelijk door het introduceren van een reduced speed zone op zee voor grote schepen.
- Nagaan van de mogelijkheid tot systematische inzameling van data betreffende het zwavelgehalte van brandstoffen.

Het verdient sterke aanbeveling om minimaal elke twee jaar de data van Lloyds in te kopen en te bewerken zodat bovenstaand protocol kan worden toegepast.

Met behulp van data uit het GIS van SAMSON kunnen emissies regionaal worden toebedeeld.

Een kaart van deze data staat hieronder weergegeven. Hierop is tevens met stippellijn aangegeven wat de begrenzing is van het NCP.

VESSEL TRAFFIC ON THE NORTH SEA



-
- 1 Rypdal et al., *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, Other mobile sources and machinery*, December 2000
 - 2 MARIN, *Emissieberekening routegebonden scheepvaartverkeer op NCP, op basis van aangepaste bronbestanden en emissiefactoren*, Rapport Nr. 18717.620/1, 25 juli 2003 (zie Deel II)
 - 3 Oonk et. al., *Emissiefactoren van zeeschepen voor de toepassing in de jaarlijkse emissieberekeningen*, TNO-MEP R2003/438, oktober 2003 (zie Deel II)
 - 4 European Commission, *Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community*, ENTEC Limited, July 2002
 - 5 Flodström E., *Energy and emissionfactors for ships in operation*, KFB Report 1997:24, ISBN 91-88868-46-X
 - 6 Hulskotte J., Koch R., 2000, *Emissiefactoren zeeschepen*, TNO-MEP R 2000/221, TNO, Apeldoorn
 - 7 Koch et. Al., *Emissiemonitor Jaarcijfers 2000 en ramingen 2001 voor emissies en afval*, Rapportagereeks milieumonitor nr. 6, november 2002