

EMS-protocol Emissies door Binnenvaart: Verbrandingsmotoren

Versie 4

15 december 2012

Auteurs:

Versie 4

Jan Hulskotte - TNO

Ernst Bolt - RWS

Versie 3

Jan Hulskotte - TNO

Ernst Bolt - RWS

Dick Broekhuizen - RWS

.....

Colofon

Uitgegeven door: Taakgroep Verkeer en Vervoer (Emissieregistratie)

Informatie: Jan Hulskotte
TNO, afdeling Climate Air and Sustainability

Telefoon: 08886-62043
Email: jan.hulskotte@tno.nl

Datum: 15 december 2012

Status: Definitief

Versienummer: 4

Inhoudsopgave

.....

1	Inleiding en scope	1-1
2	Bijdrage in de totale emissie	2-1
3	Emissiebron	3-1
3.1	Oorzaken	3-1
3.2	Maatregelen	3-1
4	Berekeningswijze	4-1
4.1	Methode	4-1
5	Emissieverklarende variabele	5-1
5.1	Bepaling van emissieverklarende variabele	5-1
5.1.1.	Statistische gegevens	5-1
5.1.2.	Jaarlijkse schattingen	5-1
5.2	Tijdreeks van 1990 tot heden	5-4
5.3	Jaarlijkse bepaling	5-4
6	Aard van de emissiebron	6-1
7	Emissiefactoren	7-1
7.1	Methodiek bepaling emissiefactoren	7-1
7.1.1.	Leeftijdsafhankelijke emissiefactoren	7-1
7.1.2.	Van leeftijdsafhankelijke naar parkafhankelijke emissiefactoren	7-1
7.1.3.	Bepaling brandstofafhankelijke emissiefactoren	7-3
7.2	Tijdreeks 1995 tot 2011	7-5
7.3	Jaarlijkse bepaling	7-5
8	Emissies	8-1
8.1	Nieuwe emissiecijfers	8-1
8.2	Verschil in methodiek	8-1
8.3	Verschil in cijfers	8-2
9	Kwaliteit van de gegevens	9-3
10	Verbeterpunten methodiek	10-1
10.1	Zwakke punten	10-1
10.2	Belangrijkste verbeterpunten	10-1
11	Regionale opsplitsing	11-1
13	Referenties	13-1
Bijlage A	Energiegebruik hulpvermogen	1
A.1	Ondervraagde schepen	1

A.2	Enquête	1
A.3	Resultaten	3
A.3.1	Vrachtschepen	3
A.3.2	Passagiersschepen	5
A.4	Algemeen:	5

1

Inleiding en scope

.....

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 binnenvaartschepen op Nederlands grondgebied. De resultaten worden jaarlijks gebruikt voor de Nederlandse Emissieregistratie.

In dit protocol wordt 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 bedrijfswoning (generatoren).

Geen onderdeel van dit protocol zijn:

- de emissies van personenvervoer, recreatievaart en visserij.
- emissies afkomstig van de lading of andere bronnen dan motoren, emissies van andere stoffen dan boven genoemd.

2

Bijdrage in de totale emissie

In tabel 1 staat de bijdrage weergegeven van de binnenscheepvaart (vrachtvervoer) in de nationale emissies en de bijdrage aan de emissies van de sector Verkeer en vervoer in 2010.

.....
tabel 1 De bijdrage van de binnenscheepvaart (vrachtvervoer) in de totale nationale emissies, (miljoenen kilogram)

Stof	Binnenscheepvaart (vrachtvervoer)	Nationaal totaal	Verkeer en vervoer	Bijdrage Nationaal totaal %	Bijdrage Verkeer en vervoer %
CO ₂	1647	199400	41140	0,8%	4,0%
NO _x	23,0	404,8	268,8	5,7%	8,6%
PM ₁₀	0,8	34,6	14,7	2,2%	5,2%
SO ₂	0,5	69,5	36,8	0,7%	1,4%
CO	5,0	620,3	396,1	0,8%	1,3%
NMVOS	1,1	156,6	40,7	0,7%	2,7%

Te zien is dat de relatieve bijdrage van de vooral de stoffen NO_x en PM₁₀ in mindere mate zowel aan het Nationaal totaal als aan Verkeer en vervoer het grootst zijn.

3.1 Oorzaken

De voortstuwing van binnenvaartschepen die worden ingezet voor goederen over de binnenlandse vaarwegen in Nederland vindt plaats met behulp van dieselmotoren. De verbrandingsprocessen die plaatsvinden in deze dieselmotoren 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 in 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

De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) heeft een begin gemaakt met de beperking van de emissies van motoren in binnenvaartschepen [1]. De normen zijn vastgelegd in §8.a van het Rijnschepen Inspectie reglement (RheinSchUO). Met ingang van 1/1/2002 gold dat nieuwe schepen alleen toestemming krijgen om op de Rijn te varen met een motor die gecertificeerd is volgens de zogenaamde fase 1 normen (zie tabel 2). Deze fase 1 normen zijn per 1/7/2007 opgevolgd door scherpere fase 2 normen (zie tabel 2). Gelijktijdig met de fase 2 van de CCR is binnen de EU een typekeuring voor binnenvaartmotoren van kracht geworden. Een verdergaande emissienormstelling zal op termijn door de EU worden uitgevoerd.

.....
tabel 2 Door CCR vastgestelde grenswaarden

CCR-fase	Vermogen (kW)	NOx (g/kWh)	Deeltjes (g/kWh)	Koolwater stoffen (g/kWh)	CO (g/Kwh)
Fase 1 1/1/2002	37 <= Pn < 75	9,2	0,85	1,3	6,5
	75 <= Pn < 130	9,2	0,70	1,3	5
	Pn >= 130	9,2(n >= 2800) 45.n ^{-0,2} (500 <= n < 2800)	0,54	1,3	5
Fase 2 1/7/2007	18 <= Pn < 37	8	0,8	1,5	5,5
	37 <= Pn < 75	7	0,4	1,3	5,0
	75 <= Pn < 130	6	0,3	1	5,0
	130 <= Pn < 560	6	0,2	1	3,5
	Pn >= 560	6 (n >= 3150) 45.n ^{-0,2} -3 11 (n < 343)	0,2	1	3,5

n = maximum toerental (omwentelingen/minuut)

Emissienormen voor voortstuwingsmotoren voor binnenvaartschepen op EU waterwegen (Nonroad Directive 97/68/EC, geamendeerd door 2004/26/EC) zijn eveneens van kracht. De normen en de indeling van de motoren stemt overeen met stage II (Tier 2) van US-EPA Final Rule for inland marine vessels. Echter de invoering loopt twee tot drie jaar achter hierop.

.....
tabel 3 Door EU vastgestelde grenswaarden

Categorie	Cilinder inhoud/Vermogen	HC+NOx	PM	CO	Datum
V1:1	Vh,z < 0.9 l Pn > 37 kW	7,5	0,4	5	2007
V1:2	0.9 l ≤ Vh,z < 1.2 l	7,2	0,3	5	2007
V1:3	1.2 l ≤ Vh,z < 2.5 l	7,2	0,2	5	2007
V1:4	2.5 l ≤ Vh,z < 5.0 l	7,2	0,2	5	2009
V2:1	5.0 l ≤ Vh,z < 15.0 l	7,8	0,27	5	2009
V2:2	15.0 l ≤ Vh,z < 20.0 l Pn < 3300 kW	8,7	0,5	5	2009
V2:3	15.0 l ≤ Vh,z < 20.0 l Pn ≥ 3300 kW	9,8	0,5	5	2009
V2:4	20.0 l ≤ Vh,z < 25.0 l	9,8	0,5	5	2009
V2:5	25.0 l ≤ Vh,z < 30.0 l	11,0	0,5	5	2009

4

Berekeningswijze

4.1 Methode

De berekeningswijze van de emissies vindt plaats door vermenigvuldiging van emissieverklarende variabelen met emissiefactoren. De berekening vindt per basisjaar plaats in twee stappen en wordt per scheepsklasse uitgevoerd. De scheepsklassen (32 in totaal) komen overeen met de indeling die is gegeven in [3] en [6] voor de scheepsklassen M9, M10, M11 en M12.

tabel 4 Scheepsklassen volgens de Rijkswaterstaat indeling

Scheepsklasse	Type schip/combinatie	
BI	Duwstellen	
BII-1	Duwstellen	
BII-2b	Duwstellen	
BII-2I	Duwstellen	
BII-4	Duwstellen	
BII-6b	Duwstellen	
BII-6I	Duwstellen	
BIIL-1	Duwstellen	
BO1	Duwstellen	
BO2	Duwstellen	
BO3	Duwstellen	
BO4	Duwstellen	
C1b	Koppelverband	
C1I	Koppelverband	
C2b	Koppelverband	
C2I	Koppelverband	
C3b	Koppelverband	
C3I	Koppelverband	
C4	Koppelverband	
M0	Motorvrachtschepen (overig)	
M1	Motorvrachtschepen (Spits)	
M2	Motorvrachtschepen (Kempenaar)	
M3	Motorvrachtschepen (Hagenaar)	
M4	Motorvrachtschepen (Dortmunder)	
M5	Motorvrachtschepen (Verl. Dortmunder)	
M6	Motorvrachtschepen (Rijn-Herne Kan.)	
M7	Motorvrachtschepen (Verlengde RHK)	
M8	Motorvrachtschepen (Groot Rijnschip)	
M9	Motorvrachtschepen	
M10	Motorvrachtschepen (Verlengd Groot Rijnschip)	
M11	Motorvrachtschepen	
M12	Motorvrachtschepen (Rijnmax-schip)	

De berekening van de emissies is gebaseerd op het energieverbruik per scheepsklasse. Voor alle 32 scheepsklassen is de vermogensvraag (kW) berekend voor de verschillende vaarwegtypen en rivieren. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen beladen en onbeladen schepen. Daarnaast is de gemiddelde snelheid, die de verschillende scheepsklassen ten opzichte van de het water hebben, vastgesteld in afhankelijkheid van de scheepsklasse en de maximale vaarsnelheid op de route die bevaren wordt.

De algemene formule voor het berekenen van de emissies is dan de volgende.

Emissie = Aantal . Vermogen . Tijd . Emissiefactor

Specifiek voor 1 scheepsklasse (v,c), al dan niet beladen (b), op iedere afzonderlijke route (r) op de Nederlandse vaarwegen wordt de formule in onderstaand kader gehanteerd voor de berekening van de emissie van stof (s) in 1 richting (d):

Emissie voortstuwingsmotoren =
de som over scheepsklassen, beladingstoestanden, routes en richtingen van:
**{aantal scheepspassages maal
 gemiddeld gebruikt vermogen maal
 gemiddelde emissiefactor maal
 lengte route gedeeld door vaarsnelheid}**

ofwel

$$E_{v,c,b,r,s,d} = N_{v,c,b,r,d} \cdot P_{b,v,b,r} \cdot L_r / (V_{v,r,d} + V_r) \cdot EF_{v,s} \quad (1)$$

Waarbij:

$E_{v,c,b,r,s,d}$ = Emissie per scheepsklasse, (kg)
 $N_{v,c,b,r,d}$ = Aantal schepen van deze scheepsklasse op de route en deze beladingstoestand gevaren in deze richting
 $P_{b,v,b,r}$ = gemiddeld vermogen van deze scheepsklasse op de route (kW)
 $EF_{v,s}$ = Gemiddelde emissiefactor van de motoren in deze scheepsklasse (kg/kWh)
 L_r = Lengte van de route (km)
 $V_{v,r}$ = Snelheid gemiddelde schip in deze scheepsklasse op deze route (km/h)

Voor de doorrekening van bovenstaande formule is een rekenmodel ontworpen. Dit model staat onder beheer van TNO.

De combinatie van het aantal schepen, hun vermogen en hun vaartijd is de emissieverklarende variabele. De eenheid van de emissieverklarende variabele is "kWh". De emissiefactor wordt uitgedrukt in "g/kWh", dezelfde eenheid waarin de emissienormen zijn uitgedrukt.

5.1 Bepaling van emissieverklarende variabele

5.1.1. Statistische gegevens

De emissieverklarende variabele is de hoeveel verbruikte energie door binnenvaartschepen, uitgedrukt in kWh. Dit energieverbruik wordt bepaald door het aantal vaartuigkilometers (vtgkm) in te voeren in een rekenmodule.

Het aantal vaartuigkilometers per vaartuigklasse is voor het basisjaar 2008 vastgesteld in het BIVAS-model [7] en is gelijk aan de afstand die de schepen gezamenlijk op de verschillende routes op de Nederlandse vaarwegen hebben afgelegd. Het aantal vaartuigkilometers is gelijk aan de somming over alle vaartrajecten van het aantal schepen wat een bepaald traject aflegt maal de lengte van dat traject.

In de rekenmodule wordt het aantal vaartuigkilometers omgerekend naar de energievraag in kWh.

Een toelichting op dit omrekenmodel staat beschreven in een aanvullend document van dit emissieprotocol [8]. Het omrekenmodel is in principe niet onderhavig aan jaarlijkse wijzigingen.

In het omrekenmodel worden onder andere de volgende aannamen gedaan:

- Indien de stroomsnelheid gelijk gesteld kan worden aan nul wordt geen onderscheid in vaarrichting gemaakt.
- Voor leegvaart wordt gerekend met aangepaste diepgang.

5.1.2. Jaarlijkse schattingen

Schaling van de ontbrekende vervoersgegevens

In de praktijk zal een deel van de vaartuigkilometers worden gemist in de tellingen vanuit het [IVS90-netwerk](#), namelijk op de trajecten die niet direct te maken hebben met een IVS90-telpunt. Om toch op een juist landelijk totaal uit te komen wordt parallel aan vaartuigkilometers voor de scheepsklassen, ook de vaartuigkilometers voor de geaggregeerde laadvermogenklassen (9x) van CBS (tabel 5) berekend. De vaartuigkilometers per geaggregeerde laadvermogenklasse worden gelijk gemaakt met de cijfers die CBS jaarlijks op grond van reisgegevens door per overeenkomstige scheepsklasse de afgelegde kilometers op te hogen. Deze ophoging gebeurt in het zogenaamde “metamodel”.

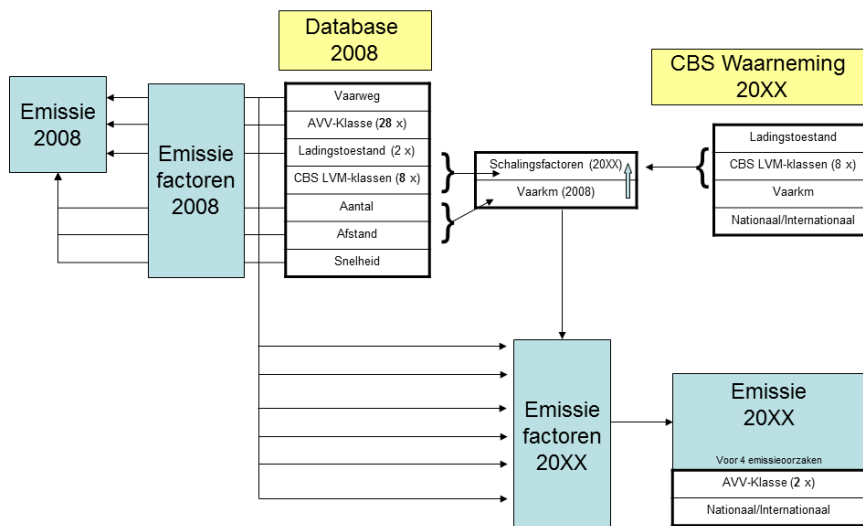
tabel 5 Indeling van CBS in laadvermogensklassen

CBS/AVV Klasse	van (ton)	Tot en met (ton)	Opmerking
CBS_1	20	249	
CBS_2	250	399	
CBS_3	400	649	
CBS_4	650	999	
CBS_5	1000	1499	
CBS_6	1500	1999	
CBS_7	2000	2999	
CBS_8	3000	9999	tot 2007
CBS_9	3000	4999	vanaf 2007
CBS_10	5000	9999	vanaf 2007

De data voor de berekening zoals weergegeven in formule 1 is slechts beschikbaar voor het jaar 2002 en 2008. Voor de jaarlijkse berekening van de emissies van de beroepsbinnenvaart worden de emissies geschaald op grond van CBS-data over het aantal afgelegde vaarkilometers per CBS-scheepsgrootteklasse, onderverdeeld naar nationaal en internationaal scheepvaartverkeer. In onderstaande figuur is aangegeven hoe deze schaling van de verkeersprestaties plaatsvindt.

De schaalfactoren worden per CBS-scheepsgrootteklasse, naar belading en de toedeling van de nationaliteit van het verkeer berekend. De gemiddelde emissiefactoren die in deze berekening voor elk emissiejaar worden toegepast worden berekend zoals is aangegeven in paragraaf 7.1.1.

Figuur 1 Schaling van verkeersprestaties in emissieberekeningen



Ter illustratie staat in tabel 6 de verdeling van het scheepvaartverkeer weergegeven over de verschillende scheepstypen ingedeeld volgens Rijkswaterstaat en de bijbehorende de verkeersprestatie. In deze tabel 6 is te zien dat er in de periode 2002-2008 weinig is veranderd aan de bijdrage van de

verschillende scheepstypen doch dat de bijdrage van de grotere scheepstypen (M9, M10, BII-4) wel aan het toenemen is ten koste van de kleinere scheepstypen (M4, M5, M6).

.....
tabel 6 Verkeersprestaties van schepen ingedeeld volgens Rijkswaterstaat (basisdata voor energieberekening)

Scheepstype	% totaal	% totaal	dif%
	2002 EMS	2008 BIVAS	
M1	4,0%	2,4%	-1,6%
M2	14,2%	13,8%	-0,4%
M3	11,0%	10,3%	-0,8%
M4	12,1%	10,1%	-2,0%
M5	7,9%	9,1%	1,2%
M6	16,7%	15,3%	-1,5%
BII-1	2,1%	1,7%	-0,3%
M7	5,0%	5,5%	0,6%
M8	20,7%	18,7%	-1,9%
M9		2,0%	2,0%
C3I	0,5%	1,9%	1,4%
M10		3,0%	3,0%
BII-4	0,4%	1,3%	1,0%
Andere	4,8%	4,9%	0,1%
Verkeersprestatie	57,6	59,4	miljoen km

In tabel 7 is te zien dat de recentere BIVAS-data van verkeersprestaties ten opzichte van CBS-data completer zijn dan EMS-data ten opzicht van CBS-data. De schaalfactoren op de emissies zijn met het gebruik van BIVAS-data minder gaan afwijken van schaalfactor 1 dan bij het gebruik van EMS-data. Aangenomen mag worden dat dit de nauwkeurigheid van de emissieberekening ten goede komt. Voor de duidelijkheid zij opgemerkt dat de schaling van de verkeersprestaties plaatsvindt op detailniveau. De factor op de emissies is de resultante van de schaling van de verkeersprestaties in combinatie met de verandering van de emissiefactoren.

.....
tabel 7 Resultaten van opschaling van verkeersprestatie en emissies vanuit EMS-data en vanuit BIVAS-data met behulp van CBS-verkeersprestaties

Jaar	Basisdata	Vaartuig.km voor schaling (miljoen)	Vaartuig.km CBS (miljoen)	Factor op km	CBS Leegvaart %	NO _x * emissie voor schaling (kton)	NO _x * emissie na schaling (kton)	Factor op emissie
2002	EMS	57,61	66,88	1,16	37%	19,6	24,0	1,23
2008	BIVAS	59,36	54,84	0,92	27%	21,9	21,3	0,98

*Zonder bijschatting hulpmotoren

Uit tabel 7 blijkt dat het aantal vaartuigkilometer in BIVAS voor 2008 iets hoger ligt dan het CBS-totaal. Normaliter zou dit verschil niet mogen optreden omdat beiden bronnen gebaseerd zijn op dezelfde gegevensbronnen.

Hulpmotoren

Het brandstofgebruik als gevolg van de inzet van hulpmotoren wordt op 13 procent van het gebruik door hoofdmotoren geschat (zie Bijlage A: gebruik hulpvermogen binnenvaart). De emissies van de hulpmotoren worden berekend door een ophoging van 13 procent op de emissies toe te passen.

5.2 Tijdreeks van 1990 tot heden

In tabel 8 staat de tijdreeks weergegeven van verkeersprestaties waargenomen door CBS, die de basis vormt van de tijdreeks van de emissieberekening met behulp van de opschaling.

.....
tabel 8 CBS-verkeersprestaties per laadvermogensklasse per jaar, (miljoen kilometer)

Jaar	CBS_1	CBS_2	CBS_3	CBS_4	CBS_5	CBS_6	CBS_7	CBS_8	CBS_9	CBS_10	Totaal
1995	0,45	4,69	7,13	14,42	16,84	4,38	11,78	1,84			61,52
2000	0,26	3,50	6,81	15,96	20,75	5,61	13,55	2,25			68,71
2002	0,26	2,88	5,76	14,50	19,52	5,63	15,62	2,71			66,88
2005	0,57	1,97	4,68	11,82	15,25	4,80	14,85	4,21			58,14
2006	0,36	1,97	4,00	10,61	14,45	4,66	14,61	4,72			55,39
2007	0,36	1,95	5,53	9,02	12,24	6,91	14,45		5,30	0,56	56,33
2008	0,36	1,88	5,25	8,65	11,74	6,51	13,88		5,86	0,71	54,84
2009	0,31	1,60	4,52	7,78	10,93	6,52	11,24		5,95	0,76	49,62
2010	0,33	1,40	4,36	7,64	10,66	6,86	13,12		7,12	1,15	52,63
2011	0,34	1,20	4,20	7,50	10,39	7,20	15,00		8,28	1,55	55,65

Vanaf 2007 wordt een andere klasse-indeling gehanteerd zoals weergegeven in tabel 5 omdat er in de loop van de tijd steeds grotere scheepstypen in gebruik zijn genomen. Om de ophoging van de verkeersgegevens nauwkeuriger uit te voeren is de laadvermogensklasse CBS_8 daarom opgesplitst.

5.3 Jaarlijkse bepaling

Voor de schaling van de verkeersgegevens is een bestand nodig met emissieverklarende variabelen. Door CBS wordt jaarlijks aan de emissieregistratie een tabel aangeleverd, met gesommeerde vaartuigkilometers door de beroepsvaart op de Nederlandse vaarwegen:

- BasisJaar
- LVMklasse
- Beladingtoestand (beladen, leeg)
- Nationaal of Internationale reizen
- GevarenAfstand

6

Aard van de emissiebron

.....

De emissiebron heeft het karakter van een lijnbron: emissies vinden plaats langs de vaarwegen. De bronsterkte hangt af van de verkeersintensiteit en in havens kan lokaal een grote bronsterkte (karakter puntbron)

Voor elke scheepsklasse wordt een emissiefactor voor elke stof worden bepaald, uitgedrukt in g/kWh. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt in de techniekafhankelijke emissiefactoren (voor NO_x, PM, CO en VOS) en de brandstofafhankelijke emissiefactoren (voor CO₂ en SO₂).

7.1 Methodiek bepaling emissiefactoren

7.1.1. Leeftijdsafhankelijke emissiefactoren

Het bouwjaar van een motor is een belangrijke parameter die van invloed is op de emissiefactor. Dit heeft te maken met (1) de verandering van de voorkeur voor langzaam- naar snel draaiende motoren en (2) de voortschrijdende vordering van de techniek, waardoor het emissiepatroon van motoren is veranderd.

In TNO-rapport (R2003-437) [5] staat de methodiek beschreven voor de afleiding van leeftijdsafhankelijke emissiefactoren alsmede het gemiddelde specifieke brandstofgebruik van de scheepsmotoren. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 9. Voor de stof NO_x zijn hierin echter wijzigingen aangebracht op grond van recenter TNO-onderzoek [7] waarbij een groot metingen werden uitgevoerd in scheepspluimen.

tabel 9 Emissiefactoren voor dieselmotoren in binnenvaartschepen (g/kWh)

Motor Bouwjaar	NO _x	PM	CO	VOS ¹	Brandstof- gebruik
< 1974	10,8	0,6	4,5	1,2	235
1975-1979	10,6	0,6	3,7	0,8	230
1980-1984	10,4	0,6	3,1	0,7	225
1985-1989	10,1	0,5	2,6	0,6	220
1990-1994	10,1	0,4	2,2	0,5	210
1995-2001	9,4	0,3	1,8	0,4	205
2002-2007	9,2	0,3	1,5	0,3	200
2008-	6	0,2	1,3	0,2	200

7.1.2. Van leeftijdsafhankelijke naar parkafhankelijke emissiefactoren

De gemiddelde emissiefactor voor de gehele vloot wordt bepaald door een verdeling van de scheepsmotoren over de verschillende bouwjaarklassen waaraan emissiefactoren zijn gekoppeld. Deze verdeling wordt berekend

¹ Samenstelling van "VOS" (vluchtige organische stoffen): zie [4]

middels een Weibull-functie. De algemene vorm van de Weibullfunctie is deze:

$$f(x; k, \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k}$$

De waarde van de Weibull-parameters (κ en λ) is afgeleid uit een telefonische steekproef door TNO [7] onder de schippers van 146 varende binnenvaartschepen waarbij gevraagd is naar de leeftijd van het schip en de leeftijd van de scheepsmotor. In de berekeningen is voor de variabele x in de formule de leeftijd/10 genomen en is x gevarieerd tussen 1 en 7. Door middel van een kleinste kwadratschatting zijn de optimale waarden van κ en λ bepaald op respectievelijk 1,2 en 1,3.

De mediane leeftijd (de leeftijd waarbij 50% van de motoren vervangen is) is te berekenen met de formule:

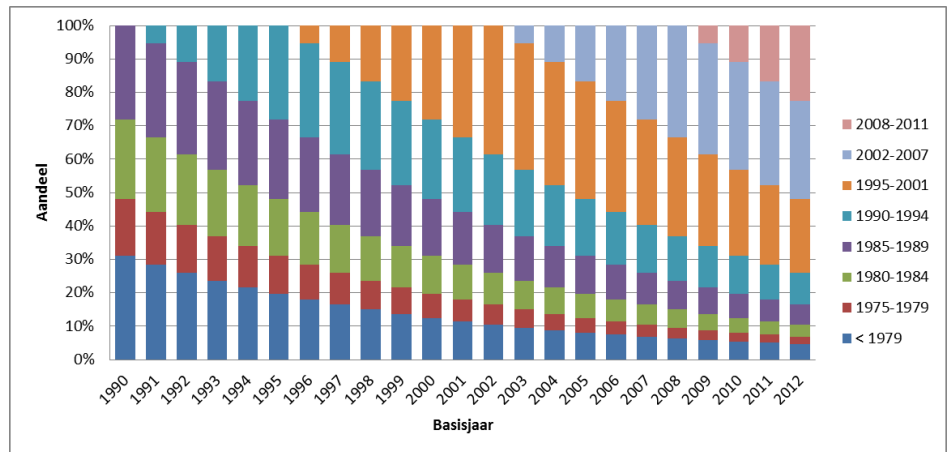
$$\lambda \ln(2)^{1/k}$$

De uitkomst moet vervolgens nog met 10 worden vermenigvuldigd omdat x als leeftijd/10 is ingevoerd in de formule. De mediane leeftijd van de motoren volgens de formule is dan 9,6 jaar. De mediane leeftijd van de motoren in de enquête was 9,0 jaar en de gemiddelde leeftijd was 14,9 jaar.

De verdeling van de bouwjaarclassen die is berekend op basis van de weibullfunctie is in figuur 2 weergegeven.

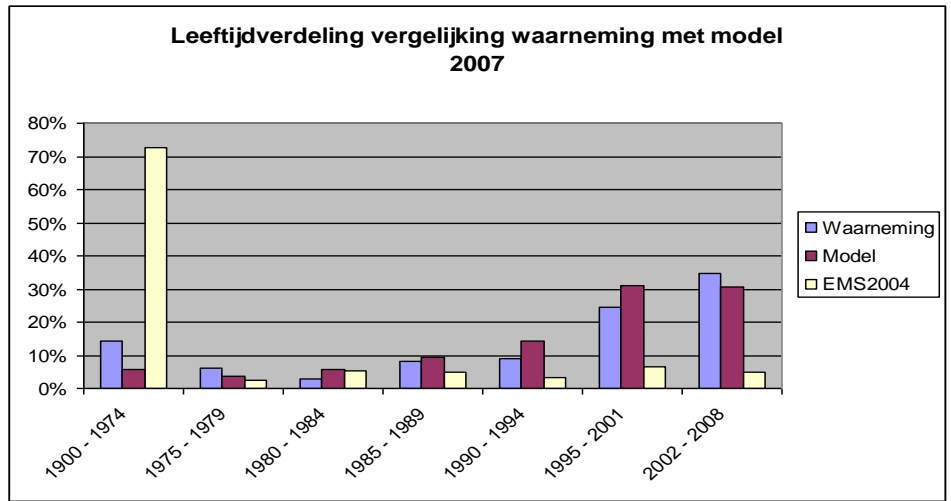
.....

Figuur 2 Gemodelleerde bouwjaarclassen verdeling van scheepsmotoren



In figuur 3 is zichtbaar dat de gemodelleerde leeftijd van de scheepmotoren veel realistischer is dan de leeftijd die voorheen uit het IVR-schepen bestand werd gehaald. In het IVR-schepen bestand wordt het bouwjaar van de motor niet goed bijgehouden.

.....
Figuur 3 Vergelijking waarneming met model voor basisjaar 2007



Er is gekozen om met een formule te rekenen in plaats van de waargenomen verdeling te gebruiken omdat deze keuze meer flexibiliteit geeft ten aanzien van de berekening van toekomstige emissies en van toekomstige bouwjaarklassen in verband met de emissienormering.

7.1.3. Bepaling brandstofafhankelijke emissiefactoren

De emissiefactoren (in kg/kWh) voor koolstofdioxide en zwaveldioxide zijn eenvoudig te berekenen door de brandstofafhankelijke emissiefactor (in g/kg) te vermenigvuldigen met het gemiddelde brandstofverbruik (in kg/kWh). Bij de berekening van de brandstofafhankelijke emissiefactoren wordt gebruik gemaakt van het koolstofgehalte en het zwavelgehalte van de brandstof (in dit geval gasolie).

.....
tabel 10 Koolstofgehalte en zwavelgehalte van gasolie

Component	Jaren	Gehalte (g/kg)	Stoichiometrische factor
Koolstof	1990 en later	865,3	44/12
Zwavel	1990 t/m 2007	1,7	2
	2008 t/m 2009	1,0	
	2010	0,5	
	2011 en later	0,01	

De emissiefactoren (zie tabel 11) kunnen worden berekend door het specifieke brandstofgebruik per scheepsklasse te vermenigvuldigen met het gehalte en de stoichiometrische factoren uit tabel 10. De stoichiometrische factoren hebben betrekking op de omzetting van koolstof en zwavel naar respectievelijk koolstofdioxide en zwaveldioxide.

.....
tabel 11 Emissiefactoren voor CO₂ en SO₂, NH₃ en N₂O in g/kg brandstof

Component	Jaren	Emissiefactor (g/kg)	Referentie
CO ₂	1990 - nu	3173	[9]
SO ₂	1990 t/m 2007	3,4	berekend
	2008 t/m 2009	2,0	berekend
	2010	1,0	berekend
	2011 en later	0,02	berekend
NH ₃	1990 - nu	0,01	[11]
N ₂ O	1990 - nu	0,08	[12]

Invloed van zwavelgehalte op de PM-emissiefactor

De invloed van een lager zwavelgehalte in de dieselbrandstof wordt met behulp van onderstaande formule [10] in de emissiefactoren van PM₁₀ verrekend:

$$EF_{PM}(S) = EF_{PM}(Ref) + 0.157 * FC * (S - Ref) / 1\ 000\ 000$$

Waarbij:

EF_{PM} (S) = Emissiefactor van PM bij het actuele zwavelgehalte

EF_{PM} (Ref) = Emissiefactor van PM bij het referentie zwavelgehalte

Ref = het referentie zwavelgehalte (voor rode diesel 1700 mg/kg en voor EN590 50 mg/kg)

S = actuele zwavelgehalte in mg/kg

FC = Het specifieke brandstofgebruik van de motor in g/kWh

7.2 Tijdreeks 1995 tot 2011

In tabel 12 staan de middels het in paragraaf 7.1.2 beschreven Weibull-model berekende jaargemiddelde park-gewogen emissiefactoren weergegeven, die worden toegepast in de emissieberekeningen op alle scheepstypen.

.....
tabel 12 Jaargemiddelde
parkemissiefactoren, (g/kWh)

Jaar	NO _x	PM ₁₀	CO ₂	CO	VOS	SO ₂	N ₂ O	NH ₃
1995	10,3	0,52	713,6	3,07	0,73	0,76	0,0180	0,00225
1996	10,3	0,51	709,8	2,98	0,71	0,76	0,0179	0,00224
1997	10,2	0,49	705,9	2,89	0,68	0,76	0,0178	0,00222
1998	10,2	0,48	702,0	2,81	0,66	0,75	0,0177	0,00221
1999	10,1	0,46	698,2	2,73	0,64	0,75	0,0176	0,00220
2000	10,1	0,45	694,7	2,65	0,62	0,74	0,0175	0,00219
2001	10,0	0,44	691,3	2,58	0,60	0,74	0,0174	0,00218
2002	10,0	0,43	688,0	2,52	0,59	0,74	0,0173	0,00217
2003	9,9	0,42	684,2	2,44	0,57	0,73	0,0173	0,00216
2004	9,9	0,41	680,5	2,37	0,55	0,73	0,0172	0,00214
2005	9,8	0,40	677,0	2,30	0,53	0,73	0,0171	0,00213
2006	9,8	0,39	673,7	2,24	0,51	0,72	0,0170	0,00212
2007	9,7	0,38	670,5	2,18	0,49	0,72	0,0169	0,00211
2008	9,7	0,35	667,6	2,13	0,48	0,42	0,0168	0,00210
2009	9,5	0,34	664,9	2,06	0,46	0,42	0,0168	0,00210
2010	9,2	0,31	662,4	2,01	0,44	0,21	0,0167	0,00209
2011	9,0	0,29	660,1	1,95	0,42	0,004	0,0166	0,00208

7.3 Jaarlijkse bepaling

Geadviseerd wordt om minimaal eens per vijf jaar een actualisatie van emissiefactoren uit te laten voeren (actualisatie van het TNO-rapport R2003/437, 2003). Bij de herziening van deze emissiefactoren moet rekening gehouden moeten worden met de emissie-normstelling in de CCR en de EU.

8.1 Nieuwe emissiecijfers

Hieronder worden de emissies gepresenteerd voor hoofdmotoren en hulpmotoren (tabel 13). De tabellen zijn berekend volgens de werkwijze van het protocol.

tabel 13 Emissies op Nederlands grondgebied door hoofd en hulpmotoren van binnenvaartschepen, miljoen kilogram

Jaar	NO _x	PM ₁₀	CO ₂	CO	VOS	SO ₂	N ₂ O	NH ₃
1995	23,4	1,17	1612	6,94	1,65	1,73	0,0407	0,0051
2000	26,0	1,17	1797	6,86	1,61	1,93	0,0453	0,0057
2002	26,3	1,13	1813	6,64	1,54	1,94	0,0457	0,0057
2005	24,2	0,98	1669	5,68	1,30	1,79	0,0421	0,0053
2006	23,6	0,95	1633	5,43	1,23	1,75	0,0412	0,0051
2007	24,1	0,95	1663	5,41	1,22	1,78	0,0419	0,0052
2008	23,8	0,87	1646	5,24	1,18	1,04	0,0415	0,0052
2009	21,4	0,77	1504	4,67	1,04	0,95	0,0379	0,0047
2010	23,0	0,78	1647	4,99	1,09	0,52	0,0415	0,0052
2011	24,4	0,77	1788	5,29	1,14	0,01	0,0451	0,0056

8.2 Verschil in methodiek

Ten opzichte van het vorige protocol zijn een aantal wijzigingen in de methodiek aangebracht. De wijzigingen hebben vooral betrekking op de wijze waarop de gemiddelde parkemissiefactoren voor de verschillende jaren worden berekend. In plaats van gebruik te maken van het databestand van schepen (IVR-bestand) om de leeftijd van de scheepsmotoren vast te stellen is nu gebruik gemaakt van een model waarvan de parameters zijn afgeleid van een enquête. Er zijn wijzigingen aangebracht in emissiefactoren van NO_x en CO₂ (gering). De invloed van de zwavelreductie in de brandstof is tot uitdrukking gebracht in de emissiefactoren van PM [9]. Verder zijn emissiefactoren van N₂O en NH₃ toegevoegd.

In vorige versie van het protocol werd er nog van uit gegaan dat er een volledige jaarlijkse set aan verkeersdata beschikbaar zou komen uit het BVMS-model dat later is omgedoopt tot het BIVAS-model. Inmiddels is duidelijk geworden dat dit uitgangspunt te optimistisch was. Het huidige protocol gaat voor de jaarlijkse verkeersdata nu standaard uit van de CBS-verkeersdata niet als noodoplossing maar als de standaardoplossing. De data uit het BIVAS-model worden gebruikt als basis voor de berekening van het energiegebruik vanaf 2005. Voor de jaren daarvoor worden nog steeds de oorspronkelijke EMS-data gebruikt.

8.3 Verschil in cijfers

In tabel 14 wordt de som van de emissies van hoofdmotoren en hulpmotoren, berekend met de oude en nieuwe methodiek met elkaar vergeleken.

.....
tabel 14 Emissies 1995 en 2000
 volgens de EMS-versie van 2003 en
 het actuele model, miljoen kg

Jaar	Methode	NO _x	PM ₁₀	CO ₂	CO	VOS	SO ₂
1995	oud	26,8	1,2	1559	8,5	2,2	1,7
	nieuw	23,4	1,2	1612	6,9	1,6	1,9
<i>Verschil%</i>		<i>-12,6%</i>	<i>0,0%</i>	<i>+3,4%</i>	<i>-18,8%</i>	<i>-27,3%</i>	<i>11,8%</i>
2000	oud	29,4	1,4	1792	9,2	2,4	1,9
	nieuw	26,0	1,2	1797	6,9	1,6	1,9
<i>Verschil%</i>		<i>-11,6%</i>	<i>-14,3%</i>	<i>+0,0%</i>	<i>-25%</i>	<i>-33%</i>	<i>0,0%</i>

In tabel 14 is te zien dat de veranderingen voornamelijk effect hebben op de emissiefactoren en niet op het energiegebruik omdat de wijzigingen in de CO₂-emissies door de modelaanpassingen uiterst gering zijn. De emissies van NO_x, PM₁₀, CO en VOS nemen af doordat de vlootvernieuwingsmodule (paragraaf 7.1.2) een voortdurende verjonging van de scheepsmotoren simuleert.

Het effect van de toepassing van BIVAS-data alleen is in tabel 15 zichtbaar gemaakt. Hierbij is in alle gevallen gerekend met de vlootvernieuwingsmodule. Daarbij zijn twee opties onderzocht. De eerste optie is dat verkeersdata worden opgehoogd met verkeersdata ingedeeld in 8 CBS laadvermogenklassen (optie B) en in 9 laadvermogenklassen (optie C). Optie B is vooral meegenomen om het effect van de opsplitsing van laadvermogenklasse CBS_8 zichtbaar te maken.

.....
tabel 15 Emissiereeks NO_x 2005 t/m 2011
 EMS-data en BIVAS-data, miljoen kg

Jaar	A EMS-basis (8xCBS klassen)	B BIVAS-basis (8xCBS klassen)	C BIVAS-basis (9xCBS klassen)	Dif% B/A	Dif% C/A
2005	24,8	24,2	24,2	-2,5%	-2,5%
2006	24,2	23,7	23,6	-2,3%	-2,3%
2007	24,9	24,4	24,1	-2,1%	-3,4%
2008	24,5	24,1	23,8	-1,6%	-2,8%
2009	21,9	21,6	21,4	-1,3%	-2,3%
2010	23,1	23,1	23,0	-0,1%	-0,4%
2011	24,1	24,4	24,4	1,0%	1,3%

Omdat de resultaten per stof niet verschillen (emissiefactoren per jaar zijn voor alle schepen gelijk) worden alleen de uitkomsten van NO_x getoond in tabel 13. De verschillen in uitkomsten met verschillende invoer op landelijk niveau zijn klein. Er is voor gekozen om voorlopig te gaan rekenen met 9 CBS laadvermogenklassen (optie C) omdat het aandeel van de grootste schepen in het verkeer M9 t/m M12 snel toeneemt. Een differentiatie in de grootste scheepsklassen levert daarom waarschijnlijk een nauwkeuriger resultaat op in de berekeningen van de emissies.

9

Kwaliteit van de gegevens

De onzekerheden van de verschillende onderdelen van de emissieberekening kunnen worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [3]. 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 16 Kwaliteit parameters

Onderdeel	Parameter	Classificatie
emissieberekening		
Emissieverklarende variabele	Aantal vaartuigkilometers	B
	onderverdeeld naar kenmerken	
	Vermogensvraagberekening	C
Emissiefactoren	CO ₂	A
	Zwaveloxide	A
	NO _x	B
	CO	C
	Koolwaterstoffen	C
	PM	D
	NH ₃	E
N ₂ O	E	

.....

10.1 Zwakke punten

- De module voor de berekening van het energiegebruik van de schepen waarop de emissies zijn gebaseerd is tijdens het EMS-onderzoek slechts globaal gevalideerd. Hierdoor blijft de nauwkeurigheid van de einduitkomsten onzeker.
- De opbouw van de invoertabel met de emissieverklarende variabele voor met name de vaarbewegingen op verschillende vaarwegen is gebaseerd op de uitkomsten van het BIVAS-model. Hoewel dit een verbetering is ten opzichte van de schattingen in het EMS-model blijft er onzekerheid kleven aan de modelberekening van de intensiteit van het scheepvaartverkeer op de verschillende vaarwegen en de bijbehorende beladingsgraden.
- Ten slotte zijn de emissiefactoren voor PM₁₀ voornamelijk gebaseerd op schattingen van deskundigen omdat er nog steeds weinig (praktijk)metingen zijn gepubliceerd.
- Omdat de emissiefactoren van NH₃ of N₂O zeer zwak onderbouwd zijn is gebruik van deze cijfers uitgezonderd nationale rapportages zeer af te raden.

10.2 Belangrijkste verbeterpunten

- De berekening van het energiegebruik van de schepen zou kwantitatief gevalideerd dienen te worden met behulp van veel recentere praktijkgegevens.
- Het verdient sterke aanbeveling om de omvang van het scheepvaartverkeer te monitoren op basis van waarnemingen die in AIS-data worden vastgelegd.
- Het verdient aanbeveling om de emissiefactoren van PM te valideren met behulp van een voldoende aantal kwalitatief goede walmetingen.
- Een periodieke update van emissiefactoren van NO_x en VOS is nodig

.....

Als invoer is hiervoor de export gebruikt van het BIVAS-model van Rijkswaterstaat (2011-10-17 emissies basis (2008).txt). De rekenkern van BIVAS-model is gelijk aan die van het EMS-model (zie hiervoor de modeldocumentatie <http://bivas.chartasoftware.com/Article/332>). Het reizenbestand van schepen in het BIVAS-model is een geactualiseerd bestand dat de verkeerssituatie met betrekking tot vrachtverkeer in 2008 op de Nederlandse vaarwegen beschrijft. De export van het BIVAS-model bevat de hoeveelheid energie benodigd voor voortstuwing uitgedrukt in kWh per stukje vaarweg (Vaarweg_Id) uit het NWB (bevat tevens vaarwegen), per EMS-scheepstype met een onderverdeling naar beladen en onbeladen schepen.

De export van het BIVAS-model is direct omgerekend naar emissie-oorzaken die in Emissieregistratie worden gebruikt. Voor de verdeling van de emissies in Emissieregistratie wordt de hoeveelheid primaire energie per emissie-oorzaak per stukje vaarweg als maat voor de relatieve verdeling genomen.

-
- [1] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, NAJAARSZITTING 2003 [AANGENOMEN BESLUITEN de bijlagen inbegrepen](#) (2003-II), Straatburg 26 en 27 november 2003
- [2] CBS en AVV, Nederland en de scheepvaart op de binnenwateren, 2001
- [3] Bolt E., Nieuwe klasse-indeling van de huidige actieve binnenvaartvloot, versie 1, 15 november 2003
- [4] Klein J. et al., [Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands](#), Task Force on Transportation of the Dutch Pollutant Release and Transfer Register, April 2012
- [5] Oonk et al., Methodiek voor afleiding van emissiefactoren van binnenvaartschepen, TNO-MEP R2003/437 versie 2, 1 oktober 2003
- [6] Hove D. ten, [Scheepskarakteristieken van nieuwe grote schepen](#), MARIN rapportnr. 24032.600/2, 10 februari 2010
- [7] Duyzer J., Westrate H., Hensen A., Kraai A., Onderzoek naar emissiefactoren voor fijnstof en stikstofoxiden voor de binnenscheepvaart (Eindrapport), TNO-rapport 2007-A-R0791/B, juli 2007
- [8] Bolt E., [Schatting energiegebruik van binnenvaartschepen](#) versie 3, 22 oktober 2003
- [9] Vreuls, H.H., Zijlema P.J., The Netherlands: list of fuels and standard CO2 emission factors, December 2009
- [10] EPA, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition, EPA420-P-04-009 NR-009c, April 2004
- [10] Ntziachristos, L., Z. Samaras, 2000. COPERT III; Computer Programme to calculate emissions from road transport, methodology and emission factors (version 2.1), European Energy Agency (EEA), Copenhagen
- [11] IPCC 2007, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Reference Manual.

Bijlage A Energiegebruik hulpvermogen

.....

Door middel van een telefonische enquête is het gebruik van hulpvermogen in de vorm van generatoren, boegschroeven en eventuele andere werktuigen in de binnenvaart in 2003 geïnventariseerd. Hoewel er gezien het relatief kleine aantal ondervraagden geen sprake kan zijn van een representatieve steekproef, is wel gepoogd om van verschillende scheepstypen en scheepsklassen enkele vertegenwoordigers te ondervragen. Daarnaast zijn echter nog verschillen in bedrijfsvorm, vaargebied, dag- of (semi)continuvaart die invloed op de gevraagde zaken kunnen hebben.

A.1 Ondervraagde schepen

In totaal zijn 96 vrachtschepen en 13 passagiersschepen geënquêteerd.

Voor de vrachtschepen waren 13 vragen met subvragen opgesteld en voor de passagiersschepen 12 vragen met subvragen. Zie bijlage 1 en 2.

Een verdeling naar AVV klassen geeft onderstaande tabel.

AVV klasse	tank-schepen	vracht-schepen	Pass.schepen	Totaal
M7 + M8 (L>86 m)	5	13	10	33
M6	4	17	3	25
M3 + M4 + M5	3	25		25
M1 + M2	4	21		25
M0		2 (w.v. 1 duwstel)		1
Totaal		96	13	109

A.2 Enquête

De enquête is zodanig opgezet dat, naast de hoofdafmetingen, scheepstype en voortstuwingsvermogen, een goed beeld van de manier waarop het schip gebruikt wordt gevormd kan worden. De vragen betreffen daarom ook het vaargebied, de vaartvorm (continu, semi-continu of dagvaart) en het aantal personen aan boord. De vragenlijst is als bijlage bijgevoegd.

Sommige vragen blijken (zoals te verwachten) moeilijk te beantwoorden te zijn. Genoemde getallen zijn vaak vrij ruwe schattingen 'uit het blote hoofd' en soms waagt een ondervraagde zich zelfs daar niet aan.

De medewerking van de schippers om aan de enquête deel te nemen was voortreffelijk. Drie schippers weigerden om mee te doen. Een aantal schippers van schepen die reeds over de grens naar het buitenland waren vonden de telefoonkosten een bezwaar. Als het schip weer in Nederland kwam zouden ze wel meedoen.

Voor enkele vragen zijn nog algemene opmerkingen te maken:

Vraag 5 : Welk bouwjaar.

Als een gedeelte van het schip verlengd of vernieuwd is worden er meerdere jaartallen genoemd.

Dit geldt ook voor de twee hoofdmotoren.

Vraag 7 : Welk vaargebied heeft het schip voornamelijk.

Bij veel schepen zijn meerdere mogelijkheden aangevinkt.

Waarom Rijn/Duitsland en Schelde Rijn verbinding uit de grote vaarwegen gelicht zijn is niet geheel duidelijk.

Vraag 8 : Welke accommodatie heeft het schip.

Hierin is vermeld welke personen voornamelijk permanent aan boord zijn.

Vaak zijn er wel meer slaappleatsen maar die worden niet benut.

Vraag 9 : Wat is het totale vermogen van de hoofdmotoren.

Het aantal draaiuren en totaal brandstofverbruik worden geschat. Bij brandstofverbruik wordt veelal ton/jaar genoemd. Hier wordt 1000 m³/jaar bedoeld.

Het totale brandstofverbruik is veel incl. het verbruik van de hulpmotoren.

Bij motor vermogen gebruiken de schippers meestal nog PK i.p.v. kW.

Vraag 10 : Welk type hulpmotoren zijn aanwezig.

De geschatte draaiuren en brandstofverbruik zijn moeilijk op te geven.

Bij meerdere generatoren staat een generator te draaien en de andere(n) zijn reserve. Ook wel wordt dan de een en dan de ander ingeschakeld.

Bij tankschepen komt het voor dat de lading/los pompen via de hoofdmotor worden aangedreven (niet elektrisch). Of dat een koppeling met de hulpmotor van de boegschroef wordt gemaakt. De gemaakte opmerkingen worden in de tekstblokken aangegeven.

Vraag 11 : Worden de hoofdmotoren gebruikt voor de aandrijving van : ?

Komt haast niet voor.

Vraag 12 : Roeren

Veel schippers weten niet exact wat voor type roer ze hebben en wat de uitslag is.

Vraag 13 : Vaarsnelheid

Attentie : De snelheden zijn niet t.o.v. de water maar t.o.v. de grond.
Het brandstofverbruik per uur wordt veelal echt geschat. Dit geldt vooral voor de oudere en kleinere schepen.

Opmerkingen bij de (afwijkende) vragenlijst van de passagiersschepen.

Vraag10 : Walstroom

Vaak wordt een paar keer per reis op walstroom aangesloten.
De verbruikte walstroom is onbekend of sterk geschat.

Vraag 12 : Vaarsnelheid

Als vaarsnelheid is alleen de vaarsnelheid op stilstand water ingevuld.

De vragen over vaarsnelheden hebben niet betrekking op hulpvermogengebruik, maar dienen ter beeldvorming en ondersteuning van de voortstuwingsberekeningen.

A.3 Resultaten

A.3.1 Vrachtschepen

In de navolgende tabel zijn de gemiddelde waarden van de gegeven getallen vermeld, allen herleid tot de aangegeven eenheden.

AVV-klasse	scheepstype	aantal	boegschroef vermogen	boegschroef draaiuren	generator-draaiuren	generator-brandstof	brandstof totaal
			kW	u/jaar	u/jaar	m3/jaar	m3/jaar
	containerschip	1	707		8760	29	
	motorvrachtschip	1	0		1560		150
M0	duwstel	1	0		100	0	40
M0	motorvrachtschip	1	0		4380	13	190
M1	motorschip met bak(ken)	1	0		840	1	50
M1	motorvrachtschip	5	43	72	648	2	26
M2	motortankschip	4	56	263	5651	15	125
M2	motorvrachtschip	15	135	485	2398	4	70
M3	motorvrachtschip	9	120	185	2178	5	63
M4	motortankschip	1	116	208	8760	51	485
M4	motorvrachtschip	9	165	314	4742	11	142
M5	motortankschip	2	791	568	8760	15	555

boegschroef-energieverbruik	brandstof boegschroef gemiddeld	generator-vermogen	brandstof (bs + gen) tov voorstst.
1)	2)	3)	4)
kWu/jaar	ton/jaar	kW	%
		9	
		0	0%
		4	7%
		0	1%
1556	0	1	10%
7342	2	5	16%
32666	8	1	24%
11079	3	2	16%
12094	3	16	13%
25959	6	3	14%
224701	52	5	16%

M5	motorvrachtschip	7	189	333	4545	16	144	31534	7	5	21%
M6	motorschip met bak(ken)	3	420	1048	7543	31	643	219898	51	10	17%
M6	motortankschip	4	208	287	8760	16	476	29837	7	5	5%
M6	motorvrachtschip	14	244	338	6629	14	226	41270	9	4	13%
M7	motorvrachtschip	1	258	624	7300	18	220	80371	18	6	22%
M8	containerschip	2	431	965	8760	65	530	415490	96	21	51%
M8	motorschip met bak(ken)	1	331	400	8760	26	309	132480	30	8	25%
M8	motortankschip	5	290	832	8308	39	621	241151	55	12	21%
M8	motorvrachtschip	9	306	541	7386	26	409	165740	38	8	21%

geen onderscheid naar type

AVV-klasse	scheepstype	aantal	boegschroefvermogen	boegschroefdraaiuren	generator-draaiuren	generator-brandstof	brandstofvoortstuwing
		2	353		5160	29	150
M0	alle	2	0		2240	7	115
M1	alle	6	36	72	686	2	30
M2	alle	19	118	458	3121	6	81
M3	alle	9	120	185	2178	5	63
M4	alle	10	160	304	5144	16	176
M5	alle	9	323	386	5482	15	247
M6	alle	21	263	430	7166	17	333
M7	alle	1	258	624	7300	18	220
M8	alle	17	318	668	7899	34	471

boegschroefvermogen	brandstofboegschroef	generatorvermogen	brandstof (bs + gen) tov voortst.
		9	24%
		2	6%
1297	0	1	7%
27003	6	2	19%
11079	3	2	16%
24339	6	5	15%
62256	14	5	15%
56376	13	5	11%
80371	18	6	22%
106095	24	11	16%

alle schepen

AVV-klasse	scheepstype	aantal	boegschroefvermogen	boegschroefdraaiuren	generator-draaiuren	generator-brandstof	brandstofvoortstuwing
alle	alle	96	208	427	5179	14	228

boegschroefvermogen	brandstofboegschroef	generatorvermogen	brandstof (bs + gen) tov voortst.
44292	10	5	13%

- 1) berekend als boegschroefvermogen * boegschroef-uren per jaar * 50% gemiddeld ingezet vermogen
- 2) berekend op basis van specifiek verbruik 230g/kWh en soortelijke massa 830 kg/m³
- 3) gemiddeld gevraagd generatorvermogen tijdens generatoruren, teruggerekend uit generator-brandstofverbruik op basis van 300g/kVA
- 4) toeslag verbruik voor hulpvermogen op brandstofverbruik voor voortstuwing op basis van soortelijke massa 830 kg/m³

De tabel bevat (detail)resultaten die niet erg waarschijnlijk zijn. Voor een deel komt dat door de omrekening per jaar, waardoor ogenschijnlijk kleine inschattingfouten opgeblazen kunnen worden.

Waarschijnlijk is echter dat veel ondervraagden, zoals ze vaak zelf ook al aangaven, er echt een slag naar hebben geslagen en daarbij wellicht een factor 3 verkeerd zaten. Ook zullen er hoofdremenfouten tussen zitten; hier en daar lijkt er een factor 10 verkeerd te zitten. Evidente fouten, zoals 600 uur per week zijn er echter uit gehaald. De fouten manifesteren zich vooral bij de detailgegevens. Over de hele linie lijkt een toeslag van zo'n 13%, gemiddelde van alle schepen, op het brandstofverbruik een redelijke schatting.

A.3.2 Passagiersschepen

Van een 13-tal grote passagiersschepen (hotelschepen) zijn gegevens verzameld. Hoewel op deze schepen behoorlijke hoeveelheden elektrisch vermogen worden gevraagd (ook de boegschroeven zijn vaak elektrisch), blijkt hier niet veel van in de gegeven cijfers voor het jaarlijkse brandstofverbruik. Uitgaande van het aantal draaiuren van de hoofdmotoren, het voortstuwingsvermogen en een gemiddelde belasting van 80% volgt een jaarlijkse brandstofhoeveelheid die al (gemiddeld 7%) groter is dan het opgegeven totaal, inclusief hulpvermogen.

A.4 Algemeen:

De medewerking van de schippers om aan de enquête deel te nemen was voortreffelijk. Drie schippers weigerden om mee te doen. Een aantal schippers van schepen die reeds over de grens naar het buitenland waren vonden de telefoonkosten een bezwaar. Als het schip weer in Nederland kwam zouden ze wel meedoen.

Bijlage: enquête vrachtschepen

VRAGENLIJST aanwezigheid en gebruik hulpmotoren op binnenvaartschepen

Naam schip

eigenaar/rederij

Naam geïnterviewde

1 Welk type schip is dit ?

- motorvrachtschip
- mvs met bak(ken)
- motortankschip
- containerschip
- duwstel

- passagiersschip*

Aankruisen indien van toepassing

*(andere
vragenlijst!)*

2 Wat is het registratienummer van het schip ?

(controleer a.d.v. lijst)

3 Welke type lading vervoert dit schip ?

- droge bulk
- natte bulk/gassen
- containers

(duwstel/koppelverband: in meest gebruikelijke
samenstelling)

4 Welke hoofdafmetingen heeft het schip

- lengte
- breedte
- max. diepgang
- laadvermogen

 m
 m
 m
 ton

5 Welk bouwjaar romp (jaartal)
 motor (jaartal) laatste revisie

6 In welk type vaart zit het schip?
 dagvaart
 semi-continuvaart
 continuvaart

7 Welk vaargebied heeft het schip voornamelijk?
 Rijn / Duitsland
 Schelde-Rijn verbinding
 Overige grote vaarwegen
 kleinere vaarwegen

8 Welke accommodatie heeft het schip?
 woning voor personen (mensen permanent aan boord)
 of: dagverblijf voor personen (geen slaappleatsen)
 gezin aan boord?

9 Wat is het totale vermogen van de hoofdmotor(en) ?
 aantal draaiuren kW / PK*
 aantal schroeven uur/jaar
 totaal brandstofverbruik liter/jaar
 Geschatte draaiuren

10 Welk type hulpmotoren zijn aanwezig ?
 aantal totaal vermogen eenheid eenheid per

	Generator(en)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*
	licht belast (0-25%):	gemiddeld	<input type="text"/>	uren per dag		
	normaal belast (25-75%)	gemiddeld	<input type="text"/>	uren per dag	}of: gem. dieselverbruik	<input type="text"/> liter per uur / dag / week / jaar*
	zwaar belast (75-100%)	gemiddeld	<input type="text"/>	uren per dag		
	Boeg en/of hekschroeven	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kW / PK*	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*
	merk		<input type="text"/>			
	type (2/3/4 kanaals / rooster /..)		<input type="text"/>			
lading/ballastpompen	Pompinstallaties	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kW / PK*	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*
	Andere nl	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kW / PK*	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*

11 Worden de hoofdmotoren gebruikt voor de aandrijving van: ?

			totaal vermogen		
(verbruikers:)	Asgenerator(en)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	
	Boeg en/of hekschroeven	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	(indien elektrisch aangedreven)
	Pompinstallaties	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	(indien elektrisch aangedreven)
	Andere nl	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	(indien elektrisch aangedreven)

12 Roeren:

aantal	<input type="text"/>
type	<input type="text"/>
max. roerhoek	<input type="text"/> graden

13 Vaarsnelheid

welke snelheid vaart u meestal (bij voorkeur, normale omstandigheden; snelheid door het water):

			of motortoerental	brandstofverbruik daarbij ongeveer:
geladen	op (ruim) stilstaand water	<input type="text"/> km/u	<input type="text"/> toeren	<input type="text"/> liter/uur
	stroomopwaarts	<input type="text"/> km/u	<input type="text"/> toeren	<input type="text"/> liter/uur
	stroomafwaarts	<input type="text"/> km/u	<input type="text"/> toeren	<input type="text"/> liter/uur
leeg	op (ruim) stilstaand water	<input type="text"/> km/u	<input type="text"/> toeren	<input type="text"/> liter/uur

stroomopwaarts
stroomafwaarts

	km/u
	km/u

	toeren
	toeren

	liter/uur
	liter/uur