



TNO-034-UT-2010-01390_RPT-ML

Afleiding van proxy-data voor de regionalisatie van de emissies van de zeescheepvaart

Datum	9 augustus 2010
Auteur(s)	Ir. J.H.J. Hulskotte
Opdrachtgever	PBL Drs. R. te Molder Postbus 303 3720 AH Bilthoven
Projectnummer	034.21769
Aantal pagina's	29 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

Samenvatting

In dit onderzoek is gekeken naar de emissies van de zeescheepvaart die recent zijn vastgesteld met behulp van gegevens uitgezonden door AIS-transponders op zeeschepen. Sinds 2005 beschikken alle koopvaardissschepen met een bruto tonnage van meer dan 300 ton over een Automatic Identification System (AIS). Deze AIS-systemen zenden informatie uit over het schip, de reis, de positie, de snelheid en de koers. Onderzocht is welke beschikbare variabelen van zeeschepen gebruikt kunnen worden om emissies zo nauwkeurig mogelijk ruimtelijk te verdelen over kaartvierkanten binnen de Emissieregistratie. De ruimtelijk verdeelde emissiegegevens hoeven in dat geval niet integraal te worden opgeslagen aangezien een andere variabele hun plaats kan innemen. Dit heeft verschillende voordelen. In de eerste plaats kan hierdoor de omvang van de database van de Emissieregistratie worden beperkt waardoor de performance op peil blijft. In de tweede plaats is het hierdoor tevens mogelijk om ook de gegevens van andere jaren op een transparante manier te regionaliseren. Uit het onderzoek is gebleken dat de berekende hoeveelheid energie per schip een zeer nauwkeurige regionalisatie van emissies mogelijk maakt in het geval van varende schepen. In het geval van stilliggende schepen is het product van het grostonnage met de ligduur een uitstekende variabele voor regionalisatie van emissies.

Inhoudsopgave

	Samenvatting.....	2
1	Inleiding.....	4
2	Beschrijving van de onderzochte database.....	5
2.1	De onderzochte database	5
2.2	Kandidaten voor proxy-data en voorbewerking op de database	5
3	Uitvoering van het onderzoek.....	7
3.1	Methodiek.....	7
3.2	Vorbereiding van de onderzoeksbestanden.....	7
4	Resultaten	8
4.1	Havens	8
4.2	NCP (Nederlands Continentaal Plat)	15
4.3	Opgeleverde database	21
5	Conclusies en aanbevelingen.....	22
6	Referenties	23
7	Verantwoording	24

1 Inleiding

In dit rapport staan de resultaten weergegeven van een onderzoek naar proxy-data waarmee emissies van de zeescheepvaart op eenvoudige manier zo nauwkeurig mogelijk geregionaliseerd kunnen worden.

In het systeem van de landelijke Emissieregistratie (ER) worden op landelijk niveau vastgestelde emissiegegevens geregionaliseerd met kaarten waarop dichtheden van andere variabelen staan die een sterke correlatie vertonen met dichtheden van emissies. Een voorbeeld hiervan is het aantal voertuigkilometers gerelateerd aan emissies door wegverkeer, met onderscheid naar wegtype en voertuigtype. Binnen het systeem van de Emissieregistratie worden de grootheden waarmee emissies geregionaliseerd worden Emissie Locatoren (ELR) genoemd (te Molder, 2008). De variabelen die worden gebruikt voor de ELR moeten zo goed mogelijk correleren met de emissies zelf en worden daarom ook wel proxy-data genoemd.

In dit onderzoek is gekeken naar de emissies van de zeescheepvaart die recent zijn vastgesteld met behulp van gegevens uitgezonden door AIS-transponders op zeeschepen. Sinds 2005 beschikken alle koopvaardij schepen met een bruto-tonnage van meer dan 300 ton over een Automatic Identification System (AIS). Deze AIS-systemen zenden informatie uit over het schip, de reis, de positie, de snelheid en de koers. Onderzocht is welke beschikbare variabelen uit het AIS van zeeschepen gebruikt kunnen worden om emissies zo nauwkeurig mogelijk ruimtelijk te verdelen over kaartvierkanten binnen de Emissieregistratie. De ruimtelijk verdeelde emissiegegevens hoeven in dat geval niet integraal te worden opgeslagen aangezien een andere variabele hun plaats kan innemen. Dit heeft verschillende voordelen. In de eerste plaats kan hierdoor de omvang van de database van de Emissieregistratie worden beperkt waardoor de performance op peil blijft. In de tweede plaats is het hierdoor tevens mogelijk om ook de gegevens van andere jaren op een transparante manier te regionaliseren.

2 Beschrijving van de onderzochte database

2.1 De onderzochte database

Eind 2009 is in opdracht van het PBL een studie uitgevoerd door MARIN en TNO (Saladas et al., 2010) waarbij voor het eerst landsdekkend en over een geheel jaar de emissies van de zeescheepvaart zijn bepaald met AIS-data. Onder AIS-data moet worden verstaan: een database waarin alle opgevangen AIS-transponder-berichten zijn verzameld over geheel 2008 over het gehele Nederlandse maritieme gebied inclusief het Nederlands Continentaal Plat (NCP). Het belangrijkste product van de genoemde studie is een omvangrijke database waarin de resultaten van de emissieberekeningen van dit project zijn opgeslagen.

De lay-out van de belangrijkste gegevenstabel staat hieronder vermeld.

Tabel 1 Lay-out van de belangrijkste gegevenstabellen die werden onderzocht

Veldnaam	Data type	Data format	Beschrijving
Region	Text	255	Gebied
x_rdm_lu	Number	Double	X-coördinaat Rijksdriehoekmeting (m)
y_rdm_lu	Number	Double	Y-coördinaat Rijksdriehoekmeting (m)
EMS_type_upd	Number	Integer	Scheepstype in EMS (aangevuld)
size	Number	Integer	Scheepsgrootteklasse
Substance	Number	Integer	Stofcode volgens Emissieregistratie
Moving	Number	Integer	Stilligend (=0) of Varend (=1)
EU	Number	Integer	EU-vlag(=1) of niet EU-vlag (=0)
SumOfHours	Number	Double	Tijd in dit gebied (uren)
SumOfGTHours	Number	Double	GrosstonxTijd in dit gebied (GT.uren), gesommeerd
SumOfEmission_ME_kg	Number	Double	Emissie Main Engines (kg), gesommeerd
SumOfEmission_AE_kg	Number	Double	Emissie Auxilliary Engines (kg), gesommeerd
SumOfSpeed_AIS	Number	Double	Snelheid vlgs AIS, gesommeerd
SumOfSpeed_used	Number	Double	Snelheid gebruikt voor emissiefactor, gesommeerd
SumOfkW_ME_used	Number	Double	Vermogen Main Engines gebruikt voor emissiefactor, gesommeerd
SumOfkW_AE_used	Number	Double	Vermogen Auxilliary Engines gebruikt voor emissiefactor, gesommeerd
SumOfrpm_used	Number	Double	Maximaal toerental Main Engine, gesommeerd

In bovenstaand format werden twee tabellen in Mdb-formaat (MS-Access) opgeleverd. Een tabel “NCP ” (1.120.446 tupels) die de emissiegegevens van het NCP bevat en een tabel “Havens” (868.830 tupels) die de gegevens van schepen binnen het Nederlands grondgebied bevat. De twee tabellen waren vooraf door het PBL opgeschoond voor tupels (records) die niet binnen het Nederlandse grondgebied liggen omdat deze data toch niet in Emissieregistratie kunnen worden opgeslagen.

De XY-coördinaten van de tabel NCP hebben betrekking op vakken van 5x5 kilometer. Verder bevat de tabel NCP voor anker liggende schepen in ankergebieden waarbij de waarde voor de variabele [Moving] op 0 staat.

De XY-coördinaten van de tabel “Havens” hebben betrekking op vakken van 0,5x0,5 kilometer. De schepen die (meestal) afgemeerd aan de kade liggen hebben de waarde 0 voor de variabele [Moving].

2.2 Kandidaten voor proxy-data en voorbewerking op de database

Indien het gaat om verbrandingsgerelateerde emissies zoals scheepvaartemissies binnen Emissieregistratie komen twee typen activiteitsdata als ‘kandidaat-proxy’ in aanmerking. In de eerste plaats betreft het energiegebruik en in de tweede plaats de aan het energiegebruik ten grondslag liggende activiteiten.

Het energiegebruik kan worden uitgedrukt in Joule, maar omdat dit een kleine eenheid is Terajoule (TJ) handiger in het gebruik. Activiteiten van varende schepen kunnen worden uitgedrukt in vaarkilometers. Omdat zeeschepen qua grootte echter een factor 100 in volume kunnen verschillen moeten deze kilometers wel worden gecombineerd met het volume van de schepen. De meest uniform beschikbare maat voor de grootte van zeeschepen is het Grostonnage (GT) of (in het Nederlands) Bruto tonnage (BT) genoemd. Gross ton is niet de beste maat om verschillende scheepstypen onderling te vergelijken omdat het gebaseerd is op de besloten ruimtes van een schip (zie bijvoorbeeld <http://en.wikipedia.org/wiki/tonnage>). Omdat GT echter wel universeel beschikbaar is kan de maat GT toch goed worden gebruikt om de volumes van schepen behorende tot een specifiek scheepstype met elkaar te vergelijken, mits het scheepstype vermeld blijft. De combinatie van het Grostonnage met de gevaren afstand levert GT.km op als kandidaat activiteitsmaat.

Door stilliggende schepen worden geen afstanden afgelegd terwijl er wel emissies plaatsvinden. De emissies van stilliggende schepen kunnen echter ook per tijdseenheid worden uitgedrukt. Daarom wordt hiervoor de variabele Grosston.uren als kandidaat activiteitsmaat opgevoerd.

Naast de genoemde activiteitsdata kunnen ook de emissies van één bepaalde stof worden gebruikt, mits deze qua verdeling sterk correleren met de emissies van de andere stoffen. Een meer universele maat is de hoeveelheid gebruikte energie welke bijvoorbeeld kan worden uitgedrukt in Terajoules ($1\text{TJ} = 10^{12}\text{ J}$)

Grosston.uren als maat is direct beschikbaar in de opgeleverde database en vraagt daarom niet om extra bewerking van data.

Grosston.kilometer is vrij eenvoudig te berekenen uit de andere aangeleverde variabelen binnen de emissiedatabase:

$$\text{GT.km} = [\text{SumOfGThours}] * [\text{Avg_spd_knots}] * 1,852$$

Waarbij:

$$[\text{Avg_spd_knots}] = [\text{SumOfSpeed_AIS}] / [\text{SumOfHours}] / 30$$

(1,852= Mijl/kilometer)

(30 = waarnemingen/uur; eens per 2 minuten)

TJ kan worden geschat op grond van de hoeveelheid CO2 emissie.

$$[\text{CO2}] / 3,17 * 42 / 1.000.000$$

Waarbij:

3,17 kg CO2/kg brandstof (kleine verschillen tussen MDO en HFO worden hierbij verwaarloosd)

42 MJ/kg brandstof

1/1.000.000 TJ/MJ

3 Uitvoering van het onderzoek

3.1 Methodiek

De methodiek voor de bepaling van de meest geschikte proxy-variabele die werd gekozen is relatief eenvoudig.

In de methodiek worden twee deelgebieden onderscheiden “NCP” en “Havens” en twee onderwerpen “varen” en “stilliggen” (op zee voor anker liggen genoemd). Per deelgebied en onderwerp werden vervolgens tabellen gemaakt waarin per kaartvierkant de emissies en de waarden van de kandidaat proxy-variabelen stonden vermeld. Vervolgens werden in Excel de emissies van een bepaalde stof per vierkant (verticaal) afgezet tegen de waarde van een van de proxy-variabelen. Voor iedere combinatie zijn daarna lineaire regressies uitgevoerd en zijn de correlatiecoëfficiënten bepaald. In de volgende paraaf wordt de werkwijze nader toegelicht.

3.2 Voorbereiding van de onderzoeksbestanden

De eerste stap was de aanvullende berekeningen van de proxy-variabelen (GT.km en TJ), zoals in vorig hoofdstuk beschreven, in MS-Access uit te voeren. De tweede stap behelsde het maken van kruistabellen die naar Excel-bestanden konden worden overgebracht voor het uitvoeren van de lineaire regressies.

Uit tussentijds overleg met PBL was inmiddels gebleken dat er een grote voorkeur bestond om bij het maken van de proxy variabelen een onderscheid in scheepstypen te handhaven. Hierbij werd wel een beperkte aggregatiestap uitgevoerd van scheepstypen vanwege de gewenste compatibiliteit met de bestaande oude indeling volgens EMS (zie Tabel 2).

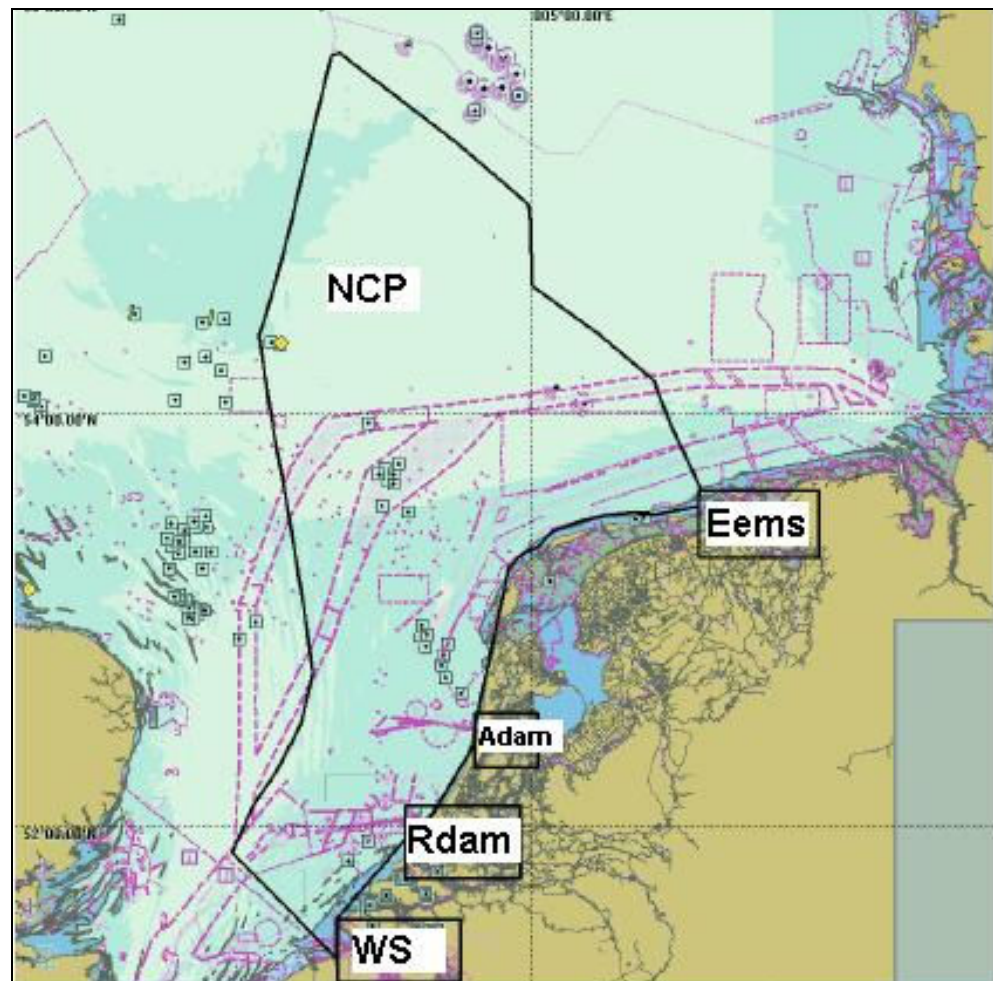
Tabel 2 Vertaling van scheepstypen in AIS-bestand (links) naar indeling naar scheepstypen voor bepaling proxy-variabelen

EMS_type_upd	EMS_type_upd_decode	Typenr	ELR_NAAM
1	Oil tanker	1	Olietankers
2	Chemical/LNG/LPG tanker	2	Chemie/Gastankers
3	Bulk carrier	3	Bulkcarrier
4	Container ship	4	Containerschepen
5	General Dry Cargo	5	Conventioneel stukgoed
8	Passenger	6	Roro lading/autoschepen
7	Reefer	7	Koelschepen
6	RoRo Cargo / Vehicle	8	Passagierschepen
0	Unknown	9	Overige schepen
9	Miscellaneous	9	Overige schepen
10	Tug/Supply	9	Overige schepen
11	Fishing	9	Overige schepen
12	Non Merchant	9	Overige schepen

4 Resultaten

4.1 Havens

De aanduiding “Havens” moet niet letterlijk worden genomen. Het gaat hier om het scheepvaartverkeer in de gebieden Rotterdam (Rijnmond), Westerschelde gebied, Amsterdam-IJmuiden en het Eems-Dollard gebied zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Onderscheiden gebieden op het Nederlands grondgebied: Amsterdam-IJmuiden (Adam), Eems-Dollard gebied (Eems), Rotterdam-Rijnmond (Rdam), Westerschelde gebied (WS), Nederlands Continentaal Plat (NCP)

4.1.1 Resultaten van de data-analyse voor varende schepen in havens

In Tabel 3 is een overzicht van correlatiecoëfficiënten gepresenteerd tussen emissies per kaartvierkant van 500x500 meter en de proxy-variabele GT.km.

Tabel 3 Overzicht van correlatiecoëfficiënten tussen GT.km en emissies havens varend

Scheepstype	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	VOS	CO
Olietankers	0,97	0,97	0,97	0,97	0,92	0,91
Chemietankers	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96	0,95
Bulkcarriers	0,96	0,96	0,96	0,96	0,93	0,92
Containerschepen	0,94	0,94	0,95	0,94	0,89	0,85
ConvStukgoed	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,96
RoRoschepen	0,97	0,97	0,97	0,97	0,91	0,88
Koelschepen	0,98	0,98	0,98	0,98	0,92	0,91
Passagiersschepen	0,78	0,90	0,83	0,91	0,78	0,76
Overigeschepen	0,90	0,93	0,90	0,93	0,86	0,83

Uit Tabel 3 blijkt dat de correlatiecoëfficiënten tussen GT.km en emissies in het algemeen erg hoog zijn. Lagere correlatiecoëfficiënten worden berekend voor de stoffen VOS en CO en de scheepstypen Passagiersschepen en Overige schepen.

In Tabel 4 is wordt een overzicht van correlatiecoëfficiënten gepresenteerd tussen emissies per kaartvierkant van 500x500 meter en de proxy-variabele TJ.

Tabel 4 Overzicht van correlatiecoëfficiënten tussen TJ en emissies havens varend

Scheepstype	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	VOS	CO
Olietankers	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,96
Chemietankers	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97
Bulkcarriers	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,94
Containerschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97
ConvStukgoed	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
RoRoschepen	1,00	1,00	0,99	1,00	0,97	0,95
Koelschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97
Passagiersschepen	1,00	0,97	0,99	0,94	0,94	0,94
Overigeschepen	0,90	0,93	0,90	0,93	0,86	0,83

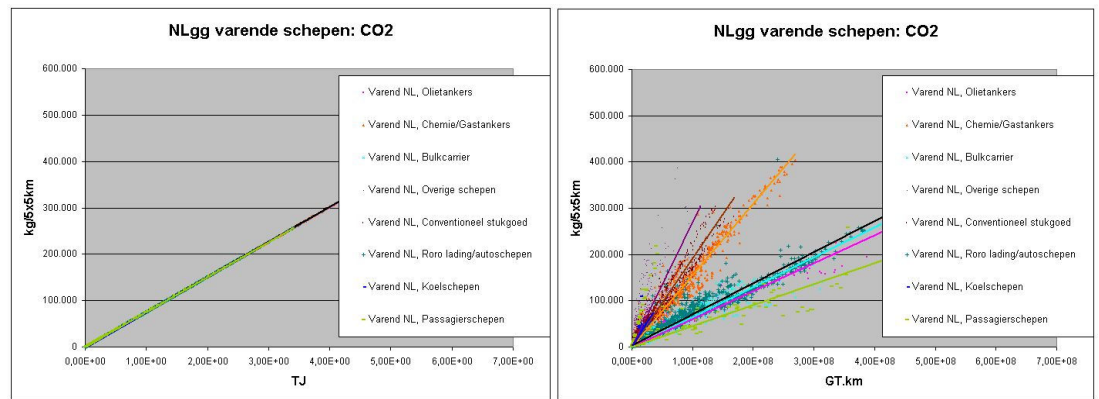
Uit Tabel 4 blijkt dat de correlatiecoëfficiënten tussen TJ en emissies nog hoger zijn dan in Tabel 3 tussen GT.km en emissies. Lagere correlatiecoëfficiënten worden ook hier berekend voor de stoffen VOS en CO en de scheepstypen Passagiersschepen en Overige schepen.

In bijlage 1 is voor alle scheepstypen en proxy-variabelen een overzicht opgenomen van alle berekende correlatiecoëfficiënten en afgeleide emissiefactoren

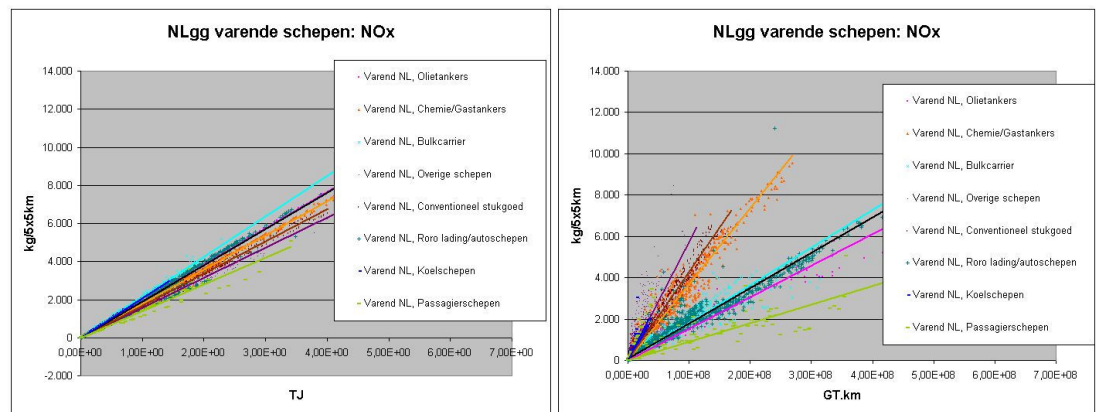
Hieruit blijkt dat in alle gevallen de proxy-variabele TJ verreweg het beste correleert met de berekende emissies per kaartvierkant van 0,5x0,5 kilometer.

De correlatie- coëfficiënten van de beste proxy-variabele TJ zijn geel gemarkeerd.

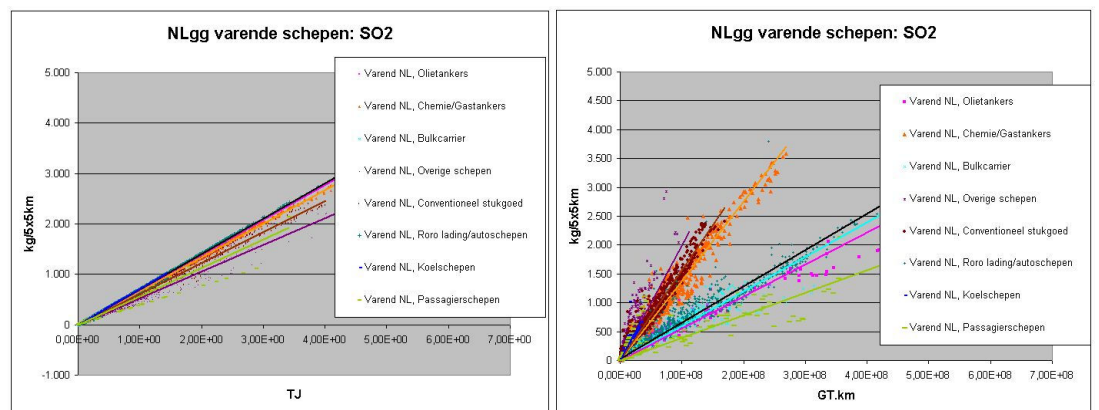
In onderstaande figuren staan achtereenvolgens per stof de emissies per kaartvierkant afgezet tegen de waarden van de proxy-variabelen.



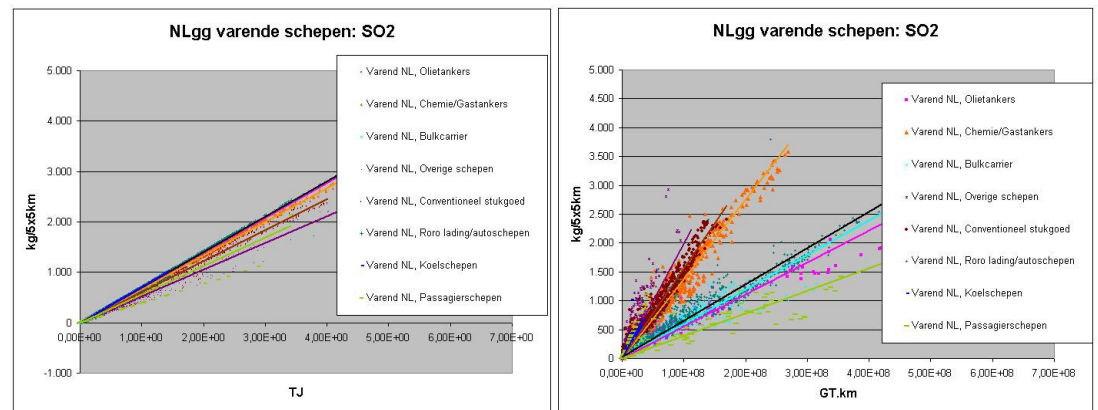
Figuur 2 CO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.km



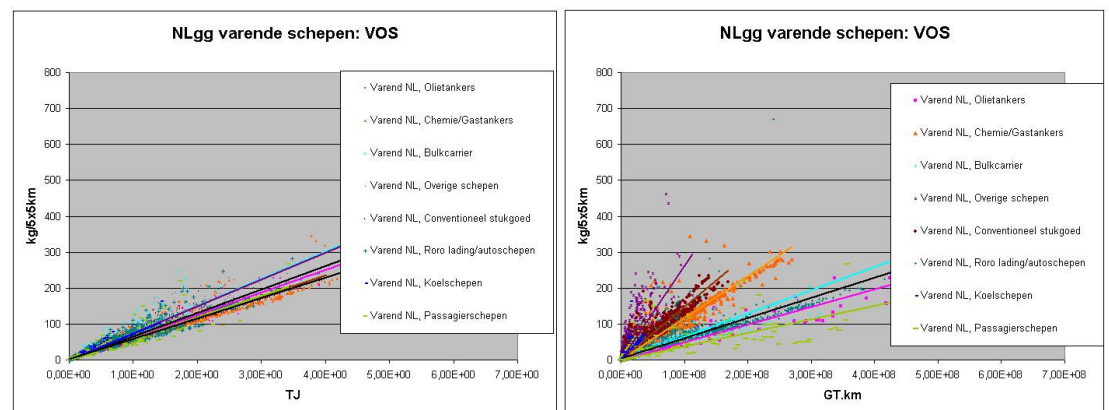
Figuur 3 NO_x-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.km



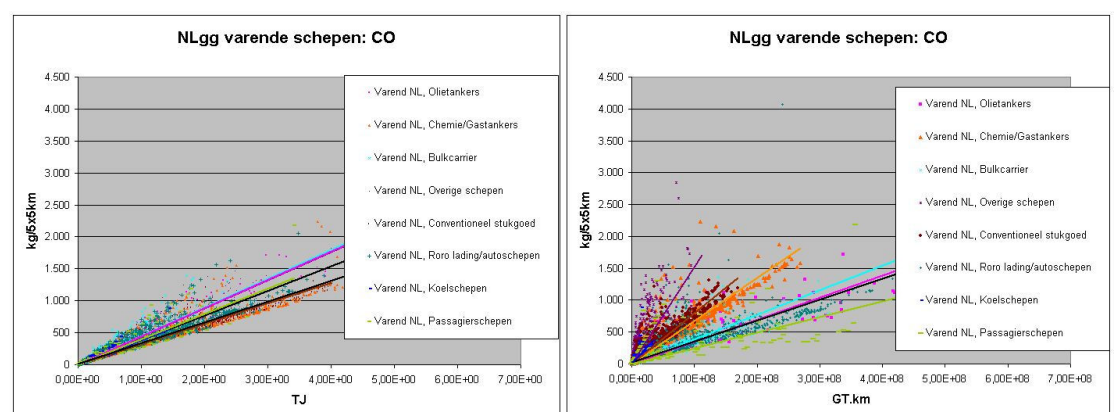
Figuur 4 SO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.km



Figuur 5 PM₁₀-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.km



Figuur 6 VOS-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.km



Figuur 7 CO-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.km

In bovenstaande figuren 2 tot en met 7 is duidelijk zichtbaar dat voor varende schepen in havens de proxy-variabele TJ een veel sterkere ruimtelijke correlatie met de emissies vertoont dan de proxy-variabele GT.km.

4.1.2 *Conclusies en aanbevelingen voor varende schepen in havens*

Uit de data-analyse in voorgaande paragraaf is gebleken dat TJ de meest geschikte proxy-variabele is. Aanbevolen wordt daarom om TJ te gebruiken als proxy-variabele om de emissies ruimtelijk te verdelen.

4.1.3 *Resultaten van de data-analyse voor stilliggende schepen in havens*

In Tabel 5 is een overzicht van correlatiecoëfficiënten gepresenteerd tussen emissies per kaartvierkant van 500x500 meter en de proxy-variabele GT.uren.

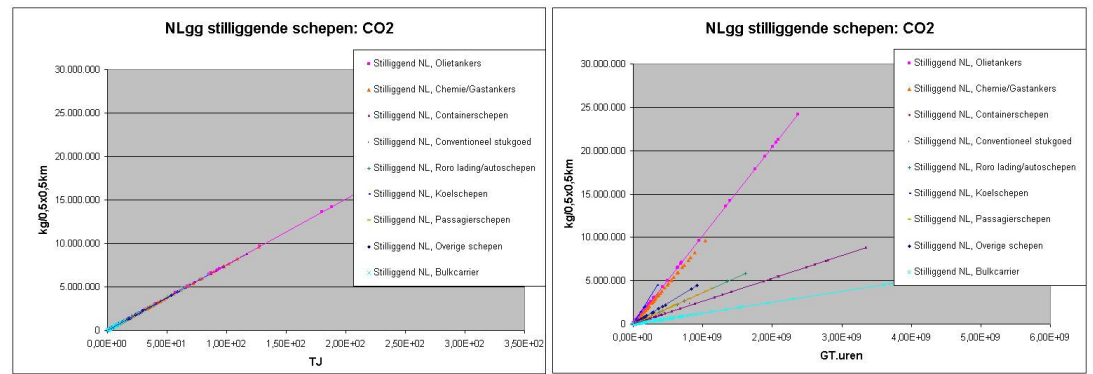
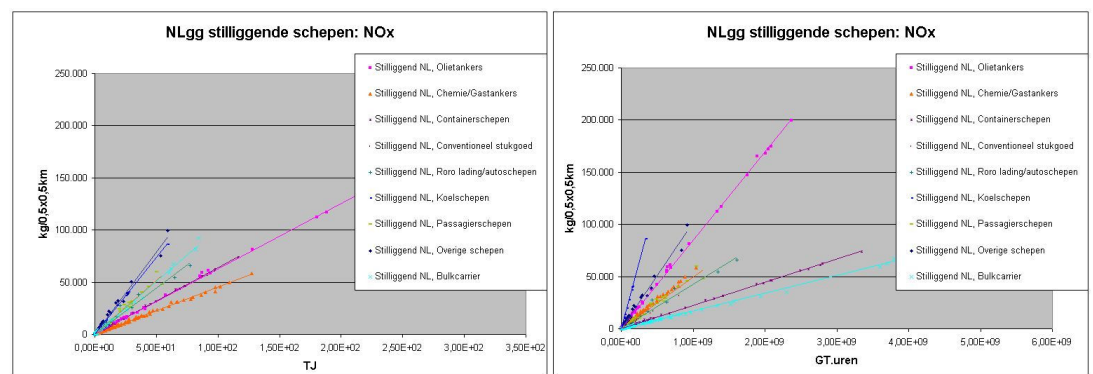
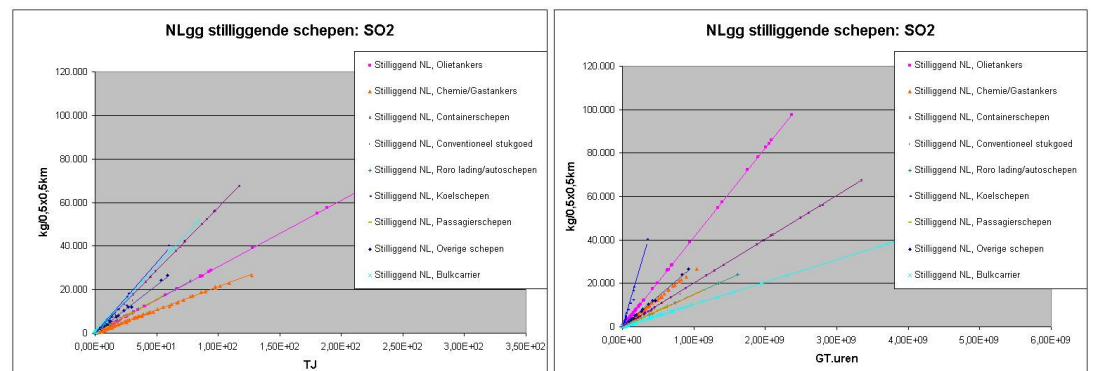
Tabel 5 Overzicht van correlatiecoëfficiënten tussen GT.uren en emissies stilliggend in havens

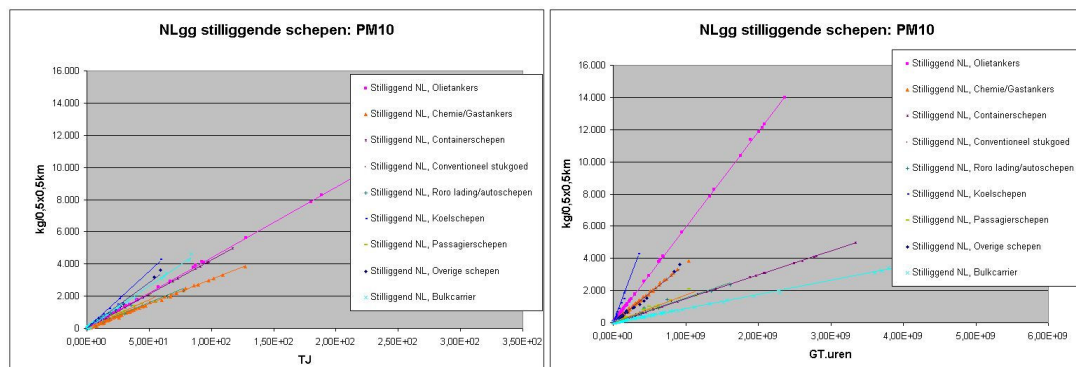
Scheepstype	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	VOS	CO
Olietankers	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Chemietankers	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Bulkcarriers	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Containerschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ConvStukgoed	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RoRoschepen	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00
Koelschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Passagiersschepen	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00
Overigeschepen	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00

Uit Tabel 5 blijkt dat de correlatiecoëfficiënten tussen GT.uren en emissies in het algemeen erg hoog zijn. Omdat er geen verschil is tussen de proxy-variabele GT.uren en TJ met betrekking tot de correlatie met emissies wordt de tabel met correlaties tussen TJ en emissies achterwege gelaten.

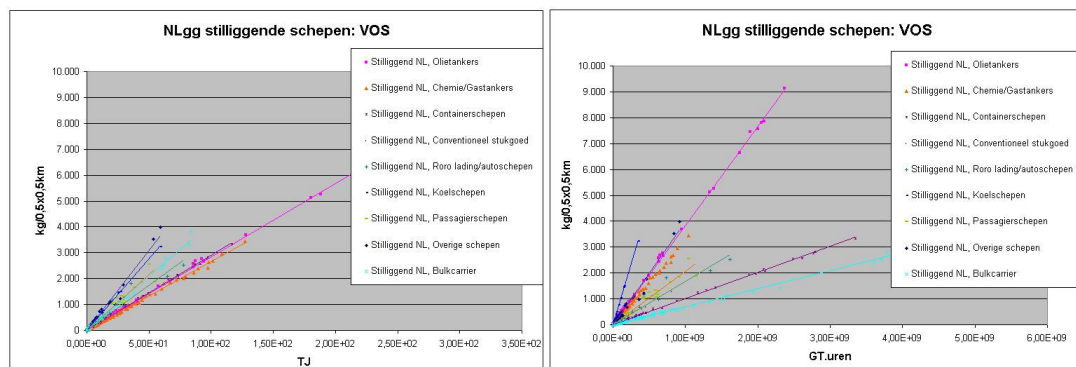
In bijlage 2 is voor alle scheepstypen een compleet overzicht opgenomen van alle berekende correlatiecoëfficiënten en afgeleide emissiefactoren voor de proxy-variabelen. Hieruit blijkt dat de proxy-variabele GT.uren net zo goed correleert met de berekende emissies per kaartvierkant van 0,5x0,5 kilometer als de proxy-variabele TJ. Dit wekt geen verwondering aangezien het energiegebruik van stilliggende schepen rechtstreeks wordt gebruikt voor de emissieberekeningen terwijl het energiegebruik direct wordt afgeleid uit de variabele GT.uren.

De correlatie- coëfficiënten van de beste proxy-variabele (GT.uren) zijn geel gemarkeerd. In onderstaande figuren staan achtereenvolgens per stof de emissies per kaartvierkant afgezet tegen de waarden van de proxy-variabelen.

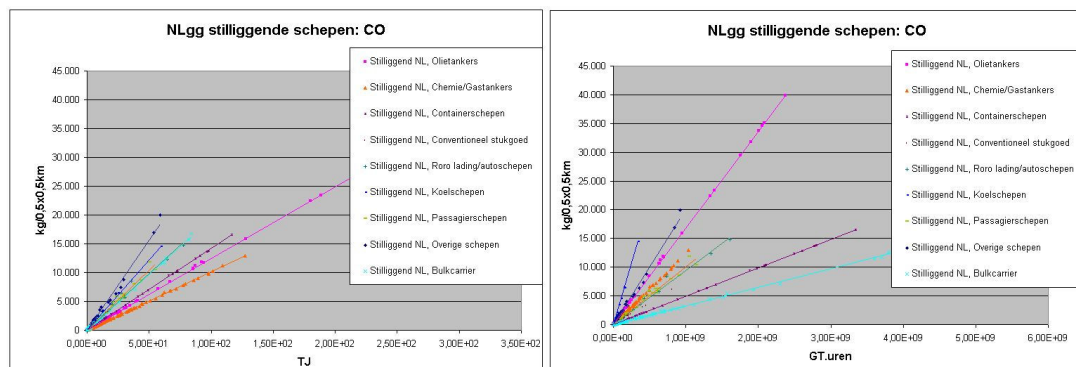
Figuur 8 CO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy variabelen TJ en GT.urenFiguur 9 NO_x-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy variabelen TJ en GT.urenFiguur 10 SO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy variabelen TJ en GT.uren



Figuur 11 PM₁₀-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 12 VOS-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 13 CO-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren

In bovenstaande figuren 8 tot en met 13 is duidelijk zichtbaar dat in het onderzochte studiegebied “Havens” de proxy-variabele TJ een even sterke ruimtelijke correlatie met de emissies vertoont als de proxy-variabele GT.km.

4.1.4

Conclusies en aanbevelingen voor stilliggende schepen in havens

Uit de data-analyse in voorgaande paragraaf is gebleken dat GT.uren en TJ even geschikt zijn als proxy-variabele. Geadviseerd wordt echter om GT.uren te gebruiken als proxy-variabele om de emissies ruimtelijk te verdelen omdat deze variabele ten grondslag ligt aan de resultaatvariabele TJ. Daar komt bij dat in het recente verleden eerder emissies van stilliggende schepen werden geregionaliseerd met GT.uren.

4.2 NCP (Nederlands Continentaal Plat)

De aanduiding “NCP” heeft betrekking op het gehele Noordzeegebied inclusief de 12-mijlszone (zie Figuur 1). Het Waddengebied, het Eems-Dollard gebied en de Westerschelde vallen buiten dit gebied. Voor een deel vallen de emissies in deze gebieden in deze studie onder “Havens”. In de tabel “NCP” wordt onderscheid gemaakt tussen de 12-mijlszone en het gebied daarbuiten. Bij de bepaling van de meeste geschikte proxy-variabele is dit onderscheid niet gemaakt. De belangrijkste reden hiervoor is dat het onderscheid in beide gebieden binnen de tot nu toe gehanteerde methode gebaseerd op EMS niet mogelijk was.

4.2.1 Resultaten van de data-analyse voor schepend varende op het NCP

In Tabel 6 is een overzicht van correlatiecoëfficiënten gepresenteerd tussen emissies per kaartvierkant van 500x500 (NCP=5x5km) meter en de proxy-variabele GT.km.

Tabel 6 Overzicht van correlatiecoëfficiënten tussen GT.km en emissies varende op NCP

Scheepstype	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	VOS	CO
Olietankers	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97
Chemietankers	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98
Bulkcarriers	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
Containerschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98
ConvStukgoed	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RoRoschepen	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99
Koelschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Passagiersschepen	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98
Overigeschepen	0,92	0,93	0,89	0,91	0,82	0,81

Uit Tabel 6 blijkt dat de correlatiecoëfficiënten tussen GT.km en emissies in het algemeen erg hoog zijn. Lagere correlatiecoëfficiënten worden berekend voor de stoffen VOS en CO en het scheepstypen Overige schepen.

In Tabel 7 wordt een overzicht van correlatiecoëfficiënten gepresenteerd tussen emissies per kaartvierkant van 5x5km en de proxy-variabele TJ.

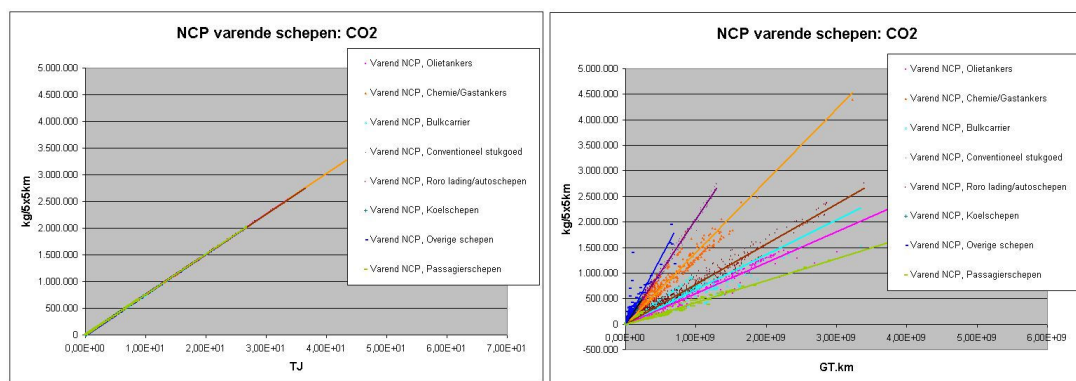
Tabel 7 Overzicht van correlatiecoëfficiënten tussen TJ en emissies varende op NCP

Scheepstype	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	VOS	CO
Olietankers	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98
Chemietankers	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
Bulkcarriers	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97
Containerschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98
ConvStukgoed	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RoRoschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Koelschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Passagiersschepen	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
Overige schepen	1,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,96

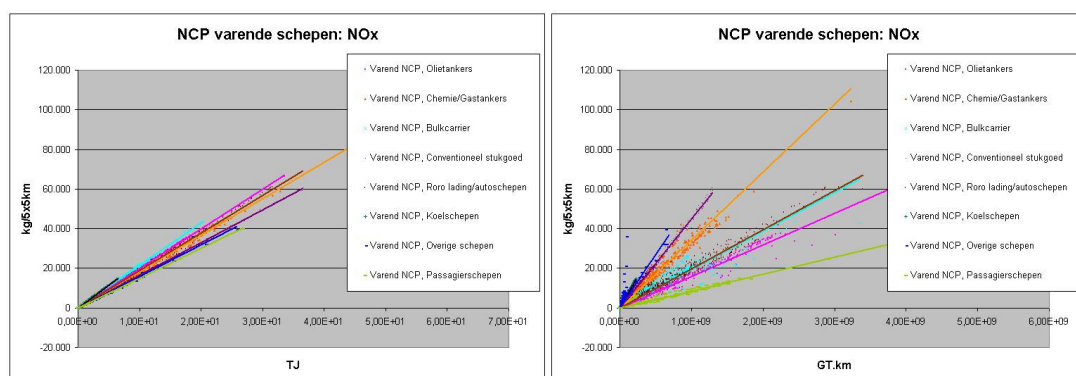
Uit Tabel 7 blijkt dat de correlatiecoëfficiënten tussen TJ en emissies nagenoeg allemaal gelijk zijn aan 1, hetgeen een bijna perfecte correlatie betekent. Lagere correlatiecoëfficiënten worden berekend voor de stoffen VOS en CO bij een aantal scheepstypen.

In bijlage 3 is voor alle scheepstypen een compleet overzicht opgenomen van alle berekende correlatiecoëfficiënten en afgeleide emissiefactoren. Hieruit blijkt dat de proxy-variabele TJ nog iets beter correleert met de berekende emissies per kaartvierkant van 5x5 kilometer dan de proxy-variabele GT.km. Dit is verklaarbaar omdat de variabele TJ direct gerelateerd is aan de berekende emissies terwijl de variabele GT.km meer een algemene maat is voor de hoeveelheid scheepvaartverkeer. Niettemin moet worden opgemerkt dat op het NCP de proxy-variabele GT.km vrijwel even goed correleert met de emissies dan de variabele TJ. Dit is wel opmerkelijk omdat er grote verschillen bestaan in emissiefactoren per GT.km tussen schepen met verschillende grootte. Vermoedelijk wordt dit veroorzaakt door een beperkte variatie in scheepsgrootte op de belangrijke routes.

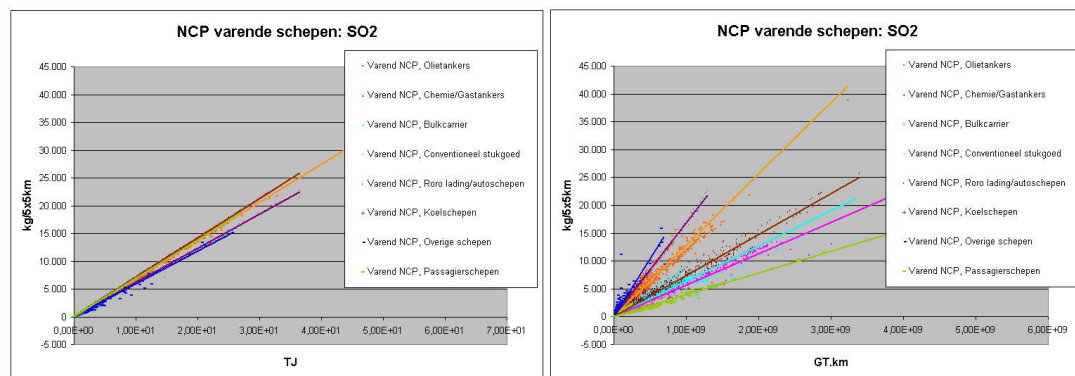
De correlatie- coëfficiënten van de beste proxy-variabele (TJ) zijn geel gemarkeerd. In onderstaande figuren staan per stof de emissies per kaartvierkant afgezet tegen de waarden van de proxy-variabelen.



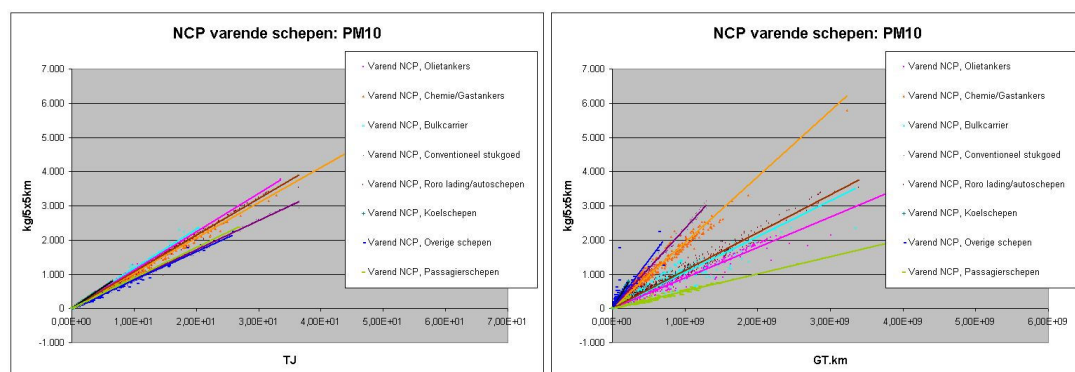
Figuur 14 CO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



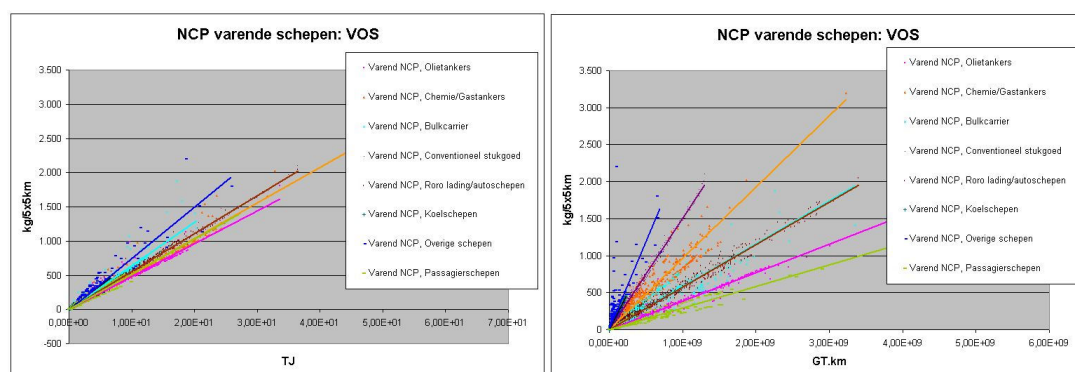
Figuur 15 NO_x-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



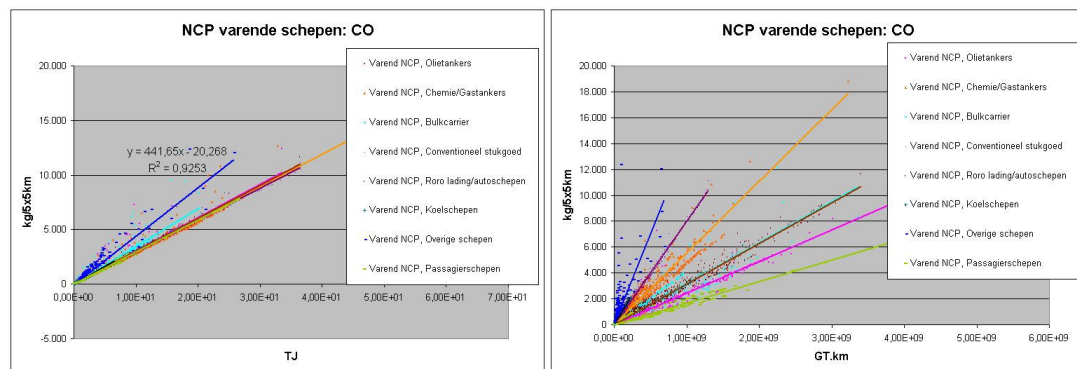
Figuur 16 SO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 17 PM₁₀-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 18 VOS-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 19 CO-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren

4.2.2 Conclusies en aanbevelingen varende schepen op het NCP

Uit de data-analyse in voorgaande paragraaf is gebleken dat TJ de meest geschikte proxy-variabele is voor varende schepen op het NCP. Geadviseerd wordt daarom om TJ te gebruiken als proxy-variabele om de emissies ruimtelijk te verdelen.

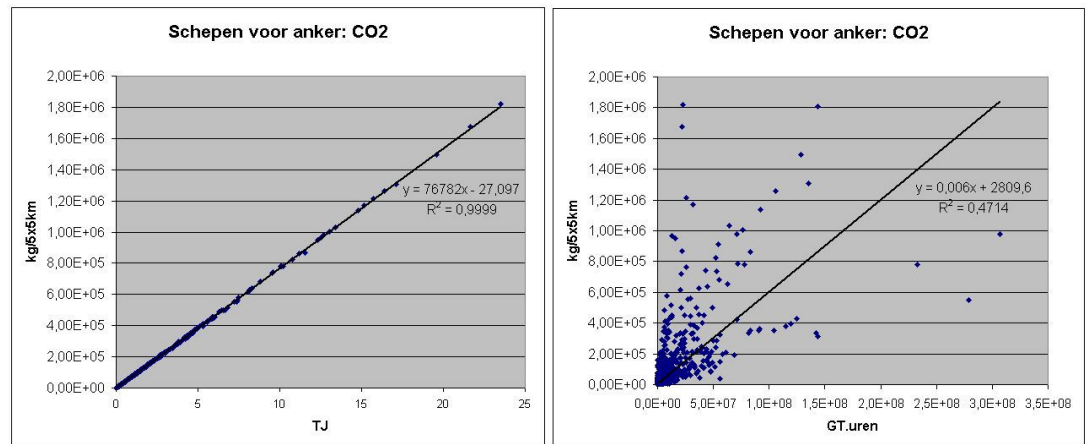
4.2.3 Resultaten van de data-analyse voor de voor anker liggende schepen op NCP

Allereerst moet worden opgemerkt dat de emissies van voor anker liggende schepen relatief gering in omvang zijn. Daar komt nog bij dat deze emissies in het jaar 2008 waarschijnlijk veel hoger dan normaal zijn geweest omdat de economische crisis tot gevolg had dat veel meer zeeschepen –al dan niet geladen- voor anker bleven liggen. Omdat de emissies relatief gering zijn en bovendien slechts in een klein gebied voorkomen is geen gedetailleerde analyse op het niveau van de scheepstypen uitgevoerd. Volstaan werd met te onderzoeken of de proxy-variabele TJ dan wel GT.uren het best voldoet om de totale hoeveelheid emissies te regionaliseren.

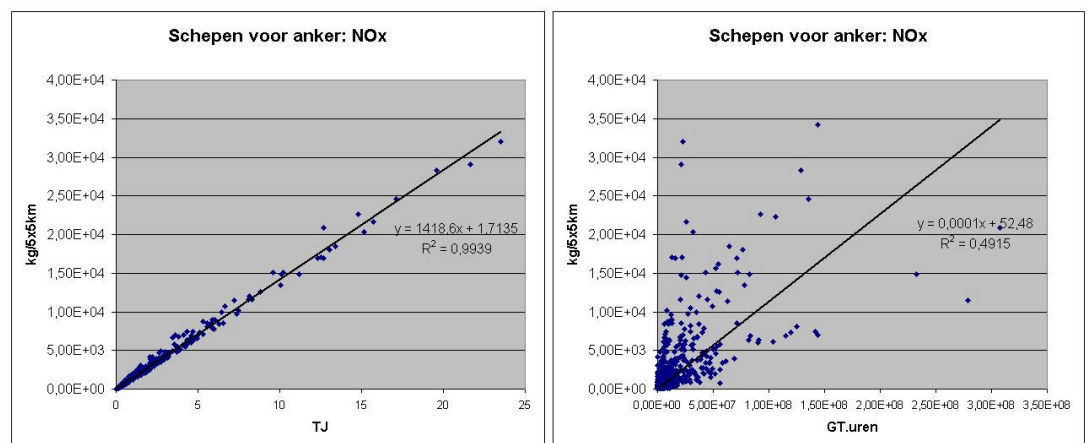
Tabel 8 Correlatiecoëfficiënten tussen emissies van voor anker liggende schepen en kandidaat proxy-variabelen

Stof	TJ	GT.uren
CO ₂	0,9999	0,4714
NO _x	0,9939	0,4915
SO ₂	0,984	0,4729
PM ₁₀	0,9823	0,4764
VOS	0,9802	0,5027
CO	0,9984	0,4809

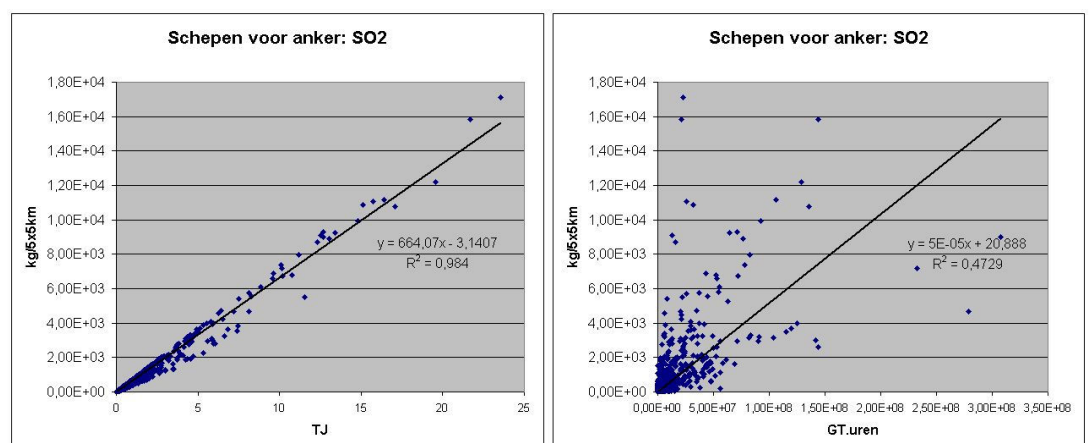
De correlatie- coëfficiënten van de beste proxy-variabele (TJ) zijn geel gemarkeerd. In de figuren 20 t/m 25 staan per stof de emissies per kaartvierkant afgezet tegen de waarden van de proxy-variabelen.



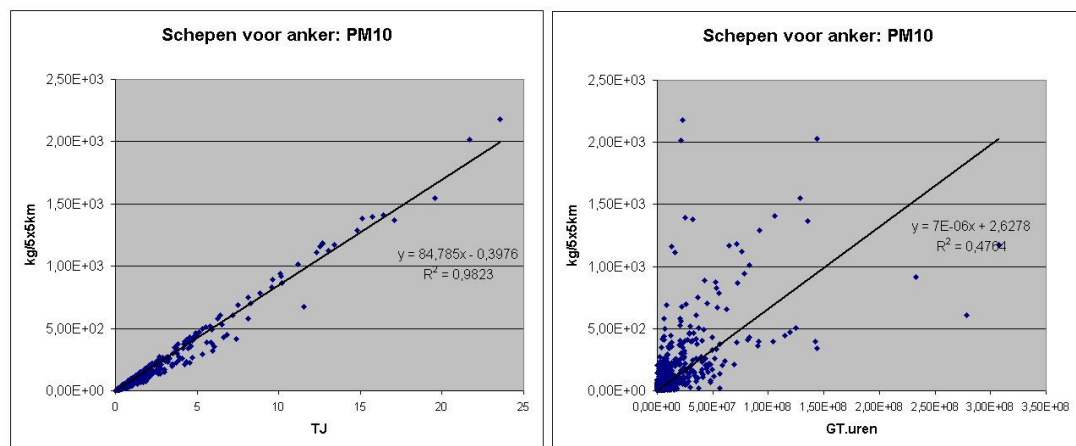
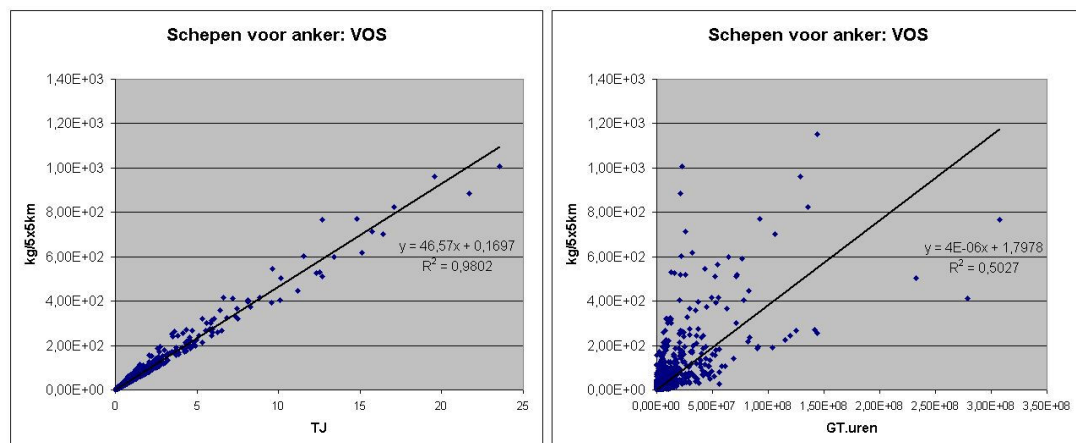
Figuur 20 CO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



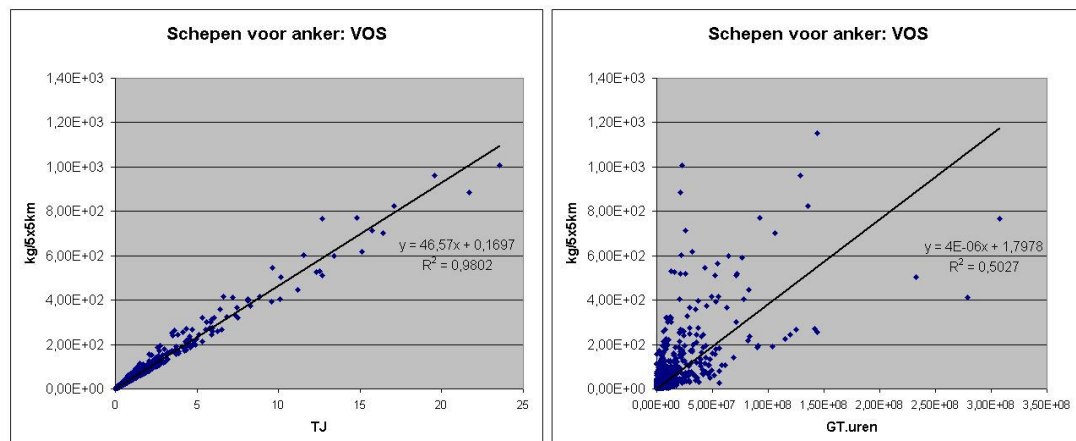
Figuur 21 NO_x-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 22 SO₂-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren

Figuur 23 PM₁₀-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren

Figuur 24 VOS-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren



Figuur 25 CO-emissies per scheepstype afgezet tegen proxy-variabelen TJ en GT.uren

4.2.4

Conclusies en aanbevelingen voor de voor anker liggende schepen op NCP

Uit de data-analyse in voorgaande paragraaf is gebleken dat TJ de meest geschikte proxy-variabele is van voor anker liggende schepen op het NCP. Geadviseerd wordt daarom om TJ te gebruiken als proxy-variabele om de emissies ruimtelijk te verdelen. Geadviseerd wordt om –gezien de relatief geringe omvang van de emissies- de verdeling niet gewogen naar scheepstype of stof toe te passen. De ruimtelijke nauwkeurigheid komt in dat geval overeen met de lijnen die worden weergegeven in de figuren 20 tot en met 25. Zoals te zien is in deze figuren wordt hiermee een hoge mate van nauwkeurigheid bereikt.

4.3

Opgeleverde database

Als resultaat van het project werd een database opgeleverd "Proxies_zeeschepen.mdb". In deze database is een tabelmaak-query opgenomen "Mk_Proxies_zeescheepvaart" die de tabel "proxies_zeescheepvaart" maakt. In deze tabel staat per vierkant de code, de naam en de waarde van de Emissielocator (ELR). In bijlage 4 is een overzicht opgenomen met de codering van de verschillende scheepstypen uit de door MARIN opgeleverde data naar de opgeleverde ELR waarden en dimensies.

5 Conclusies en aanbevelingen

Uit voorgaande analyses is duidelijk naar voren gekomen welke proxy-variabelen het meest geschikt zijn om te gebruiken voor de regionalisatie van de emissies van zeeschepen in verschillende gebieden en verschillende vaartoestanden. In Tabel 9 staan de aanbevolen variabelen per onderwerp aangegeven.

Tabel 9 Aanbevolen variabelen voor regionalisatie van de emissies van zeescheepvaart

Gebied	Varend	Stilliggend/voor Anker
Havens	Energie (TJ)	Volume x tijd (GT.uren)
NCP	Energie (TJ)	Energie (TJ)

Tot slot wordt aanbevolen om de waarden van de ELR in de database van Emissieregistratie aan te vullen met nieuwe data van de proxy-variabelen zodra er een nieuw bestand van scheepvaartemissies uit AIS beschikbaar is. De queries in de data-base behorend bij dit project kunnen hiervoor worden gebruikt.

6 Referenties

R. te Molder, Beschrijving van ruimtelijke toedeling en kaarten binnen Emissieregistratie, 2008

J. Saladas, C. van der Tak, J. Hulskotte, Emissions 2008, Netherlands Continental Shelf, Port areas and OSPAR region II, MARIN Report No. 23502.620_B/3, June 30, 2010

7 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

PBL

T.a.v. de heer Drs. R. te Molder

Postbus 303

3720 RA Bilthoven

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ir. J.H.J. Hulskotte



Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

Oktober 2009 – Maart 2010



Naam en paraaf tweede lezer:

Ir. P.C. Coenen



Ir. R.A.W. Albers

Teammanager

Lijst van Afkortingen

AIS	Automatic Identification System
BT	Bruto tonnage
CO	Koolstofmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide
EMS	Project <u>E</u> missieregistratie en <u>M</u> onitoring <u>S</u> cheepvaart
ER	Emissieregistratie
GT	Gross tonnage
GT.km	Gross tonnage maal de afgelegde afstand in kilometer
GT.uren	Gross tonnage maal de verblijftijd in uren
HFO	Heavy Fuel Oil
MDO	Marine Diesel Oil
MJ	Megajoule (10 ⁶ Joule)
NCP	Nederlands Continentaal Plat
NO _x	Stikstofoxiden (als NO ₂)
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
PM ₁₀	Fijn Stof kleiner dan 10 nanometer
SO ₂	Zwaveldioxide
TJ	Terajoule (10 ¹² Joule)
VOS	Vluchtige Organische Stoffen

Bijlage 1: Correlatiecoëfficiënten en afgeleide emissiefactoren van schepen varende op Nederlands grondgebied

Olietankers										Olietankers			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,938									TJ	7,72E-06		
CO2	0,880	1,000								CO2	5,83E-01	75476	
SO2	0,942	1,000	1,000							SO2	5,38E-03	696	
NOx	0,941	0,999	0,999	0,999						NOx	1,49E-02	1923	
PM10	0,935	0,997	0,997	0,997	0,999					PM10	8,67E-04	112	
VOS	0,843	0,942	0,942	0,942	0,950	0,963				VOS	4,80E-04	64	
CO	0,821	0,916	0,916	0,916	0,925	0,941	0,916			CO	3,40E-03	451	
Chemietankers										Chemietankers			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,974									TJ	2,03E-05		
CO2	0,949	1,000								CO2	1,54E+00	75476	
SO2	0,976	1,000	1,000							SO2	1,36E-02	669	
NOx	0,974	1,000	1,000	1,000						NOx	3,65E-02	1792	
PM10	0,974	0,998	0,998	0,999	0,999					PM10	2,02E-03	99	
VOS	0,930	0,973	0,973	0,970	0,974	0,979				VOS	1,14E-03	57	
CO	0,900	0,937	0,937	0,933	0,939	0,948	0,933			CO	6,57E-03	325	
Bulkcarriers										Bulkcarriers			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,927									TJ	8,24E-06		
CO2	0,860	1,000								CO2	6,22E-01	75476	
SO2	0,930	1,000	1,000							SO2	5,76E-03	698	
NOx	0,928	0,999	0,999	0,999						NOx	1,76E-02	2132	
PM10	0,929	0,997	0,997	0,997	0,999					PM10	9,80E-04	119	
VOS	0,866	0,929	0,929	0,926	0,938	0,952				VOS	6,26E-04	76	
CO	0,839	0,890	0,890	0,887	0,899	0,918	0,887			CO	3,75E-03	451	
Containerschepen										Containerschepen			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,890									TJ	1,68E-05		
CO2	0,793	1,000								CO2	1,27E+00	75476	
SO2	0,891	1,000	1,000							SO2	1,20E-02	710	
NOx	0,904	0,997	0,997	0,997						NOx	3,22E-02	1895	
PM10	0,877	0,997	0,997	0,997	0,998					PM10	1,91E-03	114	
VOS	0,785	0,968	0,968	0,968	0,969	0,982				VOS	1,06E-03	66	
CO	0,730	0,939	0,939	0,940	0,940	0,958	0,940			CO	7,38E-03	470	
ConvStukgoed										ConvStukgoed			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,970									TJ	2,50E-05		
CO2	0,940	1,000								CO2	1,89E+00	75476	
SO2	0,980	0,996	0,996							SO2	1,55E-02	617	
NOx	0,981	0,998	0,998	0,998						NOx	4,25E-02	1687	
PM10	0,985	0,991	0,991	0,998	0,996					PM10	2,21E-03	87	
VOS	0,945	0,986	0,986	0,979	0,985	0,979				VOS	1,45E-03	58	
CO	0,931	0,973	0,973	0,967	0,972	0,968	0,967			CO	7,84E-03	315	
RoRoschepen										RoRoschepen			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,942									TJ	8,95E-06		
CO2	0,887	1,000								CO2	6,76E-01	75476	
SO2	0,944	0,999	0,999							SO2	6,29E-03	702	
NOx	0,949	0,990	0,990	0,989						NOx	1,72E-02	1900	
PM10	0,938	0,994	0,994	0,995	0,997					PM10	9,67E-04	108	
VOS	0,827	0,938	0,938	0,934	0,944	0,954				VOS	5,64E-04	65	
CO	0,773	0,905	0,905	0,902	0,903	0,923	0,902			CO	3,27E-03	383	
Koelschepen										Koelschepen			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,959									TJ	2,80E-05		
CO2	0,920	1,000								CO2	2,11E+00	75476	
SO2	0,962	0,999	0,999							SO2	1,99E-02	710	
NOx	0,957	0,999	0,999	0,999						NOx	5,81E-02	2080	
PM10	0,954	0,999	0,999	0,999	0,999					PM10	3,28E-03	117	
VOS	0,844	0,955	0,955	0,950	0,956	0,958				VOS	1,93E-03	72	
CO	0,822	0,939	0,939	0,934	0,940	0,942	0,934			CO	1,01E-02	380	
Passagiersschepen										Passagiersschepen			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,615									TJ	5,82E-06		
CO2	0,378	1,000								CO2	4,39E-01	75476	
SO2	0,802	0,940	0,940							SO2	3,85E-03	561	
NOx	0,697	0,974	0,974	0,978						NOx	8,72E-03	1389	
PM10	0,821	0,889	0,889	0,986	0,958					PM10	5,14E-04	72	
VOS	0,601	0,877	0,877	0,899	0,943	0,920				VOS	3,66E-04	60	
CO	0,575	0,879	0,879	0,879	0,920	0,898	0,879			CO	2,39E-03	398	
Overigeschepen										Overigeschepen			
Correlatiecoëfficiënten (R ²)													
GT.km	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.km	kg/TJ		
TJ	0,802									TJ	3,54E-05		
CO2	0,643	1,000								CO2	2,67E+00	75476	
SO2	0,866	0,982	0,982							SO2	1,97E-02	531	
NOx	0,812	0,996	0,996	0,984						NOx	5,61E-02	1574	
PM10	0,865	0,972	0,972	0,996	0,980					PM10	2,75E-03	74	
VOS	0,735	0,970	0,970	0,953	0,978	0,959				VOS	2,56E-03	74	
CO	0,687	0,956	0,956	0,932	0,959	0,937	0,932			CO	1,48E-02	441	

Olietankers	Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Olietankers		
	GT.uren	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.uur	kg/TJ
GT.km									GT.km		
TJ	1,000								TJ	1,35E-07	
CO2	1,000	1,000							CO2	1,02E-02	75476
SO2	1,000	1,000	1,000						SO2	4,11E-05	305
NOx	1,000	1,000	1,000	1,000					NOx	8,46E-05	626
PM10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				PM10	5,92E-06	44
VOS	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000		VOS	3,83E-06	28
CO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		CO	1,68E-05	124
Chemietankers	Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Chemietankers		
	GT.uren	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.uur	kg/TJ
GT.km									GT.km		
TJ	1,000								TJ	1,22E-07	
CO2	1,000	1,000							CO2	9,23E-03	75476
SO2	0,999	0,999	0,999						SO2	2,60E-05	212
NOx	0,998	0,998	0,998	0,996					NOx	5,53E-05	452
PM10	0,999	0,999	0,999	1,000	0,998				PM10	3,71E-06	30
VOS	0,998	0,998	0,998	0,996	1,000	0,998			VOS	3,26E-06	27
CO	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,999		CO	1,24E-05	101
Bulkcarriers	Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Bulkcarriers		
	GT.uren	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.uur	kg/TJ
GT.km									GT.km		
TJ	1,000								TJ	1,68E-08	
CO2	1,000	1,000							CO2	1,27E-03	75476
SO2	1,000	1,000	1,000						SO2	1,03E-05	614
NOx	0,997	0,997	0,997	0,997					NOx	1,71E-05	1019
PM10	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999				PM10	8,80E-07	53
VOS	0,995	0,995	0,995	0,995	1,000	0,999			VOS	6,98E-07	42
CO	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998	1,000	0,999		CO	3,24E-06	194
Containerschepen	Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Containerschepen		
	GT.uren	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.uur	kg/TJ
GT.km									GT.km		
TJ	1,000								TJ	3,49E-08	
CO2	1,000	1,000							CO2	2,63E-03	75476
SO2	1,000	1,000	1,000						SO2	2,02E-05	577
NOx	1,000	1,000	1,000	1,000					NOx	2,22E-05	637
PM10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				PM10	1,49E-06	43
VOS	0,999	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000			VOS	1,01E-06	29
CO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		CO	4,95E-06	142
ConvStukgoed	Correlatiecoëfficiënten (R^2)								ConvStukgoed		
	GT.uren	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		kg/GT.uur	kg/TJ
GT.km									GT.km		
TJ	1,000								TJ	3,76E-08	
CO2	1,000	1,000							CO2	2,84E-03	75476
SO2	0,996	0,996	0,996						SO2	1,75E-05	466
NOx	0,997	0,997	0,997	0,992					NOx	3,80E-05	1010
PM10	0,995	0,995	0,995	0,997	0,997				PM10	1,57E-06	42
VOS	0,994	0,994									

Bijlage 3: Correlatiecoëfficiënten en afgeleide emissiefactoren van schepen varende op NCP

Olietankers		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Olietankers	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,972									7,90E-06	
CO2	0,945	1,000								5,96E-01	75476
SO2	0,972	1,000	1,000							5,59E-03	708
NOx	0,974	1,000	1,000	1,000						1,58E-02	1996
PM10	0,973	1,000	1,000	0,999	1,000					8,84E-04	112
VOS	0,959	0,980	0,980	0,979	0,981	0,985				3,79E-04	48
CO	0,947	0,962	0,962	0,961	0,963	0,968	0,961			2,42E-03	305
Chemietankers		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Chemietankers	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,969									1,83E-05	
CO2	0,939	1,000								1,38E+00	75476
SO2	0,976	0,999	0,999							1,27E-02	688
NOx	0,980	0,998	0,998	0,999						3,39E-02	1836
PM10	0,982	0,997	0,997	0,999	1,000					1,91E-03	103
VOS	0,949	0,989	0,989	0,985	0,985	0,984				9,46E-04	52
CO	0,953	0,981	0,981	0,978	0,979	0,979	0,978			5,48E-03	298
Bulkcarriers		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Bulkcarriers	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,937									8,74E-06	
CO2	0,878	1,000								6,60E-01	75476
SO2	0,939	1,000	1,000							6,14E-03	701
NOx	0,940	1,000	1,000	1,000						1,88E-02	2146
PM10	0,944	0,999	0,999	0,999	0,999					1,02E-03	116
VOS	0,933	0,973	0,973	0,973	0,976	0,982				5,64E-04	64
CO	0,924	0,941	0,941	0,941	0,944	0,954	0,941			3,11E-03	347
Containerschepen		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Containerschepen	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,996									1,56E-05	
CO2	0,993	1,000								1,17E+00	75476
SO2	0,997	1,000	1,000							1,11E-02	713
NOx	0,998	0,999	0,999	0,999						3,06E-02	1963
PM10	0,997	1,000	1,000	0,999	0,999					1,73E-03	111
VOS	0,982	0,988	0,988	0,988	0,985	0,990				7,64E-04	49
CO	0,963	0,970	0,970	0,969	0,965	0,972	0,969			4,88E-03	314
ConvStukgoed		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								ConvStukgoed	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,997									2,72E-05	
CO2	0,994	1,000								2,05E+00	75476
SO2	0,997	0,999	0,999							1,68E-02	617
NOx	0,998	1,000	1,000	0,999						4,49E-02	1649
PM10	0,998	0,998	0,998	1,000	0,999					2,33E-03	85
VOS	0,997	0,999	0,999	0,998	0,999	0,997				1,50E-03	55
CO	0,997	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,998			7,97E-03	293
RoRoschepen		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								RoRoschepen	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,988									1,03E-05	
CO2	0,975	1,000								7,78E-01	75476
SO2	0,987	1,000	1,000							7,31E-03	709
NOx	0,988	0,997	0,997	0,997						1,96E-02	1901
PM10	0,989	0,998	0,998	0,999	1,000					1,10E-03	107
VOS	0,990	0,996	0,996	0,996	0,994	0,996				5,72E-04	55
CO	0,987	0,995	0,995	0,995	0,992	0,994	0,995			3,12E-03	302
Koelschepen		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Koelschepen	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,997									2,82E-05	
CO2	0,994	1,000								2,13E+00	75476
SO2	0,997	1,000	1,000							2,00E-02	707
NOx	0,997	1,000	1,000	1,000						6,39E-02	2261
PM10	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000					3,44E-03	122
VOS	0,996	0,998	0,998	0,997	0,998	0,997				1,98E-03	70
CO	0,994	0,993	0,993	0,993	0,993	0,992	0,993			9,23E-03	326
Passagiersschepen		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Passagiersschepen	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,976									5,65E-06	
CO2	0,952	1,000								4,26E-01	75476
SO2	0,975	0,999	0,999							3,92E-03	694
NOx	0,964	0,992	0,992	0,992						8,50E-03	1508
PM10	0,968	0,995	0,995	0,997	0,997					5,01E-04	89
VOS	0,961	0,978	0,978	0,975	0,980	0,972				2,91E-04	51
CO	0,970	0,995	0,995	0,994	0,991	0,990	0,994			1,66E-03	294
Overigeschepen		Correlatiecoëfficiënten (R^2)								Overigeschepen	
	GT.km	TJ	CO2	SO2	NOx	PM10	VOS	CO		GT.km	kg/GT.km
GT.km										kg/GT.km	kg/TJ
TJ	0,846									3,41E-05	
CO2	0,715	1,000								2,57E+00	75476
SO2	0,867	0,989	0,989							2,06E-02	594
NOx	0,800	0,992	0,992	0,974						5,32E-02	1598
PM10	0,834	0,991	0,991	0,995	0,987					2,83E-03	83
VOS	0,664	0,926	0,926	0,890	0,961	0,926				2,36E-03	75
CO	0,660	0,925	0,925	0,889	0,954	0,925	0,889			1,38E-02	442

Bijlage 4 Codering van emissielocatoren in relatie tot de opgeleverde emissiedata

locatie	moving	EMS type upd	EMS type upd decode	ELR CODE	ELR NAAM	ELR EENHEID
NCP	0	1	Oil tanker	3613	Ankerligger NCP, Olie-tankers	TJ per jaar
NCP	0	2	Chemical/LNG/LPG tanker	3614	Ankerligger NCP, Chemie/Gastankers	TJ per jaar
NCP	0	3	Bulk carrier	3615	Ankerligger NCP, Bulkcarrier	TJ per jaar
NCP	0	4	Container ship	3616	Ankerligger NCP, Containerschepen	TJ per jaar
NCP	0	5	General Dry Cargo	3617	Ankerligger NCP, Conventioneel stukgoed	TJ per jaar
NCP	0	8	Passenger	3618	Ankerligger NCP, Roro lading/autoschepen	TJ per jaar
NCP	0	7	Reefer	3619	Ankerligger NCP, Koelschepen	TJ per jaar
NCP	0	6	RoRo Cargo / Vehicle	3620	Ankerligger NCP, Passagierschepen	TJ per jaar
NCP	0	9	Miscellaneous	3641	Ankerligger NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	0	0	Unknown	3641	Ankerligger NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	0	11	Fishing	3641	Ankerligger NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	0	10	Tug/Supply	3641	Ankerligger NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	0	12	Non Merchant	3641	Ankerligger NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	1	1	Oil tanker	3623	Varend NCP, Olie-tankers	TJ per jaar
NCP	1	2	Chemical/LNG/LPG tanker	3624	Varend NCP, Chemie/Gastankers	TJ per jaar
NCP	1	3	Bulk carrier	3625	Varend NCP, Bulkcarrier	TJ per jaar
NCP	1	4	Container ship	3626	Varend NCP, Containerschepen	TJ per jaar
NCP	1	5	General Dry Cargo	3627	Varend NCP, Conventioneel stukgoed	TJ per jaar
NCP	1	8	Passenger	3628	Varend NCP, Roro lading/autoschepen	TJ per jaar
NCP	1	7	Reefer	3629	Varend NCP, Koelschepen	TJ per jaar
NCP	1	9	Miscellaneous	3632	Varend NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	1	10	Tug/Supply	3632	Varend NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	1	11	Fishing	3632	Varend NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	1	12	Non Merchant	3632	Varend NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	1	0	Unknown	3632	Varend NCP, Overige schepen	TJ per jaar
NCP	1	6	RoRo Cargo / Vehicle	3640	Varend NCP, Passagierschepen	TJ per jaar
NL	0	1	Oil tanker	3653	Stilliggend NL, Olie-tankers	Grosston.uren per jaar
NL	0	2	Chemical/LNG/LPG tanker	3654	Stilliggend NL, Chemie/Gastankers	Grosston.uren per jaar
NL	0	3	Bulk carrier	3655	Stilliggend NL, Bulkcarrier	Grosston.uren per jaar
NL	0	4	Container ship	3656	Stilliggend NL, Containerschepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	5	General Dry Cargo	3657	Stilliggend NL, Conventioneel stukgoed	Grosston.uren per jaar
NL	0	8	Passenger	3658	Stilliggend NL, Roro lading/autoschepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	7	Reefer	3659	Stilliggend NL, Koelschepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	6	RoRo Cargo / Vehicle	3660	Stilliggend NL, Passagierschepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	11	Fishing	3675	Stilliggend NL, Overige schepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	9	Miscellaneous	3675	Stilliggend NL, Overige schepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	0	Unknown	3675	Stilliggend NL, Overige schepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	12	Non Merchant	3675	Stilliggend NL, Overige schepen	Grosston.uren per jaar
NL	0	10	Tug/Supply	3675	Stilliggend NL, Overige schepen	Grosston.uren per jaar
NL	1	1	Oil tanker	3663	Varend NL, Olie-tankers	TJ per jaar
NL	1	2	Chemical/LNG/LPG tanker	3664	Varend NL, Chemie/Gastankers	TJ per jaar
NL	1	3	Bulk carrier	3665	Varend NL, Bulkcarrier	TJ per jaar
NL	1	4	Container ship	3666	Varend NL, Containerschepen	TJ per jaar
NL	1	5	General Dry Cargo	3667	Varend NL, Conventioneel stukgoed	TJ per jaar
NL	1	8	Passenger	3668	Varend NL, Roro lading/autoschepen	TJ per jaar
NL	1	7	Reefer	3669	Varend NL, Koelschepen	TJ per jaar
NL	1	6	RoRo Cargo / Vehicle	3670	Varend NL, Passagierschepen	TJ per jaar
NL	1	11	Fishing	3674	Varend NL, Overige schepen	TJ per jaar
NL	1	12	Non Merchant	3674	Varend NL, Overige schepen	TJ per jaar
NL	1	0	Unknown	3674	Varend NL, Overige schepen	TJ per jaar
NL	1	9	Miscellaneous	3674	Varend NL, Overige schepen	TJ per jaar
NL	1	10	Tug/Supply	3674	Varend NL, Overige schepen	TJ per jaar