



# De feiten op een rij

Hoe verhouden zich de emissies van zeeschepen en auto's nu werkelijk?



*Committed to the Environment*

# De feiten op een rij

Hoe verhouden zich de emissies van zeeschepen en auto's nu werkelijk?

Dit rapport is geschreven door:

Dagmar Nelissen

Thomas Huigen

Delft, CE Delft, december 2017

Publicatienummer: 17.7N59.180

Emissies / Voertuigen / Schepen / Kooldioxide / Stikstofoxiden / Zwaveloxiden

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Dagmar Nelissen (CE Delft).

© copyright, CE Delft, Delft

## **CE Delft**

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al ruim 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	4
2	Emissies van zeeschepen	5
	2.1 Inleiding	5
	2.2 CO <sub>2</sub> -emissies	5
	2.3 SO <sub>x</sub> -emissies	6
	2.4 NO <sub>x</sub> -emissies	8
3	Emissies van auto's	10
	3.1 Inleiding	10
	3.2 Ontwikkelingen autobestand wereldwijd	10
	3.3 CO <sub>2</sub> -emissies	11
	3.4 SO <sub>x</sub> -emissies	15
	3.5 NO <sub>x</sub> -emissies	16
4	Beoordeling van de stellingen	19
	4.1 CO <sub>2</sub> -emissies	19
	4.2 SO <sub>x</sub> -emissies	19
	4.3 NO <sub>x</sub> -emissies	22
5	Conclusies	23
6	Referenties	24
A	CO <sub>2</sub> -emissies schepen	27
B	SO <sub>x</sub> -emissies schepen	30
C	NO <sub>x</sub> -emissies schepen	33
D	Vergelijking transportmodaliteiten	36



# Samenvatting

Om aanschouwelijk te maken dat zeeschepen een grote emissiebron zijn, worden de emissies van zeeschepen en de emissies van auto's dikwijls in verhouding geplaatst. Voorbeelden van stellingen die in deze context worden geponeerd zijn:

- 'De zestien grootste schepen stoten evenveel CO<sub>2</sub>-emissies uit als alle auto's op de wereld'.
- 'De zeventien grootste schepen ter wereld stoten meer zwavel uit dan alle auto's ter wereld bij elkaar'.
- 'Containerschip net zo vervuilend als tot wel 50 miljoen auto's'.

Doel van deze studie is stellingen omtrent de verhouding van de emissies van zeeschepen en auto's in een kort onderzoek op hun feitelijkheid te controleren.

Voor dit doeleinde zijn de CO<sub>2</sub>-, SO<sub>x</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies van zeeschepen en auto's geraamd en op basis van deze resultaten via verschillende stellingen beoordeeld.

Uit het korte onderzoek blijkt dat de meeste stellingen onjuist zijn.

## CO<sub>2</sub>

De CO<sub>2</sub>-emissies van alle auto's zijn twee tot vier keer zo hoog dan de CO<sub>2</sub>-emissies van alle zeeschepen en de CO<sub>2</sub>-emissies van een relatief klein aantal van de grootste schepen (bijv. zestien) daardoor minstens een ordegrootte kleiner dan de emissies van alle auto's.

## NO<sub>x</sub>

Scheepsmotoren stoten per hoeveelheid brandstof meer NO<sub>x</sub> uit dan de meeste automotoren. De NO<sub>x</sub>-emissies van alle zeeschepen zijn dan waarschijnlijk ook hoger dan de NO<sub>x</sub>-emissies van alle auto's. Wel zijn de NO<sub>x</sub>-emissies van de *grootste* zeeschepen enkele ordegrottes kleiner dan de NO<sub>x</sub>-emissies van alle auto's.

## SO<sub>x</sub>

Scheepsbrandstof mag wettelijk meer zwavel bevatten dan wegbrandstoffen, althans in de meeste landen. In Europa mogen wegbrandstoffen maximaal 0,001% zwavel bevatten, terwijl voor zeeschepen de limiet op 3,5% ligt (vanaf 2020 0,5%). Hierdoor is het mogelijk, dat de zestien grootste zeeschepen evenveel SO<sub>x</sub>-uitstoten als 800 miljoen auto's. Daarvoor moet dan wel aangenomen worden dat de zeeschepen brandstof met 3,5% zwavel gebruiken; het gemiddelde zwavelgehalte ligt wel een procentpunt lager dan deze limiet. Ook is het hierdoor mogelijk, dat één groot containerschip net zoveel SO<sub>x</sub>-emitteert als 50 miljoen auto's. Daarvoor moet dan wel aangenomen worden dat deze auto's op een brandstof met een heel laag zwavelgehalte rijden. Alle zeeschepen samen stoten meer SO<sub>x</sub> uit dan alle auto's.



# 1 Inleiding

Om aanschouwelijk te maken dat zeeschepen een grote emissiebron zijn, worden de emissies van zeeschepen en de emissies van auto's dikwijls in verhouding geplaatst. Voorbeelden van stellingen die in deze context worden geponeerd zijn:

- 'De zestien grootste schepen stoten evenveel CO<sub>2</sub>-emissies uit als alle auto's op de wereld'.
- 'De zeventien grootste schepen ter wereld stoten meer zwavel uit dan alle auto's ter wereld bij elkaar'.
- 'Containerschip net zo vervuilend als tot wel 50 miljoen auto's'.

Doel van deze studie is stellingen omtrent de verhouding van de emissies van zeeschepen en auto's in een kort onderzoek op hun feitelijkheid te controleren.

Voor dit doeleinde worden de CO<sub>2</sub>- , SO<sub>x</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies van zeeschepen (Hoofdstuk 2) en auto's (Hoofdstuk 3) geraamd. Op basis van deze resultaten worden vervolgens verschillende stellingen beknopt beoordeeld (Hoofdstuk 4).



## 2 Emissies van zeeschepen

### 2.1 Inleiding

Emissies van auto's en schepen kunnen op verschillende manieren met elkaar worden vergeleken. Ons inziens hebben de stellingen die de emissies van schepen met die van auto's vergelijken betrekking op de emissies op jaarbasis. We hebben dan ook de emissies per schip op jaarbasis bepaald. Dit maakt het mogelijk om voor een specifiek aantal schepen, zoals in een stelling genoemd, de emissies op jaarbasis te berekenen.

Stellingen omtrent de emissies van schepen en auto's hebben betrekking op verschillende jaren, we hebben ervoor gekozen om de stellingen hier op basis van de meest recent beschikbare data te baseren – dat is 2015 – omdat dit het meest belangrijk voor de beleidsmaker wordt geacht.

In sommige stellingen worden de emissies van auto's met die van de grootste schepen vergeleken. Zoals Tabel 1 laat zien, kan dit op verschillende manieren worden gedefinieerd. Bij de beoordeling van de stellingen wordt dan ook rekening gehouden met de verschillende mogelijke invullingen.

Tabel 1 - Verschillende manieren om het begrip 'grootste schip' in te vullen

Grootste schepen in termen van:	
Deadweight tonnage (Dwt)	Tanker, IJzererts bulk carrier
Length Overall (LOA)	Containerschepen
Emissies per schip	Cruiseschepen

Bron: (Clarksons Research, 2017).

De emissieraming voor de schepen is grotendeels op een update van de emissieprojecties van de Third IMO GHG Study (IMO, 2015) gebaseerd (David S. Lee; CE Delft, 2017). De in voorliggende studie gehanteerde scheepstype- en grootteklassencategorieën sluiten dan ook bij die van de Third IMO GHG Study (IMO, 2015) aan en komt overeen met de indeling in (David S. Lee; CE Delft, 2017).

### 2.2 CO<sub>2</sub>-emissies

#### 2.2.1 Resultaten

De circa 109.000 zeeschepen<sup>1</sup> die 2015 wereldwijd actief waren, hebben naar schatting gezamenlijk rond 930 Mt CO<sub>2</sub> uitgestoten. Per schip komt dit neer op gemiddeld circa 8,5 kt CO<sub>2</sub> in 2015. Er zijn echter grote verschillen tussen de scheepstype en grootteklassen – bij de gemiddelde brandstofmix van 2015 – een range van 1 – 210 kt CO<sub>2</sub> per schip.

De grootste schepen (zie Tabel 2) hebben in 2015, uitgaande van de vlootgemiddelde brandstofmix, tussen de 35 kt CO<sub>2</sub> en 210 kt CO<sub>2</sub> per schip geëmitteerd, afhankelijk van de definitie van een groot schip. Rekening houdend met de schepen die niet op de gemiddelde brandstofmix hebben gevaren, komt de 2015 uitstoot van de grootste schepen uit op 25 tot 210 kt CO<sub>2</sub> per schip.

<sup>1</sup> Zeeschepen van boven de 100 GT – scope van de Third IMO GHG Study (IMO, 2015).

Tabel 2 - Per schip 2015 CO<sub>2</sub>-emissies van de grootste zeeschepen\*

Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	2015 CO <sub>2</sub> -emissies per schip [kt]		
				Volledig op LNG varend	Gemiddeld 2015 emissies	Volledig op HFO varend
Bulk carrier	200.000+	dwt	316	25	35	35
Container	14.500+	TEU	23	70	95	95
Liquefied gas tanker	200.000+	m <sup>3</sup>	44	80	110	110
Oil tanker	200.000+	dwt	608	40	55	60
Cruise	100.000+	GT	51	150	210	210

\*Zie Bijlage A voor een overzicht voor alle scheepstype- en grootteklassen.

Op basis van deze emissieramingen worden in Paragraaf 4.1 verschillende stellingen beoordeeld.

## 2.2.2 Methodiek

Het aantal schepen, hun energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissies van de schepen bij de gemiddelde brandstofmix zijn afkomstig uit (David S. Lee; CE Delft, 2017), waarbij gebruik is gemaakt van het Baseline Scenario.

Op basis van het energieverbruik van de schepen zijn middels de factoren die in Tabel 3 vermeld staan de CO<sub>2</sub>-emissies bepaald voor het geval, dat een schip niet op de gemiddelde 2015 brandstofmix, maar volledig op LNG of volledig op HFO heeft gevaren.

Tabel 3 - CO<sub>2</sub>-emissiefactoren en energie-inhoud per scheepsbrandstof

Scheepsbrandstof	CO <sub>2</sub> -emissiefactoren (ton CO <sub>2</sub> /ton brandstof)	Energie-inhoud (MJ/kg)
LNG	2,75	39,5
HFO	3,114	48,5

## 2.3 SO<sub>x</sub>-emissies

### 2.3.1 Resultaten

De circa 109.000 zeeschepen die 2015 wereldwijd actief waren hebben in totaal naar schatting rond 12 Mt SO<sub>x</sub> uitgestoten.

Per schip komt dit neer op gemiddeld rond 105 t SO<sub>x</sub> in 2015. Daarbij bestaan, net als bij de CO<sub>2</sub>-emissies ook, grote verschillen tussen de scheepstype en grootteklassen – uitgaande van de vlootgemiddelde 2015 brandstofmix – een range van 15 – 2.600 t SO<sub>x</sub> per schip.

De grootste schepen<sup>2</sup> (zie Tabel 4) hebben, uitgaande van de vlootgemiddelde 2015 brandstofmix tussen de 435 en 2.600 t SO<sub>x</sub> per schip in 2015 uitgestoten.

Tabel 4 - Per schip 2015 SO<sub>x</sub>-emissies van de grootste zeeschepen\*

Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	2015 SO <sub>x</sub> -emissies per schip uitgaande van de vlootgemiddelde brandstofmix
Bulk carrier	200.000+	dwt	316	435
Container	14.500+	TEU	23	1.180
Liquefied gas tanker	200.000+	m <sup>3</sup>	44	1.395
Oil tanker	200.000+	dwt	608	720
Cruise	100.000+	GT	51	2.620

\* Zie Bijlage B voor een overzicht voor alle scheepstype en grootteklassen.

Op basis van deze emissieramingen worden in Paragraaf 4.2 verschillende stellingen beoordeeld.

Afhankelijk van de scheepsroutes, kan er wel per scheepstype en grootteklasse ook nog een verschil tussen de jaarlijkse SO<sub>x</sub>-emissies van de schepen bestaan.

IMO MARPOL Annex VI Regulation 14 stelt namelijk de volgende eisen aan het zwavelgehalte voor scheepsbrandstof: Sinds 1 januari 2015 is het toegestane zwavelgehalte voor scheepsbrandstof die gebruikt wordt binnen de Emission Control Areas (ECAs) vastgesteld op 0,10% m/m (massaprocent). Onder de ECAs vallen de volgende gebieden: 'Baltic Sea area', 'North Sea area', 'North American area' en 'United States Caribbean Sea area'. Buiten de ECAs geldt tot 1 januari 2020 een toegestaan zwavelgehalte van 3,5% m/m. Vanaf 1 januari 2020 is het maximum toegestane zwavelgehalte buiten de ECAs 0,5% m/m. (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2017).

Rekening houdend met schepen die alleen in ECAs en schepen die nooit in ECAs varen, hebben de grootste schepen in 2015 tussen de 0,2 en 4.600 t SO<sub>x</sub> uitgestoten per schip (zie Tabel 5).

Tabel 5 - Per schip 2015 SO<sub>x</sub>-emissies van de grootste zeeschepen\*

Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	2015 SO <sub>x</sub> -emissies per schip [t]			
				Volledig op LNG varend	Volledig op brandstof met 0,1% zwavelgehalte varend	Volledig op brandstof met 0,5% zwavelgehalte varend	Volledig op brandstof met 3,5% zwavelgehalte varend
Bulk carrier	200.000+	dwt	316	0,2	21	110	770
Container	14.500+	TEU	23	0,5	55	300	2.085
Liquefied gas tanker	200.000+	m <sup>3</sup>	44	0,6	65	350	2.460
Oil tanker	200.000+	dwt	608	0,3	35	180	1.265
Cruise	100.000+	GT	51	1,1	125	660	4.610

\* Zie Bijlage B voor een overzicht voor alle scheepstype en grootteklassen.

<sup>2</sup> Zie Paragraaf 2.1 voor de afbakening van grootste schepen.



## 2.3.2 Methodiek

Het aantal schepen en hun energieverbruik per brandstoftype zijn afkomstig uit (David S. Lee; CE Delft, 2017), waarbij gebruik is gemaakt van het Baseline Scenario.

Op basis van het energieverbruik per brandstoftype zijn middels de emissiefactoren die in Tabel 6 vermeld staan de SO<sub>x</sub>-emissies bepaald voor het geval dat de schepen op de vlootgemiddelde brandstofmix hebben gevaren.

Tabel 6 - 2015 SO<sub>x</sub>-emissiefactoren en gemiddelde zwavelgehalte per scheepsbrandstof

Scheepsbrandstof	SO <sub>x</sub> -emissiefactoren 2015 (kg SO <sub>x</sub> /GJ)	Gemiddelde zwavelgehalte 2015 (% m/m)
HFO	1,21	2,45
MGO/MDO	0,044	0,08
LNG	0,0004	

Bron: (MEPC, 2016); (IMO, 2015); eigen berekening.

De emissies van de schepen die alleen in ECAs of nooit in ECAs varen, zijn berekend op basis van het energieverbruik per brandstoftype uit (David S. Lee; CE Delft, 2017) en de emissiefactoren uit Tabel 7.

Tabel 7 - SO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor alternatieve zwavelgehalten per scheepsbrandstof

Scheepsbrandstof	SO <sub>x</sub> -emissiefactoren 2015 (kg SO <sub>x</sub> /GJ)	Gemiddelde zwavelgehalte 2015 (% m/m)
HFO	1,73	3,5
MGO/MDO	0,05	0,1
LNG	0,0004	

Bij de berekening van de SO<sub>x</sub>-emissies van de schepen voor het geval, dat deze al in 2015 aan de 2020 non-ECA zwavelgehalte-eis hadden voldaan is van een SO<sub>x</sub>-emissiefactor van 0,247 kg SO<sub>x</sub>/GJ uitgegaan.

## 2.4 NO<sub>x</sub>-emissies

### 2.4.1 Resultaten

De circa 109.000 zeeschepen die 2015 wereldwijd actief waren hebben in totaal naar schatting rond 27 Mt NO<sub>x</sub> uitgestoten.

Per schip komt dit neer op gemiddeld rond 0,3 kt NO<sub>x</sub> in 2015. Daarbij bestaan, net als bij de CO<sub>2</sub>- en SO<sub>x</sub>-emissies ook, grote verschillen tussen de scheepstype- en -grootteklassen: een range van 0,04 en 6 kt NO<sub>x</sub> per schip.

De grootste schepen<sup>3</sup> (zie Tabel 8) hebben gemiddeld tussen de 1 en 6 kt NO<sub>x</sub> per schip in 2015 geëmitteerd.

Tabel 8 - Per schip 2015 NO<sub>x</sub>-emissies van de grootste zeeschepen\*

Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	2015 NO <sub>x</sub> -emissies per schip per jaar [kt]
Bulk carrier	200.000+	dwt	316	1
Container	14.500+	TEU	23	3
Liquefied gas tanker	200.000+	m <sup>3</sup>	44	3
Oil tanker	200.000+	dwt	608	2
Cruise	100.000+	GT	51	6

\* Zie Bijlage C voor een overzicht voor alle scheepstype- en grootteklassen.

Op basis van deze emissieramingen worden in Paragraaf 4.3 verschillende stellingen beoordeeld.

Afhankelijk van het bouwjaar van de schepen, kunnen er wel ook nog verschillen binnen een scheepstype- en -grootteklasse bestaan. IMO MARPOL Annex VI Regulation 13 stelt namelijk eisen aan de NO<sub>x</sub>-emissies van scheepsdieselmotoren (IMO, 2005) en daarbij worden, afhankelijk van het bouwjaar van een schip en afhankelijk van de scheepsroutes, Tier I-, Tier II- of Tier III-NO<sub>x</sub>-eisen aan de motor gesteld.

Motoren van schepen die tussen 2000 en 2011 op de markt zijn gekomen moeten aan de minst strikte Tier I-eisen, terwijl motoren van schepen die vanaf 2011 op de markt zijn gekomen aan de Tier II-eisen voldoen. Alleen de motoren van schepen die in NO<sub>x</sub>-Emission Control Areas (ECAs) varen moeten aan de meest strikte Tier III-eisen voldoen. Voor motoren van schepen die in de Noord-Amerikaanse ECA of in de Noord- en Oostzee ECA willen varen gelden respectievelijk vanaf het bouwjaar 2016 en 2021 de Tier III-eisen.

## 2.4.2 Methodiek

De NO<sub>x</sub>-emissies van de schepen zijn berekend op basis van het energieverbruik en brandstofmix van de schepen zoals deze uit (David S. Lee; CE Delft, 2017) naar voren komen en op basis van de NO<sub>x</sub>-emissiefactoren, zoals in de Third IMO GHG Study (IMO, 2015) ten behoeve van de top-down emissie-inventaris voor 2012 zijn gebruikt (zie Tabel 9).

Tabel 9 - NO<sub>x</sub>-emissiefactoren [g NO<sub>x</sub>/g brandstof]

Branstoftype	NO <sub>x</sub> -emissiefactor
HFO	0,093
MDO	0,08725
LNG	0,00783

Bron: Third IMO GHG Study (IMO, 2015).

<sup>3</sup> Zie Paragraaf 2.1 voor de afbakening van grootste schepen.

## 3 Emissies van auto's

### 3.1 Inleiding

In de stellingen omtrent de verhouding van de emissies van zeeschepen en auto's wordt of aan de emissies van alle auto's op de wereld of aan het aantal auto's dat de emissies van een één schip evenaart gerefereerd.

Om deze stellingen te kunnen beoordelen moeten de emissies van alle auto's op de wereld en de emissies van een gemiddelde auto worden geraamd. In het onderzoek gaan we dan ook eerst de emissies van alle auto's op de wereld inschatten, waaruit we dan in een tweede stap de gemiddelde emissies per auto gaan afleiden.

Voordat op de verschillende emissies (CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> en NO<sub>x</sub>) wordt ingegaan, wordt kort de ontwikkeling van het autobestand geschetst.

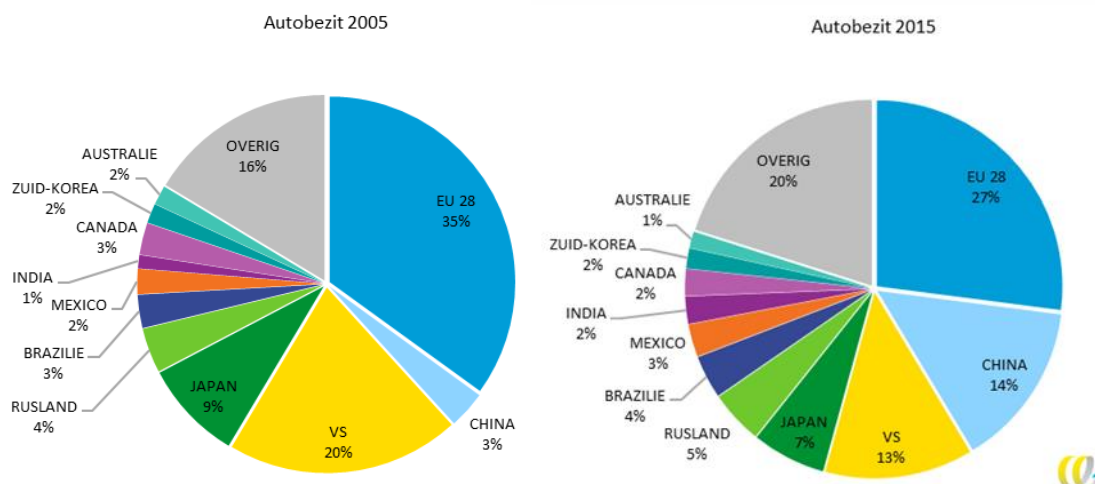
### 3.2 Ontwikkelingen autobestand wereldwijd

Volgens de *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles* (OICA) waren in 2015 rond 947 miljoen personenauto's in gebruik in de wereld (OICA, 2017), waarvan meer dan de helft in de EU, China en de VS.

Sinds 2005 is het wereldwijde bestand aan auto's met ongeveer 45% gegroeid (OICA, 2017), waarbij er grote verschillen tussen landen/regio's bestaan. In de EU- en EFTA-landen zijn over de periode 2005-2015 21% meer auto's erbij gekomen, terwijl India een verdubbeling (195%) en China meer dan een vervijfvoudiging (537%) hebben meegemaakt. De VS heeft echter een krimp ondergaan van 8% over de periode 2005-2015.

In Figuur 1 is te zien hoe de verhoudingen van het wereldwijde autobezit is veranderd. De EU bezat 35% van alle auto's in 2005, terwijl China ongeveer 3% van alle auto's had. In 2015 had de EU nog steeds 27% van alle auto's, maar is het aandeel van China enorm gestegen naar 14%. De groei in ontwikkelingslanden in het autobezit betekent dat deze landen een steeds groter aandeel van het wereldwijde bezit zullen hebben.

**Figuur 1 - Wereldwijde autobezit 2005 en 2015**



Bron: OICA, 2017.

### 3.3 CO<sub>2</sub>-emissies

Voor zover ons bekend zijn er wel ramingen van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissies van de transport sector en voor *light duty vehicles*, maar geen ramingen van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissies van auto's. De data beschikbaarheid op het gebied van de CO<sub>2</sub>-emissies van auto's is dan ook zeer beperkt voor veel landen. In hun Greenhouse Gas Inventory rapporteren de Annex I-landen wel de broeikasgasemissies van hun transportsector jaarlijks aan de UNFCCC (UNFCCC, 2017) waarbij de emissies van de auto's apart gerapporteerd worden.<sup>4</sup> Maar de non-Annex I-landen rapporteren hun broeikasgasemissies alleen beperkt en niet jaarlijks, zodat voor deze landen de CO<sub>2</sub>-emissies van de auto's niet bekend zijn.

Voor deze studie hebben we daarom voor een gecombineerde aanpak gekozen: eerst ramen we de wereldwijde emissies van auto's door de data, die voor de Annex I-landen beschikbaar is, met een ruwe bottom-upraming voor de emissies van de auto's in de non-Annex I-landen te combineren. Daarna toetsen we de berekening middels een top-downcontrole.

<sup>4</sup> De emissies van de auto's worden onder de categorie '1.A.3.b.i Cars' gerapporteerd.

### 3.3.1 Bottom-upberekening - resultaten

#### CO<sub>2</sub>-uitstoot van auto's uit Annex I-landen

Volgens de UNFCCC (UNFCCC, 2017) hebben de auto's in de Annex I-landen, waar in 2015 rond 60% van de wereldwijde auto's geregistreerd waren, gezamenlijk rond 1.590 Mt CO<sub>2</sub> in 2015 uitgestoten (zie Tabel 10).

Tabel 10 - CO<sub>2</sub>-emissies van auto's in Annex I-landen

Annex I-landen	2015 CO <sub>2</sub> emissies auto's (Mt)	Aantal auto's in 2015 (miljoen)
VS	736	122
EU28	521	256
Japan	103	61
Rusland	97	44
Australië	43	14
Canada	35	22
Oekraïne	22	7
De andere Annex I-landen*	31	29
<b>Totaal</b>	<b>1.587</b>	<b>556</b>

\* EEA EFTA-staten, Zwitserland, Kroatië, Monaco, Turkije, Wit Rusland, Kazachstan, Nieuw Zeeland.

Bron: (UNFCCC, 2017), (OICA, 2017).

Gemiddeld heeft dan een auto, dat in een Annex I-land was geregistreerd, rond 2,9 t CO<sub>2</sub> in 2015 geëmitteerd.

#### CO<sub>2</sub>-uitstoot van auto's uit non-Annex I-landen

De non-Annex I-landen rapporteren hun broeikasgasemissies alleen beperkt en niet jaarlijks en de rapporten bevatten geen specifieke gegevens voor auto's, maar alleen voor de transportsector als geheel (zie UNFCCC, 2017). Daarom is voor een ruwe bottom-upinschatting van de CO<sub>2</sub>-emissies van de auto's uit non-Annex I-landen gekozen. Volgens deze ruwe schatting hebben de auto's uit non-Annex I-landen tussen de 300 en 1.900 Mt aan CO<sub>2</sub> in 2015 uitgestoten.

#### CO<sub>2</sub>-uitstoot van de auto's wereldwijd

Volgens onze bottom-upraming hebben auto's in 2015 wereldwijd tussen de 1.900 en 3.500 Mt aan CO<sub>2</sub> uitgestoten.

Tabel 11 - Raming 2015 CO<sub>2</sub>-uitstoot auto's wereldwijd

	2015 CO <sub>2</sub> -emissies (Mt)	Aantal auto's 2015 (miljoen)	2015 t CO <sub>2</sub> -emissies per auto per jaar
Annex I-landen	1.587	555	3
Non-Annex I-landen (afgerond)	300-1.900	390	1-5
<b>Totaal (afgerond)</b>	<b>1.900-3.500</b>	<b>945</b>	<b>2-4</b>

### 3.3.2 Bottom-upberekening - methodiek

De CO<sub>2</sub>-emissiedata van de auto's uit de Annex I-landen zijn zoals de Annex I-landen onder het UNFCCC rapporteren.

De CO<sub>2</sub>-emissies van de auto's uit de non-Annex I-landen zijn op basis van het aantal voertuigen zoals door OICA gepubliceerd (OICA, 2017), een range van voertuigkilometers en een range van CO<sub>2</sub>-efficiëntie ruw ingeschat (zie Tabel 12).

Tabel 12 - 2015 CO<sub>2</sub>-emissies (Mt) auto's uit de Annex I-landen voor een range van VTKs\* en CO<sub>2</sub>-efficiëntie

CO <sub>2</sub> -efficiëntie	Gemiddelde VTKs per jaar per auto*	5.000	20.000
140 g CO <sub>2</sub> /km		270	1.100
240 g CO <sub>2</sub> /km		470	1.880

\* VTK = voertuigkilometers.

De CO<sub>2</sub>-efficiëntierange (140–240 g CO<sub>2</sub>/km) is bepaald op basis van CO<sub>2</sub>-efficiëntiegegevens voor nieuwe auto's in 1995 (hoge waarde) en in 2015 (lage waarde), ervan uitgaand, dat oude auto's in 2015 20 jaar oud zijn en dit de meest inefficiënte auto's op de weg zijn in 2015 en dat de meest efficiënte auto's 2015 op de markt zijn gekomen.

Voor de VS-vloot en de EU-vloot was de CO<sub>2</sub>-efficiëntie van de nieuwe auto's in 1995 en 2015 als volgt:

Tabel 13 - CO<sub>2</sub>-efficiëntie [g CO<sub>2</sub>/km] van de nieuwe auto's in 1995 en 2015 in de EU en de VS

	1995	2015
EU-vloot	185 -197*	119,5
VS-vloot	237	144

\* Afhankelijk of in de EU, Japan of Korea geproduceerd.

Bron: (EC, 2006) (EEA, 2016), (EPA, 2016).

De EPA CO<sub>2</sub>-efficiëntiedata voor de VS-vloot zijn volgens de EPA een inschatting van de praktijk-emissies. Volgens de ICCT (ICCT, 2015) was het verschil tussen de emissies volgens typegoedkeuring en in de praktijk voor de EU-vloot rond 10% in 2001 en rond 40% in 2014. Veronderstellend, dat de afwijking in 1995 ook 10% en in 2015 ook 40% bedroeg zou dat op een CO<sub>2</sub>-praktijkefficiëntie van de EU-vloot van 205-215 g CO<sub>2</sub>/km in 1995 en 167 g CO<sub>2</sub>/km in 2015 neerkomen. Om de hele range af te dekken is bij de raming voor 1995 voor de hogere VS waarde en voor 2015 voor de lagere VS waarde gekozen.

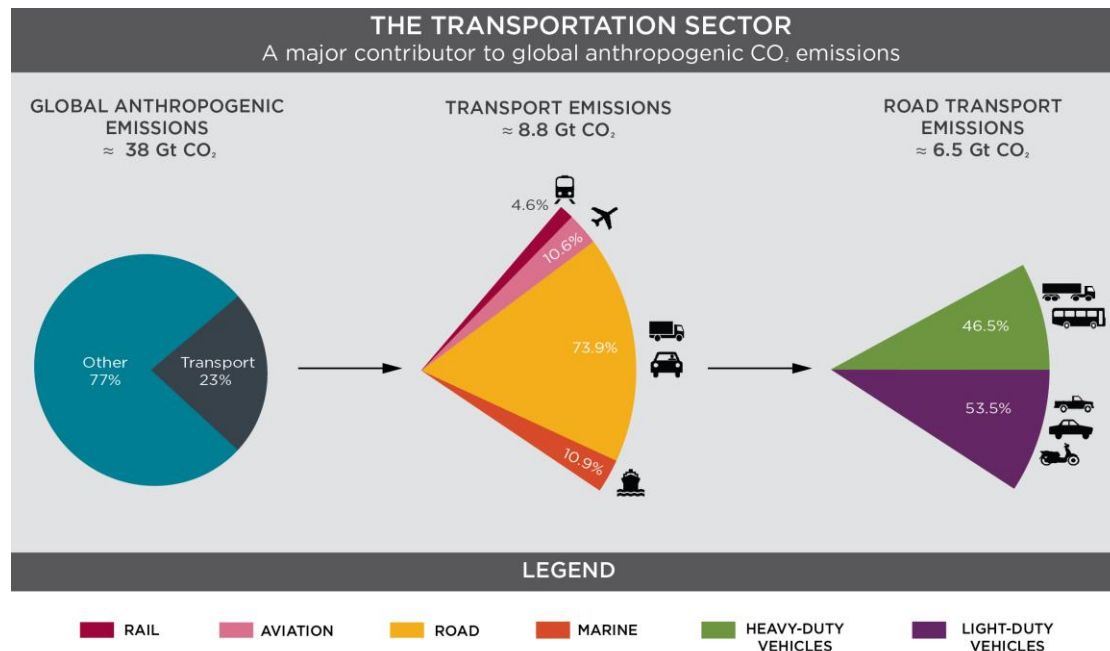
De Federal Highway Administration heeft in 2010 (FHWA, 2010) voor een aantal landen een schatting gedaan naar de gemiddelde autokilometers per jaar, waaronder voor de VS, Japan, China en Europese landen. We nemen hiervan de hoogste en laagste gemiddelde autokilometers per auto per jaar: rond 20.000 voor de VS en 5.000 voor Japan.

### 3.3.3 Top-down controle

Voor zover ons bekend liggen er geen andere ramingen van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissies van auto's, maar wel ramingen van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissies van de transportsector en van *light duty vehicles* (LDVs) voor, waarbij onder LDVs niet alleen de emissies van personenauto's maar ook de emissies van lichte bedrijfsvoertuigen zijn meegenomen.

Volgens ICCT (2016) heeft de transportsector in 2014 rond 8,8 Gt CO<sub>2</sub> en hebben LDVs rond 3,48 Gt CO<sub>2</sub> uitgestoten (zie Figuur 2).

**Figuur 2 - CO<sub>2</sub>-emissies van de mondiale transportsector**



**Sources:**  
 ICCT (2014). Global Transportation Roadmap Model. Available from <http://www.theicct.org/global-transportation-roadmap-model>  
 IPCC (2014). Summary for Policymakers. Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Bron: (ICCT, 2016).

De EIA, (2017b) heeft het 2015 energieverbruik van de wereldwijde LDV vloot op rond de 48 biljard btu geraamd. Naar CO<sub>2</sub>-emissies vertaald, waarbij rekening is gehouden met de verhouding van diesel en benzineverbruik, komt dit ongeveer neer op 3,7 Gt CO<sub>2</sub>-emissies.

Over de wereldwijde verhouding tussen de CO<sub>2</sub>-emissies van LDVs en auto's is niets bekend, maar in de EU28 hadden auto's een aandeel van rond 80%. Deze verhouding op de ICCT en de EIA raming toegepast, zouden de CO<sub>2</sub>-emissies van auto's bij rond de 2.800 en de 3.000 Mt liggen, wat binnen de range van de bottom-upraming (1.900–3.500 Mt) valt, maar ook laat zien, dat de bovenrange van de bottom-upraming waarschijnlijk aan de hoge kant zit.

### 3.3.4 Onzekerheden

Bij de raming van de CO<sub>2</sub>-emissies van de auto's in de non-Annex I landen is gebruik gemaakt van de aantallen auto's zoals door de OICA gepubliceerd. Volgens de OICA waren er 2015 rond de 947 miljoen auto's wereldwijd in gebruik. Dit komt goed overeen met het aantal auto's dat in de OECD/ITF (2017) studie met rond 1 miljard voertuigen wordt becijfert. Voor de verdeling van de aantallen auto's over de Annex I-en de non-Annex I-landen is echter geen tweede bron ter controle beschikbaar.

Wat de onzekerheid met betrekking tot de CO<sub>2</sub>-efficiëntie en de gereden voertuigkilometers van de auto's in de non-Annex I betreft, zo is deze door het gebruik van scenario's/ranges opgevangen.



## 3.4 SO<sub>x</sub>-emissies

### 3.4.1 Resultaten

In 2015 hebben de 947 miljoen auto's wereldwijd naar schatting tussen rond de 70 en 350 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten, wat neerkomt op tussen de 0,1 en 0,4 kg SO<sub>x</sub> per auto in 2015.

### 3.4.2 Methodiek

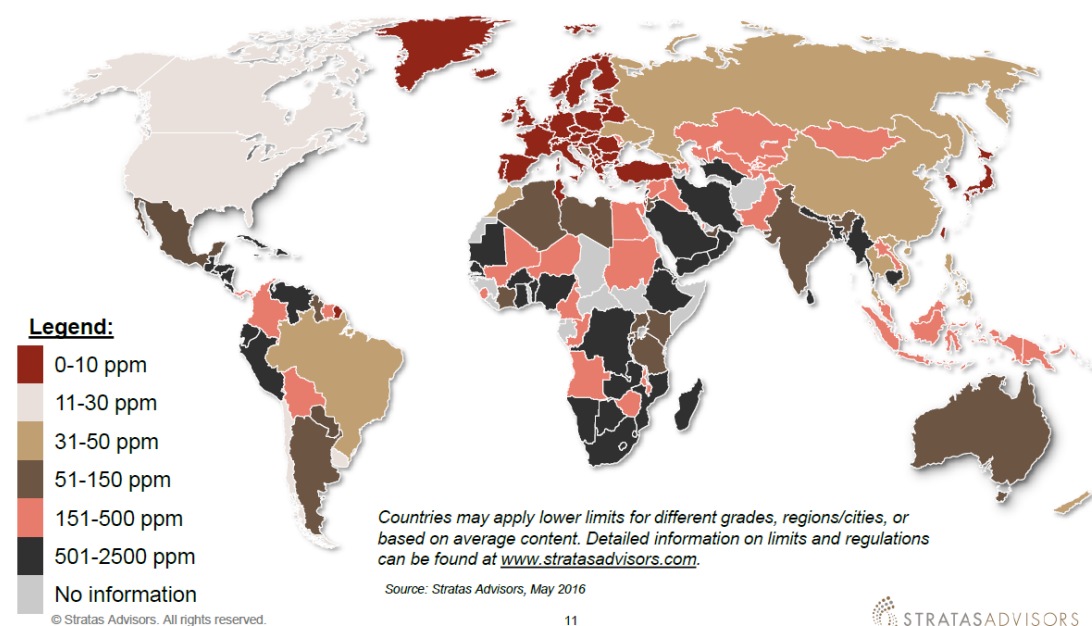
De SO<sub>x</sub>-emissies van voertuigen wordt bepaald door hun brandstofverbruik en het zwavelgehalte van de brandstof.

Op basis van de onder Paragraaf 3.3 berekende CO<sub>2</sub>-emissies van de auto's is het brandstofverbruik van de auto's geraamd, waarbij er vanuit is gegaan, dat de verbruikte brandstof voor rond 80% uit benzine en rond 20% uit diesel bestaat.<sup>5</sup>

De verdeling van het brandstofverbruik van de auto's over de Annex I landen kan uit de verdeling van de CO<sub>2</sub>-emissies over deze landen worden afgeleid. De verdeling van het brandstofverbruik van de auto's over de non-Annex I-landen is daarentegen op basis van verdeling van het aantal auto's over deze landen bepaald.

Zoals Figuur 3 en Figuur 4 en laten zien, worden in veel landen eisen aan het maximale zwavelgehalte van benzine (Figuur 3) en diesel (Figuur 4) gesteld, maar verschillen deze ook sterk tussen landen.

Figuur 3 - Zwavelgehaltelimiten voor benzine

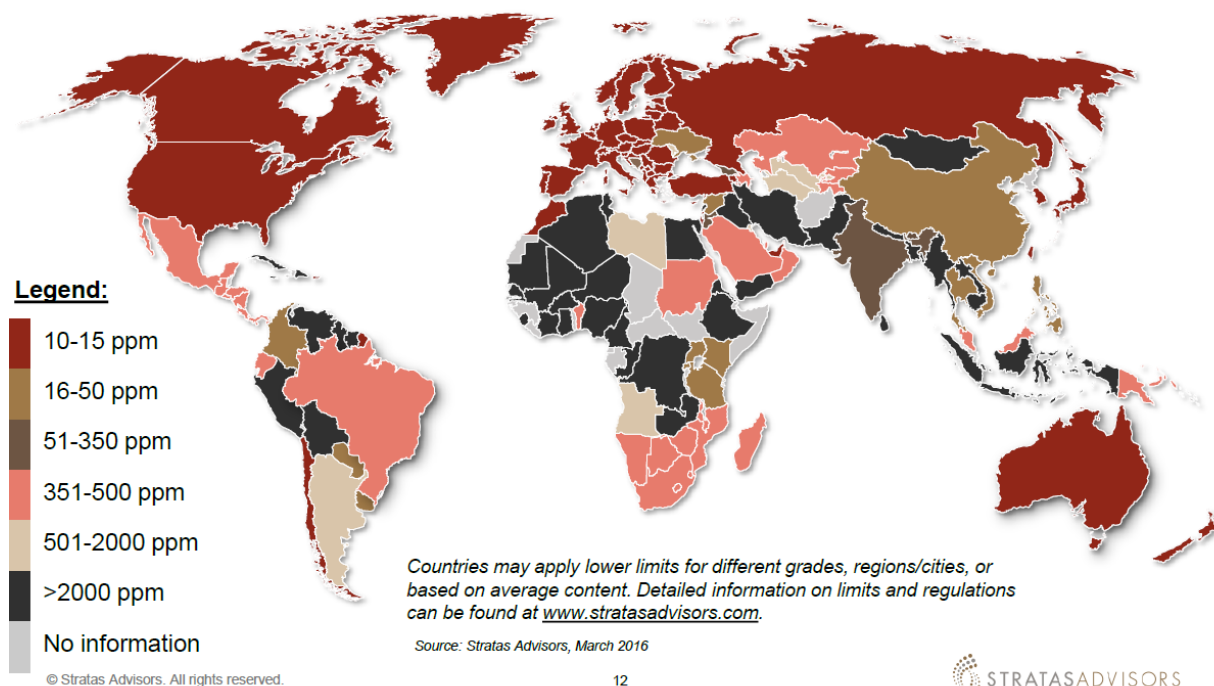


Bron: (STRATAS Advisors, 2016).

<sup>5</sup> Volgens EIA (2017b) verbruiken LDVs in OECD-landen rond 80% benzine en 20% diesel, terwijl in non-OECD-landen rond 80% benzine, 13% diesel en 7% LPG.



Figuur 4 - Zwavelgehaltelimieten voor diesel die in het wegverkeer wordt gebruikt



Bron: (STRATAS Advisors, 2016).

Op basis van de in Figuur 3 en Figuur 4 gegeven ranges aan limieten is voor elk land het midden van de interval aangehouden om samen met het eerder geraamde diesel- en benzineverbruik de SO<sub>x</sub>-emissies van de auto's te bepalen.

### 3.4.3 Onzekerheden

De raming van de SO<sub>x</sub>-emissies van de auto's neemt de raming van de CO<sub>2</sub>-emissies als uitgangspunt, zodat de onzekerheden van de CO<sub>2</sub>-emissieraming (Paragraaf 3.3.4) ook hier van toepassing zijn.

Verder zijn er nog twee additionele bronnen van onzekerheid:

1. Idealiter zou de benzine/diesel verhouding per land moeten worden bepaald. Dit is door een gebrek aan data niet mogelijk.
2. De daadwerkelijke zwavelgehalte van de gebruikte brandstof per land wijkt waarschijnlijk van het gehanteerde midden van de ranges van limieten af.

## 3.5 NO<sub>x</sub>-emissies

### 3.5.1 Resultaten

In tegenstelling tot de SO<sub>x</sub>-emissies worden de NO<sub>x</sub>-emissies van auto's vooral door de motor en zijn verbrandingskenmerken bepaald, waarbij dieselmotoren in het algemeen door hogere NO<sub>x</sub>-emissies gekenmerkt zijn dan benzinemotoren.

Verschillende landen/regio's in de wereld hebben NO<sub>x</sub>-normen voor voertuigmotoren ingesteld. (DieselNet, 2017). Zo moeten bijvoorbeeld in de EU de nieuw op de markt komende automotoren aan de Euro VI-normen voldoen.

Omdat de NO<sub>x</sub>-normen voor automotoren vaak over de jaren heen strikter zijn geworden, zijn oudere auto's in het algemeen door hogere NO<sub>x</sub>-emissies gekenmerkt. In combinatie met verschillende normen in verschillende landen maakt dit een bottom-upberekening van de NO<sub>x</sub>-emissies van de auto's wereldwijd heel complex en daarmee ook onzeker. In deze studie is daarom ervoor gekozen om de beschikbare data niet met een bottom-upraming aan te vullen.

Wat de beschikbare data betreft, zo hebben de rond 480 miljoen auto's – rond 50% van de wereldwijde vloot - in de 51 landen, die in het kader van de CLRTAP hun NO<sub>x</sub>-emissies rapporteren, rond 5.900 kt NO<sub>x</sub> in 2015 uitgestoten. Dit is rond 10 kg NO<sub>x</sub> per auto in 2015, waarbij met een range van gemiddeld 2 kg NO<sub>x</sub> per auto en 30 kg NO<sub>x</sub> per auto het verschil tussen landen heel groot is.

### 3.5.2 Methodiek

In het kader van de Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) rapporteren 51 van de 56 UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) landen, onder andere, hun NO<sub>x</sub>-emissies. Het EMEP Centre on Emission Inventories and Projections maakt deze data toegankelijk (EMEP/CEIP, 2017). Tabel 14 geeft de laatst gerapporteerde NO<sub>x</sub>-emissies voor '1A3bi - Road transport: passenger cars' weer, die de landen voor '1A3bi - Road transport: passenger cars' voor het laatst gerapporteerd hebben. De meeste, maar niet alle landen, hebben voor deze subsector voor het laatst de 2015 emissies gerapporteerd (zie derde kolom).

Tabel 14 - Laatst gerapporteerde NO<sub>x</sub>-emissies voor '1A3bi - Road transport: passenger cars'

	NO <sub>x</sub> -emissies (kt)	Jaar
VS	7,594	1999
EU28	1,352	2015
Rusland	458	2013
Oekraïne	132	2015
Turkije	56	2015
Belarus	41	2014
Armenië	16	2014
Switserland	15	2015
Noorwegen	13	2015
Azerbeidzjan	12	2015
Servië	12	2015
Kroatië	11	2015
Kazachstan	10	2015
Georgië	9	2015
Albanië	5	2015
Macedonië	2	2015
IJsland	2	2015
Moldavië	2	2015
Montenegro	1	2011
Liechtenstein	0	2015
Monaco	0	2015

Omdat de VS een andere sectorindeling aanhouden – zij rapporteren de emissies van de *Highway* en *Off Highway Vehicles* - zijn de NO<sub>x</sub>-emissies van de auto's voor de VS alleen voor 1999 beschikbaar. Ervan uitgaand, dat het aandeel van de NO<sub>x</sub>-emissies van de auto's aan de totale NO<sub>x</sub>-emissies van het wegverkeer sinds 1999 niet veranderd is (rond 60% in 1999) ramen wij de 2015 NO<sub>x</sub>-emissies van de auto's in de VS op rond de 3,700 kt.

Ook Canada houdt een andere sectorindeling aan, maar uit de meest recente Air Pollution Emission Inventory Report (Government of Canada, 2016) zijn de emissies van de *Light Duty Diesel Vehicles* en *Light Duty Gasoline Vehicles* (voertuigen van onder de 3,86 ton) achterhaalbaar. Deze hebben samen rond de 43 kt NO<sub>x</sub> in 2015 uitgestoten.

Rekening houdend met de emissieraming voor de VS en de emissies van de Canadese LDVs, hebben de rond 480 miljoen auto's in de 51 landen, die in het kader van de CLRTAP hun NO<sub>x</sub>-emissies rapporteren, rond 5.900 kt NO<sub>x</sub> in 2015 uitgestoten.



## 4 Beoordeling van de stellingen

Verschillende stellingen omtrent de verhouding van de emissies van zeeschepen en auto's worden hierna op basis van de boven gepresenteerde resultaten beknopt beoordeeld.

### 4.1 CO<sub>2</sub>-emissies

Stelling:

'De zestien grootste schepen stoten evenveel CO<sub>2</sub>-emissies uit als alle auto's op de wereld' (NRC.nl, 2014).

Beoordeling:

Zestien van de grootste schepen hebben - afhankelijk van hoe je groot definieert - in 2015 tussen de 1 en 4 Mt CO<sub>2</sub> uitgestoten, terwijl alle auto's op de wereld tussen de 1.900 en 3.500 Mt CO<sub>2</sub> hebben uitgestoten.

Antwoord:

Deze stelling is onjuist.

### 4.2 SO<sub>x</sub>-emissies

#### 4.2.1 Stellingen

Stelling 1:

'Mijn man had gelezen dat de zestien grootste zeecontainerschepen even vervuilend zijn als alle auto's in de wereld bij elkaar' (Porcelijn, 2017).

Beoordeling:

Zestien van de grootste containerschepen (van boven de 14,500 TEU) hebben in 2015 rond de 20 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten. De rond 947 miljoen auto's wereldwijd hebben in 2015 tussen rond de 70 en 350 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten.

Antwoord:

Als stelling 1 betrekking heeft SO<sub>x</sub>-emissies dan is deze stelling onjuist.

Stelling 2:

'De zeventien grootste schepen ter wereld stoten meer zwavel uit dan alle auto's ter wereld bij elkaar' (D66, 2017).

Beoordeling:

Zeventien van de grootste schepen hebben in 2015 - afhankelijk van hoe je groot definieert - tussen rond de 10 en 45 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten. De rond 947 miljoen auto's wereldwijd hebben in 2015 tussen rond de 70 en 350 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten.

Antwoord:

Deze stelling is onjuist.

Stelling 3:

'With an estimated 800 million cars driving around the planet, that means 16 super-ships **can** emit as much sulphur as the world fleet of cars' (Daily Mail Online, 2009).

Beoordeling:

Als je ervan uitgaat, dat de zestien grootste schepen, afwijkend van het vlootgemiddelde brandstofverbruik, in 2015 alleen op HFO met het maximaal toegestane zwavelgehalte van 3,5% hebben gevaren, zo hebben deze, afhankelijk van hoe je groot definieert, tussen rond de 10 en 75 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten. 800 miljoen gemiddelde 2015 auto's hebben rond de 60 en 240 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten.

Antwoord:

Deze stelling kan kloppen omdat er sprake is van 'can emit'. Als je 'super-ship' als cruiseschip definieert en je ervan uitgaat, dat de zestien grootste cruiseschepen alleen maar op HFO met het maximaal toegestane zwavelgehalte van 3,5% hebben gevaren dan is de stelling juist. Omdat cruiseschepen vaak in Emission Control Areas (zie Paragraaf 4.2.2 voor meer uitleg) varen en de gemiddelde zwavelgehalte van HFO in 2015 al bij 2,45% lag, is deze stelling in 2015 wel alleen onder onrealistische aannames juist.

Stelling 4:

'Containerschip net zo vervuilend als tot wel 50 miljoen auto's' (Groen7.NL, 2015).

Beoordeling:

Eén groot containerschip van boven de 14,500 TEU heeft in 2015 tot rond 1 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten.<sup>6</sup> 50 miljoen gemiddelde 2015 auto's hebben tussen de 4 en 18 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten.

Antwoord:

Uitgaande van gemiddelde 2015 auto's is deze stelling onjuist. Omdat de zwavellimieten nogal verschillen tussen landen, kan deze bewering voor 50 miljoen auto's uit een land/regio met strenge zwavellimieten wel kloppen.

## 4.2.2 Toelichting zwavellimieten

De SO<sub>x</sub>-emissies van voertuigen hangt van hun brandstofverbruik en het zwavelgehalte van de verbruikte brandstof af.

Zoals in Paragraaf 4.2 toegelicht, worden voor het wegverkeer in veel landen eisen aan de maximale zwavelgehalte van benzine (Figuur 3) en diesel (Figuur 4) gesteld, maar verschillen deze ook sterk tussen landen. In de EU mogen auto's geen brandstof gebruiken met meer dan 0,001% zwavelgehalte.

Ook voor de brandstof van schepen bestaan zwavellimieten (zie Figuur 5 voor een illustratie).

Zo stelt de IMO MARPOL Annex VI Regulation 14 de volgende eisen aan het zwavelgehalte van scheepsbrandstof: Sinds 1 januari 2015 is het toegestane zwavelgehalte voor scheepsbrandstof die gebruikt wordt binnen de Emission Control Areas (ECAs)<sup>7</sup> vastgesteld op 0,10%. Buiten de ECAs is wereldwijd het maximaal toegestane zwavelgehalte tot 1 januari 2020 3,5% en vanaf 1 januari 2020 0,5%. Deze laatste aanscherping van het beleid gaat de SO<sub>x</sub>-emissies per schip duidelijk laten dalen.

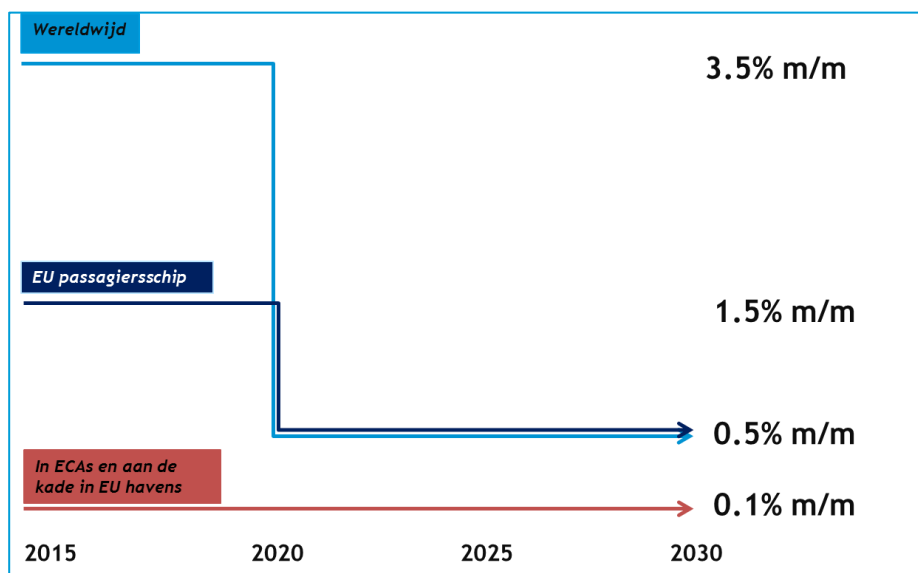
<sup>6</sup> Eén groot containership heeft in 2015, gegeven de vlootgemiddelde brandstofmix, rond 1 kt SO<sub>x</sub> uitgestoten.

<sup>7</sup> Op dit moment zijn de volgende wateren als ECA aangewezen: de 'Baltic Sea area' (Noord- en Oostzee en het Engelse Kanaal), 'North American area' en 'United States Caribbean Sea area'.



Bovendien stelt de EU (EC, 2012) aanvullende eisen aan scheepsbrandstof. Zo mag de brandstof die schepen in EU-havens gebruiken niet meer dan 0,1% zwavel bevatten en mag de brandstof die passagiersschepen, die regelmatig in EU havens aanmeren, tot 2020 niet meer dan 1,5% zwavel bevatten.

Figuur 5 - Illustratie toegestane zwavelgehalte scheepsbrandstof



Ter vergelijking laat Tabel 15 zowel de zwavellimieten voor de brandstof die auto's gebruiken als ook de brandstof die schepen gebruiken zien.

Tabel 15 - Zwavellimieten voor brandstof die auto's gebruiken en brandstof die schepen gebruiken

	Auto's wereldwijd	Auto's EU	Schepen in 2015	Schepen vanaf 2020
Limieten zwavelgehalte brandstof	0-0,3% (benzine) 0,001% - boven 0,2% (diesel)	0,001%	3,5% buiten ECAs 0,1 % binnen ECAs	0,5% buiten ECAs 0,1 % binnen ECAs

In veel landen zijn de zwaveleisen die aan autobrandstof worden gesteld strenger dan de eisen die voor scheepsbrandstof gelden, waarbij de minst strenge zwaveleisen die aan autobrandstof worden gesteld iets minder streng zijn, dan de eisen die voor scheepsbrandstof binnen de *Emission Control Areas* gelden.

### 4.3 NO<sub>x</sub>-emissies

Stelling 1:

'Mijn man had gelezen dat de zestien grootste zeecontainerschepen even vervuilend zijn als alle auto's in de wereld bij elkaar' (Porcelijn, 2017).

Beoordeling:

Zestien van de grootste containerschepen (van boven de 14.500 TEU) hebben in 2015 samen rond 45 kt NO<sub>x</sub> uitgestoten. We weten dat 50% van de auto's wereldwijd in 2015 rond 5.900 kt NO<sub>x</sub> hebben geëmitteerd.

Antwoord:

Als deze stelling betrekking heeft op NO<sub>x</sub>-emissies, dan is deze onjuist.

Stelling 2:

'Containerschip net zo vervuilend als tot wel 50 miljoen auto's' (Groen7.NL, 2015).

Beoordeling:

Eén groot containerschip van boven de 14.500 TEU heeft rond 3 kt NO<sub>x</sub> in 2015 geëmitteerd. 50 miljoen gemiddelde auto's uit UNECE-landen hebben rond 615 kt NO<sub>x</sub> uitgestoten. Van de UNECED-landen hebben de auto's in Canada met 2 kg NO<sub>x</sub> per auto in 2015 gemiddeld het minst NO<sub>x</sub> uitgestoten. 50 miljoen van deze auto's zouden rond 100 kt NO<sub>x</sub> hebben uitgestoten in een jaar.

Antwoord:

Als deze stelling betrekking heeft op NO<sub>x</sub>-emissies, dan is deze heel waarschijnlijk onjuist.

## 5 Conclusies

Ondanks de grote onzekerheid omtrent de emissiegegevens voor auto's is het mogelijk om de stellingen omtrent de verhouding van grote zeeschepen en auto's te beoordelen.

Het verschil tussen de CO<sub>2</sub>-emissies van een klein aantal grote zeeschepen in een jaar en de CO<sub>2</sub>-emissies van de auto's wereldwijd in een jaar is dusdanig groot dat deze stellingen verworpen kunnen worden: de CO<sub>2</sub>-emissies van een klein aantal grote zeeschepen in een jaar zijn duidelijk kleiner.

Wat de NO<sub>x</sub>-emissies van de auto's betreft, zo kan alleen al op basis van de NO<sub>x</sub>-emissies van de helft van de vloot worden geconcludeerd dat de NO<sub>x</sub>-emissies van een klein aantal grote zeeschepen in een jaar en de NO<sub>x</sub>-emissies van de auto's wereldwijd in een jaar niet vergelijkbaar zijn. Ook de NO<sub>x</sub>-emissies van een klein aantal grote zeeschepen in een jaar zijn duidelijk kleiner.

Het verschil tussen de SO<sub>x</sub>-emissies van een klein aantal grote zeeschepen in een jaar en de SO<sub>x</sub>-emissies van de auto's wereldwijd in een jaar is duidelijk kleiner, maar volgens onze berekeningen zijn de SO<sub>x</sub>-emissies van alle auto's wereldwijd nog steeds groter dan de SO<sub>x</sub>-emissies van het genoemde aantal grote schepen in de ons bekende stellingen.

Dat het verschil tussen de SO<sub>x</sub>-emissies van een klein aantal grote zeeschepen in een jaar en de SO<sub>x</sub>-emissies van de auto's wereldwijd in een jaar veel minder groot is dan voor de CO<sub>2</sub>- en de NO<sub>x</sub>-emissies is daardoor te verklaren, dat de zwaveleisen die aan autobrandstof worden gesteld in heel veel landen strikter zijn dan de zwaveleisen die aan scheepsbrandstof worden gesteld.

Sommige stellingen, die de SO<sub>x</sub>-emissies van een klein aantal grote schepen met een specifiek aantal auto's vergelijken, zijn dan ook voor een bepaalde aanname met betrekking tot de zwavelgehalte van benzine en diesel correct.

De meeste stellingen zijn dan vermoedelijk ook met het doel geuit, de zwaveleisen voor scheepsbrandstof aan te scherpen.

De IMO heeft inmiddels wel besloten, dat vanaf 2020 de eisen aan scheepsbrandstof, die buiten Emission Control Areas door schepen wordt gebruikt, strenger worden - het maximale zwavelgehalte mag dan niet meer 3,5% maar moet 0,5% zijn. Toch blijft er een verschil met de zwaveleisen die in veel landen, zoals de EU-landen, aan de brandstof voor het wegvervoer worden gesteld.

Uiteindelijk stelt zich wel ook de vraag of een vergelijking van de emissies van auto's en schepen zinvol is. Als veel relevanter achten wij de vergelijking van de emissies van schepen met die van andere transportmodaliteiten. In de literatuur vinden zich verschillende vergelijkingen van de emissies van de verschillende transportmodaliteiten per tonkilometer (zie voorbeelden in Bijlage D).

Deze vergelijkingen kunnen een indicatie geven van de relatieve milieuvriendelijkheid van de verschillende modaliteiten. Toch kan een goede vergelijking eigenlijk alleen voor een specifieke case worden gemaakt, waarbij rekening gehouden wordt met een specifieke lading, de afstanden die per modaliteit worden afgelegd en het voor- en natransport dat nodig is om van A naar B te komen.



## 6 Referenties

CE Delft, 2017. *STREAM Goederenvervoer 2016*, Delft: CE Delft.

Clarksons Research, 2017. *World Fleet Register (shipping on-line systems)*, s.l.: Clarkson Research Services Limited.

D66, 2017. *Actieplan Gezonde Lucht*. [Online]

Available at: <https://d66.nl/content/uploads/sites/2/2017/02/D66-Actieplan-gezonde-lucht.pdf>

[Geopend 2017].

Daily Mail Online, 2009. *How 16 ships create as much pollution as all the cars in the world*. [Online]

Available at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1229857/How-16-ships-create-pollution-cars-world.html#ixzz4yOtlKkTT>

[Geopend 2017].

David S. Lee; CE Delft, 2017. *Update of Maritime Greenhouse Gas Emissions Projections*, Delft: CE Delft.

DieselNet, 2017. *Emission Standards : Summary of worldwide engine emission standards*. [Online]

Available at: <https://www.dieselnet.com/standards/>

[Geopend November 2017].

EC, Mobility and Transport, 2017. *Statistical pocketbook 2017*. [Online]

Available at: <https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2017>

[Geopend 11 2017].

EC, 2006. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament : Implementing the Community to Reduce CO2 Emissions from Cars: Sixth annual Communication on the effectiveness of the strategy COM(2006)463 final*, Brussels: European Commission.

EC, 2012. Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels. *Official Journal of the European Union*, L 327(27-11-2012), pp. 1-13.

EEA, 2016. *Monitoring CO2 emissions from new passenger cars and vans in 2015*. [Online]

Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co-2-emissions-from>

[Geopend 28 November 2017].

EIA, 2017a. *International Energy Outlook 2017*. [Online]

Available at: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf)

[Geopend November 2017].

EIA, 2017b. *Global Transportation Energy Consumption: Examination of Scenarios to 2040 using ITEDD*. [Online]

Available at:

<https://www.eia.gov/analysis/studies/transportation/scenarios/pdf/globaltransportation.pdf>

[Geopend November 2017].

EMEP/CEIP, 2017. *EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of long range transmission of air pollutants in Europe)*. [Online]

Available at: [http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/)  
[Geopend November 2017].

EPA, 2016. *Trends Report : Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 Through 2016*, Washington: United States Environmental Protection Agency (EPA).

EPA, 2017. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2015*. [Online]

Available at: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/documents/2017\\_complete\\_report.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/documents/2017_complete_report.pdf)  
[Geopend November 2017].

FHWA , 2010. *Vehicle Travel by Selected Country (Metric), table IN-5*. [Online]

Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2008/pdf/in5.pdf>  
[Geopend 2017].

Government of Canada, 2016. *Environment and Climate Change Canada, 1990-2015 Air Pollutant Emission Inventory Report*, sl: Government of Canada.

Groen7.NL, 2015. *Containerschip net zo vervuilend als tot wel 50 miljoen auto's*. [Online]

Available at: <https://www.groen7.nl/containerschip-net-zo-vervuilend-als-tot-wel-50-miljoen-autos/>  
[Geopend 2017].

ICCT, 2015. *Real-world fuel consumption and CO2 emissions of new passenger cars in Europe, factsheet Europe*, sl: International Council on Clean Transportation.

ICCT, 2016. *A world of thoughts on Phase 2*. [Online]

Available at: <http://www.theicct.org/blogs/staff/a-world-of-thoughts-on-phase-2>  
[Geopend November 2017].

IEA, 2012. *Technology Roadmap : Fuel Economy of Road Vehicles*, Paris: International Energy Agency (IEA).

IEA, 2017. *International comparison of light-duty vehicle fuel economy : Ten years of fuel economy benchmarking*, Paris: International Energy Agency (IEA).

IMO, 2005. *MARPOL 73/78 Annex VI Regulations for the prevention of Air Pollution from ships : Regulation 13 - Nitrogen Oxide (NOx) emissions from diesel engines*, London: International Maritime Organization (IMO).

IMO, 2009. *Second IMO GHG Study 2009*, London: International Maritime Organization (IMO).

IMO, 2015. *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014 : Safe, secure and efficient shipping on clean oceans*, London: International Maritime Organization (IMO).

Inspectie Leefomgeving en Transport, 2017. *Eisen aan scheepsbrandstof*. [Online]

Available at: <https://www.ilent.nl/onderwerpen/wet--en-regelgeving-zeevaart/eisen-aan-scheepsbrandstof>  
[Geopend 2017].

MEPC, 2016. *Air Pollution and Energy Efficiency : Sulphur monitoring for 2015, Note by the Secretariat, MEPC 69/5/7*, London: International Maritime Organization , Marine Environment Protection Committee (MEPC).

National Institute for Environmental Studies (Japan), 2017. *Greenhouse Gas Inventroy Office of Japan : About GHG Inventories*. [Online]  
Available at: <http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-e.html>  
[Geopend November 2017].

NRC.nl, 2014. *"De zestien grootste schepen stoten evenveel CO2 uit als alle auto's"*. [Online]  
Available at: <https://www.nrc.nl/nieuws/2014/09/10/de-zestien-grootste-schepen-stoten-evenveel-co2-u-1417001-a558324>  
[Geopend 2017].

OECD, ITF, 2017. *Passenger transport, overview*. [Online]  
Available at: [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ITF\\_PASSENGER\\_TRANSPORT](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ITF_PASSENGER_TRANSPORT)  
[Geopend November 2017].

OECD/ITF, 2017. *ITF Transport Outlook 2017*. [Online]  
Available at: [https://www.ttm.nl/wp-content/uploads/2017/01/itf\\_study.pdf](https://www.ttm.nl/wp-content/uploads/2017/01/itf_study.pdf)  
[Geopend November 2017].

OICA, 2017. *World Vehicles in use by country and type 2005-2015 : Passengers Cars*. [Online]  
Available at: [http://www.oica.net/wp-content/uploads//PC\\_Vehicles-in-use.pdf](http://www.oica.net/wp-content/uploads//PC_Vehicles-in-use.pdf)  
[Geopend 2017].

Porcelijn, B., 2017. *De verborgen Impact : alles voor een eco-positief leven*, Amsterdam: Uitgeverij Q.

STRATAS Advisors, 2016. *Global Fuel Quality Developments, presentation at the 11th Global Partners Meeting of the Partnership for Clean Fuels and Vehicles (PCFV) June 6-7 2016 London*. [Online]  
Available at: [http://staging.unep.org/transport/New/PCFV/pdf/11gpm/11gpm\\_PCFV\\_HuimingLi.pdf](http://staging.unep.org/transport/New/PCFV/pdf/11gpm/11gpm_PCFV_HuimingLi.pdf)  
[Geopend November 2017].

The Guardian, 2009. *Health risks of shipping pollution have been 'underestimated'*. [Online]  
Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2009/apr/09/shipping-pollution>  
[Geopend 2017].

UNECE, 2017. *Used Vehicles : A Global Overview*. [Online]  
Available at: [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/itc/UNEP-ITC\\_Background\\_Paper-Used\\_Vehicle\\_Global\\_Overview.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/itc/UNEP-ITC_Background_Paper-Used_Vehicle_Global_Overview.pdf)  
[Geopend 2017].

UNFCCC, 2017. *Greenhouse Gas Inventory Data - Detailed data by Party*. [Online]  
Available at: [http://di.unfccc.int/detailed\\_data\\_by\\_party](http://di.unfccc.int/detailed_data_by_party)  
[Geopend 2017].



# A CO<sub>2</sub>-emissies schepen



Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	CO <sub>2</sub> -emissies 2015 (Mt)	2015 CO <sub>2</sub> -emissies per schip per jaar (kt)		
					Volledig op LNG varend	Gemiddeld 2015 emissies	Volledig op HFO varend
Bulk carrier	0-9.999	dwt	1.305	5,7	3,2	4,4	4,4
Bulk carrier	10.000-34.999		2.415	24,6	7,4	10,2	10,3
Bulk carrier	35.000-59.999		3.256	45,6	10,2	14,0	14,1
Bulk carrier	60.000-99.999		2.422	46,0	13,8	19,0	19,1
Bulk carrier	100.000-199.999		1.381	38,1	20,0	27,6	27,8
Bulk carrier	200.000-+		316	11,0	25,2	34,8	35,1
Chemical tanker	0-4.999	dwt	1.511	5,2	2,5	3,4	3,5
Chemical tanker	5.000-9.999		929	6,8	5,3	7,3	7,4
Chemical tanker	10.000-19.999		1.046	11,8	8,1	11,2	11,3
Chemical tanker	20.000-+		1.481	28,7	14,1	19,4	19,5
Container	0-999	TEU	1.116	12,2	7,9	10,9	11,0
Container	1.000-1.999		1.279	29,0	16,4	22,7	22,8
Container	2.000-2.999		723	24,1	24,2	33,4	33,7
Container	3.000-4.999		920	48,8	38,4	53,0	53,5
Container	5.000-7.999		570	40,7	51,8	71,4	72,0
Container	8.000-11.999		345	29,1	61,1	84,2	84,9
Container	12.000-14.500		124	10,0	58,5	80,7	81,4
Container	14.500-+		23	2,1	68,4	94,3	95,0
General cargo	0-4.999	dwt	11.655	22,9	1,4	2,0	2,0
General cargo	5.000-9.999		2.929	16,2	4,0	5,5	5,6
General cargo	10.000-+		1.977	27,0	9,9	13,7	13,8
Liquefied gas tanker	0-49.999	m <sup>3</sup>	1.038	10,4	7,2	10,0	10,1
Liquefied gas tanker	50.000-199.999		485	31,3	46,8	64,5	65,0
Liquefied gas tanker	200.000-+		44	4,9	80,7	111,3	112,2
Oil tanker	0-4.999	dwt	3.491	14,4	3,0	4,1	4,1
Oil tanker	5.000-9.999		668	4,4	4,7	6,5	6,6
Oil tanker	10.000-19.999		190	2,1	7,9	10,9	10,9
Oil tanker	20.000-59.999		657	12,3	13,6	18,7	18,9
Oil tanker	60.000-79.999		394	9,5	17,5	24,1	24,3
Oil tanker	80.000-119.999		922	24,6	19,4	26,7	26,9

Scheepstype	Scheepsgroottesklasse		Aantal schepen 2015	CO <sub>2</sub> -emissies 2015 (Mt)	2015 CO <sub>2</sub> -emissies per schip per jaar (kt)		
					Volledig op LNG varend	Gemiddeld 2015 emissies	Volledig op HFO varend
Oil tanker	120.000-199.999		477	16,5	25,1	34,6	34,9
Oil tanker	200.000+		608	34,8	41,5	57,2	57,7
Other liquids tankers	0+	dwt	149	1,0	4,7	6,4	6,5
Ferry-pax only	0-1.999	GT	3.068	10,4	2,5	3,4	3,4
Ferry-pax only	2.000+		71	1,0	10,6	14,7	14,8
Cruise	0-1.999	GT	198	1,1	3,8	5,3	5,3
Cruise	2.000-9.999		69	0,6	5,9	8,1	8,2
Cruise	10.000-59.999		114	6,8	43,1	59,4	59,9
Cruise	60.000-99.999		87	15,0	125,2	172,6	174,0
Cruise	100.000+		51	10,6	151,3	208,6	210,3
Ferry-RoPax	0-1.999	GT	1.662	4,2	1,8	2,5	2,5
Ferry-RoPax	2.000+		1.194	26,0	15,8	21,7	21,9
Refrigerated bulk	0-1.999	dwt	1.296	20,3	11,3	15,6	15,8
Ro-Ro	0-4.999	GT	1.573	17,9	8,3	11,4	11,5
Ro-Ro	5.000+		490	15,5	23,0	31,7	32,0
Vehicle	0+	# voertuigen	330	7,1	15,7	21,7	21,9
Vehicle	4.000+		660	21,1	23,2	32,0	32,3
Yacht	0+	GT	1.561	3,4	1,6	2,2	2,2
Service – tug	0+		14.610	20,6	1,0	1,4	1,4
Miscellaneous – fishing	0+		22.229	49,6	1,6	2,2	2,2
Offshore	0+		6.871	26,7	2,8	3,9	3,9
Service – other	0+		580	11,7	14,6	20,2	20,3
Miscellaneous – other	0+		5.801	7,2	0,9	1,2	1,2
				<b>109.357</b>	<b>928</b>		

## B SO<sub>x</sub>-emissies schepen



Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	SO <sub>2</sub> -emissies 2015 (kt)	2015 SO <sub>2</sub> -emissies per schip per jaar (t)				
					Volledig op LNG varend	Volledig op brandstof met 0,1% zwavelgehalte varend	Volledig op brandstof met 0,5% zwavelgehalte varend	Gemiddeld 2015 emissies	Volledig op brandstof met 3,5% zwavelgehalte varend
Bulk carrier	0-9.999	dwt	1.305	72	0,0	3	14	55	97
Bulk carrier	10.000-34.999		2.415	309	0,1	6	32	128	225
Bulk carrier	35.000-59.999		3.256	572	0,1	8	44	176	310
Bulk carrier	60.000-99.999		2.422	576	0,1	11	60	238	419
Bulk carrier	100.000-199.999		1.381	478	0,1	16	87	346	610
Bulk carrier	200.000+		316	138	0,2	21	110	436	769
Chemical tanker	0-4.999	dwt	1.511	65	0,0	2	11	43	76
Chemical tanker	5.000-9.999		929	85	0,0	4	23	92	162
Chemical tanker	10.000-19.999		1.046	147	0,1	7	35	141	248
Chemical tanker	20.000+		1.481	360	0,1	12	61	243	428
Container	0-999	TEU	1.116	153	0,1	6	34	137	241
Container	1.000-1.999		1.279	364	0,1	13	72	284	501
Container	2.000-2.999		723	303	0,2	20	105	419	738
Container	3.000-4.999		920	612	0,3	31	167	665	1.172
Container	5.000-7.999		570	510	0,4	42	225	895	1.578
Container	8.000-11.999		345	365	0,4	50	266	1.057	1.862
Container	12.000-14.500		124	125	0,4	48	255	1.013	1.785
Container	14.500+		23	27	0,5	56	298	1.183	2.084
General cargo	0-4.999	dwt	11.655	288	0,0	1	6	25	43
General cargo	5.000-9.999		2.929	203	0,0	3	17	69	122
General cargo	10.000+		1.977	339	0,1	8	43	171	302
Liquefied gas tanker	0-49999	m <sup>3</sup>	1.038	130	0,1	6	32	125	221
Liquefied gas tanker	50.000-199.999		485	392	0,3	38	204	809	1.426
Liquefied gas tanker	200.000+		44	62	0,6	66	351	1.396	2.459
Oil tanker	0-4.999	dwt	3.491	180	0,0	2	13	52	91
Oil tanker	5.000-9.999		668	55	0,0	4	21	82	144
Oil tanker	10.000-19.999		190	26	0,1	6	34	136	240
Oil tanker	20.000-59.999		657	154	0,1	11	59	235	413





## C NO<sub>x</sub>-emissies schepen

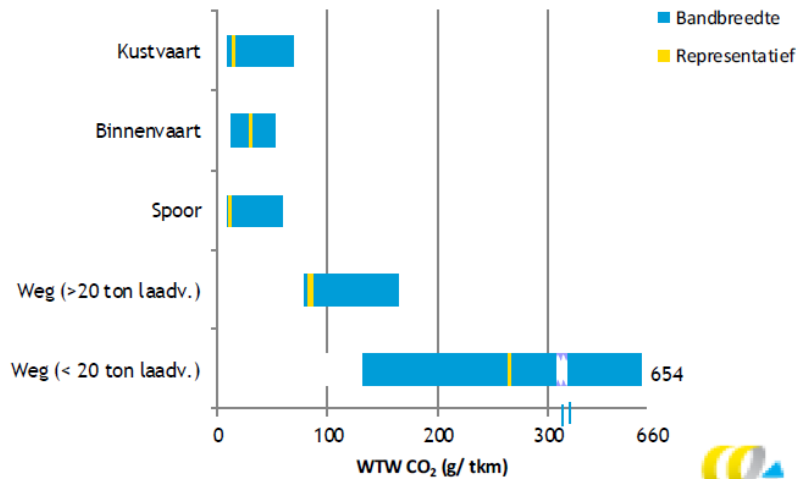


Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	2015 NO <sub>x</sub> -emissies per schip [t]
Bulk carrier	0-9.999	dwt	1.305	129
Bulk carrier	10.000-34.999		2.415	298
Bulk carrier	35.000-59.999		3.256	409
Bulk carrier	60.000-99.999		2.422	555
Bulk carrier	100.000-199.999		1.381	807
Bulk carrier	200.000-+		316	1.017
Chemical tanker	0-4.999	dwt	1.511	100
Chemical tanker	5.000-9.999		929	214
Chemical tanker	10.000-19.999		1.046	329
Chemical tanker	20.000-+		1.481	567
Container	0-999	TEU	1.116	319
Container	1.000-1.999		1.279	662
Container	2.000-2.999		723	976
Container	3.000-4.999		920	1.550
Container	5.000-7.999		570	2.087
Container	8.000-11.999		345	2.463
Container	12.000-14.500		124	2.360
Container	14.500-+		23	2.756
General cargo	0-4.999	dwt	11.655	58
General cargo	5.000-9.999		2.929	161
General cargo	10.000-+		1.977	399
Liquefied gas tanker	0-49.999	m <sup>3</sup>	1.038	292
Liquefied gas tanker	50.000-199.999		485	1.886
Liquefied gas tanker	200.000-+		44	3.253
Oil tanker	0-4.999	dwt	3.491	120
Oil tanker	5.000-9.999		668	191
Oil tanker	10.000-19.999		190	317
Oil tanker	20.000-59.999		657	547
Oil tanker	60.000-79.999		394	705
Oil tanker	80.000-119.999		922	781
Oil tanker	120.000-199.999		477	1.011
Oil tanker	200.000-+		608	1.673

Scheepstype	Scheepsgrootteklasse		Aantal schepen 2015	2015 NO <sub>x</sub> -emissies per schip [t]
Other liquids tankers	0-+	dwt	149	188
Ferry-pax only	0-1.999	GT	3.068	100
Ferry-pax only	2.000+		71	429
Cruise	0-1.999	GT	198	155
Cruise	2.000-9.999		69	238
Cruise	10.000-59.999		114	1.736
Cruise	60.000-99.999		87	5.046
Cruise	100.000+		51	6.099
Ferry-RoPax	0-1.999	GT	1.662	73
Ferry-RoPax	2.000+		1.194	635
Refrigerated bulk	0-1.999	dwt	1.296	457
Ro-Ro	0-4.999	GT	1.573	333
Ro-Ro	5.000+		490	926
Vehicle	0-+	# voertuigen	330	634
Vehicle	4.000+		660	936
Yacht	0-+	GT	1.561	63
Service – tug	0-+		14.610	41
Miscellaneous – fishing	0-+		22.229	65
Offshore	0-+		6.871	114
Service – other	0-+		580	590
Miscellaneous – other	0-+		5.801	36
				<b>109.357</b>

## D Vergelijking transportmodaliteiten

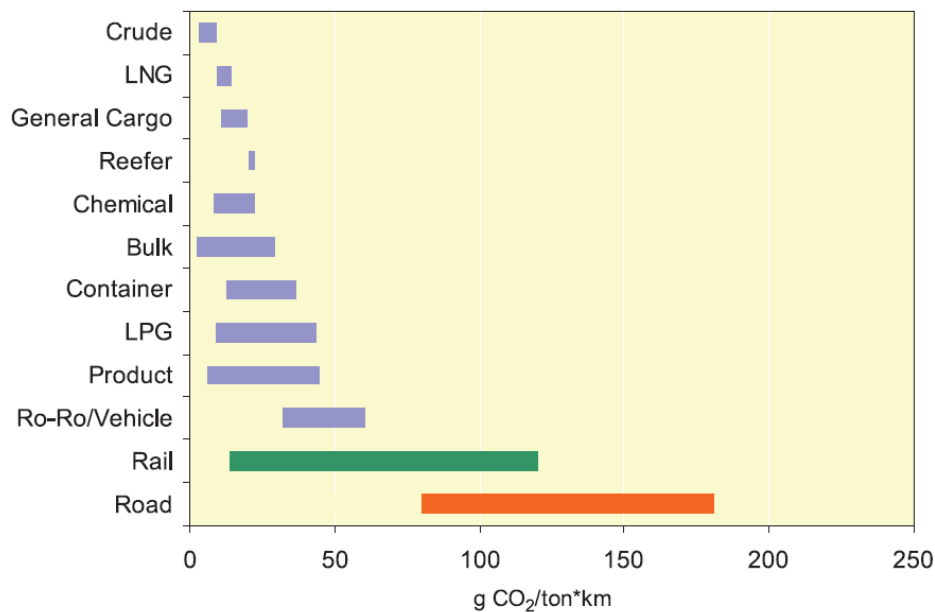
Figuur 6 - Overzicht CO<sub>2</sub>-emissiefactoren van verschillende transportmodaliteiten



Noot: De representatieve waarden zijn overgenomen uit Tabel 3 en Tabel 4. Voor spoor is 80% elektrisch en 20% diesel als representatieve waarde genomen. Voor binnenvaart is het gemiddelde van het R.H.K (Rijn-Herne-Kanaal) en het Groot Rijnschip genomen.

Bron: (CE Delft, 2017).

Figuur 7 - Typische ranges van de CO<sub>2</sub>-efficiëntie van schepen, spoor en wegtransport



Bron: Second IMO GHG Study, (IMO, 2009).



Tabel 16 - Representatieve emissiefactoren per modaliteit voor transport van bulk- en stukgoederen

Modaliteit	Voer-/vaartuig	Type goederen	CO <sub>2</sub> (g/tkm) (WTW)	PM <sub>v</sub> (g/tkm) (TTW)	NO <sub>x</sub> (g/tkm) (TTW)
Weg	Bestelauto groot	Middelzwaar	1.153	0,148	5,03
	Vrachtauto middelzwaar	Middelzwaar	259	0,017	1,75
	Trekker-oplegger	Middelzwaar	82	0,003	0,29
Spoor	Elektrisch middellang*	Zwaar	10	0	0
	Diesel middellang*	Zwaar	18	0,005	0,19
Binnenvaart	R.H.K. (Rijn-Herne-Kanaal)	Zwaar	38	0,017	0,46
	Groot Rijnschip	Zwaar	21	0,008	0,23
Kustvaart	General Cargo 10-20 dwkt	Zwaar	15	0,005	0,25

\* Aandeel elektrisch 70-90%; aandeel diesel 10-30%.

Bron: (CE Delft, 2017).

Tabel 17 - Representatieve emissiefactoren per modaliteit voor containers

Modaliteit	Voer-/vaartuig	Type goederen	CO <sub>2</sub> (g/tkm) (WTW)	PM <sub>v</sub> (g/tkm) (TTW)	NO <sub>x</sub> (g/tkm) (TTW)
Weg	Trekker-oplegger Zwaar (2 TEU)	Middelzwaar	102	0,004	0,36
Spoor	Elektrisch lange trein (90 TEU)*	Middelzwaar	16		
	Diesel lange trein (90 TEU)*	Middelzwaar	30	0,009	0,309
Binnenvaart	R.H.K. (Rijn-Herne-Kanaal) (96 TEU)	Middelzwaar	44	0,019	0,53
	Groot Rijnschip (208 TEU)	Middelzwaar	24	0,009	0,26
Kustvaart	Container (like panamax, 4.060 TEU)	Middelzwaar	21	0,008	0,35

\* Aandeel elektrisch 70-90%; aandeel diesel 10-30%.

Bron: (CE Delft, 2017).