

Vernieuwd emissiemodel voor motoremissies uit de recreatievaart

TNO 2024 R11268 – 17 december 2024

Vernieuwd emissiemodel voor motoremissies uit de recreatievaart

Auteurs	Ir. J.H.J. Hulskotte, Dr. N.E. Ligterink, Dr. X. Gé, Dr. M. Bolech, Ir. R. Dröge
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Bijlagen	TNO Publiek
Aantal pagina's	63 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	4
Projectnaam	RIVM Emissie Registratie 2024
Projectnummer	060.52665

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een geactualiseerd en vernieuwd model voor de jaarlijkse berekening van de emissies van uitlaatgassen van benzine en dieselmotoren en verdampingsemissies van benzine uit de recreatievaart in Nederland. Omdat een deel van de emissies via natte uitlaten direct in het oppervlaktewater worden geëmitteerd zijn de emissies naar water eveneens in het model meegenomen.

Het beoogde gebruiksdoel van het vernieuwde model is de toepassing in de jaarlijkse berekening van emissies ten behoeve van de Emissieregistratie. Dit rapport is te beschouwen als een update van de methodiek in de Factsheet Motoremissies door de recreatievaart (Emissieregistratie, 2016) die tot voor kort is toegepast.

De belangrijkste invoer van dit rapport berust op de gegevens die werden verzameld door NBTC en Waterrecreatie NL. Voor toekomstige actualisatie moet worden vertrouwd op vergelijkbare rapportages.

Nieuw in dit rapport is een ruimtelijke verdeling van emissies gebaseerd op AIS-berichten van recreatievaartuigen. Op grond van de AIS-berichten is een geografische schatting gemaakt van het energiegebruik van recreatievaartuigen waarmee de in dit rapport berekende landelijke emissies ruimtelijk verdeeld kunnen worden.

Omdat de recreatievaart een bron van emissies is in Nederland waar slechts weinig over gerapporteerd is, betekent dit rapport een unieke toevoeging aan de kennisbasis over dit onderwerp. Daarbij zijn een aantal aanbevelingen te maken voor toekomstige verbeteringen:

- › *Praktijkonderzoek emissiefactoren:* De inschatting van de emissiefactoren is gedaan op grond van de praktijkervaring met betrekking tot de verhouding van real-life emissies en de emissie-eisen in de normstelling. Het is van groot belang dat er enkele praktijkmetingen in Nederland worden gedaan naar de daadwerkelijke emissies, zowel naar lucht als water, van diverse typen recreatievaartuigen en de verschillende motortypen om de emissiefactoren in meer detail in beeld te brengen.
- › *Aanvullend onderzoek AIS-gegevens:* Het is onzeker of de signalen van de AIS-transponders die zijn gebruikt voor het maken van de kaart de ruimtelijke verdeling van emissies een uniforme ruimtelijke representativiteit bezitten. Een aanvullend onderzoek naar de actuele dekkingsgraad wordt aanbevolen.
- › *Uitstootvrije recreatievaart:* Zonder het meteen een omissie te noemen, gaat het model voorbij aan een langzame, maar wel gestage elektrificatie van recreatievaartuigen. Deze ingroei van zero emissie vaartuigen zou verder in beeld moeten worden gebracht.
- › *Ontwikkeling in aantallen recreatievaartuigen:* De aantallen recreatievaartuigen worden geschat op basis van grootschalige gebruikersonderzoeken welke om de vijf tot zeven jaar worden uitgevoerd. Waterrecreatie Nederland (de opdrachtgever van de recreatievaartonderzoeken) onderzoekt de mogelijkheid om op satellietopnames met kunstmatige intelligentie vaartuigen te kunnen tellen; mogelijk komt hiermee een optie tot frequentere update van de recreatievloot-cijfers op termijn beschikbaar.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	5
2 Toelichting op de berekeningswijze	6
3 De activiteitsgegevens	8
3.1 Het aantal actieve recreatievaartuigen	8
3.2 Vermogen per grootteklasse en aandeel in het park	9
3.3 Gebruiksduur en schatting van de deellast van motoren	10
4 Emissienormen en emissiefactoren	12
4.1 Emissienormen	12
4.2 Toegepaste emissiefactoren voor emissies naar lucht	17
4.3 Toegepaste emissiefactoren voor emissies naar water	20
5 Resultaten	22
5.1 Emissies naar lucht	22
5.2 Emissies naar water	25
6 Ruimtelijke verdeling van emissies	29
6.1 Identificatie recreatievaartuigen in AIS-data	29
6.2 Berekening vermogen per vaartuigtype	30
6.3 Ruimtelijke verdeling van emissies	32
7 Conclusies en aanbevelingen	34
7.1 Conclusie	34
7.2 Aanbevelingen	34
Referenties	37
Ondertekening	39
Bijlage A Emissiefactoren naar lucht	40
Bijlage B Emissiefactoren naar water	47
Bijlage C Vergelijking emissies met het oude model	53
Bijlage D Vermogen in ruimtelijke verdeling	59

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft een geactualiseerd en vernieuwd model voor de jaarlijkse berekening van de emissies van uitlaatgassen van benzine en dieselmotoren en verdampingsemissies van benzine uit de recreatievaart in Nederland. Omdat een deel van de emissies via natte uitlaten direct in het water worden geëmitteerd zijn de emissies naar water eveneens in het model meegenomen. Het beoogde gebruiksdoel van het vernieuwde model is de toepassing in de jaarlijkse berekening van emissies ten behoeve van de Emissieregistratie.

Onder recreatievaartuigen worden in dit geval verstaan alle vaartuigen die initieel zijn gebouwd en verkocht voor recreatieve doeleinden. Dat betekent dat bijvoorbeeld omgebouwde schepen uit de beroepsbinnenvaart, zoals spitsen, bidders en tjalken (“bruine vloot”), in dit rapport niet zijn meegenomen. De modellering van de emissies van deze schepen is reeds meegenomen in de berekening van emissies van binnenvaartschepen gebaseerd op AIS-data. In dit rapport is tevens de ruimtelijke verdeling van de emissies van de in dit rapport opgenomen vaartuigen beschreven. Deze ruimtelijke verdeling is gebaseerd op AIS-data van een deel van de actieve vloot van recreatievaartuigen in 2023.

Hoofdstukken 2-5 beschrijven de emissies voor geheel Nederland, allereerst met een algemene methodiek van het emissiemodel (hoofdstuk 2), gevolgd door de invoergegevens (hoofdstuk 3, activiteits-gegevens en hoofdstuk 4, emissiefactoren), en tot slot de resultaten (hoofdstuk 5). In hoofdstuk 6 wordt vervolgens beschreven hoe de emissies geografisch zijn te verdelen over het land.

2 Toelichting op de berekeningswijze

De hoeveelheden geëmitteerde stoffen (per jaar) worden berekend door de vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele maal emissiefactoren per stof en per compartiment. De emissieverklarende variabelen zijn schattingen van het aantal recreatievaartuigen gespecificeerd naar het type vaartuig. De onderscheiden typen van recreatievaartuigen worden getoond in onderstaande Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Onderscheid in typen van recreatievaartuigen naam en pictogram

Type recreatievaartuig	Pictogram
Open zeilboot	
Kajuitzeilboot	
Kajuitmotorboot	
Open motorboot/niet snel (< 20 km/u)	
Open motorboot/snel (>= 20 km/u)	
Open motorboot/PWC	
Open motorboot/sloep	

(Bron pictogrammen: NBTC en Waterrecreatie NL, 2022, Watersportonderzoek 2021 overkoepelende rapportage)

Naast het onderscheid in het type recreatievaartuigen is ook een onderscheid gemaakt naar verschillende grootteklassen van de vaartuigen die met verschillende vermogensklassen van motoren en verschillende soorten van motoren zijn uitgerust (benzine, diesel, viertakt, tweetakt). Deze motoren moeten al naar gelang het bouwjaar voldoen aan verschillende emissienormen die leiden tot verschillen in de hoogtes van de emissiefactoren per geëmitteerde stof.

De algemene formule voor de berekening van de emissie per jaar die in het model wordt toegepast is deze:

$$E_{s,c} = \sum N_{t,m,p,e} \times P_{t,m,p,e} \times U_{t,m,p} \times EF_{s,m,p,e,c} \text{ (formule 1)}$$

Waarbij:

- › $E_{s,c}$ = Emissie van stof (s) naar compartiment (c), (kg/jaar)
- › $N_{t,m,p,e}$ = Aantal boten van type (t), motortype (m), vermogensklasse (p) en emissieklasse (e), (aantal #)
- › $P_{t,m,p,e}$ = Vermogen van boten van type (t), motortype (m), vermogensklasse (p) en emissieklasse (e), (kW)
- › $U_{t,m,p}$ = Aantal motordraaiuren van boottype (t), motortype (m) en vermogensklasse (p), (uur/jaar)
- › $EF_{s,m,p,e,c}$ = Emissiefactor van stof (s) naar compartiment (c) voor motortype (m), vermogensklasse (p) en emissieklasse (e), (gram/kWh)

Het aantal boten, het vermogen en het aantal draaiuren van de boten is uitgewerkt in hoofdstuk 3, en de emissiefactoren zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4.

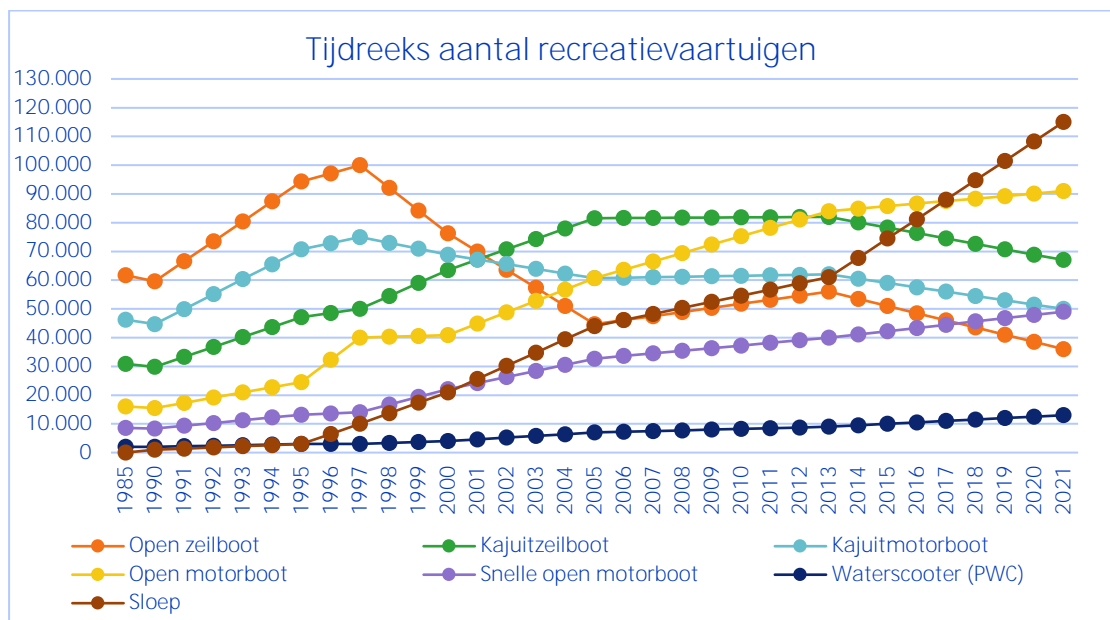
Vergeleken met de beschrijving van het model voor motoremissie uit de recreatievaart uit 2016 (Emissieregistratie, 2016) is de detaillering van het model veel groter geworden. Het type snelle open motorboot is nu expliciet gesplitst in open motorboot ≥ 20 km/u en PWC (waterscooter). Verder is er een geheel nieuw type boot toegevoegd met een enorme populariteit: de sloep. De sloep is een open motorboot die beschikt over een ingebouwde motor en een roer dat bediend wordt met een stuur dat zich binnenboord bevindt. De aantal zitplaatsen van een sloep kan variëren van 4 tot 20 personen. Een aanzienlijk aandeel wordt verhuurd of commercieel toegepast voor uitjes.

3 De activiteitsgegevens

De activiteits-gegevens omvatten meerdere soorten gegevens. De belangrijkste gegevens zijn de aantallen boten, die worden gebruikt op de Nederlandse wateren en de daarin te onderscheiden typen en grootteklassen. Daarnaast is voor de emissies van belang om te beschikken over gegevens met betrekking tot het vermogen, de belasting van de motoren en de duur van het gebruik van de motoren.

3.1 Het aantal actieve recreatievaartuigen

Het bezit van het aantal (actieve) recreatievaartuigen (Figuur 3.1) is deels overgenomen uit een recente publicatie (Watersportonderzoek, 2021). Dit is gebaseerd op onderzoek van de Nederlandse bevolking van 18 jaar en ouder (N=34.672). In het onderzoek is gekeken naar verschillende aspecten waaronder het bezit en het gebruik van de onderscheiden typen recreatievaartuigen onderverdeeld in grootteklassen. Het betreft hier de jaren 2013 en 2021. De tussenliggende jaren zijn geïnterpoleerd. De gegevens van 1990-2013 zijn grotendeels overgenomen uit (Emissieregistratie, 2016) waarbij voor de typen Sloep en Waterscooter (PWC) een schatting is gemaakt omdat er geen data bekend zijn. Voor beide vaartuigen is aangenomen dat de aantallen vaartuigen zijn toegenomen tot de waarde van 2013 in het onderzoek van Watersportonderzoek (2021). Een overzicht van de beschikbare informatie is te zien in Tabel 3.1.



Figuur 3.1: Tijdreeks van het aantal in gebruik zijnde recreatievaartuigen

Tabel 3.1: Aantal recreatievaartuigen in 1985-2005 (Emissieregistratie, 2016) en in 2013 en 2021 (Watersportonderzoek, 2021). In Emissieregistratie (2016) waren geen aantallen waterscooters (PWC) en sloepen opgenomen.

	1985	1990	1995	1997	2000	2005	2013	2021
Open zeilboot	61660	59623	94340	100000	76283	44660	56000	36000
Kajuitzeilboot	30830	29811	47170	50000	63517	81540	82000	67000
Kajuitmotorboot	46245	44717	70755	75000	68854	60660	62000	50000
Open motorboot/niet snel	16032	15502	24528	40000	40870	60697	84000	91000
Open motorboot/snel	8633	8347	13207	14000	22007	32683	40000	49000
Open motorboot/PWC							9000	13000
Open motorboot/sloep							61000	115000

3.2 Vermogen per grootteklasse en aandeel in het park

Om een inschatting te kunnen maken van de emissies is het belangrijk om het geïnstalleerde vermogen te kennen. Getracht is om gebruik te maken van ICOMIA-statistieken en ook is geprobeerd om gegevens uit het kentekenregister van snelle motorboten te verwerven via RDW. Helaas bevatten de ICOMIA-statistieken geen data hieromtrent. De Rijksdienst voor het wegverkeer (RDW) was niet bereid om inzage te verschaffen in het kentekenregister van snelle motorboten. Daarom was het noodzakelijk om gebruik te maken van makelaarsites (bijvoorbeeld: motorboat.com) voor de verkoop van gebruikte motorboten en op grond daarvan zelf inschattingen te maken. Er zijn gegevens verzameld van kajuitmotorboten (N=199) en Kajuitzeilboten (N = 45).

Tabel 3.2: Vermogen per type recreatievaartuig (kW, vet) en aandeel in het park (fractie, (/))

Type recreatievaartuig	Benzine Buitenboord			Benzine Binnenboord	Diesel Binnenboord		
	klein	middel	groot	groot	klein	middel	groot
Kajuitmotorboot					140 (0,7)	285 (0,25)	700 (0,05)
Kajuitzeilboot		7,5 (0,05)	15 (0,05)		15 (0,45)	30 (0,4)	125 (0,05)
Open zeilboot	3 (0,1)	7,5 (0,85)	15 (0,05)				
Open motorboot/niet snel	3 (0,2)	8 (0,6)	15 (0,2)				
Open motorboot/snel			50 (0,4)	130 (0,6)			
Open motorboot/PWC			45 (0,8)	45 (0,2)			
Open motorboot/sloep		12 (0,25)			12 (0,15)	40 (0,35)	60 (0,25)

3.3 Gebruiksduur en schatting van de deellast van motoren

De gebruiksduur van de verschillende typen recreatievaartuigen werd in belangrijke mate ontleend aan de verschillende deelonderzoeken van het Watersportonderzoek 2022 (Bijvoorbeeld: Watersportonderzoek vaarders met kajuitmotorboot).

Tabel 3.3: Schatting van het motorgebruik per type recreatievaartuig per jaar, (uur/jaar)

Type recreatievaartuig	Bootgebruik (dagen/jaar) A	Vaardagtocht (uur/tocht) B	Vaaruren (uur/jaar) C = A x B	Factor (motorgebruik /vaaruren) D	Motorgebruik (uur/jaar) * U = C x D * afgerond op 5 uur/jaar
Open zeilboot	4,9	5,11	25	0,50	10
Kajuitzeilboot	13,9	5,78	80	0,33	25
Kajuitmotorboot	9,2	4,37	40	1	40
Open motorboot/niet snel	5,2	3,74	20	2	40
Open motorboot/snel	12,0	3,73	45	1	45
Open motorboot/PWC	12,0	3,73	45	0,5	20
Open motorboot/sloep	3,6	4,53	16	2	30

De vaaruren per boot per jaar werden geschat door per boottype het aantal dagen per jaar te vermenigvuldigen met de gemiddelde duur van elke tocht (gegevens uit watersportonderzoek, 2022).

Vervolgens werd een eigen inschatting gemaakt van het motorgebruik ten opzichte van het aantal vaaruren. Bij open zeilboten werd aangenomen dat slechts de helft van de tijd op de motor wordt gevaren. Bij kajuitzeilboten werd aangenomen dat de motor slechts een derde deel van de tijd wordt gebruikt. Omdat sloepen en open motorboten zeer veel verhuurd worden is aangenomen dat deze boten 2 keer per dag worden ingezet en dus 2 keer zoveel motoruren maken dan de opgaven van individuen die de enquête hebben ingevuld. Omdat Jetski's (waterscooter/PWC) meestal slechts bij hogere temperaturen worden gebruikt is aangenomen dat dit boottype slechts de helft van het aantal motoruren van een speedboot (snelle open motorboot) maakt.

Tabel 3.4: Gebruiksduur motor per type recreatievaartuig (draaiuren/jaar, vet) en gemiddelde deellast (% van geïnstalleerd vermogen)

Type recreatievaartuig	Benzine Buitenboord			Benzine Binnenboord	Diesel Binnenboord		
	klein	middel	groot	alle	klein	middel	groot
Open zeilboot	10 (40%)	10 (40%)	10 (40%)				
Kajuitzeilboot		25 (40%)	25 (40%)		25 (25%)	25 (25%)	25 (25%)
Kajuitmotorboot					40 (30%)	50 (20%)	80 (15%)
Open motorboot/niet snel	40 (40%)	40 (40%)	40 (40%)				
Open motorboot/snel			45 (30%)	45 (25%)			
Open motorboot/PWC Open motorboot/sloep			20 (50%)	20 (50%)			
Open motorboot/niet snel		30 (40%)			30 (40%)	30 (40%)	30 (40%)

Uiteraard is het gebruik van meetdata van bijvoorbeeld de motorbelasting te prefereren boven het maken van inschattingen. Deze meetdata waren echter niet beschikbaar. Wel werden op persoonlijke basis enkele inschattingen van het dag-verbruik van enkele boten gecheckt. De verbruiken die in Tabel 3.5 staan zijn slechts bedoeld om het realiteitsgehalte van het model te toetsen.

Tabel 3.5: Brandstofverbruik berekend met toegepaste bootkenmerken berekend, Verbruik/dag (Liter)

Boortype	Brandstof	Verbruik/dag (Liter)
Open zeilboot	Benzine	4
Kajuitzeilboot	Diesel	3
Kajuitmotorboot	Diesel	85
Open motorboot/niet snel	Benzine	20
Open motorboot/snel	Benzine	80
Open motorboot/PWC	Benzine	40
Open motorboot/sloep	Benzine	25
Open motorboot/sloep	Diesel	40

De uitkomsten getoond in Tabel 3.5 zijn deels vergelijkbaar met eerdere aannames zoals in de Factsheet Motoremissies uit de recreatievaart (Emissieregistratie, 2016).

4 Emissienormen en emissiefactoren

4.1 Emissienormen

4.1.1 Richtlijn 2003/44/EG

Sinds 1 januari 2003 zijn eisen gesteld aan uitlaatemissies van recreatievaartuigen volgens het systeem van de typegoedkeuring waarbij naast allerlei andere ontwerpisen ook de emissies van de componenten koolmonoxide (CO), koolwaterstoffen (HC), stikstofoxiden (NO_x) en deeltjes (PT; fijnstofgewicht) zijn beperkt. De emissie-eisen volgens richtlijn 2003/44/EG staan vermeld in het publicatieblad van de Europese Unie (L 214/18, 26-8-2003).

Tabel 1

(In g/kWh)

Type	Koolmonoxide CO = A + B/P _N ⁿ			Koolwaterstoffen HC = A + B/P _N ⁿ			Stikstof-oxiden NO _x	Deeltjes PT
	A	B	n	A	B	n		
Tweetakt elektrische ontsteking	150,0	600,0	1,0	30,0	100,0	0,75	10,0	niet van toepassing
Viertakt elektrische ontsteking	150,0	600,0	1,0	6,0	50,0	0,75	15,0	niet van toepassing
Compressieontsteking	5,0	0	0	1,5	2,0	0,5	9,8	1,0

waarin A, B en n constanten zijn overeenkomstig de tabel, P_N het nominale vermogen in kW is en de uitlaatemissies worden gemeten volgens de geharmoniseerde norm (*).

Voor motoren met een vermogen van meer dan 130 kW mag de belastingscyclus E3 (IMO) of E5 (pleziervaartuigen) worden gebruikt.

Figuur 4.1: Emissie eisen volgens richtlijn 2003/44/EG

Deze eisen zijn zeer zwak in vergelijking tot wegvoertuigen en mobiele werktuigen. Voor beide categorieën zijn de emissielimieten vergelijkbaar of zwakker dan vrachtwagens Euro-I (1991) en mobiele werktuigen Stage-I (1999) respectievelijk. Naar verwachting is er weinig emissie controletechnologie nodig om deze eisen te halen, en zijn emissies in praktijk mogelijk zelfs lager dan vereist.

De eisen voor koolmonoxide en koolwaterstoffen hangen af van het nominaal vermogen in kW (P_n). De formules met vermogensafhankelijkheid (bv. P^{-0,75}) lijken vooral de lage motor-

efficiëntie van kleine motoren (< 8 kW) te compenseren. Voor deze kleine motoren is het brandstofverbruik (en daarmee dus emissies) voor de geleverde arbeid (kWh) groter.

4.1.2 Richtlijn 2013/53/EU

Sinds januari 2013 gelden nieuwe eisen aan uitlaatgasemissies van recreatievaartuigen en vallen ook waterscooters voortaan onder de nieuwe richtlijn. De emissielimieten betreffen opnieuw de componenten koolmonoxide (CO), koolwaterstoffen (HC), Stikstofoxiden (NO_x) en deeltjes (PT). Voor een tussenperiode van 2013 tot 2016 worden de oude emissie-eisen uit 2003 voor benzinemotoren gehandhaafd.

Tabel 1

(g/kWh)

Soort	Koolmonoxide CO = A + B/P _N ⁿ			Koolwaterstoffen HC = A + B/P _N ⁿ			Stikstof-oxiden NO _x	Fijnstof PT
	A	B	n	A	B	n		
Tweetakt met vonkontsteking	150,0	600,0	1,0	30,0	100,0	0,75	10,0	Niet van toepassing
Viertakt met vonkontsteking	150,0	600,0	1,0	6,0	50,0	0,75	15,0	Niet van toepassing
Compressie-ontsteking	5,0	0	0	1,5	2,0	0,5	9,8	1,0

Waarbij A, B en n constanten zijn overeenkomstig de tabel en P_N het nominale motorvermogen in kW is.

Figuur 4.2: Emissie eisen volgens richtlijn 2013/53/EU voor de tussenperiode 2013-2016

Voor grotere dieselmotoren zijn de normen aangescherpt, maar voor de kleinere dieselmotoren onder de 37 kW, zoals deze gebruikt worden voor zeilboten en sloepen, zijn de normen ongewijzigd ten opzichte van de 2003 wetgeving.

Voor benzinemotoren is de aanscherping in de wetgeving 2013/53 beperkt. De formules zijn veranderd, maar effectief hetzelfde gebleven. De NO_x+HC-limiet is twee keer zo hoog bij 3,6 kW dan bij hele hoge vermogens. Het verschil tussen 30 en 150 kW motorvermogen is $15.7 + 50/300.9 = 18.0$ en $15.7 + 50/1500.9 = 16.3$ g/kWh, ofwel 10%. Voor de oude wetgeving was de limiet voor een 30 kW motor 25 g/kWh, wat al hoog is voor motoren van dat bouwjaar, zonder enige nabehandeling en daarom beperkt relevant.

Voor de meeste motoren is er een samengestelde norm voor HC (koolwaterstoffen) en NO_x samen. In het verleden was er een andere HC/NO_x verhouding in het uitlaatgas, in het bijzonder bij benzinemotoren. Tegenwoordig draaien alleen nog de kleine motoren rijk (hoge brandstof/zuurstofverhouding ofwel lambda-waarde), met veel HC en CO en maar weinig NO_x tot gevolg. Internationaal, in andere emissiefactoren zoals TREMOD lijkt deze verhouding onterecht vastgehouden. Grotere benzinemotoren, zeker boven de 20 kW, zijn efficiënter geworden, draaien daardoor armer, en daarmee is het aandeel HC omlaaggegaan en het aandeel NO_x omhoog. Benzinemotoren in de binnenvaart zijn vergelijkbaar met Euro-0 (ECE test) motoren van personenauto's qua emissie-eisen en technologie.

Waarden van toepassing tot 18 januari 2016:

Tabel 2

Grenswaarden voor uitlaatemissies van compressieontstekingsmotoren ()**

Cilinderinhoud SV (L/cyl)	Nominaal motorvermogen P _N (kW)	Fijnstof PT (g/kWh)	Koolwaterstoffen + stikstofoxiden HC + NO _x (g/kWh)
SV < 0,9	P _N < 37	De in tabel 1 vermelde waarden	
	37 ≤ P _N < 75 (*)	0,30	4,7
	75 ≤ P _N < 3 700	0,15	5,8
0,9 ≤ SV < 1,2	P _N < 3 700	0,14	5,8
1,2 ≤ SV < 2,5		0,12	5,8
2,5 ≤ SV < 3,5		0,12	5,8
3,5 ≤ SV < 7,0		0,11	5,8

(*) Voor compressieontstekingsmotoren met een nominaal vermogen van ten minste 37 kW en minder dan 75 kW en een cilinderinhoud van minder dan 0,9 l/cilinder mogen bij wijze van alternatief ook grenswaarden van 0,20 g/kWh (PT) en 5,8 g/kWh (HC + NO_x gecombineerd) worden toegepast.

(**) Geen enkele compressieontstekingsmotor mag een emissiegrenswaarde van 5,0 g/kWh voor koolmonoxide (CO) overschrijden.

Tabel 3

Grenswaarden voor uitlaatemissies van motoren met vonkontsteking

Motorstype	Nominaal motorvermogen P _N (kW)	Koolmonoxide CO (g/kWh)	Koolwaterstoffen + stikstofoxiden HC + NO _x (g/kWh)
Hek- en binnenboordmotoren	P _N ≤ 373	75	5
	373 < P _N ≤ 485	350	16
	P _N > 485	350	22
Buitenboordmotoren waterscootermotoren	P _N ≤ 4,3	500 - (5,0 × P _N)	30
	4,3 < P _N ≤ 40	500 - (5,0 × P _N)	15,7 + $\left(\frac{50}{P_N^{0,9}}\right)$
	P _N > 40	300	15,7 + $\left(\frac{50}{P_N^{0,9}}\right)$

Testcycli:

Toe te passen testcycli en wegingsfactoren

Onderstaande vereisten van ISO-norm 8178-4:2007 worden gebruikt, met inachtneming van de waarden in onderstaande tabel.

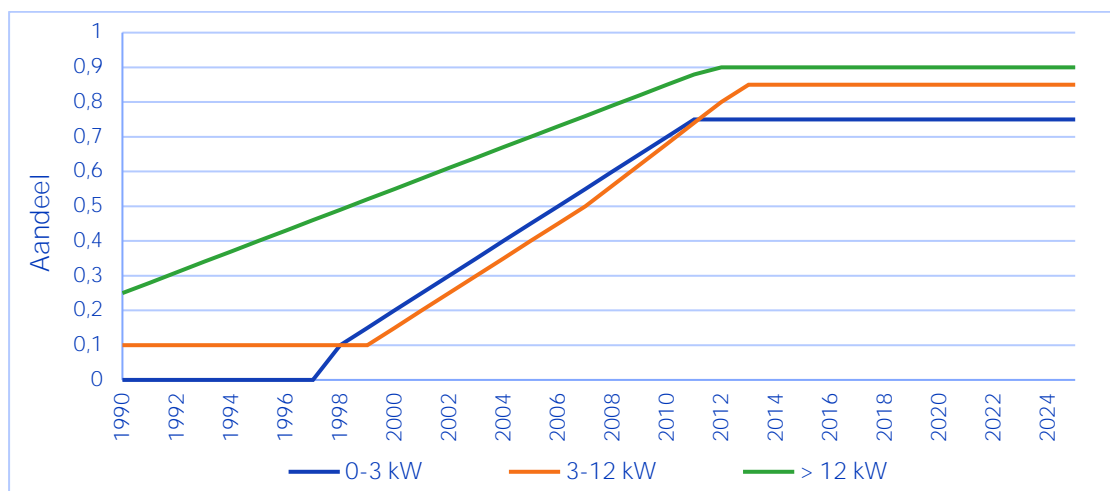
Voor compressieontstekingsmotoren met variabel toerental moet testcyclus E1 of E5 worden toegepast; bij wijze van alternatief mag boven 130 kW ook testcyclus E3 worden toegepast. Voor vonkontstekingsmotoren met variabel toerental moet testcyclus E4 worden toegepast.

Figuur 4.3: Emissie eisen volgens richtlijn 2013/53/EU vanaf-2016

4.1.3 Invloed normstelling op techniekverdeling in de vloot

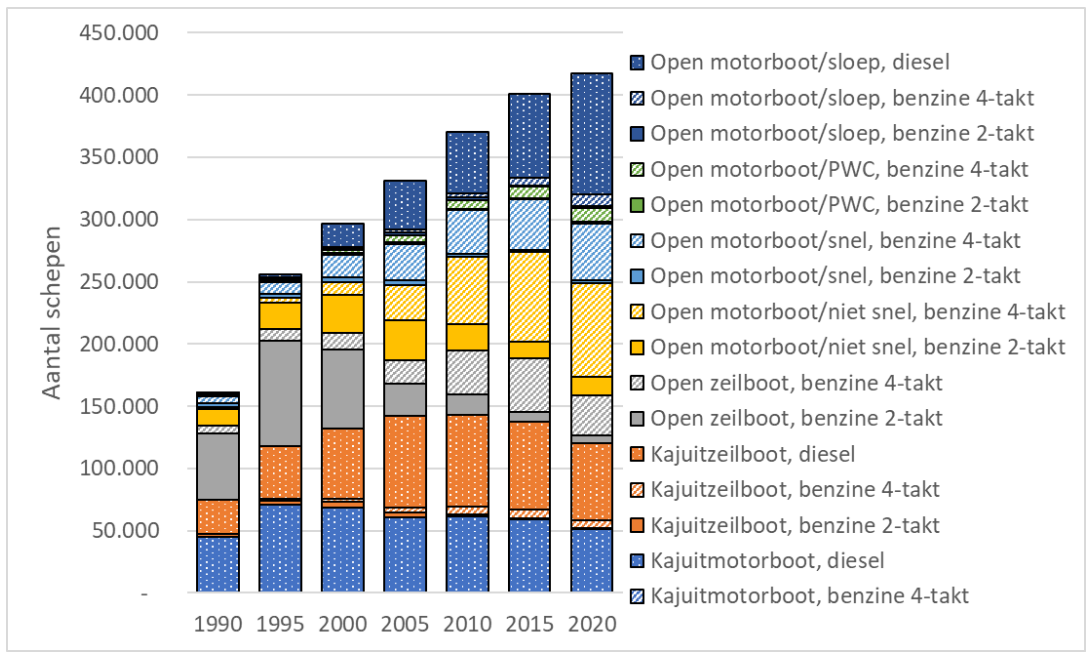
De wetgeving van recreatievaartuigen heeft over het algemeen achtergelopen op wat er in de markt gaande was. Zo is de introductie van tweetaktmotoren ooit vooral door kostenbesparing gestart. Omdat er op sommige plaatsen in de wereld (bijvoorbeeld bij de Bodensee) problemen werden ervaren met de waterkwaliteit moest er iets gedaan worden aan wetgeving om de emissies van koolwaterstoffen naar water afkomstig van tweetaktmotoren terug te dringen.

In Figuur 4.4 staat het aandeel van 4-takt buitenboordmotoren op benzine per vermogensklasse (0-3 kW, 3-12 kW en >12 kW) dat wordt gebruikt in het huidige model. De gegevens zijn overgenomen uit Denemarken en Duitsland (IIR DK, 2019). Voor binnenboordmotoren is aangenomen dat dit allemaal 4-takt motoren betreft.

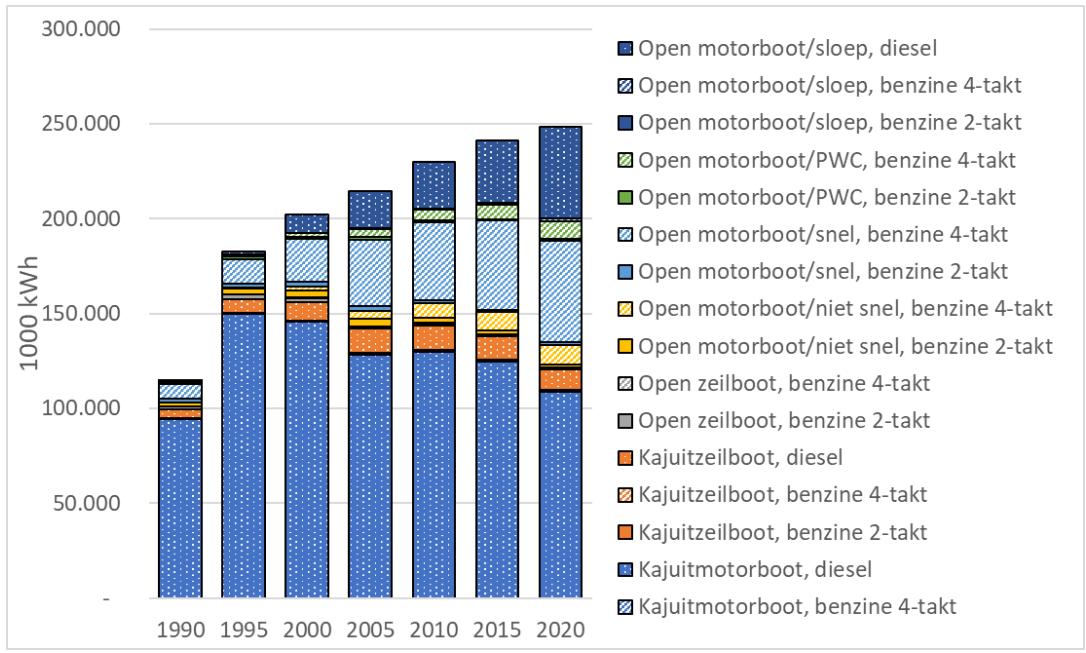


Figuur 4.4: Aandeel 4-takt buitenboordmotoren op benzine per vermogensklasse in de vloot van recreatievaartuigen per basisjaar

Het resulterende vaartuigpark per boottype, brandstof en 2-takt/4-takt verdeling wordt gepresenteerd in Figuur 4.5. Het aantal kWh per boottype wordt vervolgens berekend door vermenigvuldiging van vaartuigpark met het gemiddelde vermogen (Tabel 3.2), het aantal draaiuren en de deellast (Tabel 3.4). De hoeveelheid kWh per vaartuig wordt getoond in Figuur 4.6.

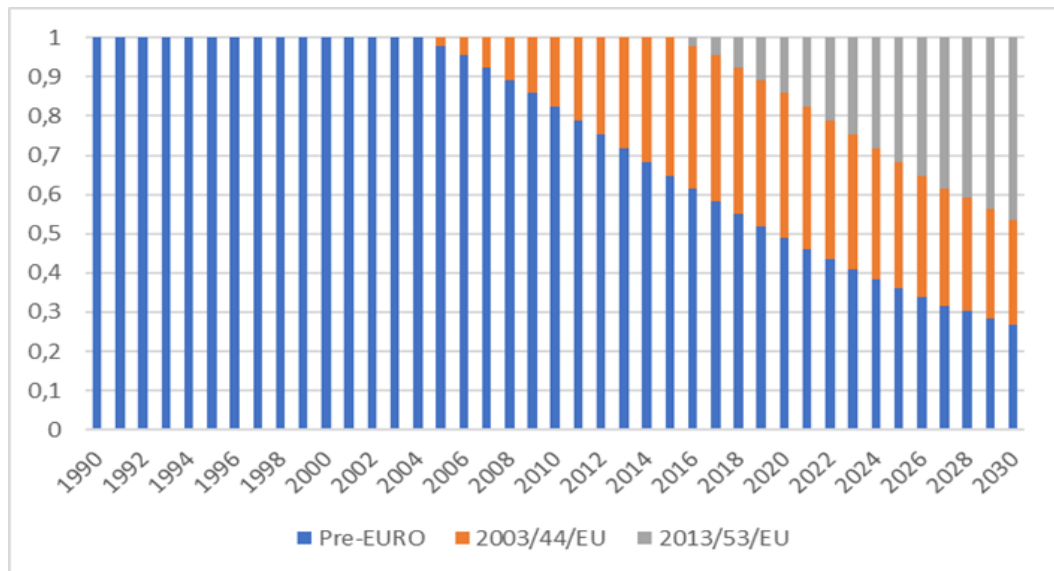


Figuur 4.5: Totaal aantal schepen per boottype, brandstof en 2-takt/4-takt.



Figuur 4.6: Totale kWh per jaar (in 1000 kWh) per boottype, brandstof en 2-takt/4-takt.

In Figuur 4.7 staat het verloop in aandeel van de emissieclassen in de vloot per basisjaar weergegeven. De gehele vloot is gemodelleerd volgens een weibull-verdeling met een mediane levensduur van 15,5 jaar. De exacte levensduur van de motoren heeft uiteindelijk geen grote invloed op de emissies omdat de emissiefactoren geen grote verschillen kennen.



Figuur 4.7: Aandeel van emissieclassen in de vloot van recreatievaartuigen per basisjaar

De aantallen motoren ($N_{t,m,p,e}$) in formule 1 per techniek zijn berekend door de cijfers zoals getoond in Figuur 3.1, Tabel 3.2, Figuur 4.4 en Figuur 4.7 met elkaar te combineren (vermenigvuldiging).

4.2 Toegepaste emissiefactoren voor emissies naar lucht

4.2.1 Motorkarakteristieke emissiefactoren

Vanwege beperkte relevante praktijkmetingen aan recreatievaart, zijn resultaten van vergelijkbare motoren in andere sectoren als wegvoertuigen en mobiele werktuigen gebruikt om emissiefactoren af te leiden voor recreatievaart. De relevante categorieën zijn Euro-0 en Euro-2 tweewielers voor kleine benzinemotoren, zowel tweetakt en viertakt, Euro-0 benzineauto's voor grote benzinemotoren in de recreatievaart, en Stage I en Stage II mobiele werktuigen voor, respectievelijk kleine en grote dieselmotoren. De emissiefactoren (in gram/liter) zijn beschikbaar in Geilenkirchen et al (2024). Voor de vertaling van brandstofverbruik naar kWh moet de motor-efficiëntie bekend zijn. Deze kan sterk variëren bij kleine motoren. Het is daarom belangrijk om bij de omrekening van emissiefactoren in g/kWh naar praktijkemissies het brandstofverbruik als basis te nemen. De hoeveelheid schadelijke emissies hangt vooral samen met de hoeveelheid verbranding, en minder met de geleverde vermogens. Voor diesel is de omrekening ongeveer 1 liter per 4 kWh. Voor grote benzinemotoren boven de 40 kW is dat 1 liter per 3 kWh. Tussen de 4,3 en 40 kW motorvermogen is dat 1 liter per 2 kWh arbeid, en onder de 4,3 kW zal 1 liter vaak niet meer arbeid leveren dan 1 kWh. Oudere motoren hebben ook nog een slechtere motor-efficiëntie. Het gevolg is dat emissies van kleine en oude motoren niet alleen samenhangen met het gevraagde vermogen, maar ook met het aantal draaiuren van de motor, omdat een substantieel deel van de brandstof gebruikt wordt om de motorverliezen te overwinnen.

Dieselmotoren

Voor diesel zijn de emissiefactoren afgeleid uit de emissiefactoren van Stage I en Stage II mobiele werktuigen voor respectievelijk kleine en grote dieselmotoren, gecombineerd met

een omrekening van 1 liter diesel per 4 kWh arbeid. Voor dieselmotoren is de inschatting dat voor de emissie-eisen van 2003 de emissies typisch 30% hoger lagen, en dat met de introductie van de normen een beperkte emissiereductie bewerkstelligd is. De eisen zijn niet zodanig streng dat veel emissiereductietechnologie toegepast moet worden.

Alleen met de 2013 eis aan dieselmotoren groter dan 37 kW zal er betere technologie worden toegepast, mede vanwege de eis aan fijnstof uitstoot. Hiermee neemt vooral de PM, CO, en HC-emissies af in deze motorcategorie, terwijl de NO_x emissies minder dalen, omdat deze samenhangen met een hogere motor-efficiëntie. Voor dergelijke dieselmotoren (groter dan 37 kW) zijn de EC emissies typisch 95% van de PM emissies. Het meeste fijnstof is roet. Eisen aan fijnstofemissies bij grotere dieselmotoren, vanaf 2013, met 150 en 300 mg/kWh, zijn niet erg streng. Ze zijn vergelijkbaar met vrachtwagens Euro-I (1992) en Euro-II (1996). Een betere brandstofverstuiving was voldoende om deze eisen te halen. Er is geen filter of katalysator nodig. De verwachting is dat daarmee in de praktijk, over de levensduur de emissies iets hoger zijn dan de limieten. Deze technologische verbetering zorgt door betere verbranding dat vooral ook voor dat de CO en HC-emissies dalen, en daarmee binnen de limiet er ruimte blijft voor motoroptimalisatie, waardoor de NO_x emissies niet substantieel dalen. Samengevat staan de emissiefactoren hieronder in Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Emissiefactoren voor dieselmotoren in g/kWh.

				NO _x	PM	CO	HC
pre-Euro	Diesel Binnenboord	< 37 kW	Diesel	16,51	1,56	8,45	3,25
	Diesel Binnenboord	37-75 kW	Diesel	16,51	1,56	8,45	3,25
	Diesel Binnenboord	> 75 kW	Diesel	16,51	1,56	8,45	3,25
2003/44	Diesel Binnenboord	< 37 kW	Diesel	12,7	1,2	6,5	2,5
	Diesel Binnenboord	37-75 kW	Diesel	12,7	1,2	6,5	2,5
	Diesel Binnenboord	> 75 kW	Diesel	12,7	1,2	6,5	2,5
2013/53	Diesel Binnenboord	< 37 kW	Diesel	12,7	1,2	6,5	2,5
	Diesel Binnenboord	37-75 kW	Diesel	5,7	0,4	1,0	0,5
	Diesel Binnenboord	> 75 kW	Diesel	7,0	0,2	1,0	0,5

Benzinemotoren

Voor benzine zijn de emissiefactoren afgeleid uit de emissiefactoren Euro-0 en Euro-2 bromfietsen, en Euro-0 personenauto (bouwjaar rond 1985) voor de hogere vermogens van de nieuwere motoren, met een andere motorafstelling. Hetzelfde beeld als bij diesel, met de samenhang tussen hogere motor-efficiëntie en hogere NO_x, binnen de grenzen van de wetgeving speelt ook voor benzinemotoren. De onderliggende gegevens zijn terug te vinden in het methoderapport van de Taakgroep Verkeer en Vervoer, en de daarin geciteerde onderzoeken.

In de Tabel 4.2 hieronder staan de emissiefactoren voor benzinemotoren in de recreatievaart op een rij. Anders dan bij dieselmotoren bestaat slechts een klein deel van de PM emissies uit EC.

Tabel 4.2: Emissiefactoren van benzinemotoren, met onderscheid tussen voor en na 2003, vooral op basis van technologische ontwikkelingen.

	g/kWh	P[kW]	CO	HC	NOx	PM	NH3	N2O	EC	CO2
voor 2003	2-takt	alle	347,4	208,5	2,852	5,614	0,043	0,043	0,561	2658
	4-takt	alle	323,8	29,57	3,726	0,154	0,030	0,030	0,015	1534
vanaf 2003	2-takt	alle	231,6	139,0	1,90	3,74	0,029	0,029	0,374	2215
	4-takt	< 20	215,9	19,7	2,48	0,10	0,020	0,020	0,010	1278
	4-takt	> 20	30,4	5,355	12,78	0,097	0,011	0,030	0,018	1160

In Bijlage a staat een complete lijst van motoremissiefactoren. De emissiefactoren van stoffen die niet in Tabel 4.1 en Tabel 4.2 staan vermeld zijn allen geschaald op de emissiefactoren in de Factsheet water en de HC-emissiefactoren zoals vermeld in Tabel 4.1 en Tabel 4.2.

4.2.2 Brandstofkarakteristieke emissiefactoren

Emissies van CO2, SO2 en lood zijn gerelateerd aan de samenstelling van de brandstoffen. De brandstofkarakteristieke emissiefactoren zijn gelijk aan de emissiefactoren die ook bij wegverkeer worden toegepast (Geilenkirchen et al.,2024).

Tabel 4.3: Brandstofkarakteristieke emissiefactoren (gram/kilogram)

Jaar	CO2 Benzine	CO2 Diesel	SO2 Benzine	SO2 Diesel	Lood Benzine
1990	3174	3169	0,48	3,56	0,09595
1991	3175	3169	0,42	3,6	0,07703
1992	3175	3169	0,38	3,6	0,05676
1993	3171	3169	0,32	3,6	0,04865
1994	3172	3169	0,26	3,5	0,03649
1995	3172	3169	0,2	3,2	0,02838
1996	3172	3176	0,14	2,4	0,01486
1997	3168	3168	0,14	1	0,00054
1998	3168	3168	0,14	1	0,00001
1999	3168	3168	0,14	1	0,00001
2000	3168	3168	0,14	0,58	0,00001
2001	3168	3168	0,1	0,084	0,00001
2002	3168	3168	0,12	0,068	0,00001

Jaar	CO2 Benzine	CO2 Diesel	SO2 Benzine	SO2 Diesel	Lood Benzine
2003	3168	3168	0,06	0,062	0,00001
2004	3168	3168	0,06	0,068	0,00001
2005	3168	3168	0,04	0,016	0,00001
2006	3159	3168	0,04	0,022	0,00001
2007	3122	3119	0,04	0,022	0,00001
2008	3106	3118	0,02	0,02	0,00001
2009	3083	3110	0,02	0,02	0,00001
2010	3083	3146	0,02	0,02	0,00001
2011	3076	3130	0,02	0,02	0,00001
2012	3084	3120	0,02	0,02	0,00001
2013	3080	3121	0,02	0,02	0,00001
2014	3079	3116	0,02	0,02	0,00001
2015	3070	3123	0,02	0,02	0,00001
2016	3077	3123	0,02	0,02	0,00001
2017	3049	3123	0,02	0,02	0,00001
2018	3044	3124	0,02	0,02	0,00001
2019	3051	3110	0,02	0,02	0,00001
2020	3020	3109	0,02	0,02	0,00001
2021	3021	3109	0,02	0,02	0,00001
2022	3016	3113	0,02	0,02	0,00001

4.3 Toegepaste emissiefactoren voor emissies naar water

4.3.1 Natte uitlaatsystemen

De emissie van uitlaatgassen naar het compartiment water wordt veroorzaakt doordat de motoren intern met oppervlaktewater gekoeld worden. Daarnaast bevinden zich de openingen van veel uitlaatsystemen onderwater om hinder van geluid en geur door uitlaatgassen voor de gebruikers te verminderen.

4.3.2 Afleiding van emissiefactoren naar water

Omdat er vrijwel geen nieuwe metingen zijn gepubliceerd met betrekking tot de emissies naar water zijn de aannames over emissiefactoren die zijn gedaan in de Factsheet

Motoremissies uit de recreatievaart (versie Juni 2008) grotendeels gehandhaafd in dit rapport. Er zijn echter wel op een paar punten wijzigingen doorgevoerd in de bepaling van de emissiefactoren. Zo zijn de koolwaterstof emissiefactoren van benzine-aangedreven vaartuigen op grond van de cijfers in de publicatie van Gabele en Pyle (2000) voor benzinemotoren deels omlaag gebracht en daarbij gelijkgesteld aan dieselmotoren. Voor stoffen (PAK's) met een molecuulgewicht boven de 200 is de fractie naar water gelijkgesteld aan de aerosol-emissie (10%) en voor de lichtere stoffen is een percentage emissie naar water aangenomen van 20% (zie Tabel 4.4). De werkelijke emissiefracties naar water zijn voor meer hydrofobe stoffen wellicht nog wat lager, maar systematische en gerichte metingen zijn in de literatuur echter niet gevonden.

Tabel 4.4: Fractie van motoremissies uit diesel en benzinemotoren naar water per stof

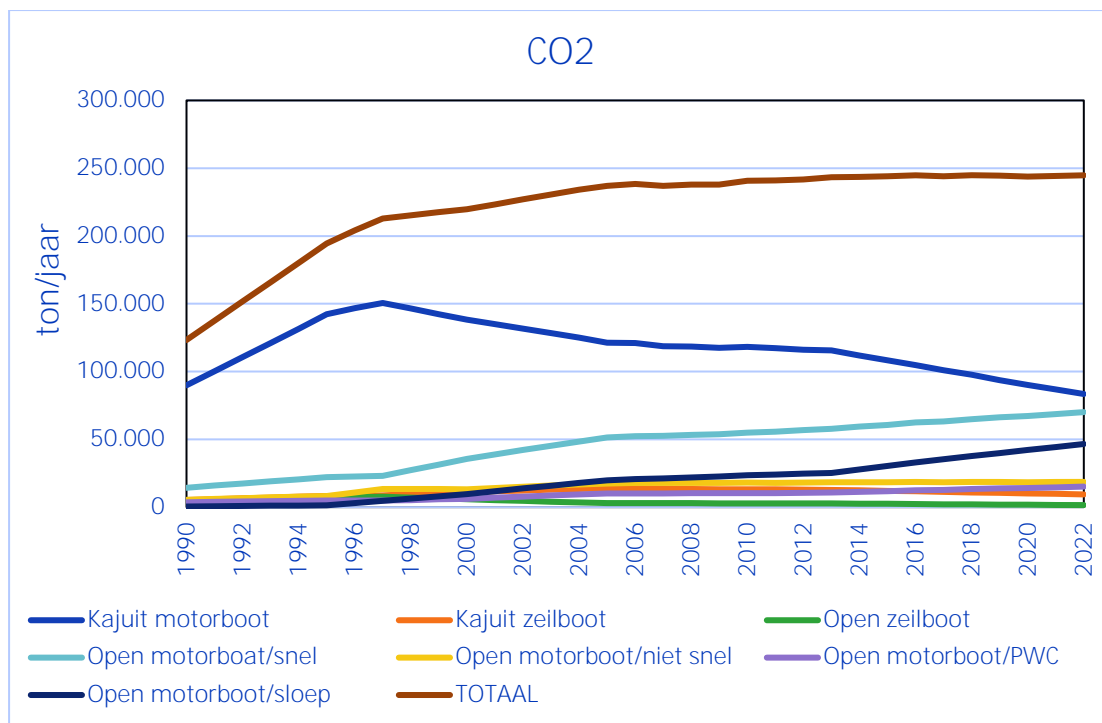
Stof	Fractie naar water
Butadien	0,2
Overige NMVOS	0,2
Formaldehyde	0,2
Benzeen	0,2
Tolueen	0,2
Naftaleen	0,2
Acenafteen	0,1
Acenaftyleen	0,1
Fenanthreen	0,1
Anthraceen	0,2
Fluorantheen	0,2
Pyreen	0,2
Chryseen	0,1
Benzo(a)Anthraceen	0,1
Benzo(a)Pyreen	0,1
Benzo(b)Fluorantheen	0,1
Benzo(k)Fluorantheen	0,1
Benzo(ghi)Peryleen	0,1
Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	0,1
Fluoreen	0,2
Aerosolen verkeer benzine/LPG	0,1
Aerosolen verkeer diesel/zw.OI	0,1

In Bijlage B staat een complete lijst van motoremissiefactoren naar het compartiment water. Deze emissiefactoren zijn berekend door de fracties naar water te nemen uit Tabel 4.4 op de totale luchtemissiefactoren zoals vermeld in Bijlage A.

5 Resultaten

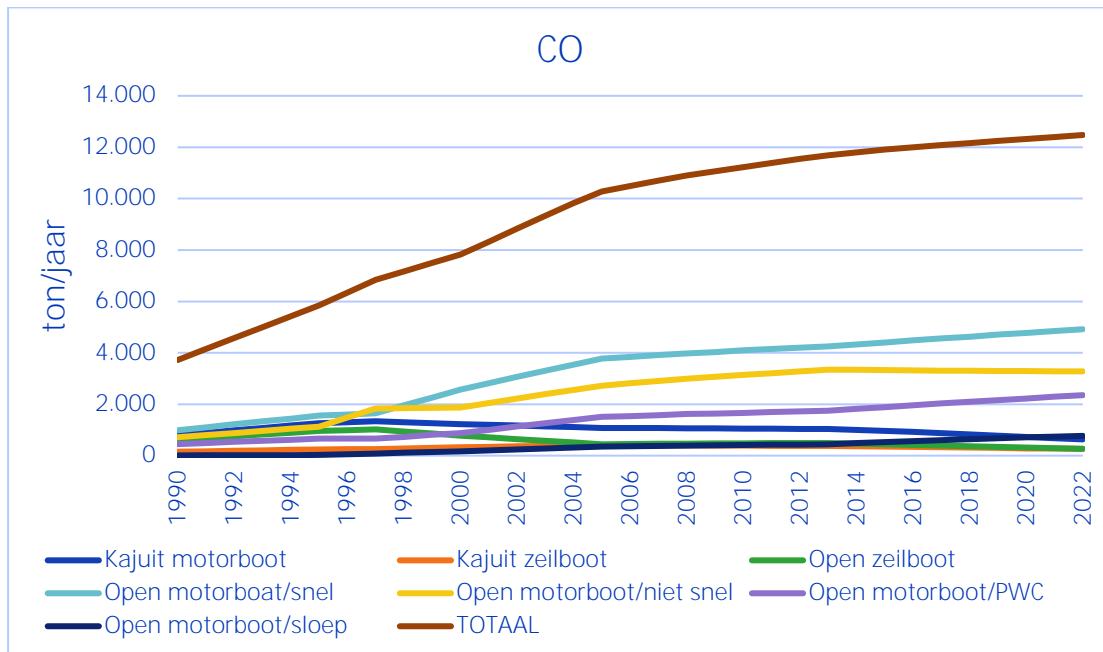
5.1 Emissies naar lucht

In Figuur 5.1 wordt de emissie van CO₂ (koolstofdioxide) getoond per boottype en mede de jaartotalen. Na forse jaarlijkse stijgingen van meer dan 10% per jaar stijgen de emissies nu nog enkele tiende van % per jaar. De belangrijkste stijging wordt nu veroorzaakt door toename van aantallen sloepen en open snelle motorboten.



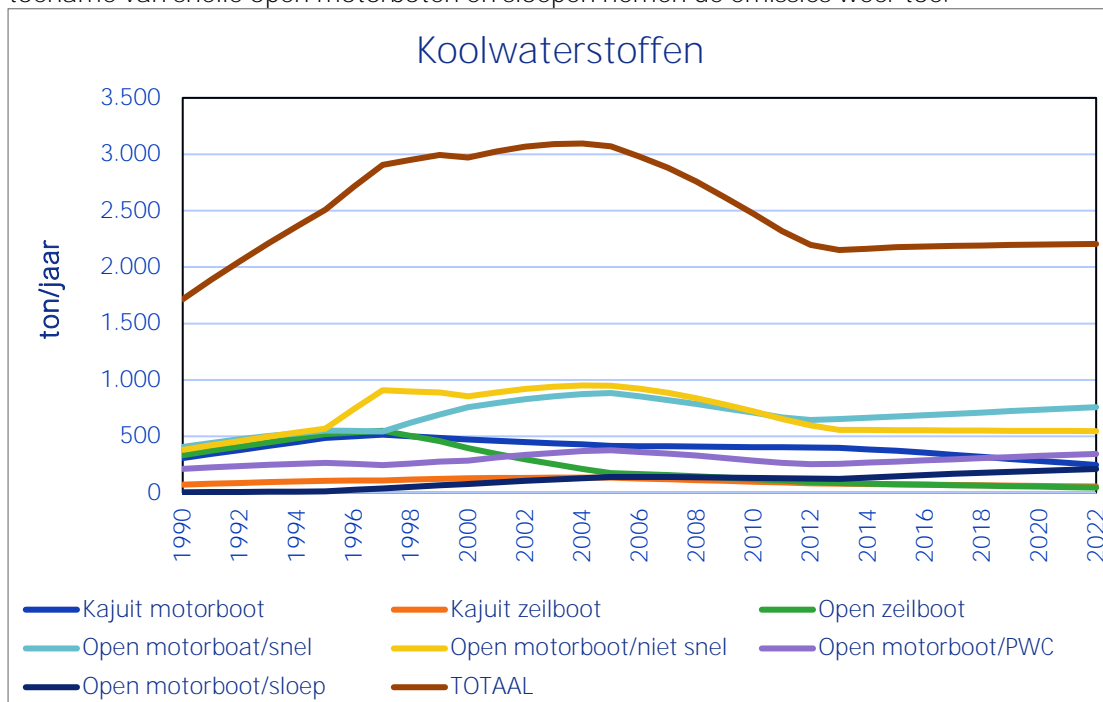
Figuur 5.1: Tijdreeks emissie per jaar van CO₂ per type boot en totale emissie

In Figuur 5.2 wordt de emissie van CO (koolmonoxide) getoond per boottype en mede de jaartotalen. Na forse jaarlijkse stijgingen van meer dan 10% per jaar stijgen de emissies nu nog ongeveer 0,5% per jaar. De belangrijkste stijging wordt nu veroorzaakt door sloepen en waterscooters.



Figuur 5.2: Tijdreeks emissie per jaar van koolwaterstoffen per type boot en totale emissie

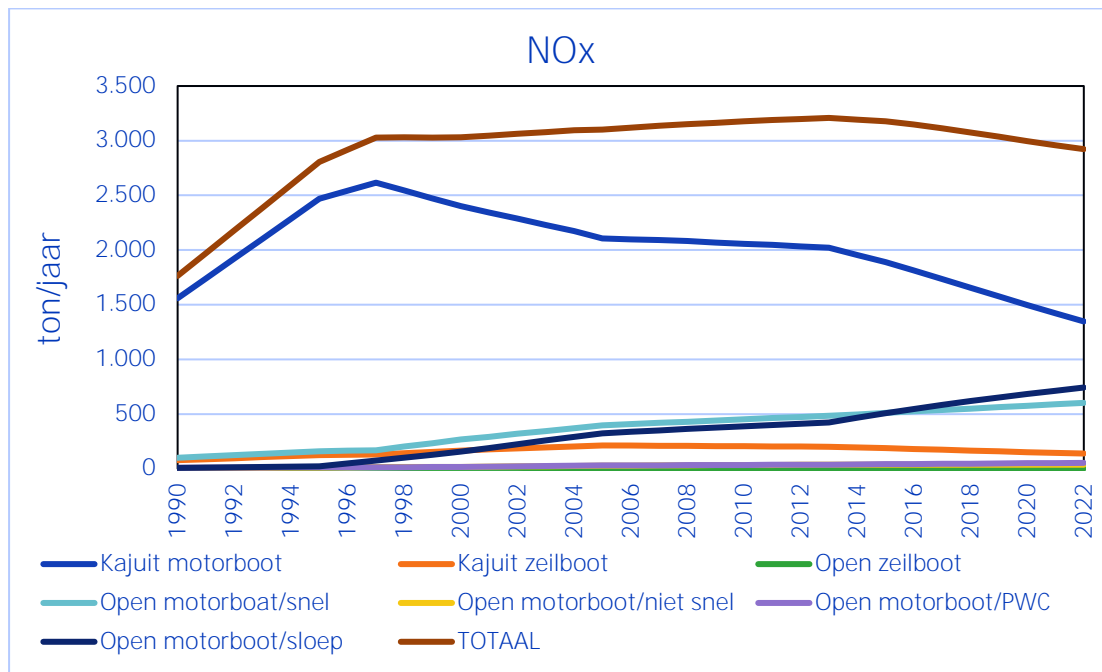
In Figuur 5.3 wordt de emissie van HC (koolwaterstoffen) getoond per boottype en mede de jaartotalen. Na forse jaarlijkse stijgingen van meer dan 10% per jaar gevolgd door dalingen van emissies stijgen de emissies nu weer ongeveer met 0,15% per jaar. De dalingen waren het resultaat van de introductie van 4-taktmotoren en strengere emissie-eisen, echter door toename van snelle open motorboten en sloepen nemen de emissies weer toe.



Figuur 5.3: Tijdreeks emissie per jaar van koolwaterstoffen per type boot en totale emissie

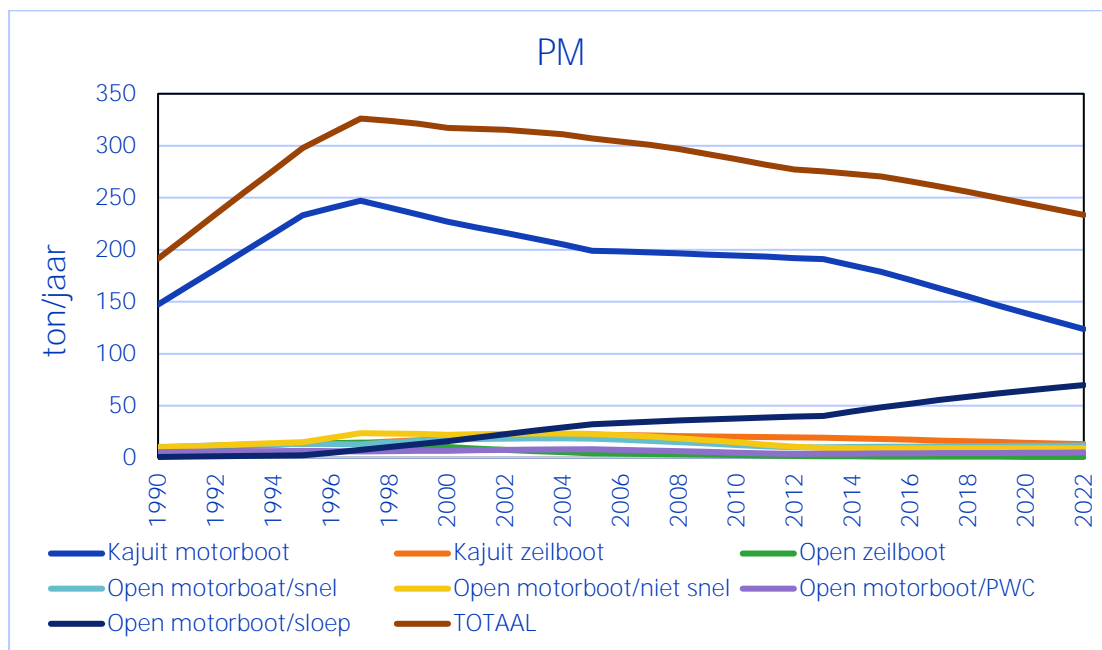
In Figuur 5.4 wordt de emissie van NO_x (stikstofoxiden) getoond per boottype en mede de jaartotalen. Na forse jaarlijkse stijgingen van meer dan 10% per jaar dalen de emissies

slechts ongeveer met 1% per jaar doordat er nauwelijks strengere eisen zijn gesteld aan nieuwe dieselmotoren.



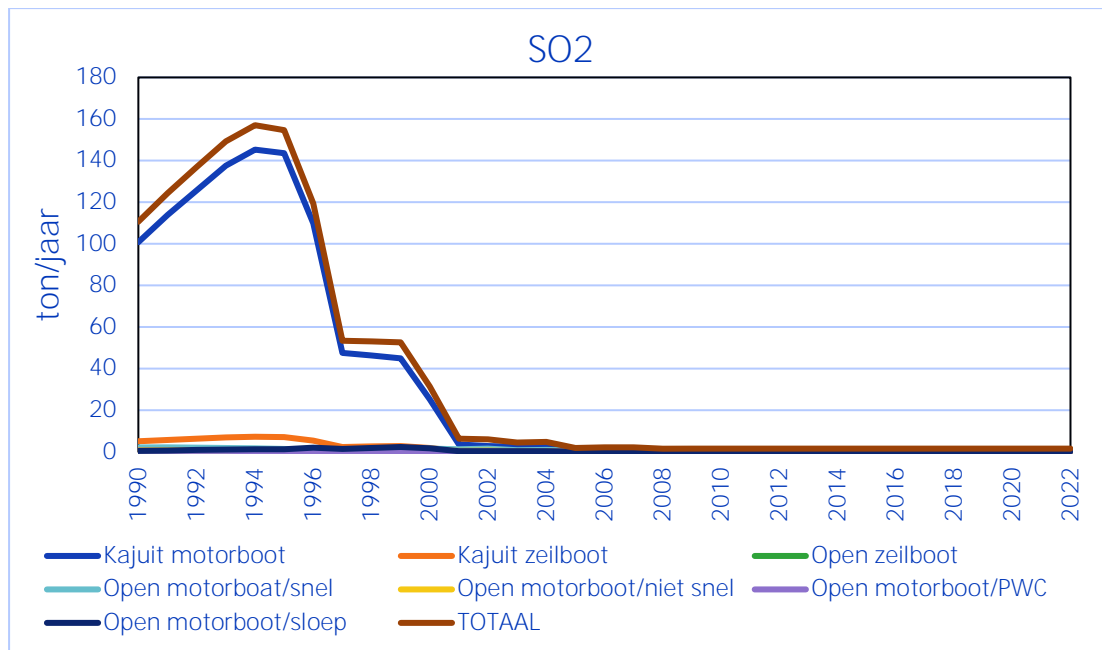
Figuur 5.4: Tijdsreeks emissie per jaar van NOx per type boot en totale emissie

In Figuur 5.5 wordt de emissie van PM (fijnstof/PM10) getoond per boottype en mede de jaartotalen. Na een stijging van meer dan 10% per jaar begin jaren 90 dalen de emissies nu ongeveer met 2% per jaar. De dalingen zijn voornamelijk het resultaat van de strengere emissie-eisen aan dieselmotoren. Door het toenemende aantal sloepen wordt de emissiedaling door kajuitmotorboten deels tenietgedaan.



Figuur 5.5: Tijdsreeks emissie per jaar van PM10 per type boot en totale emissie

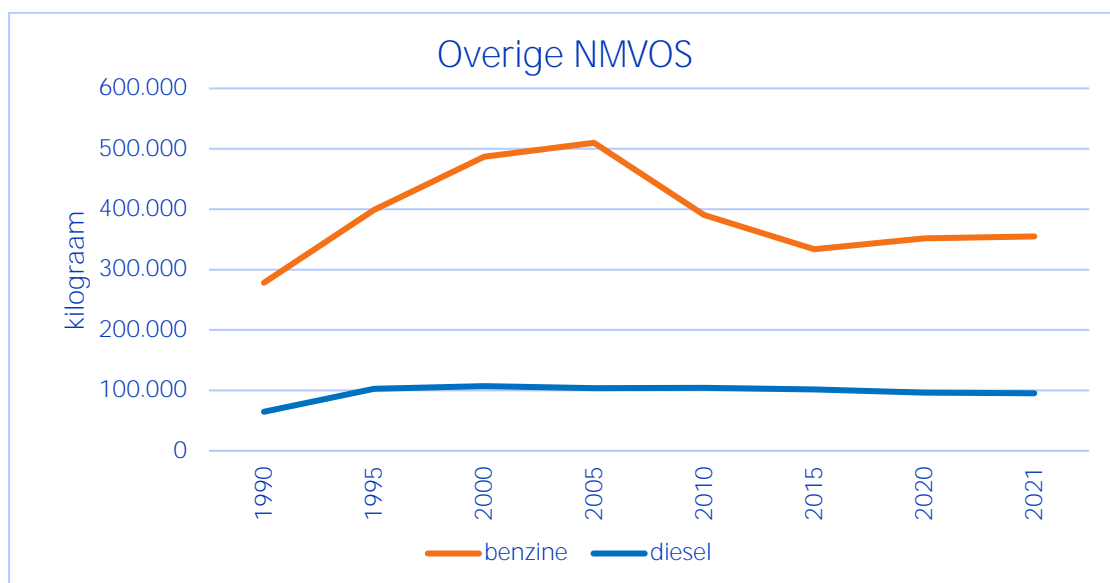
In Figuur 5.6 wordt de emissie van SO₂ (zwaveldioxide) getoond per boottype en mede de jaartotalen. Na een stijgingen van meer dan 10% per jaar begin jaren 90 zijn de emissies tot vrijwel 0 gedaald door strengere eisen aan het zwavelgehalte aan motorbrandstoffen en dan met name aan dieselbrandstof.



Figuur 5.6: Tijdreeks emissie per jaar van SO₂ per type boot en totale emissie

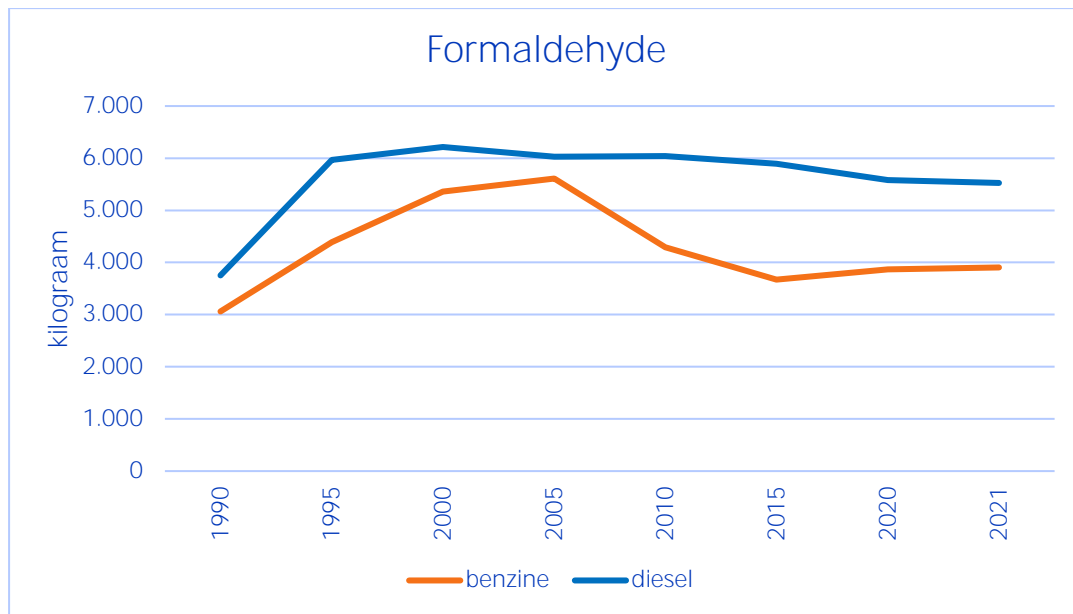
5.2 Emissies naar water

In deze paragraaf worden van enkele belangrijke stoffen de directe emissies gepresenteerd naar het compartiment water via natte uitlaatemissies.



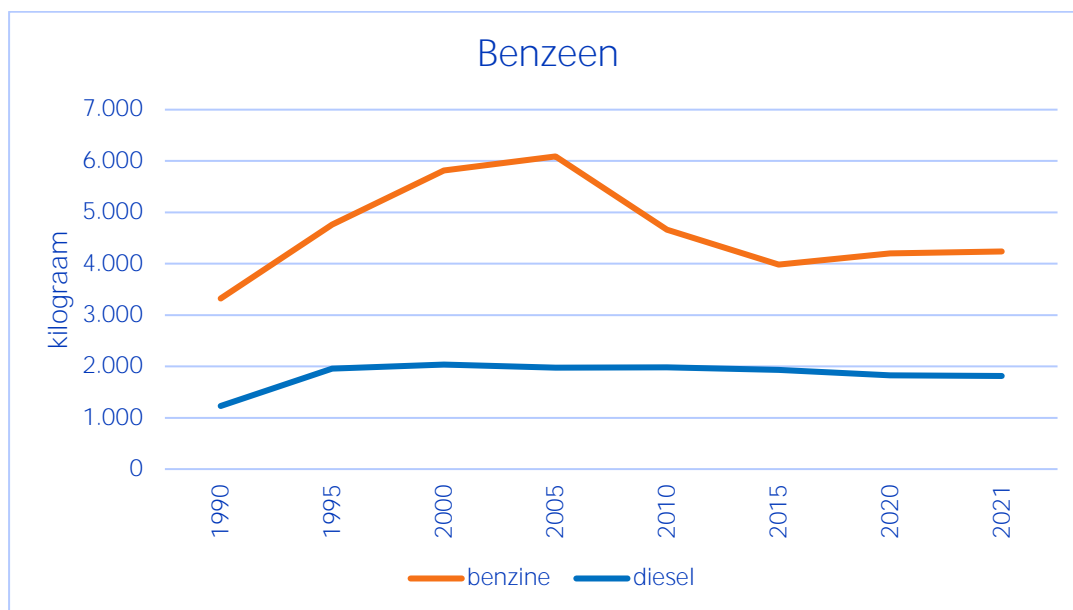
Figuur 5.7: Directe water-emissie van overige NMVOS door benzine en dieselmotoren

In Figuur 5.7 worden de emissies van overige NMVOS getoond per brandstof. Omdat de emissiefactoren van NMVOS-emissie van benzinemotoren vele malen hoger zijn dan van dieselmotoren is de emissie van benzinemotoren veel groter dan van dieselmotoren.



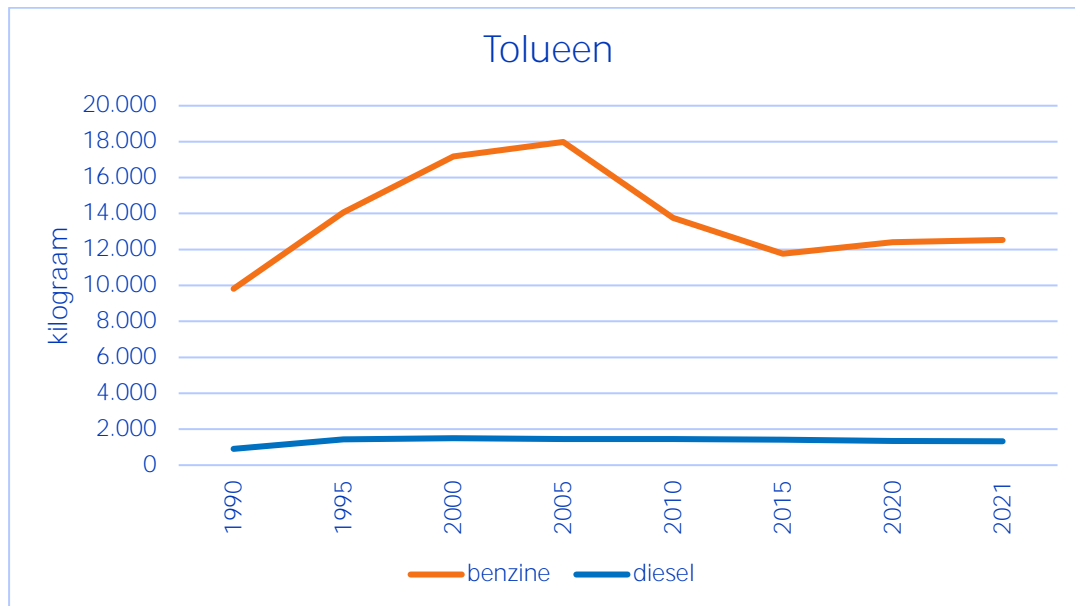
Figuur 5.8: Directe water-emissie van formaldehyde door benzine en dieselmotoren

In Figuur 5.8 worden de emissies van formaldehyde getoond per brandstof. Omdat de emissiefactoren van formaldehyde emissie van dieselmotoren vele malen hoger is dan van dieselmotoren is de emissie van dieselmotoren groter dan van benzinemotoren ondanks de hogere NMVOS-emissies door benzine.



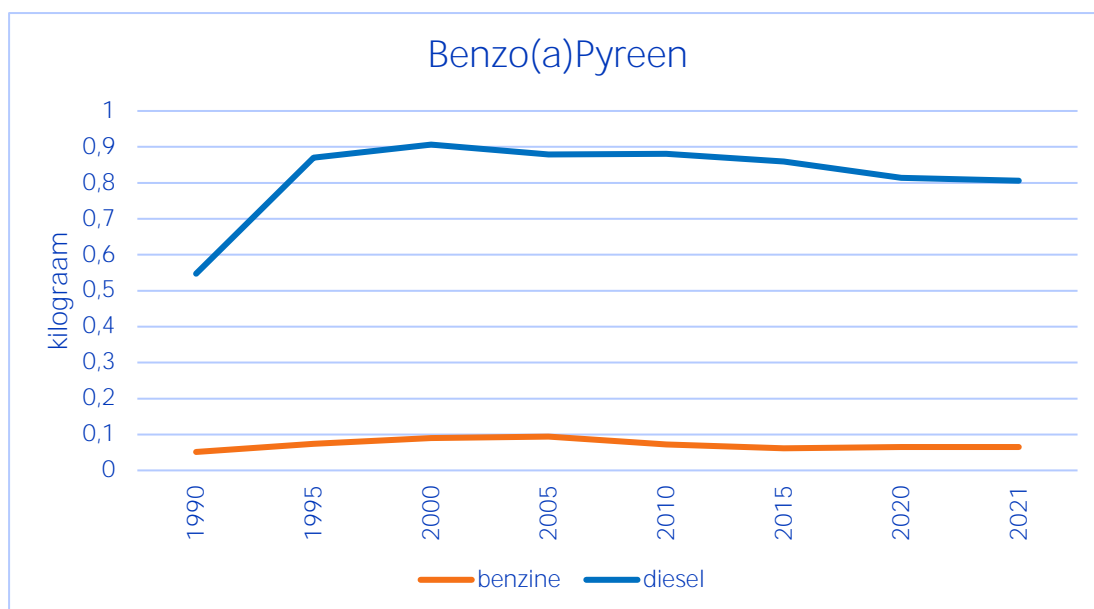
Figuur 5.9: Directe water-emissie van benzeen door benzine en dieselmotoren

In Figuur 5.9 worden de emissies van benzeen getoond per brandstof. De benzeen emissies van diesel en benzinemotoren blijkt per hoeveelheid verrichte arbeid vrij dicht bij elkaar te liggen.



Figuur 5.10: Directe water-emissie van tolueen door benzine en dieselmotoren

In Figuur 5.10 worden de emissies van tolueen getoond per brandstof. De tolueen emissies van diesel en benzinemotoren blijkt ongeveer in dezelfde verhouding te worden geëmitteerd als overige NMVOS.



Figuur 5.11: Directe water-emissie van benzo(a)pyreen door benzine en dieselmotoren

In Figuur 5.11 worden de emissies van benzo(a)pyreen getoond per brandstof. Anders dan bij NMVOS blijkt dat de benzo(a)pyreen emissies van dieselmotoren groter te zijn dan van benzinemotoren.

6 Ruimtelijke verdeling van emissies

De beschikbare ruimtelijke verdeling van de emissies van recreatievaart binnen Emissieregistratie berust reeds lang op de oeverlengte van binnenwateren. De kwaliteit van deze ruimtelijke verdeling wordt als weinig representatief beschouwd. Met de beschikbaarheid van de AIS-data is een instrument beschikbaar gekomen om de ruimtelijke verdeling van de emissies van de recreatievaart aanzienlijk te verbeteren. Hierbij dient te worden opgemerkt dat slechts een minderheid van de recreatievaartuigen gebruik maakt van AIS-transponders en wel van zogenaamde class-B transponders. Deze Class-B transponders hebben een vrij beperkte zend-reikwijdte. Een class-B transponder heeft (afhankelijk van weersomstandigheden) een bereik van ongeveer 10 zeemijlen (18 kilometer) terwijl de door de beroepsvaart gebruikte transponders een bereik van 20 zeemijlen heeft. Aangezien de AIS- walinfrastructuur van Rijkswaterstaat bestaat uit meer dan 50 AIS-zendmasten mag worden aangenomen dat de binnenlandse dekking van dit netwerk ook voor Class-B transponders vrijwel volledig zal zijn.

6.1 Identificatie recreatievaartuigen in AIS-data

De identificatie van recreatievaartuigen in AIS-data is uitgevoerd met behulp van de gepubliceerde mmsi van schepen door ITU (ITU, 2023). In section I van de publicatie van ITU staan de gegevens van de schepen waaronder:

- › mmsi-nummer in kolom 1 (9 digits)
- › Algemene classificatie in kolom 8 (2 digits)
- › Individuele classificatie in kolom 9 (2 digits)

Uit de data behorende bij de ITU-publicatie (editie 2023) zijn de mmsi-nummers gebruikt van de schepen met de Nederlandse, Duitse en Belgische identiteit. Het betreft hier schepen met de algemene classificatie (PL = Pleasure/Leisure).

Tabel 6.1: Classificatie van recreatievaartuigen in ITU-data

General classification	Individual classification Symbol	Individual classification Betekenis
PL	MTR	Motorboot
	VLR	Zeilboot
	YAT	Jacht
	XXX	Geen opgave

Uiteindelijk werd een tabel verkregen met meer dan 100.000 mmsi-nummers. Wat opvalt in Tabel 6.2 is dat zowel in Nederland als in België de gebruikers van de AIS-transponders het type recreatievaartuig vaak niet specificeren. Het is onbekend of dit te maken heeft met

eventuele desinteresse van de autoriteiten en/of de algemene houding van de gebruikers om de juiste gegevens al dan niet te verstrekken.

Tabel 6.2: Aantal individuele vaartuig-identificaties beschikbaar in database

Individuele classificatie	Nederland	Duitsland	België
Motorboot		10666	
Zeilboot	9205	24598	37
Geen opgave	21740	676	9312
Jacht	4419	16515	9762

Van de beschikbare vaartuig-identificaties werden slechts een beperkt aantal aangetroffen in de beschikbare AIS-data. De reden hiervan is onbekend. Een klein deel van de vaartuigclassificaties kon nader worden gespecificeerd.

Tabel 6.3: Aantal individuele vaartuig-identificaties beschikbaar in AIS-data

Individuele classificatie	Nederland	Duitsland	België
Motorboot		525	
Zeilboot	6096	1788	624
Geen opgave	5627	74	145
Jacht	1327	438	684

Van 112 individuele vaartuigen blijkt het aantal vaaruren, uitgaande van 120 AIS-berichten per uur voor Class-B transponders, meer dan 1000 uur per jaar te zijn geweest. Nadere bestudering leerde dat het hier veelal kleine veelgebruikte vaartuigen zijn die niet tot de recreatievaart gerekend kunnen worden zoals bijvoorbeeld watertaxi's. Deze vaartuigen zijn daarom niet meegenomen in de ruimtelijke verdeling van emissies. Tevens werden vaartuigen uitgezonderd met een lengte van meer dan 30 meter. Dit betekent dat vaartuigen met lengteklasse 6 (zie Tabel 6.4) niet zijn meegenomen in de berekeningen.

6.2 Berekening vermogen per vaartuigtype

De vermogens zijn per vaartuigtype berekend met het Bolt-model (Bolt, 2003) in afhankelijkheid vaartuigtype, van lengteklasse en snelheidsklasse. Bij snelheden boven de romp-snelheid van de vaartuigen, die afhangt van de lengte, is uitgegaan van een vermogen dat nog slechts lineair toeneemt met de snelheid. De rompsnelheid is berekend met de volgende formule, afgeleid door William Froude (Froude, 1868):

$$R_v = C \times (\text{Lengte})^{1/2}$$

Waarbij:

- › R_v = Rompsnelheid (km/h)
- › C = Constante met een waarde tussen 4,5 en 5,09
- › Lengte = Lengte van de waterlijn (meter)

Tabel 6.4: Toegepaste lengteklassen en rompsnelheid

Lengteklasse	Lengte	Rompsnelheid (km/u)
0	Geen data	
1	< 7 m	11,9 - 13,4
2	< 12 m	15,6 - 17,6
3	< 17 m	18,6 - 20,9
4	< 22 m	21,0 - 23,7
5	< 30 m	24,7 - 27,8
6	> 30 m	

Tabel 6.5: Aangenomen gemiddelde dimensies per vaartuigtype en lengteklasse

Lengteklasse	Vaartuigtype	Snel Vaartuig	Lengte (m)	Breedte (m)	Diepgang (m)	Restweerstand
0 = no data	Ander type	nee	14,0	4,2	1,12	0,25
1	Ander type	nee	5,1	2,0	0,45	0,25
2	Ander type	nee	10,0	3,5	1,06	0,25
3	Ander type	nee	13,4	4,2	1,13	0,25
4	Ander type	nee	18,8	5,0	1,36	0,25
5	Ander type	nee	24,6	5,3	1,63	0,25
0 = no data	Ander type	ja	12,3	4,0	1,12	0,25
1	Ander type	ja	5,6	2,4	0,45	0,25
2	Ander type	ja	9,5	3,4	1,06	0,25
3	Ander type	ja	13,5	4,2	1,13	0,25
4	Ander type	ja	18,6	5,2	1,36	0,25
5	Ander type	ja	24,3	7,0	1,63	0,25
0 = no data	Zeilboot	nee	11,8	3,8	1,46	0,3
1	Zeilboot	nee	4,3	1,8	0,60	0,3
2	Zeilboot	nee	10,1	3,5	1,35	0,3
3	Zeilboot	nee	12,9	4,1	1,93	0,3
4	Zeilboot	nee	18,6	5,2	2,20	0,3
5	Zeilboot	nee	25,0	5,6	2,25	0,3

Tabel 6.6: Toegepaste snelheidsklassen

Snelheids-klasse	Snelheid knts	Snelheid km/h
1	< 0,5 knts	0
2	< 2 knts	3,7
3	< 4 knts	7,4
4	< 6 knts	11,1
5	< 8 knts	14,8
6	< 10 knts	18,5
7	< 12 knts	22,2
8	> 12 knts	25

De berekeningen zijn uitgevoerd met het vermogens-model van Bolt (Bolt, 2003) uitgaand van diep onbeperkt water: diepte 20 meter, breedte 250 meter, doorsnede waterlichaam 1750 m². De uitkomsten van de vermogensberekening staan in Bijlage D. Omdat uit de waarnemingen blijkt dat recreatievaartuigen regelmatig sneller varen dan de rompsnelheid is rekening gehouden met het planeer-effect. Hierbij is aangenomen dat niet alle vaartuigen zullen (kunnen) planeren en dat het planeer-effect niet altijd even sterk zal zijn. Dit is tot uitdrukking gebracht in Bijlage D door het vermogen (Power_plane) slechts lineair met de snelheid te laten doorstijgen vanaf snelheden die mogelijk boven de rompsnelheid liggen. Voor zeilboten die boven de rompsnelheid varen is aangenomen dat dit vrijwel alleen gebeurt onder zeil en met uitgeschakelde motor (vermogen = 0 kW).

6.3 Ruimtelijke verdeling van emissies

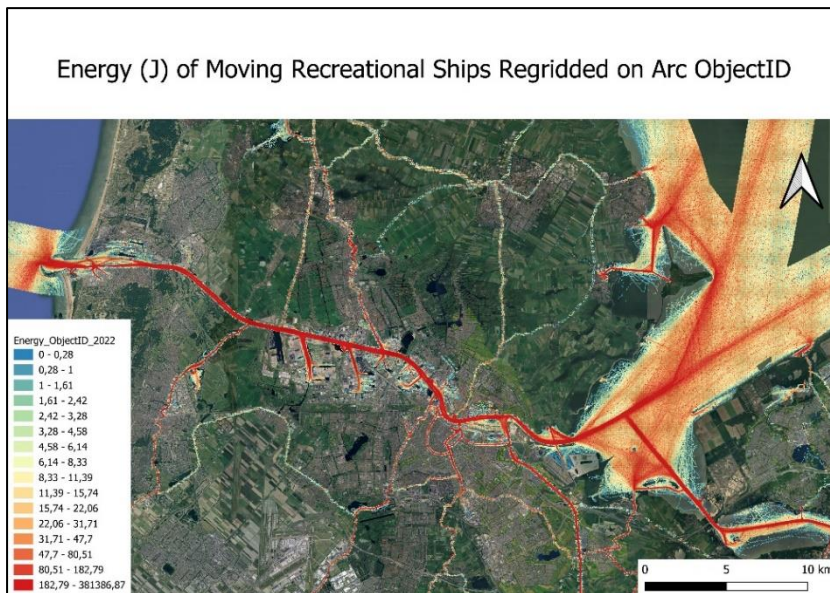
Voor de ruimtelijke verdeling van de emissies wordt voorgesteld om de geschatte hoeveelheid voortstuwings-energie (in MJ) per kaartvierkant per jaar als maatgevende grootte te nemen.

De berekening van de hoeveelheid energie wordt geschat op basis van het vaartuigtype, de lengte van de vaartuigen (in klassen verdeeld) en de snelheid (in klassen verdeeld). De gebruikte formule is in dit geval de sommatie over het product van tijd maal vermogen per vaartuigtype, per lengteklasse en snelheidsklasse:

$$E = \sum_{b,l,s} (\text{Time_hr} * \text{Power_plane}_{b,l,s} * 3,6)$$

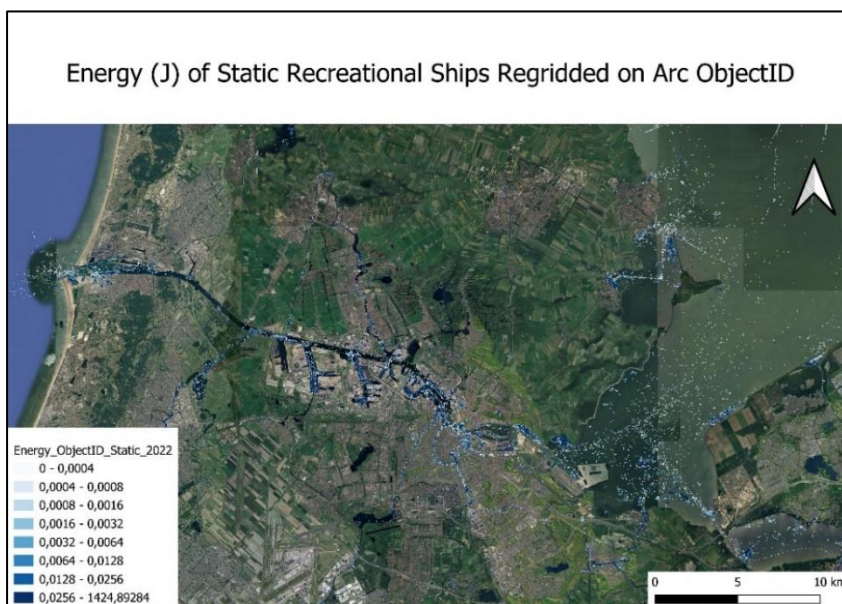
-) E = Energie (MJ)
-) Time_hr = tijd verstreken in dit vierkant
-) Power_plane_{b,l,s} = Vermogen per vaartuigtype, lengteklasse, snelheid_klasse (kW)
-) 3,6 = omrekening van Kwh naar MJ

Het resultaat van de berekeningen zijn kaarten die gebruikt kunnen worden door Emissieregistratie om de jaarlijks berekende emissies ruimtelijk te bepalen. De intensiteit die op de kaart is weergegeven is de hoeveelheid energie per jaar per kaartvierkant (50x 50 meter) uitgedrukt in MJ.



Figuur 6.1: Energiegebruik door bewegende recreatievaartuigen als maatgevende eenheid voor ruimtelijke verdeling van motoremissies (ingezoomd op het NZK-gebied)

Naast een kaart van bewegende recreatievaartuigen is er ook een kaart gemaakt van stilliggende recreatievaartuigen (bijna geen verplaatsing en dus zeer lage vermogens). Deze kaart is wellicht geschikt om bijvoorbeeld een deel van andere emissies dan motoremissies in Emissieregistratie ruimtelijk te verdelen, zoals emissie van antifouling.



Figuur 6.2: Energiegebruik door stilliggende recreatievaartuigen als maatgevende eenheid voor ruimtelijke verdeling van andere emissies, zoals antifouling (ingezoomd op het NZK-gebied)

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusie

Dit rapport beschrijft een geactualiseerd en vernieuwd model voor de jaarlijkse berekening van de emissies van uitlaatgassen van benzine en dieselmotoren en verdampingsemissies van benzine uit de recreatievaart in Nederland. Omdat een deel van de emissies via natte uitlaten direct in het oppervlaktewater worden geëmitteerd zijn de emissies naar water eveneens in het model meegenomen. Het beoogde gebruiksdoel van het vernieuwde model is de toepassing in de jaarlijkse berekening van emissies ten behoeve van de Emissieregistratie. Dit rapport is te beschouwen als een update van de methodiek in de Factsheet Motoremissies door de recreatievaart (Emissieregistratie, 2016) die tot voor kort is toegepast. Op grond van de AIS-berichten van recreatievaartuigen is daarnaast een geografische schatting gemaakt van het energiegebruik van recreatievaartuigen waarmee de in dit rapport berekende landelijke emissies ruimtelijk verdeeld kunnen worden.

7.2 Aanbevelingen

Praktijkonderzoek naar emissiefactoren: De inschatting van de emissiefactoren is gedaan op grond van de praktijkervaring met betrekking tot de verhouding van real-life emissies en de emissie-eisen in de normstelling. Metingen zoals beschreven in Johansson et al (2020) geven lagere emissies aan, maar die (Scandinavische) metingen werden onvoldoende van toepassing geacht voor de Nederlandse recreatievloot. Het is daarom van groot belang dat er enkele praktijkmetingen in Nederland worden gedaan naar de daadwerkelijke emissies van diverse typen recreatievaartuigen en de verschillende motortypen. Een ander belangrijk verbeterpunt betreft de emissiefactoren naar het compartiment water omdat de literatuur hierover uiterst schaars is waardoor de geschatte emissies naar het compartiment water zeer onzeker zijn. Slechts de uitvoering van praktijkonderzoek naar de daadwerkelijke emissiefactoren kan hierin verbetering brengen.

Aanvullend onderzoek AIS-gegevens: Het is onzeker of de signalen van de AIS-transponders die zijn gebruikt voor het maken van de kaart de ruimtelijke verdeling van emissies een uniforme ruimtelijke representativiteit bezitten. Mogelijk worden AIS-transponders nabij de kust vaker aangezet dan in het binnenland. Ook is waarschijnlijk dat recreatievaartuigen die regelmatig op drukke doorgaande binnenvaart-routes komen eerder met een transponder worden uitgerust dan vaartuigen die daar zelden of nooit varen. Een aanvullend onderzoek hiernaar wordt aanbevolen.

Uitstootvrije recreatievaart: Zonder het meteen een omissie te noemen, gaat het model voorbij aan een langzame, maar wel gestage elektrificatie van recreatievaartuigen. Hier moet meteen bij opgemerkt worden dat het niet voor elk type recreatievaartuig makkelijk is om over te stappen op een elektrische aandrijving (meestal gevoed uit accu's, de gebruikelijke Nederlandse term voor "oplaadbare batterijen" en soms ook uit zonnepanelen

op het vaartuig). Op veel aanleg- of stallingsplaatsen zijn er nog onvoldoende laadpunten om batterij-elektrische aandrijving praktisch en aantrekkelijk te maken. En het losnemen van de accu om elders te laden is bij kleine, min of meer 'draagbare' accupakketten te overwegen, maar is vooral voor wat grotere vaartuigen die langere afstanden varen geen aantrekkelijke optie omdat de accupakketten in dat geval groot en zwaar moeten zijn. En toch is er een belangrijker wordende onderstroom van 'zero emissie' recreatievaartuigen. Dat komt omdat zowel gebruiker als omgeving evidente voordelen hebben van een elektrische aandrijving:

-) Voor de gebruiker is het (vrijwel) ontbreken van aandrijvingsgeluid prettig
-) Ook is er door het lage geluidsniveau veel minder verstoring van andere mensen of dieren (wild) in de buurt.
-) Er is geen sprake van stinkende (of zwartmakende) uitlaatgassen
-) Er is geen negatieve impact van giftige uitlaatcomponenten op natuur
-) Betrekkelijk lage gebruiks- en onderhoudskosten van een elektrische aandrijflijn (daardoor is bij verhuur van recreatievaartuigen een relatief groot deel elektrisch [SEFF 2014])
-) De mogelijkheid om ook in gebieden met beperkingen of totaalverbod op verbrandingsmotoren toch kunnen varen

Voor wat dat laatste punt betreft is belangrijk om vast te stellen dat op steeds meer plaatsen recreatievaart met verbrandingsmotoren beperkingen krijgt opgelegd. Gemeentes waar op die manier vaarverboden zijn afgekondigd zijn: Giethoorn, Amersfoort en Den Bosch. Voor de grachten van Utrecht en Amsterdam komen er ook beperkingen. Verder zijn op veel plaatsen in natuurgebieden (o.a. Wieden, Brabantse Biesbosch, gedeeltes van Hollandse plassen, en dito Friese Meren) gesloten voor recreatievaartuigen met verbrandingsmotoren. Door het relatief vroege begin met elektrificatie (o.a. laadinfrastructuur) in Giethoorn en op de Friese meren was er al voor 2010 veel belangstelling om recreatievaartuigen om te bouwen naar elektrisch, of nieuw geproduceerde vaartuigen elektrisch te maken. Als gevolg daarvan kwamen ook gelden beschikbaar om onderzoek te doen naar de kansen en ingroeiselheid van elektrisch varen op de Friese meren. Daardoor kon de "Stifting Elektrysk Farre Fryslân" (SEFF) in de jaren 2011, 2013 en 2015 marktonderzoeken publiceren met daarin cijfers voor heel Nederland. Na 2014 stopte echter de financiële ondersteuning voor dit onderzoek en er zijn geen goede alternatieve informatiebronnen voor in plaats gekomen. Eind 2014 werd een aantal van 9138 elektrische recreatievaartuigen gerapporteerd. Het aandeel elektrisch in de huidige vloot van recreatievaartuigen ligt naar schatting tussen 3 en 7%.

Ontwikkeling in aantallen recreatievaartuigen: Het in dit rapport beschreven nieuwe model is gebaseerd op kennis van motorisering van recreatievaartuigen en op onderzoeken naar aantallen en gebruiksduur van zulke vaartuigen. Het grootste deel van de recreatievloot wordt niet centraal geregistreerd (snelle motorboten uitgezonderd). De aantallen recreatievaartuigen kunnen alleen geschat worden op basis van grootschalige gebruikersonderzoeken. Zulke onderzoeken zijn kostbaar en worden slechts om de vijf tot zeven jaar uitgevoerd. Daarmee is slechts deels te voorspellen hoe de recreatievloot zich in de tijd ontwikkelt (zowel in totaal als in relatieve aandeel van de verschillende deelcategorieën). Tussen de opeenvolgende studies kan er geïnterpoleerd worden, en richting toekomst (voorzichtig) geëxtrapoleerd. Dit heeft Waterrecreatie Nederland (de opdrachtgever van de recreatievaartonderzoeken) ertoe gebracht om naar andere methodes te zoeken die inzicht in de aantallen recreatievaartuigen geven. Er is daarbij gekeken de mogelijkheid om op satellietopnames met kunstmatige intelligentie vaartuigen te kunnen tellen. Uiteraard moet het vaartuig zichtbaar zijn vanuit de satelliet en herkend

worden als vaartuig, maar toch komen er al geloofwaardige cijfers uit. Het Watersportonderzoek 2021 rapporteert een bezit van ongeveer 400.000 recreatieboten, terwijl het kunstmatige Intelligentie model (op een dag) in totaal 211.237 boten telde (181.734 op water en 29.503 boten op land). Mogelijk levert deze techniek op termijn een mogelijkheid tot frequentere update van de recreatievloot-cijfers op.



Figuur 7.1: Satelliet-opname waarop met kunstmatige intelligentie recreatievaartuigen worden geteld (met wisselende trefzekerheid).

Referenties

Apostolos Koutsaris, "Internship summary," i.o.v. "Waterrecreatie Nederland" 2024

Christoph Heidt, Hinrich Helms, Claudia Kämper, Jan Kräck, Aktualisierung de Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018), UBA TEXTE 117/2020

Emissieregistratie, 2016. Factsheet Motoremissies uit de recreatievaart, versie Juni 2016.
[Factsheet Motoremissies uit de recreatievaart \(emissieregistratie.nl\)](#)

Ernst Bolt, Emissie Registratie en Monitoring Scheepvaart (EMS), Schatting energiegebruik van binnenvaartschepen, Versie 3, 22 oktober 2003

Gabele P.A., Pyle S.M., Emissions from two outboard engines operating on reformulated gasoline containing MBTE, Env.Sci.Technol.,34,p 368-372, 2000

Geilenkirchen et al., Methods for calculating emissions of transport in the Netherlands, 2024

ICOMIA, Recreational Boating Industry Statistics 2021, ICOMIA 2022 (edition 1)

Informative Emission Inventory Report Denmark (IER), 2019

International Telecommunication Union, List of Stations and Maritime Mobile Service Identity Assignments, 2023 Edition

Lasse Johansson, Erik Ytreberg, Jukka-Pekka Jalkanen, Erik Fridell, K. Martin Eriksson, Maria Lagerström, Ilja Maljutenko, Urmas Raudsepp, Vivian Fisher, Eva Roth, Model for leisure boat activities and emissions-implementation fort he Baltic Sea, Ocean Science, 16, 1143-1163, 2020, <https://doi.org/10.5194/os-1143-2020>

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Alle watersportvormen, maart 2022

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Vaarders met kajuitmotorboot, maart 2022

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Zeilers met kajuitboot, maart 2022

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Zeilen met een open zeilboot, maart 2022

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Open motorbootvaarders, maart 2022

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Speedboot/Jetski, maart 2022

NBTC en Waterrecreatie NL, Watersportonderzoek 2021, Sloepvaarders, maart 2022

SEFF, “Marktonderzoek Elektrische Boten, Derde meting - 2013 & 2014”, Stifting Elektrysk Farre Fryslân **2015**

Stuhldreher, M., Kargul, J., and Moskalik, A., Emission Screening Test for Marine Outboard Engines, SAE Technical Paper 2021-01-5016, 2021, [doi:10.4271/2021-01-5016](https://doi.org/10.4271/2021-01-5016)

William Froudes’ “Law of Comparison” uit 1868 is in elk tekstboek over scheepsbouwkunde te vinden

Ondertekening

TNO) Energy & Materials Transition) Utrecht, 17 december 2024

Sam van Goethem
Research Manager

Ruben Goudriaan
Project Manager

Bijlage A Emissiefactoren naar lucht

Tabel A.1: Toegepaste emissiefactoren naar compartiment lucht per motortype en normstellingsklasse, g/kWh

Motortype	Stof	Pre-EURO	2003/44/EU	2013/53/EU
Benzine 2-Takt Buitenboord 0 - 3 kW	Methaan	2,84E-01	1,89E-01	1,89E-01
	Butadieen	4,15E-01	2,77E-01	2,77E-01
	VOS	2,09E+02	1,39E+02	1,39E+02
	Formaldehyde	2,29E+00	1,53E+00	1,53E+00
	Benzeen	2,49E+00	1,66E+00	1,66E+00
	Tolueen	7,35E+00	4,90E+00	4,90E+00
	Naftaleen	2,46E-03	1,64E-03	1,64E-03
	Acenaftteen	2,77E-05	1,85E-05	1,85E-05
	Acenaftyleen	6,54E-06	4,36E-06	4,36E-06
	Fenanthreen	5,32E-04	3,54E-04	3,54E-04
	Anthraceen/Anthraceenolie	1,17E-05	7,80E-06	7,80E-06
	Fluorantheen	2,25E-05	1,50E-05	1,50E-05
	Pyreen	2,17E-05	1,44E-05	1,44E-05
	Chryseen	1,87E-05	1,25E-05	1,25E-05
	Benzo(a)Anthraceen	7,60E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(a)Pyreen	7,70E-05	5,13E-05	5,13E-05
	Benzo(b)Fluorantheen	7,60E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(k)Fluorantheen	7,61E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(ghi)Peryleen	6,50E-06	4,33E-06	4,33E-06
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	6,46E-06	4,31E-06	4,31E-06
	Fluoreen	1,34E-05	8,95E-06	8,95E-06
	N2O	3,13E-02	2,61E-02	2,61E-02
	NOx	2,85E+00	1,90E+00	1,90E+00
	NH3	4,00E-02	2,90E-02	2,90E-02
	CO	3,47E+02	2,32E+02	2,32E+02
	PM	5,61E+00	3,74E+00	3,74E+00
Elementair koolstof (EC2.5)	5,61E-01	3,74E-01	3,74E-01	
Fijnstof (PM2,5)	5,61E+00	3,74E+00	3,74E+00	
Benzine 2-Takt Buitenboord 3 - 12 kW	Methaan	2,84E-01	1,89E-01	1,89E-01
	Butadieen	4,15E-01	2,77E-01	2,77E-01
	VOS	2,09E+02	1,39E+02	1,39E+02

Benzine 2-Takt Buitenboord 3 - 12 kW	Formaldehyde	2,29E+00	1,53E+00	1,53E+00
	Benzeen	2,49E+00	1,66E+00	1,66E+00
	Tolueen	7,35E+00	4,90E+00	4,90E+00
	Naftaleen	2,46E-03	1,64E-03	1,64E-03
	Acenafteen	2,77E-05	1,85E-05	1,85E-05
	Acenaftyleen	6,54E-06	4,36E-06	4,36E-06
	Fenanthreen	5,32E-04	3,54E-04	3,54E-04
	Anthraceen/Anthraceenolie	1,17E-05	7,80E-06	7,80E-06
	Fluorantheen	2,25E-05	1,50E-05	1,50E-05
	Pyreen	2,17E-05	1,44E-05	1,44E-05
	Chryseen	1,87E-05	1,25E-05	1,25E-05
	Benzo(a)Anthraceen	7,60E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(a)Pyreen	7,70E-05	5,13E-05	5,13E-05
	Benzo(b)Fluorantheen	7,60E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(k)Fluorantheen	7,61E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(ghi)Peryleen	6,50E-06	4,33E-06	4,33E-06
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	6,46E-06	4,31E-06	4,31E-06
	Fluoreen	1,34E-05	8,95E-06	8,95E-06
	N2O	3,13E-02	2,61E-02	2,61E-02
	NOx	2,85E+00	1,90E+00	1,90E+00
	NH3	4,00E-02	2,90E-02	2,90E-02
	CO	3,47E+02	2,32E+02	2,32E+02
PM	5,61E+00	3,74E+00	3,74E+00	
Elementair koolstof (EC2.5)	5,61E-01	3,74E-01	3,74E-01	
Fijnstof (PM2,5)	5,61E+00	3,74E+00	3,74E+00	
Benzine 2-Takt Buitenboord > 12 kW	Methaan	2,84E-01	1,89E-01	1,89E-01
	Butadien	4,15E-01	2,77E-01	2,77E-01
	VOS	2,09E+02	1,39E+02	1,39E+02
	Formaldehyde	2,29E+00	1,53E+00	1,53E+00
	Benzeen	2,49E+00	1,66E+00	1,66E+00
	Tolueen	7,35E+00	4,90E+00	4,90E+00
	Naftaleen	2,46E-03	1,64E-03	1,64E-03
	Acenafteen	2,77E-05	1,85E-05	1,85E-05
	Acenaftyleen	6,54E-06	4,36E-06	4,36E-06
	Fenanthreen	5,32E-04	3,54E-04	3,54E-04
	Anthraceen/Anthraceenolie	1,17E-05	7,80E-06	7,80E-06
	Fluorantheen	2,25E-05	1,50E-05	1,50E-05
	Pyreen	2,17E-05	1,44E-05	1,44E-05
	Chryseen	1,87E-05	1,25E-05	1,25E-05
	Benzo(a)Anthraceen	7,60E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(a)Pyreen	7,70E-05	5,13E-05	5,13E-05

	Benzo(b)Fluorantheen	7,60E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(k)Fluorantheen	7,61E-05	5,07E-05	5,07E-05
	Benzo(ghi)Peryleen	6,50E-06	4,33E-06	4,33E-06
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	6,46E-06	4,31E-06	4,31E-06
	Fluoreen	1,34E-05	8,95E-06	8,95E-06
	N2O	3,13E-02	2,61E-02	2,61E-02
	NOx	2,85E+00	1,90E+00	1,90E+00
	NH3	4,00E-02	2,90E-02	2,90E-02
	CO	3,47E+02	2,32E+02	2,32E+02
	PM	5,61E+00	3,74E+00	3,74E+00
	Elementair koolstof (EC2.5)	5,61E-01	3,74E-01	3,74E-01
	Fijnstof (PM2,5)	5,61E+00	3,74E+00	3,74E+00
Benzine 4-Takt Buitenboord 0 - 3 kW	Methaan	4,03E-02	2,68E-02	2,68E-02
	Butadieen	5,89E-02	3,92E-02	3,92E-02
	VOS	2,96E+01	1,97E+01	1,97E+01
	Formaldehyde	3,26E-01	2,17E-01	2,17E-01
	Benzeen	3,53E-01	2,35E-01	2,35E-01
	Tolueen	1,04E+00	6,95E-01	6,95E-01
	Naftaleen	3,49E-04	2,32E-04	2,32E-04
	Acenafteen	3,94E-06	2,62E-06	2,62E-06
	Acenaftyleen	9,28E-07	6,18E-07	6,18E-07
	Fenanthreen	7,55E-05	5,02E-05	5,02E-05
	Anthraceen/Anthraceenolie	1,66E-06	1,11E-06	1,11E-06
	Fluorantheen	3,19E-06	2,12E-06	2,12E-06
	Pyreen	3,07E-06	2,05E-06	2,05E-06
	Chryseen	2,65E-06	1,77E-06	1,77E-06
	Benzo(a)Anthraceen	1,08E-05	7,18E-06	7,18E-06
	Benzo(a)Pyreen	1,09E-05	7,27E-06	7,27E-06
	Benzo(b)Fluorantheen	1,08E-05	7,18E-06	7,18E-06
	Benzo(k)Fluorantheen	1,08E-05	7,19E-06	7,19E-06
	Benzine 4-Takt Buitenboord 0 - 3 kW	Benzo(ghi)Peryleen	9,22E-07	6,14E-07
Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen		9,17E-07	6,10E-07	6,10E-07
Fluoreen		1,91E-06	1,27E-06	1,27E-06
N2O		1,80E-02	1,50E-02	1,50E-02
NOx		3,73E+00	2,48E+00	2,48E+00
NH3		3,00E-02	2,00E-02	2,00E-02
CO		3,24E+02	2,16E+02	2,16E+02
PM		1,50E-01	1,00E-01	1,00E-01
Elementair koolstof (EC2.5)		1,50E-02	1,00E-02	1,00E-02
Fijnstof (PM2,5)		1,50E-01	1,00E-01	1,00E-01
		Methaan	4,03E-02	2,68E-02

Benzine 4-Takt Buitenboord 3 - 12 kW	Butadieen	5,89E-02	3,92E-02	3,92E-02
	VOS	2,96E+01	1,97E+01	1,97E+01
	Formaldehyde	3,26E-01	2,17E-01	2,17E-01
	Benzeen	3,53E-01	2,35E-01	2,35E-01
	Tolueen	1,04E+00	6,95E-01	6,95E-01
	Naftaleen	3,49E-04	2,32E-04	2,32E-04
	Acenafteen	3,94E-06	2,62E-06	2,62E-06
	Acenaftyleen	9,28E-07	6,18E-07	6,18E-07
	Fenanthreen	7,55E-05	5,02E-05	5,02E-05
	Anthraceen/Anthraceenolie	1,66E-06	1,11E-06	1,11E-06
	Fluorantheen	3,19E-06	2,12E-06	2,12E-06
	Pyreen	3,07E-06	2,05E-06	2,05E-06
	Chryseen	2,65E-06	1,77E-06	1,77E-06
	Benzo(a)Anthraceen	1,08E-05	7,18E-06	7,18E-06
	Benzo(a)Pyreen	1,09E-05	7,27E-06	7,27E-06
	Benzo(b)Fluorantheen	1,08E-05	7,18E-06	7,18E-06
	Benzo(k)Fluorantheen	1,08E-05	7,19E-06	7,19E-06
	Benzo(ghi)Peryleen	9,22E-07	6,14E-07	6,14E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	9,17E-07	6,10E-07	6,10E-07
	Fluoreen	1,91E-06	1,27E-06	1,27E-06
	N2O	1,80E-02	1,50E-02	1,50E-02
	NOx	3,73E+00	2,48E+00	2,48E+00
	NH3	3,00E-02	2,00E-02	2,00E-02
	CO	3,24E+02	2,16E+02	2,16E+02
	PM	1,50E-01	1,00E-01	1,00E-01
	Elementair koolstof (EC2.5)	1,50E-02	1,00E-02	1,00E-02
Fijnstof (PM2,5)	1,50E-01	1,00E-01	1,00E-01	
Benzine 4-Takt Buitenboord >12 kW	Methaan	4,03E-02	2,68E-02	2,68E-02
	Butadieen	5,89E-02	3,92E-02	3,92E-02
	VOS	2,96E+01	1,97E+01	1,97E+01
	Formaldehyde	3,26E-01	2,17E-01	2,17E-01
	Benzeen	3,53E-01	2,35E-01	2,35E-01
	Tolueen	1,04E+00	6,95E-01	6,95E-01
	Naftaleen	3,49E-04	2,32E-04	2,32E-04
	Acenafteen	3,94E-06	2,62E-06	2,62E-06
	Acenaftyleen	9,28E-07	6,18E-07	6,18E-07
	Fenanthreen	7,55E-05	5,02E-05	5,02E-05
	Anthraceen/Anthraceenolie	1,66E-06	1,11E-06	1,11E-06
	Fluorantheen	3,19E-06	2,12E-06	2,12E-06
	Pyreen	3,07E-06	2,05E-06	2,05E-06
	Chryseen	2,65E-06	1,77E-06	1,77E-06

Benzine 4-Takt Buitenboord >12 kW	Benzo(a)Anthraceen	1,08E-05	7,18E-06	7,18E-06
	Benzo(a)Pyreen	1,09E-05	7,27E-06	7,27E-06
	Benzo(b)Fluorantheen	1,08E-05	7,18E-06	7,18E-06
	Benzo(k)Fluorantheen	1,08E-05	7,19E-06	7,19E-06
	Benzo(ghi)Peryleen	9,22E-07	6,14E-07	6,14E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	9,17E-07	6,10E-07	6,10E-07
	Fluoreen	1,91E-06	1,27E-06	1,27E-06
	N2O	1,80E-02	1,50E-02	1,50E-02
	NOx	3,73E+00	2,48E+00	2,48E+00
	NH3	3,00E-02	2,00E-02	2,00E-02
	CO	3,24E+02	2,16E+02	2,16E+02
	PM	1,50E-01	1,00E-01	1,00E-01
	Elementair koolstof (EC2.5)	1,50E-02	1,00E-02	1,00E-02
	Fijnstof (PM2,5)	1,50E-01	1,00E-01	1,00E-01
Benzine 4-Takt Binnenboord 75 - 130 kW	Methaan	7,30E-03	7,30E-03	7,30E-03
	Butadien	1,07E-02	1,07E-02	1,07E-02
	VOS	5,36E+00	5,36E+00	5,36E+00
	Formaldehyde	5,89E-02	5,89E-02	5,89E-02
	Benzeen	6,39E-02	6,39E-02	6,39E-02
	Tolueen	1,89E-01	1,89E-01	1,89E-01
	Naftaleen	6,31E-05	6,31E-05	6,31E-05
	Acenafteen	7,12E-07	7,12E-07	7,12E-07
	Acenaftyleen	1,68E-07	1,68E-07	1,68E-07
	Fenanthreen	1,37E-05	1,37E-05	1,37E-05
	Anthraceen/Anthraceenolie	3,00E-07	3,00E-07	3,00E-07
	Fluorantheen	5,77E-07	5,77E-07	5,77E-07
	Pyreen	5,56E-07	5,56E-07	5,56E-07
	Chryseen	4,80E-07	4,80E-07	4,80E-07
	Benzo(a)Anthraceen	1,95E-06	1,95E-06	1,95E-06
	Benzo(a)Pyreen	1,98E-06	1,98E-06	1,98E-06
	Benzo(b)Fluorantheen	1,95E-06	1,95E-06	1,95E-06
	Benzo(k)Fluorantheen	1,95E-06	1,95E-06	1,95E-06
	Benzo(ghi)Peryleen	1,67E-07	1,67E-07	1,67E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	1,66E-07	1,66E-07	1,66E-07
	Fluoreen	3,45E-07	3,45E-07	3,45E-07
	N2O	1,37E-02	1,37E-02	1,37E-02
	NOx	1,28E+01	1,28E+01	1,28E+01
	NH3	1,14E-02	1,14E-02	1,14E-02
	CO	3,04E+01	3,04E+01	3,04E+01
	PM	9,70E-02	9,70E-02	9,70E-02
	Elementair koolstof (EC2.5)	1,84E-02	1,84E-02	1,84E-02

	Fijnstof (PM2,5)	9,70E-02	9,70E-02	9,70E-02
Diesel Binnenboord < 37 kW	Methaan	1,27E-01	9,75E-02	9,75E-02
	Butadien	1,08E-02	8,33E-03	8,33E-03
	VOS	3,25E+00	2,50E+00	2,50E+00
	Formaldehyde	1,88E-01	1,45E-01	1,45E-01
	Benzeen	6,17E-02	4,75E-02	4,75E-02
	Tolueen	4,55E-02	3,50E-02	3,50E-02
	Naftaleen	2,20E-02	1,69E-02	1,69E-02
	Fenanthreen	1,54E-03	1,19E-03	1,19E-03
	Anthraceen/Anthraceenolie	3,93E-04	3,02E-04	3,02E-04
	Fluorantheen	4,09E-04	3,15E-04	3,15E-04
	Chryseen	2,20E-04	1,69E-04	1,69E-04
	Benzo(a)Anthraceen	6,82E-05	5,25E-05	5,25E-05
	Benzo(a)Pyreen	5,50E-05	4,23E-05	4,23E-05
	Benzo(b)Fluorantheen	5,50E-05	4,23E-05	4,23E-05
	Benzo(k)Fluorantheen	2,09E-05	1,61E-05	1,61E-05
	Benzo(ghi)Peryleen	8,35E-06	6,42E-06	6,42E-06
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	3,25E-09	2,50E-09	2,50E-09
	N2O	2,58E-02	2,06E-02	1,90E-02
	NOx	1,65E+01	1,27E+01	1,27E+01
	NH3	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03
	CO	8,45E+00	6,50E+00	6,50E+00
	PM	1,56E+00	1,20E+00	1,20E+00
	Elementair koolstof (EC2.5)	6,59E-01	5,07E-01	5,07E-01
	Fijnstof (PM2,5)	1,48E+00	1,14E+00	1,14E+00
Diesel Binnenboord 37-75 kW	Methaan	1,27E-01	9,75E-02	1,95E-02
	Butadien	1,08E-02	8,33E-03	1,67E-03
Diesel Binnenboord 37-75 kW	VOS	3,25E+00	2,50E+00	5,00E-01
	Formaldehyde	1,88E-01	1,45E-01	2,90E-02
	Benzeen	6,17E-02	4,75E-02	9,50E-03
	Tolueen	4,55E-02	3,50E-02	7,00E-03
	Naftaleen	2,20E-02	1,69E-02	3,39E-03
	Fenanthreen	1,54E-03	1,19E-03	2,38E-04
	Anthraceen/Anthraceenolie	3,93E-04	3,02E-04	6,04E-05
	Fluorantheen	4,09E-04	3,15E-04	6,29E-05
	Chryseen	2,20E-04	1,69E-04	3,38E-05
	Benzo(a)Anthraceen	6,82E-05	5,25E-05	1,05E-05
	Benzo(a)Pyreen	5,50E-05	4,23E-05	8,46E-06
	Benzo(b)Fluorantheen	5,50E-05	4,23E-05	8,46E-06
	Benzo(k)Fluorantheen	2,09E-05	1,61E-05	3,22E-06
	Benzo(ghi)Peryleen	8,35E-06	6,42E-06	1,28E-06

	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	3,25E-09	2,50E-09	5,00E-10
	N2O	2,58E-02	2,06E-02	1,90E-02
	NOx	1,65E+01	1,27E+01	5,70E+00
	NH3	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03
	CO	8,45E+00	6,50E+00	1,00E+00
	PM	1,56E+00	1,20E+00	4,00E-01
	Elementair koolstof (EC2.5)	6,59E-01	5,07E-01	1,69E-01
	Fijnstof (PM2,5)	1,48E+00	1,14E+00	3,80E-01
Diesel Binnenboord >75 kW	Methaan	1,27E-01	9,75E-02	1,95E-02
	Butadieen	1,08E-02	8,33E-03	1,67E-03
	VOS	3,25E+00	2,50E+00	5,00E-01
	Formaldehyde	1,88E-01	1,45E-01	2,90E-02
	Benzeen	6,17E-02	4,75E-02	9,50E-03
	Tolueen	4,55E-02	3,50E-02	7,00E-03
	Naftaleen	2,20E-02	1,69E-02	3,39E-03
	Fenanthreen	1,54E-03	1,19E-03	2,38E-04
	Anthraceen/Anthraceenolie	3,93E-04	3,02E-04	6,04E-05
	Fluorantheen	4,09E-04	3,15E-04	6,29E-05
	Chryseen	2,20E-04	1,69E-04	3,38E-05
	Benzo(a)Anthraceen	6,82E-05	5,25E-05	1,05E-05
	Benzo(a)Pyreen	5,50E-05	4,23E-05	8,46E-06
	Benzo(b)Fluorantheen	5,50E-05	4,23E-05	8,46E-06
	Benzo(k)Fluorantheen	2,09E-05	1,61E-05	3,22E-06
	Benzo(ghi)Peryleen	8,35E-06	6,42E-06	1,28E-06
	Indeno(1,2,3-c,d)Pyreen	3,25E-09	2,50E-09	5,00E-10
	N2O	2,58E-02	2,06E-02	1,90E-02
	NOx	1,65E+01	1,27E+01	7,00E+00
	NH3	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03
	CO	8,45E+00	6,50E+00	1,00E+00
	PM	1,56E+00	1,20E+00	5,00E-01
	Elementair koolstof (EC2.5)	6,59E-01	5,07E-01	2,11E-01
	Fijnstof (PM2,5)	1,48E+00	1,14E+00	4,75E-01

Bijlage B Emissiefactoren naar water

Tabel B.1 Toegepaste emissiefactoren naar compartiment water per motortype en normstellingsklasse, g/kWh

Motortype	Stof	Pre-EURO	2003/44/EU	2013/53/EU
Benzine 2-Takt Buitenboord 0 - 3 kW	1,3-butadien	8,30E-02	5,53E-02	5,53E-02
	VOS	4,17E+01	2,78E+01	2,78E+01
	Formaldehyde	4,59E-01	3,06E-01	3,06E-01
	Benzeen	4,98E-01	3,32E-01	3,32E-01
	Tolueen	1,47E+00	9,80E-01	9,80E-01
	Naftaleen	4,91E-04	3,27E-04	3,27E-04
	Acenafteen	2,77E-06	1,85E-06	1,85E-06
	Acenaftyleen	6,54E-07	4,36E-07	4,36E-07
	Fenanthreen	5,32E-05	3,54E-05	3,54E-05
	Anthraceen	2,34E-06	1,56E-06	1,56E-06
	Fluorantheen	4,49E-06	2,99E-06	2,99E-06
	Pyreen	4,33E-06	2,89E-06	2,89E-06
	Chryseen	1,87E-06	1,25E-06	1,25E-06
	Benzo[a]anthraceen	7,60E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo(a)pyreen	7,70E-06	5,13E-06	5,13E-06
	Benzo[b]fluorantheen	7,60E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo(k)fluorantheen	7,61E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo[g,h,i]peryleen	6,50E-07	4,33E-07	4,33E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	6,46E-07	4,31E-07	4,31E-07
	Fluoreen	2,68E-06	1,79E-06	1,79E-06
PM	5,61E-01	3,74E-01	3,74E-01	
Benzine 2-Takt Buitenboord 3 - 12 kW	1,3-butadien	8,30E-02	5,53E-02	5,53E-02
	VOS	4,17E+01	2,78E+01	2,78E+01
	Formaldehyde	4,59E-01	3,06E-01	3,06E-01
	Benzeen	4,98E-01	3,32E-01	3,32E-01
	Tolueen	1,47E+00	9,80E-01	9,80E-01
	Naftaleen	4,91E-04	3,27E-04	3,27E-04
	Acenafteen	2,77E-06	1,85E-06	1,85E-06
	Acenaftyleen	6,54E-07	4,36E-07	4,36E-07
	Fenanthreen	5,32E-05	3,54E-05	3,54E-05
	Anthraceen	2,34E-06	1,56E-06	1,56E-06

	Fluorantheen	4,49E-06	2,99E-06	2,99E-06
	Pyreen	4,33E-06	2,89E-06	2,89E-06
	Chryseen	1,87E-06	1,25E-06	1,25E-06
	Benzo[a]anthraceen	7,60E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo(a)pyreen	7,70E-06	5,13E-06	5,13E-06
	Benzo[b]fluorantheen	7,60E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo(k)fluorantheen	7,61E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo[g,h,i]peryleen	6,50E-07	4,33E-07	4,33E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	6,46E-07	4,31E-07	4,31E-07
	Fluoreen	2,68E-06	1,79E-06	1,79E-06
	PM	5,61E-01	3,74E-01	3,74E-01
Benzine 2-Takt Buitenboord > 12 kW	1,3-butadien	8,30E-02	5,53E-02	5,53E-02
	VOS	4,17E+01	2,78E+01	2,78E+01
	Formaldehyde	4,59E-01	3,06E-01	3,06E-01
	Benzeen	4,98E-01	3,32E-01	3,32E-01
	Tolueen	1,47E+00	9,80E-01	9,80E-01
	Naftaleen	4,91E-04	3,27E-04	3,27E-04
	Acenaftteen	2,77E-06	1,85E-06	1,85E-06
	Acenaftyleen	6,54E-07	4,36E-07	4,36E-07
	Fenanthreen	5,32E-05	3,54E-05	3,54E-05
	Anthraceen	2,34E-06	1,56E-06	1,56E-06
	Fluorantheen	4,49E-06	2,99E-06	2,99E-06
	Pyreen	4,33E-06	2,89E-06	2,89E-06
	Chryseen	1,87E-06	1,25E-06	1,25E-06
	Benzo[a]anthraceen	7,60E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo(a)pyreen	7,70E-06	5,13E-06	5,13E-06
	Benzo[b]fluorantheen	7,60E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo(k)fluorantheen	7,61E-06	5,07E-06	5,07E-06
	Benzo[g,h,i]peryleen	6,50E-07	4,33E-07	4,33E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	6,46E-07	4,31E-07	4,31E-07
	Fluoreen	2,68E-06	1,79E-06	1,79E-06
PM	5,61E-01	3,74E-01	3,74E-01	
Benzine 4-Takt Buitenboord 0 - 3 kW	1,3-butadien	1,18E-02	7,84E-03	7,84E-03
	VOS	5,92E+00	3,94E+00	3,94E+00
	Formaldehyde	6,51E-02	4,33E-02	4,33E-02
	Benzeen	7,07E-02	4,70E-02	4,70E-02
	Tolueen	2,09E-01	1,39E-01	1,39E-01
	Naftaleen	6,97E-05	4,64E-05	4,64E-05
	Acenaftteen	3,94E-07	2,62E-07	2,62E-07

	Acenaftyleen	9,28E-08	6,18E-08	6,18E-08
	Fenanthreen	7,55E-06	5,02E-06	5,02E-06
	Anthraceen	3,32E-07	2,21E-07	2,21E-07
	Fluorantheen	6,38E-07	4,24E-07	4,24E-07
	Pyreen	6,15E-07	4,09E-07	4,09E-07
	Chryseen	2,65E-07	1,77E-07	1,77E-07
	Benzo[a]anthraceen	1,08E-06	7,18E-07	7,18E-07
	Benzo(a)pyreen	1,09E-06	7,27E-07	7,27E-07
	Benzo[b]fluorantheen	1,08E-06	7,18E-07	7,18E-07
	Benzo(k)fluorantheen	1,08E-06	7,19E-07	7,19E-07
	Benzo[g,h,i]peryleen	9,22E-08	6,14E-08	6,14E-08
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	9,17E-08	6,10E-08	6,10E-08
	Fluoreen	3,81E-07	2,54E-07	2,54E-07
	PM	1,50E-02	1,00E-02	1,00E-02
Benzine 4-Takt Buitenboord 3 - 12 kW	1,3-butadien	1,18E-02	7,84E-03	7,84E-03
	VOS	5,92E+00	3,94E+00	3,94E+00
	Formaldehyde	6,51E-02	4,33E-02	4,33E-02
	Benzeen	7,07E-02	4,70E-02	4,70E-02
	Tolueen	2,09E-01	1,39E-01	1,39E-01
	Naftaleen	6,97E-05	4,64E-05	4,64E-05
	Acenaftteen	3,94E-07	2,62E-07	2,62E-07
	Acenaftyleen	9,28E-08	6,18E-08	6,18E-08
	Fenanthreen	7,55E-06	5,02E-06	5,02E-06
	Anthraceen	3,32E-07	2,21E-07	2,21E-07
	Fluorantheen	6,38E-07	4,24E-07	4,24E-07
	Pyreen	6,15E-07	4,09E-07	4,09E-07
	Chryseen	2,65E-07	1,77E-07	1,77E-07
	Benzo[a]anthraceen	1,08E-06	7,18E-07	7,18E-07
Benzo(a)pyreen	1,09E-06	7,27E-07	7,27E-07	
Benzo[b]fluorantheen	1,08E-06	7,18E-07	7,18E-07	
Benzo(k)fluorantheen	1,08E-06	7,19E-07	7,19E-07	
Benzo[g,h,i]peryleen	9,22E-08	6,14E-08	6,14E-08	
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	9,17E-08	6,10E-08	6,10E-08	
Fluoreen	3,81E-07	2,54E-07	2,54E-07	
PM	1,50E-02	1,00E-02	1,00E-02	
Benzine 4-Takt Buitenboord >12 kW	1,3-butadien	1,18E-02	7,84E-03	7,84E-03
	VOS	5,92E+00	3,94E+00	3,94E+00
	Formaldehyde	6,51E-02	4,33E-02	4,33E-02
	Benzeen	7,07E-02	4,70E-02	4,70E-02

	Tolueen	2,09E-01	1,39E-01	1,39E-01	
	Naftaleen	6,97E-05	4,64E-05	4,64E-05	
	Acenaftteen	3,94E-07	2,62E-07	2,62E-07	
	Acenaftyleen	9,28E-08	6,18E-08	6,18E-08	
	Fenanthreen	7,55E-06	5,02E-06	5,02E-06	
	Anthraceen	3,32E-07	2,21E-07	2,21E-07	
	Fluorantheen	6,38E-07	4,24E-07	4,24E-07	
	Pyreen	6,15E-07	4,09E-07	4,09E-07	
	Chryseen	2,65E-07	1,77E-07	1,77E-07	
	Benzo[a]anthraceen	1,08E-06	7,18E-07	7,18E-07	
	Benzo(a)pyreen	1,09E-06	7,27E-07	7,27E-07	
	Benzo[b]fluorantheen	1,08E-06	7,18E-07	7,18E-07	
	Benzo(k)fluorantheen	1,08E-06	7,19E-07	7,19E-07	
	Benzo[g,h,i]peryleen	9,22E-08	6,14E-08	6,14E-08	
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	9,17E-08	6,10E-08	6,10E-08	
	Fluoreen	3,81E-07	2,54E-07	2,54E-07	
	PM	1,50E-02	1,00E-02	1,00E-02	
Benzine 4-Takt Binnenboord 75 - 130 kW	1,3-butadieen	2,13E-03	2,13E-03	2,13E-03	
	VOS	1,07E+00	1,07E+00	1,07E+00	
	Formaldehyde	1,18E-02	1,18E-02	1,18E-02	
	Benzeen	1,28E-02	1,28E-02	1,28E-02	
	Tolueen	3,78E-02	3,78E-02	3,78E-02	
	Naftaleen	1,26E-05	1,26E-05	1,26E-05	
	Acenaftteen	7,12E-08	7,12E-08	7,12E-08	
	Acenaftyleen	1,68E-08	1,68E-08	1,68E-08	
	Fenanthreen	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	
	Anthraceen	6,01E-08	6,01E-08	6,01E-08	
	Fluorantheen	1,15E-07	1,15E-07	1,15E-07	
	Pyreen	1,11E-07	1,11E-07	1,11E-07	
	Chryseen	4,80E-08	4,80E-08	4,80E-08	
	Benzo[a]anthraceen	1,95E-07	1,95E-07	1,95E-07	
	Benzo(a)pyreen	1,98E-07	1,98E-07	1,98E-07	
	Benzo[b]fluorantheen	1,95E-07	1,95E-07	1,95E-07	
	Benzo(k)fluorantheen	1,95E-07	1,95E-07	1,95E-07	
	Benzo[g,h,i]peryleen	1,67E-08	1,67E-08	1,67E-08	
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	1,66E-08	1,66E-08	1,66E-08	
	Fluoreen	6,90E-08	6,90E-08	6,90E-08	
	PM	9,70E-03	9,70E-03	9,70E-03	
		1,3-butadieen	2,17E-03	1,67E-03	1,67E-03

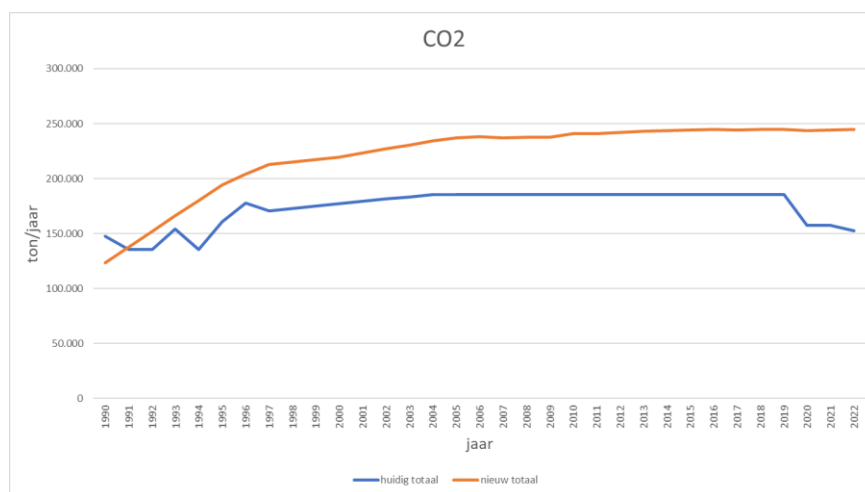
Diesel Binnenboord < 37 kW	VOS	6,50E-01	5,00E-01	5,00E-01
	Formaldehyde	3,77E-02	2,90E-02	2,90E-02
	Benzeen	1,23E-02	9,50E-03	9,50E-03
	Tolueen	9,10E-03	7,00E-03	7,00E-03
	Naftaleen	4,40E-03	3,39E-03	3,39E-03
	Acenaftyleen	9,09E-05	4,07E-05	2,15E-05
	Fenanthreen	1,54E-04	1,19E-04	1,19E-04
	Anthraceen	7,85E-05	6,04E-05	6,04E-05
	Fluorantheen	8,18E-05	6,29E-05	6,29E-05
	Benzo[a]anthraceen	6,82E-06	5,25E-06	5,25E-06
	Benzo(a)pyreen	5,50E-06	4,23E-06	4,23E-06
	Benzo[b]fluorantheen	5,50E-06	4,23E-06	4,23E-06
	Benzo(k)fluorantheen	2,09E-06	1,61E-06	1,61E-06
	Benzo[g,h,i]peryleen	8,35E-07	6,42E-07	6,42E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	3,25E-10	2,50E-10	2,50E-10
PM	1,56E-01	1,20E-01	1,20E-01	
Diesel Binnenboord 37-75 kW	1,3-butadien	2,17E-03	1,67E-03	3,33E-04
	VOS	6,50E-01	5,00E-01	1,00E-01
	Formaldehyde	3,77E-02	2,90E-02	5,80E-03
	Benzeen	1,23E-02	9,50E-03	1,90E-03
	Tolueen	9,10E-03	7,00E-03	1,40E-03
	Naftaleen	4,40E-03	3,39E-03	6,77E-04
	Acenaftyleen	5,26E-05	3,59E-05	1,91E-05
	Fenanthreen	1,54E-04	1,19E-04	2,38E-05
	Anthraceen	7,85E-05	6,04E-05	1,21E-05
	Fluorantheen	8,18E-05	6,29E-05	1,26E-05
	Benzo[a]anthraceen	6,82E-06	5,25E-06	1,05E-06
	Benzo(a)pyreen	5,50E-06	4,23E-06	8,46E-07
	Benzo[b]fluorantheen	5,50E-06	4,23E-06	8,46E-07
	Benzo(k)fluorantheen	2,09E-06	1,61E-06	3,22E-07
	Benzo[g,h,i]peryleen	8,35E-07	6,42E-07	1,28E-07
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	3,25E-10	2,50E-10	5,00E-11	
PM	1,56E-01	1,20E-01	4,00E-02	
Diesel Binnenboord > 75 kW	1,3-butadien	2,17E-03	1,67E-03	3,33E-04
	VOS	6,50E-01	5,00E-01	1,00E-01
	Formaldehyde	3,77E-02	2,90E-02	5,80E-03
	Benzeen	1,23E-02	9,50E-03	1,90E-03
	Tolueen	9,10E-03	7,00E-03	1,40E-03
	Naftaleen	4,40E-03	3,39E-03	6,77E-04

	Acenaftyleen	4,78E-05	3,11E-05	1,67E-05
	Fenanthreen	1,54E-04	1,19E-04	2,38E-05
	Anthraceen	7,85E-05	6,04E-05	1,21E-05
	Fluorantheen	8,18E-05	6,29E-05	1,26E-05
	Benzo[a]anthraceen	6,82E-06	5,25E-06	1,05E-06
	Benzo(a)pyreen	5,50E-06	4,23E-06	8,46E-07
	Benzo[b]fluorantheen	5,50E-06	4,23E-06	8,46E-07
	Benzo(k)fluorantheen	2,09E-06	1,61E-06	3,22E-07
	Benzo[g,h,i]peryleen	8,35E-07	6,42E-07	1,28E-07
	Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	3,25E-10	2,50E-10	5,00E-11
	PM	1,56E-01	1,20E-01	5,00E-02

Bijlage C Vergelijking emissies met het oude model

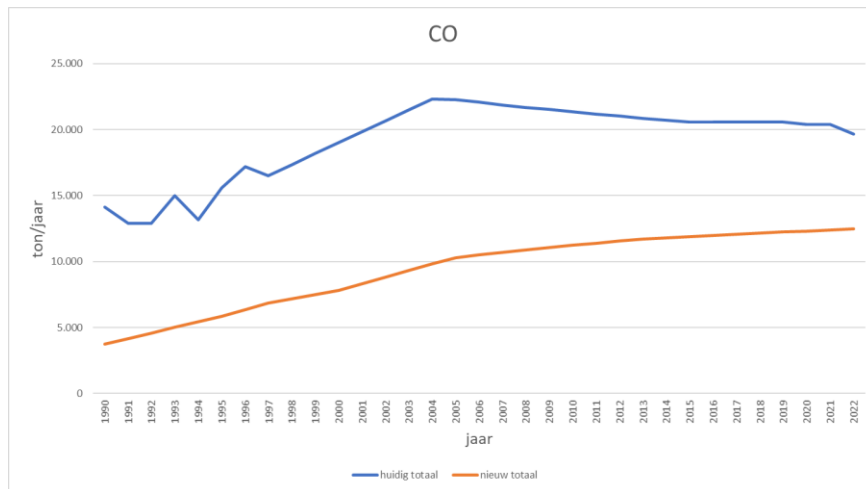
Emissies naar lucht

In Figuur C.1 wordt de totale emissie van CO₂ van het nieuwe model vergeleken met de emissies die met het oude model werden geschat. De dip in de emissies van het oude model werden veroorzaakt door de inschatting dat door corona minder gevaren werd. Dit laatste is een onjuiste inschatting gebleken. Het verschil in 2019 is 40% extra. De verschillen komen met name voort uit de toevoeging van sloepen aan het model en de toevoeging van de grotere kajuit motorboten.



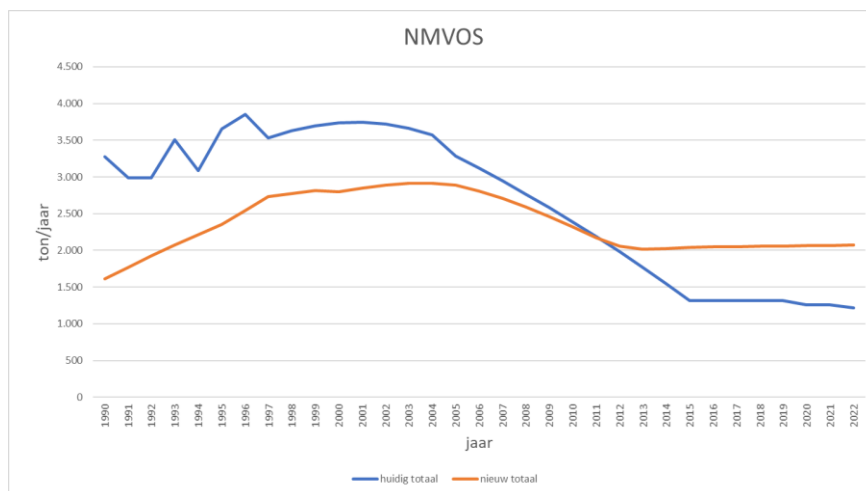
Figuur C.1: Vergelijking van tijdreeks emissie per jaar van CO₂

In Figuur C.2 wordt de totale emissie van CO van het nieuwe model vergeleken met de emissies die met het oude model werden geschat. De verschillen komen voort uit de toepassing van lagere emissiefactoren voor CO in combinatie met de toepassing van hogere aantallen bootjes in de latere jaren.



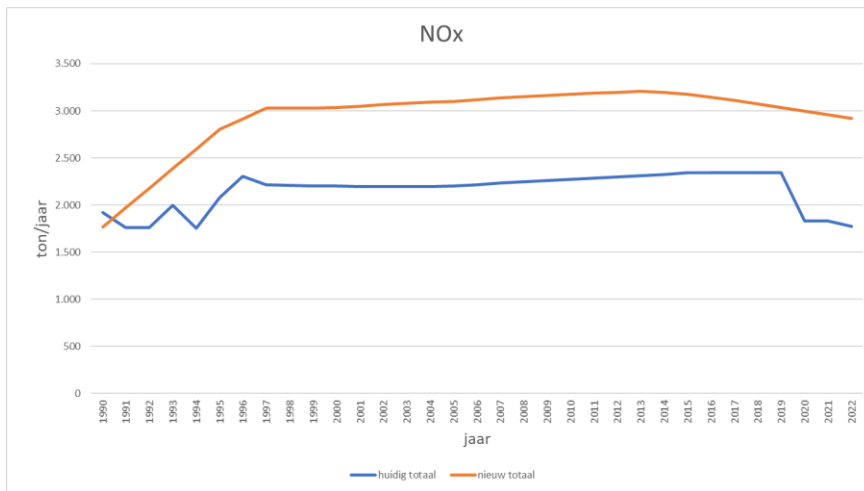
Figuur C.2: Vergelijking van tijdreeks emissie per jaar van CO

In Figuur C.3 wordt de totale emissie van NMVOS van het nieuwe model vergeleken met de emissies die met het oude model werden geschat. De trend die met het oude en het nieuwe model is berekend toont gelijkenis echter verschillen komen voort uit de toepassing van wat lagere emissiefactoren voor HC in combinatie met de toepassing van hogere aantallen bootjes in de latere jaren.



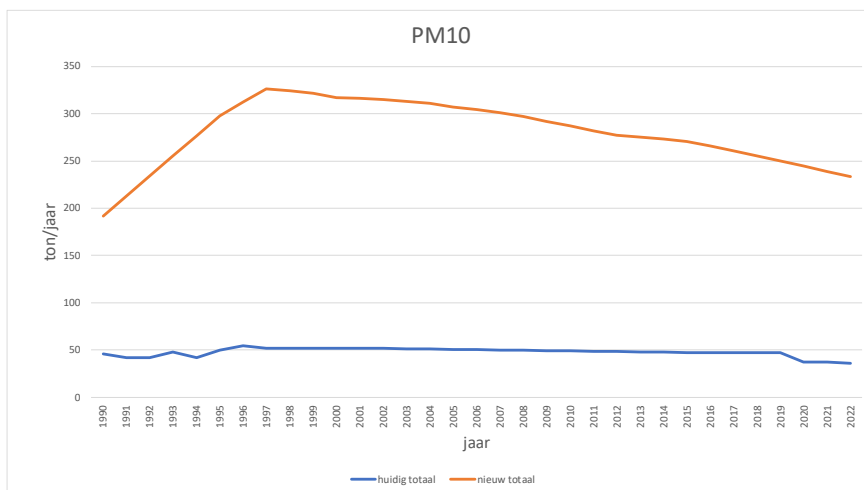
Figuur C.3: Vergelijking van tijdreeks emissie per jaar van NMVOS

In Figuur C.4 wordt de totale emissie van NO_x van het nieuwe model vergeleken met de emissies die met het oude model werden geschat. De trend die met het oude en het nieuwe model is berekend toont gelijkenis echter verschillen komen voort uit het hogere energiegebruik dat met het nieuwe model is berekend. Zie ook de verklaring bij CO₂. De trend in het nieuwe model is gelijkmatiger omdat de introductie van de nieuwe technologie is gemodelleerd in plaats van een discrete schatting.



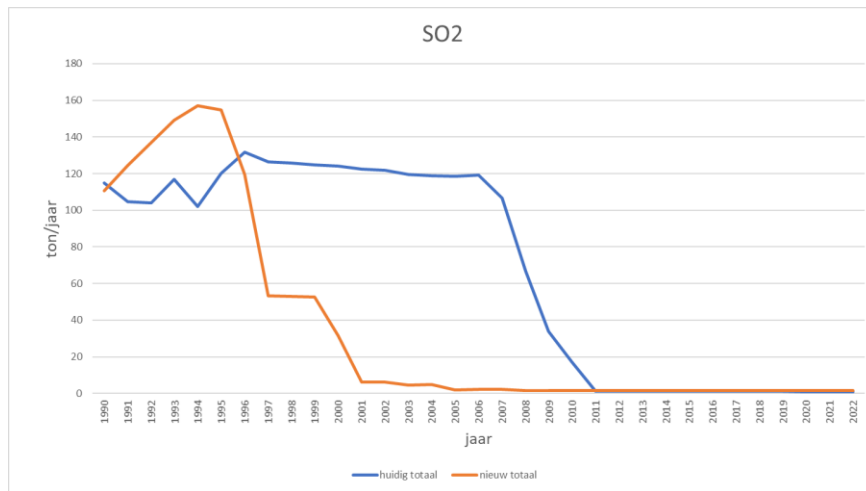
Figuur C.4: Vergelijking van tijdreeks emissie per jaar van overige NOx

In Figuur C.5 wordt de totale emissie van PM₁₀ van het nieuwe model vergeleken met de emissies die met het oude model werden geschat. De grote verschillen komen nagenoeg geheel voort uit de hogere PM-emissiefactoren die in het nieuwe model worden voorgesteld.



Figuur C.5: Vergelijking van tijdreeks emissie per jaar van PM₁₀

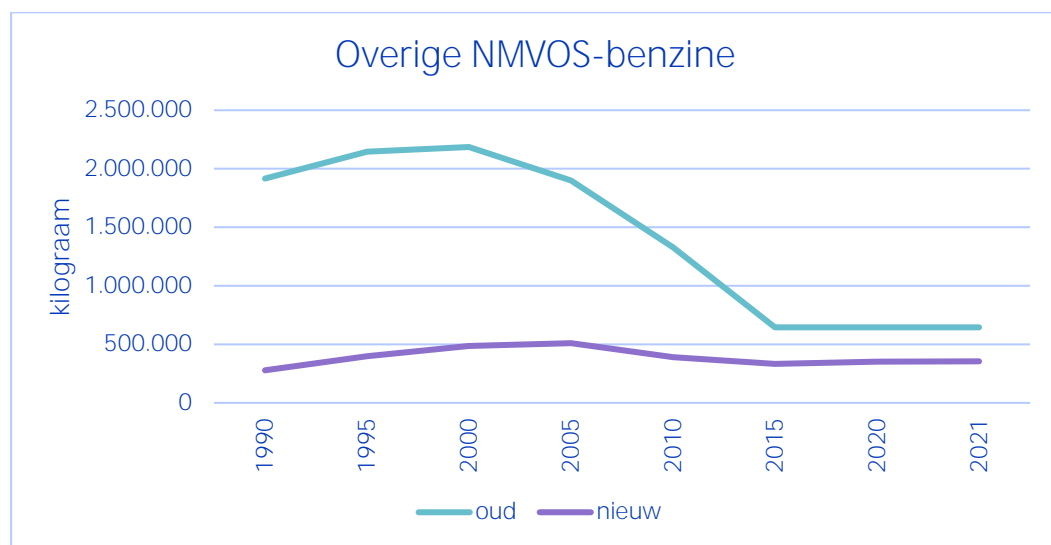
In Figuur C.6 wordt de totale emissie van SO₂ van het nieuwe model vergeleken met de emissies die met het oude model werden geschat. Het grote verschil wordt veroorzaakt doordat in het nieuwe model is uitgegaan van zwavelgehalten die gelijk zijn aan brandstoffen van het wegverkeer in plaats van diesel voor de binnenvaart. Dit lijkt een realistische schatting aangezien de recreatievaart meestal gebruik maakt van tankstations in jachthavens die veelal dezelfde brandstof aanbieden als wegtankstations.



Figuur C.6: Vergelijking van tijdreeks emissie per jaar van SO₂

Emissies naar water

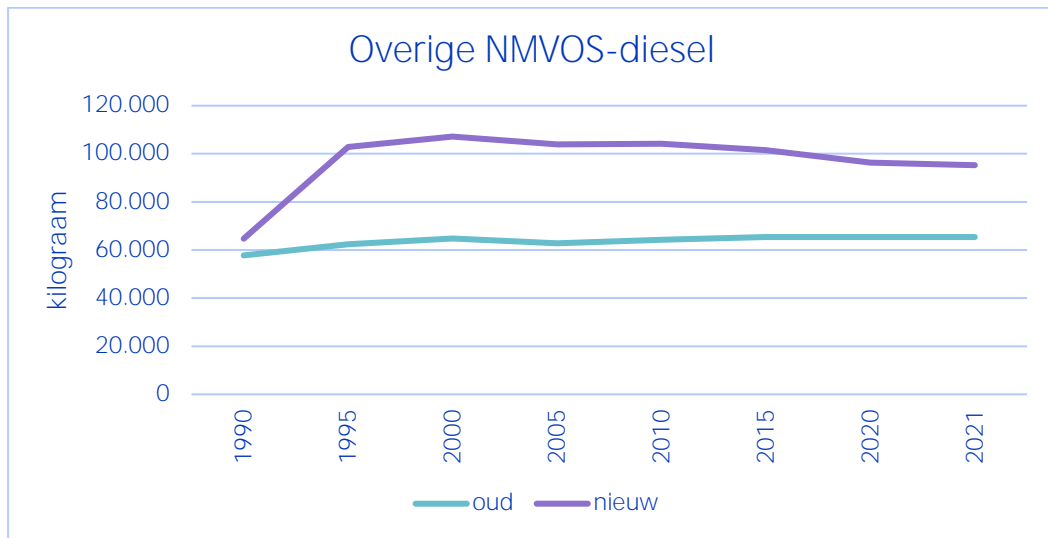
Figuur C.7 toont de vergelijking van de resultaten van het oude en het nieuwe model met de resultaten van de wateremissies van NMVOS door benzinemotoren.



Figuur C.7: Vergelijking oud en nieuw model directe water-emissie van NMVOS door benzinemotoren

Figuur C.7 laat de effecten zien van een combinatie van veranderingen. De veranderingen bestaan uit een verlaging van het aandeel van de emissies dat naar water gaat (van 67% van de luchtmissies naar 20% van de luchtmissies), de veranderingen van de emissiefactoren van de motoremissies van benzinemotoren en de veranderingen in de activiteitsdata. Het nieuwe emissiemodel gaat uit van een lager aandeel aan 2-takt motoren. Aangezien 2-takt motoren de hoogste emissiefactor hebben, zorgt dit lagere aandeel voor een lagere NMVOS emissie.

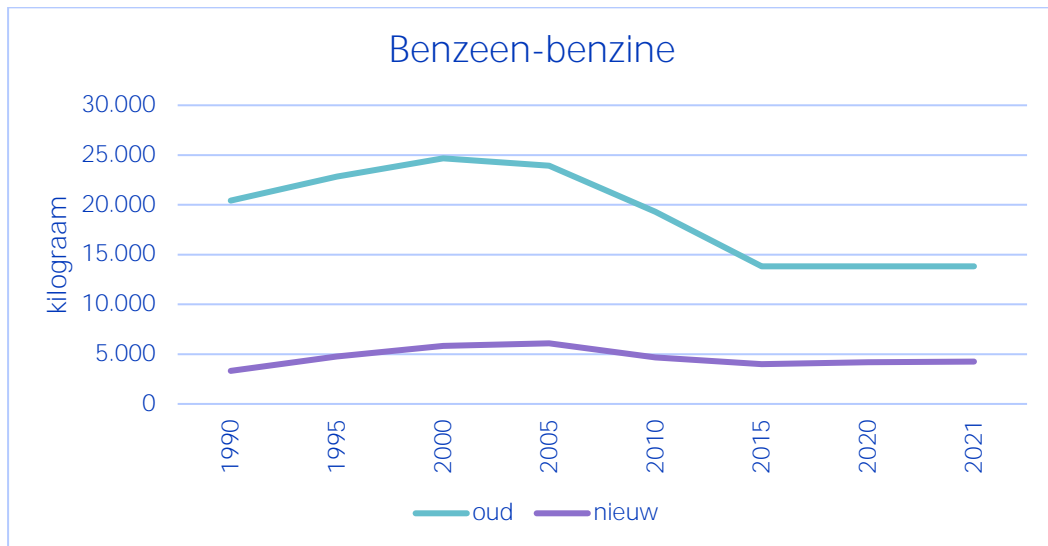
Figuur C.8 toont de vergelijking van de resultaten van het oude en het nieuwe model met de resultaten van de wateremissies van NMVOS door dieselmotoren.



Figuur C.8 Vergelijking oud en nieuw model directe water-emissie van NMVOS door benzinemotoren

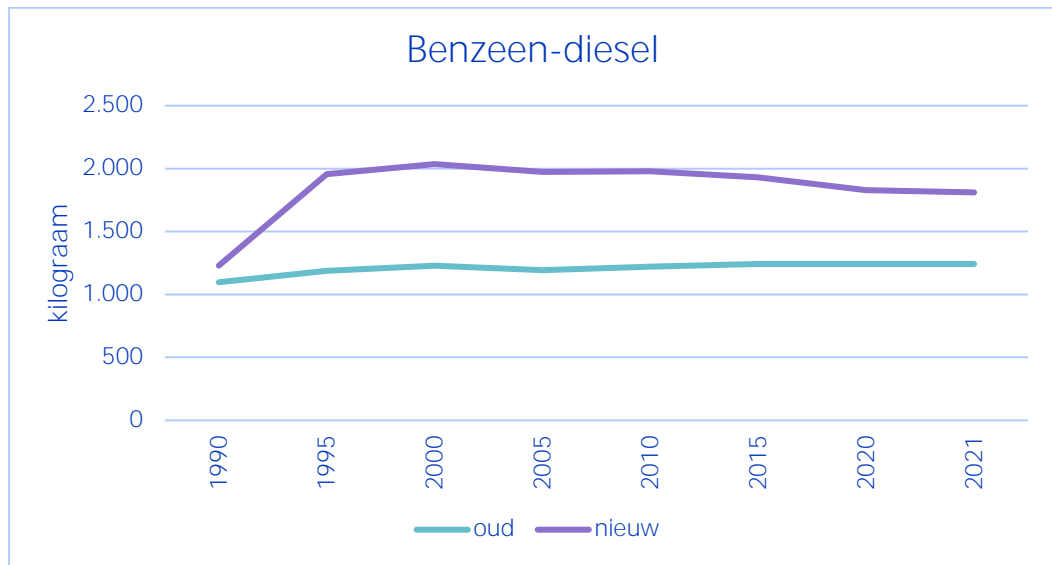
Figuur C.9 laat weer de effecten zien van een combinatie van veranderingen. De verlaging van het aandeel van de emissies dat naar water gaat is hier niet te zien. De veranderingen die zijn te zien zijn de veranderingen van de emissiefactoren van de motoremissies van diesel motoren en de veranderingen in de activiteitsdata.

De resultaten van de emissievergelijking voor de overige stoffen laten vergelijkbare beelden zien, zij het in iets andere verhoudingen door verschillen in emissiefactoren. Om dit te illustreren worden nog twee figuren getoond voor de stof benzeen.



Figuur C.9: Vergelijking oud en nieuw model directe water-emissie van benzeen door benzinemotoren

Figuur C.9 laat zien dat de verbetering van de techniek waardoor de emissiefactoren van benzeen zijn gedaald in de emissies goeddeels is gecompenseerd door toename van het verkeer van recreatievaartuigen aangedreven door benzinemotoren.



Figuur C.10: Vergelijking oud en nieuw model directe water-emissie van benzeen door dieselmotoren

Figuur C.10 toont dat de verbetering van de techniek waardoor de emissiefactoren van benzeen zijn gedaald voldoende is geweest om de emissiestijging door de toename van het verkeer van diesel aangedreven recreatievaartuigen te compenseren.

Bijlage D Vermogen in ruimtelijke verdeling

Tabel D.1: Vermogen van niet snelle motor aangedreven boten

Lengte-klasse	Snelheids-klasse	km/h	Vermogen (kW)	Vermogen inclusief planeren (kW)
0	2	3,7	2	3
0	3	7,4	13	13
0	4	11,1	43	43
0	5	14,8	102	102
0	6	18,5	198	127
0	7	22,2	340	153
0	8	25	485	172
1	2	3,7	0	1
1	3	7,4	2	2
1	4	11,1	8	8
1	5	14,8	20	20
1	6	18,5	38	24
1	7	22,2	65	29
1	8	25	93	33
2	2	3,7	1	2
2	3	7,4	10	10
2	4	11,1	33	33
2	5	14,8	78	78
2	6	18,5	151	97
2	7	22,2	261	117
2	8	25	371	132
3	2	3,7	2	3
3	3	7,4	13	13
3	4	11,1	44	44
3	5	14,8	103	103
3	6	18,5	201	201

Lengte-klasse	Snelheids-klasse	km/h	Vermogen (kW)	Vermogen inclusief planeren (kW)
3	7	22,2	345	301
3	8	25	492	339
4	2	3,7	2	3
4	3	7,4	19	19
4	4	11,1	64	64
4	5	14,8	152	152
4	6	18,5	294	294
4	7	22,2	506	360
4	8	25	721	382
5	2	3,7	3	4
5	3	7,4	25	25
5	4	11,1	84	84
5	5	14,8	196	196
5	6	18,5	381	381
5	7	22,2	655	571
5	8	25	934	643

Tabel D.2: Vermogen van snelle motor aangedreven boten

Lengte-klasse	Snelheids-klasse	km/h	Vermogen (kW)	Vermogen inclusief planeren (kW)
0	2	3,7	2	3
0	3	7,4	12	12
0	4	11,1	40	40
0	5	14,8	95	95
0	6	18,5	185	119
0	7	22,2	318	143
0	8	25	453	161
1	2	3,7	0	1
1	3	7,4	3	3
1	4	11,1	10	10
1	5	14,8	23	23
1	6	18,5	45	29

Lengte-klasse	Snelheids-klasse	km/h	Vermogen (kW)	Vermogen inclusief planeren (kW)
1	7	22,2	78	35
1	8	25	111	39
2	2	3,7	1	2
2	3	7,4	10	10
2	4	11,1	32	32
2	5	14,8	75	75
2	6	18,5	145	93
2	7	22,2	250	112
2	8	25	356	126
3	2	3,7	2	3
3	3	7,4	13	13
3	4	11,1	44	44
3	5	14,8	104	104
3	6	18,5	201	201
3	7	22,2	346	302
3	8	25	493	340
4	2	3,7	3	4
4	3	7,4	20	20
4	4	11,1	67	67
4	5	14,8	157	157
4	6	18,5	305	305
4	7	22,2	525	457
4	8	25	748	515
5	2	3,7	4	5
5	3	7,4	32	32
5	4	11,1	108	108
5	5	14,8	253	253
5	6	18,5	492	492
5	7	22,2	847	738
5	8	25	1208	831

Tabel D.3: Vermogen van zeilboten

Lengte-klasse	Snelheids-klasse	km/h	Vermogen (kW)	Vermogen inclusief planeren (kW)
0	2	3,7	2	3
0	3	7,4	17	17
0	4	11,1	58	58
0	5	14,8	136	0
0	6	18,5	265	0
0	7	22,2	456	0
0	8	25	650	0
1	2	3,7	0	1
1	3	7,4	3	3
1	4	11,1	11	11
1	5	14,8	26	0
1	6	18,5	51	0
1	7	22,2	87	0
1	8	25	124	0
2	2	3,7	2	3
2	3	7,4	14	14
2	4	11,1	48	48
2	5	14,8	114	0
2	6	18,5	222	0
2	7	22,2	382	0
2	8	25	545	0
3	2	3,7	3	4
3	3	7,4	24	24
3	4	11,1	81	81
3	5	14,8	191	0
3	6	18,5	371	0
3	7	22,2	640	0
3	8	25	912	0

Lengte-klasse	Snelheids-klasse	km/h	Vermogen (kW)	Vermogen inclusief planeren (kW)
4	2	3,7	5	6
4	3	7,4	35	35
4	4	11,1	119	119
4	5	14,8	280	0
4	6	18,5	544	0
4	7	22,2	938	0
4	8	25	1339	0
5	2	3,7	5	6
5	3	7,4	41	41
5	4	11,1	136	136
5	5	14,8	321	0
5	6	18,5	624	0
5	7	22,2	1075	0
5	8	25	1533	0

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl

TNO innovation
for life