



Vlaanderen
is milieu

Luchtkwaliteit in de Antwerpse haven

jaarrapport 2024

DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel

Luchtkwaliteit in de Antwerpse haven – jaarrapport 2024

Samenstellers

Kern Lucht, VMM
Dienst Luchtkwaliteit

Inhoud

Dit rapport beschrijft de luchtkwaliteit in de Antwerpse haven in 2024. De VMM mat er de polluenten zwaveldioxide, stikstofoxides, fijn stof, zwarte koolstof, vluchtige organische stoffen, dioxines en PCB's en PFAS. De meetresultaten werden getoetst aan de Europese regelgeving en aan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). Het rapport bespreekt de trend van de afgelopen jaren en de uitstoot van een aantal polluenten.

Foto cover

Jordy Vercauteren

Wijze van refereren

Vlaamse Milieumaatschappij (2025), Luchtkwaliteit in de Antwerpse haven - jaarrapport 2024

Verantwoordelijke uitgever

Bernard De Potter, Vlaamse Milieumaatschappij

Vragen in verband met dit rapport

Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
Tel: 053 72 62 10
info@vmm.be

Depotnummer

D/2025/6871/013

Inhoud

1	Inleiding	8
2	Het meetnet	9
3	Zwaveldioxide – SO ₂	13
3.1	Emissie van SO ₂	13
3.2	SO ₂ -concentraties in 2024	15
3.3	Geografische spreiding van SO ₂ -concentraties	16
3.3.1	Gemodelleerde SO ₂ -concentraties	16
3.3.2	Pollutierozen SO ₂	18
3.4	Trend van SO ₂ -concentraties	20
4	Stikstofoxides – NO/NO ₂	22
4.1	Emissie van NO _x (NO ₂)	22
4.2	NO ₂ -concentraties in 2024	24
4.3	NO-concentraties in 2024	27
4.4	Geografische spreiding van NO ₂ -concentraties	28
4.4.1	Gemodelleerde NO ₂ -concentratie	28
4.4.2	Pollutierozen NO ₂	30
4.5	Trend van NO _x -concentraties	32
5	Fijn stof – PM ₁₀ , PM _{2,5} en zwarte koolstof	35
5.1	PM ₁₀	35
5.1.1	Emissie van PM ₁₀	35
5.1.2	PM ₁₀ -concentraties in 2024	37
5.1.3	Geografische spreiding van PM ₁₀ -concentraties	40
5.1.4	Trend van PM ₁₀ -concentraties	43
5.2	PM _{2,5}	45
5.2.1	Emissie van PM _{2,5}	45
5.2.2	PM _{2,5} -concentraties in 2024	47
5.2.3	Geografische spreiding van PM _{2,5} -concentraties	49
5.2.4	Trend van PM _{2,5} -concentraties	52
5.3	Zwarte koolstof	55
5.3.1	Emissies van elementair koolstof	55
5.3.2	Concentratie zwarte koolstof in 2024	56
5.3.3	Geografische spreiding van zwarte koolstof	57
5.3.4	Trend van concentratie zwarte koolstof	60
5.4	Bijdrage verbranding fossiele brandstoffen & hout aan zwarte koolstof en PM ₁₀	61
5.4.1	Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan zwarte koolstof	61
5.4.2	Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan PM ₁₀	62
5.4.3	Bijdrage van houtverbranding in functie van de windrichting	62

////////////////////////////////////

Figuur 25: Aantal dagen met PM ₁₀ -concentraties > 50 µg/m ³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven ...	39
Figuur 26: Aantal dagen met PM ₁₀ -concentraties > 45 µg/m ³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven ...	39
Figuur 27: Gemodelleerde PM ₁₀ -concentratie in de Antwerpse haven in 2024	40
Figuur 28: Zeropollutierozen voor PM ₁₀ in de Antwerpse haven in 2024.....	42
Figuur 29: Evolutie PM ₁₀ -jaargemiddelde in de Antwerpse haven ten opzichte van het stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen	43
Figuur 30: Evolutie PM ₁₀ -concentraties op de meetplaatsen in de Antwerpse haven	44
Figuur 31: Trend aantal dagen met PM ₁₀ -concentraties > 50 µg/m ³ voor de meetplaatsen in de Antwerpse haven	44
Figuur 32: Aandeel sectoren in primaire PM _{2,5} -emissies in de Antwerpse haven in 2023	45
Figuur 33: Emissie van primair PM _{2,5} -emissie in de Antwerpse haven	46
Figuur 34: Overzicht statistische parameters PM _{2,5} in de Antwerpse haven in 2024	48
Figuur 35: Aantal dagen met PM _{2,5} -concentraties > 25 µg/m ³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven...	48
Figuur 36: Aantal dagen met PM _{2,5} -concentraties > 15 µg/m ³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven...	49
Figuur 37: Gemodelleerd PM _{2,5} -jaargemiddelde in de Antwerpse haven in 2024.....	50
Figuur 38: Zeropollutierozen PM _{2,5} -gemiddelde in de Antwerpse haven in 2024	51
Figuur 39: Evolutie PM _{2,5} -jaargemiddelde in de Antwerpse haven ten opzichte van het stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen	52
Figuur 40: Evolutie PM _{2,5} -concentraties op de meetplaatsen in de Antwerpse haven	53
Figuur 41: Trend aantal dagen met PM _{2,5} -concentraties > 25 µg/m ³ voor de meetplaatsen in de Antwerpse haven	54
Figuur 42: Trend aantal dagen met PM _{2,5} -concentraties > 15 µg/m ³ voor de meetplaatsen in de Antwerpse haven	54
Figuur 43 : Aandeel sectoren in emissies van elementair koolstof in de Antwerpse haven in 2023.....	55
Figuur 44: Emissies elementaire koolstof in de Antwerpse haven	56
Figuur 45: Overzicht statistische parameters zwarte koolstof in de Antwerpse haven in 2024.....	57
Figuur 46: Gemodelleerd jaargemiddelde van zwarte koolstof in de Antwerpse haven in 2024.....	58
Figuur 47: Zeropollutierozen voor zwarte koolstof in de Antwerpse haven in 2024.....	59
Figuur 48: Evolutie jaargemiddelde zwarte koolstof in de Antwerpse haven ten opzichte van stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen	60
Figuur 49: Evolutie concentratie zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse haven	61
Figuur 50: Zwarte koolstof uit fossiele brandstoffen (BC _{ff}) en houtverbranding (BC _{wb}) op AT83 opgesplitst in zomer en winter, 2024	62
Figuur 51: PM ₁₀ uit fossiele brandstoffen (PM _{10_ff}) en houtverbranding (PM _{10_wb}) op AT83 opgesplitst in zomer en winter, 2024	62
Figuur 52: Pollutieroos voor zwarte koolstof uit houtverbranding (BC _{wb}) en uit fossiele brandstof (BC _{ff}) tijdens de wintermaanden 2024 (µg/m ³)	63
Figuur 53: Aandeel van de sectoren in de NMVOS-emissies in de Antwerpse haven in 2023	64
Figuur 54: Evolutie totaal NMVOS-emissie in de Antwerpse haven	65
Figuur 55: Gerapporteerde industriële IMJV-emissies benzeen in de Antwerpse haven.....	66

1 INLEIDING

Dit rapport wordt opgemaakt voor de samenwerkingsovereenkomst tussen het bestuur van de Antwerpse haven, de gemeente Beveren en de VMM. We bespreken de luchtconcentraties en emissies van een aantal pollutanten in de Antwerpse haven. We toetsen de concentraties van 2024 aan de huidige Europese regelgeving, aan de toekomstige Europese regelgeving en aan de WGO-advieswaarden. Hierbij maken we een onderscheid tussen meetplaatsen waar volgens de Europese richtlijn de luchtkwaliteit beoordeeld moet worden en industriële brongerichte meetplaatsen, waar de representativiteit voor de blootstelling in woonzones eerder beperkt is. Deze laatste toetsen we indicatief aan de Europese regelgeving en aan de WGO-advieswaarden. Ook de trend komt aan bod. Verder bespreken we de stand van zaken over de acties die de Vlaamse Overheid neemt om de VOS-concentraties in de omgevingslucht te verminderen.

In dit rapport focussen we op de pollutanten:

- zwaveldioxide (SO₂)
- stikstofoxiden (NO en NO₂)
- fijn stof (fracties PM₁₀ en PM_{2.5})
- zwarte koolstof (BC)
- vluchtige organische stoffen (VOS)
- dioxines en PCB's
- PFAS

De kwikmetingen werden begin 2024 stopgezet.

De emissiegegevens in dit rapport werden verzameld door het Team Emissie-inventaris Lucht van de VMM op basis van door de bedrijven gerapporteerde emissies in het Integraal Milieujaarverslag en modelberekeningen. De recentste data die momenteel beschikbaar zijn, zijn de emissiecijfers voor het jaar 2023. In het rapport tekenden we voor verschillende pollutanten de pollutierozen die wijzen naar de richting van de bron(nen). In bijlage 3 staat een kaart met de meetplaatsen en aanduiding van de bedrijven die het meest uitstootten in 2023. We behouden alleen de bedrijven die hun uitstoot rapporteren aan het IMJV.

De nieuwe luchtkwaliteitsrichtlijn is op 14 oktober 2024 definitief goedgekeurd door de Raad van de Europese Unie. De lidstaten hebben nu twee jaar de tijd om ze om te zetten in nationale (in België regionale) wetgeving.

Vanaf 2026 moet de VMM de luchtkwaliteitsmetingen toetsen aan deze nieuwe richtlijn. Bij overschrijding van deze toekomstige grenswaarden vanaf 2026 moeten er "routekaarten" opgesteld te worden, waarin maatregelen worden opgenomen om deze grenswaarden tegen 2030 te bereiken.

2 HET MEETNET

Tabel 1 geeft een overzicht van de meetplaatsen in de Antwerpse haven, hun ligging en welke polluenten er gemeten worden in 2024. In de tabel staat welke meetplaatsen opgenomen worden in het virtueel gemiddelde van de Antwerpse haven. Figuur 1 toont de ligging van de meetplaatsen.

De afbakening van de Antwerpse haven zie je in bijlage 2. De meetresultaten van alle meetplaatsen binnen de gedefinieerde luchtkwaliteitszone Antwerpen Haven BEF01S worden gerapporteerd aan de Europese Commissie. Meetplaatsen op locaties waar volgens de richtlijn 2008/50/EG bijlage 3 de luchtkwaliteit niet beoordeeld moet worden, worden niet gebruikt voor toetsing. Het gaat bijvoorbeeld over industriële brongerichte meetplaatsen, waar de representativiteit voor de blootstelling in woonzones eerder beperkt is.

Daarnaast zijn er in en rondom de zone BEF01S nog een aantal andere VMM-meetplaatsen. Het gaat over:

- meetplaatsen die net buiten de gedefinieerde luchtkwaliteitszone liggen, maar wel (sterk) beïnvloed worden door de havenactiviteiten of meer informatie geven over de achtergrondconcentratie
- meetplaatsen van polluenten die niet aan Europa worden gerapporteerd
- meetplaatsen die iets verder liggen maar informatie geven over de achtergrond

Deze meetplaatsen kunnen ook gerapporteerd worden aan Europa voor een andere luchtkwaliteitszone.

In het rapport bespreken we alleen de meetwaarden van de meetplaatsen die minstens 50 % van het jaar werkten. We gebruiken de meteogegevens gemeten op de meetplaats Stabroek (SA06).

Dit zijn de voornaamste wijzigingen in 2024:

- AL01: eind 2023 stopgezet
- AT44: stop metingen kwik
- M802: stop metingen zwarte koolstof
- R822: stop metingen fijn stof
- SA04: stop metingen zwarte koolstof – start metingen NOx

PFAS werd gemeten in zwevend stof en in depositie. Naast de metingen in de buurt van 3M en de Oosterweelwerken, maten we ook op het bedrijfsterrein van 3M. Er gebeurden geen metingen meer op andere meetplaatsen in de Antwerpse haven:

- Stop in augustus 2023: R822, R830, R831, R891
- Stop begin 2024: ZD01, ZD13 en PFAS in stof op R897
- Start: ZD17, ZD18, ZD19, ZD20

In 2024 organiseerde de VMM een meetcampagne om na te gaan of afvalverbrandingsinstallaties een impact op de luchtkwaliteit hebben. Ook in Beveren en Stabroek werden metingen uitgevoerd (zie hoofdstuk 9).

Meer informatie over de gemeten parameters en gebruikte apparatuur staat op de website <https://www.vmm.be/lucht>. De specificaties over onder andere het meetprincipe en de meetonzekerheid vind je in bijlage 1. Meer info over de meetcampagne bij afvalverbrandingsinstallaties kan je raadplegen op de link “[Afvalverbrandingsinstallaties](#)”.

Tabel 1: Overzicht van de meetplaatsen en gemeten pollutanten in de Antwerpse haven in 2024

Meetplaats Code	toetsing EU	virtueel gemiddelde	Adres	Lambertcoördinaten		PM ₁₀	PM _{2,5}	Zwarte koolstof	NO _x	SO ₂	BTEX	VOS	PCB's/diox
				X	Y								
Meetplaatsen van Air Quality Zone Antwerpse haven (BEF01S)													
AL02	✓	✓	Engelsesteenweg, Beveren (Kieldrecht)	140657	221644	✓	✓						
AL03	✓	✓	Watermolendijk, Beveren (Verrebroek)	138326	216020	✓	✓						
AL04		✓	Sint-Annalaan, Beveren (Kallo)	144735	220096	✓	✓	✓					
AL05	✓	✓	Ketenislaan, Beveren	143727	217031	✓	✓	✓					
AT44		✓	Ordamstraat, Antwerpen (Ekeren)	148875	219832				✓	✓	✓		
AT83	✓	✓	Zoutestraat, Antwerpen (Berendrecht)	145553	225543	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
BV04			Land Van Waaslaan, - haven 1204, Kallo	141709	217269								✓
M802	✓	✓	Havannastraat, Antwerpen	153884	216790	✓	✓		✓		✓		
R822		✓	Polderdijkweg, Antwerpen	148082	217156				✓	✓	✓	✓	
R830	✓	✓	Scheldemolenstraat, Beveren-Waas (Doel)	142601	223162				✓				
R831	✓	✓	Hoefbladstraat, Antwerpen (Berendrecht)	147976	226558				✓				
R891		✓	Scheurweg, Antwerpen	151159	216212				✓	✓	✓	✓	
R892	✓	✓	Kallostraat, Beveren (Kallo)	143727	217020				✓	✓			
R897		✓	Scheldelaan, Antwerpen	148139	215578				✓	✓			
SA04	✓	✓	Abelenlaan, Stabroek (Hoevenen)	152448	222679	✓	✓		✓(1)				
SA08	✓	✓	Laageind, Stabroek	149615	224088				✓				
Meetplaatsen buiten de AQ zone Antwerpse haven maar wel in rapport													
R823	✓		Meerminnendam, Beveren	141037	211484	✓	✓						

(1) gestart op 12/01/2024

(2) tijdelijke meetcampagne van ¼-30/9/2024

0 1 2 3 km

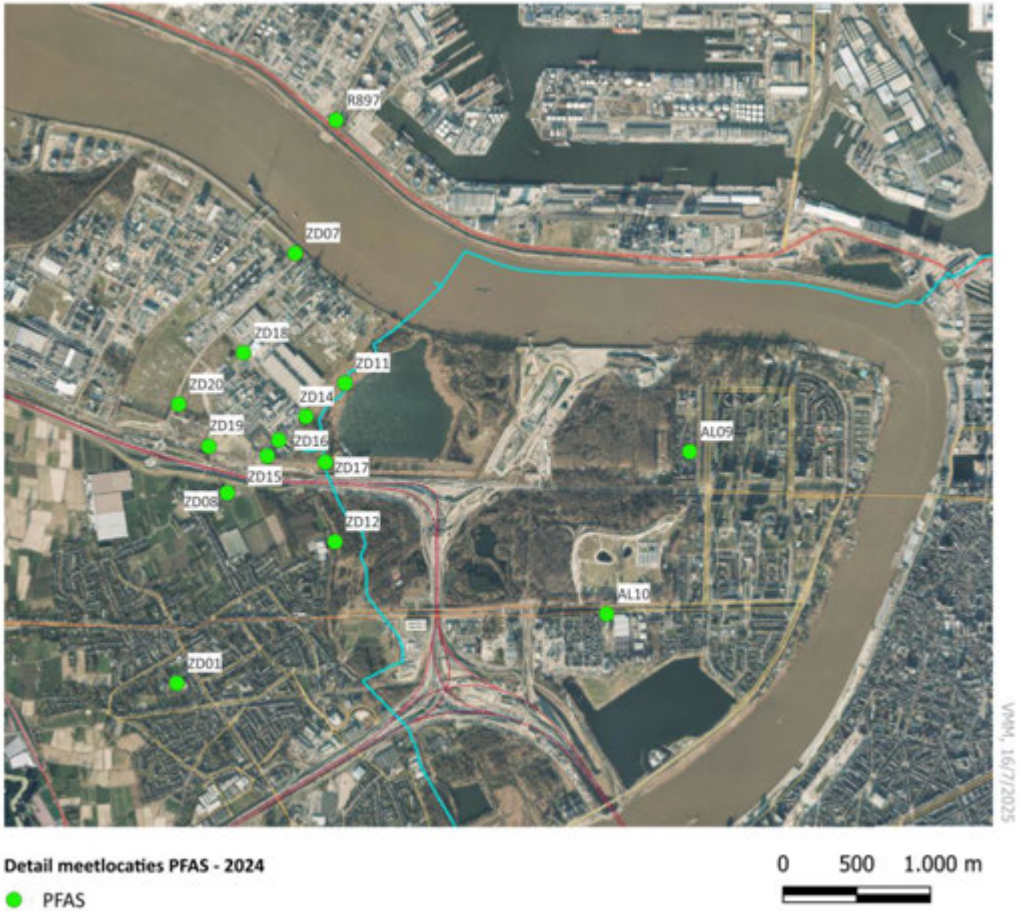
[illegible]

Tabel 2: PFAS-locaties in 2024

Meetplaats Code	Adres	Lambertcoördinaten		PFAS	PFAS
		X	Y	in zwevend stof (TSP)	in depositie
Meetplaatsen waar PFAS gemeten wordt					
AL09	Van Averbekelaan, Antwerpen	150544	213321	✓	✓
AL10	Blancefloerlaan, Antwerpen	149979	212216	✓	✓
R897	Scheldelaan, Antwerpen	148139	215578		✓
ZD01	Binnenplein, Zwijndrecht	147056	211744		✓
ZD07	Scheldedijk, Zwijndrecht	147861	214671	✓	✓
ZD08	Neerstraat, Zwijndrecht	147399	213040	✓	✓
ZD11	Natuurgebied Blokkersdijk, Zwijndrecht	148200	213787	✓	✓
ZD12	Polderstraat, Zwijndrecht	148132	212708		✓
ZD14	3M-site 3M2 O, Zwijndrecht	147934	213560	✓	
ZD15	3M-site 3M4 Z, Zwijndrecht	147671	213292	✓	
ZD16	3M-site 3M WZI, Zwijndrecht	147750	213399	✓	
ZD17	3M-site 3M3 ZO, Zwijndrecht	148066	213250	✓ (1)	
ZD18	3M-site 3M1 N, Zwijndrecht	147510	213994	✓ (1)	
ZD19	3M-site 3M5 ZW, Zwijndrecht	147274	213357	✓ (1)	
ZD20	3M-site 3M6 W, Zwijndrecht	147069	213644	✓ (1)	

(1) Gestart op 18/12/2023

Figuur 2: Detail meetlocaties PFAS in Zwijndrecht en Linkeroever in 2024



3 ZWAVELDIOXIDE – SO₂

Zwavedioxide (SO₂) kan ontstaan bij de verbranding van fossiele brandstoffen die zwavel bevatten. Dit gas kan schade veroorzaken aan de gezondheid en aan de vegetatie door de verzuring van het milieu. SO₂ draagt ook bij tot de vorming van secundair fijn stof.

Meer info over SO₂ vind je in bijlage 4.

3.1 Emissie van SO₂

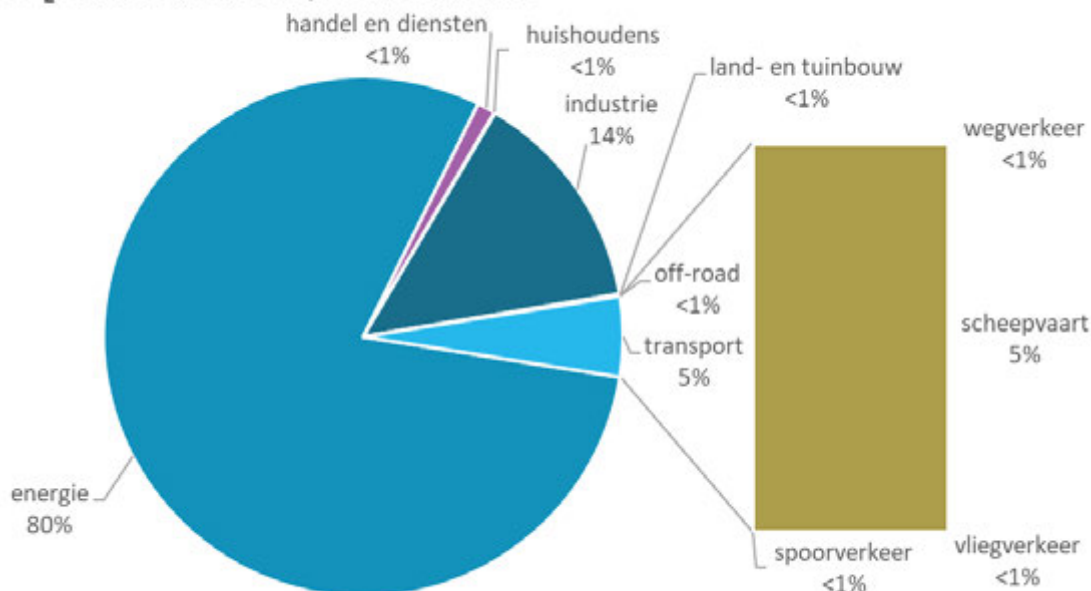
In 2023 bedroeg de SO₂-emissie voor de zone Antwerpse haven 4.205 ton. Dit was 26 % van de totale SO₂-uitstoot van heel Vlaanderen en 37 % minder dan in 2022.

Voor deze gegevens gebruikten we de afbakening van het havengebied op basis van de Europese zone BEF01S (zie bijlage 2). De energiesector heeft, door emissies van de petroleumraffinaderijen, het grootste aandeel met 80 % van de emissies. Ook de industrie blijft in 2023 een belangrijke bron met 14 % van de totale uitstoot. Het aandeel van het transport bestaat vrijwel alleen uit emissies van scheepvaart. De andere sectoren hebben een verwaarloosbaar aandeel in de totale SO₂-emissies (Figuur 3).

De bedrijven met de grootste uitstoot zijn opgesomd in bijlage 3.

Figuur 3: Aandeel sectoren in SO₂-emissies in de Antwerpse haven in 2023

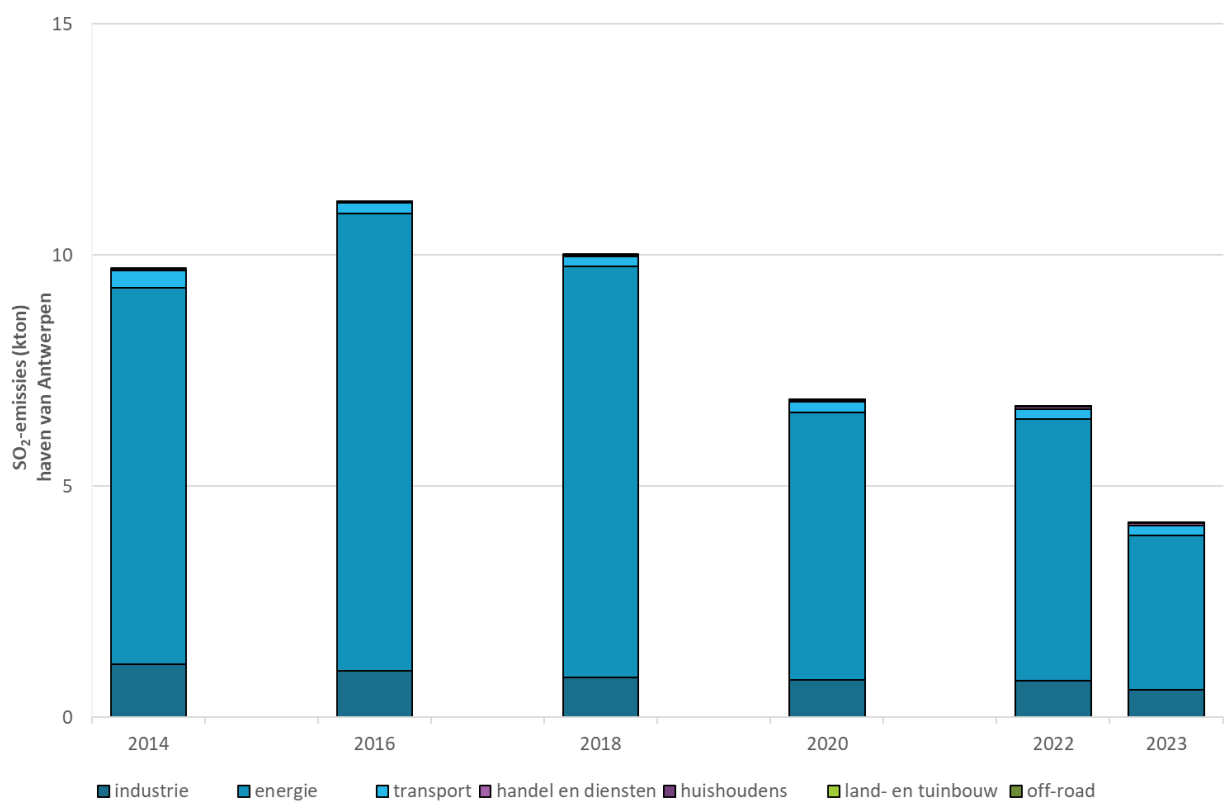
SO₂-emissies, Antwerpse haven, 2023



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

De totale absolute emissies zijn in de periode 2014-2023 met 57 % gedaald (Figuur 4). In 2023 komt het grootste aandeel van de emissies nog altijd van de energiesector. Bij deze sector zien we in 2023 een daling. Dit komt omdat zowel TotalEnergies Refinery Antwerp als Exxonmobil een uitstoot rapporteerden die 1.100 ton lager ligt dan in 2022. Naast de petroleumraffinaderijen omvat de energiesector de elektriciteitscentrales maar hun aandeel is maar 1 %.

Figuur 4: Evolutie SO₂-emissies in de Antwerpse haven



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Toetsing aan regelgeving

A) toetsing op R892 (Kallo)

Ter informatie beoordelen we alle meetplaatsen. Het maximaal toegelaten overschrijdingen op jaarbasis is opgenomen in de tabel. In de laatste kolom geven we aan hoeveel keer de uur-/dagconcentratie overschreden is (Tabel 3). Hieruit volgt dat alle doelstellingen gehaald zijn, ook op plaatsen waar de luchtkwaliteit niet beoordeeld moet worden.

2024 – SO ₂	Doelstelling	Meetplaatsen (A) die doelstelling halen	Meetplaatsen (B) die doelstelling halen	Overschrijding
EU-huidige uurgrenswaarde	350 µg/m ³ - 24x	1/1	4/4	/
EU-huidige daggrenswaarde	125 µg/m ³ - 3x	1/1	4/4	/
EU-huidige alarmdrempel	500 µg/m ³ - 3u	1/1	4/4	/
EU-toekomstige uurgrenswaarde	350 µg/m ³ - 3x	1/1	4/4	/
EU-toekomstige daggrenswaarde	50 µg/m ³ - 18x	1/1	4/4	R897: 1 dag
EU-toekomstige jaargrenswaarde	20 µg/m ³	1/1	4/4	/
EU-toekomstige alarmdrempel	350 µg/m ³ - 3u	1/1	4/4	/
WGO-dagadvieswaarde	40 µg/m ³ - 3x	1/1	4/4	R897: 1 dag

Op R897 werd een daggemiddelde gemeten van $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op dat moment heerste er een noordwestenwind. Op de andere meetplaatsen was de SO_2 -concentratie laag.

Figuur 5 toont voor alle meetplaatsen voor zwaveldioxide de belangrijkste statistische parameters, het jaargemiddelde, 50ste en 98ste percentiel op basis van uurwaarden voor 2024. Hieruit volgt dat de hoogste concentraties gemeten worden op R822 en AT44. Deze meetplaatsen liggen nabij de raffinaderijen. Dit zien we zowel voor de jaargemiddelden als de piekconcentraties P90 en P98.

Op de meetplaatsen R891, R892, R897 zijn de SO₂-concentraties veel lager. Verder valt op dat de P98-waarden op R822 en AT44 een stuk lager liggen dan in 2023.

15

SO₂-concentratie in de Antwerpse haven (µg/m³)

EU-toekomstige grenswaarde

R822* AT44* R897* R891* R892

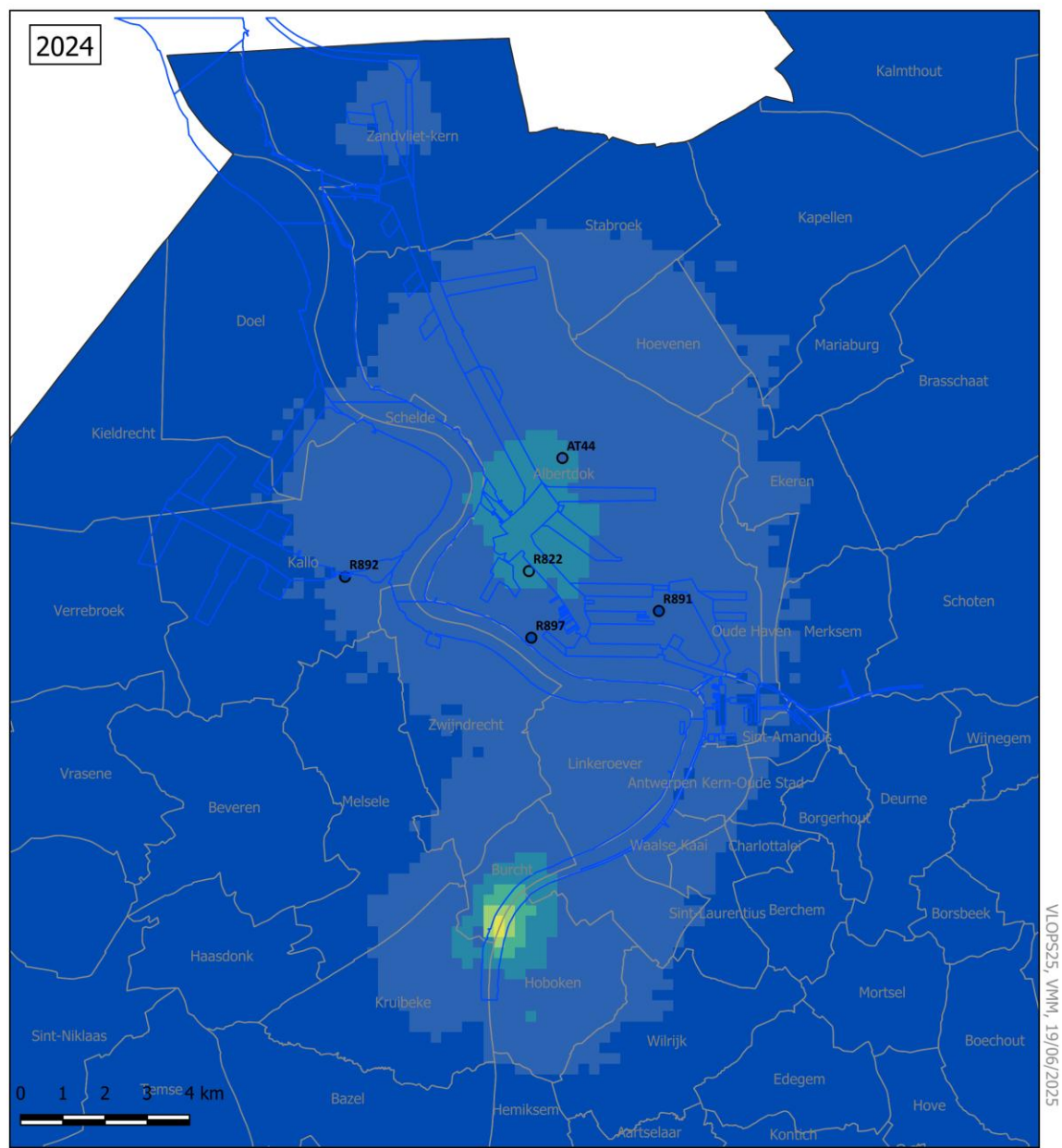
■ jaargemiddelde ◇ P50 ◆ P90 ◆ P98

*: toetsing aan Europese doelstelling

3.3.1 Gemodelleerde SO₂-concentraties

Het model schat dat hogere concentraties voorkomen in het centrum van het havengebied, aan de raffinaderijen. In de ruimere agglomeratie, waar ook huizen zijn, schat het VLOPS-model de concentraties lager in. Verder geeft het model ook hogere concentraties aan nabij enkele bedrijven ten zuiden van de Antwerpse haven.

Figuur 6: Gemodelleerd SO₂-jaargemiddelde in de Antwerpse haven in 2024



De onzekerheden voor deze kaart na kalibratie zijn RMSE 0,94 µg/m³ en relatieve onzekerheid 37 %.

3.3.2 Pollutierozen SO₂

Figuur 7 toont de pollutierozen van SO₂ met de gemiddelde halfuurconcentratie per windsector voor het jaar 2024 in het havengebied. Meer informatie over de methodiek staat in bijlage 6.

Volgens het IMJV zijn er in de Antwerpse haven 4 bedrijven die in 2023 meer dan 50 ton SO_x als SO₂ uitstoten (bijlage 3). Daarna vergeleken we de locatie van die bedrijven met de sectoren waar de pollutierozen naar wijzen. We komen tot de volgende vaststellingen:

- R822: W: TotalEnergies Refinery Antwerp, Z-ZW: Exxonmobil Petroleum
- AT44: ZW: TotalEnergies Refinery Antwerp en Envalior, Antwerpen
- R897: NW: Exxonmobil Petroleum

Op R892 zien we invloed uit de noordoostelijke sector, op R891 uit de westelijke sector. Dit is de richting van de raffinaderijen. Op R891 zien we ook een kleine zuidelijke piek die wijst richting Argex en Umicore.

0 5 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

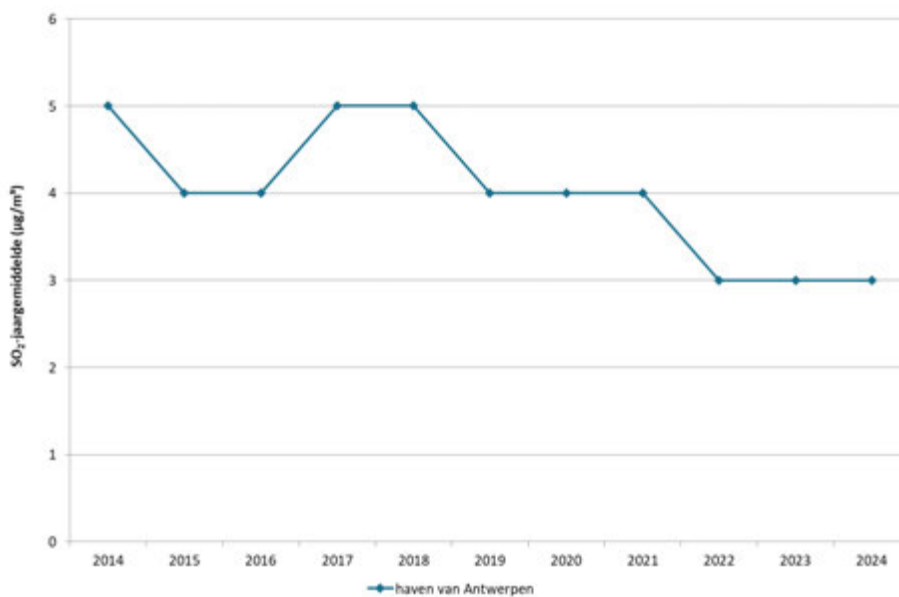
24/06/2013

 AT44
  R822
  R892
 R897
  R891

3.4 Trend van SO₂-concentraties

Een virtueel gemiddelde is het gemiddelde van alle metingen van deze pollutant in een bepaald gebied gedurende een jaar. Figuur 8 toont het verloop van het SO₂-jaargemiddelde op de virtuele meetplaats 'Antwerpse haven'. We kunnen niet meer vergelijken met het stedelijk gemiddelde want de VMM meet SO₂ alleen nog in een industriële context. Op de figuur zien we dat de SO₂-concentratie geleidelijk afneemt en de laatste 3 jaar stabiel blijft.

Figuur 8: SO₂-jaargemiddelde in de Antwerpse haven



Over de laatste 10 jaar zijn de concentraties op alle meetplaatsen gedaald. In 2024 zien we een verdere daling op R822 en R891, op R897 een lichte stijging: 1 hoog daggemiddelde zorgt ervoor dat het jaargemiddelde stijgt tot 1,53 µg/m³ wat na afronding 2 µg/m³ bedraagt (Figuur 9).

We merken op dat de verminderde uitstoot die Total en Exxon rapporteren in 2023 zich niet weerspiegelt in een lagere concentratie op R822. Op AT44 die windafwaarts van de dominante windrichting ten opzichte van Total ligt is de concentratie in 2023 wel lager.

jaargemiddelde SO₂ (µg/m³)

EU-toekomstige grenswaarde

Jaar	AT44*	R822*	R891*	R892	R897*
2014	5.0	9.0	5.0	4.0	5.0
2015	5.0	8.0	5.0	3.0	4.0
2016	3.0	7.0	3.0	3.0	4.0
2017	4.0	8.0	4.0	3.0	3.0
2018	10.0	7.0	4.0	3.0	5.0
2019	9.0	8.0	3.0	3.0	4.0
2020	6.0	7.0	3.0	2.0	3.0
2021	7.0	7.0	2.0	2.0	3.0
2022	6.0	7.0	2.0	2.0	3.0
2023	4.0	7.0	2.0	1.0	1.0
2024	4.0	6.0	2.0	1.0	2.0

AT44* R822* R891* R892 R897*

[illegible]

4 STIKSTOFOXIDES – NO/NO₂

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmonoxide (NO). Ze worden uitgestoten tijdens de verbrandingsprocessen van fossiele brandstoffen (steenkool, petroleumproducten en gas) gebruikt in huishoudelijke verwarming, industriële processen en de verbrandingsmotoren van verkeer. NO₂ leidt tot irritatie van de luchtwegen en astma. NO_x draagt bij tot de vorming van secundair fijn stof, speelt een rol bij verzurende en vermestende depositie en fotochemische smogvorming. NO_x kan over grote afstanden getransporteerd worden en dus effecten veroorzaken in ver gelegen gebieden.

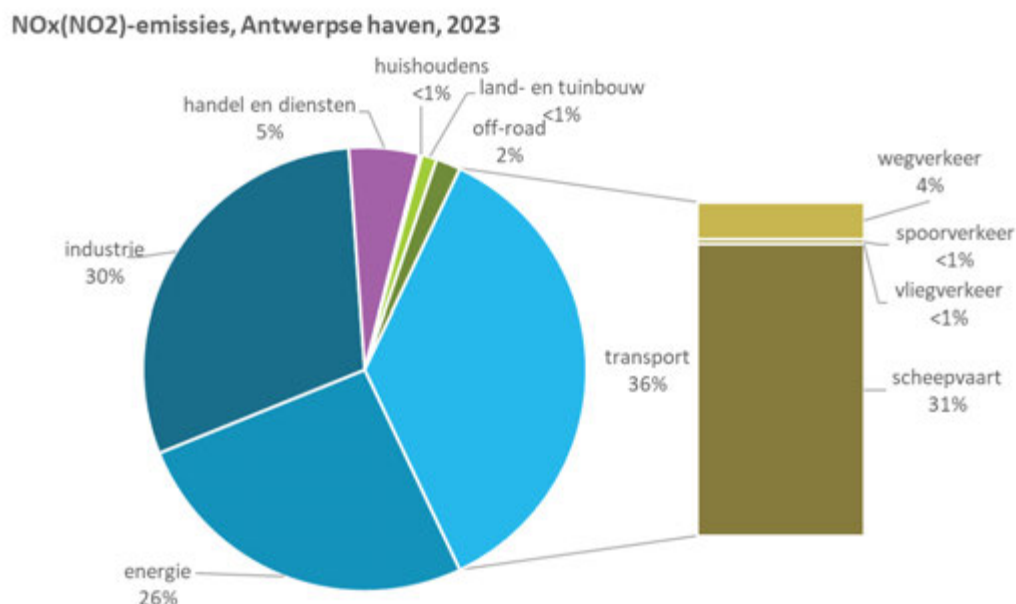
Meer informatie over NO_x vind je in bijlage 4.

4.1 Emissie van NO_x (NO₂)

In 2023 bedroeg de NO_x(NO₂)-emissie voor de zone Antwerpse haven, 15.555 ton. Dit was 19 % van de totale NO_x(NO₂)-uitstoot van heel Vlaanderen en 9 % minder dan in 2022.

Figuur 10 toont het aandeel van de sectoren in de NO_x(NO₂)-emissies in 2023. Transport had in 2023 het grootste aandeel, gevolgd door industrie en energie. De transportemissies worden vooral veroorzaakt door de scheepvaart, goed voor 31 % in 2023. 4 % van de uitstoot door de sector energie kwam van elektriciteitscentrales en 22 % van de petroleumraffinaderijen. Deze drie sectoren zijn de voornaamste bronnen. De andere sectoren hebben een veel kleiner aandeel in de totale emissies.

Figuur 10: Aandeel van de sectoren in de NO_x (NO₂)-emissies in de Antwerpse haven in 2023



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Naast directe uitstoot wordt NO₂ ook indirect gevormd door chemische reacties in de atmosfeer. Stikstofoxiden door verbrandingsprocessen komen vooral als NO in de lucht terecht. Enerzijds wordt het

De hoogste piekconcentraties meten we op R822; de laagste op R831, SA04 en SA08. Bij de bespreking van de pollutierozen gaan we hier verder op in.

NO₂-concentratie (µg/m³)
Antwerpse haven (2024)

EU-huidige grenswaarde
EU-toekomstige grenswaarde
WGO-advieswaarde

■ jaargemiddelde ◊ P50 ◆ P90 ♦ P98

Locatie	Jaargemiddelde (µg/m ³)	P50 (µg/m ³)	P90 (µg/m ³)	P98 (µg/m ³)
AT44	30	28	51	68
AT83*	27	25	48	63
M802*	22	18	41	60
R822	29	25	53	72
R830*	19	14	42	63
R831*	18	16	35	50
R891	25	22	45	62
R892*	23	19	45	64
R897	23	20	46	63
SA04*	17	15	35	51
SA08*	19	17	37	53
virtueel gemiddeld	23	21	36	50

De toekomstige Europese daggrenswaarde werd op alle meetplaatsen gehaald. De WGO-dagadvieswaarde nergens: R822, AT44 en AT83 tellen het meest aantal dagen met een concentratie hoger dan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$; R830, R831, SA04 en SA08 het minst.

Aantal dagen NO₂-concentratie > 50 µg/m³
Antwerpse haven (2024)

Port	Aantal dagen NO ₂ -concentratie > 50 µg/m ³
AT44	10
AT83*	6
M802*	3
R822	11
R830*	5
R831*	0
R891	5
R892*	4
R897	5
SA04*	1
SA08*	0

EU-toekomstige grenswaarde

WGO-adviswaarde

Port	Aantal dagen NO ₂ -concentratie > 25 µg/m³ (2024)
AT44	235
AT83*	190
M802*	100
R822	205
R830*	90
R831*	65
R891	135
R892*	130
R897	140
SA04*	60
SA08*	75

[illegible]

4.3 NO-concentraties in 2024

Toetsing aan regelgeving

Voor NO bestaat er geen regelgeving.

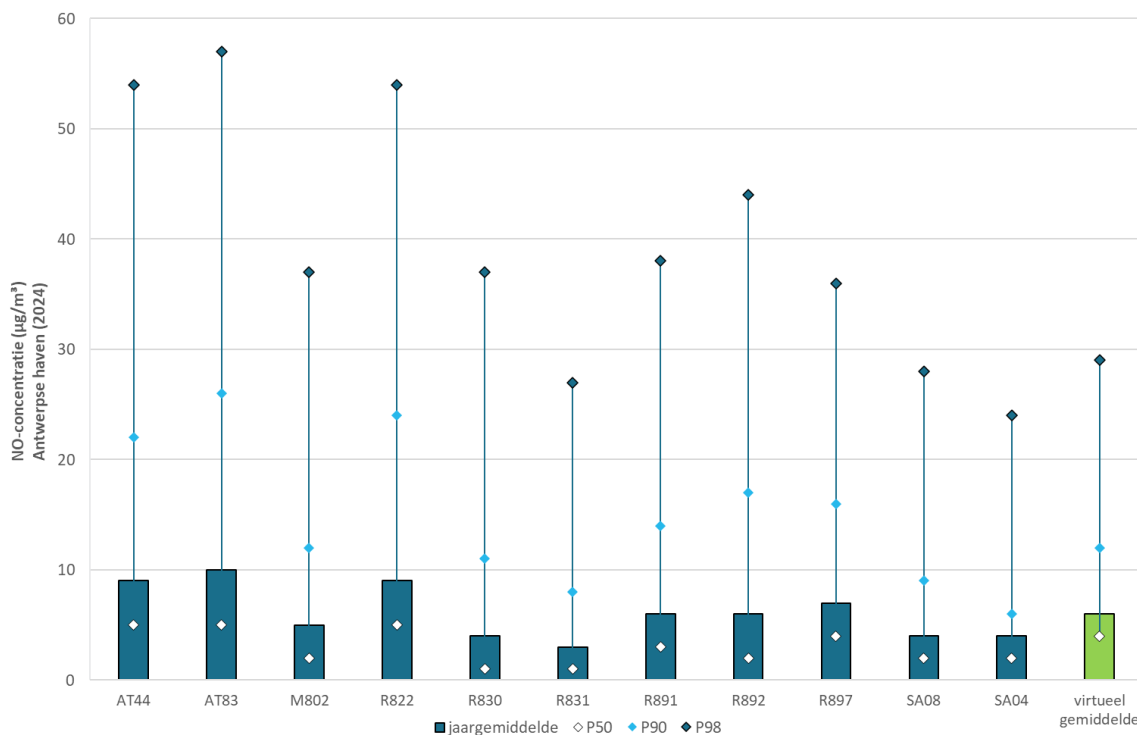
Concentratie per meetplaats

Figuur 15 toont voor alle meetplaatsen voor stikstofmonoxide de belangrijkste statistische parameters: het jaargemiddelde, 50ste en 98ste percentiel op basis van uurwaarden voor 2024.

We zien min of meer hetzelfde profiel als bij NO₂. AT83 komt wel sterker naar voor: zowel het jaargemiddelde als de piekwaarden zijn er het hoogst.

Het jaargemiddelde is lager dan bij NO_2 . Dit komt omdat bij verbrandingsreacties in eerste instantie vooral NO ontstaat. NO heeft een korte levensduur en wordt in de lucht al snel omgezet in NO_2 .

Figuur 15: Overzicht statistische parameters NO in de Antwerpse haven in 2024



4.4 Geografische spreiding van NO₂-concentraties

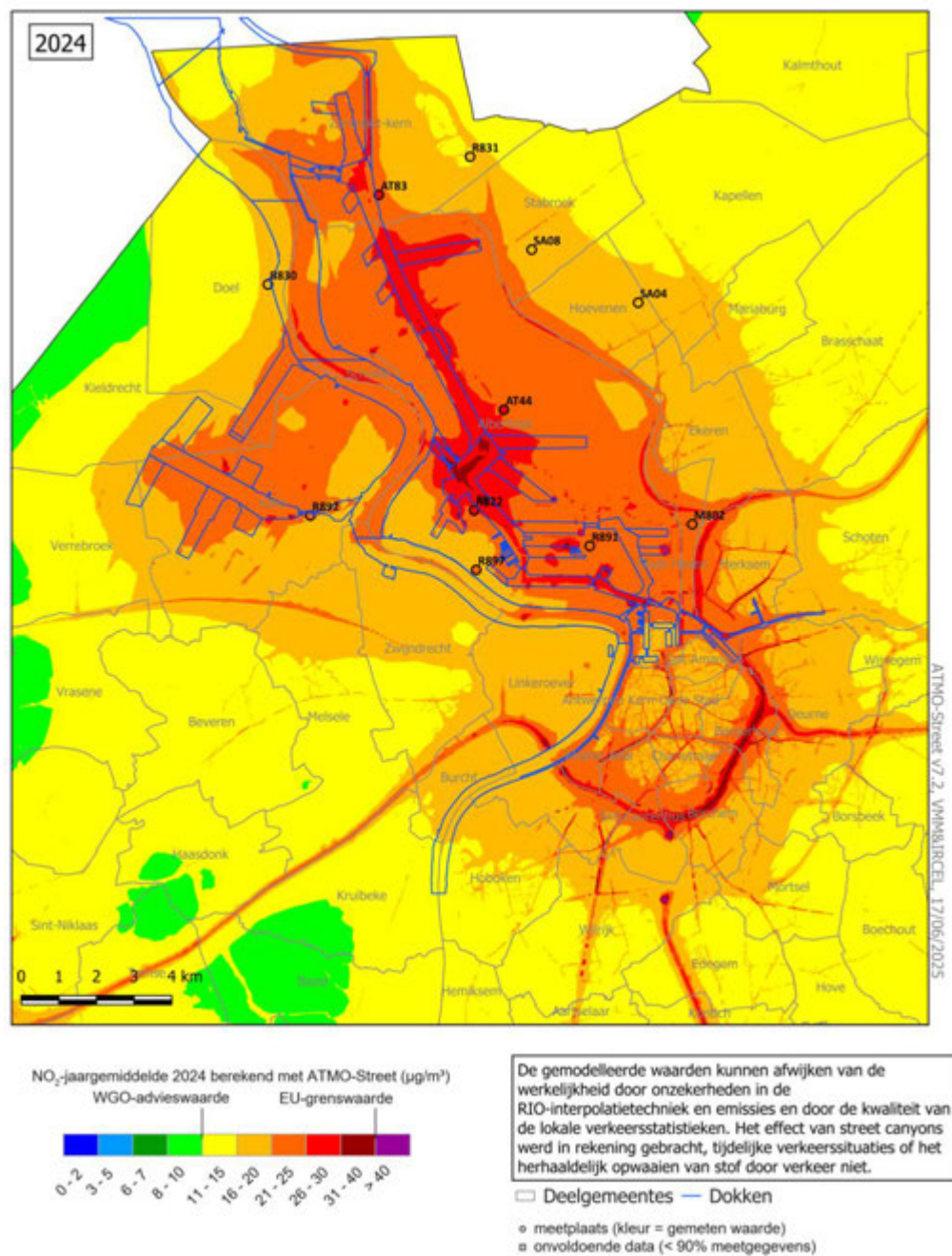
4.4.1 Gemodelleerde NO₂-concentratie

Op plaatsen waar de VMM geen meetresultaten heeft, schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor NO₂ gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. ATMO-Street is de naam voor de modelketen RIO-IFDM-OSPM.

Belangrijk is dat voor de opmaak van deze gemodelleerde kaart voor 2024 de meest recent beschikbare emissiedata werden gebruikt. Ondanks de best beschikbare inschatting op straatniveau, heeft het model ook een aantal beperkingen. Toch resulteert dit in wetenschappelijk onderbouwde kaarten die de verspreiding van de luchtvervuiling in kaart brengen. De controle gebeurde door te vergelijken met metingen. Meer uitleg over de methodiek van de modellering vind je in **bijlage 6**.

De ATMOSStreet-kaart (Figuur 16) toont de bijdrage van het verkeer op de Antwerpse ring en de aangesloten autosnelweg. De autosnelweg A12 Antwerpen – Breda die evenwijdig loopt met het havengebied van zuid naar noord, draagt ook bij tot de verhoogde concentraties in de omgeving van de haven. Op M802 (Antwerpen - Luchtbal) wordt de impact van de haven en de A12 Antwerpen - Breda en E19 Antwerpen – Bergen Op Zoom getoond. De industriële invloed op de meetplaatsen in de Scheurweg (R891), Ordamstraat (AT44) en Polderdijkweg (R822) zijn zichtbaar op de kaart en worden bevestigd door de pollutierozen van deze meetlocaties. De R2 is duidelijk zichtbaar met concentratieverhogingen ter hoogte van de tunnelmonden. Er werd een nieuw model voor de binnenvaart gebruikt die lokaal tot hogere modelresultaten kan leiden.

Figuur 16: Gemodelleerd NO₂-jaargemiddelde in de Antwerpse haven in 2024



De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 2,9 en 5,1 µg/m³ voor 2024.

4.4.2 Pollutierozen NO₂

NO₂ is een deels secundair gevormde pollutant. Figuur 17 toont daarom de zeropollutierozen voor NO₂. Meer informatie over de methodiek staat in bijlage 6.

De impact van verkeersknooppunten in het havengebied en de Antwerpse ring met de belangrijkste autosnelwegen is zichtbaar. Meetplaatsen aan de rand van de haven (R831, SA04, SA08, M802) tonen invloed vanuit de haven. Dit kan gaan om uitstoot door schepen of door bedrijven. Ook bij de andere meetplaatsen zien we dat de pollutierozen wijzen naar dokken. Volgens het IMJV zijn er in de Antwerpse haven 16 bedrijven die in 2023 meer dan 100 ton NO_x (als NO₂) uitstoten (bijlage 3). Daarna vergeleken we de locatie van die bedrijven met de sectoren waar de pollutierozen naar wijzen. We komen tot de volgende vaststellingen:

- R822: W-NW: TotalEnergies Refinery Antwerp - N: Envalior - ZO: Exxonmobil Petroleum& Chemical
- R892: N-NW: Borealis Kallo, Indaver site Doel, Slib en Co-verwerkings Centrale – O: raffinaderijen
- R830: ZO: Evonik Antwerpen – O: Indaver
- AT44: W: Envalior – Z: raffinaderijen
- R891: W: raffinaderijen
- R897: raffinaderijen

AT83 wijst naar bronnen in de noordwestelijke tot zuidelijke sector. Er zijn geen bedrijven in die sector met een IMJV in 2023 met emissies boven de rapporteringsdrempel voor NO_x. Ofwel zijn er een aantal bedrijven die allemaal onder de rapporteringsdrempel zitten en hun emissies niet moeten overmaken. Anderzijds kan de uitstoot komen van schepen aan de dokken en aan de sluizen. Consequent overschakelen op walstroom kan de NO_x-uitstoot doen dalen.

[illegible]

An aerial photograph of the Tiber River in Rome, Italy, with various sampling locations marked by colored fan-shaped icons. The icons are color-coded: yellow, orange, red, green, blue, purple, and pink. The map shows the river winding through the city, with urban areas and agricultural fields visible. A scale bar in the bottom right corner indicates concentrations from 0 to 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A date stamp in the bottom right corner reads "VNM, 24/06/2015".

AT44	R822	R891	SA04
AT83	R830	R892	SA08
M802	R831	R897	

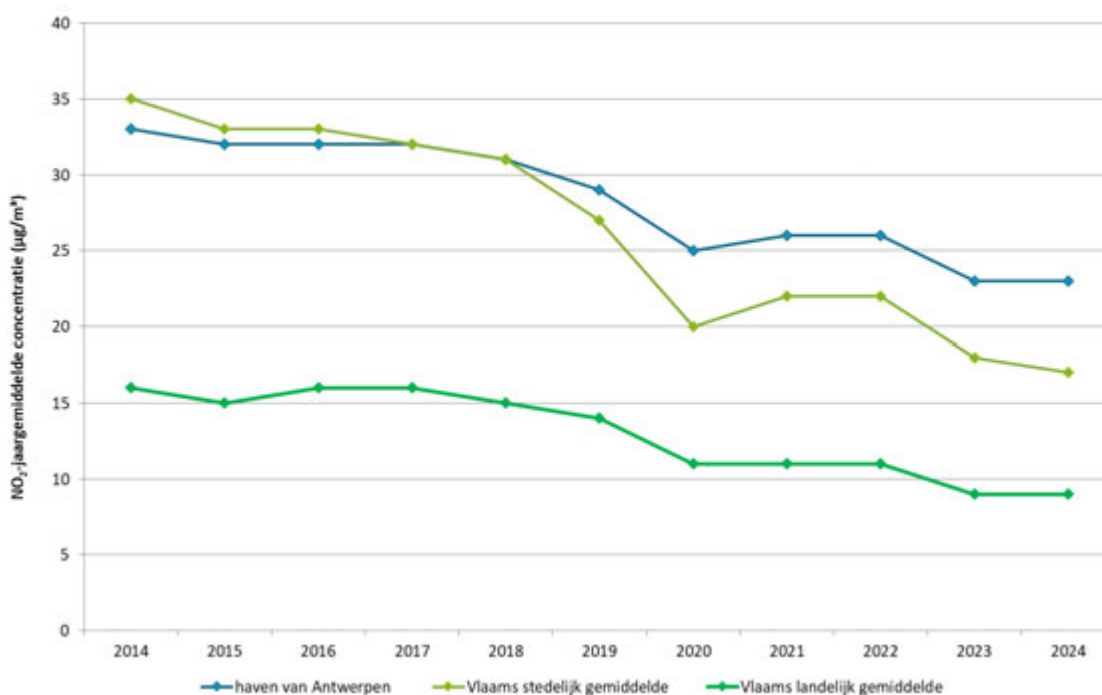
4.5 Trend van NO_x-concentraties

Figuur 18 vergelijkt het verloop van de NO₂-concentraties op de virtuele meetplaatsen 'Antwerpse haven' met dit van het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde in de periode 2014 tot en met 2024.

In die periode was er een dalende trend in de Antwerpse haven en op stedelijke en landelijke locaties in Vlaanderen. Tot 2016 zien we hogere NO₂-concentraties op stedelijke locaties. De invoering van de lage emissiezone (LEZ) in Antwerpen leidde tot een versnelde vergroening van het wagenpark, zowel binnen de LEZ als in de rest van Vlaanderen, met daardoor een lagere NO₂-uitstoot in steden. In 2020 daalde de NO₂-concentratie sterker dan de jaren daarvoor, door het effect van de coronamaatregelen. De impact van de coronamaatregelen zien we sterker op de stedelijke meetplaatsen waar het personenverkeer de belangrijkste bron is en die uitstoot door verkeer drastisch daalde door onder andere het verbod op niet-essentiële verplaatsingen. In 2021 stegen de jaargemiddelden weer licht en in 2023 zien we weer een daling die in 2024 stabiel blijft.

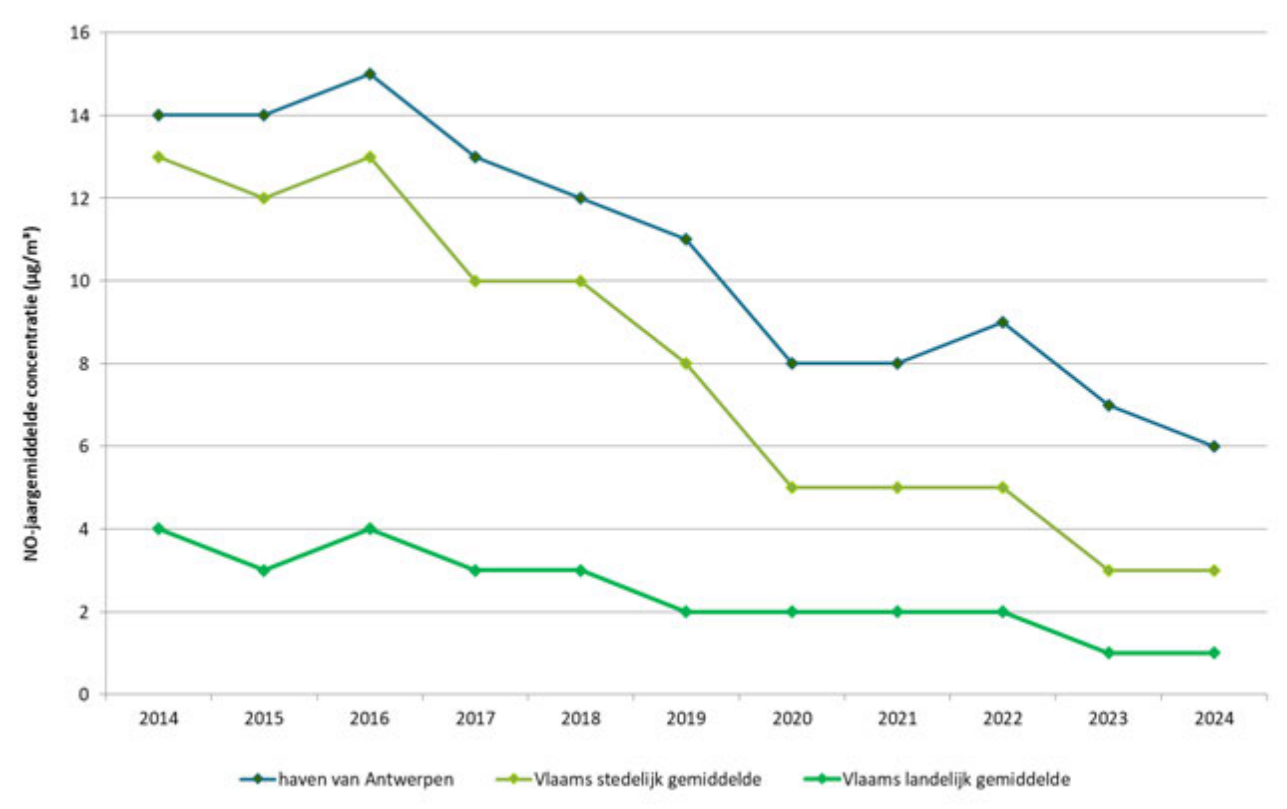
In vergelijking met 2014, halveerde het NO₂-jaargemiddelde op de stedelijke en landelijke meetplaatsen, in de haven nam ze met 30 % af. In 2024 lag de concentratie van NO₂ in de Antwerpse haven een vierde hoger dan het Vlaams stedelijk gemiddelde.

Figuur 18: Evolutie NO₂-jaargemiddelde in de Antwerpse haven ten opzichte van het stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen



Figuur 19 vergelijkt het verloop van de NO-concentraties op de virtuele meetplaatsen ‘Antwerpse haven’ met dit van het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde in de periode 2014 tot en met 2024. Ook hier zien we een dalende trend op beide typelocaties, met in 2023 een sterkere daling. In 2024 zien we alleen in de Antwerpse haven een verdere daling. NO is in de volledige meetperiode hoger in de Antwerpse haven. Dit wijst op de aanwezigheid van veel primaire bronnen in de haven. Op de landelijke meetplaatsen is de concentratie veel lager en de daling minder uitgesproken.

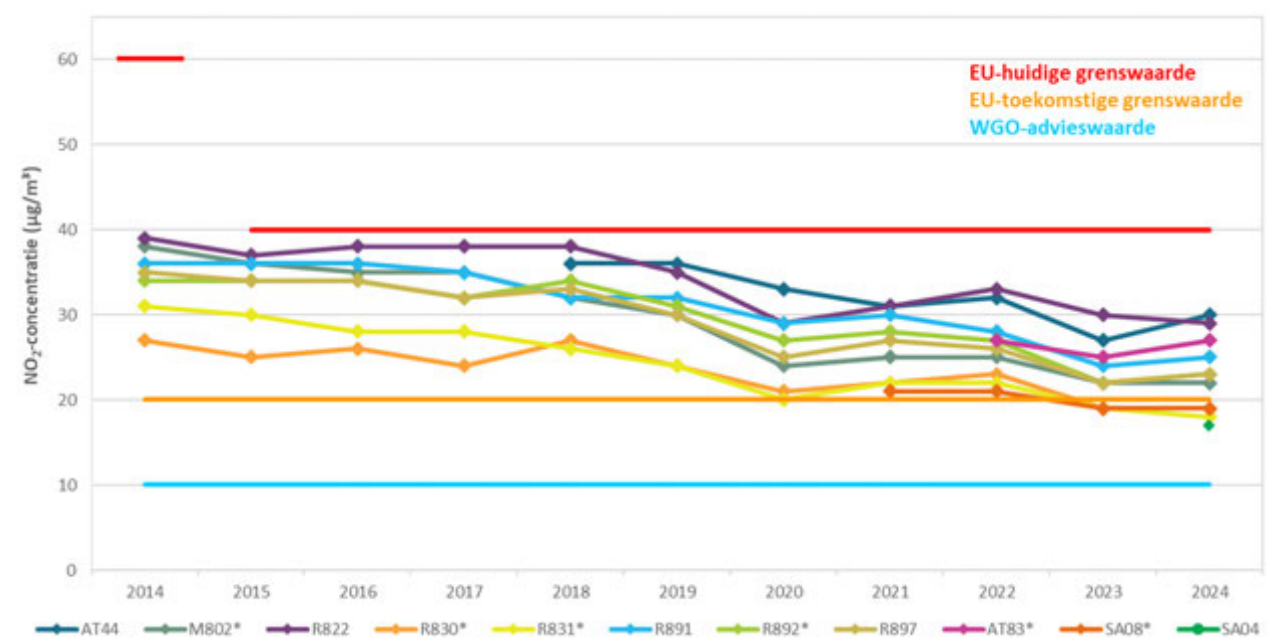
Figuur 19: Evolutie NO-jaargemiddelde in de Antwerpse haven ten opzichte van het stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen



Figuur 20 toont het verloop van de jaargemiddelde NO₂-concentratie voor de periode 2014 tot 2024. Bij de meetplaatsen die al sinds 2014 actief zijn, varieert de daling van 26 % op R822 tot 42 % op M802 en R831. Vergelijken we 2024 met 2023, dan zien we een daling van 5 % op R831 tot een stijging van 11 % bij AT44.

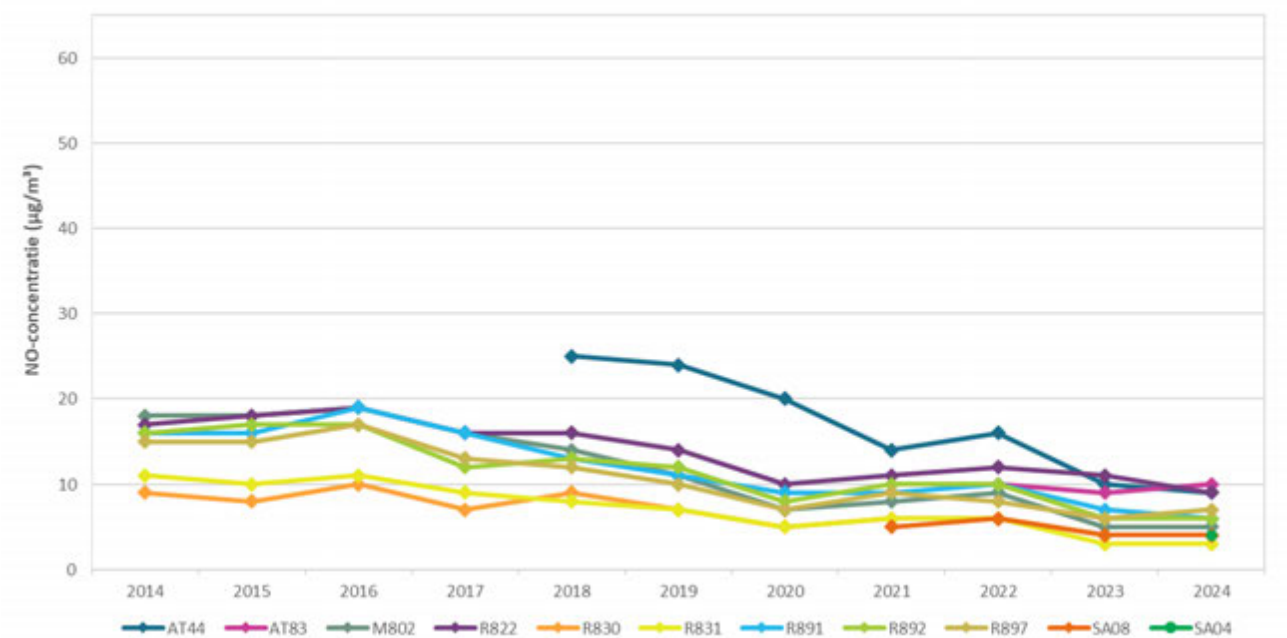
Ook bij NO zien we een daling op de meetplaatsen. Bij de meetplaatsen die al sinds 2014 in gebruik zijn, varieert de daling van 47 % op R822 tot 73 % op R831. Op AT44 zijn de NO-concentraties hoger tot in 2022, daarna zakt de concentratie sterker dan op andere meetplaatsen met nog een kleine daling in 2024.

Figuur 20: Evolutie NO₂-concentraties op de meetplaatsen in de Antwerpse haven



*: toetsing aan Europese doelstelling

Figuur 21: Evolutie NO-concentraties op de meetplaatsen in de Antwerpse haven



5 FIJN STOF – PM₁₀, PM_{2,5} EN ZWARTE KOOLSTOF

Fijn stof bestaat uit zeer kleine deeltjes die aanwezig zijn in de lucht. PM₁₀ en PM_{2,5} staan voor deeltjes die kleiner zijn dan 10 of 2,5 micrometer. Fijn stof is de belangrijkste pollutant naar gezondheidsimpact onder andere door luchtweginfecties, astma, dichtslibben van bloedvaten en het veroorzaken van kanker. Zwarte koolstof vormt een fractie van fijn stof en bestaat vooral uit roetdeeltjes die ontstaan bij onvolledige verbranding van fossiele en andere brandstoffen (diesel, hout, kolen ...).

Dit hoofdstuk behandelt alleen het fijn stof dat rechtstreeks uitgestoten wordt en dus niet het secundair stof dat ontstaat door reacties in de lucht.

Meer informatie over fijn stof vind je in bijlage 4.

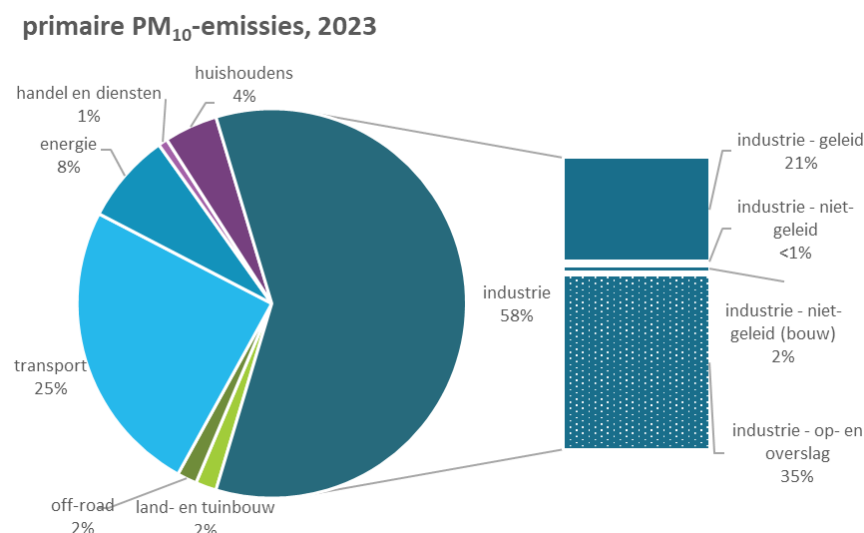
5.1 PM₁₀

5.1.1 Emissie van PM₁₀

In 2023 bedroeg de **primaire PM₁₀-emissie** voor de zone Antwerpse haven, 1.112 ton. Dit was 7 % van de totale primaire PM₁₀-uitstoot van heel Vlaanderen en 7 % meer dan in 2022.

Bij de primaire PM₁₀-emissie in 2023 had industrie het grootste aandeel door op- en overslag en geleide emissies. Daarna volgt transport, vooral door de scheepvaart (17 %). De energiesector komt op de 3de plaats (Figuur 22).

Figuur 22: Aandeel sectoren in emissies primair PM₁₀ in de Antwerpse haven in 2023



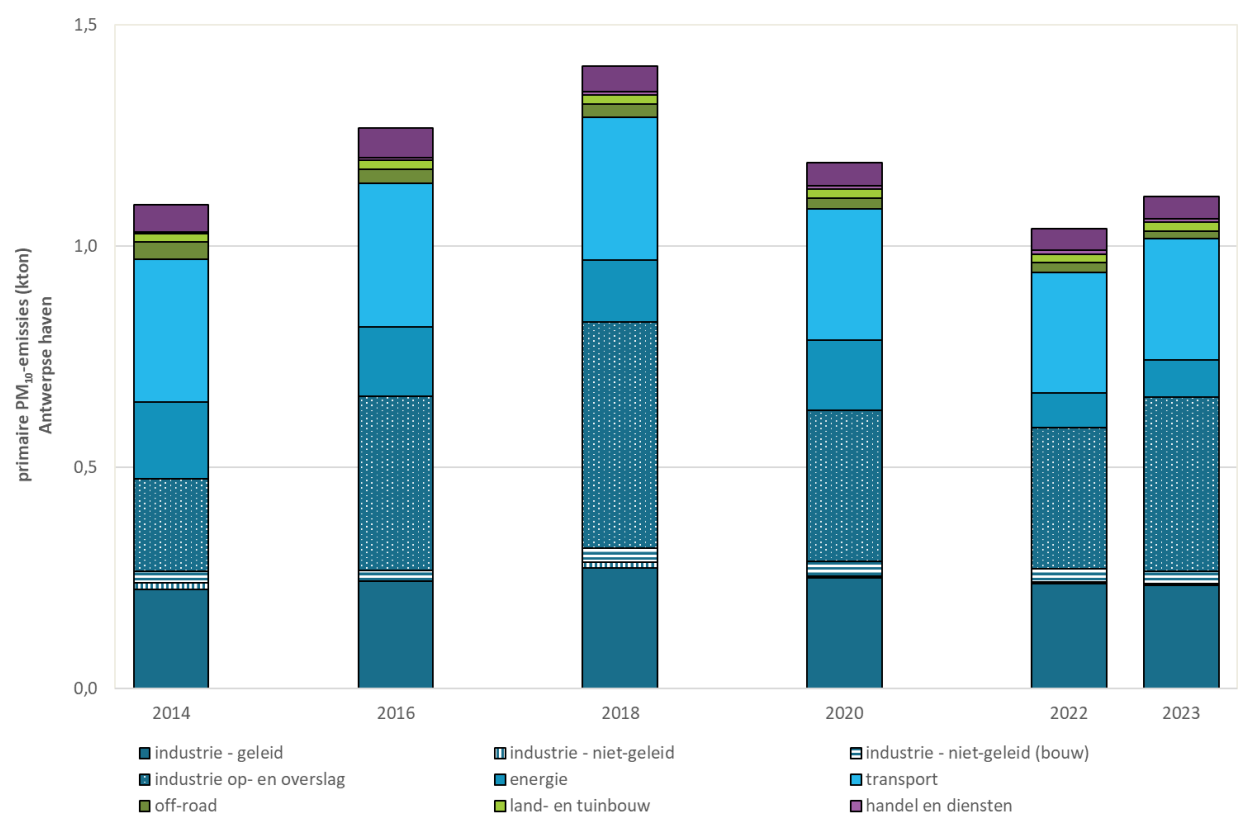
Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Figuur 23 toont de trend van de rechtstreeks uitgestoten **primaire PM₁₀-emissies** door verschillende sectoren in de Antwerpse haven. De totale absolute emissie van primair PM₁₀ fluctueerde over de jaren maar bleef in 2023 nagenoeg onveranderd ten opzichte van 2014.

In 2014 was industrie de belangrijkste bron met 43 %, in 2023 loopt het aandeel op tot 58 %. De toename van emissie door op- en overslag is gerelateerd aan de rapportering sinds 2016 door Euroports. Transport is

de tweede grootste sector in 2023, waarvan het merendeel door scheepvaart (17 % van totaal). De scheepvaartemissies liggen 15 % lager ten opzichte van 2014. Het aandeel van de energiesector daalde van 16 % tot 8 % in 2023.

Figuur 23: Primaire PM₁₀-emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse haven



Ook PM₁₀ in de omgevingslucht nam af. Het stof dat we meten in de omgevingslucht komt niet alleen van lokale bronnen. Ook emissies van buiten de haven (Vlaanderen, de andere gewesten, buitenland), de aard van de emissies (bijvoorbeeld de hoogte), de meteorologische omstandigheden en de topografie bepalen mee de gemeten concentraties. In Vlaanderen komt gemiddeld 75 % van PM₁₀ uit het buitenland en de andere gewesten. Vlaanderen exporteert 1,7 keer meer stof dan dat het fijn stof van buiten Vlaanderen importeert¹.

¹ Felix Deutsch en Wouter Lefebvre (VITO), 2019, Referentietask Kenniscentrum Luchtkwaliteit, Deeltaak Import/export balans

Toetsing aan regelgeving

A) toetsing op AL02 (Doel), AL03 (Watermolendijkweg), AL05 (Sluis Kallo), AT83 (Berendrecht), M802 (Luchtbal), SA04 (Hoevenen), R823 (Meerminnendam)

B) geen toetsing op AL04 (Liefkenshoehtunnel)

De WGO jaaradvieswaarde werd op 5 meetplaatsen overschreden. De dagadvieswaarde werd op alle meetplaatsen gehaald.

2024 – PM ₁₀	Doelstelling	Meetplaatsen (A) die doelstelling halen	Meetplaatsen (B) die doelstelling halen	Overschrijding
EU-huidige daggrenswaarde	50 µg/m ³ - 35x	7/7	1/1	0 tot 1 dag
EU-huidige jaargrenswaarde	40 µg/m ³	7/7	1/1	/
EU-toekomstige daggrenswaarde	45 µg/m ³ - 18x	7/7	1/1	0 tot 2 dagen
EU- toekomstige jaargrenswaarde	20 µg/m ³	7/7	1/1	/
EU-toekomstige alarmdrempel	90 µg/m ³ (3d)	7/7	1/1	/
WGO-dagadvieswaarde	45 µg/m ³ - 3x	7/7	1/1	0 tot 2 dagen
WGO-jaaradvieswaarde	15 µg/m ³	3/7	0/1	AL02, AL03, AL04, AL05, M802

Concentratie per meetplaats

Figuur 24 toont voor alle meetplaatsen voor PM₁₀ de belangrijkste statistische parameters: het jaargemiddelde, 50ste en 98ste percentiel op basis van uurwaarden voor 2024. Hieruit volgt dat de jaargemiddelden variëren van 15 µg/m³ tot 19 µg/m³. De laagste concentraties meten we op meetplaatsen verder van de haven, het hoogste jaargemiddelde op M802. Alle jaargemiddelden liggen ver onder de huidige Europese grenswaarde en ook onder de toekomstige Europese grenswaarde. Drie meetplaatsen halen de WGO-advieswaarde.

PM₁₀-concentratie (µg/m³)
Antwerpse haven (2024)

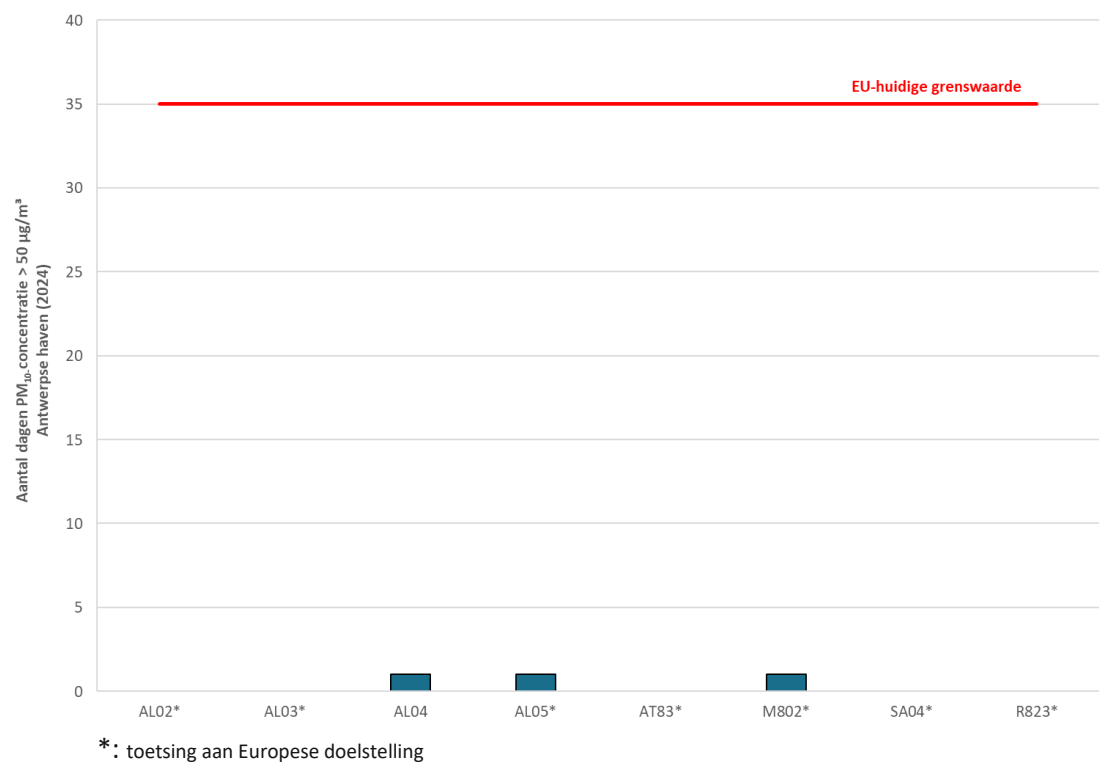
Legend:
 EU-huidige grenswaarde (Red line)
 EU-toekomstige grenswaarde (Orange line)
 WGO-advieswaarde (Blue line)

Locatie	jaargemiddelde (µg/m ³)	P50 (µg/m ³)
AL02*	~16	~14
AL03*	~16	~14
AL04	~18	~15
AL05*	~17	~14
AT83*	~15	~13
M802*	~19	~16
SA04*	~15	~13
R823*	~15	~13
virtueel gemiddelde	~17	~14

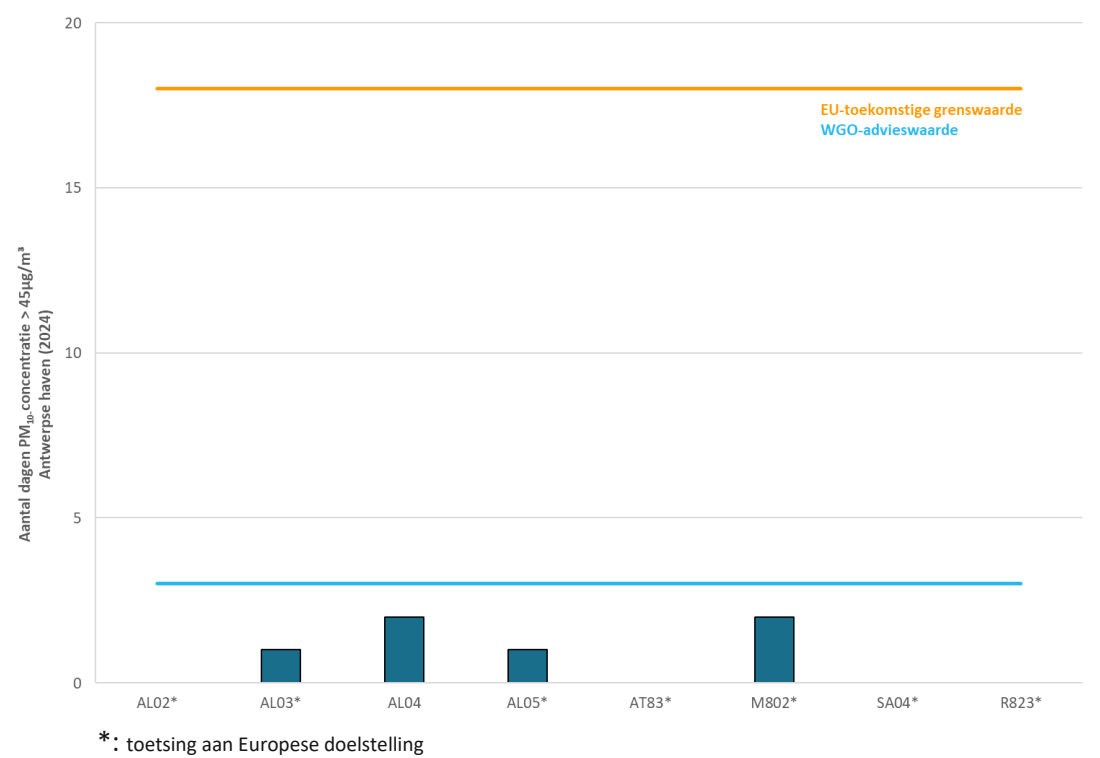
*: toetsing aan Europese doelstelling

////////////////////////////////////

Figuur 25: Aantal dagen met PM₁₀-concentraties > 50 µg/m³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven



Figuur 26: Aantal dagen met PM₁₀-concentraties > 45 µg/m³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven



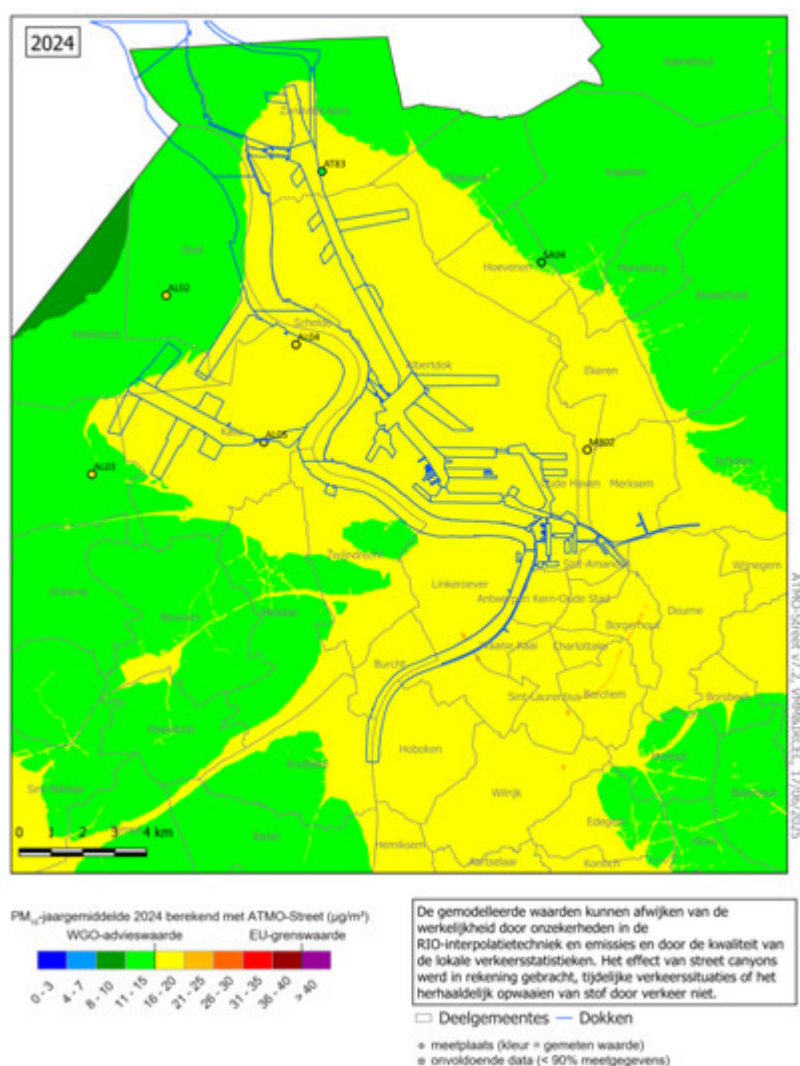
5.1.3 Geografische spreiding van PM₁₀-concentraties

5.1.3.1 Gemodelleerde PM₁₀-concentraties

De gegevens in Figuur 27 zijn gebaseerd op de ATMOSTreet-modellering. Meer uitleg over deze methodiek staat in bijlage 6. De berekeningsmethode kan bepaalde plaatsen onder- of overschatten en geeft dus een benaderend beeld van de verspreiding van de verontreiniging. Belangrijk is dat voor de opmaak van deze gemodelleerde kaart voor 2024 de meest recent beschikbare emissiedata werden gebruikt, zie bijlage 6.

In 2023 berekende het model in het centrum van de haven en op de Antwerpse Ring een PM₁₀-concentratie tussen 21 en 25 µg/m³. In 2024 ligt de concentratie vooral tussen 16 en 20 µg/m³.

Figuur 27: Gemodelleerde PM₁₀-concentratie in de Antwerpse haven in 2024



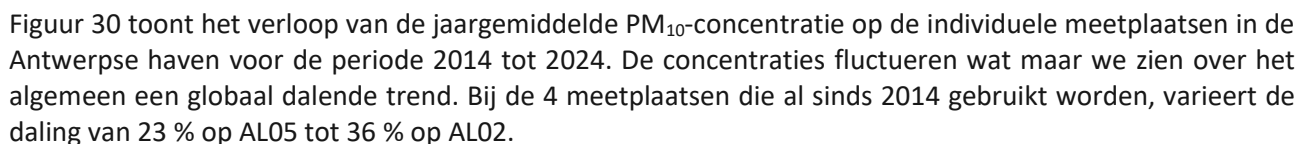
De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 2,8 en 3,6 µg/m³ voor 2024

AL02 AL04 AT83 R823
AL03 AL05 M802 SA04



Figuur 29 vergelijkt het verloop van de PM₁₀-concentraties op de virtuele meetplaatsen 'Antwerpse haven' met dit van het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde in de periode 2014 tot en met 2024.

Figuur 29: Evolutie PM₁₀-jaargemiddelde in de Antwerpse haven ten opzichte van het stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen

[illegible]

PM₁₀-concentratie (µg/m³)

EU-huidige grenswaarde
EU-toekomstige grenswaarde
WGO-advieswaarde

AL02* AL03* AL04 AL05* AT83* M802* SA04* R823*

Year	AL02*	AL03*	AL04	AL05*	AT83*	M802*	SA04*	R823*
2014	25	25	22	25	25	25	22	25
2015	23	24	24	24	24	24	24	24
2016	24	23	21	23	23	24	21	24
2017	23	23	22	23	23	25	22	23
2018	25	25	26	24	24	27	23	22
2019	23	23	25	23	23	23	22	20
2020	22	22	24	22	22	21	20	20
2021	23	23	22	22	22	22	20	19
2022	24	22	24	22	22	23	22	20
2023	18	18	18	18	17	21	18	18
2024	15	17	18	17	15	19	16	15

The chart displays the annual number of days where the PM₁₀ concentration exceeded 50 µg/m³ for eight locations: AL02*, AL03*, AL04, AL05*, AT83*, M802*, SA04*, and R823*. The data is presented for each year from 2014 to 2024. A red horizontal line at 35 days represents the EU current limit value. The y-axis is labeled 'aantal dagen PM₁₀-concentratie > 50 µg/m³' and ranges from 0 to 40. The x-axis lists the locations. The legend indicates the years: 2014 (dark grey), 2015 (light grey), 2016 (light green), 2017 (dark green), 2018 (olive), 2019 (purple), 2020 (pink), 2021 (light purple), 2022 (yellow), 2023 (dark brown), and 2024 (blue).

Location	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
AL02*	16	13	6	12	15	8	7	12	11	4	
AL03*		13	13	11	11	11	11	11	11	2	
AL04				23	22	21	9		15	3	1
AL05*	12	13	9	3	14	9	10	8	9	4	1
AT83*									8	2	
M802*	18	15	11	17	19	5	6	9	11	6	1
SA04*	12	13	7	8	11	5	4	3	6	3	
R823*			8	12	9	5	7	4	7	4	

Alleen data met voldoende databeschikbaarheid opgenomen in de figuur

5.2 PM_{2,5}

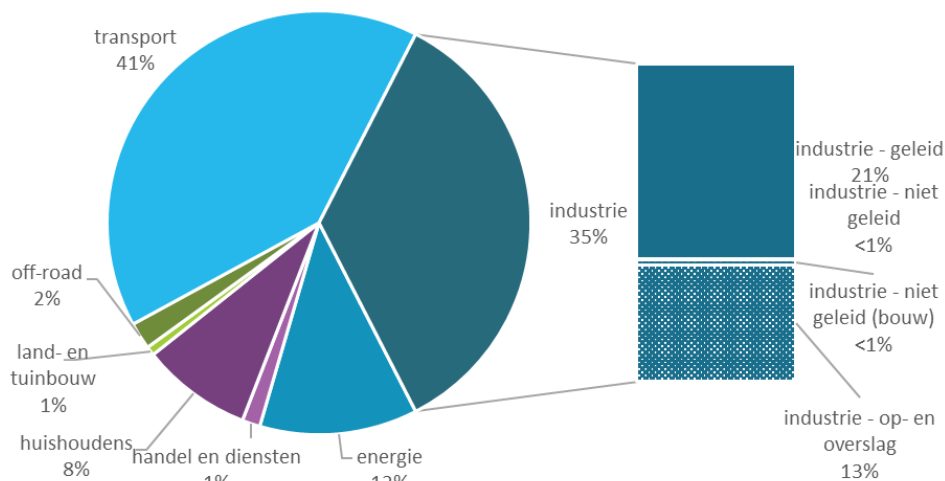
5.2.1 Emissie van PM_{2,5}

In 2023 bedroeg de PM_{2,5}-emissie voor de zone Antwerpse haven 573 ton. Dit was 6 % van de totale PM_{2,5}-uitstoot van heel Vlaanderen en 1 % meer dan in 2022.

Figuur 32 toont het aandeel van de sectoren in de PM_{2,5}-emissies in 2023. Transport is met 41 % de belangrijkste bron van rechtstreeks uitgestoten PM_{2,5} met de scheepvaart als grootste uitstoter (32 %). Industrie is met 35 % ook een belangrijke bron. Er zijn ook hier vier fracties: de geleide emissies, de niet-geleide emissies al dan niet van bouw en de niet-geleide emissies van op- en overslag. De energiesector tenslotte, heeft een aandeel van 12 %. De emissies van de overige sectoren zijn veel lager.

Figuur 32: Aandeel sectoren in primaire PM_{2,5}-emissies in de Antwerpse haven in 2023

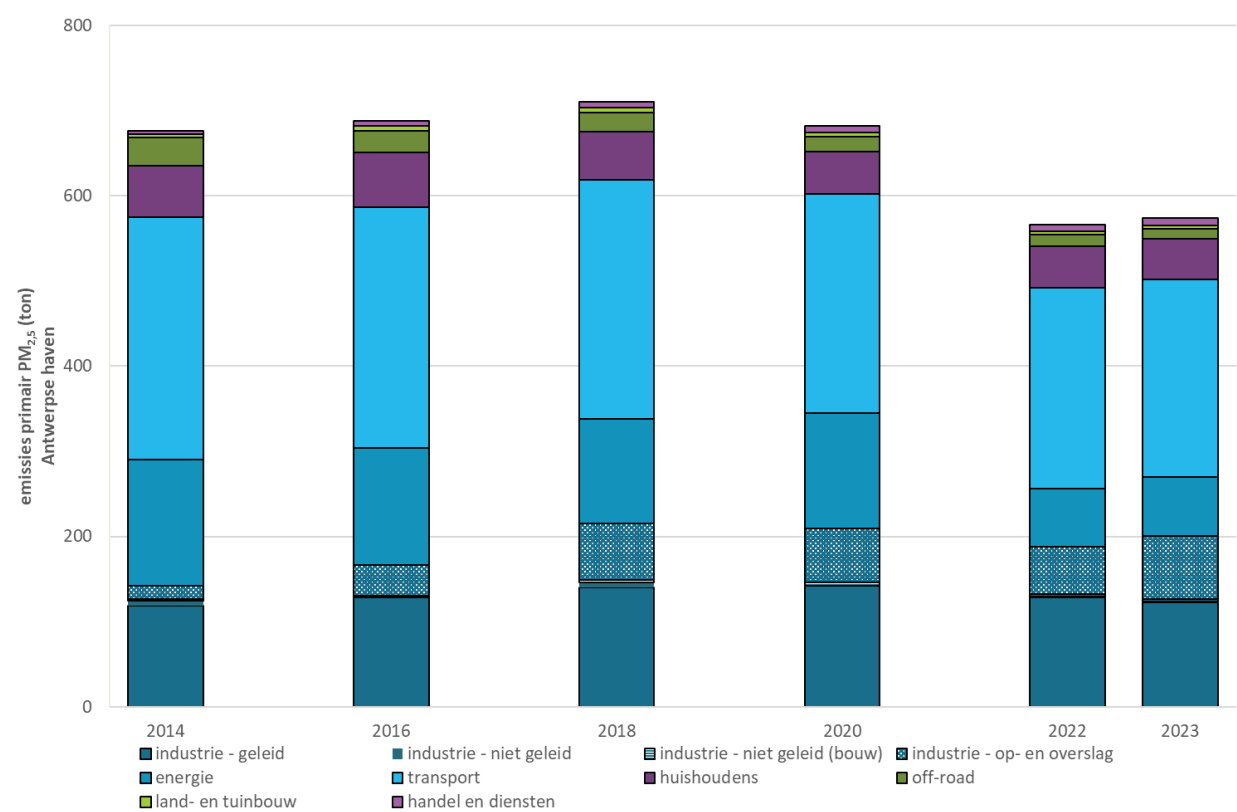
PM_{2,5}-emissies, Antwerpse haven, 2023



Bron emissies: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Figuur 33 toont de primaire PM_{2,5}-emissies in de Antwerpse haven voor de verschillende sectoren. Net zoals bij de rechtstreekse uitstoot van het PM₁₀-stof ligt de uitstoot van het PM_{2,5}-stof in 2022 en 2023 een stuk lager. De totale absolute emissie van PM_{2,5} is in de periode 2014-2023 met 15 % gedaald. Vooral de uitstoot door petroleumraffinaderijen nam af. Industrie heeft in 2023 een groter aandeel dan in 2014. Dit bestaat uit vier fracties: de geleide emissies, de niet-geleide emissies al dan niet van bouw en de niet-geleide emissies van op- en overslag. De toename van emissie door op- en overslag is gerelateerd aan de rapportering sinds 2016 door Euroports.

Figuur 33: Emissie van primair PM_{2,5}-emissie in de Antwerpse haven



Bron emissies: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Ook emissies van buiten de haven (Vlaanderen, de andere gewesten, buitenland) bepalen mee de gemeten concentraties in de Antwerpse haven. Zo komt in Vlaanderen gemiddeld 60 % van PM_{2,5} uit het buitenland en de andere gewesten. Vlaanderen exporteert 1,7 keer meer stof dan dat het fijn stof van buiten Vlaanderen importeert².

² Felix Deutsch en Wouter Lefebvre (VITO), 2019, Referentietask Kenniscentrum Luchtkwaliteit, Deeltaak Import/export balans

Toetsing aan regelgeving

A) toetsing op AL02 (Doel), AL03 (Watermolendijkweg), AL05 (Sluis Kallo), AT83 (Berendrecht), M802 (Luchtbal), SA04 (Hoevenen), R823 (Meerminnendam)

B) geen toetsing op AL04 (Liefkenshoektunnel)

De WGO dag- en jaaradvieswaarde werd op alle meetplaatsen overschreden. Dit is op alle meetplaatsen in Vlaanderen het geval.

Tabel 6: Toetsing PM_{2,5}-concentraties aan regelgeving

2024 – PM _{2,5}	Doelstelling	Meetplaatsen (A) die doelstelling halen	Meetplaatsen (B) die doelstelling halen	Overschrijding
EU-huidige jaargrenswaarde	25 µg/m ³	7/7	1/1	/
EU-toekomstige jaargrenswaarde	10 µg/m ³	7/7	1/1	/
EU-toekomstige daggrenswaarde	25 µg/m ³ - 18x	7/7	1/1	4 tot 8 dagen
EU-toekomstige alarmdrempel	50 µg/m ³ - 3d	7/7	1/1	/
WGO-dagadvieswaarde	15 µg/m ³ - 3x	0/7	0/1	37 tot 55x
WGO-jaaradvieswaarde	5 µg/m ³	0/7	0/1	allemaal

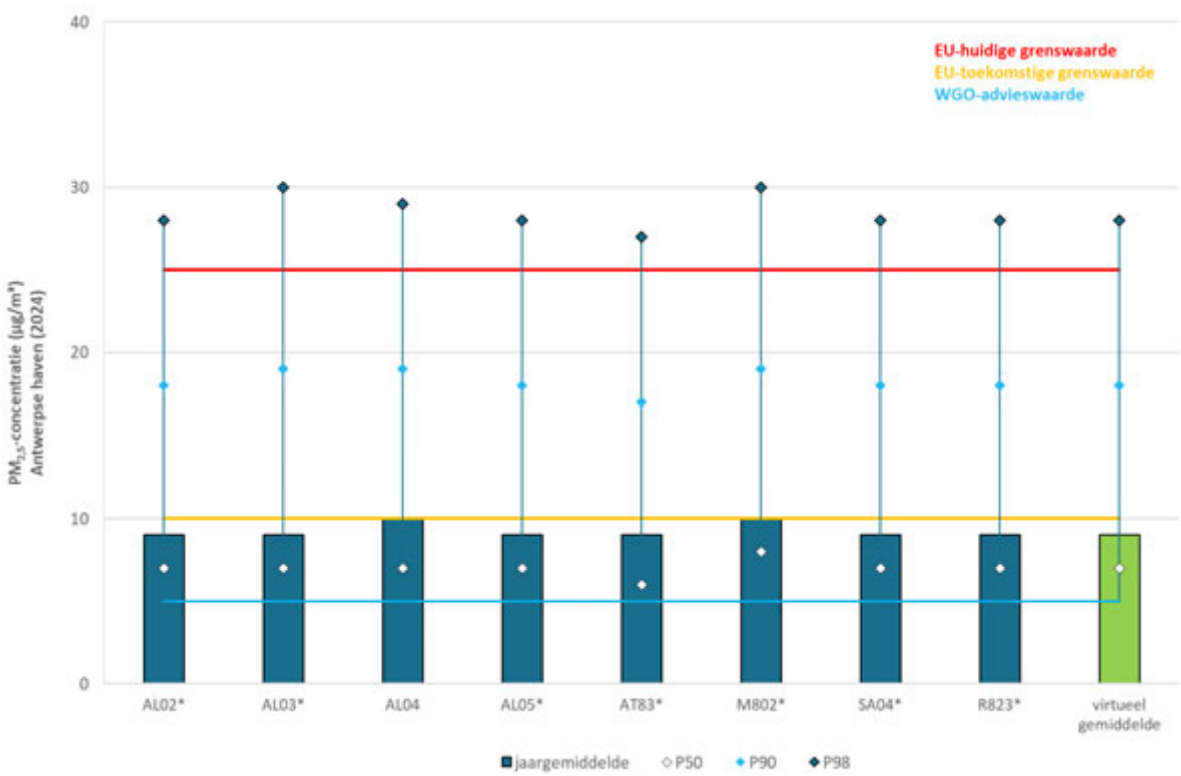
Cursief: maximaal toegelaten overschrijdingen is niet overschreden

Concentratie per meetplaats

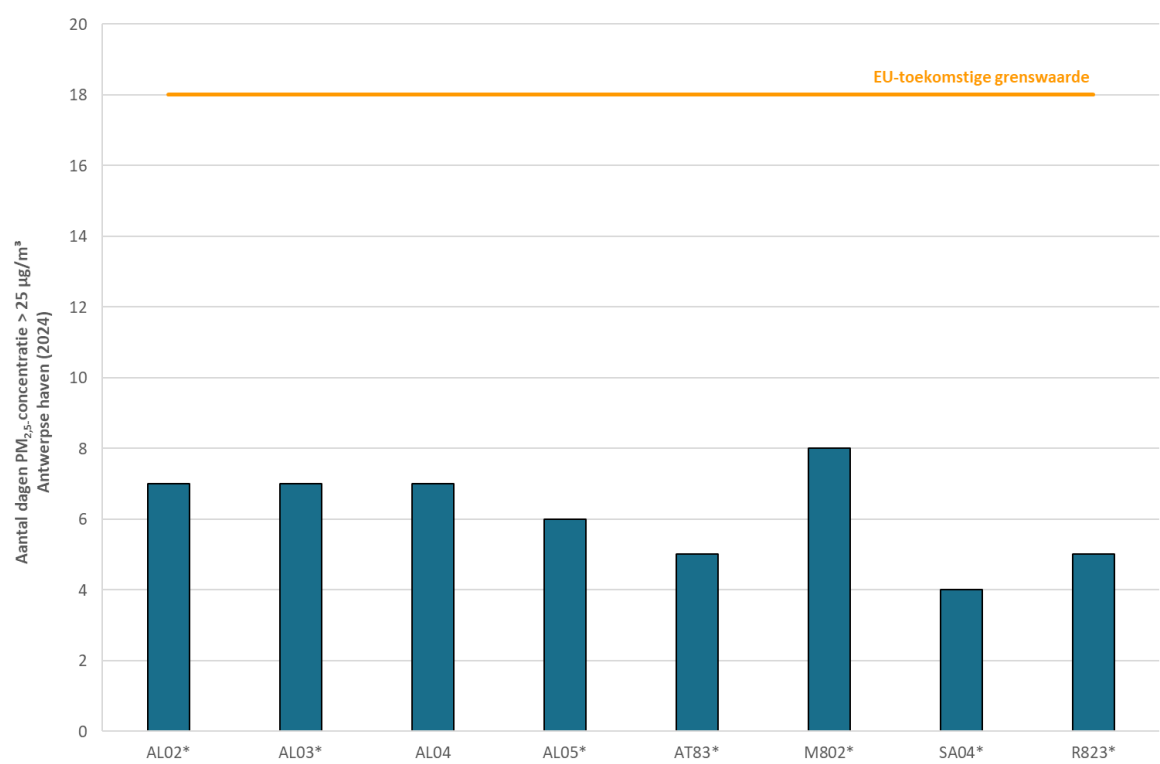
Figuur 34 toont voor alle meetplaatsen voor PM_{2,5} de belangrijkste statistische parameters: het jaargemiddelde, 50ste en 98ste percentiel op basis van uurwaarden voor 2024. Hieruit volgt dat de concentraties niet sterk variëren. Het jaargemiddelde bedraagt 9 of 10 µg/m³. Ook de piekwaarden zijn vrij gelijk. Alle jaargemiddelden liggen ver onder de huidige Europese grenswaarde en net onder de toekomstige Europese grenswaarde maar een stuk boven de WGO-advieswaarde.

De nieuwe Europese richtlijn definieert een daggrenswaarde die in 2024 ruim gehaald werd. De WGO-advieswaarde werd ruim overschreden: er zijn 37 tot 55 dagen met een concentratie hoger dan $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wat meer dan het maximum van 3 dagen is.

Figuur 34: Overzicht statistische parameters PM_{2,5} in de Antwerpse haven in 2024



Figuur 35: Aantal dagen met PM_{2,5}-concentraties > 25 µg/m³ voor meetplaatsen in de Antwerpse haven



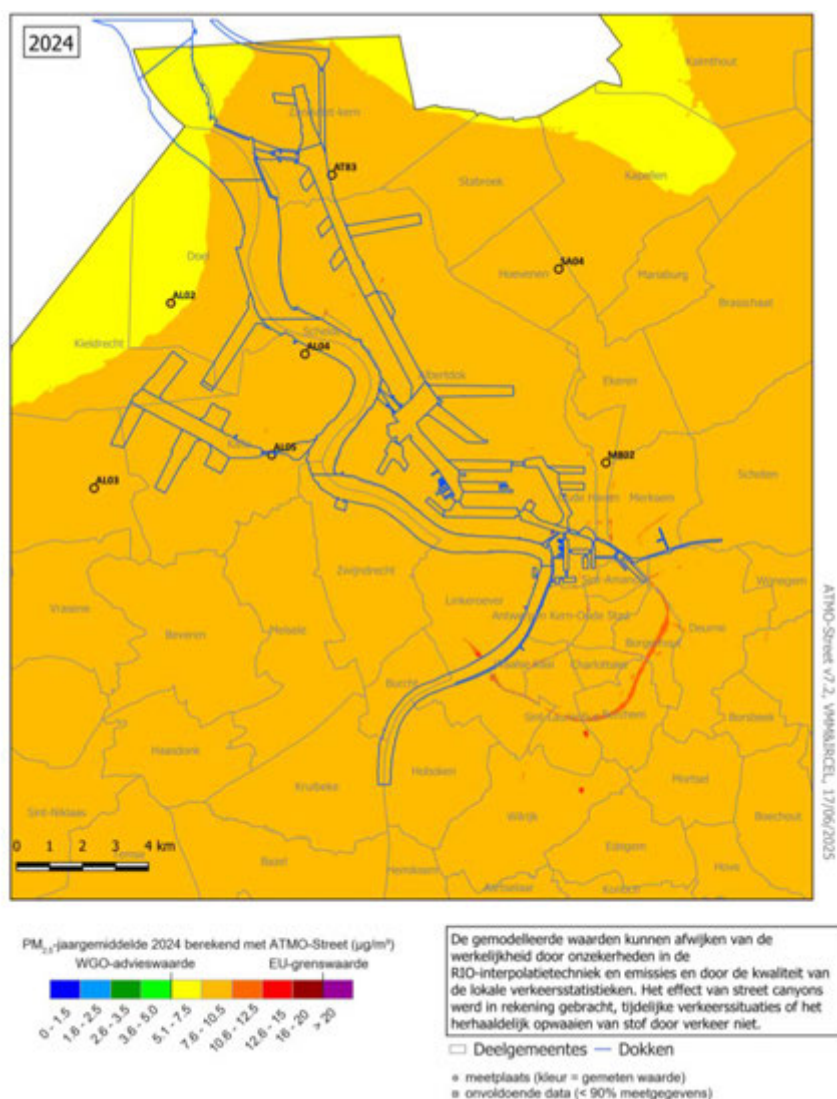
Locatie	Aantal dagen PM ₁₀ concentratie > 15 µg/m³
AL02*	40
AL03*	48
AL04	49
AL05*	49
AT83*	37
M802*	55
SA04*	43
R823*	44

*: toetsing aan Europese doelstelling

5.2.3.1 Gemodelleerde PM_{2,5}-concentraties

In 2023 berekende het model in het centrum van de haven en op de Antwerpse Ring een $PM_{2,5}$ -concentratie tussen 7,6 en 10,5 $\mu g/m^3$. In 2024 ligt de concentratie vooral tussen 7,6 en 10,5 $\mu g/m^3$.

Figuur 37: Gemodelleerd PM_{2,5}-jaargemiddelde in de Antwerpse haven in 2024



De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 1,1 en 1,4 µg/m³ voor 2024.

5.2.3.2 Pollutierozen PM_{2,5}

Figuur 38 toont de zeropollutierozen van PM_{2,5} voor 2024.

Volgens het IMJV zijn er in de Antwerpse haven 4 bedrijven die in 2023 meer dan 10 ton PM_{2,5} uitstoten (bijlage 3). Vervolgens vergeleken we de locatie van die bedrijven met de sectoren waar de pollutierozen naar wijzen. We stellen het volgende vast:

- M802: W: Euroports Storage Antwerp
- AL04: ZO: TotalEnergies Refinery Antwerp, Exxonmobil Petroleum&Chemical

Het Deurganckdok en het Waaslandkanaal beïnvloeden de concentraties gemeten op AL02, AL03, AL04 en AL05. Op Antwerpen-Luchtbal (M802) is er ook invloed van de nabijgelegen verkeersassen. Op AT83 is de concentratie laag en wijst de pollutieroos geen uitgesproken richting aan. Ook op de verderaf gelegen meetstations R823 en SA04 zijn de concentraties laag.

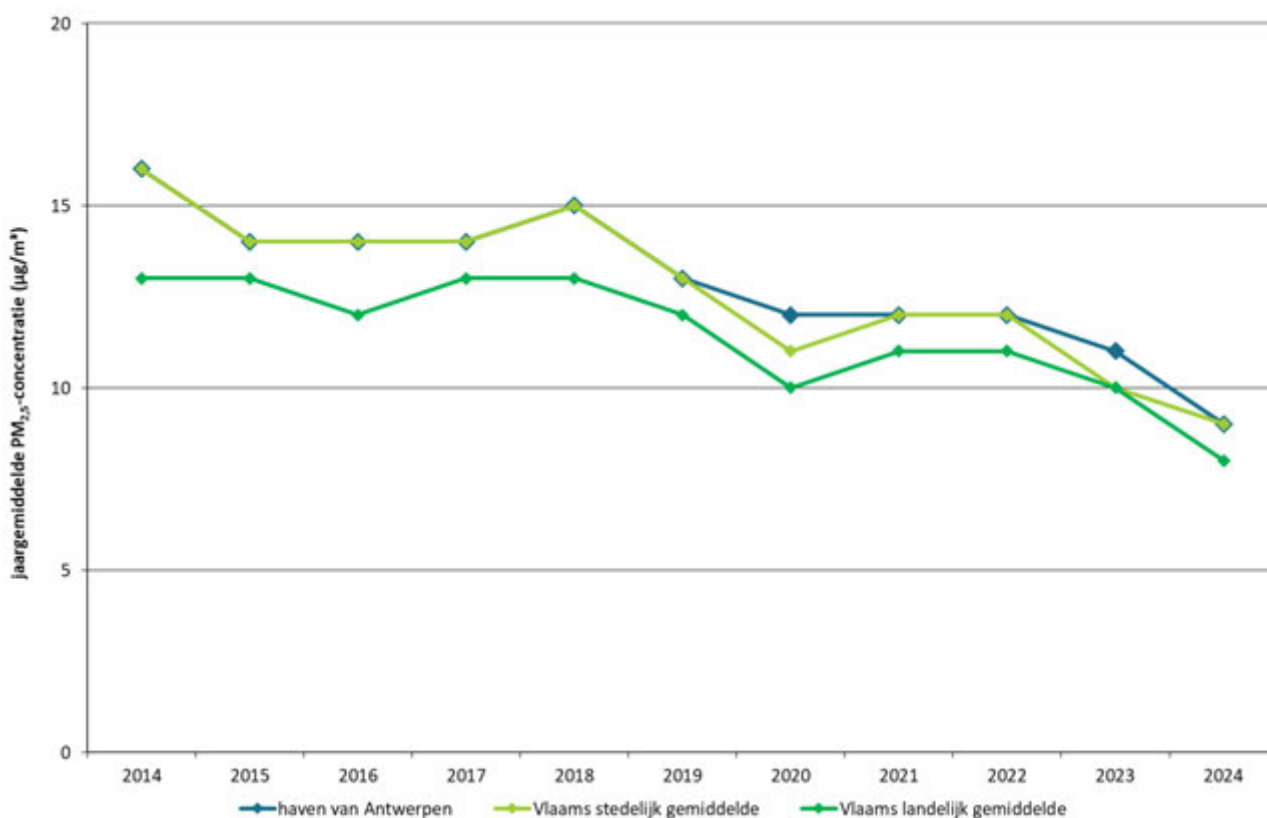
AL02 AL04 AT83 R823
AL03 AL05 M802 SA04

5.2.4 Trend van PM_{2,5}-concentraties

Figuur 39 vergelijkt het verloop van de PM_{2,5}-concentraties op de virtuele meetplaatsen 'Antwerpse haven' met dit van het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde in de periode 2014 tot en met 2024.

Op alle virtuele meetplaatsen is er een globale dalende trend waarbij de concentraties in 2024 het laagst zijn in vergelijking met alle voorgaande jaren. De concentraties in de Antwerpse haven lopen vrij gelijk met die van de stedelijke meetplaatsen. In 2024 daalt de concentratie op de landelijke meetplaatsen sterker dan in de Antwerpse haven. In de periode 2014-2024 daalde de gemiddelde PM_{2,5}-concentratie in de Antwerpse haven met 44 %.

Figuur 39: Evolutie PM_{2,5}-jaargemiddelde in de Antwerpse haven ten opzichte van het stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen



Figuur 40 toont het verloop van de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie voor de periode 2014 tot 2024. De concentraties fluctueren wat maar we zien een globaal dalende trend. Bij meetplaatsen AL04 en SA04 waar al het langst gemeten wordt, zien we een daling van 41 respectievelijk 44 % sinds 2014.

PM_{10-2.5}-concentratie (µg/m³)

EU-huidige grenswaarde

EU-toekomstige grenswaarde

WGO-advieswaarde

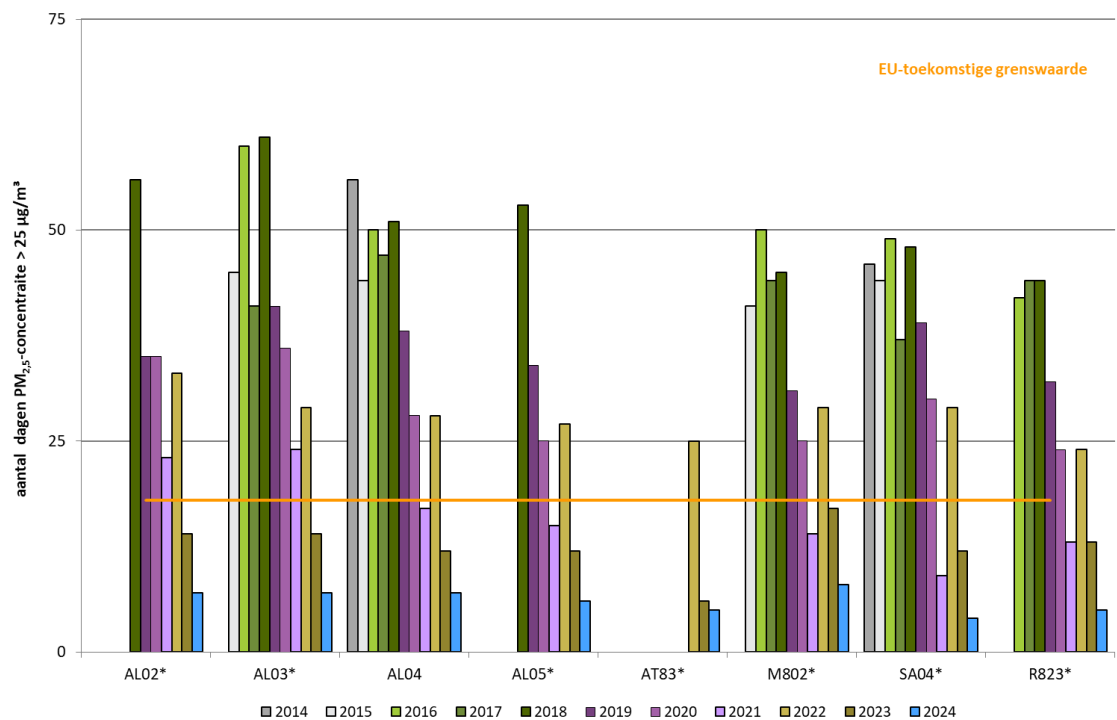
Legend: AL02*, AL03*, AL04, AL05*, AT83*, M802*, SA04*, R823*

Year	AL02*	AL03*	AL04	AL05*	AT83*	M802*	SA04*	R823*
2014	16.0	16.0	17.0	16.0	-	-	16.0	-
2015	16.0	16.0	17.0	16.0	-	14.0	16.0	-
2016	15.0	16.0	15.0	16.0	-	14.0	15.0	-
2017	14.0	14.0	16.0	14.0	-	14.0	14.0	-
2018	15.0	16.0	15.0	15.0	-	14.0	14.0	-
2019	13.0	13.0	14.0	13.0	-	12.0	13.0	-
2020	12.0	12.0	12.0	12.0	-	11.0	12.0	-
2021	12.0	13.0	12.0	12.0	-	11.0	12.0	-
2022	12.0	12.0	12.0	12.0	-	11.0	12.0	-
2023	11.0	11.0	11.0	11.0	9.0	11.0	11.0	-
2024	10.0	10.0	10.0	10.0	9.0	9.0	10.0	-

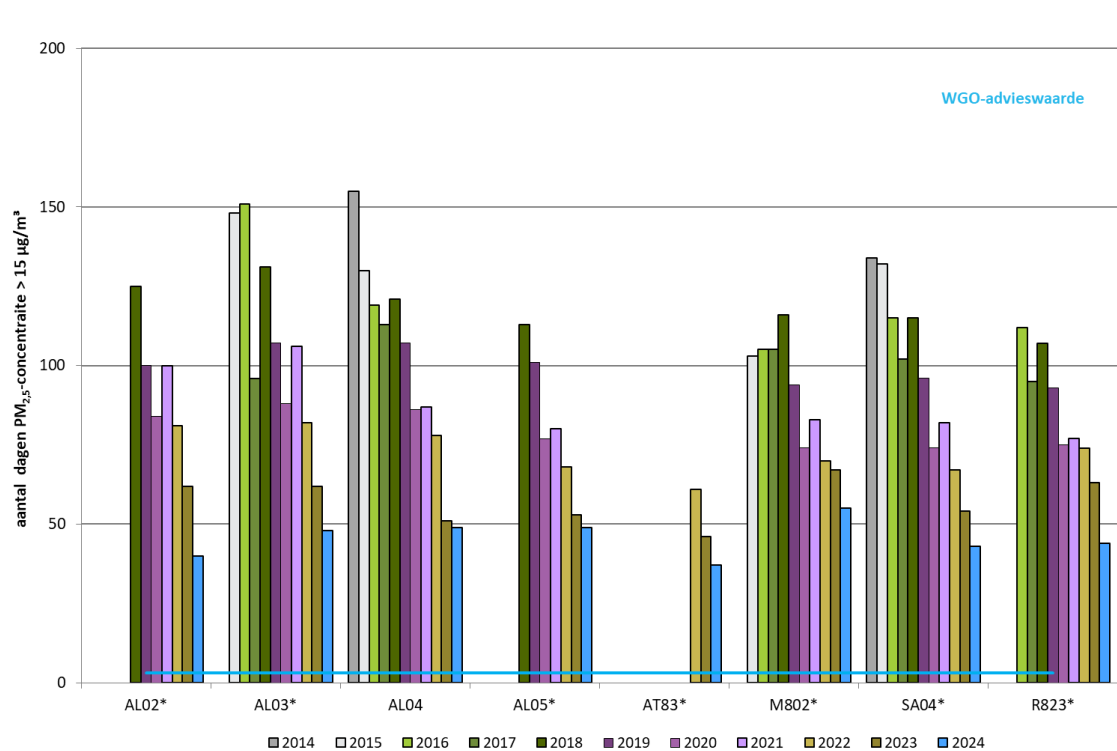
Luchtkwaliteit in de Antwerpse haven– jaarrapport 2024

53

Figuur 41: Trend aantal dagen met PM_{2,5}-concentraties > 25 µg/m³ voor de meetplaatsen in de Antwerpse haven



Figuur 42: Trend aantal dagen met PM_{2,5}-concentraties > 15 µg/m³ voor de meetplaatsen in de Antwerpse haven



*: toetsing aan Europese doelstelling
Alleen data met voldoende databeschikbaarheid opgenomen in de figuur

5.3 Zwarte koolstof

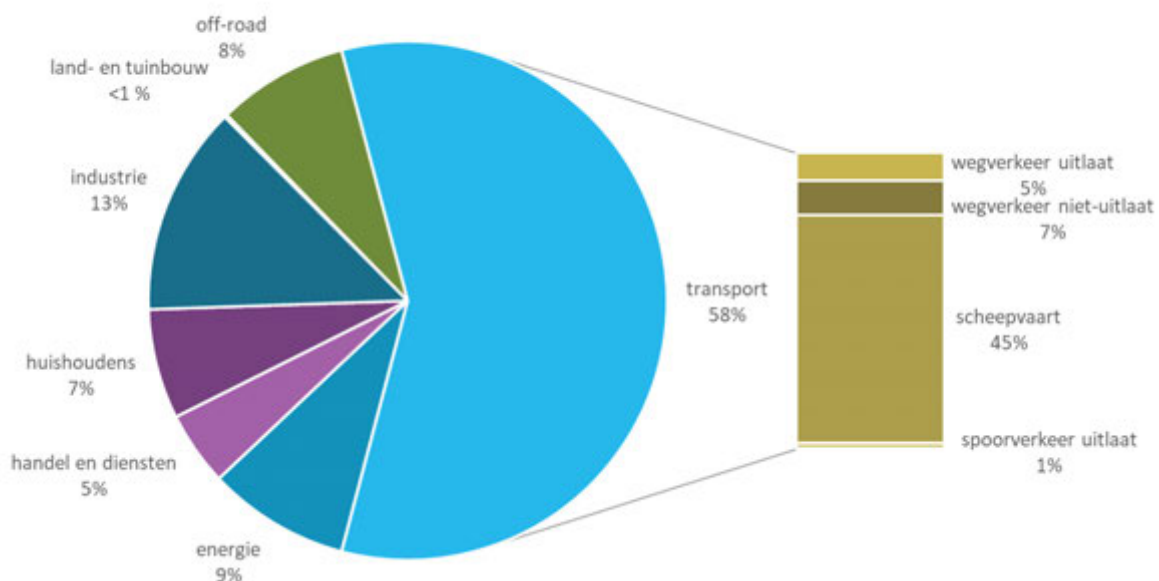
Elementair koolstof en zwarte koolstof geven allebei een indicatie van de roetdeeltjes in de lucht. Zwarte koolstof wordt met een optische methode bepaald, elementair koolstof met een thermische methode. Hierdoor zijn er ook kleine verschillen tussen beide fracties. Eerst bespreken we de emissies van elementair koolstof, daarna volgt de concentratie van zwarte koolstof in de omgevingslucht.

5.3.1 Emissies van elementair koolstof

In 2023 bedroeg de emissie van elementair koolstof voor de zone Antwerpse haven 80 ton. Dit was 6 % van de totale uitstoot van heel Vlaanderen en 1 % minder dan in 2022.

Figuur 43 geeft het aandeel van de sectoren voor de emissies van elementair koolstof in de Antwerpse haven voor 2023. Transport is verantwoordelijk voor meer dan de helft van de uitstoot, vooral door scheepvaart dat 45 % van de totale emissies uitstoot. De industrie is de tweede grootste sector in 2023, goed voor 13 % van de totale emissies, gevolgd door energie met 9 %.

Figuur 43 : Aandeel sectoren in emissies van elementair koolstof in de Antwerpse haven in 2023



Bron emissies: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Figuur 44: Emissies elementaire koolstof in de Antwerpse haven



Toetsing aan regelgeving

Concentratie per meetplaats

////////////////////////////////////

concentratie zwarte koolstof ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Antwerpse haven (2024)

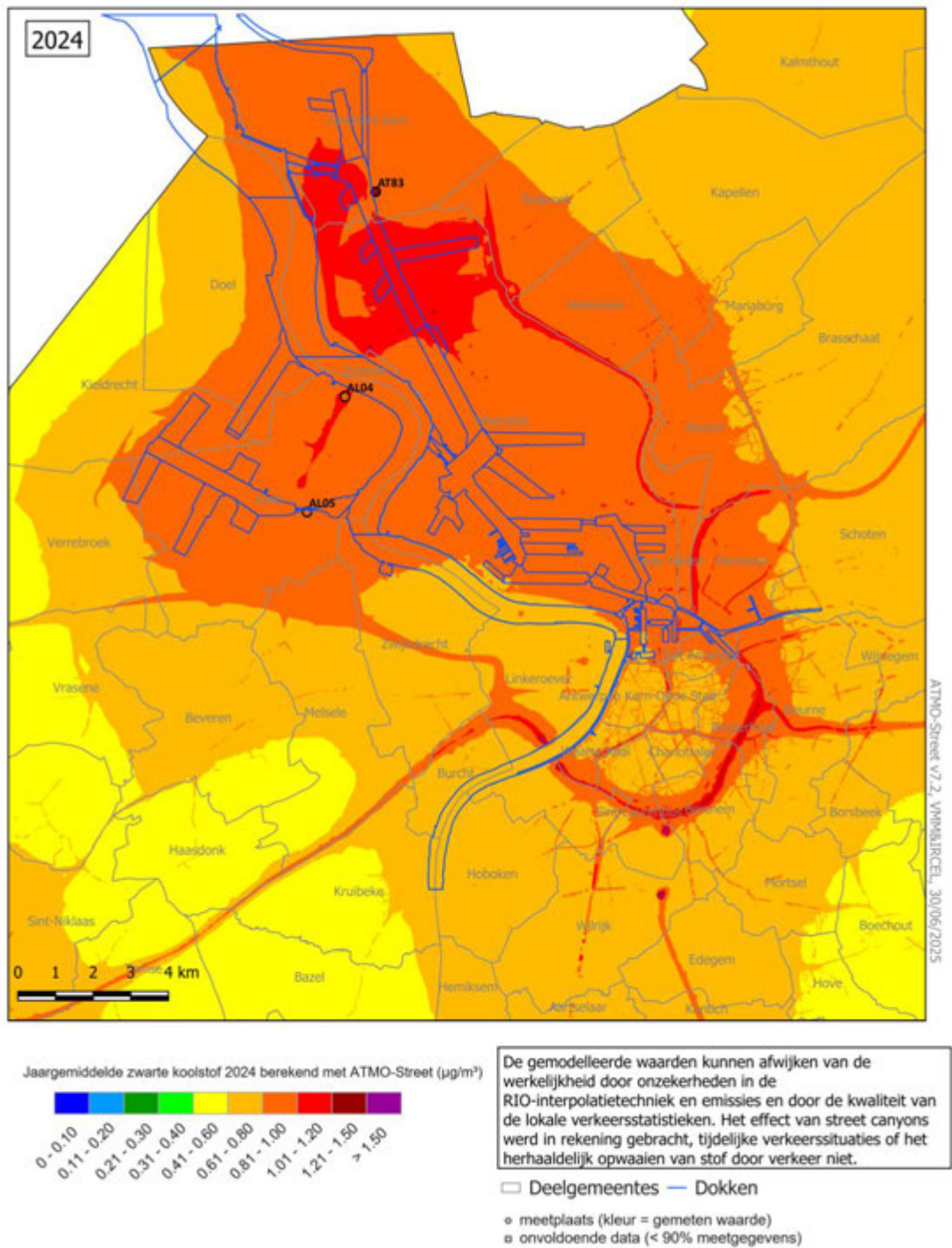
Locatie	jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P90 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AL04	0.95	0.75	1.80	3.00
AL05*	0.85	0.65	1.70	2.90
AT83*	1.35	1.05	2.65	4.45
virtueel gemiddelde	1.05	0.90	1.90	2.85

■ jaargemiddelde ◇ P50 ◆ P90 ◆ P98

5.3.3.1 Gemodelleerde zwartekoolstofconcentraties

De kaart toont duidelijk de verhoogde concentraties aan de Antwerpse ring, de omliggende autosnelweg en drukke toegangswegen. De tunnelmonden zijn ook zichtbaar. De gemodelleerde concentraties tonen hogere concentraties dan in 2023. Dit ligt aan de update van RIO. Die toename van zwarte koolstof zien we in heel Vlaanderen.

Figuur 46: Gemodelleerd jaargemiddelde van zwarte koolstof in de Antwerpse haven in 2024



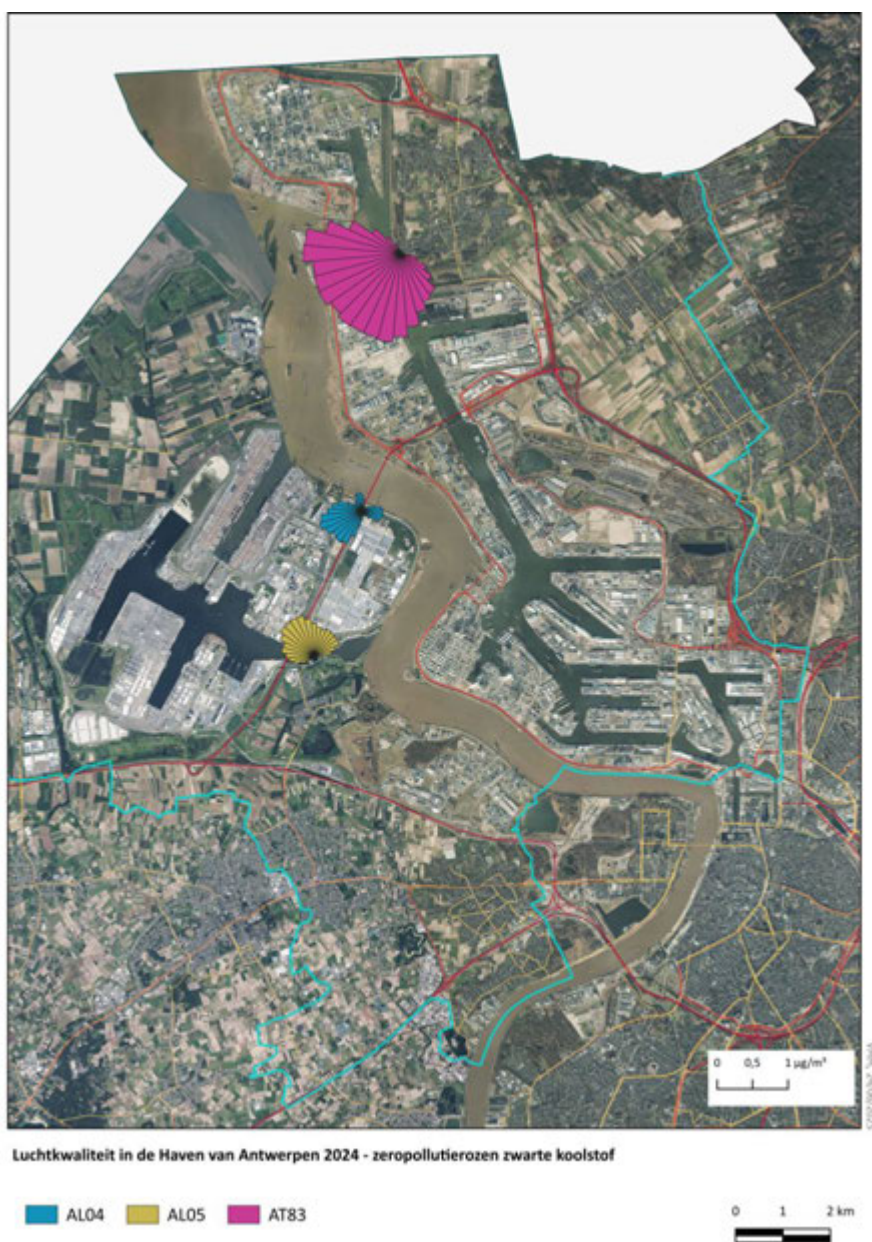
De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 0,23 en 0,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor 2024.

5.3.3.2 Pollutierozen zwarte koolstof

Om lokale invloeden op de zwartekoolstofconcentraties te bekijken, werden er zeropollutierozen gemaakt (Figuur 47). Meer informatie over de methodiek staat in bijlage 6. Zwarte koolstof heeft een sterke concentratiegradiënt en kent een grotere invloed door lokale bronnen dan PM₁₀.

Bedrijven rapporteren geen emissies van zwarte koolstof. Scheepverkeer is een belangrijke bron van zwarte koolstof. De meetplaats AT83 wijst naar bronnen in de westelijke tot zuidwestelijke sector. Hier liggen verschillende dokken en vlakbij is er een aanmeer-/wachtzone voor binnenvaartschepen. De zuidzuidoostelijke sector wijst naar Antwerp Bulk Terminal. Ook verkeerswisselaars en tunnelmonden geven aanvoer van zwarte koolstof aan. Dit is het geval op de meetplaats aan de Liefkenshoektunnel (AL04). AL05 wijst naar aanvoer vanuit de noordwestelijke sector.

Figuur 47: Zeropollutierozen voor zwarte koolstof in de Antwerpse haven in 2024

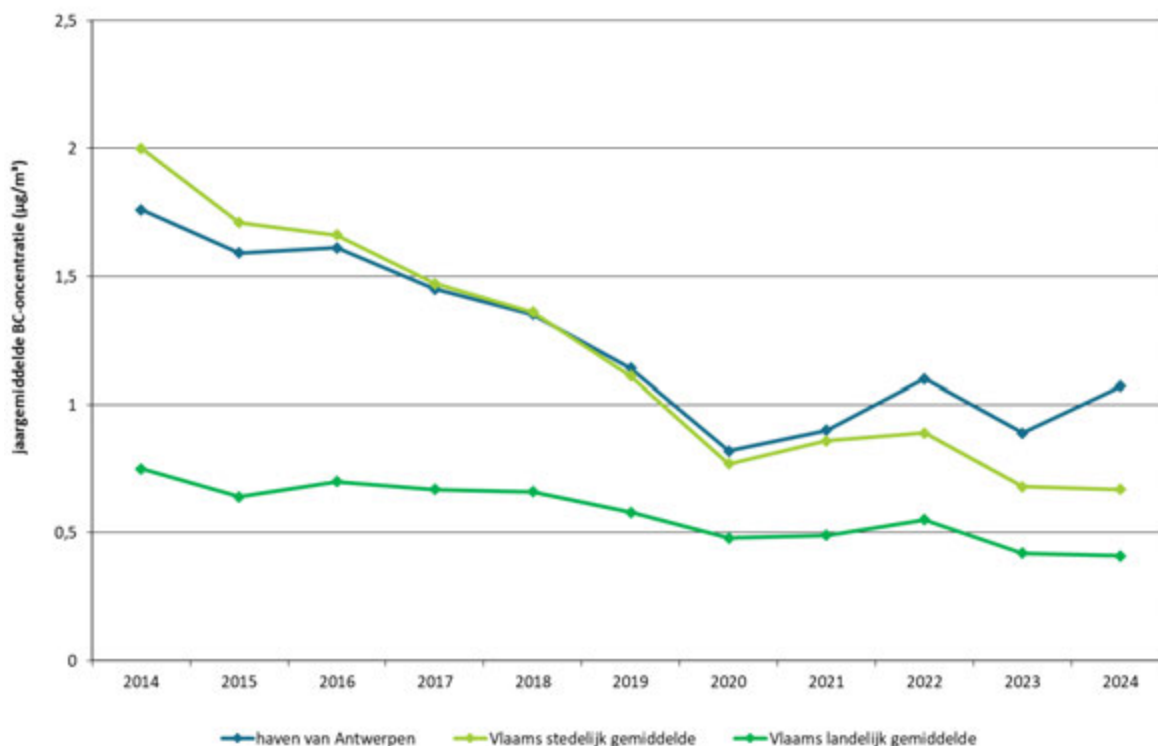


5.3.4 Trend van concentratie zwarte koolstof

Figuur 48 vergelijkt het verloop van de concentratie zwarte koolstof op de virtuele meetplaatsen 'Antwerpse haven' met dit van het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde in de periode 2014 tot en met 2024.

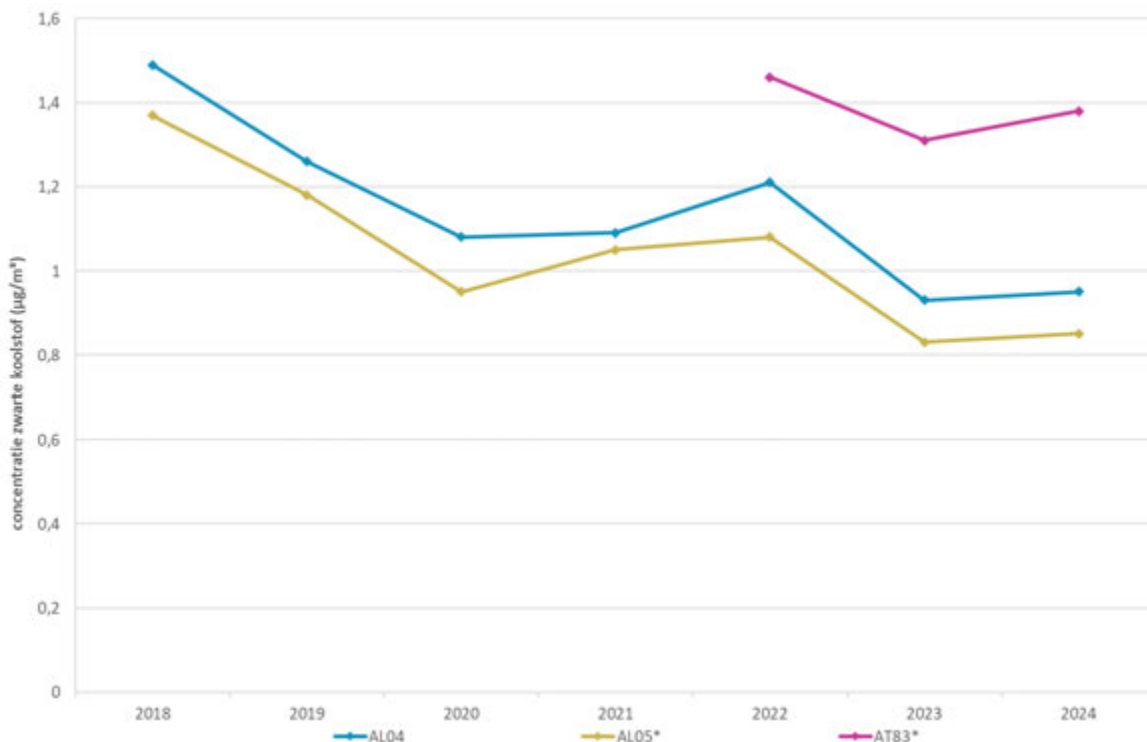
Op alle virtuele meetplaatsen is er een globale dalende trend die het sterkst is op de stedelijke meetplaatsen. Vanaf 2016 loopt de concentratie in de Antwerpse haven vrij gelijk met dit van de stedelijke meetplaatsen. In 2020 daalde de concentratie van zwarte koolstof sterker dan de jaren daarvoor, door het effect van de coronamaatregelen. In 2021 en 2022 zien we een lichte stijging op alle virtuele meetplaatsen omdat er na de corona-periode weer meer voertuigkilometers worden gereden. De sterke stijging in 2022 in de Antwerpse haven komt doordat ook meetplaats AT83 opgenomen werd in het gemiddelde. In 2023 zien we een duidelijke daling bij alle virtuele meetplaatsen. Een dergelijke daling zien we ook bij andere pollutanten. Dit wijst op een algemeen betere luchtkwaliteit in 2023. De stijging in 2024 ten slotte heeft deels te maken met de stopzetting van M802, SA04 en AT87 waardoor de hogere concentraties op AT83 meer doorwegen.

Figuur 48: Evolutie jaargemiddelde zwarte koolstof in de Antwerpse haven ten opzichte van stedelijk en landelijk gemiddelde in Vlaanderen



Figuur 49 toont het verloop van de jaargemiddelde concentratie zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse haven voor de periode 2014 tot 2024. Op AL04 en AL05 dalen de concentraties tot 2020, in 2023 zien we opnieuw een daling. In 2024 meten we de hoogste concentratie opnieuw op de meetplaats AT83 in Berendrecht. Ook in vergelijking met andere meetplaatsen in Vlaanderen, scoort AT83 hoog.

Figuur 49: Evolutie concentratie zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse haven



5.4 Bijdrage verbranding fossiele brandstoffen & hout aan zwarte koolstof en PM₁₀

Bij de verbranding van fossiele brandstoffen en hout komt er onder andere fijn stof en zwarte koolstof (BC) vrij. Zwarte koolstof is een onderdeel van fijn stof. Daarnaast bestaat er ook organische koolstof (OC) en *brown carbon* dat een onderdeel is van OC.

In 2024 meet de VMM zwarte koolstof op 3 meetplaatsen. Alleen op Berendrecht (AT83) gebeurt dit met een aethalometer (Magee AE33) die kan onderscheiden of de partikels zwarte koolstof komen van houtverbranding of verbranding van fossiele brandstoffen (vooral dieseloet). Dit onderscheid wordt gemaakt door het verschil in absorptie van licht van verschillende golflengtes door de verschillende fracties (zie Bijlage 6 - 5). Op AL04 en AL05 wordt zwarte koolstof in 2024 nog gemeten met een MAAP-monitor die beide fracties niet van elkaar kan onderscheiden.

5.4.1 Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan zwarte koolstof

Figuur 50 toont de concentraties aan zwarte koolstof uit fossiele brandstof (BC_{ff}) en zwarte koolstof uit houtverbranding (BC_{wb}) opgesplitst in winter- en zomermaanden. Vooral de fractie uit fossiele brandstof is hoog. In de wintermaanden³ is de concentratie zwarte koolstof uit fossiele brandstoffen hoger dan in de rest van het jaar. Dan zijn er vaker ongunstige weersomstandigheden - zoals temperatuursinversies - waarbij de

³ wintermaanden: januari-maart en oktober-december; zomermaanden: april-september

Figuur 50: Zwarte koolstof uit fossiele brandstoffen (BC_{ff}) en houtverbranding (BC_{wb}) op AT83 opgesplitst in zomer en winter, 2024



Figuur 51: PM₁₀ uit fossiele brandstoffen (PM₁₀ ff) en houtverbranding (PM₁₀ wb) op AT83 opgesplitst in zomer en winter, 2024



Luchtkwaliteit in de Antwerpse haven– jaarrapport 2024

6 VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN – BTEX EN VOS

Vluchtige organische stoffen (VOS) is een verzamelnaam voor een groep gasvormige stoffen die vooral uit koolstof- en waterstofatomen bestaan. Sommige VOS (bijvoorbeeld benzeen) zijn kankerverwekkend, andere bedreigen de ozonlaag. De niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) omvatten alle organische stoffen, met uitzondering van methaan, die fotochemische oxidanten kunnen produceren door reactie met stikstofoxides onder invloed van zonlicht.

In deze paragraaf bespreken we volgende componenten:

- benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen-isomeren (BTEX)
- een reeks van vluchtige organische stoffen (VOS)

We bespreken de gerapporteerde industriële emissies van de BTEX-componenten, 1,2-dichloorethaan en de totaal NMVOS-emissies in de Antwerpse haven. Daarna volgt een bespreking van de concentraties van automatische en semiautomatische metingen. Voor de automatische BTEX-metingen bekijken we ook de geografische spreiding in de Antwerpse haven.

Meer informatie over VOS vind je in bijlage 4.

6.1 Emissies

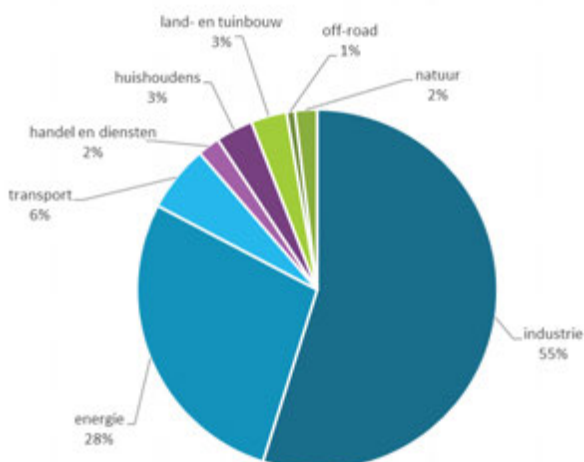
6.1.1 Emissie van totaal NMVOS

De NMVOS-emissie toont de som van alle stoffen, maar geeft geen informatie over de individuele componenten. In 2023 bedroeg de emissie van NMVOS voor de zone Antwerpse haven 6.045 ton. Dit was 7 % van de totale uitstoot van heel Vlaanderen en 9 % minder dan in 2022.

In 2023 was industrie verantwoordelijk voor meer dan de helft van de uitstoot. De sector energie is de tweede grootste sector, goed voor 28 % van de totale emissies. De andere sectoren hebben een veel kleiner aandeel (Figuur 53).

Figuur 53: Aandeel van de sectoren in de NMVOS-emissies in de Antwerpse haven in 2023

NMVOS, Antwerpse haven, 2023



Figuur 54: Evolutie totaal NMVOS-emissie in de Antwerpse haven

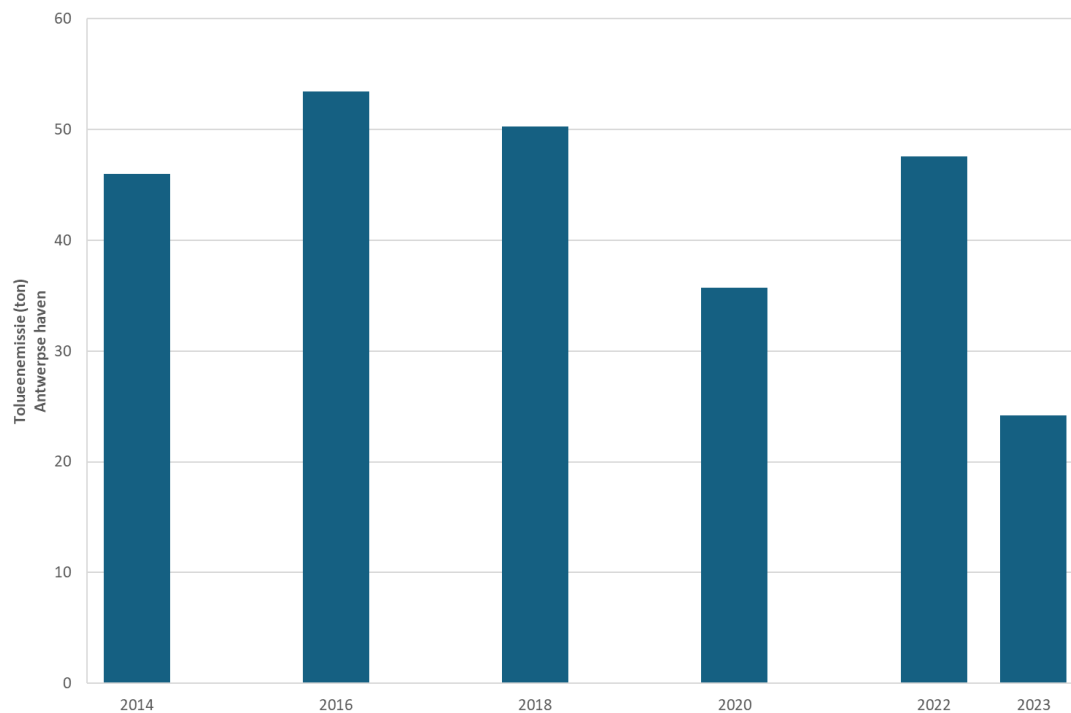


Figuur 55 tot en met Figuur 58 komen van het Team Emissie-inventaris Lucht van de VMM en geven alleen de emissies weer die de bedrijven in de Antwerpse haven rapporteren in het Integraal Milieujaarverslag (IMJV):

- [illegible]

Year	Benzeneemissie (ton)
2014	30
2016	23
2018	29
2020	24
2022	19
2023	21

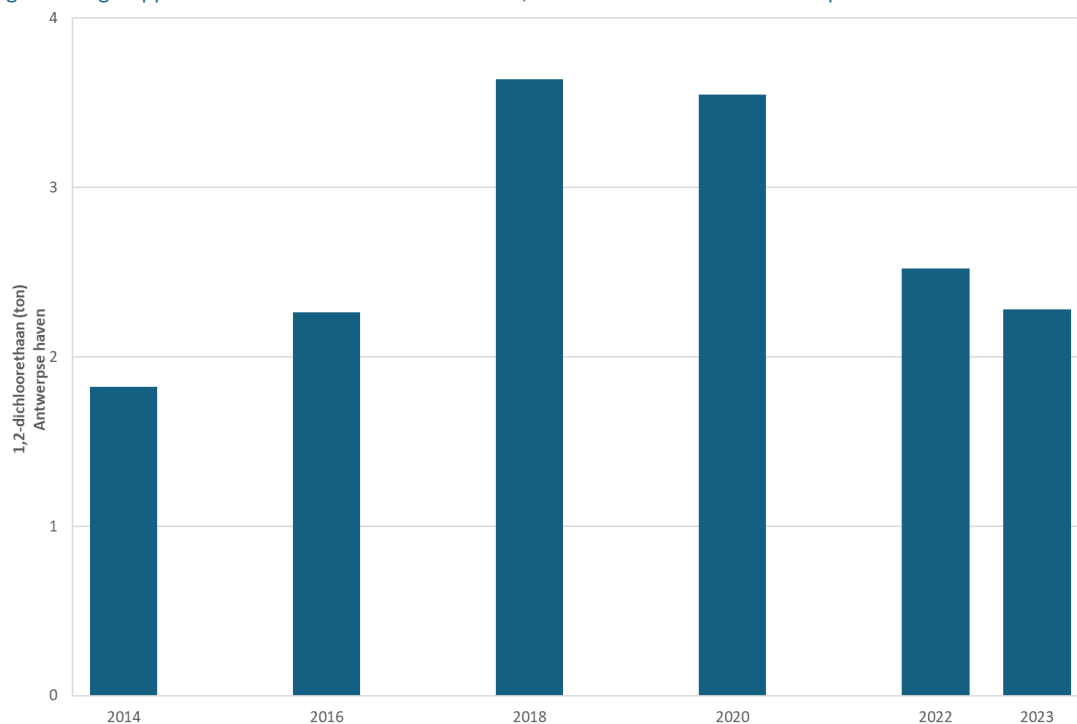
Figuur 56: Gerapporteerde industriële IMJV-emissies toluen in de Antwerpse haven

[illegible]

A bar chart titled 'Xyleenimporten (ton) Antwerpse haven' showing the volume of xyleen imports in tons for the years 2014, 2016, 2018, 2020, 2022, and 2023. The y-axis ranges from 0 to 30 in increments of 5. The bars are dark blue. The data shows a peak in 2018 and a slight dip in 2020.

Jaar	Xyleenimporten (ton)
2014	21.8
2016	16.0
2018	27.0
2020	13.8
2022	26.2
2023	15.5

Figuur 58 : gerapporteerde industriële IMJV-emissies 1,2-dichloorethaan in de Antwerpse haven

[illegible]

6.2 BTEX-concentraties – automatische metingen

In 2021 voerde de VMM een VOS-meetcampagne uit op 50 extra meetplaatsen in de Antwerpse haven. Hieruit volgde dat er in de Antwerpse haven een aantal aandachtsgebieden met verhoogde VOS-concentraties waren. De VMM startte daarom in 2023 op twee extra plaatsen BTEX-metingen op: Rode Weel (AT87) en Scheurweg (R891). Op AT87 werden metingen in 2023 uitgevoerd, op R891 gaat het om een vaste meetplaats waar er langer BTEX wordt gemeten.

6.2.1 BTEX-concentraties in 2024

Toetsing aan regelgeving

Alleen voor benzeen en toluen bestaan er luchtkwaliteitsdoelstellingen. Voor benzeen is er een nieuwe Europese grenswaarde die in 2030 van kracht wordt. De VMM meet deze parameters op 4 meetplaatsen in de Antwerpse Haven. Door de ligging van de meetplaatsen moeten niet alle meetplaatsen getoetst worden aan de Europese regelgeving en aan de WGO-advieswaarden. De toetsing van groep B is louter informatief.

- B) geen toetsing op AT44 (Ordamstraat), R822 (Polderdijkweg), R891 (Scheurweg)

Op R891 was er voor de o-xyleen 77 % databeschikbaarheid, voor m+p-xyleen was dit 84 %. Daarom moet de vergelijking voorzichtig gebeuren. Onder de grafieken staat telkens hoeveel data er zijn.

Tabel 7: Toetsing concentraties benzeen en toluen aan regelgeving

2024 – benzeen	Doelstelling	Meetplaatsen (A) die doelstelling halen	Meetplaatsen (B) die doelstelling halen
EU-huidige jaargrenswaarde	5 µg/m³	1/1	3/3
VLAREM-P98	50 µg/m³	1/1	3/3
EU-toekomstige grenswaarde	3,4 µg/m³	1/1	3/3
2024 – toluen	Doelstelling	Meetplaatsen (A) die doelstelling halen	Meetplaatsen (B) die doelstelling halen
WGO-halfuuradvieswaarde	1000 µg/m³	1/1	3/3
WGO-weekadvieswaarde	260 µg/m³	1/1	3/3

Benzeen is kankerverwekkend waardoor geen veilig niveau van blootstelling kan bepaald worden. De WGO drukt de schadelijkheid van benzeen uit als het aantal extra kankergevallen bij een levenslange blootstelling aan een bepaalde concentratie. Bij een levenslange benzeenconcentratie van $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zou er één extra kankergeval per 1.000.000 inwoners zijn. In de Antwerpse haven ligt, afhankelijk van de locatie, het kankerrisico tussen 1 extra kankergeval op 355.000 inwoners op M802 (locatie met bewoning) en 1 extra kankergeval op 70.000 inwoners (op industriële locaties) als de huidige concentraties constant blijven in de tijd. Het Departement Zorg beoordeelt deze concentraties als gezondheidskundig niet verwaarloosbaar.

In Vlaanderen is er een beleid rond Zorgwekkende stoffen (ZS). Dit zijn stoffen die een potentieel ernstig risico vormen voor de mens en milieu. Vlaanderen wil deze ZS weren uit onze leefomgeving, zodat in 2050 lucht-, water-, en bodemverontreiniging worden teruggedrongen tot aanvaardbare niveaus voor mens en omgeving. De lijst met ZS wordt momenteel opgesteld en bevat waarschijnlijk een aantal VOS. Dit kan leiden tot extra luchtkwaliteits- en depositienormen.

Figuur 59 toont voor alle meetplaatsen de toetsing aan de bestaande regelgeving. Deze doelstellingen zijn gehaald.

Voor toluene werden beide WGO-doelstellingen ruim gehaald. Voor toluene noteerden we in 2024 de hoogste halfuurmaxima op de meetplaatsen Scheurweg (R891) – 152 µg/m³ en Polderdijkweg (R822) – 155 µg/m³. Het hoogste weekgemiddelde bedroeg 13,9 µg/m³, op R891, gevolgd door 9,4 µg/m³ op R822. Op de andere 2 meetplaatsen lagen de maximale weekgemiddelden van toluene veel lager.

The figure consists of four bar charts arranged in a 2x2 grid, showing concentrations of benzene and toluene at four locations: AT44, M802, R822, and R891. The charts compare measured concentrations with various limits and advice values.

Top Left Chart: Benzeen - jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Antwerpse haven (2024)

This chart shows the annual average benzene concentrations. The y-axis ranges from 0 to 6. Two horizontal lines indicate limits: a solid red line for 'EU-huidige grenswaarde' at 5.0 and a dashed orange line for 'EU-toekomstige grenswaarde' at approximately 3.4. The measured concentrations are as follows:

Locatie	Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AT44	~0.8
M802 *	~0.5
R822	~2.4
R891	~1.5

Top Right Chart: Benzeen - P98 daggemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Antwerpse haven (2024)

This chart shows the 98th percentile daily average benzene concentrations. The y-axis ranges from 0 to 60. A solid red line indicates the 'VLAREM-grenswaarde' at 50. The measured concentrations are as follows:

Locatie	P98 daggemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AT44	~2
M802 *	~1
R822	~8
R891	~6

Bottom Left Chart: Toluene - max halfuur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Antwerpse haven (2024)

This chart shows the maximum 30-minute average toluene concentrations. The y-axis ranges from 0 to 200. A blue horizontal line indicates the 'WGO-advieswaarde half uur = 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ '. The measured concentrations are as follows:

Locatie	Max halfuur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AT44	~140
M802	~35
R822	~155
R891	~152

Bottom Right Chart: Toluene - max weekgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Antwerpse haven (2024)

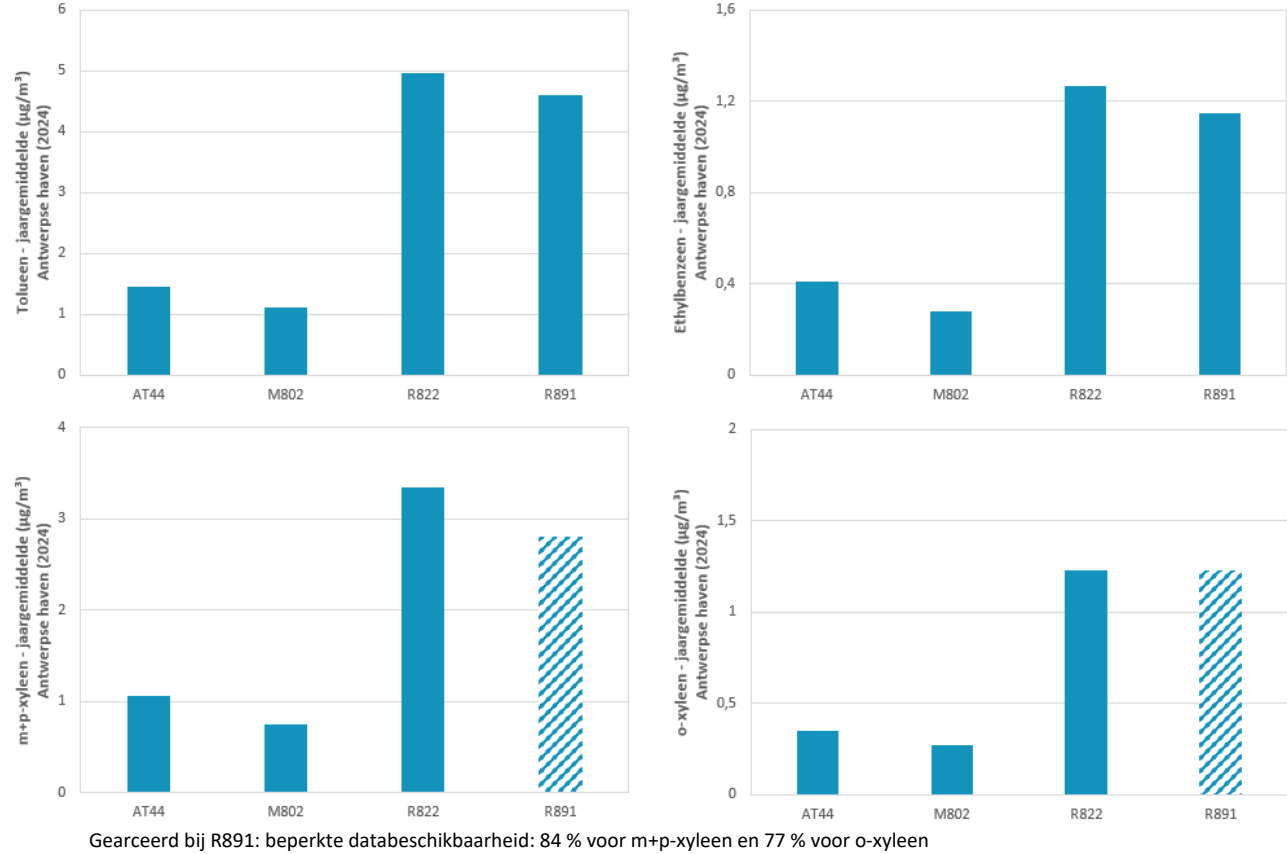
This chart shows the maximum weekly average toluene concentrations. The y-axis ranges from 0 to 15. A blue horizontal line indicates the 'WGO-advieswaarde week = 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ '. The measured concentrations are as follows:

Locatie	Max weekgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AT44	~4
M802	~2
R822	~9
R891	~14

*: benzeen: toetsing aan Europese doelstelling

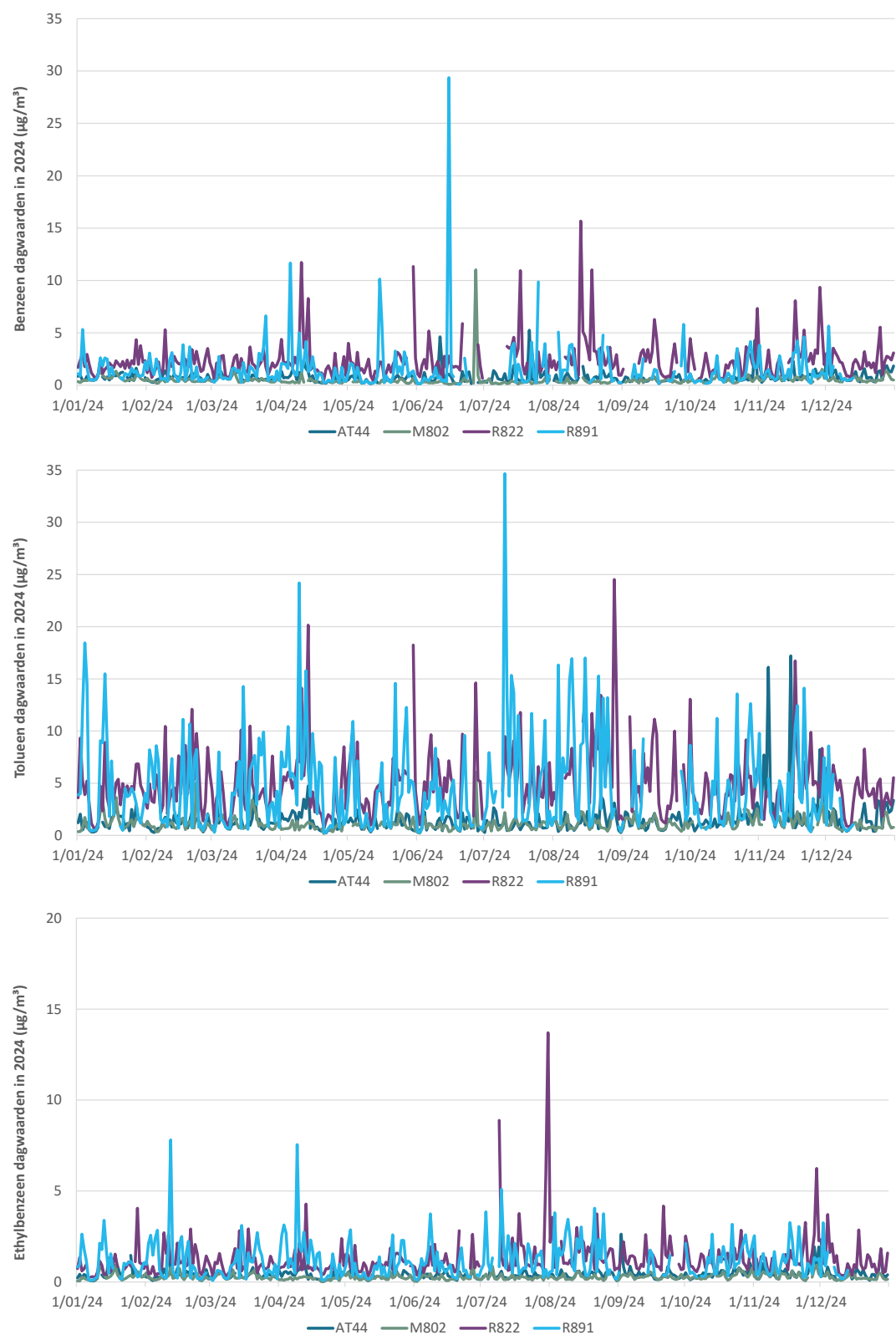
Figuur 60 toont de jaargemiddelden van toluen, ethylbenzeen, m+p-xyleen en o-xyleen op de meetplaatsen gemeten in 2024. Het jaargemiddelde van benzeen vind je in de figuur erboven. Hier valt op dat ook het jaargemiddelde op R891 in dezelfde grootteorde is als wat we op R822 meten. Op AT44 en M802 liggen de jaargemiddelden een stuk lager.

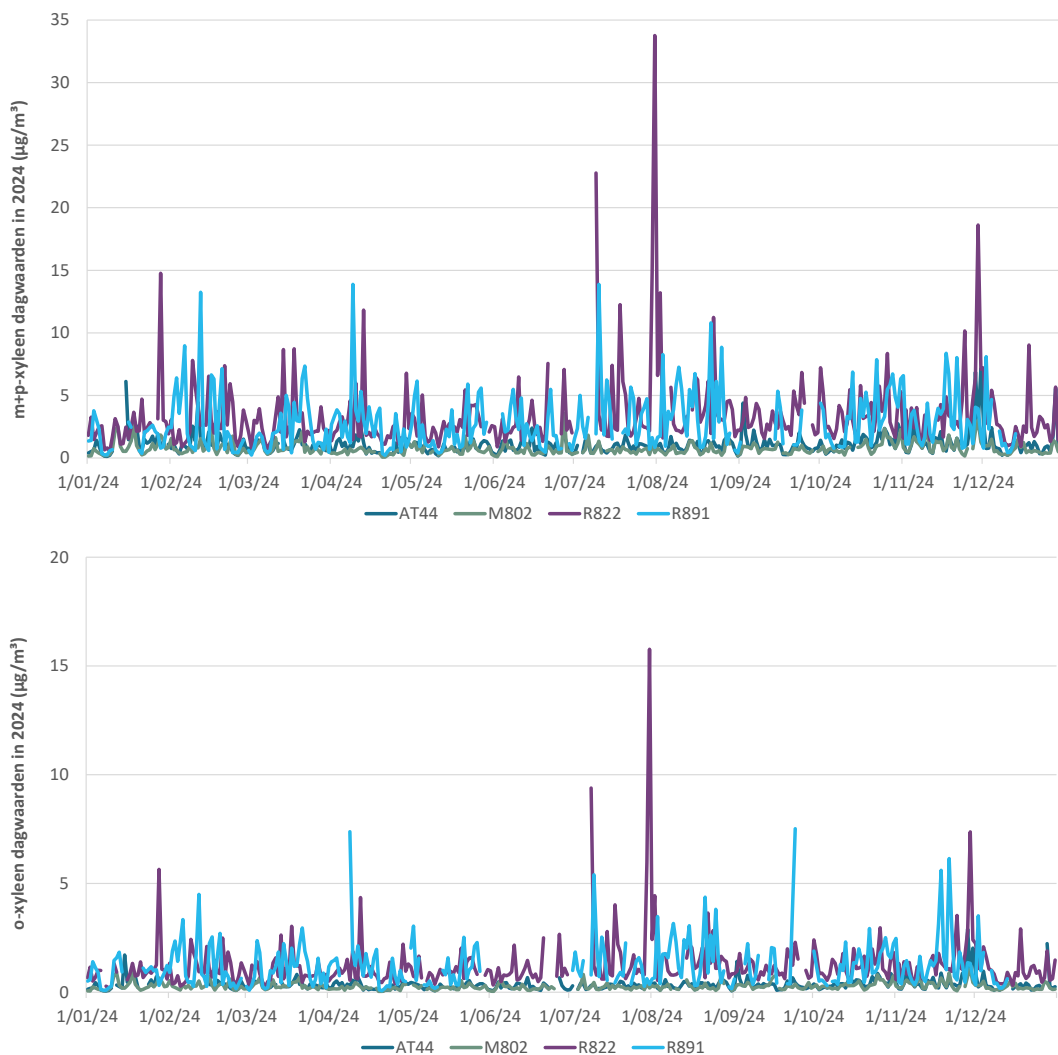
Figuur 60: Jaargemiddelden toluen, ethylbenzeen, m+p-xyleen en o-xyleen in 2024 (µg/m³)



Figuur 61 toont de daggemiddelden van benzeen, toluen, ethylbenzeen, o-xyleen en m+p-xyleen op alle meetlocaties. Deze toont dat er geregeld hogere concentraties zijn op R822 en R891. Op R891 zien we op 15/6 een verhoogde concentratie van benzeen bij een zuidwestenwind en op 10/7 van toluen bij een zuidwesten tot noordwestenwind. Op R822 was op 31/7 de concentratie van ethylbenzeen en de xylomenen verhoogd. Er waaide toen een vrij zwakke oostenwind.

Figuur 61: Verloop van de dagwaarden van benzeen, toluen, ethylbenzeen, m+p-xyleen en o-xyleen op de meetplaatsen in 2024





6.2.2 Geografische spreiding van BTEX-componenten

In het havengebied worden de BTEX-componenten op vier locaties gemeten. De locatie Luchtbal (M802) ligt dichtbij bewoning, de locaties Polderdijkweg (R822), Ordamstraat (AT44) en Scheurweg (R891) liggen op een industriële locatie. Figuur 62 tot en met Figuur 66 tonen de pollutierozen van benzeen, tolueen, ethylbenzeen en de xyleenisomeren op de verschillende meetplaatsen in de Antwerpse haven in 2024. De BTEX-concentraties liggen op R822 en R891 hoger dan op de M802 en AT44. Daarom gebruiken we in de figuren verschillende schalen. Meer informatie over de methodiek staat in bijlage 6.

We consulteerden het IMJV dat de uitstoot van de bedrijven in 2023 bundelt. De VOS-screeningscampagne toonde eerder aan dat de emissiegegevens van het IMJV niet volstaan om de bronnen aan te duiden en wees op het bestaan van extra bronnen in de haven die ook VOS uitstoten. Ook zijn er heel wat bedrijven die alleen de emissies van de groep van NMVOS rapporteren en niet de uitstoot van de afzonderlijke stoffen.

- R822: ZW-Z: TotalEnergies Olefins Antwerp, Exxonmobil Petroleum & Chemical, W: TotalEnergies Refinery Antwerp. In het noorden wijst de roos ook naar Sea-Tank 300 die alleen NMVOS rapporteert en niet benzeen afzonderlijk.
- AT44: ZW-Z: TotalEnergies Refinery Antwerp, TotalEnergies Olefins Antwerp, Exxonmobil Petroleum & Chemical, en ook Sea Tank 300 die alleen NMVOS rapporteert. W: Cargill rapporteert alleen NMVOS.
- R891: de pollutieroos wijst duidelijk naar het zuidwesten, waar onder andere ATPC ligt. Dichterbij ligt ook MAC² Solutions. Dit bedrijf rapporteerde tot en met 2017 benzeenemissies in het IMJV en doet onder andere aan het reinigen van tanks en spoorwagens. Op hun terrein ligt ook AQ dat vergund is als ontgassingsinstallatie.
- M802: benzeenaanvoer vanuit de richting van de raffinaderijen

Luchtkwaliteit in de Haven van Antwerpen 2024 - pollutierozen benzeen

■ R891 ■ M802
■ AT44 ■ R822

benzeen (AT44 & M802)
 0 0,5 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

benzeen (R822, R891)
 0 1 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

0 1 2 km

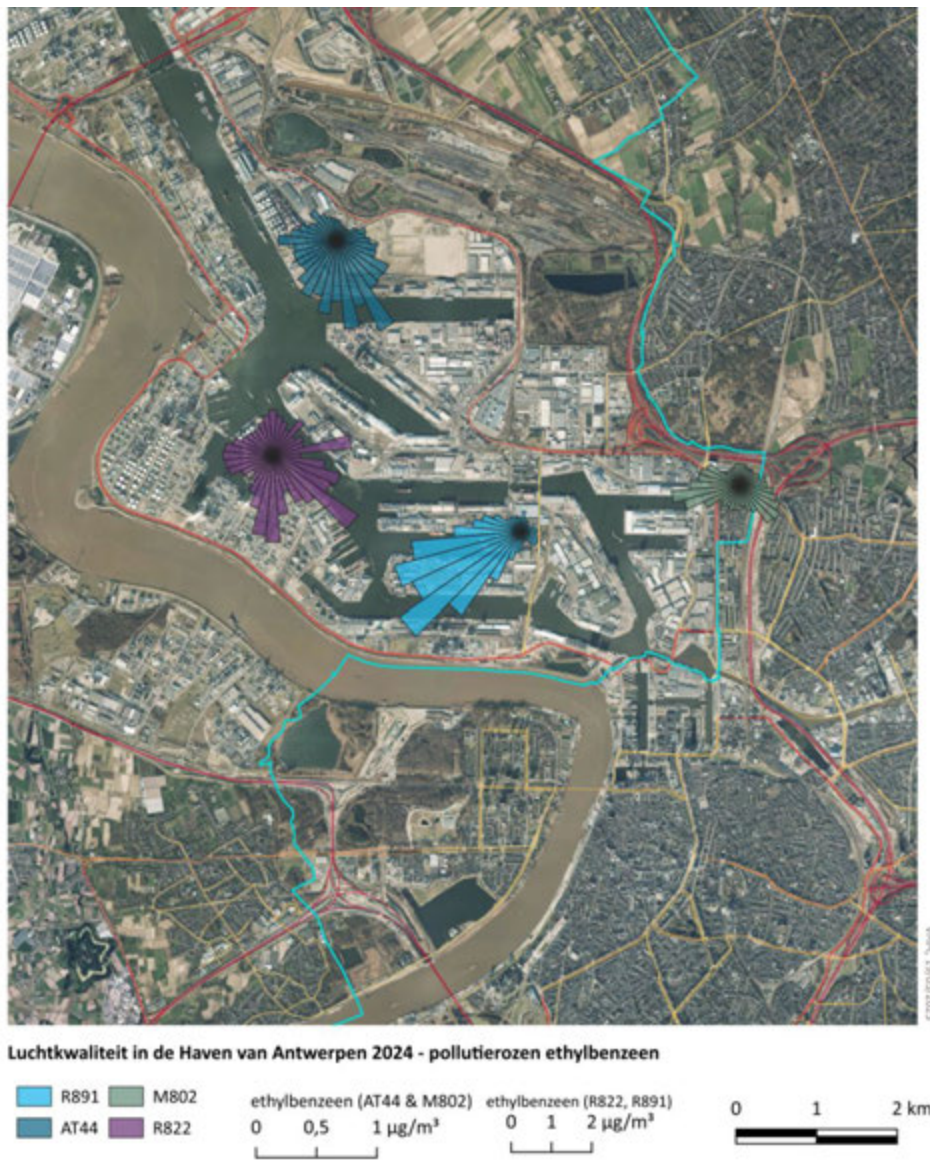
Volgens het IMJV zijn er in de Antwerpse haven 7 bedrijven die in 2023 minstens 1 ton toluene uitstoten (bijlage 3). Als we de locatie van die bedrijven vergelijken met de sectoren waar de pollutierozen naar wijzen, komen we tot de volgende vaststellingen:

- R822: ZW-Z: TotalEnergies Refinery Antwerp, TotalEnergies Olefins Antwerp, Exxonmobil Petroleum & Chemical, N: Sea tank 300 die alleen NMVOS rapporteert en niet toluene afzonderlijk.
- AT44: ZW-Z: TotalEnergies Refinery Antwerp, TotalEnergies Olefins Antwerp, Exxonmobil Petroleum & Chemical en Envalor. Verder liggen in de nabijheid ook enkele bedrijven die alleenl NMVOS rapporteren en niet toluene afzonderlijk: W: Cargill en Sea tank 510 – Z: Sea tank 300.
- R891: pollutieroos wijst duidelijk naar het zuidwesten, waar onder andere ATPC , MAC² en ontgassingsbedrijf AQ liggen.
- M802: we zien vooral aanvoer vanuit de haven.

Figuur 63: Pollutierozen toluene in de Antwerpse haven in 2024



- Kijken we naar de pollutierozen dan zien we dat de voornaamste bronnen ten zuiden en zuidoosten van de meetplaats R822 liggen maar we zien ook aanvoer uit andere richtingen.



De pollutierozen van m+p-xyleen en o-xyleen geven een gelijkaardig beeld. In het IMJV rapporteren bedrijven de uitstoot van alle xyleenisomeren samen. Hieruit blijkt dat er in de Antwerpse haven 3 bedrijven zijn die in 2023 meer dan 1 ton xyleen uitstoten (bijlage 3). Daarna vergeleken we de locatie van die bedrijven met de sectoren waar de pollutierozen naar wijzen. We komen tot de volgende vaststellingen:

- R822: ZW-Z: TotalEnergies Refinery Antwerp, Exxonmobil Petroleum & Chemical
- AT44: ZW-Z: TotalEnergies Refinery Antwerp, Exxonmobil Petroleum & Chemical
- M802: bronnen uit de richting van de haven ook een aanvoer uit het zuidoosten

Verder zien we dat R822 en R891 ook wijzen naar eenzelfde locatie waar onder andere ATPC, MAC² Solutions en AQ liggen.

Figuur 65: Pollutierozen m+p-xyleen in de Antwerpse haven in 2024



Luchtkwaliteit in de Haven van Antwerpen 2024 - pollutierozen o-xyleen

R891 M802
 AT44 R822

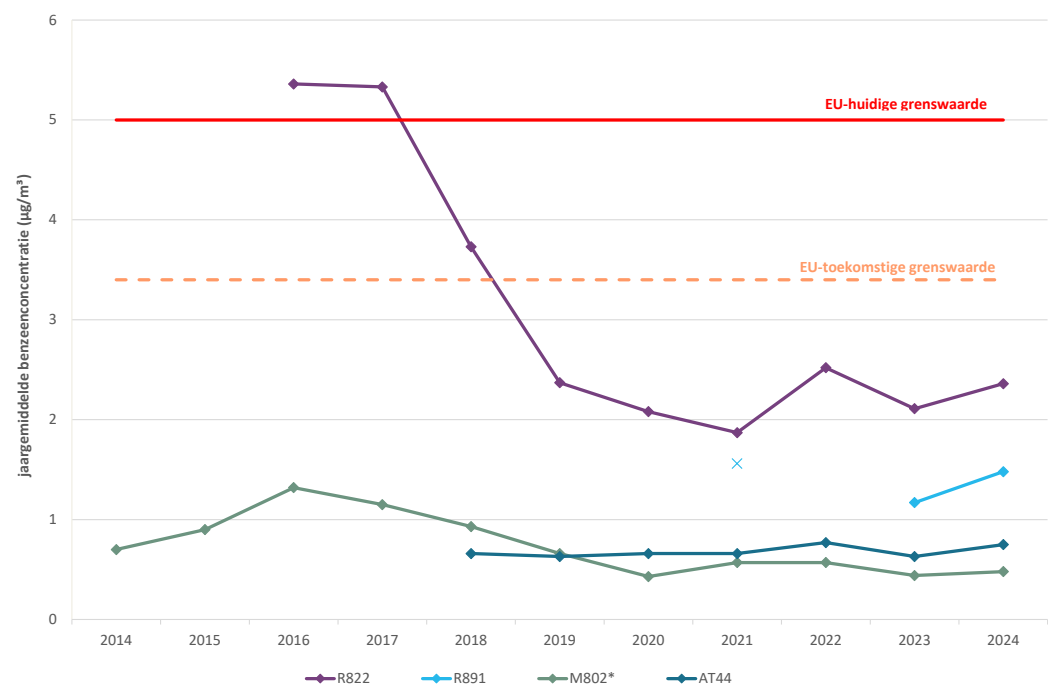
o-xyleen (AT44, M802) 0 0,5 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 o-xyleen (R822, R891) 0 1 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

0 1 2 km

Figuur 67 tot en met Figuur 71 tonen de evolutie in de gemeten BTEX-componenten in de periode 2014-2024 op de meetplaatsen in de Antwerpse haven. Ter informatie tonen we ook het jaargemiddelde dat in 2021 op R891 gemeten werd tijdens de VOS-campagne. Deze metingen gebeurden met passieve samplers.

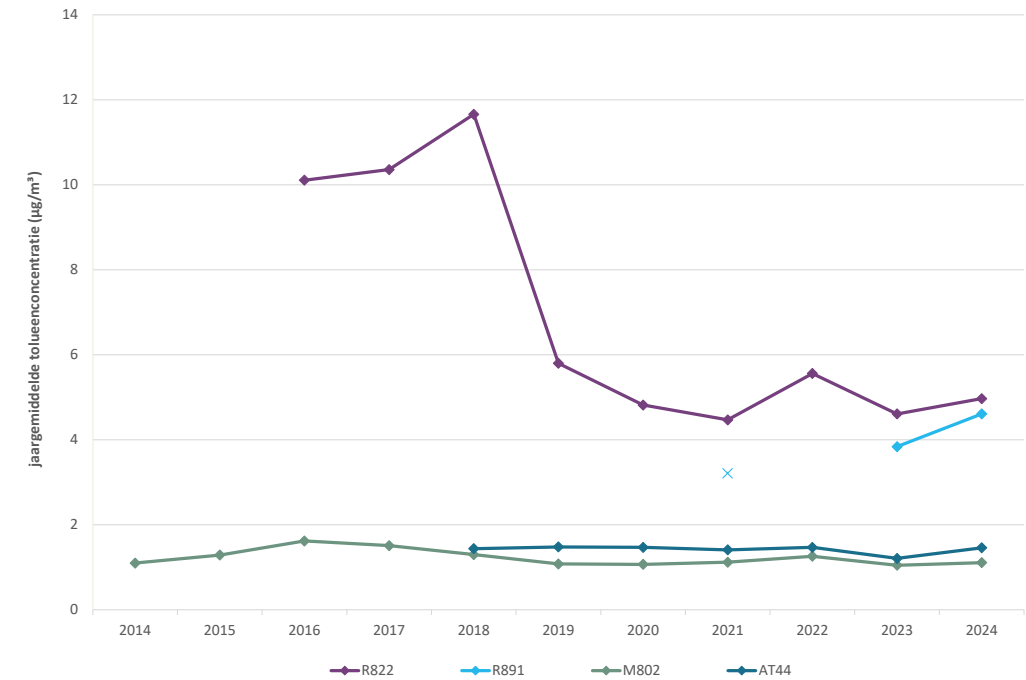
Op R891 werd er in 2023 minder benzeen gemeten dan in 2021. In 2024 neemt de concentratie verder toe. Voor de andere componenten zien we een lichte stijging en benaderen ze wat we op R822 meten. Op M802 en AT44 zijn de concentraties het laagst en blijven ze vrij stabiel.

Figuur 67: Evolutie benzeenconcentraties in de Antwerpse haven



Beperkte databeschikbaarheid: in 2014 op M802 (84%); in 2016 op R822 (73 %); in 2017 op R822 (78%); in 2023 op R891 (84 %)
*: toetsing aan Europese doelstelling
X: meting met passieve samplers

Figuur 68: Evolutie tolueenconcentraties in de Antwerpse haven



Beperkte databeschikbaarheid: in 2014 op M802 (84 %); in 2016 op R822 (76 %)
X: meting met passieve samplers

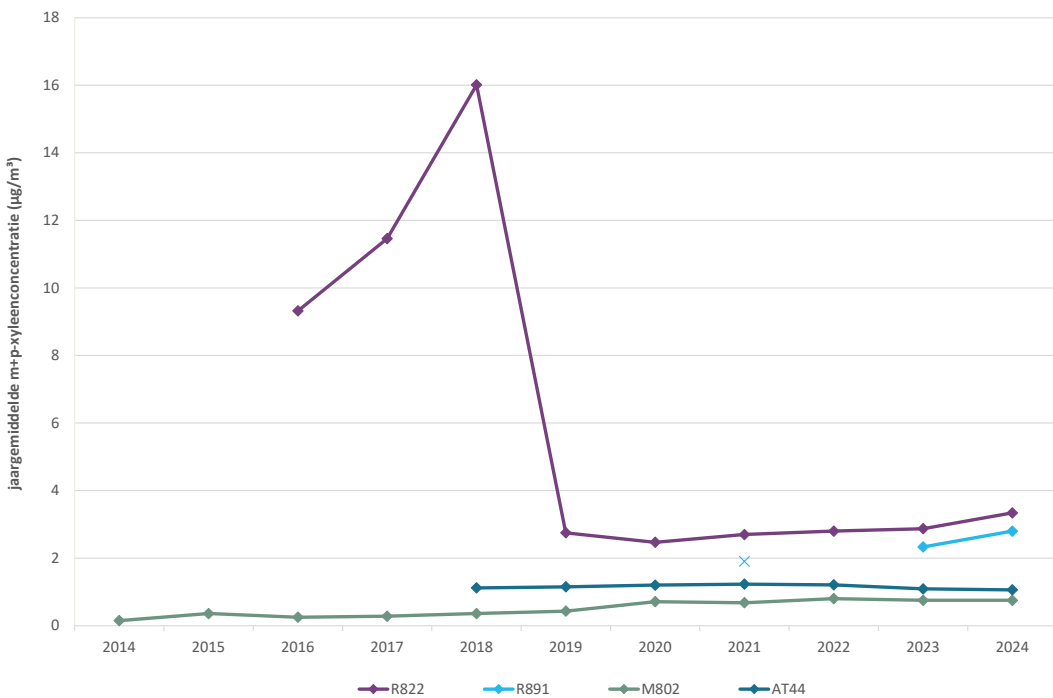
Figuur 69: Evolutie ethylbenzeenconcentraties in de Antwerpse haven



Beperkte databeschikbaarheid: in 2014 op M802 (84 %); in 2016 op R822 (75 %)

X: meting met passieve samplers

Figuur 70: Evolutie m+p-xyleenconcentraties in de Antwerpse haven



Beperkte databeschikbaarheid: in 2014 op M802 (84%); in 2016 op R822 (75%) in 2023 op R891 (80 %), in 2024 op R891 (84 %)

X: meting met passieve sampler4

The graph displays the average annual concentration of o-xylene in µg/m³ for four locations from 2014 to 2024. The y-axis ranges from 0 to 8 µg/m³. The x-axis shows the years. R822 (purple line with diamond markers) has data from 2016 to 2023, showing a sharp peak in 2018. R891 (cyan line with diamond markers) has data from 2021 to 2024, with a blue 'x' marker at 2021. M802 (green line with diamond markers) and AT44 (dark blue line with diamond markers) have data from 2014 to 2024, with concentrations remaining below 1 µg/m³.

Jaar	R822 (µg/m³)	R891 (µg/m³)	M802 (µg/m³)	AT44 (µg/m³)
2014	-	-	0.1	0.1
2015	-	-	0.2	0.2
2016	4.6	-	0.1	0.1
2017	5.3	-	0.1	0.1
2018	7.2	-	0.1	0.5
2019	1.1	-	0.2	0.4
2020	1.0	-	0.3	0.4
2021	1.1	0.7	0.3	0.4
2022	1.1	0.4	0.3	0.4
2023	1.1	1.0	0.3	0.3
2024	-	1.2	0.3	0.3

6.3 VOS-concentraties – semiautomatische metingen

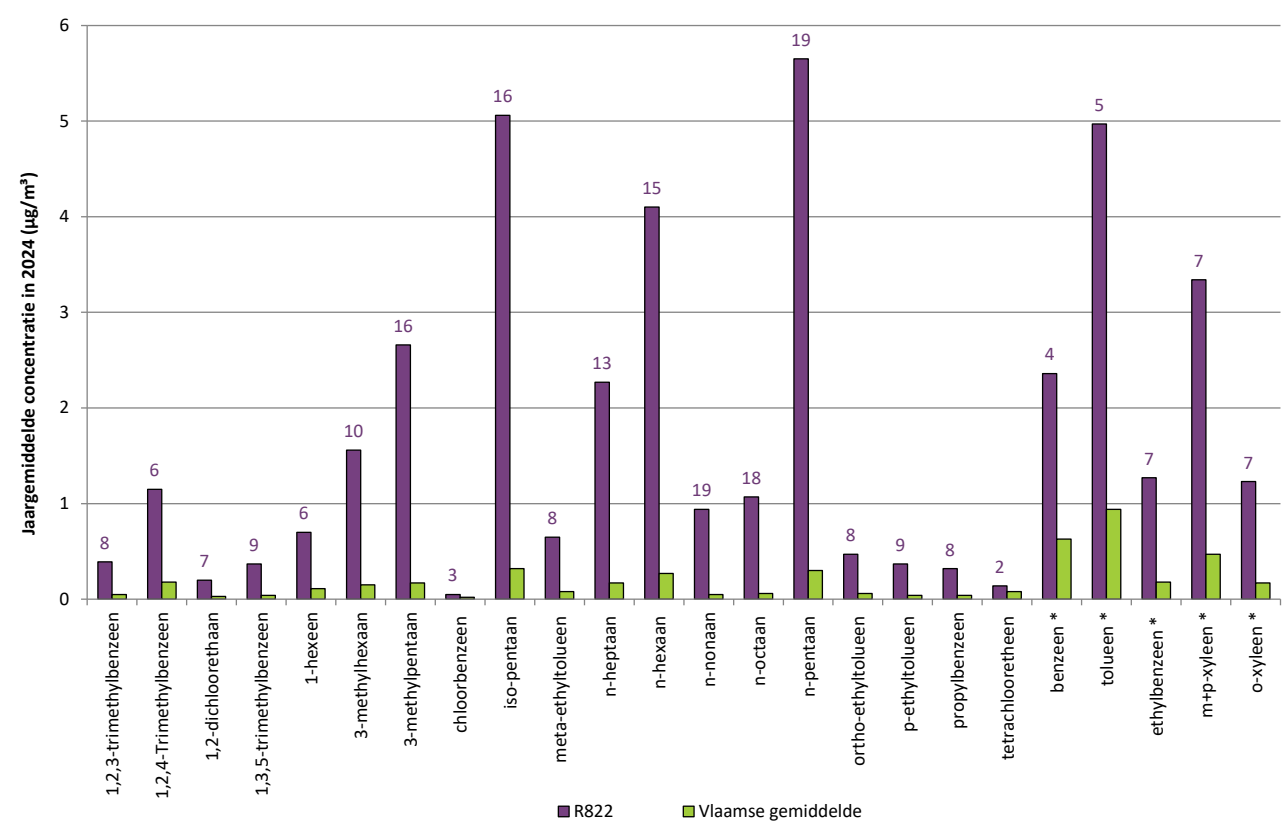
6.3.1 VOS-concentraties in 2024 – passieve samplers

De passieve bemonsteringsmethode levert wekelijkse gemiddeldes op. Daarom is de toetsing aan de dagadvieswaarde louter indicatief.

2024 – tetrachlooretheen	Doelstelling	Meetplaatsen die doelstelling halen
WGO-jaaradvieswaarde	250 µg/m ³	1/1
2024 – 1,2-dichloorethaan	Doelstelling	Meetplaatsen die doelstelling halen
WGO-dagadvieswaarde	700 µg/m ³	1/1 [§]

////////////////////////////////////

Figuur 72: Vergelijking VOS-componenten in de Antwerpse haven met vermelding van factor verschil t.o.v. Vlaams gemiddelde



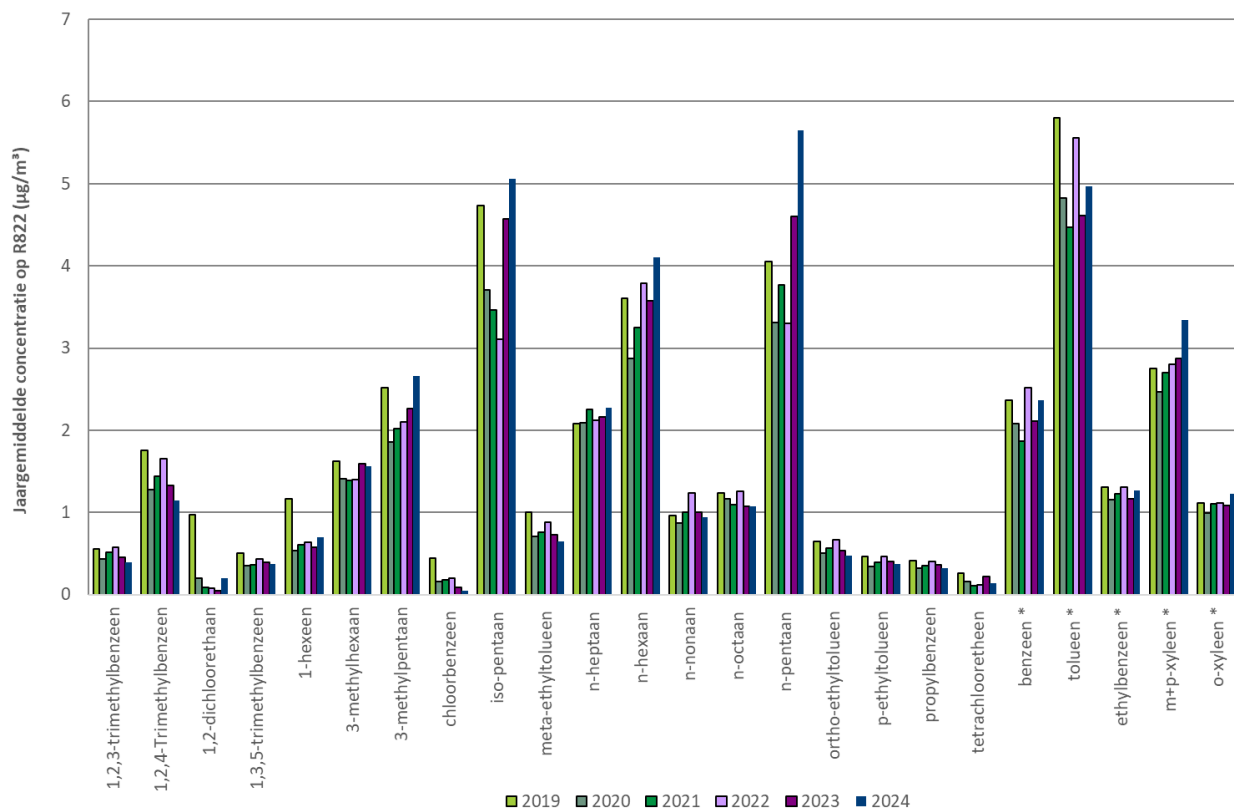
*op basis van automatische metingen

Trend VOS

Figuur 73 toont de jaargemiddelde concentratie van de verschillende VOS-componenten op de locatie R822 voor de periode 2019-2024.

Bij de meeste componenten zijn de concentraties in 2024 lager in vergelijking met 2019. Bij volgende componenten zien we een stijging van meer dan 10 %: n-pentaan – 40 %, m+p-xyleen – 21 %, n-hexaan – 14% - o-xyleen – 11 %. De concentratie van de helft van de componenten ligt in 2024 iets hoger dan in 2023.

Figuur 73: Jaargemiddelde VOS-componenten op meetplaats Polderdijkweg (R822) in periode 2019-2024



*: op basis van automatische metingen

6.4 Voortgang VOS-acties

De VOS-campagne uit 2021 wees op een aantal aandachtsgebieden in de haven van Antwerpen. Daarom startte de VMM samen met andere overheidsinstanties een aantal acties op om de hoge VOS-concentraties aan te pakken. In volgend hoofdstuk geven we een overzicht van de voortgang van deze acties. Deze kunnen als volgt opgedeeld worden:

- Correcte registratie reële emissies
- Reductie van emissies
- Onderzoek naar bronnen

6.4.1 Correcte registratie reële emissies

IMJV geeft geen volledig beeld van de reële emissies

In 2021 voerde de VMM op 50 extra locaties in de Antwerpse haven VOS-metingen uit. De interpolatiekaarten die de VOS-concentraties voor het Antwerpse havengebied inschatten, verschilden sterk van de modelkaarten die de VMM opmaakte op basis van de emissiegegevens die de bedrijven rapporteren. Diffuse emissies die het grootste deel uitmaken, werden tot voor kort berekend met theoretische emissiefactoren. Hierdoor kunnen ze zeer onzeker en sterk onderschat zijn.

Op 1 juni 2022 werd de standaardmethode voor het bepalen van diffuse emissies gepubliceerd (norm EN17628). Deze norm beschrijft diverse methoden om diffuse VOS-emissies te detecteren, identificeren en/of kwantificeren. Doel is dat bedrijven een beter inzicht krijgen in de totale emissies en hun uitstoot beter kunnen lokaliseren en aanpakken.

De resultaten van een meetcampagne bij TotalEnergies Refinery Antwerp en TotalEnergiesOlefins Antwerp tonen dat deze aanpak werkt en tot emissiereductie kan leiden. Metingen wezen op hogere emissies dan de berekende emissies die ze rapporteerden. Twee hotspots werden geïdentificeerd en aangepakt. Vervolgmetingen in 2025 bevestigen grote reducties van NMVOS-emissies.

Actualisatie algemene emissiegrenswaarden

6.4.2 Reductie van emissies

Vergunningskader voor ontgassingsinstallaties

Na het ontgassen kunnen er nog restdampen aanwezig zijn. In plaats van een absoluut ventilatieverbod te handhaven, werkt het Havenbedrijf samen met overheidsinstanties een ventilatiebeleid uit. Dit omvat niet alleen de afbakening van zones waar ventilatie van restdampen toegestaan is, maar ook de meteorologische voorwaarden waarbij een ventilatieverbod geldt. Het toelatingskader wordt in 2025 opgenomen in de Havenpolitieverordening.

De BREF Waste Gas Treatment in the Chemical Sector (WGC) omvat de behandeling en het beheer van afgassen in de chemiesector. Hieronder vallen de geleide en diffuse emissies, de emissies van opslag, de overdracht en behandeling van materialen direct gelinkt aan chemische productieprocessen. Ook het verplicht gebruik van lekdichte apparatuur bij nieuwe installaties en wezenlijke verbeteringen van bestaande installaties valt hieronder. Hiervoor werd een wijzigingsbesluit in VLAREM goedgekeurd.

Speciale aandacht gaat uit naar CMR-stoffen. Dit zijn stoffen die kanker kunnen veroorzaken, onze genen kunnen beschadigen of schadelijk zijn voor de voortplanting en het nageslacht. Aan bedrijven die CMR-stoffen uitstoten kan een minimalisatieverplichting of reductieplan opgelegd worden. Dit betekent dat ze een stappenplan moeten voorleggen met prioritering in functie van de gevaareigenschappen van de uitgestoten stoffen en het belang van deze emissies. Vijf bedrijven moeten alvast zo'n plan voorleggen. De evaluatie loopt of de vergunning van andere bedrijven ook bijgesteld moet worden.

In 2021 werden in vijf zones verhoogde VOS-concentraties gemeten. Vooral de meetplaats aan de Rode Weel, nabij een afvalverwerkend bedrijf, viel hierbij op. Afdeling Handhaving legde emissiebeperkende maatregelen op om de VOS-emissies te beperken waaronder cryogene condensatie met actief koolfilters voor solventbeladen lucht, afzuiging en filtratie bij de shredderinstallatie en verfhoudende slibs. Dit leidde tot een daling van de emissies tot onder de emissiegrenswaarde van 30 mg/Nm³ voor vluchtige organische stoffen. De VMM stelde vast dat concentraties van verschillende VOS-componenten in 2023 lager lagen dan in 2021.

6.4.3 Onderzoek naar bronnen

Een andere bron van vluchtige organische stoffen is de emissie uit opslagtanks. Daarom plant de Afdeling Handhaving om deze emissies, bijvoorbeeld met behulp van IR-camera's, in kaart te brengen.

7 DIOXINES EN PCB'S

Dioxines en PCB's (polychloorbifenylen) ontstaan bij onvolledige verbranding van organisch materiaal dat chloor bevat. We vinden ze ook terug in schroot. Komen deze stoffen via de lucht in ons water en voedsel terecht, dan kunnen ze zich opstapelen in ons vetweefsel en de gezondheid schaden.

Meer info over dioxines en PCB's vind je in bijlage 4 en bijlage 5.

Belangrijke wijzigingen ten opzichte van 2023

- Voor de herziening van de drempelwaarden⁴ drukken we sinds 2024 de meetresultaten uit in pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag) in plaats van in pg TEQ_{WGO1998}/(m².dag). Dit heeft een stijgend effect op de dioxineresultaten en een dalend effect op de PCB-resultaten.
- Tot en met 2023 maten we de depositie van dioxines en PCB's 4 à 6 keer gedurende een maand, uniform verdeeld over het jaar. Sinds 2024 meten we elke maand en poolen we 3 maandstalen voor analyse en rapportering ('kwartaalresultaten').
- De depositiemetingen van dioxines en PCB's in Beveren (Kallo) op BV04 worden sinds 2024 in opdracht van Belgian Scrap Terminal (BST) Kallo uitgevoerd. Dit gebeurt door de monitoringsplicht opgelegd voor het Actieplan Dioxines/PCB's⁵ aan 11 Vlaamse schrootbedrijven met een GPBV-installatie waaronder BST Kallo.
- Er zijn sinds 2024 ook drempelwaarden beschikbaar voor meetlocaties gelegen in industriegebieden. Voor meetlocatie BV04 geldt een jaardrempel van 40 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag).

7.1 Overzicht en toetsing van de dioxine- en PCB-meetwaarden

In 2024 maten we dioxines en dioxineachtige PCB's (DL-PCB's) op één locatie in de Antwerpse haven: op BV04 in Kallo. Deze meetplaats is zo geplaatst om de impact van het schrootbedrijf met GPBV-shredderinstallatie Belgian Scrap Terminal (BST) op de omgevingslucht in te schatten. De meetplaats staat in de onmiddellijke nabijheid van dit bedrijf, in industriegebied.

Tabel 10 toont de kwartaalresultaten en de jaargemiddelde depositie van de som van dioxines en DL-PCB's van 2024 voor de meetplaats in Kallo. In 2024 lag het jaargemiddelde (16,1) onder de jaardrempel van 40 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag). De kwartaalresultaten variëren van 4,2 tot 27,8 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag). Op BV04 zijn de dioxinedeposities over het algemeen lager dan de PCB-depositiewaarden. Dit geldt voor het merendeel van de meetplaatsen nabij schrootbedrijven in Vlaanderen.

⁴ <https://vmm.vlaanderen.be/feiten-cijfers/lucht/overzicht-per-vervuilende-stof/andere-vervuilende-stoffen/dioxines-en-pcbs-in-depositie>

⁵ <https://beslissingenvlaamseregering.vlaanderen.be/document-view/655726A68265E66451D4CC35>

$pg\ TEQ_{WGO2022}/(m^2.dag)$	Som 17 dioxines	Som 12 DL-PCB's	Som totaal
Jaardrempel	-	-	40
01-03/2024	2,6	1,6	4,2
04-06/2024	9,0	18,8	27,8
07-09-2024	6,9	20,5	27,4
10-12/2024	2,6	2,5	5,1
Gemiddelde	5,3	10,8	16,1

Figuur 74 toont de trend van de depositiemetingen van dioxines en DL-PCB's op de meetplaats BV04 voor de periode 2021-2024. Sinds 2021 meten we zowel dioxines als DL-PCB's op BV04, de jaren ervoor alleen de 12 DL-PCB's. Door de grote impact van het weer kunnen we moeilijk uitspraken doen over de langetermijntrend. Wind en regen bepalen – naast de bron(nen) – een groot deel van de lokale depositie. We zien dat de individuele resultaten sterk fluctueren. Bij de evolutie van de PCB-metingen valt de meting van juli-augustus 2022 op. Toen maten we 238 pg TEQ_{WG01998}/(m².dag) aan PCB's. Dioxinedeposities zijn doorgaans lager dan overeenkomstige PCB-waarden.

Kallo - BV04

Deposit (pg TEQ/(m².dag))

WGO1998-TEQ

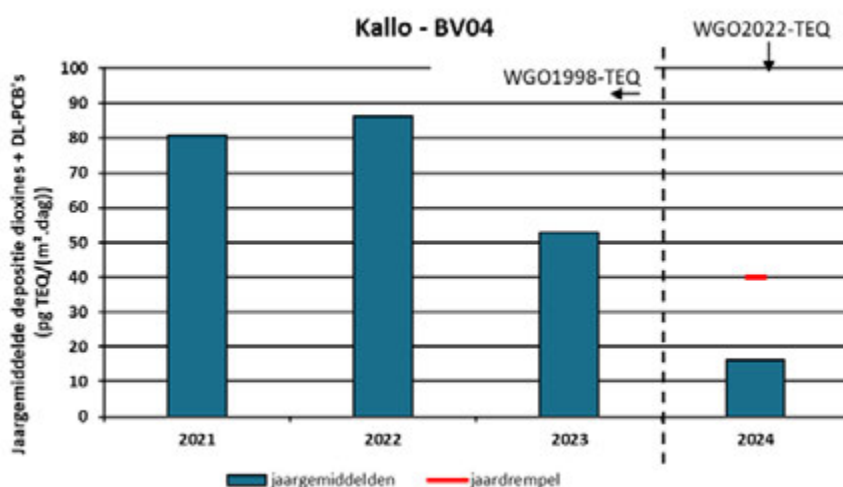
WGO2022-TEQ

2021 2022 2023 2024

◆ som 17 dioxines ◆ som 12 DL-PCBs

- het dalend effect op de PCB-resultaten door verandering van eenheid
- 2024 was een jaar met veel neerslag, wat een gunstig effect heeft op de deposities.
- de inspanningen van de schrootsector

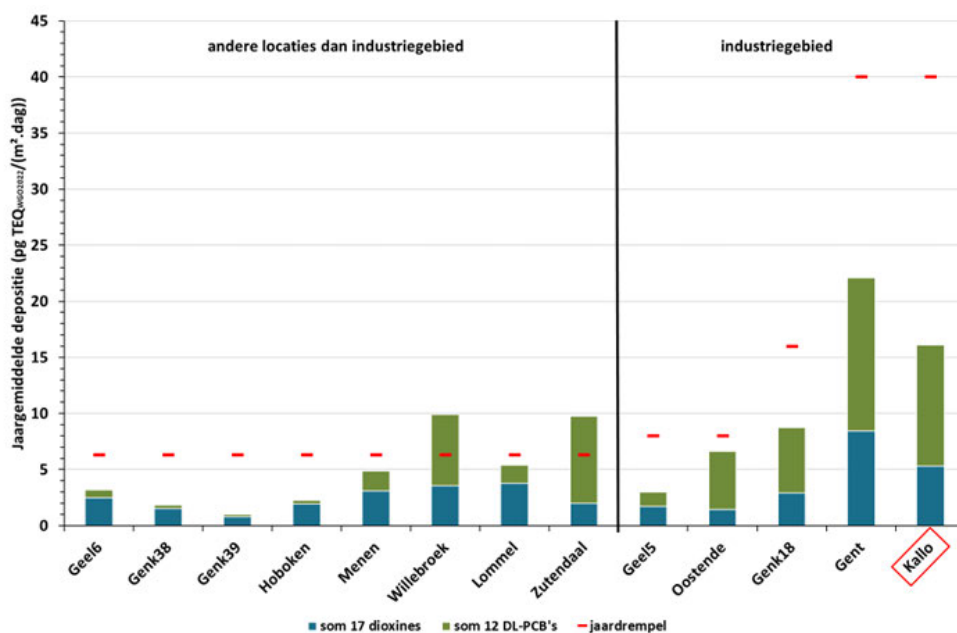
Figuur 75: Evolutie jaargemiddelden op BV04 voor de periode 2021-2024



7.3 Vergelijking met andere meetlocaties

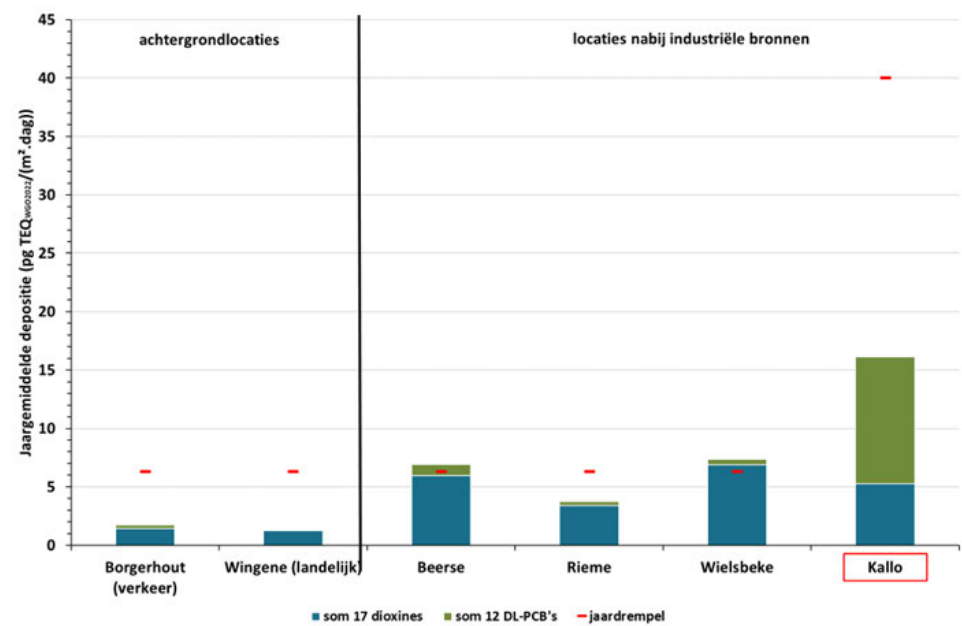
In Figuur 76 vergelijken we de jaargemiddelde depositiewaarde van 2024 in Kallo (aangeduid met rode kader) met de metingen nabij andere Vlaamse schrootbedrijven met monitoringsplicht. Het jaargemiddelde in Kallo vormt samen met het jaargemiddelde van Gent het hoogste van alle meetlocaties. Dit is logisch omdat zowel de meetlocatie in Kallo als in Gent in industriegebied op zeer korte afstand van het schrootbedrijf ligt. Eerder onderzoek toonde aan dat een verontreiniging aan dioxines en PCB's nabij schrootbedrijven meestal beperkt blijft tot enkele honderden meters rond het bedrijf en depositiewaarden sterk afnemen naarmate de afstand tot het bedrijf groter wordt. Bijgevolg mogen de meetlocaties in Kallo en Gent ook voldoen aan de minst strenge jaardrempel van 40 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag).

Figuur 76: Vergelijking jaargemiddelde dioxine- en PCB-depositie van 2024 met andere schrootbedrijven



Figuur 77 vergelijkt de metingen in Kallo met metingen op achtergrondlocaties en nabij andere industriële bronnen. In Kallo was het jaargemiddelde van 2024 beduidend hoger dan de jaargemiddelden gemeten op de 2 achtergrondlocaties. Dit wijst op een bijkomende impact van het schrootbedrijf op de meetlocatie. Vergeleken met meetlocaties nabij ferro/non-ferrobedrijven (Beerse en Rieme) en spaanplaatindustrie (Wielsbeke) ligt het jaargemiddelde in Kallo ook hoger. Nabij andere industriële bronnen domineert het aandeel dioxines. In Kallo nabij een schrootbedrijf is het PCB-aandeel het grootst.

Figuur 77: Vergelijking jaargemiddelde dioxine- en PCB-deposities van 2024 met andere meetlocaties



8 PFAS

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) is een verzamelnaam voor meer dan 6000 stoffen die bestaan uit een koolstofketen en fluorverbindingen. Een aantal PFAS zijn persistent, bioaccumulerend, toxisch en mobiel. Aangezien de impact op de gezondheid chronisch is, beoordelen we de luchtverontreiniging op basis van jaargemiddelden.

In deze paragraaf bespreken we, afhankelijk van de matrix, volgende componenten:

- som EFSA4: de som van PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA (lineair + vertakt)
- PFOS, perfluorooctaansulfonzuur (lineair + vertakt)
- PFBA, perfluorbutaanzuur

We bespreken de metingen in Zwijndrecht en Linkeroever:

- de concentratie in **lucht** (zwevend stof) die typisch gemeten wordt in periodes van 2 weken
- de **depositie** in de omgeving die typisch gemeten wordt in periodes van 4 weken

Meer informatie over PFAS vind je in bijlage 4 en op <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>.

8.1 Meetnet

In 2024 werd op 12 locaties PFAS in lucht gemeten – waarvan 7 op 3M-terrein – en op 8 locaties PFAS in depositie. Er werd ook gemeten op 2 achtergrondlocaties: landelijk in Dessel (N016) en stedelijk in Borgerhout (R801).

Meer info staat op <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-aanpak-regio-zwijndrecht/pfas-luchtmetingen-in-zwijndrecht-en-omgeving>.

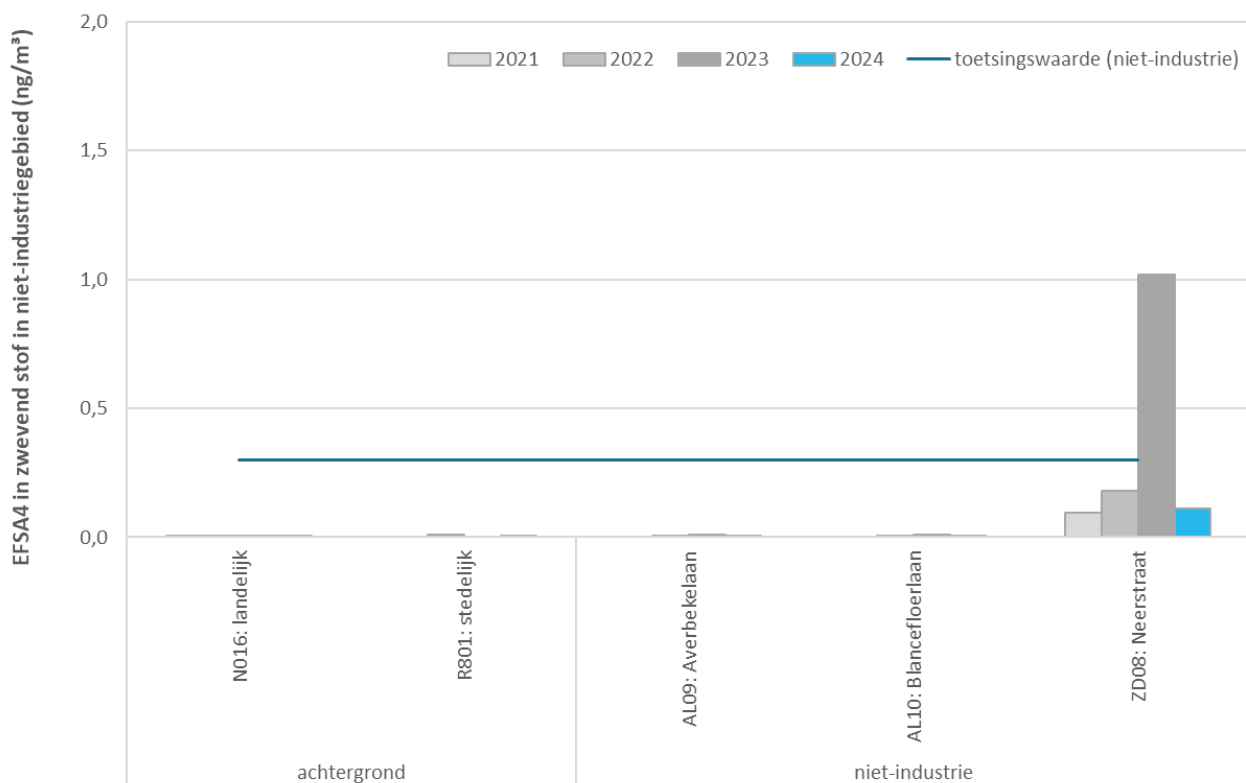
8.2 Resultaten

8.2.1 PFAS in lucht

Voor PFAS in lucht toetsen we de jaargemiddelde concentraties aan een indicatief toetsingskader (zie bijlage 4). Voor 2024 stellen we vast dat:

- de concentraties verhoogd zijn ten opzichte van de landelijke en stedelijke achtergrond
- de toetsingswaarden gerespecteerd werden op alle locaties in niet-industriegebied
- de toetsingswaarde voor de som EFSA4 overschreden werd op 2 locaties in industriegebied: ZD14 en ZD16 (beide dicht bij de waterzuiveringsinstallatie van 3M)
- we op de locaties nabij 3M de hoogste PFAS-concentraties in Vlaanderen meten
- de verontreiniging het hoogst blijft nabij 3M en sterk afneemt met toenemende afstand
- de waterzuiveringsinstallatie (WZI) van 3M een verontreinigingsbron blijft, maar de genomen maatregelen (stofbeperkende maatregelen zoals het afdekken van onverharde zones en de verwijdering van PFAS uit verontreinigd grondwater vooraleer het naar de waterzuiveringsinstallatie gaat) ervoor zorgden dat de PFAS-concentraties rondom 3M en de WZI daalden ten opzichte van 2023. Alleen aan de WZI (ZD16) zien we een lichte toename ten opzichte van 2023, door de verwijdering van het vervuilde slib aanwezig in de WZI. Deze maatregel zorgt op korte termijn voor een lichte stijging in PFAS-emissies vanuit de WZI naar de lucht, maar is nodig om voor een duurzame oplossing te zorgen.

Figuur 79: Evolutie gemiddelde som EFSA4 op niet-industriële locaties



EFSA4 in zwevend stof in industriegebied (ng/m³)

Legend: 2023 (grey), 2024 (blue), toetsingswaarde (industrie) (green line)

Locatie	2023 (ng/m³)	2024 (ng/m³)	Toetsingswaarde (industrie) (ng/m³)
ZD14: FLM3M2 (O)	15.5	3.2	2.3
ZD15: FLM3M4 (Z)	1.5	0.5	2.3
ZD16: waterzuivering	10.2	11.0	2.3
ZD17: FLM3M3 (ZO)	0.2	0.3	2.3
ZD18: FLM3M1 (N)	0.1	0.1	2.3
ZD19: FLM3M5 (ZW)	0.2	0.2	2.3
ZD20: FLM3M6 (W)	0.1	0.1	2.3
ZD07: Scheldedijk	0.2	0.1	2.3
ZD11: Blokkersdijk	3.0	0.8	2.3

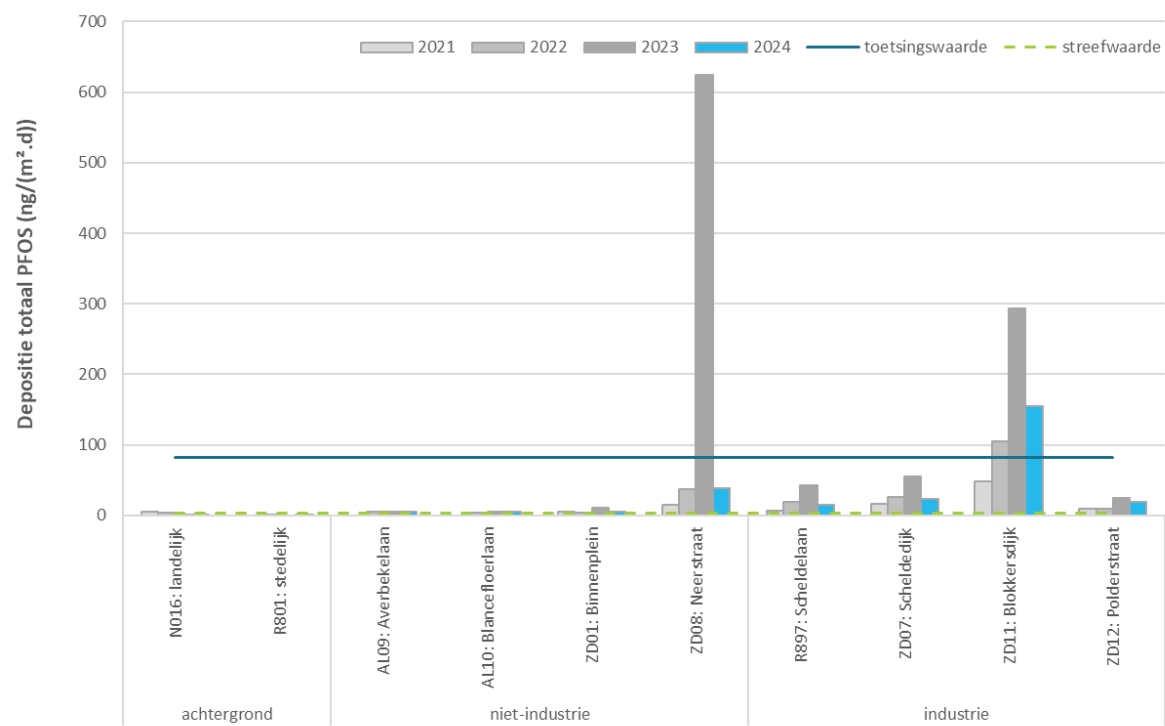
bij 3M

buiten 3M

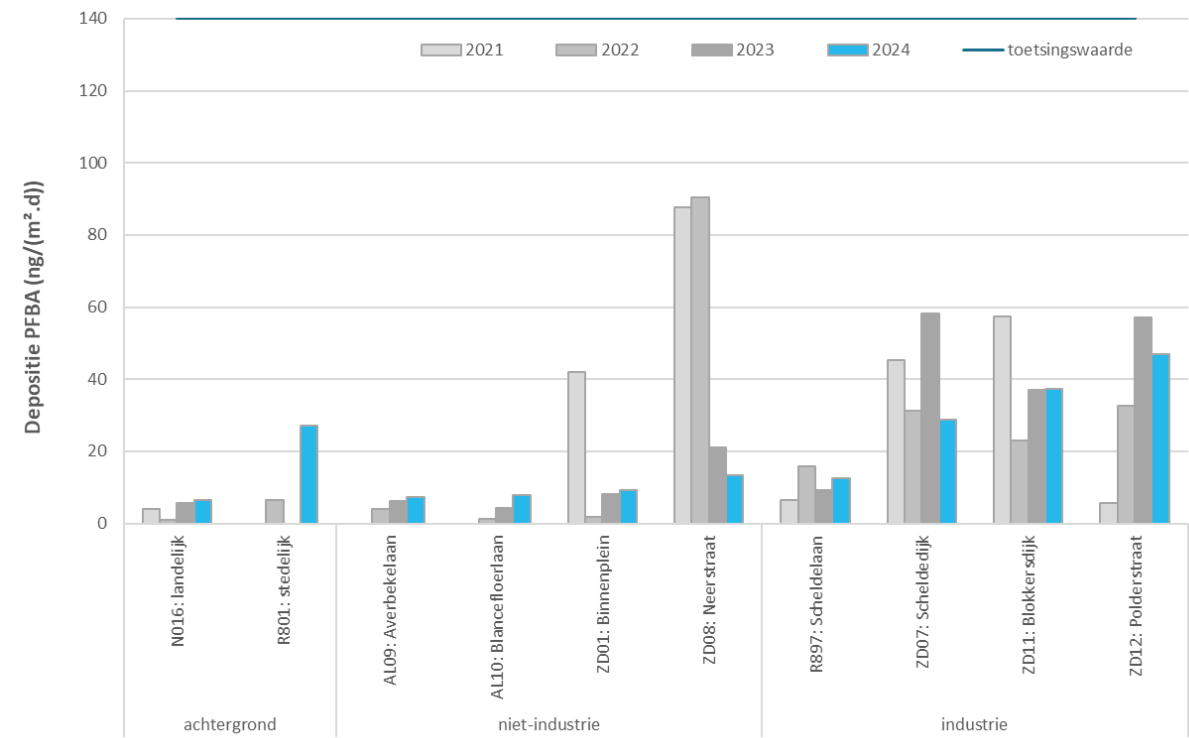
Voor PFAS in depositie toetsen we de jaargemiddelde depositiewaarden aan een indicatief toetsingskader (zie bijlage 4). Voor 2024 stellen we vast dat:

- [illegible]

Figuur 81: Evolutie totaal PFOS in depositie



Figuur 82: Evolutie PFBA in depositie



Voor PFAS in depositie werden de toetsingswaarden gerespecteerd. Op twee meetplaatsen in Stabroek werd de streefwaarde voor PFOS overschreden. De depositie was wel lager dan wat in 2023 op R822 in de haven van Antwerpen werd gemeten. We zien een (kleine) lokale verhoging die mogelijk afkomstig is van de afvalverbrandingsinstallatie, maar de invloed van de haven kan ook een belangrijke rol spelen.

Meer info over de resultaten vind je op de VMM-website op volgende link [Afvalverbrandingsinstallaties](#).

BIJLAGEN

[illegible]

Automatische meetnetten

[illegible]

bijlage 2 Afbakening Antwerpse haven

Met de Antwerpse haven wordt in dit rapport het gebied bedoeld met industriële havenactiviteiten dat zich uitstrekt ten westen, noordwesten en noorden van de Antwerpse agglomeratie. Contractueel is vastgelegd om alle relevante metingen in het havengebied te rapporteren en te vergelijken met meetwaarden in Vlaanderen. Zo is het havenbedrijf geïnformeerd over de luchtkwaliteit in de Antwerpse haven.

Daarnaast is binnen het Antwerpse havengebied voor de Europese commissie een luchtkwaliteitszone gedefinieerd. Hiervoor is een regio gedefinieerd, de zone BEF01S, met 74.000 inwoners. In zone BEF01S zijn er een aantal meetplaatsen die ook gerapporteerd worden aan Europa. Die meetplaatsen zijn vooral gericht op representativiteit voor de algemene bevolking. Een aantal meetstations van de VMM liggen ook in deze zone maar worden niet gerapporteerd aan Europa. Er zijn ook meetstations die net buiten de zone liggen maar wel beïnvloed worden door de havenactiviteiten. Dit rapport omvat alle relevante meetstations in de ruime havenomgeving ongeacht of deze aan Europa gerapporteerd worden.

Voor de rapportering wordt sinds 2020 deze afbakening ook gebruikt voor de bepaling van de emissies en dit voor de volledige tijdsreeks.

Figuur 84 toont de Antwerpse haven met daarbinnen aangeduid de afbakening van de luchtkwaliteitszone BFF01S.

[illegible]

Figuur 84: Kaart afbakening Antwerpse haven



bijlage 3 Emissies van bedrijven

Vlaamse bedrijven die conform VLAREM vergunningsplichtig zijn als klasse 1 of 2 én boven de drempelwaarde emitteren, zijn verplicht bepaalde milieurelevante informatie kenbaar te maken aan de Vlaamse overheid via het Integraal Milieujaarsverslag. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste emittoren in 2023. We tonen enkel de bedrijven die boven een bepaalde tonnage rapporteerden in het IMJV. De figuur toont de locatie van de bedrijven en de meetplaatsen.

Deze kaart toont de locatie van de administratieve zetels van de bedrijven. Om de richting van de pollutierozen te interpreteren werden de locaties van de individuele emissiepunten van de verschillende parameters in rekening genomen.

Tabel 11: Emissies van 2023 die bedrijven rapporteerden in het IMJV

2023 - emissies gereporteerd aan IMJV (ton/jaar)		SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	benzeen	tolueen	xylenen	NMVDOS
Bedrijf		> 50 ton	100 ton >	10 ton >	10 ton >	> 1 ton	> 1 ton	> 1 ton	> 20 ton
1 3M							2,8		27
2 Advorio Stolkhaven Antwerp									36
3 Air Liquide Large industries			135						
4 Antwerp Bulk Terminal (2040)				35					
5 Antwerp Bulk Terminal (2030)				12					
6 Antwerp Distribution and Product Operations									26
7 Arlanxco Belgium									231
8 ATPC refinery						1,7			94
9 BASF Antwerpen		217	1230						132
10 Bayer Agriculture									87
11 Boortmalt				21					
12 Borealis Antwerpen									65
13 Borealis Kallo			360						191
14 Cargill									231
15 Depot KVC (Total Belgium)									25
16 Electrabel WKK Covestro			103						
17 Engine Deck Repair									69
18 Eurochem			126	161	62				
19 Euroports Storage Antwerp				322	64				
20 Eval Europe									64
21 Evonik Antwerpen			408						20
22 Exxonmobil Petroleum & Chemical - Esso Raffinaderij		757	1377	29	25	7,2	4,2	4,3	772
23 Exxonmobil Petroleum & Chemical - Antwerp Polymers Plant									451
24 Indaver Site Doel			328						
25 Indaver			113						
26 Ineos									59
27 Ineos Manufacturing Belgium									37
28 Ineos Oxide Utilities			199						
29 Lanxess (Envalor) - Antwerpen		98	228				1		36
30 Lanxess (Envalor) - Beveren									91
31 Sea-tank 300									30
32 Sea-tank 510									38
33 Slib en co-verwerkings centrale			223						
34 Tecoma									21
35 TotalEnergies Olefins Antwerp			511			2,2	3,8		198
36 TotalEnergies Olefins Zwijsrecht							1,2		
37 TotalEnergies Polymers Antwerp									180
38 TotalEnergies Refinery Antwerp		2561	2657	54	50	5,4	11,2	7,4	712
39 Vesta Terminal Antwerp						2,8	3	2,7	246
40 Zandvliet Power - terrein BASF			246						



- Luchtkwaliteit in de Antwerpse haven—jaarrapport 2024

bijlage 4 Beschrijving van de polluenten

1. Zwaveldioxide – SO_2

Zwavel dioxide (SO_2) is zeer wateroplosbaar en heeft een zuur karakter. Bij inademing is SO_2 irriterend en bij hoge concentraties kan het ademhalingsproblemen veroorzaken, vooral bij personen die lijden aan astma of chronische longziekten. SO_2 heeft nadelige effecten op de vegetatie door de rechtstreekse opname van SO_2 door de planten. Verder is SO_2 in belangrijke mate medeverantwoordelijk voor de verzuring van het milieu. Ook zorgt deze stof voor een versnelde verwerking van historische gebouwen of steen in het algemeen en voor metaalcorrosie. Bovendien kunnen chemische processen in de atmosfeer SO_2 omzetten tot deeltjes. SO_2 draagt dus ook bij aan de vorming van secundair fijn stof.

2. Stikstofoxides – NO/NO₂

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO_2) en stikstofmonoxide (NO). Bij verbrandingsprocessen op hoge temperaturen ontstaat in eerste instantie vooral NO . NO heeft een korte levensduur in de atmosfeer en is een kleur-, reuk- en smaakloos gas dat op zich weinig toxisch is. NO wordt door reacties met zuurstof en ozon omgezet tot NO_2 . NO_2 heeft een langere levensduur in de atmosfeer en is schadelijk voor mens en ecosystemen. Het is een bruinrood gekleurd toxisch gas dat slecht ruikt en irritatie aan de luchtwegen kan veroorzaken. Zowel korte episodes van hoge concentraties, als langdurige blootstelling aan lage concentraties zijn schadelijk voor de gezondheid.

NO_x dragen bij aan de vorming van fijn stof. Verder spelen NO_x een belangrijke rol in de milieuverzuring en de fotochemische smogvorming. NO_x kunnen net als SO₂ over grote afstanden getransporteerd worden en kunnen dus effecten veroorzaken in verafgelegen gebieden.

Stikstofoxiden worden voornamelijk uitgestoten bij verbrandingsprocessen op hoge temperaturen.

3. Fijn stof – PM₁₀, PM_{2.5} en zwarte koolstof

Zwevend stof (PM = *Particulate Matter*) is een mengsel van vloeibare of vaste deeltjes met uiteenlopende samenstellingen en afmetingen. Zowel de natuur als menselijke activiteiten kunnen een bron zijn van deze deeltjes.

Opdeling naar oorsprong: primair en secundair

Naargelang hun oorsprong maakt men onderscheid tussen primaire en secundaire deeltjes. Primaire deeltjes ontstaan door rechtstreekse uitstoot in de atmosfeer door verschillende soorten bronnen of door mechanische verkleining van grover materiaal. Secundaire deeltjes ontstaan in de atmosfeer door chemische of fysische reacties uit gasvormige componenten zoals ammoniak, zwaveldioxide, stikstofoxiden of organische verbindingen.

Opdeling naar grootte: TSP, PM₁₀, PM_{2,5} en UFP

Stofdeeltjes deelt men vaak in volgens de grootte op basis van de aerodynamische diameter (a.d.). Dit is de diameter van een bolvormig deeltje dat in de omgevingslucht hetzelfde gedrag vertoont als het stofdeeltje:

- TSP: Totaal stof. De VMM meet deze fractie niet in de omgevingslucht. Enkel aan deeltjes kleiner dan 10 µm kent men gezondheidsrisico's toe. De VMM rapporteert wel de emissies van TSP.
- PM₁₀ en PM_{2,5}: stofdeeltjes met een a.d. kleiner dan 10 respectievelijk 2,5 µm;
- ultrafijn stof (UFP): deeltjes met een a.d. kleiner dan 0,1 µm (PM_{0,1});
- zwarte koolstof/elementair koolstof: bevindt zich voornamelijk in de fijne fractie van het fijn stof. Het is een maat voor de roetconcentratie in de omgevingslucht. Deze deeltjes ontstaan bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen, biomassa en biobrandstof. Wanneer ze met een optische methode gemeten worden, spreken we van zwarte koolstof, anders van elementair koolstof.

Grotere deeltjes worden snel nadat ze in de atmosfeer terechtgekomen zijn door de zwaartekracht neergeslagen op de grond of uitgespoeld door regen. Ze kunnen daarna door heropwaaien terug in de lucht terecht komen, dit proces noemt men resuspensie. De fijnere deeltjes kunnen langer, tot enkele dagen of weken in de atmosfeer blijven. Bijgevolg kunnen deze fijnere deeltjes getransporteerd worden over langere afstanden.

Geen veilige drempelwaarde

Studies hebben verbanden aangetoond tussen de aanwezigheid van PM in de omgevingslucht en gezondheidseffecten op korte en lange termijn. Voor PM is er volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) geen veilige drempelwaarde waaronder nadelige effecten niet voorkomen. Bij korte episodes – 24 uur – van luchtverontreiniging verergeren bestaande gezondheidsproblemen, zoals luchtweginfecties en astma. Verder kan fijn stof bloedvaten doen dichtslibben en hartaanvallen veroorzaken. Bij chronische blootstelling maakt de WGO melding van een vermindering van de longfunctie, een toename van chronische luchtwegaandoeningen en een verminderde levensverwachting.

Zelfs al voor de geboorte veroorzaakt fijn stof negatieve effecten. Onderzoek⁶ toonde namelijk aan dat een foetus via de moeder al zeer vroeg in de ontwikkeling in aanraking komt met luchtvervuiling, doordat fijn stof-roetdeeltjes doordringen tot de placenta en zich daar opstapelen, met negatieve invloeden op de ontwikkeling van de foetus.

Blootstelling aan PM_{2,5} wordt ook in verband gebracht met een verhoogd risico op hersenaandoeningen zoals de ziekte van Alzheimer.

Fijn stof is kankerverwekkend

Eind 2013 classificeerde het *International Agency for Research on Cancer* (IARC), het gespecialiseerde kankeragentschap van de WGO, fijn stof als kankerverwekkend voor de mens⁷. Belangrijk is dat fijn stof niet enkel kan leiden tot longkanker; een langdurige blootstelling kan ook borstkanker en kankers van het spijsverteringsstelsel veroorzaken⁸. Midden 2012 classificeerde het IARC ook al dieseluitleatgassen als kankerverwekkend voor de mens. Dieselwagens stoten – ten opzichte van benzinewagens – veel meer stikstofoxiden en roetdeeltjes uit.

⁶ Bové H. et al. 2019. Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. *Nature Communications* 10:3866.

<https://www.nature.com/articles/s41467-019-11654-3.pdf>

⁷ WHO, Kurt Straif, Aaron Cohen, Jonathan Samet. *Air pollution and cancer*.

<https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/AirPollutionandCancer161.pdf>

⁸ Wong C.M. et al. 2016. Cancer mortality risks from long-term exposure to ambient fine particle. *Cancer Epidemiol biomarkers prev*; 25(5): 839-45

Statistiek Vlaanderen berekende dat in 2023 zo'n 132 gezonde levensjaren per 10.000 persoonsjaren verloren gingen aan fijnstof. Omgerekend naar een gemiddelde levensverwachting van 83,2 jaar betekent dat dat elke Vlaming doorheen zijn leven ongeveer 13 gezonde levensmaanden verliest. Die gezondheidsimpact uit zich vooral door vroegtijdige sterfte, maar ook een verhoogd aantal patiënten met astma, diabetes en verhoogde bloeddruk spelen een belangrijke rol.

Tijdens een fijnstofepisode doen mensen die bijzonder gevoelig zijn voor luchtverontreiniging best geen grote lichamelijke inspanningen. Tot deze groep behoren jonge kinderen, ouderen, personen met het chronisch obstructief longlijden (COPD⁹) en personen met hart- en vaatziekten. Omwille van de kleine afmeting kunnen fijnstofdeeltjes gemakkelijk overal binnendringen en zijn de concentraties ervan binnenshuis niet significant lager dan in de buitenlucht.

Andere effecten van stofdeeltjes zijn verminderde zichtbaarheid en bevuilding van blootgestelde oppervlakken en materialen. Ze hebben mogelijk een invloed op het klimaat: naargelang de samenstelling kan fijn stof zowel voor afkoeling als voor opwarming zorgen. Bovendien draagt fijn stof bij tot de verzurende en vermestende depositie.

Dioxines is een verzamelnaam voor zo'n 210 verschillende scheikundige stoffen. Tot deze groep behoren de polychloordibenzo-p-dioxines (PCDD's) en de polychloordibenzofuranen (PCDF's). Het zijn vlakke moleculen met 2 benzeenringen, 4 chlooratomen en 1 of 2 zuurstofbruggen voor respectievelijk de PCDF en PCDD. Van alle PCDD's is de 2,3,7,8-tetrachloordibenzo-p-dioxine, of kortweg 2,3,7,8-TCDD de meest toxische. In totaal bestaan er 17 giftige dioxines met chlooratomen op de 2,3,7- en 8-plaatsen. Dioxines ontstaan bij onvolledige of niet-efficiënte verbranding van organisch materiaal dat chloor bevat.

Niet alle dioxines en PCB's zijn even schadelijk. De toxiciteit van deze verbindingen wordt weergegeven door de toxische equivalentiefactor of TEF. Hoe hoger de TEF, hoe giftiger de verbinding. De TEF's gedefinieerd door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) worden meestal als standaard gehanteerd. Afgekort spreekt men van WGO-TEF. Sinds 2024 hanteert de VMM de TEF's die de WGO definieerde in 2022. Om de toxiciteit van een dioxine- en/of PCB-mengsel met elkaar te vergelijken, worden de resultaten uitgedrukt in toxische equivalenten (TEQ). Hierbij vermenigvuldigt men de concentratie van elke afzonderlijke verbinding met zijn respectievelijke toxiciteitsfactor.

Vooral schrootbedrijven stoten dioxines en PCB's uit in de lucht waarna ze binden op stofdeeltjes. Dit stof valt op zijn beurt neer op gewassen die als voeding dienen voor mens en dier. Vervolgens binden de dioxines

[illegible]

De VMM meet dioxines en PCB's in neervallend stof, ook depositie genoemd. Zo bepaalt ze in welke mate deze stoffen uit de lucht kunnen neerslaan en er een potentieel risico is tot opname via de voedselketen. De resultaten zeggen iets over de kwaliteit van de omgevingslucht. De analyse gebeurt isomeer specifiek voor alle 17 toxische dioxines en 12 dioxineachtige PCB-verbindingen, met behulp van een gaschromatograaf gekoppeld aan een hoge resolutie massaspectrometer (GC-HRMS). De depositieresultaten zijn uitgedrukt in picogram toxische equivalenten per vierkante meter per dag (pg TEQ WGO2022/(m².dag)).

5. Vluchtige organische stoffen - VOS

Sommige VOS-componenten zoals benzeen en vinylchloride zijn kankerverwekkend en werken rechtstreeks in op de gezondheid. Daarnaast hebben VOS een onrechtstreeks effect op het milieu door hun aandeel in de fotochemische luchtverontreiniging. Samen met stikstofoxiden vormen ze, op warme dagen, onder invloed van zonnestralen immers ozon en oxidanten die de gezondheid, gewassen en materialen schade toebrengen. Ook hebben ze een aandeel in de fijnstofproblematiek door de vorming van secundair fijn stof.

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) is een verzamelnaam voor meer dan 6000 stoffen die bestaan uit een koolstofketen en fluorverbindingen. PFAS hebben zeer uiteenlopende fysische en chemische eigenschappen dewelke vooral bepaald worden door de lengte van hun koolstofketen. Over het algemeen zijn ze zowel water- als vetafstotend en goed bestand tegen hoge temperaturen. Het is door deze eigenschappen dat ze al sinds de jaren '60 massaal gebruikt worden in verschillende toepassingen: van blusschuim tot textielbehandeling. Echter zijn PFAS vaak persistent, bioaccumulerend, toxisch en mobiel. Sommige PFAS kunnen onder andere zorgen voor de verstoring van de immuniteit, hormoonbalans en leverfunctie. Andere zijn dan weer kankerverwekkend.

[illegible]

bijlage 5 Overzicht luchtkwaliteitsnormen

De Europese Commissie definieerde streef- en grenswaarden en alarmdrempels voor diverse polluenten. Deze Europese normen zijn opgenomen in de Vlaamse wetgeving. De Europese regelgeving is vaak gebaseerd op de richtlijnen opgesteld door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). De WGO definieert advieswaarden voor verschillende polluenten. Die advieswaarden hebben als doel de risico's van gezondheidsschade door luchtverontreiniging te beperken en zijn meestal strenger dan de Europese grens- of streefwaarden. De WGO stelde op 22 september 2021 haar advieswaarden bij. Bij de definiëring van deze Europese grens- of streefwaarden werd er, naast de gezondheidseffecten, rekening gehouden met de technische haalbaarheid. Daarnaast werd een kosten-batenanalyse uitgevoerd om de economische consequenties van de opgelegde concentratieniveaus in te schatten.

Nieuwe Europese luchtkwaliteitsrichtlijn goedgekeurd

Op 14 oktober 2024 keurde de Raad van de Europese Unie de nieuwe richtlijnen Luchtkwaliteit definitief goed. De lidstaten hebben nu twee jaar de tijd om ze om te zetten in nationale (in België regionale) wetgeving. Vanaf 2026 dient de VMM de luchtkwaliteitsmetingen te toetsen aan deze nieuwe richtlijn. Bij overschrijding van deze toekomstige grenswaarden vanaf 2026 dienen er “routekaarten” opgesteld te worden, waarin maatregelen worden opgenomen om deze grenswaarden tegen 2030 te kunnen bereiken.

1. Zwaveldioxide – SO_2

De Europese Richtlijn 2008/50/EG en de nieuwe Richtlijn 2024/2881 definieert grenswaarden en een alarmdrempel voor SO₂. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) definieerde advieswaarden.

Tabel 12: Regelgeving voor SO₂ (Europese regelgeving en WGO)

Polluent	Onderwerp	Middelingstijd	EU (2008/50/EG)	EU (2024/2881)	WGO
SO ₂	grenswaarde	uur	350 µg/m ³ - max. 24 x	350 µg/m ³ - max. 3 x	
	grenswaarde	dag	125 µg/m ³ - max. 3 x	50 µg/m ³ - max 18 x	40 µg/m ³
	grenswaarde	kalenderjaar		20 µg/m ³	
	alarmdrempel	3 opeenvolgende uren	500 µg/m ³	350 µg/m ³	

2. Stikstofoxides – NO/NO₂

De Europese richtlijn 2008/50/EG en de nieuwe Richtlijn 2024/2881 legt grenswaarden en een alarmdrempel op voor NO₂. De grenswaarden voor NO₂ moeten sinds 1 januari 2010 gerespecteerd worden. Richtlijn 2008/50/EG bood de kans om uitstel te vragen voor het halen van de grenswaarden. De Europese commissie verleende uitstel voor de zones Antwerpse haven en Antwerpse agglomeratie. Tot 2015 werd in die zones de grenswaarde gesommeerd met de maximale overschrijdingsmarge (50 %), wat overeenkomt met een jaargrenswaarde van 60 µg/m³. Vanaf 2015 verviel deze overschrijdingsmarge en moet er overal getoetst worden aan de jaargrenswaarde van 40 µg/m³.

In 2015 werd de jaargrenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ echter overschreden in de luchtkwaliteitszone BEF02A 'Agglomeratie Antwerpen'. Daarop werd een saneringsplan opgesteld voor deze zone.

Tabel 13: Regelgeving voor NO₂ (Europese regelgeving en WGO)

Polluent	Onderwerp	Middelingstijd	EU-huidige	EU-toekomstige	WGO
NO ₂	grenswaarde	uur	200 µg/m ³ - max. 18 x	200 µg/m ³ - max. 3 x	200 µg/m ³
	grenswaarde	dag		50 µg/m ³ - max 18 x	25 µg/m ³ - max 3 x
	grenswaarde	kalenderjaar	40 µg/m ³	20 µg/m ³	10 µg/m ³
	alarmdrempel	3 opeenvolgende uren	400 µg/m ³	200 µg/m ³	

3. Fijn stof – PM₁₀ en PM_{2,5}

3.1. Regelgeving PM₁₀

De Europese Richtlijn 2008/50/EG en de nieuwe Richtlijn 2024/2881 definieert grenswaarden en een alarmdrempel voor PM₁₀. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) definieerde advieswaarden.

Tabel 14: Regelgeving voor PM₁₀ (Europese regelgeving en WGO)

Polluent	Onderwerp	Middelingstijd	EU (2008/50/EG)	EU (2024/2881)	WGO
Fijn stof PM ₁₀	grenswaarde	dag	50 µg/m ³ - max. 35 x	45 µg/m ³ - max 18 x	45 µg/m ³ - max 3 x
	grenswaarde	kalenderjaar	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
	alarmdrempel	3 opeenvolgende dagen	-	90 µg/m ³	

3.2. Regelgeving PM_{2,5}

De Europese Richtlijn 2008/50/EG en de nieuwe Richtlijn 2024/2881 definieert grenswaarden en een alarmdrempel voor PM_{2,5}. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) definieerde advieswaarden.

Tabel 15: Regelgeving voor PM_{2,5} (Europese regelgeving en WGO)

Polluent	Onderwerp	Middelingstijd	EU (2008/50/EG)	EU (2024/2881)	WGO
Fijn stof PM _{2,5}	grenswaarde	dag	/	25 µg/m ³ - max 18 x	15 µg/m ³ - max 3 x
	grenswaarde	kalenderjaar	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³
	alarmdrempel	3 opeenvolgende dagen	-	50 µg/m ³	

3.3. Regelgeving zwarte koolstof

Momenteel bestaat er op Europees of Vlaams niveau geen regelgeving voor zwarte koolstof. De WGO formuleerde nog geen advieswaarden voor de gezondheid.

Er zijn geen Europese of internationale normen voor dioxines en PCB's (polychloorbifenylen) in depositie. Daarom leidde de VMM eigen drempelwaarden af. Uit de herziening van de drempelwaarden in 2024 bleek dat de achtergrondblootstelling in Vlaanderen reeds zorgt voor een overschrijding van de nieuwe gezondheidkundige advieswaarde¹⁰ van 2 pg TEQ_{WGO2005}/(kg lichaamsgewicht.week): er kan geen veilige drempelwaarde voor depositie afgeleid worden. Daarom koos de VMM ervoor om zo laag mogelijke haalbare drempelwaarden in te voeren én ernaast beleid te voeren om de achtergrondblootstelling in Vlaanderen te doen dalen.

Tabel 16: Drempelwaarden voor de deposities van dioxines en dioxineachtige PCB's geldig vanaf 2024

* Daalt naar 4,3 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag) in 2030.

¹² <https://vmm.vlaanderen.be/feiten-cijfers/lucht/overzicht-per-vervuilende-stof/andere-vervuilende-stoffen/dioxines-en-pcbs-in-depositie>

De Europese richtlijn 2008/50/EG legt een grenswaarde op voor benzeen als jaargemiddelde. In VLAREM II staat er een grenswaarde op basis van dagwaarden. Verder bestaat er een VLAREM-richtwaarde voor vinylchloride en formuleerde de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) advieswaarden voor vier VOS-componenten. De nieuwe Europese richtlijn verstrengde de grenswaarde voor benzeen. Onderstaande tabel toont een overzicht.

	Middelingsstijd	Grenswaarde	Richtwaarde	Advieswaarde
Richtlijn 2008/50/EG				
Benzeen	jaar	5 µg/m³		
Richtlijn 2024/2881				
benzeen	jaar	3,4 µg/m³		
VLAREM II				
Benzeen	jaar	50 µg/m³ als P98 op basis van dagwaarden		
Vinylchloride ^a	jaar	10 µg/m³ als P98 op basis van halfuren	1 µg/m³	
WGO				
1,2-dichloorethaan ^b	dag			700 µg/m³
Tolueen	week			260 µg/m³
	half uur			1.000 µg/m³
Styreen ^b	week			260 µg/m³
Tetrachlooretheen	jaar			250 µg/m³
Formaldehyde ^b	half uur			100 µg/m³

b: De VMM meet met een ander tijdsvenster, toetsing is dus indicatief.

Benzeen is kankerverwekkend waardoor geen veilig niveau van blootstelling kan bepaald worden. De WGO drukt de schadelijkheid van benzeen uit als het aantal extra kankergevallen bij een levenslange blootstelling aan een bepaalde concentratie. Bij een levenslange benzeenconcentratie van 17 µg/m³ zou er één extra kankergeval per 10.000 inwoners zijn. Bij een concentratie van 1,7 µg/m³ rekent men één extra kankergeval per 100.000 inwoners en bij 0,17 µg/m³ één per 1.000.000.

6. PFAS

PFAS in lucht:

Voor PFAS in lucht (zwevend stof) hanteren we een indicatief toetsingskader dat gebaseerd is op de Toelaatbare Wekelijkse Innamedosis gedefinieerd door de EFSA (2020) en [een studie door VITO en ARCHE Consulting](#) (2024). Daarbij zijn volgende kanttekeningen belangrijk:

- Dit kader is nog niet verankerd in VLAREM en dus niet wetgevend.
- De waarden gelden enkel voor chronische blootstelling.
- Enkel voor toetsing van jaargemiddelde concentraties; kortere periodes geven slechts een indicatie.

Parameter	Toetsingswaarde (ng/m ³)
som EFSA4	niet-industrie: 0,3
som EFSA4	industrie: 2,2
HFPO-DA	niet-industrie: 1,4
6:2 FTS	niet-industrie: 30
PFBS	niet-industrie: 140
PFPrA	niet-industrie: 245
PFBA	niet-industrie: 460

PFAS in depositie:

Voor PFAS in depositie hanteren we een indicatief toetsingskader dat gebaseerd is op [een studie door VITO en ARCHE Consulting](#) (2024). Daarbij zijn volgende kanttekeningen belangrijk:

- Dit kader is nog niet verankerd in VLAREM en dus niet wetgevend.
- De waarden houden geen rekening met de verontreiniging in bodem en grondwater, en zijn dus geen alleenstaand toetsingsmiddel bij risicobeoordelingen.
- Enkel voor toetsing van jaargemiddelde deposities; kortere periodes geven slechts een indicatie.

Parameter	Toetsingswaarde (ng/(m ² .dag))	Streefwaarde (ng/(m ² .dag))
PFOS	82,6	3,3
PFBA	140	

bijlage 6 Methodiek

In dit rapport worden verschillende methodieken gebruikt om gegevens weer te geven of te genereren. In deze bijlage worden deze methodieken toegelicht.

1. Pollutierozen en zeropollutierozen

Pollutierozen tonen per windrichting het gemiddelde van de gemeten concentraties volgens de op dat moment heersende windrichting. Potentiële vervuilende bronnen kunnen op die manier geïdentificeerd worden. Wanneer bijvoorbeeld uit een bepaalde windrichting steeds lucht met hogere concentraties wordt aangevoerd omdat daar een bron aanwezig is, zal de gemiddelde waarde hoger zijn in dit segment van de pollutieroos en 'wijst' de pollutieroos als het ware de richting van de bron aan door de langere balk. Bij aanvoer van lucht met lage concentraties zal de balk van de pollutieroos korter zijn. Hoe de pollutieroos er uiteindelijk uit ziet, hangt niet alleen af van de concentraties maar ook van de windrichting. Als in de beschouwde periode weinig tot geen wind was uit een bepaalde richting, kan dit een bron maskeren.

Wanneer de pollutierozen vrij rond zijn van vorm, wijst dit op een dominante invloed van de achtergrondconcentraties. Uit dergelijke pollutierozen zijn moeilijk de lokale invloeden af te leiden. Daarom kunnen er zero-pollutierozen gemaakt, waarbij steeds de laagste meting, de achtergrond, werd afgetrokken. Per windsector – elke 10° – worden de metingen van de pollutierozen van een set meetplaatsen naast elkaar gelegd en de laagste concentratie wordt telkens afgetrokken van alle andere concentraties uit die sector. Op deze manier wordt de aanvoer van de achtergrondpollutie eruit gefilterd en komen de lokale bronnen beter naar voren.

Een dosisroos geeft per windrichtingsegment procentueel het aandeel weer in de totale jaaraanvoer van de pollutant op de meetlocatie. Bij de meeste dosisrozen is er duidelijke aanvoer uit de overheersende zuidwestelijke windrichting. Dit is logisch omdat er nu eenmaal de meeste wind uit die richting komt. Lokale bronnen uit andere richtingen die veel invloed hebben op de concentratie op de meetplaats zullen als pieken zichtbaar zijn in de dosisroos.

2. VLOPS-model

Het VLOPS-model (Vlaamse Operationeel Prioritaire Stoffen-model)¹³ is een atmosferisch transport- en dispersiemodel dat op basis van emissiegegevens, gegevens over landgebruik en meteogegevens de luchtkwaliteit en deposities berekent. De Vlaamse emissiegegevens zijn afkomstig van de meest recente cijfers van de Emissie-inventaris Lucht van de VMM. De emissiegegevens voor bronnen buiten Vlaanderen zijn afkomstig van de EMEP- (*The European Monitoring and Evaluation Programme*)¹⁴ en E-PRTR- (*The European Pollutant Release and Transfer Register*)¹⁵ emissie-inventarissen. Voor de kaarten in dit rapport gebruikten we de Vlaamse emissiegegevens van 2023, de overige Belgische emissiegegevens van 2022, de Europese emissiegegevens van 2022 en de meteo van 2024. Voor scheepvaart werden de parameters hoogte en warmte-inhoud in VLOPS gelijk getrokken met diegene die in ATMO-Street gebruikt worden. De resolutie van de kaarten is 1 x 1 km². Voor de berekeningen in dit rapport gebruikte de VMM de versie VLOPS25.

¹³ Van Jaarsveld, J.A. et al. (2012). Description of OPS 4.3.15. RIVM: Bilthoven Nederland

¹⁴ EMEP. <https://www.ceip.at/>

¹⁵ E-PRTR. <http://prtr.ec.europa.eu>

3. IFDM-model

Voor de tekst in deze bijlage baseerden we ons grotendeels op volgende informatiebronnen:

- <https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/atoms/files/IMPACT Handleiding v2.1 DEF.pdf> ;
- https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/atoms/files/defRLblucht2012_aangepast2021.pdf ;
- <https://www.irceline.be/nl/documentatie/modellen/rio-ifdm> .

Immissie Frequentie Distributie Model

Met IFDM kan je de verspreiding van luchtverontreiniging op korte afstanden van een (agro-)industriële emissiebron berekenen. De emissiebron kan zowel een punt- (bv. een fabrieksschouw) als een lijnbron (bv. uitstoot van het verkeer op een weg of een deel van een weg) zijn. Het rekenhart van IFDM houdt rekening met de meest relevante processen die zich voordoen in de atmosfeer. Na het verlaten van de bron worden de pollutanten verdund in de atmosfeer als gevolg van diffusie en turbulentie. Een deel van de pollutanten zal ook uit de atmosfeer verdwijnen door allerlei processen als bezinking, chemische en fotochemische reacties, uitwassen door neerslag en andere. IFDM-berekeningen gebeuren voor een bepaald aantal punten in een afgebakend gebied. Via een verdere bewerking (interpolatie) krijgen we een gedetailleerde concentratiekaart met een hogere resolutie van bv. $10 \times 10 \text{ m}^2$ voor visualisatie.

Gaussisch pluimmodel

IFDM gebruikt een gaussisch pluimmodel als verspreidingsmodel. Daarbij is de concentratie in de pluim gaussisch verdeeld rond de pluimas in zowel horizontale als verticale richting. Het model gaat dus uit van een in tijd en ruimte constante meteo en is bijgevolg niet geschikt voor berekeningen van ogenblikkelijke concentraties. Met de basisvergelijking van het model worden uurgemiddelden uitgerekend, op basis van uurgemiddelde meteo. De basisvergelijking houdt geen rekening met eventuele verwijdering door neerslag (droge en natte depositie) en chemische omvorming van componenten in de atmosfeer.

De onzekerheid op de berekende resultaten wordt enerzijds veroorzaakt door de nauwkeurigheid van de inputgegevens, anderzijds door de beperkingen van het model.

Inputgegevens

De meteorologie (windrichting, windsnelheid, stabiliteit van de atmosfeer en neerslag) is een erg belangrijke parameter in de verspreiding van de polluenten in de atmosfeer. Het is belangrijk te kunnen beschikken over kwaliteitsvolle en representatieve meteodatasets. In IFDM zit een routine om de meteorologische gegevens van een gewone meteomast en modelmeteo om te zetten naar de Bultynck-Malet stabiliteitsklassen.

Daarnaast zijn emissiegegevens voor de te modelleren bronnen nodig. Hiermee bedoelen we onder meer emissievrachten, schoorsteenkaracteristieken voor geleide emissiebronnen en de ligging en grootte van niet-geleide emissiebronnen. IFDM veronderstelt een in de tijd constant massadebiet. Binnen één meteo-uur wordt daarom de emissie continu verondersteld.

IFDM biedt de mogelijkheid om voor polluenten achtergrondconcentraties in rekening te brengen. Zo wordt de totale (jaargemiddelde) concentratie berekend als de som van de Vlaamse achtergrondconcentratie en de lokaal berekende concentratie met een dubbeltellingscorrectie. Volgende gegevens werden gebruikt:

- Wegverkeer: berekend op basis van mobiliteitscijfers 2024 uit het propagatiemodel FLOMOVIA v2.0 in combinatie met gegevens over het wagenpark van 2023 (bv. vlootsamenstelling, verdeling over de EURO-normen, ...)
- Industrie: 2023
- Scheepvaart: zeevaart en binnenvaart 2023. Voor binnenvaart werd het model EISS van VITO gebruikt.
- Meteo: 2024

IFDM is een relatief eenvoudig model dat in de meerderheid van de gevalstudies waar luchtverspreidingsberekeningen moeten worden uitgevoerd, zal voldoen. Het is evenwel belangrijk de beperkingen van dit model goed te begrijpen. Zo zijn/is:

- #### 4. ATMO-Street -model

ATMO-Street is de naam voor de modelketen RIO-IFDM-OSPM.

- RIO: via een ruimtelijk interpolatiemodel wordt de luchtkwaliteit in heel Vlaanderen ingeschat op basis van de luchtkwaliteitsmetingen en landbedekking.
- IFDM: berekent de lokale luchtkwaliteit op basis van meteorologische gegevens en de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen.
- OSPM: berekent de impact van het streetcanyon-effect.

IFDM berekent de impact van de uitstoot van punt- en lijnbronnen op de luchtkwaliteit in de onmiddellijke omgeving van die puntbronnen (bv. een fabrieksschouw) of lijnbronnen (bv. uitstoot van het verkeer op een weg of een deel van een weg). Het IFDM-model gebruikt ook meteorologische gegevens. Zo beïnvloeden de windsnelheid en windrichting de verspreiding van de luchtvervuiling. Ook de temperatuur heeft een effect op de snelheid waarmee stoffen chemisch veranderen in de atmosfeer, zoals dit het geval is bij stikstofdioxide en ozon. De punten waarvoor IFDM-berekeningen plaatsvinden, zijn het dichtst geconcentreerd langs wegen en in de buurt van industrie. Via een verdere bewerking (interpolatie) krijgen we een gedetailleerde concentratiekaart met een hogere resolutie van bv. 10 x 10 m² voor visualisatie. Het IFDM dispersiemodel is echter een '*open street*' model en houdt geen rekening met obstakels zoals bomen, geluidsschermen,

gesloten huizenrijen... Hierdoor onderschat RIO-IFDM de concentraties in *street canyons*. In deze smalle straten is de natuurlijke ventilatie beperkt waardoor de luchtvervuiling zich opstapelt.

Het **OSPM**-model komt hieraan tegemoet. Dit model gebruikt gedetailleerde informatie over de straatconfiguratie. Deze berekening wordt toegepast voor alle straten die als *street canyon* worden beschouwd. Zo kunnen we de slechtere verdunning van de luchtvervuiling in deze straten in rekening brengen en krijgen we een juist beeld van de luchtkwaliteit tot op straatniveau.

ATMO-Streetkaarten zijn wetenschappelijk het meest onderbouwd en zijn de best beschikbare kaarten om de lokale luchtkwaliteit in te schatten. Controle gebeurde - zoals bij al de modellen - door te vergelijken met echte metingen en toonde aan dat de modelketen beter presteert door toevoeging van het OSPM-model.

Ondanks de best beschikbare inschatting op straatniveau, heeft het ATMO-Street model ook enkele **beperkingen**:

- met tijdelijke verkeerssituaties (bv. omleidingen of files) wordt geen rekening gehouden;
- de impact van nieuwe verkeerssituaties (nieuwe wegen, mobiliteitsplannen in uitvoering,...) zijn niet altijd onmiddellijk zichtbaar;
- het herhaaldelijk opwaaien van stof door het verkeer en het effect van de aanwezigheid van groen (zoals bomen in een straat) worden niet in rekening gebracht;
- de lokale vervuiling die veroorzaakt wordt door onder andere houtkachels, open haarden en grote veeteeltbedrijven is niet zichtbaar op de kaarten. De vervuiling van deze bronnen wordt wel mee opgenomen in de ‘achtergrondconcentratie’ (met een lagere ruimtelijke resolutie van 4x4 km²).
- Ook fijn stofemissies van diffuse industriële bronnen worden niet rechtstreeks door het IFDM model berekend. Net zoals voor houtverbranding en grote landbouwbedrijven zit de bijdrage van deze bronnen vervat in de achtergrondconcentraties. Lokaal rond deze bronnen worden de concentraties dus mogelijk onderschat door het model.

5. Meetmethode fracties zwarte koolstof

De aethalometer Magee AE33 meet de absorptie van het licht door zwarte koolstof bij verschillende golflengten, van ultraviolet (UV) tot infrarood (IR). De lichtabsorptie door de deeltjes afkomstig van houtverbranding en afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen tonen een verschillende afhankelijkheid van de gebruikte golflengte. Deeltjes afkomstig van houtverbranding absorberen relatief meer in het UV. Historisch gezien wordt zwarte koolstof bij een aethalometer bepaald bij infraroodlicht van 880 nm.

Het toestel bepaalt de bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof (BC) door middel van de aethalometermethode¹⁶. Bij deze methode gaat men ervan uit dat de gemeten absorptie bij elke golflengte de som is van de absorptie door deeltjes afkomstig van houtverbranding¹⁷ en afkomstig van fossiele brandstoffen. Zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstoffen wordt vooral geassocieerd met dieseloet.

¹⁶ J. Sandradewi et al. (2008), Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter, *Environmental Science & Technology* 42 (9), 3316-3323

¹⁷ Voor de verschillende zwartekoolstof fracties zijn er verschillende naamgevingen in gebruik:

- Zo worden zowel de term houtverbranding als biomassaverbranding gebruikt. Verbranding van biomassa is in een huishoudelijke context vooral houtverbranding (BC_{wb}). In een industriële context zijn er meerdere mogelijkheden zodat men daar ook de meer algemene term biomassaverbranding (BC_{bb} of BB) gebruikt.
- De andere fractie is de zwartekoolstof fractie veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen (BC_{ff} of FF)

$$BC = BC_{wb} + BC_{ff}$$

wb = woodburning = houtverbranding
ff = fossil fuel = fossiele brandstoffen

De VMM¹⁸ bepaalde de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ in een aantal studies aan de hand van de concentratie levoglucosan. Deze organische verbinding is een pyrolyseproduct van cellulose en vormt een goede tracer voor de verbranding van biomassa.

De inschatting van de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ gebeurt op basis van een studie¹⁹ gebaseerd op Vlaamse data, waarin een factor van 22,56 werd voorgesteld. Deze factor rekent ook secundair stof van houtverbranding mee. VITO²⁰ gebruikte deze factor in een studie in Dessel rond de bijdrage van houtverbranding aan luchtverontreiniging door burgers. Vergelijking met andere methoden voor het berekenen van de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ toonde aan dat vermenigvuldiging van de levoglucosanconcentraties met de factor 22,56 behoorde tot de meest waarschijnlijke methoden voor het bepalen van de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀.

De studie van VITO van 2017 vond een goede correlatie tussen de concentratie levoglucosan en de concentratie zwarte koolstof door de verbranding van hout. Ze vonden de volgende relatie:

$$\text{Levoglucosan } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,5 \times BC_{wb} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

Deze relatie werd bevestigd tijdens VMM-meetcampagnes in de winter 2019-2020 en 2020-2021 op respectievelijk 2 en 5 meetplaatsen.

We gebruiken in dit rapport bijgevolg de volgende relatie om de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ in de Antwerpse haven te berekenen:

$$PM_{10_wb} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 22,56 \times 0,5 \times BC_{wb} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

De formule geeft ook aan dat de 'black carbon' van houtverbranding maar ca. 9 % bedraagt van de totale bijdrage van houtverbranding aan fijn stof. Het overgrote deel van de bijdrage bestaat uit bruine koolstof ('brown carbon'²¹) en andere organische deeltjes. Deze verhouding van BC_{wb} vs PM_{10_wb} sluit nauw aan bij de factor gebruikt op de Franse meetnetten²².

Voor de berekening van de bijdrage van de verbranding van fossiele brandstoffen aan PM₁₀ hanteren we de op de Franse meetnetten²² gebruikte factor 2. Deze factor geeft ook aan dat BC een veel groter aandeel heeft in de totale PM-bijdrage bij verkeer (ongeveer 50%) dan bij houtverbranding.

$$PM_{10_ff} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 2 \times BC_{ff} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

¹⁸ VMM (2011), Chemkar PM₁₀, Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen-2010

VMM (2013), Chemkar PM₁₀, Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen-2011-2012

¹⁹ W. Maenhout et al. (2016), Sources of the PM₁₀ aerosol in Flanders, Belgium, an re-assessment of the contribution from wood burning, Science of the Total Environment, 562, 550-560

²⁰ M. Van Poppel et al. (2017), Inschatting van de bijdrage van houtverbranding door burgers aan luchtverontreiniging in Vlaanderen

²¹ Brown carbon zijn lichtabsorberende organische deeltjes die niet zwart zijn

²² LCSQA (2020), Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par Aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant

