

Vlaanderen
is milieu

Luchtkwaliteit in Zeebrugge

jaarrapport 2025

VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ

vmm.vlaanderen.be

DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel
Luchtkwaliteit in Zeebrugge – jaarrapport 2025

Samenstellers
Kern Lucht, VMM

Inhoud
Dit rapport beschrijft de luchtkwaliteit in Zeebrugge in 2025. De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) mat er de polluenten stikstofoxides, fijn stof en zwarte koolstof. De meetresultaten werden getoetst aan de Europese regelgeving en aan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). Het rapport bespreekt de uitstoot van een aantal polluenten.

Wijze van refereren
Vlaamse Milieumaatschappij (2026), Luchtkwaliteit in Zeebrugge - jaarrapport 2025

Verantwoordelijke uitgever
Bernard De Potter, Vlaamse Milieumaatschappij

Vragen in verband met dit rapport
Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
info@vmm.be

Depotnummer
D/2026/6871/019

Luchtkwaliteit haven van Zeebrugge 2025 – conclusies – aanpak

Wat bespreekt dit rapport?
De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en het Havenbedrijf Antwerpen-Brugge meten de luchtkwaliteit in het havengebied van Zeebrugge voor de geplande aanleg van een nieuw sluizencomplex aan de Visartsluis. We beoordelen ook of de luchtkwaliteit voldoet aan de strengere Europese regelgeving die in 2030 van kracht wordt. Hiervoor wordt op twee meetplaatsen **PM_{10}, $PM_{2,5}$, zwarte koolstof (roet), NO en NO_2** gemeten:

- **ZB07 (Kiwiweg)**: een meetplaats in het havengebied
- **ZB08 (Evendijk-Oost)**: een meetplaats in een woonomgeving in Zeebrugge

Havenactiviteiten beïnvloeden luchtkwaliteit
Uit de emissiecijfers van 2025 volgt dat scheepvaart de belangrijkste bron in de haven van Zeebrugge is voor NO_x, fijn stof en roet met een aandeel van minstens 74%. De uitstoot daalde de laatste tien jaar:

- NO_x met 42 %
- fijn stof en roet met 19 tot 31 %

De havenactiviteiten beïnvloeden de luchtkwaliteit in Zeebrugge. Vooral voor NO_2 en roet is dat zo. De toekomstige Europese jaargrenswaarde voor NO_2 werd in 2025 overschreden op ZB08. De afstand tussen beide meetplaatsen is vrij klein. De concentraties op beide meetplaatsen verschillen weinig: de woonlocatie ZB08 vertoont een iets hogere NO_2-concentratie.ZB07 meet iets meer zwarte koolstof. Voor fijn stof zijn de verschillen zeer klein. ZB08 is de belangrijkste meetplaats naar bewoning toe.

Waarom deze metingen?

1. Inzicht in lokale hotspots
Modelberekeningen tonen dat in delen van Zeebrugge hogere concentraties van PM_{10}, zwarte koolstof en stikstofdioxide (NO_2) kunnen voorkomen. De meetcampagne helpt deze inschattingen verder te onderbouwen met reële meetgegevens.

2. Referentie voor toekomstige werken
De metingen vormen de uitgangssituatie vóór de start van de bouw van het nieuwe sluizencomplex. Hierdoor kan later objectief worden nagegaan of de werkzaamheden een invloed hebben op de luchtkwaliteit in en rond de haven.

3. Nieuwe Europese regelgeving
De nieuwe Europese luchtkwaliteitsrichtlijn legt vanaf 2030 strengere grenswaarden op. In 2026 moet al geëvalueerd worden waar overschrijdingen voorkomen en welke maatregelen nodig zijn om deze doelstellingen te halen. In 2025 werd de toekomstige jaargrenswaarde voor NO_2 overschreden op ZB08. De toekomstige jaargrenswaarde voor $PM_{2,5}$ werd net gehaald.

Wat is de volgende stap?

- Wordt de toekomstige Europese grenswaarde vanaf 2026 overschreden, dan moeten “routekaarten” opgesteld worden met maatregelen om deze grenswaarden tegen 2030 te halen.
- Een actualisatie van de modellering voor zeescheepvaartemissies zodat de modelkaarten de concentraties beter inschatten. Het nieuw model wordt vanaf 2028 gebruikt.

INHOUD

1 Inleiding 7
2 Het meetnet 8
3 Stikstofoxiden – NO/NO_2 10
3.1 Emissie van NO_x(NO_2) 10
3.2 NO_2-concentraties in 2025 12
3.3 NO-concentraties in 2025 14
3.4 Geografische spreiding van NO_2-concentraties 15
3.4.1 Gemodelleerde NO_2-concentratie 15
3.4.2 Pollutierozen NO_2 16
4 Fijn stof – PM_{10}, $PM_{2,5}$ en zwarte koolstof 18
4.1 PM_{10} 18
4.1.1 Emissie van PM_{10} 18
4.1.2 PM_{10}-concentraties in 2025 20
4.1.3 Geografische spreiding van PM_{10}-concentraties 22
4.2 $PM_{2,5}$ 25
4.2.1 Emissie van $PM_{2,5}$ 25
4.2.2 $PM_{2,5}$ concentraties in 2025 27
4.2.3 Geografische spreiding van $PM_{2,5}$-concentraties 28
4.3 Zwarte koolstof 31
4.3.1 Emissie van elementair koolstof 31
4.3.2 Concentratie zwarte koolstof in 2025 33
4.3.3 Geografische spreiding van zwarte koolstof 34
4.4 Bijdrage fossiele brandstoffen en hout aan zwarte koolstof en PM_{10} 37
4.4.1 Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan zwarte koolstof 37
4.4.2 Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan PM_{10} 37
4.4.3 Bijdrage van verbranding fossiele brandstoffen in functie van windrichting 38

bijlage 1 Informatie over geaccrediteerde metingen (normen ISO/IEC 17025:2017) 40
bijlage 2 Afbakening haven Zeebrugge 41
bijlage 3 Emissies van bedrijven 42
bijlage 4 Beschrijving van de polluenten 43
bijlage 5 Overzicht luchtkwaliteitsnormen 45
bijlage 6 Methodiek 47

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Overzicht van de meetplaatsen en gemeten polluenten in de haven van Zeebrugge 8
Tabel 2: Emissies van 2024 die bedrijven rapporteerden in het IMJV 42
Tabel 3: Regelgeving voor NO_2 (Europese regelgeving en WGO) 45
Tabel 4: Regelgeving voor PM_{10} (Europese regelgeving en WGO) 46
Tabel 5: Regelgeving voor $PM_{2,5}$ (Europese regelgeving en WGO) 46

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Ligging meetplaatsen in de haven van Zeebrugge 9
Figuur 2: Aandeel van de sectoren in de NO_x (NO_2)-emissies in de haven van Zeebrugge in 2024 10
Figuur 3: Aandeel van de sectoren in de NO_x (NO_2)-emissies in de agglomeratie Brugge in 2024 11
Figuur 4: Evolutie NO_x(NO_2)-emissies in de haven van Zeebrugge 11
Figuur 5: Evolutie NO_x(NO_2)-emissies in de agglomeratie Brugge 12
Figuur 6: Toetsing NO_2-jaargemiddelden aan regelgeving 13
Figuur 7: Aantal dagen met NO_2-concentraties > 50 µg/m³ (links) en > 25 µg/m³ (rechts) 13
Figuur 8: Daggemiddelde NO_2 vanaf 8/10/2024 14
Figuur 9: NO-jaargemiddelden in Zeebrugge en omgeving 14
Figuur 10: Daggemiddelde NO vanaf 8/10/2024 15
Figuur 11: Gemodelleerde concentratie NO_2 in de regio van Zeebrugge, 2025 16
Figuur 12: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor NO_2 17
Figuur 13: Zeropollutierozen NO_2-gemiddelde in de haven van Zeebrugge in 2025 17
Figuur 14: Aandeel van de sectoren in de PM_{10}-emissies in de haven van Zeebrugge in 2024 18
Figuur 15: Aandeel van de sectoren in de PM_{10}-emissies in de agglomeratie Brugge in 2024 19
Figuur 16: Evolutie PM_{10}-emissies in de haven van Zeebrugge 19
Figuur 17: Evolutie PM_{10}-emissies in de agglomeratie Brugge 20
Figuur 18: Toetsing PM_{10}-jaargemiddelden aan regelgeving 21
Figuur 19: Aantal dagen met PM_{10}-concentraties > 50 µg/m³ (links) en > 45 µg/m³ (rechts) 21
Figuur 20: Daggemiddelde PM_{10} vanaf 8/10/2024 22
Figuur 21: Gemodelleerde concentratie PM_{10} in de regio van Zeebrugge, 2025 23
Figuur 22: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor PM_{10} 24
Figuur 23: Zeropollutierozen voor PM_{10} in de haven van Zeebrugge in 2025 24
Figuur 24: Aandeel van de sectoren in de $PM_{2,5}$-emissies in de haven van Zeebrugge in 2024 25
Figuur 25: Aandeel van de sectoren in de $PM_{2,5}$-emissies in de agglomeratie Brugge in 2024 25
Figuur 26: Evolutie $PM_{2,5}$-emissies in de haven van Zeebrugge 26
Figuur 27: Evolutie $PM_{2,5}$-emissies in de agglomeratie Brugge 26
Figuur 28: Toetsing $PM_{2,5}$-jaargemiddelden aan regelgeving 27

Figuur 29: Aantal dagen met $PM_{2,5}$-concentraties > 25 µg/m³ (links) en > 15 µg/m³ (rechts).....27
Figuur 30: Daggemiddelde $PM_{2,5}$ vanaf 8/10/2024.....28
Figuur 31: Gemodelleerde concentratie $PM_{2,5}$ in de regio van Zeebrugge, 2025.....29
Figuur 32: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor $PM_{2,5}$.....30
Figuur 33: Zeropollutierozen voor $PM_{2,5}$ in de haven van Zeebrugge in 2025.....30
Figuur 34: Aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in de haven van Zeebrugge in 2024.....31
Figuur 35: Aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in de agglomeratie Brugge in 2024.....31
Figuur 36: Evolutie emissies elementair koolstof in de haven van Zeebrugge.....32
Figuur 37: Evolutie emissies elementair koolstof in de agglomeratie Brugge.....32
Figuur 38: Jaargemiddelden zwarte koolstof in Zeebrugge en omgeving.....33
Figuur 39: Daggemiddelde zwarte koolstof vanaf 8/10/2024.....33
Figuur 40: Gemodelleerde concentratie zwarte koolstof in de regio van Zeebrugge, 2025.....35
Figuur 41: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor zwarte koolstof.....36
Figuur 42: Zeropollutierozen voor zwarte koolstof in de haven van Zeebrugge, 2025.....36
Figuur 43: Zwarte koolstof uit fossiele brandstoffen (BC_{ff}) en houtverbranding (BC_{wb}) opgesplitst in zomer en winter, 2025.....37
Figuur 44: PM_{10} uit fossiele brandstoffen (PM_{10}_ff) en houtverbranding (PM_{10}_wb) opgesplitst in zomer en winter, 2025.....38
Figuur 45: Pollutieroos voor zwarte koolstof uit fossiele brandstof (BC_{ff}) en uit houtverbranding (BC_{wb}) tijdens de wintermaanden 2025 (µg/m³).....38
Figuur 46: Kaart afbakening haven Zeebrugge en agglomeratie Brugge.....41
Figuur 47: Locatie van bedrijven en meetplaatsen.....42

1 INLEIDING

Eind 2023 sloot het bestuur van de Haven van Antwerpen-Brugge een overeenkomst met de VMM om de luchtkwaliteit in het Zeebrugse havengebied te meten. Doel was om na te gaan of een nieuw sluizencomplex ter hoogte van de Visartsluis in Zeebrugge een impact heeft op de luchtkwaliteit. De start van de werken was voorzien voor 2027. Door de renovatie van de Vandammesluis loopt het project vertraging op en gaan de werken pas in 2030 van start. Dit rapport geeft een nulmeting: de concentraties voor de bouw van het sluizencomplex.

Twee meetstations werden opgestart. Op beide meetplaatsen meet de VMM de volgende polluenten:
- fijn stof: fracties PM_{10} en $PM_{2,5}$
- zwarte koolstof
- stikstofoxiden NO en NO_2

Op plaatsen waar we niet meten, schatten we de luchtkwaliteit in aan de hand van computermodellen.

De emissiegegevens in dit rapport werden verzameld door het Team Emissie-inventaris Lucht van de VMM. Dat gebeurt 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 2024. We vergelijken de emissies in de haven van Zeebrugge met deze van de agglomeratie Brugge en de Antwerpse haven. De afbakening van het havengebied en de agglomeratie Brugge vind je in bijlage 2.

In het rapport tekenden we voor verschillende polluenten de pollutierozen die wijzen naar de richting van de bron(nen). Voor de methodiek verwijzen we naar bijlage 6. In bijlage 3 staat een kaart met de meetplaatsen en aanduiding van de bedrijven die het meest uitstootten in 2024. We behouden alleen de bedrijven die hun uitstoot rapporteren aan het IMJV.

Implementatie van de nieuwe, strengere Europese richtlijn 2024/2881
In navolging van de in 2021 aangescherpte WGO-advieswaarden actualiseerde Europa de regelgeving rond luchtkwaliteit. De nieuwe richtlijn lucht 2024/2881 werd eind 2024 definitief goedgekeurd. Lidstaten dienden de Europese richtlijn binnen de twee jaar om te zetten naar nationale/regionale wetgeving. De richtlijn werd op 1 oktober 2026 volledig omgezet in Vlaamse wetgeving met ingang van 11 december 2026.
De strengere Europese grenswaarden zijn geldig vanaf 2030. Vanaf 2026 moet er al getoetst worden aan deze nieuwe richtlijn. Bij overschrijding ervan moeten er “routekaarten” opgesteld worden waarin maatregelen worden opgenomen zodat deze grenswaarden tegen 2030 wel gehaald worden.

2 HET MEETNET

De VMM startte 2 meetplaatsen op:

- **ZB07 – Kiwiweg – in havengebied – start 8/10/2024**
  ZB07 is een industriële brongerichte meetplaats, waar de representativiteit voor de blootstelling in woonzones eerder beperkt is. Het ligt op een locatie waar volgens de richtlijn 2008/50/EG bijlage 3 de luchtkwaliteit niet beoordeeld moet worden. Deze resultaten worden louter "indicatief" beoordeeld, net zoals we voor industriële meetplaatsen in de haven van Antwerpen doen.
- **ZB08 – Evendijk-Oost – centrum Zeebrugge – start 1/1/2025**
  Deze meetplaats ligt wel op een locatie waar volgens de richtlijn 2008/50/EG bijlage 3 de luchtkwaliteit beoordeeld moet worden. Hier wordt wel aan de regelgeving getoetst.

De afstand tussen beide meetplaatsen bedraagt één kilometer en is dus vrij klein.

2025 is het eerste jaar met volledige databeschikbaarheid voor beide meetplaatsen. We vergelijken de concentraties met meetplaatsen die in de buurt liggen en met het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde. ZB07 werd op 8/10/2024 opgestart. We tonen de dagconcentraties sinds de start van de metingen.

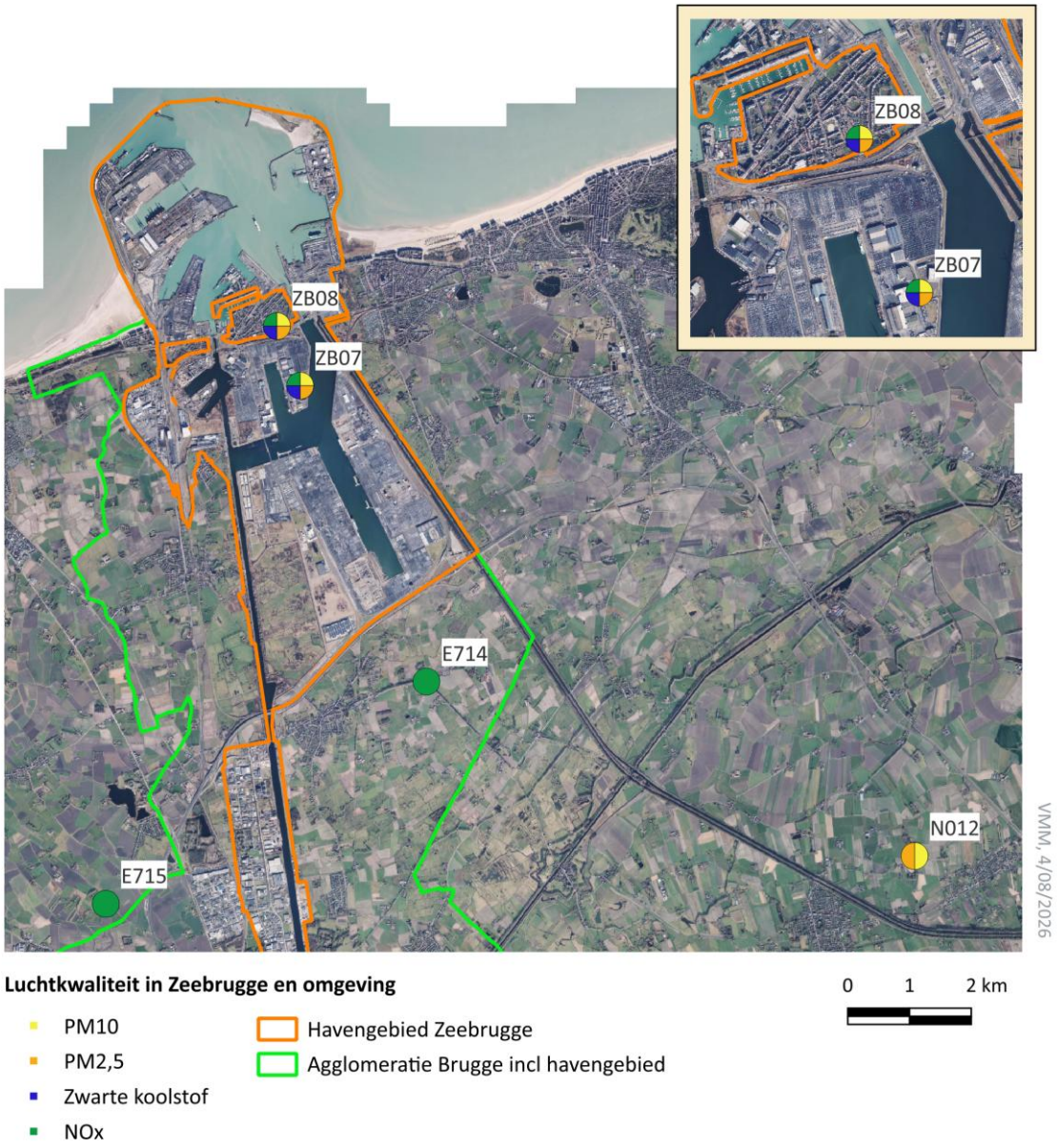
Voor de pollutierozen gebruiken we de meteogegevens van de KMI-meetpost Zeebrugge (TKZB06).

Tabel 1: Overzicht van de meetplaatsen en gemeten polluenten in de haven van Zeebrugge

Meetplaats Code	toetsing EU	Adres	Lambertcoördinaten X	Lambertcoördinaten Y	PM_{10}	$PM_{2,5}$	Zwarte koolstof	NO_x
Meetplaatsen in functie van Haven van Zeebrugge								
ZB07		Kiwiweg, Zeebrugge	69794	224173	✓	✓	✓	✓
ZB08	✓	Evendijk-Oost, Zeebrugge	69418	225138	✓	✓	✓	✓
Andere meetplaatsen in de ruime regio								
E714	✓	Dudzele	71842	219377				✓
E715	✓	Zuienkerke	66645	218775				✓
N012	✓	Moerkerke	79753	216550	✓	✓		

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.

Figuur 1: Ligging meetplaatsen in de haven van Zeebrugge



3 STIKSTOFOXIDEN – NO/NO_2

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO_2) en stikstofmonoxide (NO). Ze worden uitgestoten tijdens verbrandingsprocessen van fossiele brandstoffen (steenkool, petroleumproducten en gas) gebruikt in huishoudelijke verwarming, industriële processen en verbrandingsmotoren van verkeer.
NO_2 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 verafgelegen gebieden.

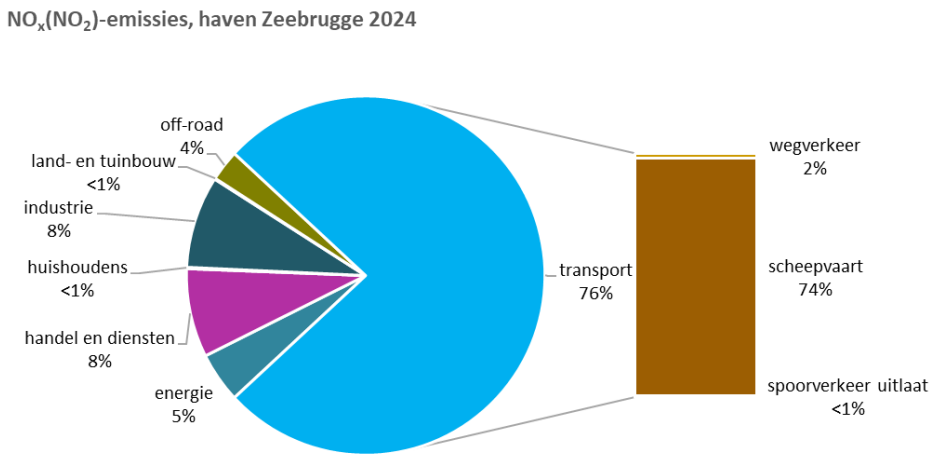
Meer informatie over NO_x vind je in bijlage 4.

3.1 Emissie van $NO_x(NO_2)$

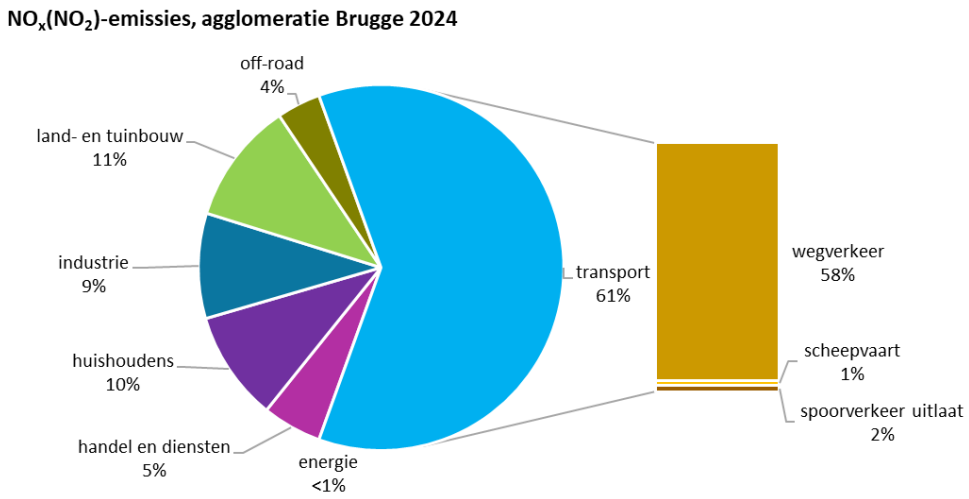
In 2024 bedroeg de $NO_x(NO_2)$-emissie voor de zone Haven van Zeebrugge 2.296 ton. Dit was:
- 3 % van de totale $NO_x(NO_2)$-uitstoot van heel Vlaanderen
- bijna 5 keer hoger dan de uitstoot van de agglomeratie Brugge (476 ton)
- veel lager dan de uitstoot in de Antwerpse haven (15.698 ton)

Transport had in de haven het grootste aandeel door de scheepvaart, goed voor 76 %. De andere sectoren hadden een veel kleiner aandeel in de totale emissies. Ook in de agglomeratie Brugge was transport verantwoordelijk voor de grootste uitstoot, door het wegverkeer.

Figuur 2: Aandeel van de sectoren in de NO_x (NO_2)-emissies in de haven van Zeebrugge in 2024



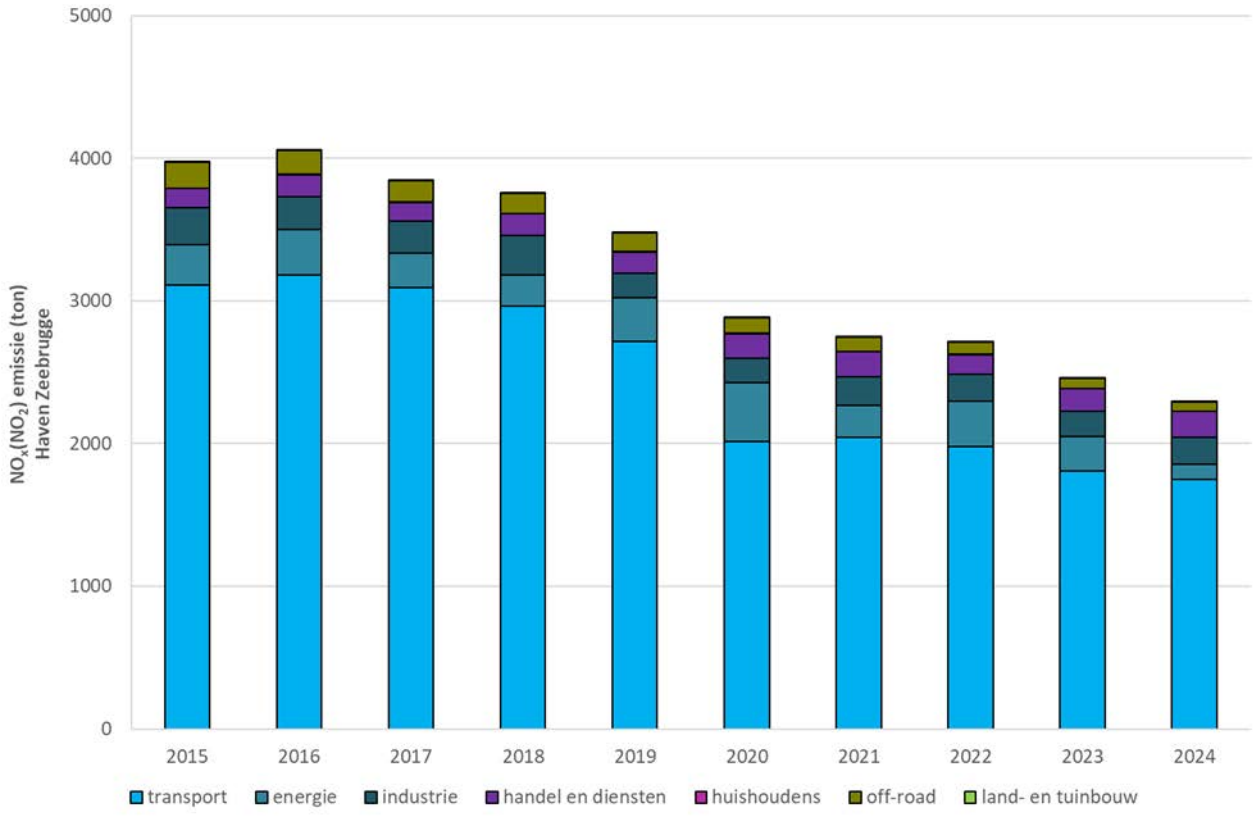
Figuur 3: Aandeel van de sectoren in de NO_x (NO_2)-emissies in de agglomeratie Brugge in 2024



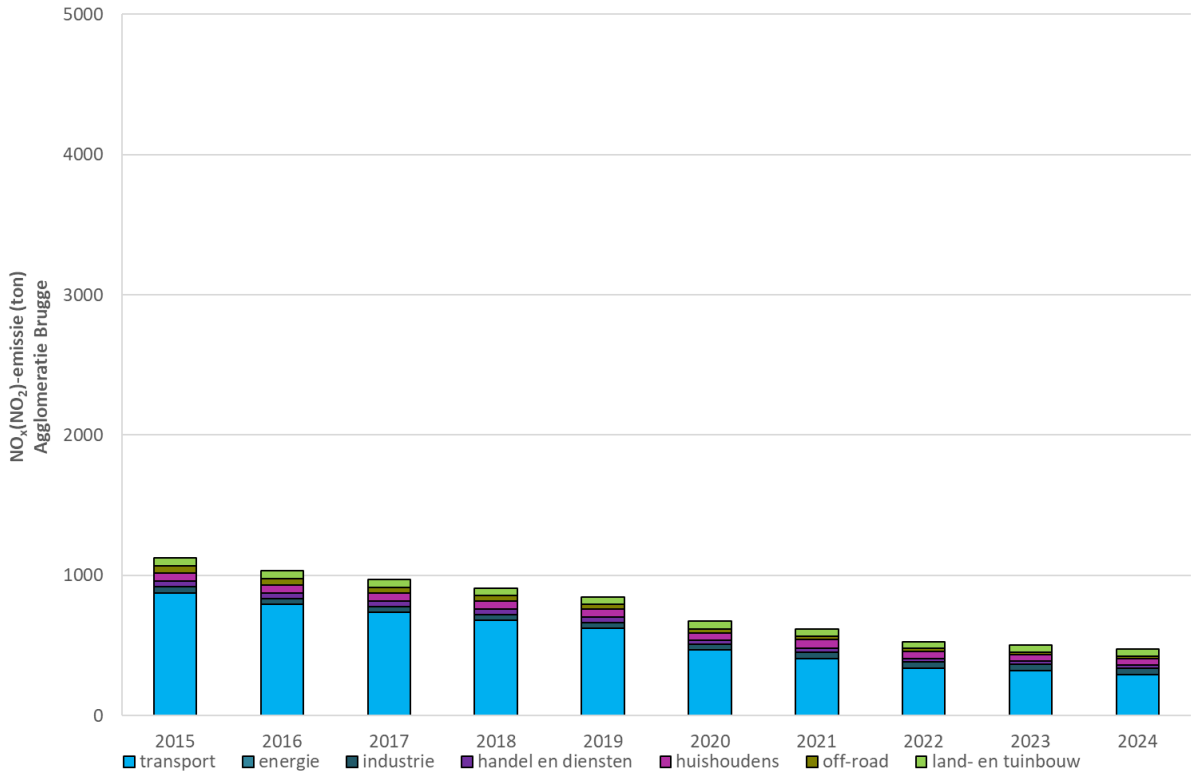
Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

De evolutie van de NO_x(NO_2)-emissies per sector toont een dalende trend. In de haven van Zeebrugge is er in de periode 2015-2024 een daling van 42 %. In de agglomeratie Brugge gaat het om 58 %. Vooral de uitstoot door de transportsector nam af.

Figuur 4: Evolutie NO_x(NO_2)-emissies in de haven van Zeebrugge



Figuur 5: Evolutie $NO_x(NO_2)$-emissies in de agglomeratie Brugge



Naast directe uitstoot wordt NO_2 ook indirect gevormd door chemische reacties in de atmosfeer. Stikstofoxiden door verbrandingsprocessen komen vooral als NO in de lucht terecht. Enerzijds wordt het weinig toxische NO relatief snel omgezet naar het toxische gas NO_2 door reactie met onder andere ozon (O_3). Anderzijds neemt NO_2 deel aan de fotochemische ozonvorming waarbij O_3 wordt gevormd en NO_2 wordt omgezet tot NO. De chemie van stikstofcomponenten in de atmosfeer is heel complex en de relatie tussen de emissies van NO_x en de gemeten NO_2-concentraties is niet lineair.

De luchtkwaliteit in Zeebrugge wordt niet alleen bepaald door de emissies in de haven zelf. Ook emissies in Vlaanderen, andere gewesten en het buitenland dragen bij tot de concentratie van vervuilende stoffen in Zeebrugge.

3.2 NO_2-concentraties in 2025

Toetsing aan regelgeving

In Zeebrugge toetsen we alleen ZB08 aan de regelgeving (zie 2 Het meetnet). Dit zijn de conclusies:

- Alle huidige Europese doelstellingen werden gehaald.
- De toekomstige Europese jaargrenswaarde werd overschreden op ZB08. De daggrenswaarde werd gehaald.
- De WGO-advieswaarden voor dag- en jaargemiddelden werd op alle meetplaatsen overschreden.
- Op E714 was er 1 uur met een daggemiddelde hoger dan 200 µg/m³. De pollutieroos wees naar het zuidwesten. In deze sector liggen 3 bedrijven die meer dan 20 ton NOx/jaar uitstoten (bijlage 3).

Op ZB08 was het jaargemiddelde iets hoger dan het Vlaams stedelijk gemiddelde en op beide meetplaatsen hoger dan de meetplaatsen in de buurt van Brugge en het Vlaams landelijk gemiddelde.

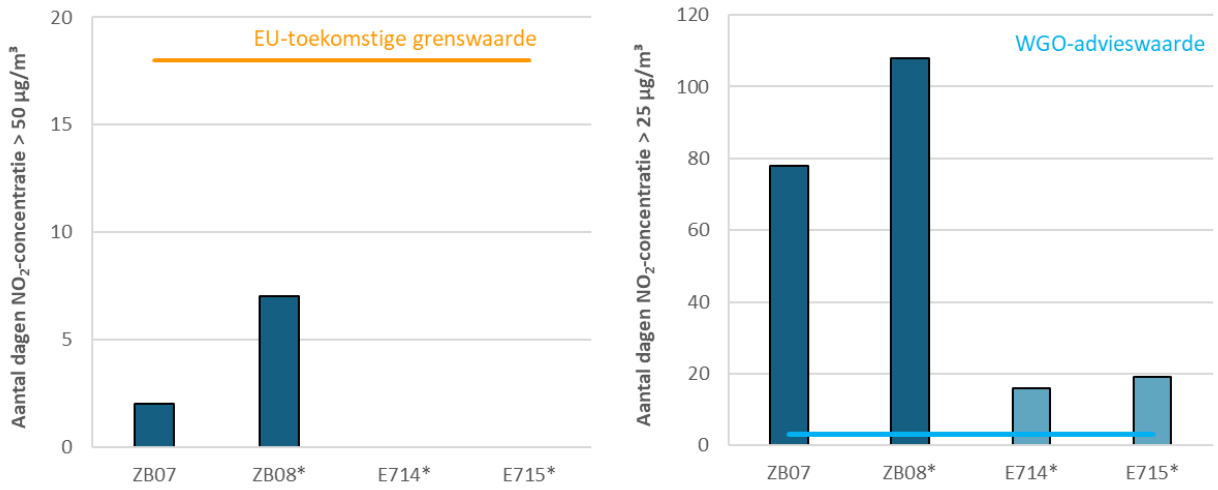
Figuur 6: Toetsing NO_2-jaargemiddelden aan regelgeving



*: toetsing aan Europese doelstelling

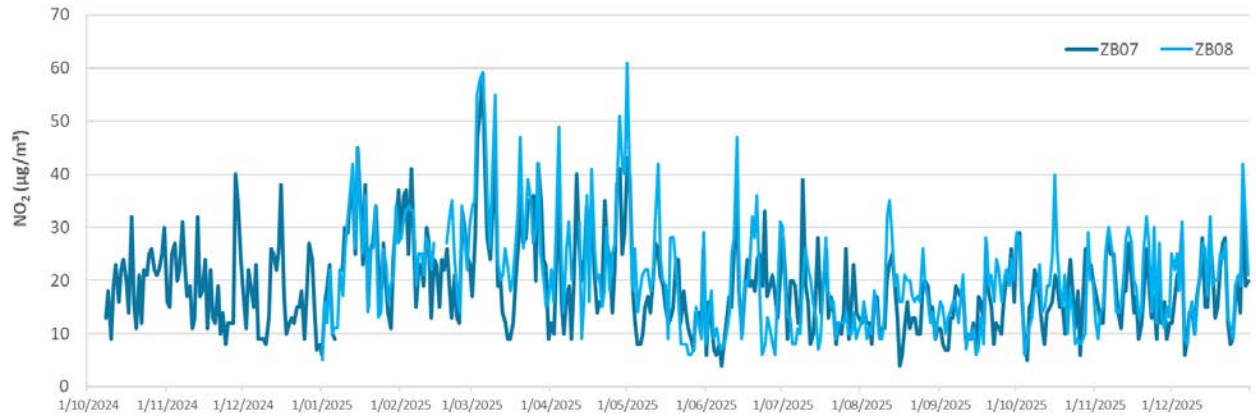
De toekomstige Europese daggrenswaarde werd overal gerespecteerd. Toch zien we dat de meetplaatsen in Zeebrugge meer dagen telden met hogere NO_2-concentraties. Vooral bij toetsing aan de WGO-dagadvieswaarde valt dit op.

Figuur 7: Aantal dagen met NO_2-concentraties > 50 µg/m³ (links) en > 25 µg/m³ (rechts)



ZB07 werd op 8/10/2024 opgestart. Daarom tonen we de daggemiddelden vanaf die datum. De concentraties waren vooral hoog tijdens de smogperiode in het voorjaar van 2025. Op ZB08 was het daggemiddelde vaak hoger dan op ZB07. Dit lijkt algemeen zo te zijn en is niet gelinkt aan een specifieke periode.

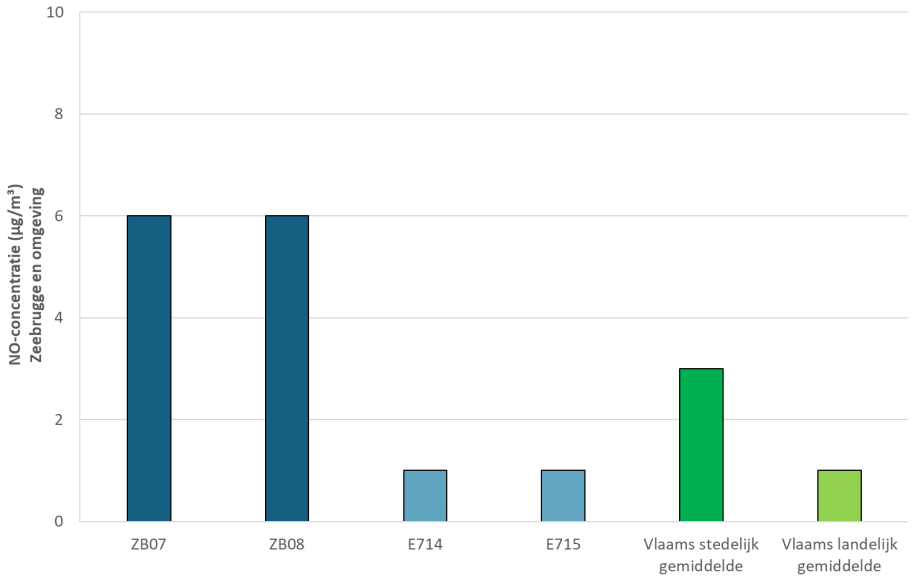
Figuur 8: Daggemiddelde NO_2 vanaf 8/10/2024



3.3 NO-concentraties in 2025

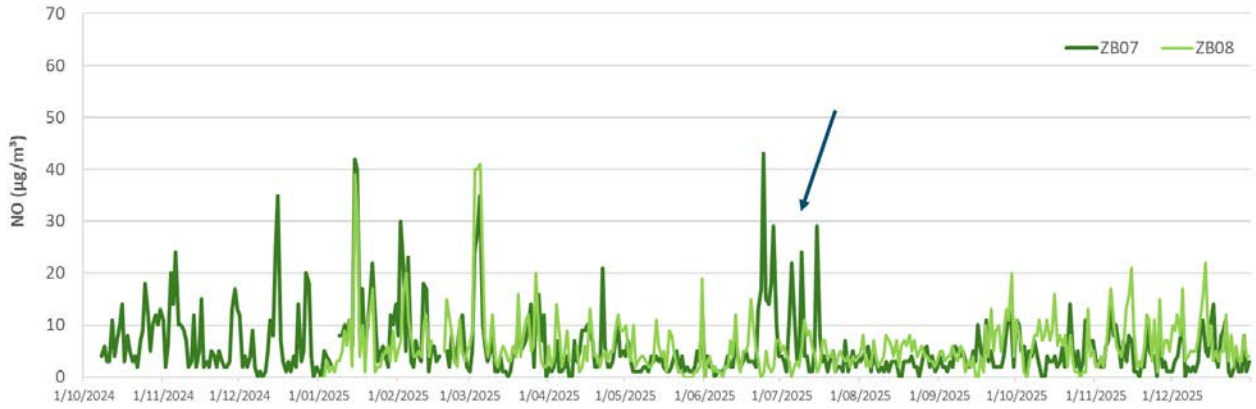
Voor NO bestaat er geen regelgeving. De NO-concentraties waren op de meetplaatsen in Zeebrugge hoger dan het Vlaams stedelijk en landelijk gemiddelde en dan de meetplaatsen in de buurt van Brugge.

Figuur 9: NO-jaargemiddelden in Zeebrugge en omgeving



ZB07 werd op 8/10/2024 opgestart. Daarom tonen we de daggemiddelden vanaf die datum. De impact van de smogperiode in het voorjaar van 2025 komt minder naar voor. Op ZB08 was het daggemiddelde vaak hoger dan op ZB07. Dit lijkt algemeen zo te zijn en is niet gelinkt aan een specifieke periode. Wat wel opvalt zijn de hogere NO-concentraties op ZB07 eind juni-begin juli. De pollutieroos op ZB07 voor die periode wijst naar het ZW.

Figuur 10: Daggemiddelde NO vanaf 8/10/2024



3.4 Geografische spreiding van NO_2-concentraties

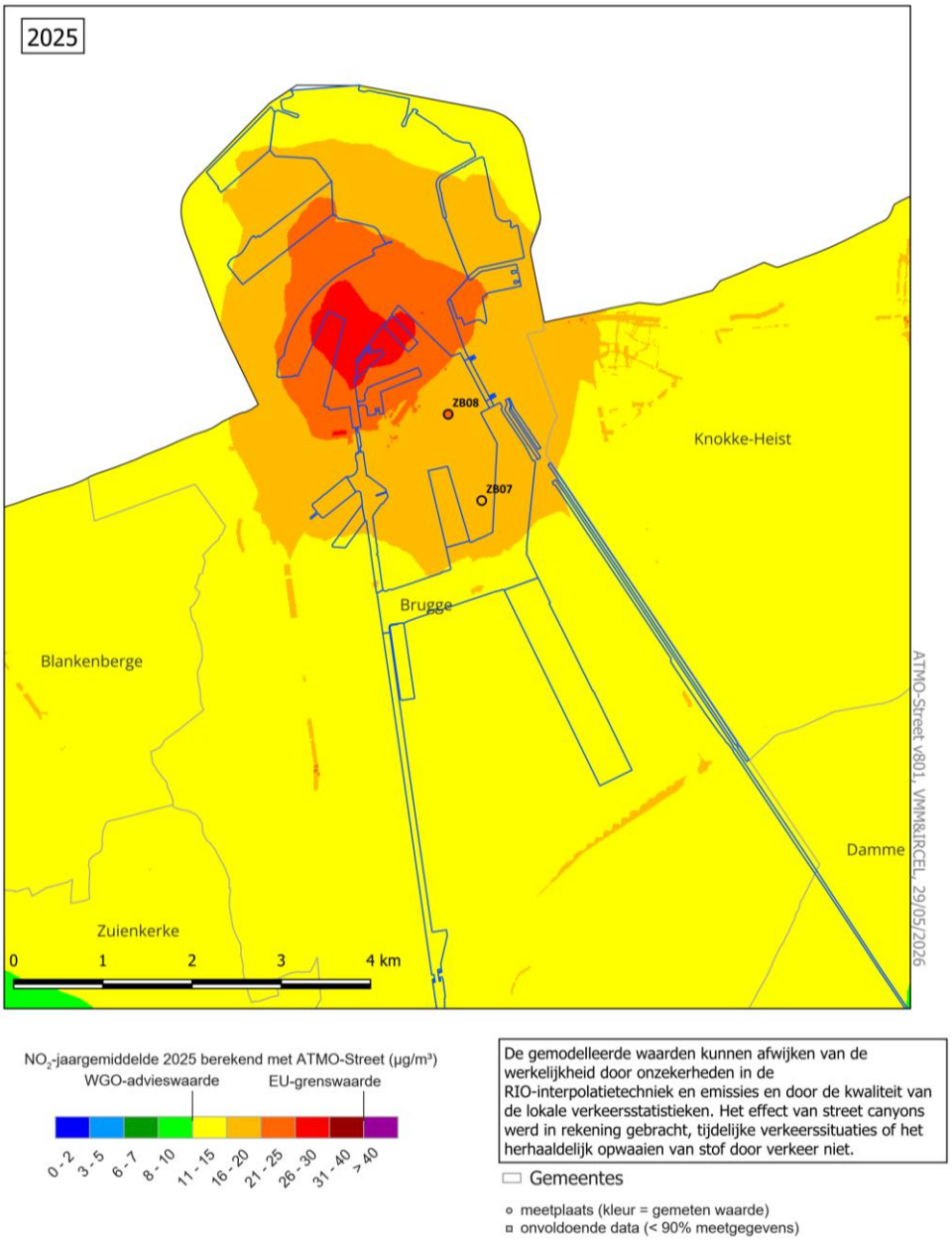
3.4.1 Gemodelleerde NO_2-concentratie

Op plaatsen waar de VMM geen meetresultaten heeft, schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor NO_2 gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. De berekeningsmethode kan bepaalde plaatsen onder- of overschatten en geeft dus een beeld dat de verspreiding van de verontreiniging benadert. Meer uitleg over methodiek van de modellering vind je in bijlage 6.
Het model berekent hogere concentraties in de voorhaven dan in de achterhaven. Dit kan deels te maken hebben met hoe de geografische toewijzing van de zeevaartemissies gebeurt. De ligemissies van de zeevaart werden in het toegepaste EMMOSSv3-model eerst op havenniveau berekend en daarna geografisch verdeeld over de voorhaven en achterhaven op basis van de som van de kaailengtes in de 2 zones. De hoge modelwaarden in bepaalde delen van de voorhaven van Zeebrugge zijn daarom vooral een gevolg van de gebruikte ruimtelijke verdeelsleutel en niet noodzakelijk een indicatie van de werkelijke verdeling van de scheepsactiviteiten. Aangezien de pollutierozen van NO_2 ook naar het zuidelijk deel van de haven wijzen, kan het model de concentraties in de achterhaven onderschatten.
De modellering voor zeescheepvaartemissies en bijhorende spreiding wordt momenteel geactualiseerd. Dit gebruikt AIS-data[1] met reële scheepsbewegingen. Hierdoor verwachten we dat de geografische weergave realistischer is en kan afwijken van de huidige modelkaarten.

In het zuiden zijn er 3 bedrijven met een NO_x-uitstoot tussen 49 en 179 ton op jaarbasis (bijlage 3). De emissies gebeuren op grote hoogte en bij hoge temperatuur. Hierdoor leidt dit niet tot verhoogde concentraties in de nabije omgeving op grondniveau. Deze emissies dragen wel bij tot een verhoging van het achtergrondniveau.

[1] AIS: Automatisch Identificatie Systeem. Dit zendt automatisch informatie over de positie en snelheid van schepen.

Figuur 11: Gemodelleerde concentratie NO_2 in de regio van Zeebrugge, 2025

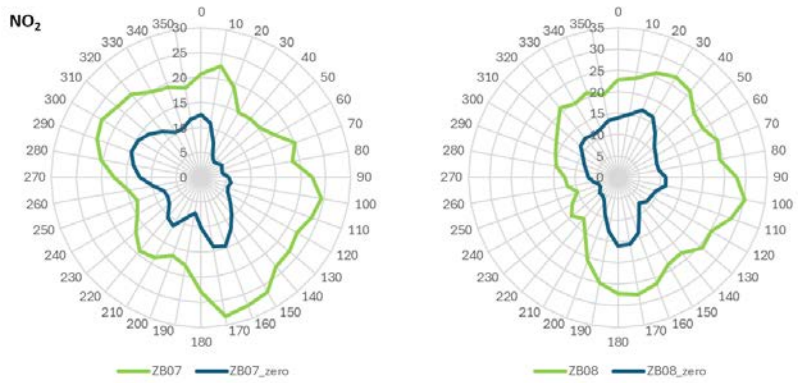


De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 3,0 en 5,4 µg/m³ voor 2025.

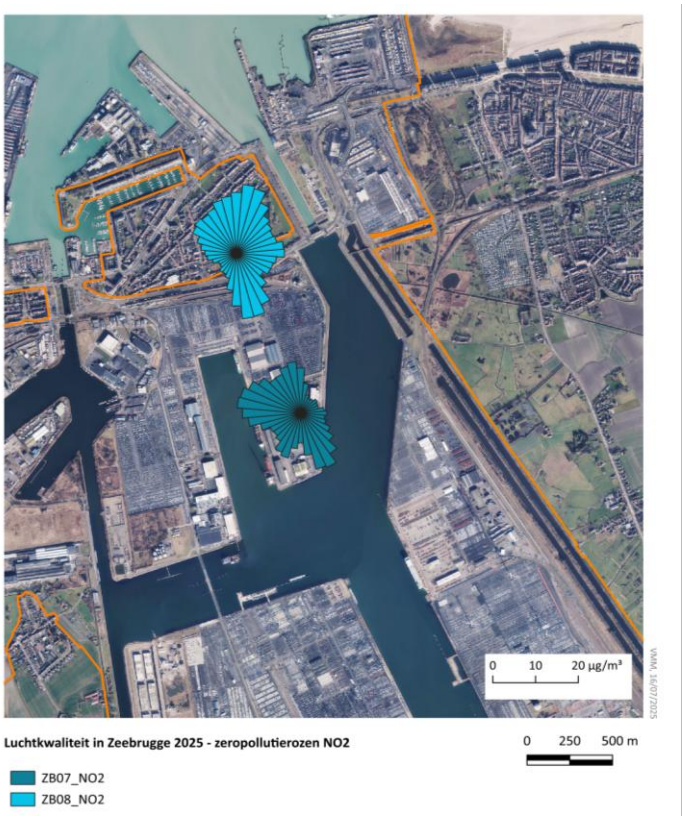
3.4.2 Pollutierozen NO_2

NO_2 is een deels secundair gevormde polluent. Toch zien we dat een groot deel van het gemeten NO_2 komt van lokale bronnen. Het oppervlak van de zeroroos (blauw) is vrij groot ten opzichte van de gewone pollutieroos (groen).
Op de kaart zie je dat ZB08 wijst naar het noordwestelijk tot noordoostelijk deel van de haven. Hier zijn er heel wat scheepsemissies. In de noordoostelijke sector ligt ook Fluxys. Verder wijst de roos ook naar het zuidelijk deel van de haven. Ook ZB07 wijst naar verschillende sectoren van de haven.

Figuur 12: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor NO_2



Figuur 13: Zeropollutierozen NO_2-gemiddelde in de haven van Zeebrugge in 2025



4 FIJN STOF – PM_{10}, $PM_{2,5}$ EN ZWARTE KOOLSTOF

Fijn stof bestaat uit zeer kleine deeltjes die aanwezig zijn in de lucht. PM_{10} en $PM_{2,5}$ staan voor deeltjes die kleiner zijn dan 10 of 2,5 micrometer. Fijn stof is de belangrijkste polluent 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 …).
We bespreken 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.

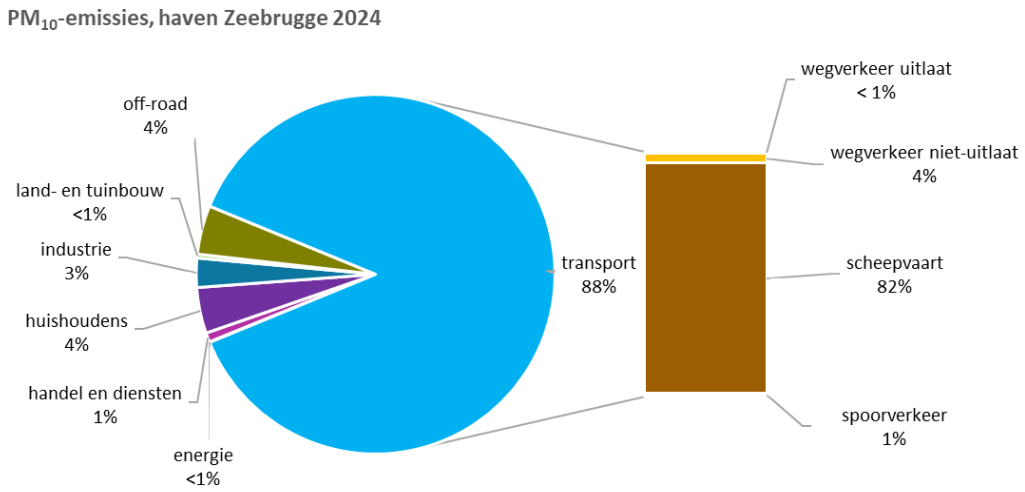
4.1 PM_{10}

4.1.1 Emissie van PM_{10}

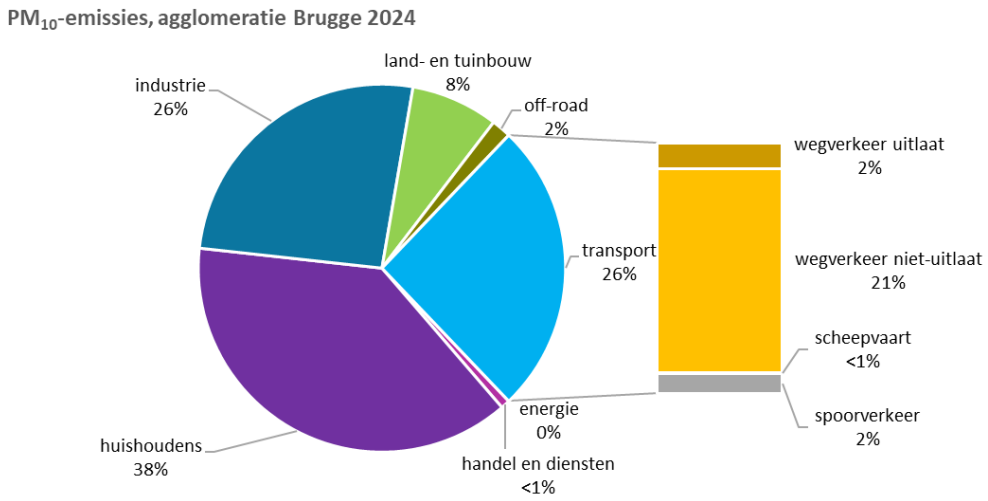
In 2024 bedroeg de **primaire PM_{10}-emissie** voor de zone Haven van Zeebrugge 94 ton. Dit was:
- 0,6 % van de totale PM_{10}-uitstoot van heel Vlaanderen
- een derde lager dan de uitstoot van de agglomeratie Brugge (140 ton)
- veel lager dan de uitstoot in de Antwerpse haven (1.049 ton)

Transport had in de haven het grootste aandeel door de scheepvaart, goed voor 88 %. De andere sectoren hadden een veel kleiner aandeel in de totale emissies. In agglomeratie Brugge waren de huishoudens de belangrijkste bron (houtstook: 29 %), gevolgd door transport en industrie.

Figuur 14: Aandeel van de sectoren in de PM_{10}-emissies in de haven van Zeebrugge in 2024



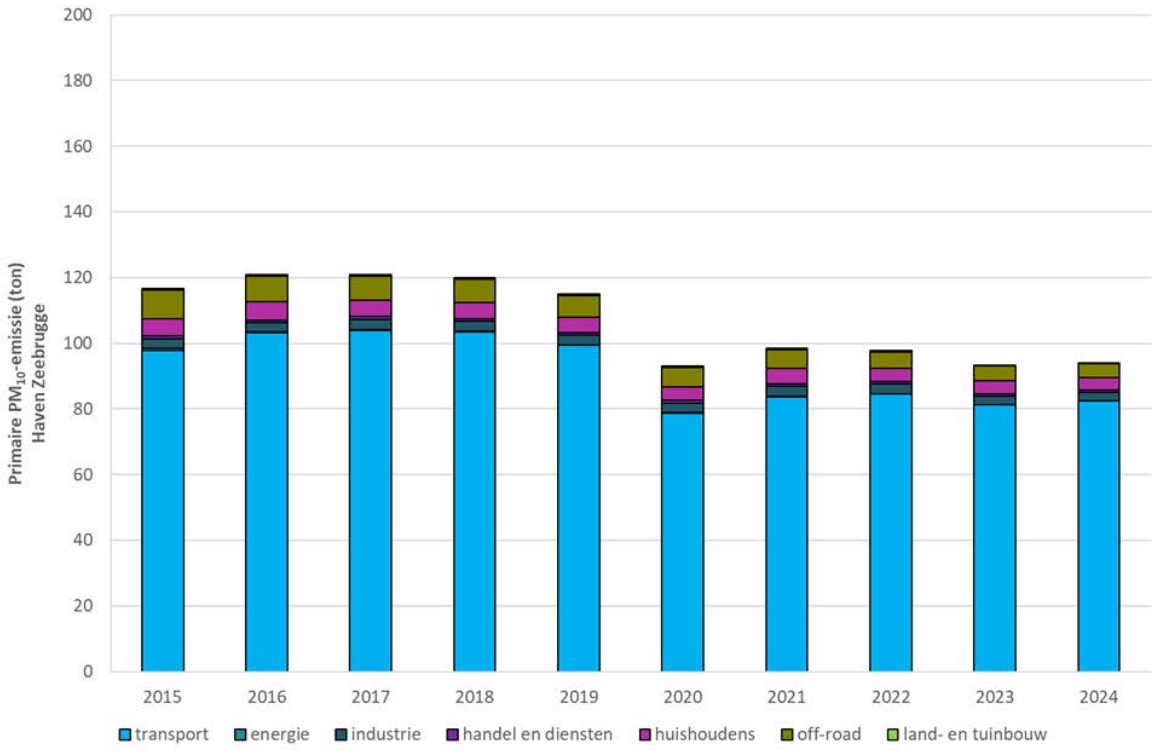
Figuur 15: Aandeel van de sectoren in de PM_{10}-emissies in de agglomeratie Brugge in 2024



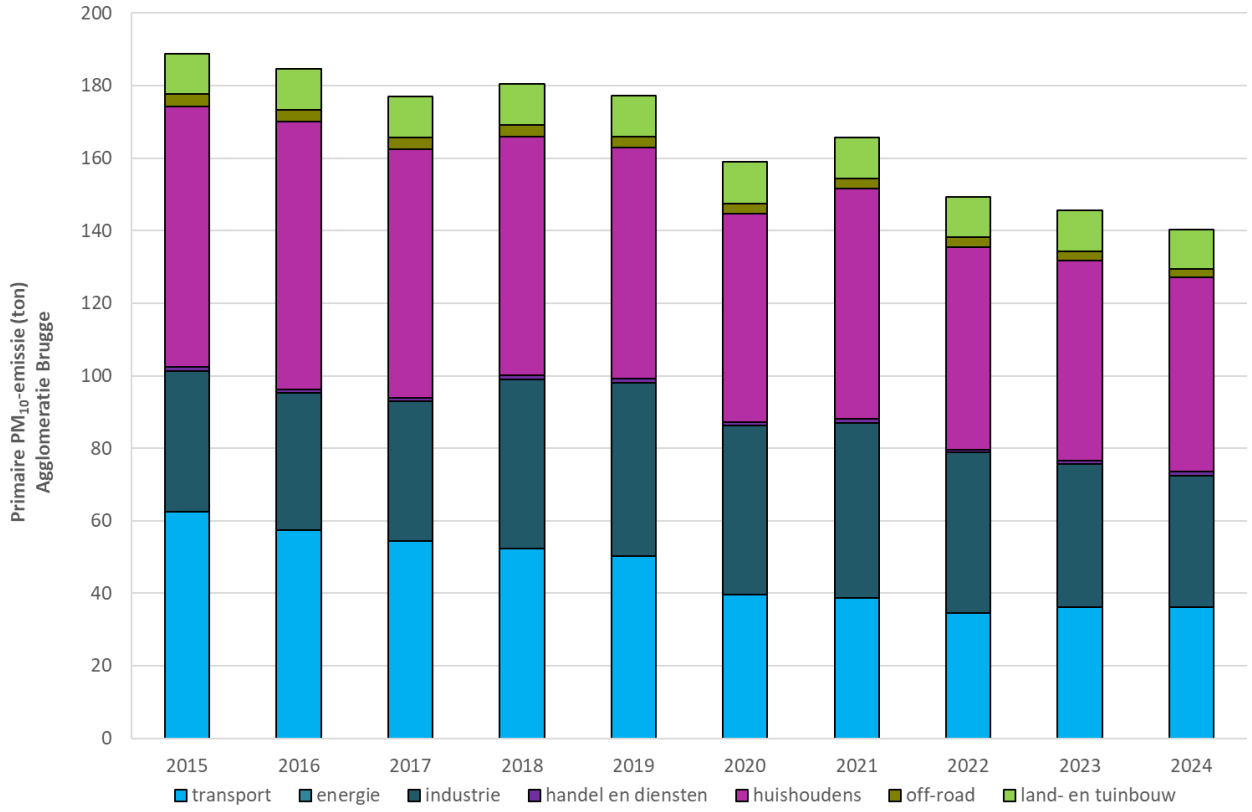
Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

In de haven van Zeebrugge is er in de periode 2015-2024 een daling van 19 %. De duidelijke daling die we in 2020 in de haven van Zeebrugge zien, komt door een daling van het aantal cruiseschepen. De emissies blijven de laatste jaren stabiel. In de agglomeratie Brugge is er de laatste 10 jaar een graduele daling van 26 %. Vooral de uitstoot door de transportsector (uitlaatemissies door wegverkeer) en de huishoudens namen af.

Figuur 16: Evolutie PM_{10}-emissies in de haven van Zeebrugge



Figuur 17: Evolutie PM_{10}-emissies in de agglomeratie Brugge



Bron emissies: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

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 PM_{10} uit het buitenland en de andere gewesten. Vlaanderen exporteert 1,7 keer meer stof dan dat het fijn stof van buiten Vlaanderen importeert[2].

4.1.2 PM_{10}-concentraties in 2025

Toetsing aan regelgeving

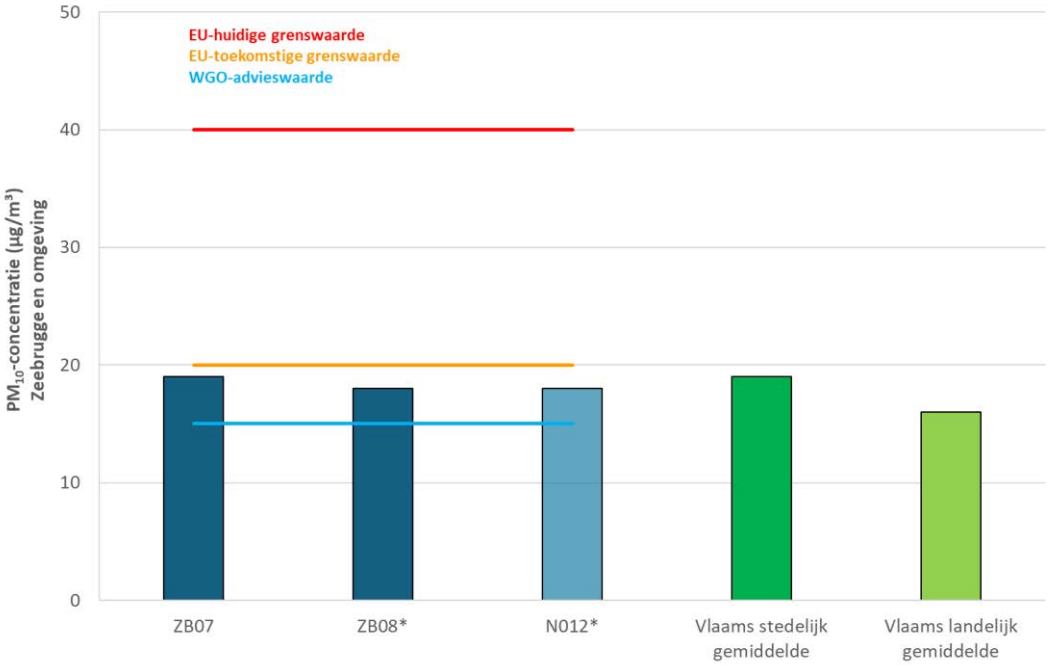
In Zeebrugge moeten we alleen ZB08 toetsen aan de regelgeving. Dit zijn de conclusies:

- Alle huidige Europese doelstellingen werden gehaald.
- De toekomstige Europese grenswaarden werden gehaald.
- De WGO-advieswaarden voor dag- en jaargemiddelden werd op alle meetplaatsen overschreden.

Er is weinig verschil tussen de concentraties die we meten op de verschillende meetplaatsen. De PM_{10}-concentratie is iets lager op de Vlaamse landelijke meetplaatsen.

[2] VITO, 2025, Referentietaak Luchtkwaiteitsmodellering, Deeltaak Sectorbijdrage en Import/export berekeningen voor Vlaanderen op basis van het jaar 2022

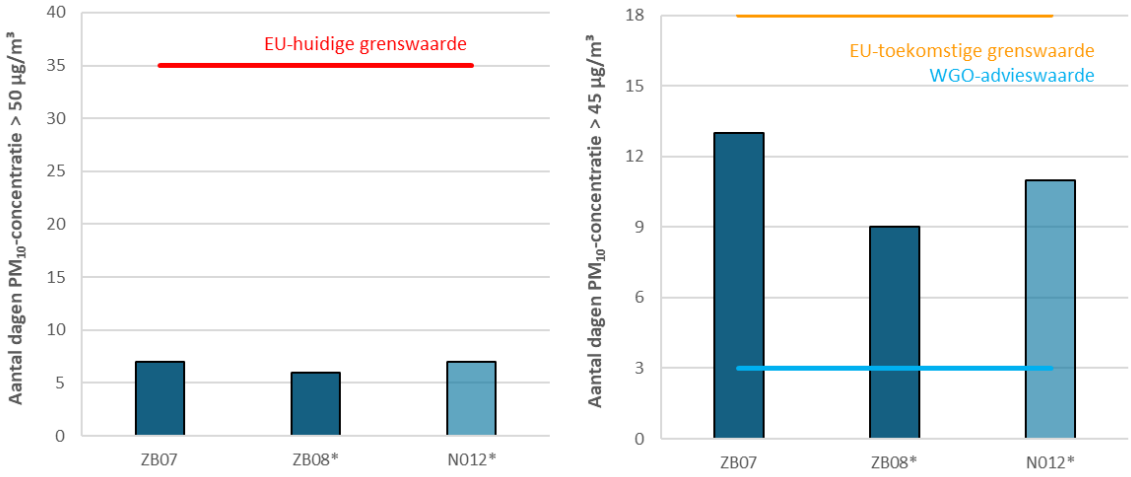
Figuur 18: Toetsing PM_{10}-jaargemiddelden aan regelgeving



*: toetsing aan Europese doelstelling

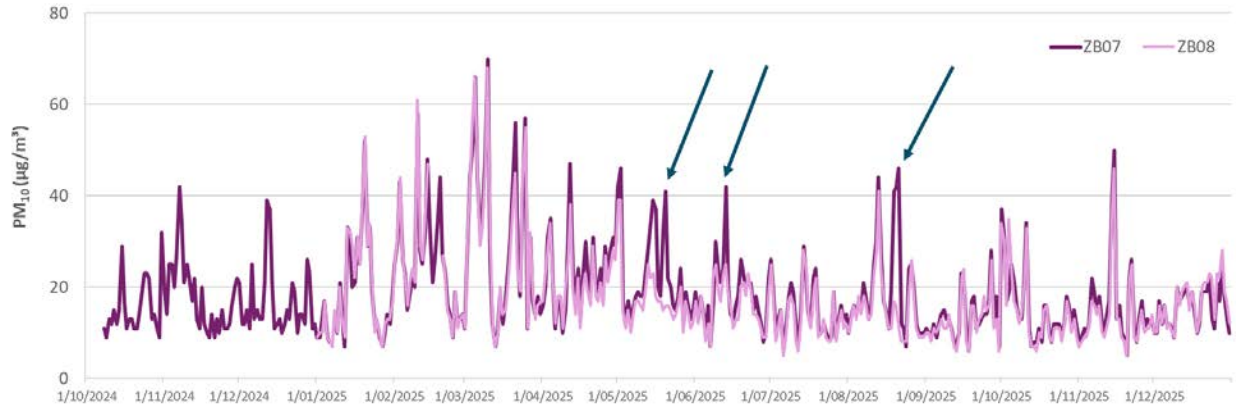
De huidige en toekomstige Europese daggrenswaarde wordt overal gerespecteerd. Op ZB07 zijn er iets meer dagen met een concentratie hoger dan 45 µg/m³.

Figuur 19: Aantal dagen met PM_{10}-concentraties > 50 µg/m³ (links) en > 45 µg/m³ (rechts)



ZB07 werd op 8/10/2024 opgestart. Daarom tonen we de daggemiddelden vanaf die datum. De impact van de smogperiode in het voorjaar van 2025 valt op. De daggemiddelden lopen vrij gelijk op ZB07 en ZB08. Op enkele dagen zijn de PM_{10}-concentraties hoger op ZB07. De pollutieroos wijst naar de NNW tot NNO sector.

Figuur 20: Daggemiddelde PM_{10} vanaf 8/10/2024



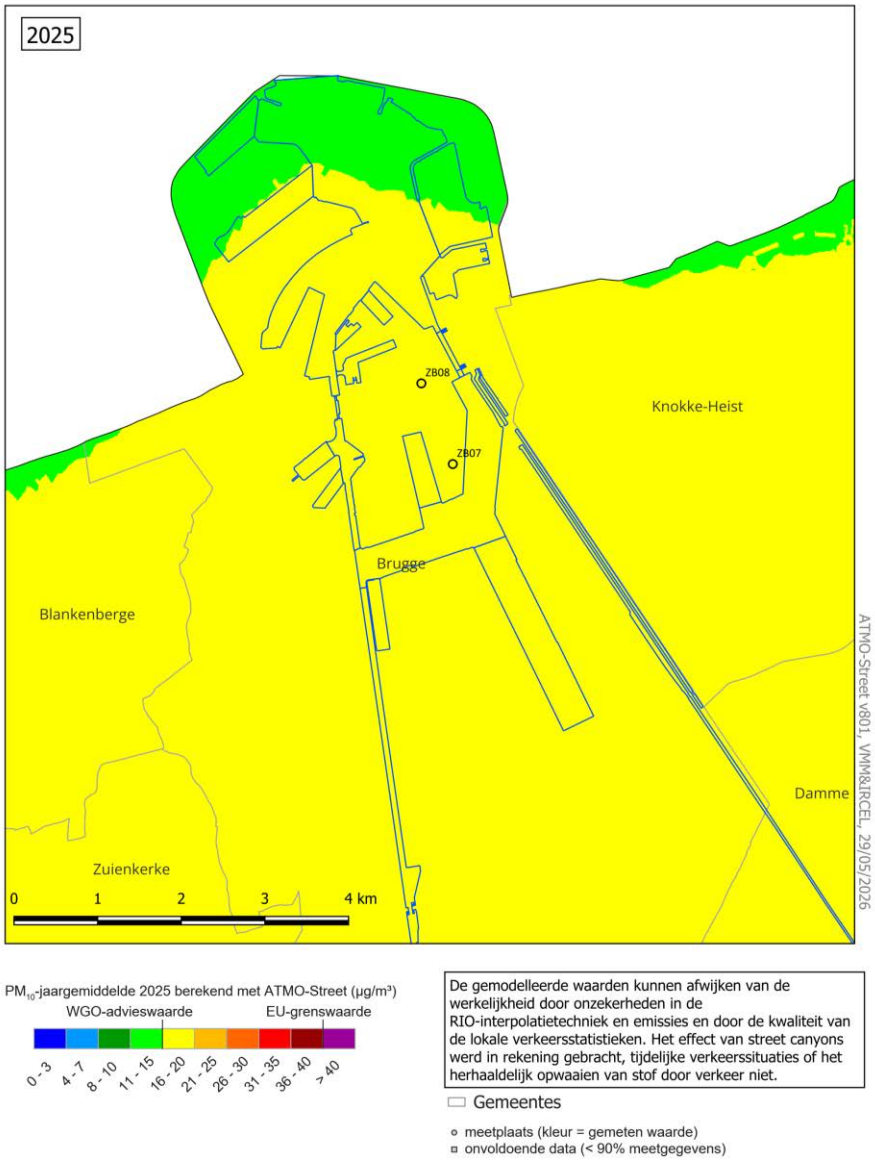
4.1.3 Geografische spreiding van PM_{10}-concentraties

4.1.3.1 Gemodelleerde PM_{10}-concentraties

Op plaatsen waar de VMM geen meetresultaten heeft, schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor PM_{10} gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. De berekeningsmethode kan bepaalde plaatsen onder- of overschatten en toont dus een beeld dat de verspreiding van de verontreiniging benadert. Meer uitleg over methodiek van de modellering vind je in bijlage 6.

Het model geeft weinig variatie van de PM_{10}-concentratie. Het model berekent bijna overal concentraties tussen 16 en 20 µg/m³.

Figuur 21: Gemodelleerde concentratie PM_{10} in de regio van Zeebrugge, 2025



De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 2,7 en 4,0 µg/m³ voor 2025

4.1.3.2 Pollutierozen PM_{10}

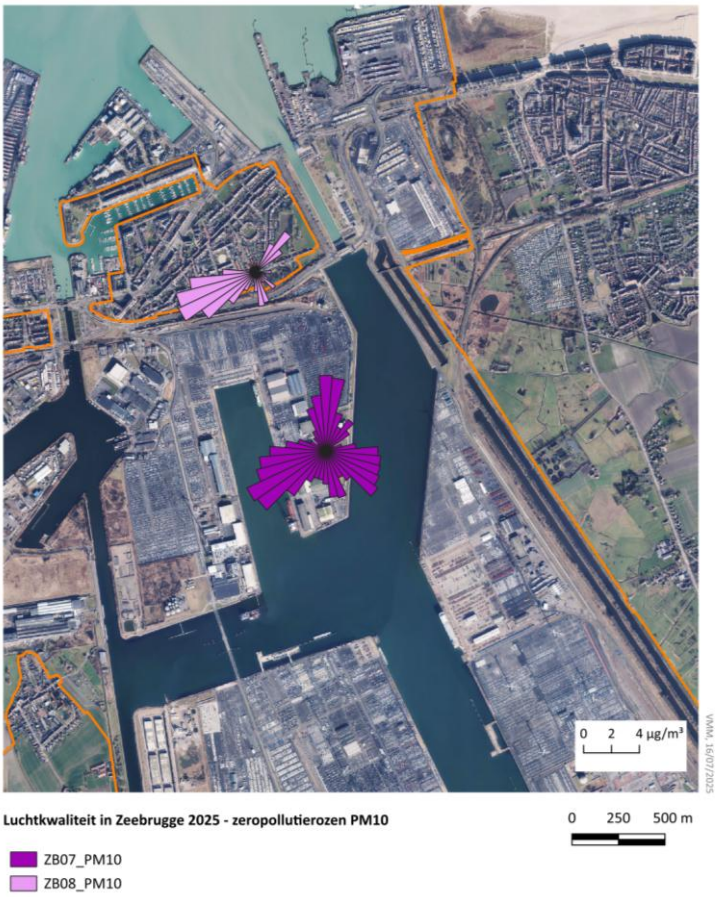
Bij deels secundair gevormde polluenten zoals PM_{10} heeft de achtergrondconcentratie een dominante invloed op de lokale concentratie. Maar een klein deel van het gemeten PM_{10} komt van lokale bronnen. Het oppervlak van de zeroroos (blauw) is vrij klein ten opzichte van de gewone pollutieroos (groen).

Figuur 22: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor PM_{10}



De zerorozen wijzen op een aantal kleine lokale bijdrages. Bij ZB07 naar westelijke en oostelijke richting van de achterhaven. De zeroroos wijst ook naar noordoostelijke richting, in de richting van de sluis. Bij ZB08 is er een westelijke bijdrage uit de richting van een rijweg en in noordoostelijke richting naar de sluis.

Figuur 23: Zeropollutierozen voor PM_{10} in de haven van Zeebrugge in 2025



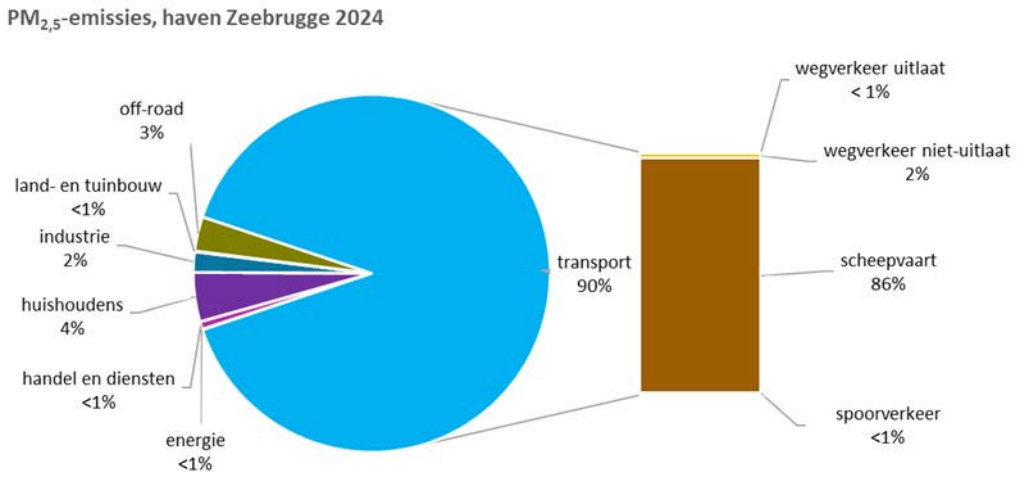
4.2 $PM_{2,5}$

4.2.1 Emissie van $PM_{2,5}$

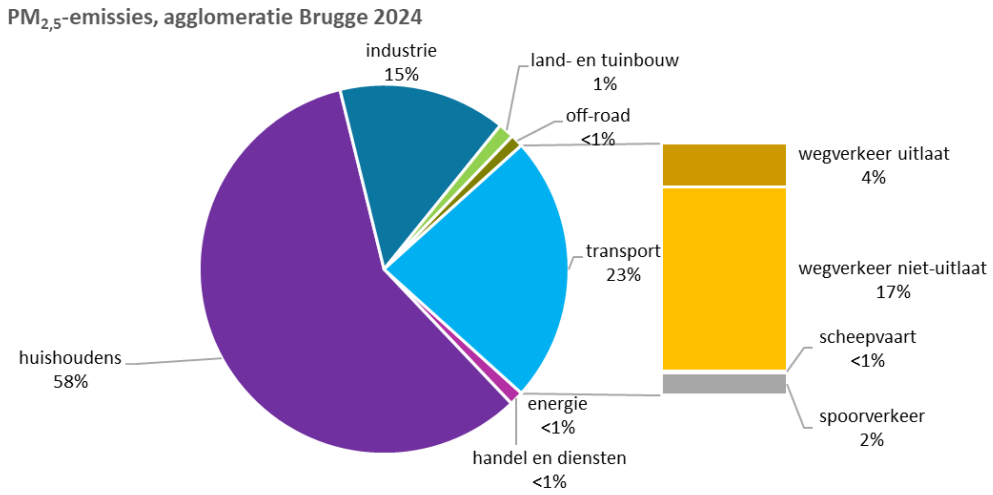
In 2024 bedroeg de **primaire $PM_{2,5}$-emissie** voor de zone Haven van Zeebrugge 85 ton. Dit was:
- 1 % van de totale $PM_{2,5}$-uitstoot van heel Vlaanderen
- vergelijkbaar met de uitstoot van de agglomeratie Brugge (90 ton)
- veel lager dan de uitstoot in de Antwerpse haven (575 ton)

Transport had in de haven het grootste aandeel door de scheepvaart, goed voor 86 %. De andere sectoren hadden een veel kleiner aandeel in de totale emissies. In agglomeratie Brugge waren de huishoudens de belangrijkste bron (houtstook: 45 %), gevolgd door transport en industrie.

Figuur 24: Aandeel van de sectoren in de $PM_{2,5}$ -emissies in de haven van Zeebrugge in 2024



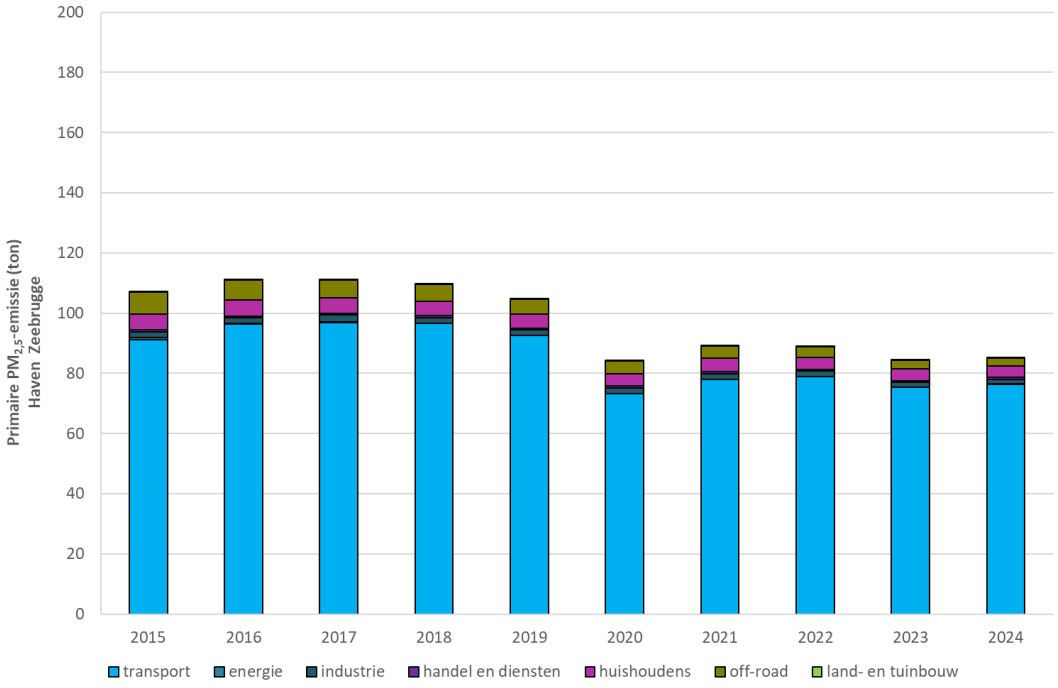
Figuur 25: Aandeel van de sectoren in de $PM_{2,5}$ -emissies in de agglomeratie Brugge in 2024



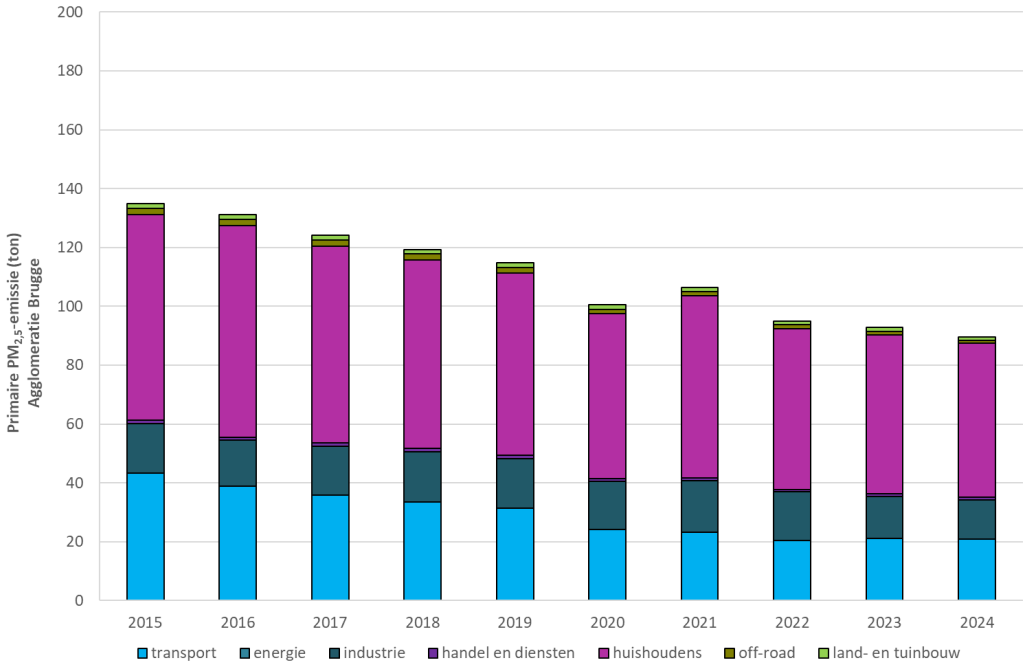
Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

In de haven van Zeebrugge is er in de periode 2015-2024 een daling van 20 %. Ook hier komt de duidelijke daling die we in 2020 zien, door een daling van het aantal cruiseschepen. De emissies blijven de laatste jaren stabiel. In de agglomeratie Brugge is er de laatste 10 jaar een graduele daling van 34 %. Vooral de uitstoot door de transportsector (uitlaatemissies door wegverkeer) en de huishoudens namen af.

Figuur 26: Evolutie $PM_{2,5}$-emissies in de haven van Zeebrugge



Figuur 27: Evolutie $PM_{2,5}$-emissies in de agglomeratie Brugge



4.2.2 $PM_{2,5}$ concentraties in 2025

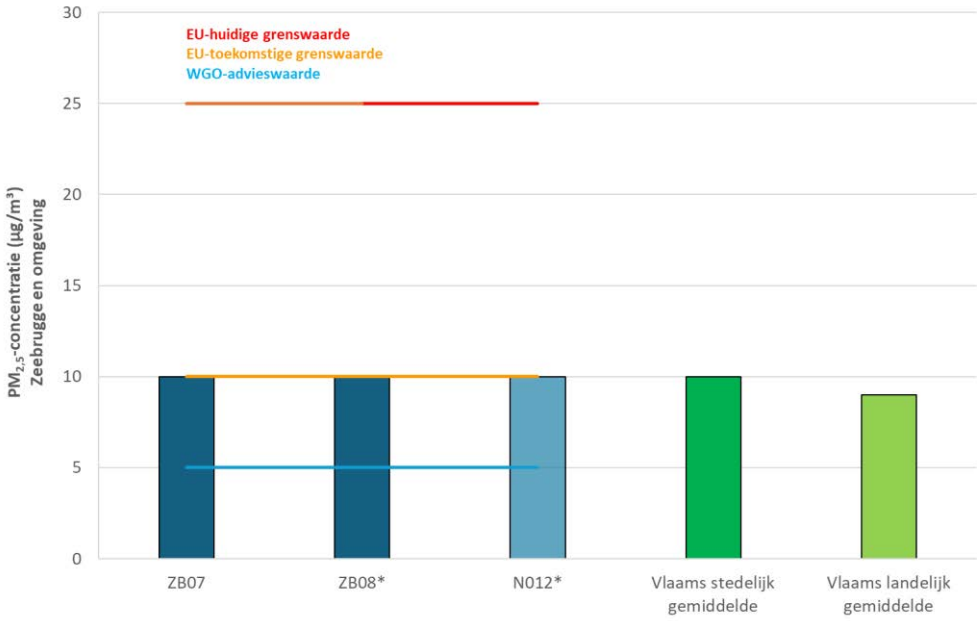
Toetsing aan regelgeving

In Zeebrugge moeten we alleen ZB08 toetsen aan de regelgeving. Dit zijn de conclusies:

- Alle huidige Europese doelstellingen werden gehaald.
- De toekomstige Europese grenswaarden werden gehaald.
- De WGO-advieswaarden voor dag- en jaargemiddelden werd op alle meetplaatsen overschreden.

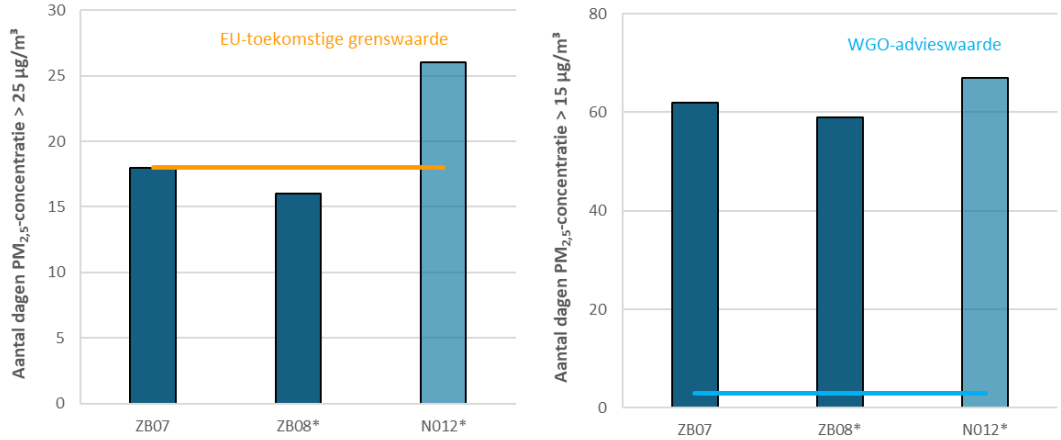
Er is weinig verschil tussen de concentraties die we meten op de verschillende meetplaatsen. Alleen op de Vlaamse landelijke meetplaatsen is het jaargemiddelde iets lager.

Figuur 28: Toetsing $PM_{2,5}$-jaargemiddelden aan regelgeving



De toekomstige Europese daggrenswaarde werd gerespecteerd op de meetplaatsen in Zeebrugge. N012 in Moerkerke telde iets meer dagen met een concentratie hoger dan 25 µg/m³.

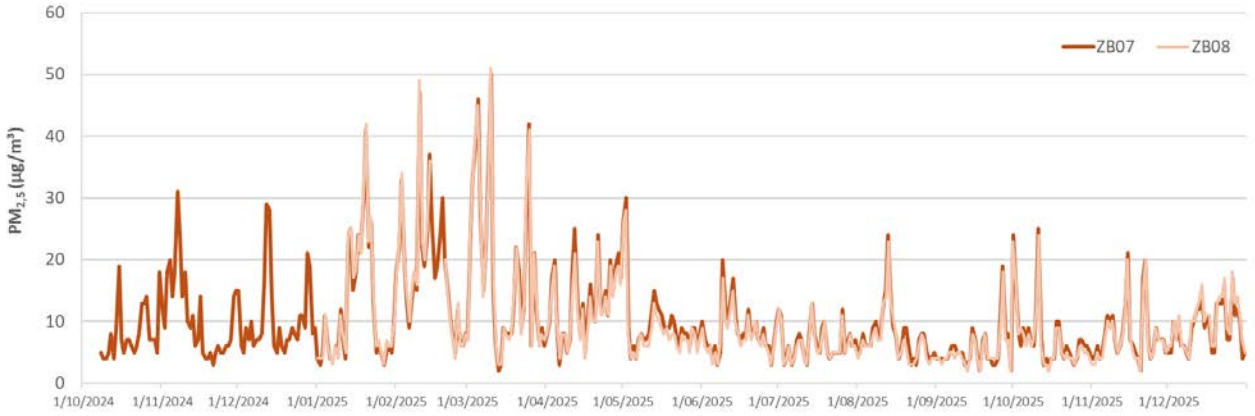
Figuur 29: Aantal dagen met $PM_{2,5}$-concentraties > 25 µg/m³ (links) en > 15 µg/m³ (rechts)



*: toetsing aan Europese doelstelling

ZB07 werd op 8/10/2024 opgestart. Daarom tonen we de daggemiddelden sinds die datum. De impact van de smogperiode in het voorjaar van 2025 valt op. De daggemiddelden lopen vrij gelijk op ZB07 en ZB08.

Figuur 30: Daggemiddelde $PM_{2,5}$ vanaf 8/10/2024



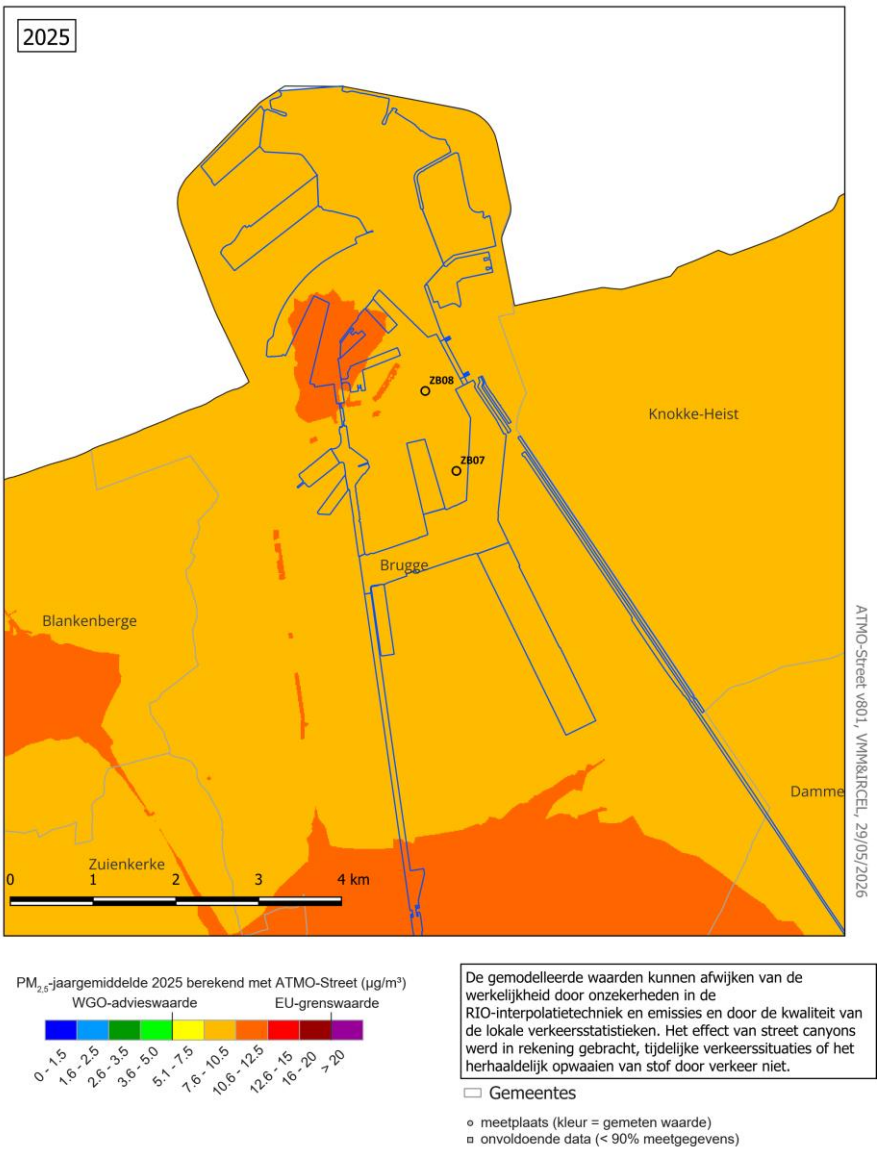
4.2.3 Geografische spreiding van $PM_{2,5}$-concentraties

4.2.3.1 Gemodelleerde $PM_{2,5}$-concentraties

Op plaatsen waar de VMM geen meetresultaten heeft, schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor $PM_{2,5}$ gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. De berekeningsmethode kan bepaalde plaatsen onder- of overschatten en geeft dus een beeld dat de verspreiding van de verontreiniging benadert. Meer uitleg over de methodiek vind je in bijlage 6.

In 2025 berekende het model vooral concentraties tussen 7,6 en 10,5 µg/m³. In een klein stuk van de haven berekende het model een hogere $PM_{2,5}$-concentratie. Ook hier kan dit liggen aan de ruimtelijke verdeelsleutel van de zeevaartemissies met hoger toegekende emissies aan de voorhaven (zie ook paragraaf 3.4.1).

Figuur 31: Gemodelleerde concentratie $PM_{2,5}$ in de regio van Zeebrugge, 2025



De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 1,0 en 1,5 µg/m³ voor 2025.

4.2.3.2 Pollutierozen $PM_{2,5}$

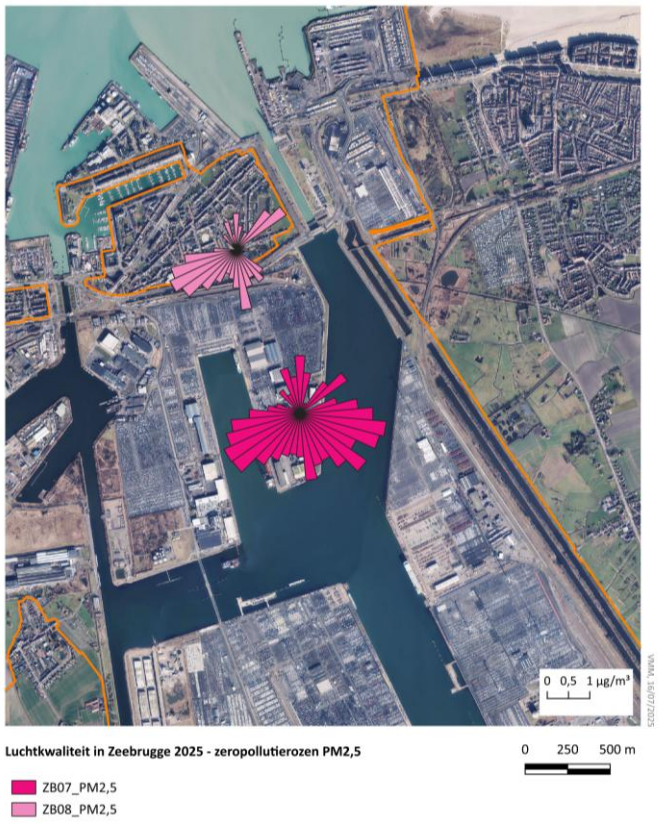
Bij deels secundair gevormde polluenten, zoals $PM_{2,5}$, heeft de achtergrondconcentratie een dominante invloed op de lokale concentratie. Dit zie je duidelijk als we de pollutierozen vergelijken met de zerorozen.

Figuur 32: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor $PM_{2,5}$



De zerorozen wijzen op een aantal kleine lokale bijdrages. Net als bij PM_{10} wijzen de rozen deels naar de dokken in de achterhaven en voor ZB08 ook naar de wegen en woonzone (gebouwenverwarming en auto-emissies) en in de richting van de sluis.

Figuur 33: Zeropollutierozen voor $PM_{2,5}$ in de haven van Zeebrugge in 2025



4.3 Zwarte koolstof

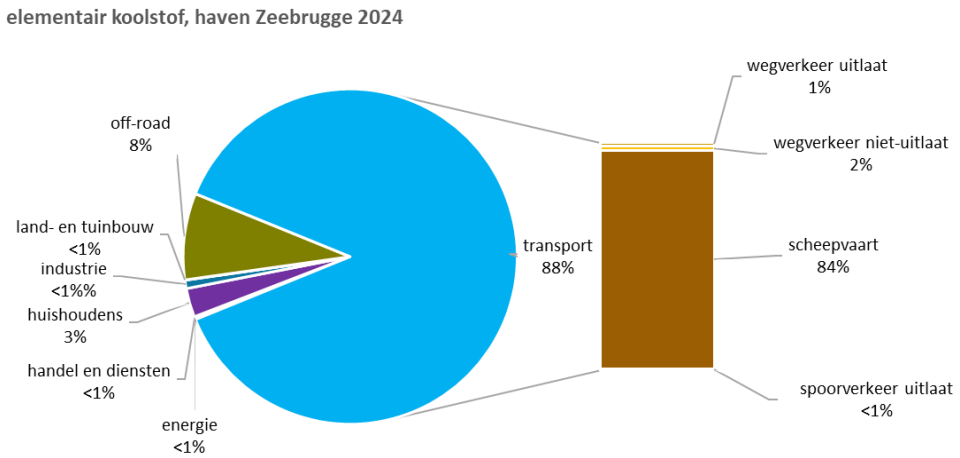
Elementair koolstof en zwarte koolstof geven allebei een indicatie van de roetdeeltjes in de lucht. Zwarte koolstof wordt met een optische methode bepaald, elementair koolstof met een thermische methode. Hierdoor zijn er ook kleine verschillen tussen beide fracties. Eerst bespreken we de emissies van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

4.3.1 Emissie van elementair koolstof

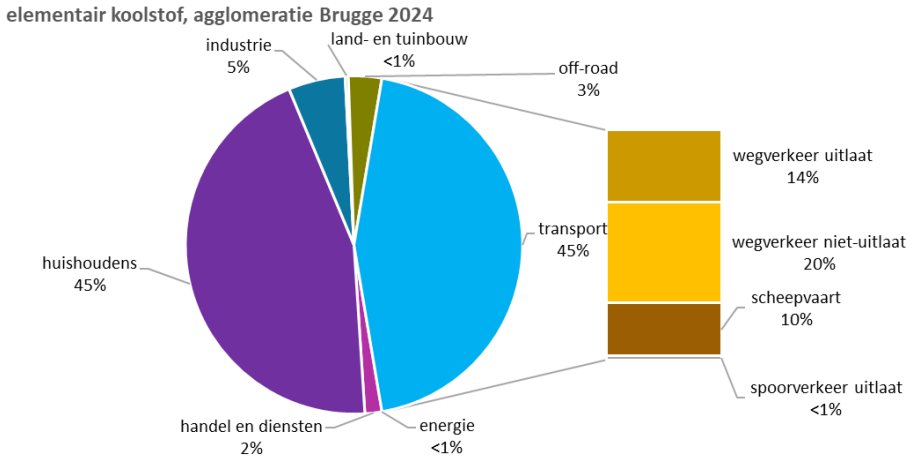
In 2024 bedroeg de emissie van elementair koolstof voor de zone Haven van Zeebrugge 17 ton. Dit was:
- 1,5 % van de totale uitstoot van heel Vlaanderen
- iets hoger dan de uitstoot van de agglomeratie Brugge (13 ton)
- veel lager dan de uitstoot in de Antwerpse haven (78 ton)

Transport had in de haven het grootste aandeel door de scheepvaart, goed voor 84 %. Alleen off-road heeft nog een relevant aandeel van 8 %. In agglomeratie Brugge waren de huishoudens de belangrijkste bron (houtstook: 40 %) gevolgd door transport.

Figuur 34: Aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in de haven van Zeebrugge in 2024



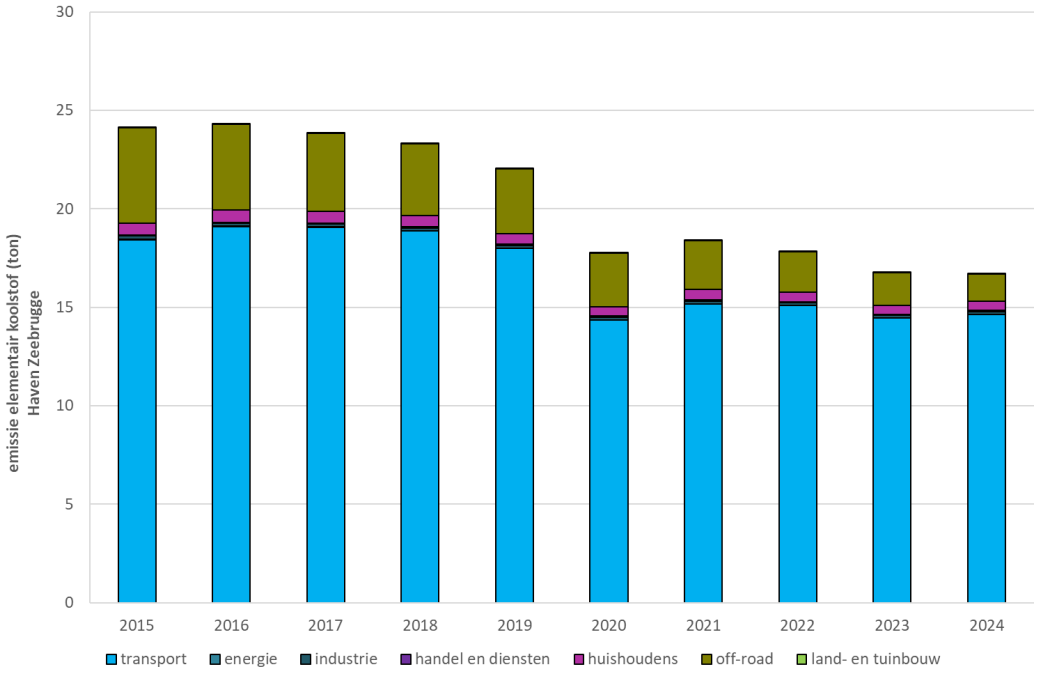
Figuur 35: Aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in de agglomeratie Brugge in 2024



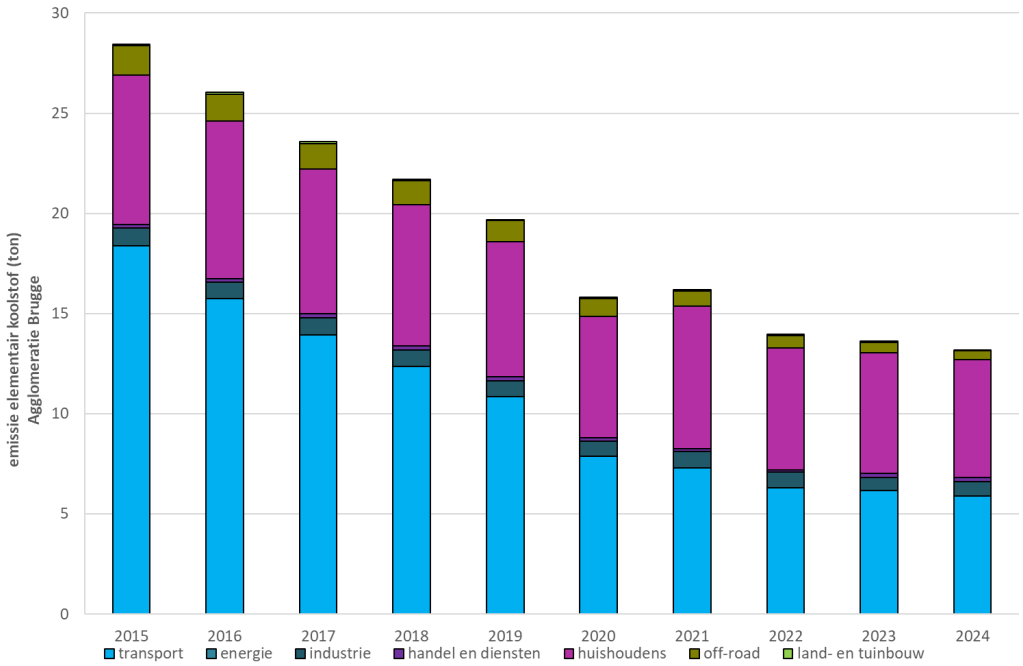
Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

In de haven van Zeebrugge is er in de periode 2015-2024 een daling van 31 %. Ook hier komt de duidelijke daling die we in 2020 zien, door een daling van het aantal cruiseschepen. Verder is er nog een kleine daling bij de sector off-road. De emissies blijven de laatste jaren stabiel. In de agglomeratie Brugge is er de laatste 10 jaar een graduele daling van 54 % door een lagere uitstoot van de uitlaatemissies door wegverkeer.

Figuur 36: Evolutie emissies elementair koolstof in de haven van Zeebrugge



Figuur 37: Evolutie emissies elementair koolstof in de agglomeratie Brugge



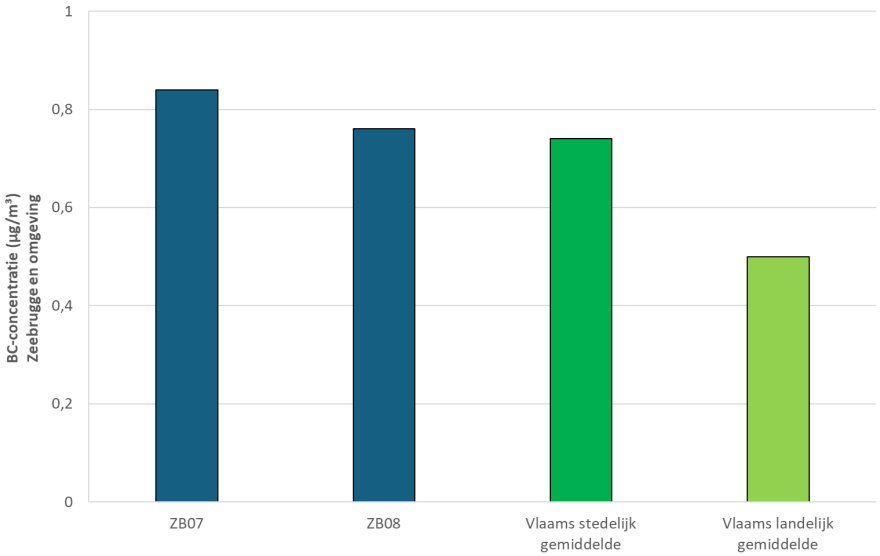
Bron emissies: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

4.3.2 Concentratie zwarte koolstof in 2025

Toetsing aan regelgeving
Voor zwarte koolstof bestaat er geen regelgeving.

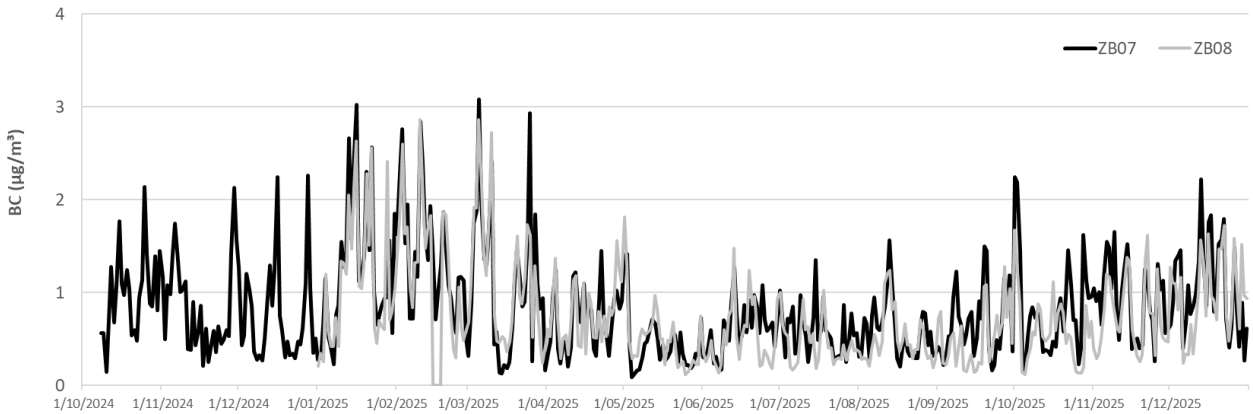
Op ZB07 is het jaargemiddelde het hoogst. Dit is ook hoger dan het Vlaams stedelijk gemiddelde. Op beide meetplaatsen is het jaargemiddelde hoger dan het Vlaams landelijk gemiddelde.

Figuur 38: Jaargemiddelden zwarte koolstof in Zeebrugge en omgeving



ZB07 werd op 8/10/2024 opgestart. Daarom tonen we de daggemiddelden vanaf die datum. De impact van de smogperiode in het voorjaar van 2025 komt naar voor. Verder zijn de daggemiddelden op ZB07 soms hoger dan op ZB08.

Figuur 39: Daggemiddelde zwarte koolstof vanaf 8/10/2024



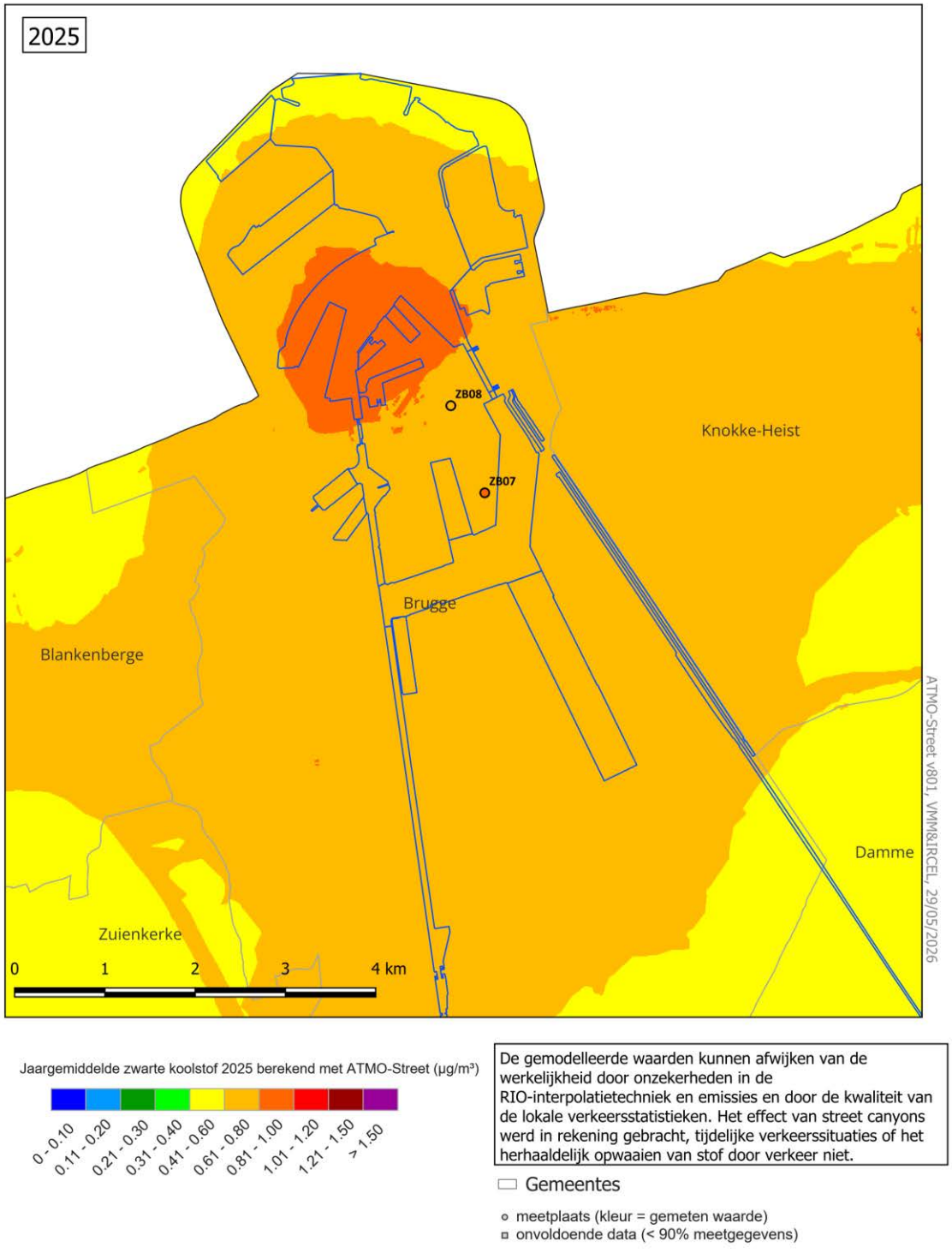
4.3.3 Geografische spreiding van zwarte koolstof

4.3.3.1 Gemodelleerde zwartekoolstofconcentraties

Op plaatsen waar de VMM geen meetresultaten heeft, schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor zwarte koolstof gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. De berekeningsmethode kan bepaalde plaatsen onder- of overschatten en geeft dus een beeld dat de verspreiding van de verontreiniging benadert. Meer uitleg over methodiek van de modellering vind je in bijlage 6.

De kaart toont hogere concentraties in een klein stuk in de voorhaven. Net als bij NO_2 is dit waarschijnlijk door de verdeling van de zeevaartemissies over de voor- en achterhaven volgens de lengte van de beschikbare kaaisegmenten. Hierdoor kregen de lange kaaien in de voorhaven automatisch een groter aandeel van de totale emissie toegewezen, ongeacht de werkelijke scheepsactiviteit. De pollutierozen wijzen wel naar de achterhaven als lokale bron van zwarte koolstof.

Figuur 40: Gemodelleerde concentratie zwarte koolstof in de regio van Zeebrugge, 2025

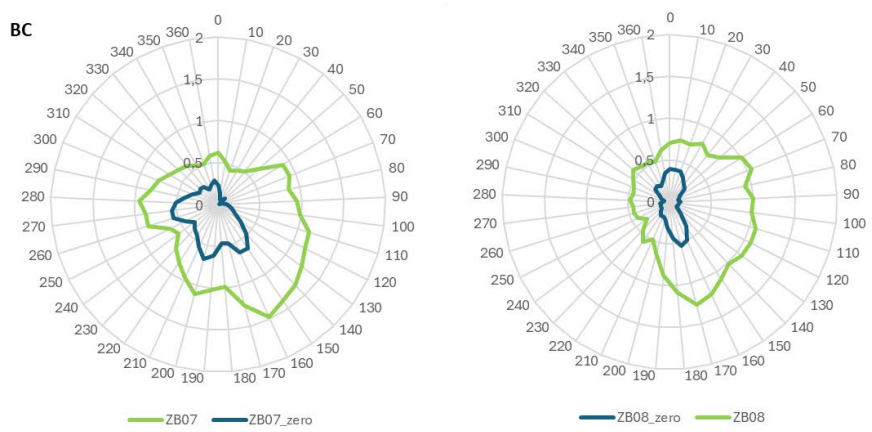


De onzekerheid (1 sigma) voor de RIO-achtergrondkaart Vlaanderen ligt tussen 0,16 en 0,26 µg/m³ voor 2025

4.3.3.2 Pollutierozen zwarte koolstof

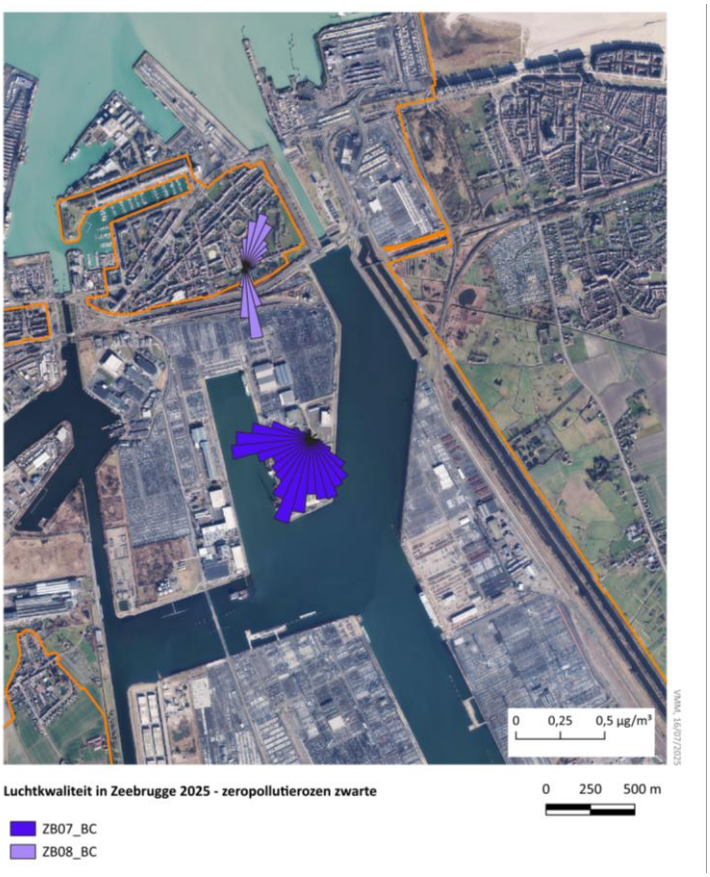
Zwarte koolstof heeft een sterke concentratiegradiënt en kent een grotere invloed door lokale bronnen dan $PM_{10.}$ Dit zien we ook als we de rozen vergelijken: het oppervlak van de zeroroos (blauw) is vrij groot ten opzichte van de gewone pollutieroos (groen).

Figuur 41: Pollutierozen (groen) en zerorozen (blauw) voor zwarte koolstof



Bedrijven rapporteren geen emissies van zwarte koolstof. Scheepverkeer is een belangrijke bron van zwarte koolstof. De zerorozen wijzen naar het noordoostelijk deel van de voorhaven en naar de achterhaven.

Figuur 42: Zeropollutierozen voor zwarte koolstof in de haven van Zeebrugge, 2025



4.4 Bijdrage fossiele brandstoffen en hout aan zwarte koolstof en PM_{10}

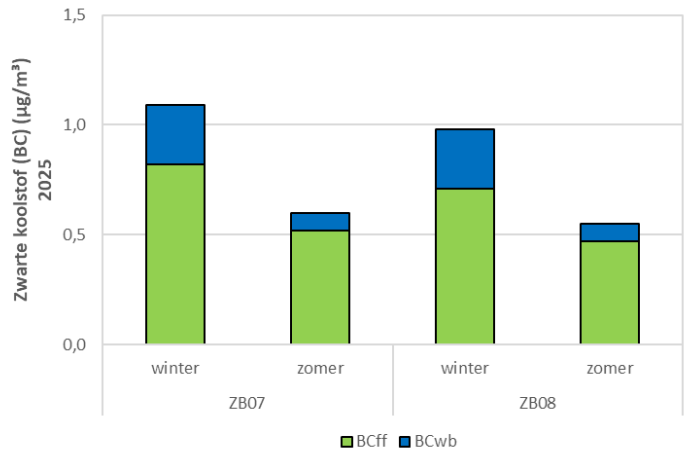
Bij de verbranding van fossiele brandstoffen en hout komt er onder andere fijn stof en zwarte koolstof (BC) vrij. Zwarte koolstof is een onderdeel van fijn stof. Daarnaast bestaat er ook organische koolstof (OC) en *brown carbon* dat een onderdeel is van OC.

De metingen gebeuren met een aethalometer (Magee AE33) die kan onderscheiden of de partikels zwarte koolstof komen van houtverbranding of verbranding van fossiele brandstoffen (vooral dieselroet). Dit onderscheid wordt gemaakt door het verschil in absorptie van licht van verschillende golflengtes door de verschillende fracties (bijlage 6).

4.4.1 Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan zwarte koolstof

Figuur 43 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 wintermaanden[3] 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 luchtverontreiniging minder verdund wordt. In de winter is de bijdrage van houtverbranding groter dan in de zomermaanden, door meer houtstook en door de ongunstige weersomstandigheden. Verder zien we dat de fractie afkomstig van fossiele brandstoffen in de winter iets hoger is op ZB07.

Figuur 43: Zwarte koolstof uit fossiele brandstoffen (BC_{ff}) en houtverbranding (BC_{wb}) opgesplitst in zomer en winter, 2025

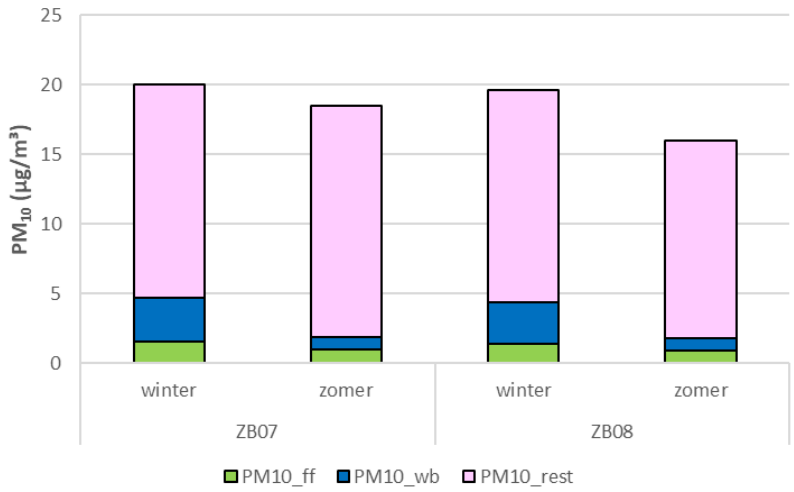


4.4.2 Bijdrage van verbranding fossiele brandstof aan PM_{10}

De verbranding van fossiele brandstoffen draagt minder bij aan de fijnstofconcentraties in de lucht dan houtverbranding. Net zoals bij zwarte koolstof liggen voor PM_{10} de bijdragen tijdens de wintermaanden hoger dan in de zomermaanden maar bij ZB07 is dit minder uitgesproken. Voor fossiele brandstoffen is dit grotendeels door de ongunstige weersomstandigheden in de wintermaanden die verdunning van de vervuiling tegengaan.

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

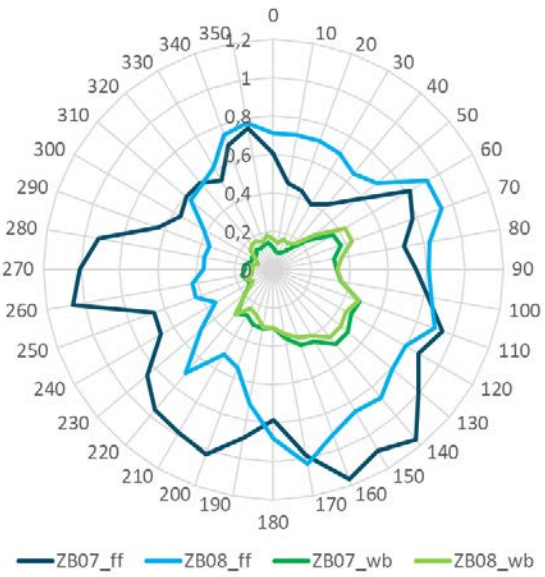
Figuur 44: PM_{10} uit fossiele brandstoffen (PM_{10}_ff) en houtverbranding (PM_{10}_wb) opgesplitst in zomer en winter, 2025



4.4.3 Bijdrage van verbranding fossiele brandstoffen in functie van windrichting

De pollutieroos van zwarte koolstof uit de verbranding van **fossiele brandstoffen** (BC_{ff}) toont voor ZB07 hogere concentraties uit het zuidwesten tot zuidoosten. Dit is de richting van de achterhaven. ZB08 wijst naar de noordwestelijke tot noordoostelijke sector waar de voorhaven ligt en naar de zuidelijke achterhaven. De pollutierozen van zwarte koolstof uit **houtverbranding** (BC_{wb}) wijzen op veel lagere concentraties. De vorm is ook veel ronder, wat erop wijst dat er minder lokale bronnen voorkomen. We zien wel een oostelijke tot zuidoostelijke bijdrage die we algemeen in Vlaanderen zien. Dit is aanvoer van verontreinigde landlucht.

Figuur 45: Pollutieroos voor zwarte koolstof uit fossiele brandstof (BC_{ff}) en uit houtverbranding (BC_{wb}) tijdens de wintermaanden 2025 (µg/m³)



BIJLAGEN

bijlage 1 Informatie over geaccrediteerde metingen (normen ISO/IEC 17025:2017)

Automatische meetnetten

parameter	SAROAD-code	eenheid	toesteltype	meetprincipe analyse	volgens norm	meetonzekerheid	bepaling meetonzekerheid	onder accreditatie	uitbesteding	type approval
PM_{10}	81102	µg/m³	FIDAS200	optical particle counter + conversion to mass concentration	-	11,8 % bij daggemiddelde van 45 µg/m³	volgens EN16450	ja[1]	nee	n.v.t
$PM_{2,5}$	81104	µg/m³	FIDAS200	optical particle counter + conversion to mass concentration	-	12,8 % bij daggemiddelde van 25 µg/m³	volgens EN16450	ja[1]	nee	n.v.t
NO	42601	µg/m³	T200	chemiluminescentie	EN14211	-	-	ja[1]	nee	ja
NO_2	42602	µg/m³	T200	chemiluminescentie	EN14211	10 % bij uurgemiddelde van 200 µg/m³; 15 % bij jaargemiddelde van 40 µg/m³	volgens EN14211	ja[1]	nee	ja
zwarte koolstof	16111	µg/m³	Magee AE33	lichtabsorptie	-	-	-	nee	nee	n.v.t
DD - windrichting analoog	61102	°	niet gedefinieerd (KMI)	niet gedefinieerd	-	-	-	nee	nee	n.v.t
FF - vectoriële windsnelheid analoog	61101	m/s	niet gedefinieerd (KMI)	niet gedefinieerd	-	-	-	nee	nee	n.v.t

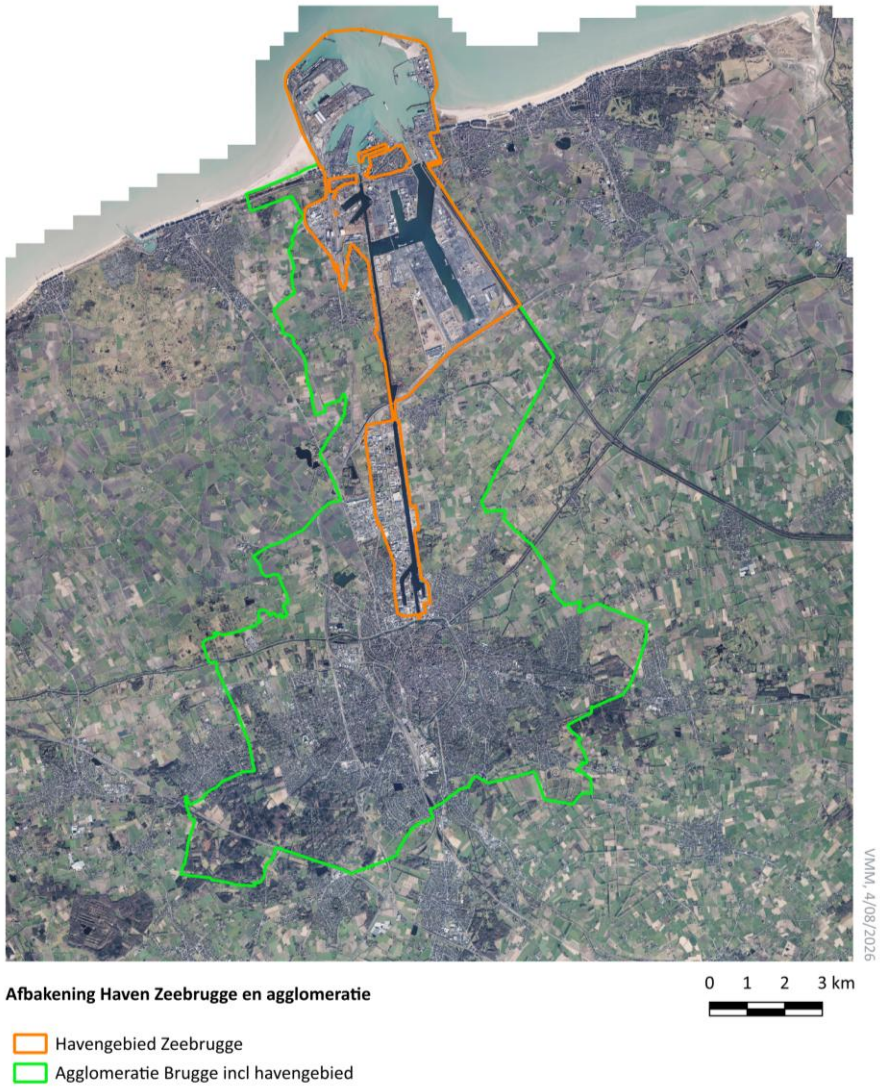
[1] : BELAC 456-TEST - VMM Dienst Lucht.

bijlage 2 Afbakening haven Zeebrugge

Dit rapport bespreekt de metingen in Zeebrugge en vergelijken deze met de meetwaarden van de agglomeratie Brugge en Vlaanderen.

Voor het Antwerpse havengebied is voor de Europese Commissie een luchtkwaliteitszone gedefinieerd (BEF01S). Voor de haven van Zeebrugge is dit niet het geval. Dit valt onder de agglomeratie Brugge en behoort tot de zone “centrumsteden”. In de agglomeratie Brugge wonen 120.000 mensen, waarvan 117 in het havengebied. De VMM heeft 2 meetplaatsen in/dichtbij het havengebied. Enkel de resultaten van ZB08 moeten we toetsen aan de Europese regelgeving. ZB07 ligt in een zone die niet representatief is voor de algemene bevolking. Voor de rapportering gebruiken we deze afbakening voor de bepaling van de emissies.

Figuur 46: Kaart afbakening haven Zeebrugge en agglomeratie Brugge



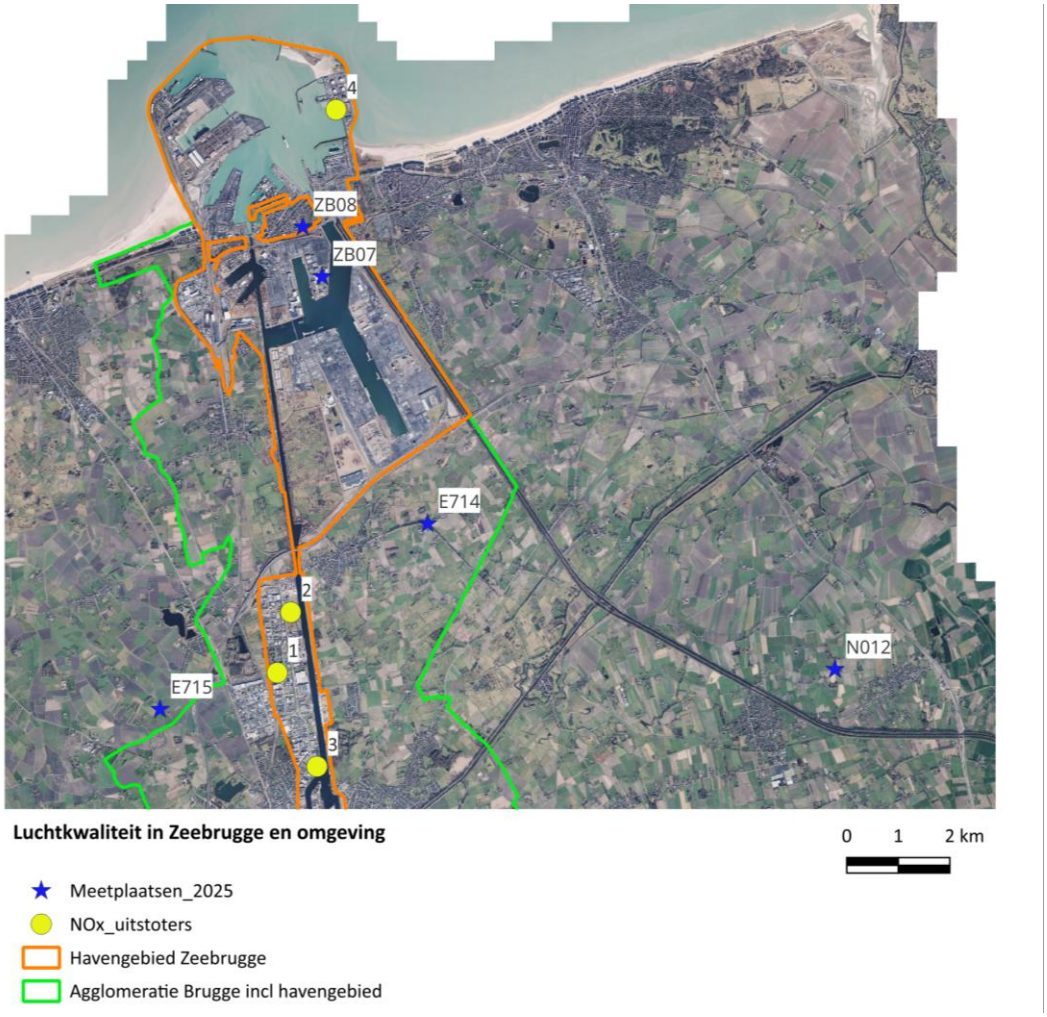
bijlage 3 Emissies van bedrijven

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 Milieujaarverslag. Voor Brugge omvat het IMJV enkel bedrijven die veel NOx uitstoten. De tabel geeft een overzicht van de bedrijven die meer dan 20 ton uitstoten. Er zijn geen grote uitstoters van PM_{10}/$PM_{2,5}$. De figuur toont de locatie van de bedrijven en de meetplaatsen.

Tabel 2: Emissies van 2024 die bedrijven rapporteerden in het IMJV

2024	Emissies gerapporteerd aan IMJV (ton/jaar)	NOx >20 ton
1	IVBO	179
2	Electrabel Centrale Herdersbrug	79
3	Pemco Belgium	49
4	Fluxys – LNG Terminal	26

Figuur 47: Locatie van bedrijven en meetplaatsen



bijlage 4 Beschrijving van de polluenten

1. Stikstofoxiden – NO/NO_2

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 SO_2 over grote afstanden getransporteerd worden en kunnen dus effecten veroorzaken in verafgelegen gebieden.

Stikstofoxiden worden voornamelijk uitgestoten bij verbrandingsprocessen op hoge temperaturen.

2. Fijn stof – PM_{10}, $PM_{2,5}$ 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 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, PM_{10}, $PM_{2,5}$ 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.
- PM_{10} 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

Er zijn 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. Onderzoek[4] 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 gelinkt 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 mens[5]. Belangrijk is dat fijn stof niet enkel kan leiden tot longkanker; langdurige blootstelling kan ook borstkanker en kankers van het spijsverteringsstelsel veroorzaken[6]. Midden 2012 classificeerde het IARC dieseluitlaatgassen als kankerverwekkend voor de mens. Dieselwagens stoten – ten opzichte van benzinewagens – veel meer stikstofoxiden en roetdeeltjes uit.

Gemiddeld verlies van 13 gezonde maanden

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.

Hoge concentraties kunnen acuut effect hebben

Tijdens een fijnstofepisode doen mensen die gevoelig zijn voor luchtverontreiniging best geen grote lichamelijke inspanningen. Tot deze groep behoren jonge kinderen, ouderen, personen met het chronisch obstructief longlijden (COPD[7]) en personen met hart- en vaatziekten. Omwille van de kleine afmeting kunnen fijnstofdeeltjes gemakkelijk overal binnendringen en zijn de concentraties binnenshuis niet significant lager dan in buitenlucht.

Ook tal van andere effecten

Stofdeeltjes leiden tot verminderde zichtbaarheid en bevuiling van blootgestelde oppervlakken en materialen. Ze hebben mogelijk invloed op het klimaat: naargelang de samenstelling kan fijn stof zowel voor afkoeling als voor opwarming zorgen. Bovendien draagt fijn stof bij tot verzurende en vermestende depositie.

---

[4] 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

[5] WHO, Kurt Straif, Aaron Cohen, Jonathan Samet. *Air pollution and cancer.* https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/AirPollutionandCancer161.pdf

[6] 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

[7] Chronic Obstructive Pulmonary Disease

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. Deze hebben als doel de risico's van gezondheidsschade door luchtverontreiniging te beperken en zijn meestal strenger dan de Europese grens- of streefwaarden. 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
In navolging van de in 2021 aangescherpte WGO-advieswaarden lanceerde de Europese Commissie in 2022 een voorstel voor de herziening van de richtlijnen luchtkwaliteit. Na onderhandelingen tussen het Europees Parlement en de lidstaten werd onder Belgisch voorzitterschap van de raad van de Europese Uni in februari 2024 een akkoord bereikt over een aangepaste versie van dit voorstel. Na het doorlopen van het verdere goedkeuringsproces, werd de nieuwe richtlijn lucht op 14 oktober 2024 definitief goedgekeurd door de Raad van de Europese Unie en gepubliceerd in november onder het nummer 2024/2881.
De meeste grenswaarden worden vanaf 2030 verstrengd en de meeste streefwaarden (behalve voor ozon) worden grenswaarden. Vanaf 2026 moet er al getoetst worden aan deze nieuwe grenswaarden en bij overschrijding ervan moeten "routekaarten" opgesteld worden met maatregelen om deze grenswaarden tegen 2030 te bereiken. Zie ook Nieuwe Europese luchtkwaliteitsrichtlijn goedgekeurd en De impact van het Europees akkoord over luchtkwaliteit

De VMM toetst in dit rapport aan
- De huidige, geldende EU-regelgeving
- De toekomstige EU-grenswaarden (gelding vanaf 2030)
- De WGO-advieswaarden

Afronding en toetsing
De Europese regels stellen dat er enkel op het eindresultaat (vb. een jaargemiddelde) wordt afgerond volgens 'commercial rounding' en met dezelfde numerieke nauwkeurigheid als gebruikt bij de definitie van de milieudoelstelling.
Men dient geen meetonzekerheid in rekening te brengen bij het toetsen aan de luchtkwaliteitsdoelstellingen.

1. Stikstofoxiden – NO/NO_2

De Europese richtlijn 2008/50/EG en de nieuwe Richtlijn 2024/2881 legt grenswaarden en een alarmdrempel op voor NO_2. De grenswaarden voor NO_2 moeten sinds 1 januari 2010 gerespecteerd worden. Richtlijn 2008/50/EG bood de kans om uitstel te vragen voor het halen van de grenswaarden.

Tabel 3: Regelgeving voor NO_2 (Europese regelgeving en WGO)

Polluent	Onderwerp	Middelingstijd	EU-huidige	EU-toekomstige	WGO
NO_2	grenswaarde	uur	200 µg/m³ - max. 18 x	200 µg/m³ - max. 3 x	200 µg/m³
	grenswaarde	dag		50 µg/m³ - max 18 x	25 µg/m³ - max 3 x
	grenswaarde	kalenderjaar	40 µg/m³	20 µg/m³	10 µg/m³
	alarmdrempel	3 opeenvolgende uren	400 µg/m³	200 µg/m³	

2. Fijn stof – PM_{10} en $PM_{2,5}$

2.1. Regelgeving PM_{10}

De Europese Richtlijn 2008/50/EG en de nieuwe Richtlijn 2024/2881 definieert grenswaarden en een alarmdrempel voor PM_{10}. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) definieerde advieswaarden.

Tabel 4: Regelgeving voor PM_{10} (Europese regelgeving en WGO)

Polluent	Onderwerp	Middelingstijd	EU (2008/50/EG)	EU (2024/2881)	WGO
Fijn stof PM_{10}	grenswaarde	dag	50 µg/m³ - max. 35 x	45 µg/m³ - max 18 x	45 µg/m³ - max 3 x
	grenswaarde	kalenderjaar	40 µg/m³	20 µg/m³	15 µg/m³
	alarmdrempel	3 opeenvolgende dagen	-	90 µg/m³	

2.2. 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 5: 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/m³ - max 18 x	15 µg/m³ - max 3 x
	grenswaarde	kalenderjaar	25 µg/m³	10 µg/m³	5 µg/m³
	alarmdrempel	3 opeenvolgende dagen	-	50 µg/m³	

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.

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 uitziet, 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 polluent 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. Modellen

Voor de opmaak van de modelkaarten gebruiken we de meest recent beschikbare emissiedata. 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.

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 polluenten verdund in de atmosfeer als gevolg van diffusie en turbulentie. Een deel van de polluenten zal ook uit de atmosfeer verdwijnen door allerhande 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 x 10 m² 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, schoorsteenkarakteristieken 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 2025 uit het propagatiemodel FLOMOVIA v2.0 in combinatie met gegevens over het wagenpark van 2024 (bv. vlootsamenstelling, verdeling over de EURO-normen, …)
- Industrie: 2024
- Scheepvaart: zeevaart en binnenvaart 2024. Voor binnenvaart werd het model EISS van VITO gebruikt. Voor zeevaart het EMMOSv3-model
- Meteo: 2025

Modelbeperkingen
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:

- geen berekeningen mogelijk bij veranderlijke windrichting binnen de tijd van een uur;
- berekende concentraties in het zog van een obstakel niet accuraat;
- berekeningen op erg geaccidenteerd terrein niet mogelijk (hetgeen in Vlaanderen evenwel maar op weinig plaatsen het geval is);

- IFDM ontworpen voor passieve (niet-reactieve) polluenten. IFDM houdt geen rekening met (foto)chemische reacties. Een uitzondering hierop is de chemische reactie tussen NO_2-, NO- en O_3-concentraties onder invloed van zonlicht en warmte.

ATMO-Street-model

De VMM meet op heel wat plaatsen de luchtkwaliteit. Op plaatsen zonder metingen gebruikt de VMM modellen die de luchtkwaliteit inschatten. Het model ATMO-Street wordt ingezet voor stoffen met een belangrijke impact op de gezondheid namelijk stikstofdioxide, zwarte koolstof (roet) en fijn stof.

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.

RIO gebruikt meetresultaten en schat daarmee de luchtkwaliteit in heel Vlaanderen op een 'slimme' manier. Slim, omdat RIO ook informatie over landgebruik mee in rekening neemt. Dat is nodig want er bestaat een relatie tussen luchtkwaliteit en landgebruik. Zo is er meer luchtvervuiling in gebieden met veel bewoning en verkeer (zoals steden), dan op plaatsen in bosrijke zones. RIO maakt een inschatting van de 'achtergrondconcentraties' voor gebieden met een oppervlakte van 4x4 km². Binnen zo'n roostercel van 4x4 km² kan RIO geen onderscheid maken tussen bijvoorbeeld kleinere bosgebieden en meer verstedelijkte gebieden of plaatsen met veel verkeer, we krijgen 1 waarde per roostercel. Daarom combineren we dit met het IFDM-model.

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 juister 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.

3. 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 aethalometermethode[8]. Bij deze methode gaat men ervan uit dat de gemeten absorptie bij elke golflengte de som is van de absorptie door deeltjes afkomstig van houtverbranding[9] en afkomstig van fossiele brandstoffen. Zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstoffen wordt vooral geassocieerd met dieselroet.

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

wb = *woodburning = houtverbranding*

ff = *fossil fuel = fossiele brandstoffen*

De VMM[10] bepaalde de bijdrage van houtverbranding aan PM_{10} 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.

[8] 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

[9] Voor de verschillende zwartekoolstoffracties 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 de meer algemene term biomassaverbranding (BC_{bb} of BB) gebruikt.
- De andere fractie is de zwartekoolstoffractie veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen (BC_{ff} of FF)

[10] VMM (2011), Chemkar PM_{10}, Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen-2010
VMM (2013), Chemkar PM_{10}, Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen-2011-2012

De inschatting van de bijdrage van houtverbranding aan PM_{10} gebeurt op basis van een studie[11] gebaseerd op Vlaamse data, waarin een factor van 22,56 werd voorgesteld. Deze factor rekent ook secundair stof van houtverbranding mee. VITO[12] 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 PM_{10} 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 PM_{10}.

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:

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

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 PM_{10} in de Antwerpse haven te berekenen:

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

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*[13]') en andere organische deeltjes. Deze verhouding van BC_{wb} vs PM_{10_wb} sluit nauw aan bij de factor gebruikt op de Franse meetnetten[14].

Voor de berekening van de bijdrage van de verbranding van fossiele brandstoffen aan PM_{10} hanteren we de op de Franse meetnetten[14] 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.

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

[11] 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
[12] M. Van Poppel et al. (2017), Inschatting van de bijdrage van houtverbranding door burgers aan luchtverontreiniging in Vlaanderen
[13] Brown carbon zijn lichtabsorberende organische deeltjes die niet zwart zijn
[14] LCSQA (2020), Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par Aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant

Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
vmm.vlaanderen.be