

Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant

Jaarrapportage 2024

TNO 2024 R12915 – 15 oktober 2025

Regionaal Meetnet ILM2

Jaarrapportage 2024

Auteurs	Daniëlle van Dinther, Ruben Goudriaan, Gerrit Jan de Bruin, Marc van Dijken, Matthijs Kaandorp, Bastiaan Wit
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Bijlagen	TNO Publiek
Aantal pagina's	63 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	AiREAS - Consortium Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant
Projectnaam	AiREAS - ILM2
Projectnummer	060.34603

Alle rechten voorbehouden

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

© 2025 TNO

Terminologie

CAIREBox	De CAIREBox is het meetplatform waarmee het Regionaal Meetnet is opgebouwd. De CAIREBox bevat sensoren voor metingen aan fijnstof en stikstofdioxide welke elke 10 minuten een meting uitvoeren.
Daggang	De daggang vertoont de gemiddelde gang van luchtvervuilende stoffen per uur over de dag.
EU-grenswaarden (huidig)	Normen geven aan tot welke concentraties lucht-vervuilende stoffen, zoals fijnstof en stikstofdioxide, beperkt moeten worden. De huidige wettelijke EU-grenswaarden betreffen maximale jaargemiddelde concentraties van: PM2.5: 25 µg m ⁻³ , PM10: 40 µg m ⁻³ , NO ₂ : 40 µg m ⁻³ .
EU-grenswaarden (2030)	In 2030 worden de normen aangescherpt voortkomend uit de Europese AQ Directive 2024/2881 van 23 oktober 2024. De toekomstige wettelijke EU-grenswaarden betreffen maximale jaargemiddelde concentraties van: PM2.5: 10 µg m ⁻³ , PM10: 20 µg m ⁻³ , NO ₂ : 20 µg m ⁻³ .
Fijnstof (PM)	Fijnstof is een vorm van luchtvervuiling die bestaat uit deeltjes die blijven zweven. De afkortingen PM1, PM2.5 en PM10 staan voor de fijnstoffracties met deeltjesgroottes kleiner dan respectievelijk 1; 2,5; en 10 µm. De deeltjesgrootte is mede illustratief voor de bijdragende bron.
Grenslaag (hoogte)	Ook wel menglaag genoemd. In deze onderste laag van de atmosfeer is de invloed van het aardoppervlak direct merkbaar en zorgen turbulente wervels voor transport en menging van luchtverontreinigende stoffen. De grenslaag(hoogte) is de bovenkant van de grenslaag.
ILM1	Het ILM1 sensornetwerk is de voorloper van het huidige Regionaal Meetnet waarbij op 35 locaties in Eindhoven van 2013 tot en met 2018 de luchtkwaliteit gemeten werd.
ILM2	Dit is het huidige Regionaal Meetnet in Zuidoost-Brabant. Hierbij wordt op zo'n 50 locaties de luchtkwaliteit gemeten en is aandacht voor zowel het stedelijk gebied, de invloed van de luchthaven als het buitengebied.
Jaarprofiel van daggemiddelde	In het jaarprofiel staan de daggemiddelde gemeten concentraties per stof getoond verdeeld over het jaar.
LML	Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, het referentie meetnet voor luchtkwaliteit van het RIVM.
Meetlocatie	De meetlocatie geeft de plek aan waar de luchtkwaliteit bemeten wordt. Deze locaties hebben een uniek ID gevormd door de letters ILM plus een volgnummer.
NO ₂	Stikstofdioxide. Deze stof komt vooral in de lucht terecht door uitlaatgassen van verkeer en industrie.
Percentiel waarde	Waarde die aangeeft hoeveel procent van de metingen hieronder ligt. Waardevol voor bijvoorbeeld bepaling van achtergrondconcentratie (10-percentiel) of om te kijken naar piekconcentraties (95-percentiel).

UFP	Ultrafijnstof, met deeltjesgroottes tot aan 0,1 μm .
Weekgang	De weekgang vertoont de gemiddelde gang van luchtvervuilende stoffen per uur over de week. Hierdoor wordt bijvoorbeeld het verschil in luchtkwaliteit tussen week- en weekenddagen inzichtelijk.
Windroosanalyses	Windroosanalyses onderzoeken hoe de concentraties per stof variëren over het jaar in relatie tot variaties in windrichting en windsnelheid. Daardoor wordt het mogelijk eventuele bronnen in de regio te identificeren.
WHO-advieswaarden	De WHO-advieswaarden uit 2021 zijn strenger dan de geldende wettelijke EU-grenswaarden en de nieuwe EU-grenswaarden vanaf 2030. De WHO advieswaarden van 2021 betreffen maximale jaargemiddelde concentraties van: PM _{2.5} : 5 $\mu\text{g m}^{-3}$, PM ₁₀ : 15 $\mu\text{g m}^{-3}$, NO ₂ : 10 $\mu\text{g m}^{-3}$

Achtergrond

Het consortium ILM2 bestaat uit AiREAS, gemeente Eindhoven, Provincie Noord-Brabant, GGD Brabant-Zuidoost, RIVM, TNO, het IRAS-instituut van de Universiteit Utrecht (UU-IRAS) en Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant. ILM2 wordt uitgevoerd met financiële steun van de Provincie Noord-Brabant, gemeente Eindhoven, Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant en deelnemende regiogemeenten: Asten, Bergeijk, Best, Boxtel, Cranendonck, Deurne, Eersel, Eindhoven (partner en deelnemer), Geldrop-Mierlo, Gemert-Bakel, Heeze-Leende, Helmond, Laarbeek, Meierijstad, Nuenen, Oirschot, Reusel-De Mierden, Someren, Son en Breugel, Valkenswaard, Veldhoven en Waalre.

Met de aanleg van het Innovatief Luchtmeetnet 2.0 (ILM2) wordt de luchtkwaliteit in de regio Zuidoost-Brabant bemeten op ongeveer 50 meetlocaties. De aandachtsgebieden zijn het stedelijk gebied, het gebied rond de luchthaven en het buitengebied met veel veehouderij. Alle data zijn daarbij openbaar beschikbaar, zoals via [Dustmonitor](#) en [Samen Meten](#). ILM2 draagt hiermee bij aan onderzoek naar en het werken aan een gezonde leefomgeving in Zuidoost-Brabant. Door bewustwording van de heersende luchtkwaliteit, het bieden van handelingsperspectieven en/of verschillende samenwerkingsvormen wordt in co-creatie gewerkt aan een gezondere regio.

Het ILM2 is door het consortium geïnitieerd ter ondersteuning van beleid voor een gezondere samenleving. Met dat doel in het achterhoofd is het logisch dat ook veel van de deelnemende overheden aan het ILM2 deelnemer zijn aan het Schone Lucht Akkoord. Het doel van dit akkoord is om de luchtkwaliteit in Nederland permanent te verbeteren. Concreet streven de deelnemende partijen naar een gezondheidswinst van minimaal 50 procent in 2030 ten opzichte van 2016. Om dit te bereiken zijn er themagroepen ingericht en heeft het RIVM gezondheids-indicatoren ontwikkeld waarmee het rijk, provincies en gemeenten hun ambitie kunnen monitoren. Een belangrijk onderdeel in de rekenketen is het vaststellen van concentraties en blootstelling. Op regionaal niveau kan het ILM2 hier aanvullende inzichten in geven.

Dit rapport betreft de vierde jaarrapportage van het ILM2 en beschrijft het jaar 2024.

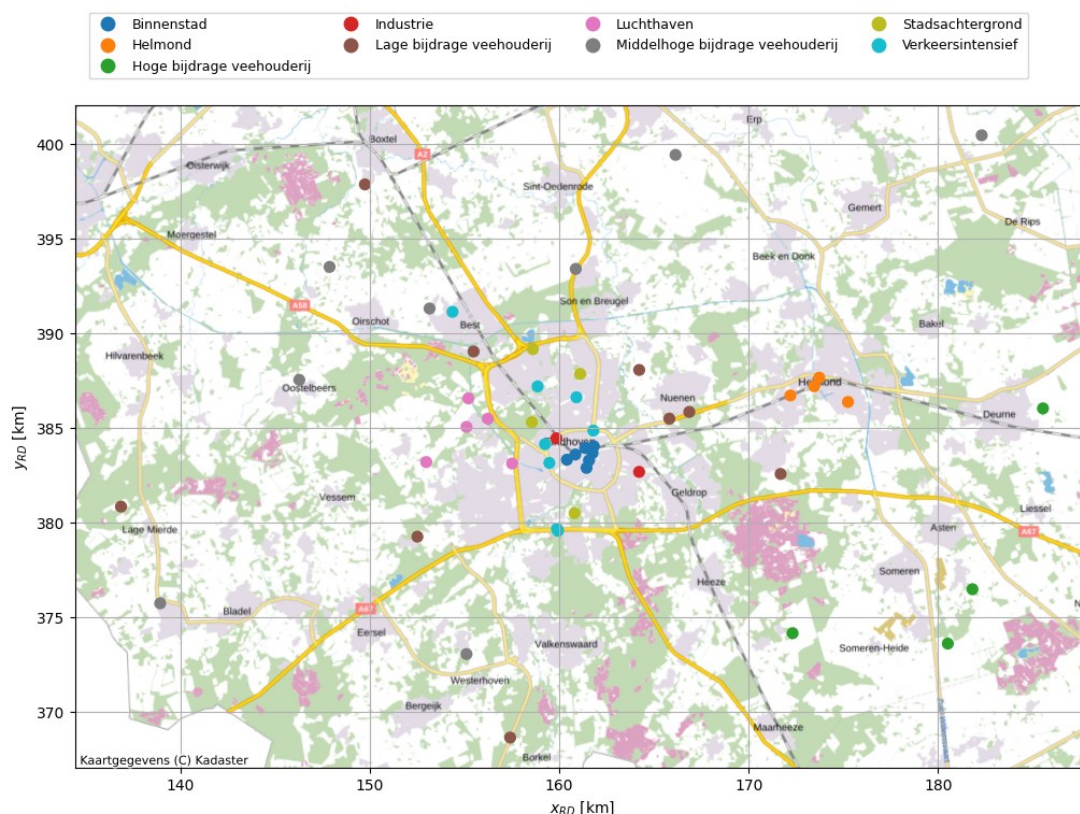
Rol RIVM en UU-IRAS in het onderzoek

Dit rapport geeft de visie van TNO weer, zoals door de auteurs beschreven. Het RIVM en UU-IRAS waren als kennispartner bij het onderzoek betrokken en hebben vooraf geadviseerd over de opzet en uitvoering van het ILM2-meetnet. Als tegenlezers hebben het RIVM en UU-IRAS feedback gegeven op de conceptversie van het eindrapport. De eindverantwoordelijkheid voor de inhoud van deze rapportage ligt bij TNO.

Samenvatting

Het Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant in 2024

Het Innovatief Luchtmeetnet 2.0 (ILM2) onderzoekt de luchtkwaliteit in Zuidoost-Brabant. Op 53 meetlocaties zijn in 2024 de concentraties fijnstof in verschillende groottes, namelijk PM₁, PM_{2.5} en PM₁₀, en stikstofdioxide (NO₂) gemeten met sensoren. Ook wordt in het luchthavengebied ultrafijnstof (UFP) gemeten. Deze stoffen zijn voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de regionale luchtkwaliteit en de daaraan gerelateerde gezondheidslast. Het ILM2 richt zich op stedelijke luchtkwaliteit, luchtkwaliteit rond de luchthaven en de luchtkwaliteit in het buitengebied, waaronder de invloed van veehouderij hierin.



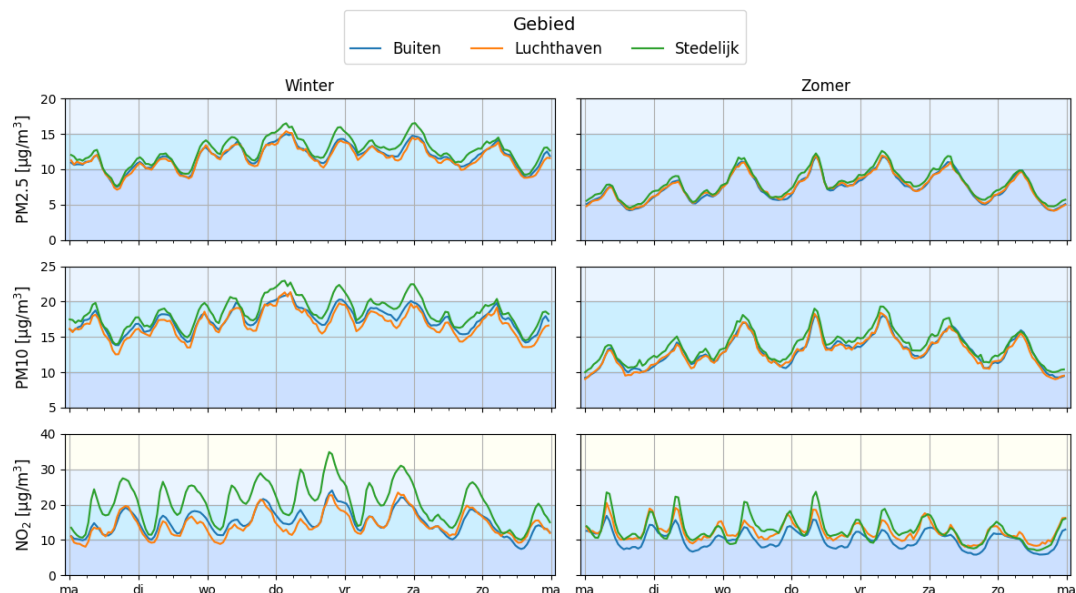
Het ILM2 meetnet in Zuidoost-Brabant in 2024. Alleen operationele meetlocaties staan getoond. De locatienummers zijn gelijk aan de nummers op <https://ilm2.site.dustmonitoring.nl/>.

In deze rapportage besteden we extra veel aandacht aan NO₂ omdat we meer dan in voorgaande jaren de beschikbaarheid hebben over een jaarronde dataset op alle locaties binnen het ILM2. Daarnaast verkennen we waar in de huidige situatie mogelijke knelpunten zouden ontstaan als de nieuwe EU normering van 2030 nu al zou gelden.

Analyse metingen van regionale luchtkwaliteit

Net als 2023 was 2024 een jaar met veel neerslag. Op het KNMI-station in Eindhoven viel 1105mm neerslag in 2024, ver boven het langjarig gemiddelde van 851mm per jaar voor

Nederland. Neerslag zorgt ervoor dat luchtvervuilende stoffen uit de lucht worden gehaald door natte depositie (Mijnen-Visser et al., 2024). Gemeten concentraties van luchtvervuilende stoffen door ILM2 en LML liggen in lijn met vorig jaar en daarmee lager dan in 2021 en 2022. Over de laatste 4 jaren laten de concentraties luchtvervuilende stoffen daarmee een dalende trend zien in de regio. Het is afwachten of deze trend stand houdt in 2025, wat tot nu een aanzienlijk droger jaar is wat normaal gesproken voor hogere concentraties zorgt. De concentraties fijnstof gemeten door ILM2 in stedelijk gebied, luchthavengebied en buitengebied verschillen in de zomerperiode van 2024 niet veel van elkaar. In de winter ontstaan er grotere verschillen, waarbij in stedelijk gebied hogere concentraties worden gemeten. De gemiddeld gemeten concentraties NO_2 zijn in stedelijk gebied jaarrond hoger dan daarbuiten, ook hier zijn verschillen in de winter groter dan in de zomer. De hogere fijnstof en NO_2 concentraties gemeten tijdens de winter in de stedelijke gebieden hangt mogelijk samen met een grotere toename van emissies voor verwarming en vervoer dan in gebieden waar de bevolkingsdichtheid minder groot is.



Gemiddeld weekverloop van concentraties tussen stedelijk gebied, luchthavengebied en landelijk gebied. Het verschil tussen de verschillende gebieden is in de winterperiode groter dan de zomer. Voor deze berekening zijn de maanden april tot en met september meegenomen voor de zomerperiode. De overige maanden zijn gebruikt voor de berekening van de winterperiode.

Op basis van de ILM2 en LML meetgegevens van 2024 is een eerste vergelijking uitgevoerd met de aankomende EU grenswaarden vanaf 2030. Voor ILM2 is dit indicatief omdat het gaat om sensormetingen. We kunnen de ILM2 metingen wel vergelijken met grenswaarden, maar het is geen daadwerkelijke (wettelijk geldige) toetsing. We zien hierbij dat:

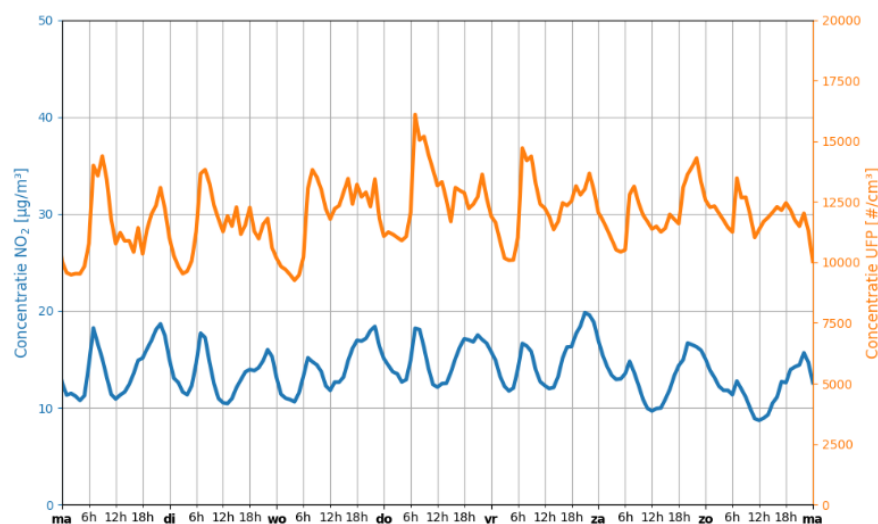
- Jaargemiddelde concentraties: Voor PM2.5, PM10 en NO_2 worden de normen in 2030 aangescherpt tot respectievelijk $10 \mu\text{g m}^{-3}$, $20 \mu\text{g m}^{-3}$ en $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Op basis van de metingen uit 2024 wordt zichtbaar dat PM10 vrijwel overal in de regio al aan de 2030 normen voldoet. Voor NO_2 is dit in 2024 ook het geval. Wel is het zo dat in de eerdere, drogere, jaren 2021 en 2022 jaargemiddelde NO_2 concentraties op het LML-station Noordbrabantlaan hoger lagen dan de nieuwe norm in 2030. Voor PM2.5 liggen jaargemiddeld gemeten concentraties van ILM2 en de verschillende LML-stations in de regio in de afgelopen jaren net boven danwel net onder de toekomstige norm.

- **Overschrijdingsdagen:** In de 2030 normering mogen er per stof maximaal 18 overschrijdingsdagen per jaar per stof plaatsvinden. De grenswaarden op de daggemiddelde concentratie zijn $25\mu\text{g m}^{-3}$ voor PM_{2.5}, $45\mu\text{g m}^{-3}$ voor PM₁₀ en $50\mu\text{g m}^{-3}$ voor NO₂. Voor PM_{2.5} telt het ILM2 meetlocaties waar de daggemiddelde waarde, op basis van de sensoren, vaker wordt overschreden dan 18x per jaar. Het LML-station aan de Europalaan in Veldhoven, een stadsachtergrond-station, telt 8 overschrijdingsdagen voor PM_{2.5}. Geen van de LML-stations in de regio laat overschrijdingen zien voor NO₂. Voor PM₁₀ is dit maximaal 2 overschrijdingsdagen bij het LML-station in Vredepeel.

Aangezien 2024 een relatief nat jaar was kunnen in drogere omstandigheden wellicht meer knelpunten ontstaan. PM_{2.5}, maar ook NO₂ gezien de gemeten concentraties in eerdere jaren, zijn aandachtspunten. Op basis van een modelstudie uitgevoerd door het RIVM (Maas et al., 2023) lijken de nieuwe normen voor de luchtkwaliteit in 2030 haalbaar bij uitvoering van vastgesteld en reeds voorgenomen beleid op luchtkwaliteit voor 98% van Nederland. Aangezien dit gaat om een voorspelling is het van belang de regionale luchtkwaliteit te blijven monitoren via metingen en bij te sturen waar nodig. De formele wettelijke toetsing op de nieuwe normen vindt uiteindelijk plaats via het CIMLK (zie ook <https://www.cimlk.nl/>).

Luchthavengebied

In het luchthavengebied zien we de invloed van wegverkeer en luchtvaart terug in de ILM2 metingen van ultrafijnstof (UFP). Zo komt naar voren dat het wekelijkse verloop van de NO₂ concentraties in het luchthavengebied en het verloop van de UFP deeltjesaantallen overeenkomsten vertonen. Zo vallen de piekconcentraties voor beide stoffen op werkdagen tijdens de spitsuren, wat aangeeft dat wegverkeer zowel NO₂ als UFP uitstoot. Anderzijds gaat dit verband in de weekenden duidelijk minder op. In het weekend zien we dat de piek in NO₂ in de ochtend veel minder (op zaterdag) of zelfs vrijwel afwezig is (op zondag). UFP piekt echter wel, maar minder hoog dan op een doordeweekse ochtend. Op deze momenten zien we waarschijnlijk met name de bijdrage van het vliegverkeer terug. Op doordeweekse dagen is de bijdrage aan UFP van vliegverkeer danwel wegverkeer beide aanwezig en daardoor lastiger te isoleren.

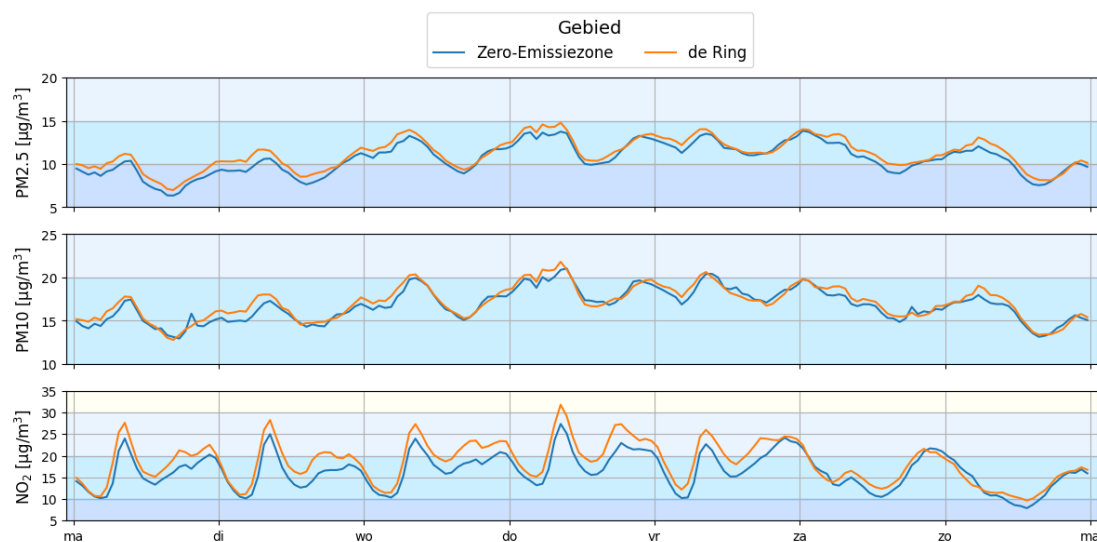


Het gemiddelde wekelijkse verloop van UFP deeltjesaantallen en NO₂ concentraties in het luchthavengebied, gemiddeld over de 3 meetlocaties, laat zien dat de uitstoot hiervan sterk samenhangt. Tegelijk zijn er wel verschillen zichtbaar: zondagochtend is bijvoorbeeld wel een piek in UFP te zien maar slechts minimaal in NO₂. Hier zien we waarschijnlijk met name uitstoot van vliegverkeer. De bijdrage van wegverkeer zorgt samen met uitstoot vanuit vliegverkeer tijdens de werkdagen voor hogere deeltjesaantallen dan in het weekend.

Ook is er via zogenoemde windrozen, onderzoek gedaan hoeveel UFP wordt gemeten in het luchthavengebied bij variaties in windrichting en windsnelheid. Hierbij is specifiek gekeken naar de tijden waarop er gevlogen wordt (tussen 07.00 en 23.00) en wanneer dit niet het geval is (tussen 23.00 en 07.00). Zichtbaar is dat de windrozen gedurende de dag verhoogde deeltjesaantallen UFP bij wind vanaf de start-/landingsbaan laten zien. In de nacht wordt er niet gevlogen en is deze verhoging bij wind vanaf de start-/landingsbaan er niet. Een verhoging bij wind vanaf de snelweg A2 vind nog wel plaats op die momenten. Dit is voor NO₂ en UFP het geval. Voor PM_{2.5} en PM₁₀ is er weinig verschil zichtbaar tussen de windrozen van de ILM2 meetlocaties wat laat zien dat de luchthaven zelf hier waarschijnlijk een geringe bijdrage in heeft. Dit komt overeen met bevindingen uit eerdere studies dat vliegtuigen relatief weinig regulier fijnstof uitstoten (Fanning et al., 2007; Tromp et al., 2024).

Stedelijk gebied

De invloed van verkeer binnen het stedelijk gebied is met name zichtbaar in NO₂, wat we ook in eerdere rapportages van het ILM2 gezien hebben. Er is in dit rapport ingezoomd op de effecten van de zero-emissiezone in Eindhoven op de NO₂ en fijnstof concentraties (zie Figuur hieronder). Deze zone geldt voorlopig enkel voor vracht- en bestelvoertuigen en nog niet voor personenauto's. De metingen laten zien dat binnen de zero emissiezone de NO₂ concentraties lager zijn dan daarbuiten (met gemiddeld 2,1 µg m⁻³). Op zondagen zijn gemeten concentraties binnen en buiten de zone meer vergelijkbaar. Waarschijnlijk komt dit doordat er op zondagen minder zakelijk vrachtverkeer en bestelvoertuigen zijn op de Ring dan doordeweeks. Voor fijnstof is zowel doordeweeks als in het weekend geen duidelijk verschil meetbaar. Dat het effect van de zero-emissiezone sterker terug te zien is in NO₂ dan in fijnstof is te verwachten. De bijdrage van het lokale verkeer aan de totale fijnstofconcentraties, ten opzichte van de achtergrondconcentraties, is relatief kleiner dan bij NO₂. Hierdoor is het moeilijker de effecten van een specifieke maatregel op de fijnstofconcentraties zichtbaar te krijgen.



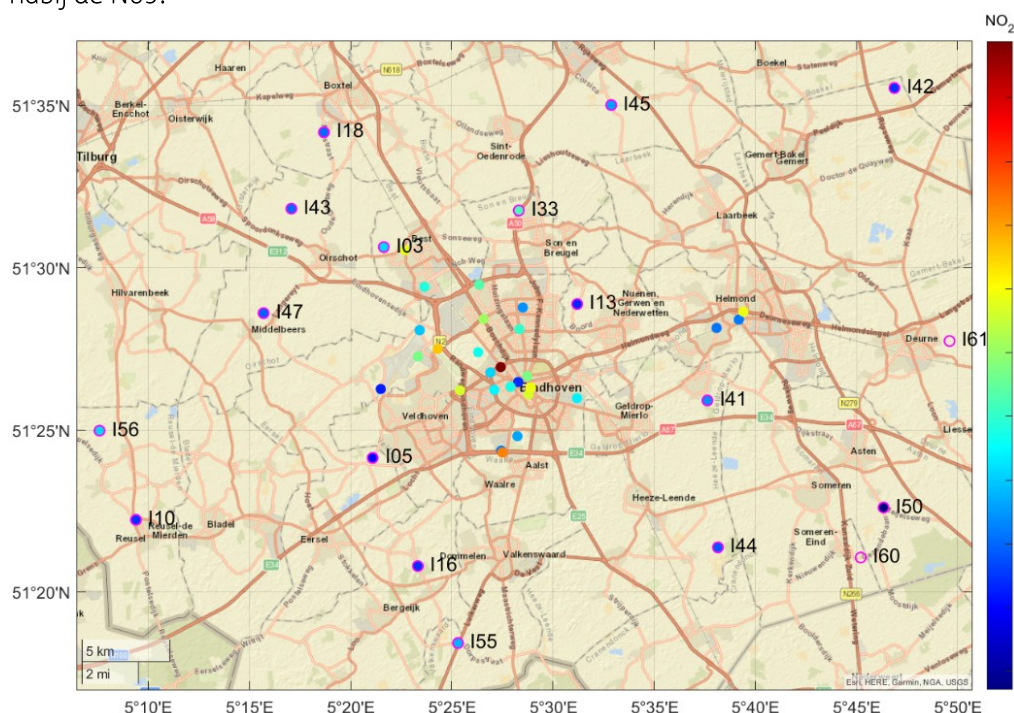
Gemiddelde wekelijkse gang van PM_{2.5} (boven), PM₁₀ (midden) en NO₂ (onder) voor de Zero-Emissiezone en de Ring in Eindhoven.

In Helmond is gekeken in hoeverre de verkeerstellingen overeenkwamen met de gemeten NO₂ concentraties, door te kijken naar de gemiddelde wekelijkse gang in januari 2024. De gemeten NO₂ concentraties en verkeerstellingen laten dezelfde patronen zien met

overeenkomstige pieken, waarmee nogmaals de sterke link tussen verkeer en NO_2 wordt aangetoond. Daarnaast waren er in januari periodes waarin de NO_2 concentraties in een groot gedeelte van de regio een aantal dagen achtereen verhoogd waren, te zien op verschillende LML-stations in de regio. Op deze dagen was er een zwakke wind uit oostelijk dan wel noordelijke richting. In eerdere rapportages van het ILM2 is al eens laten zien dat regionale achtergrondconcentraties van NO_2 stijgen bij wind uit het oosten (Goudriaan et al., 2022; van Dinther et al., 2023; van Dinther et al., 2024). Naast de invloed van het lokale verkeer laat dit zien dat op regionaal niveau de meteorologie en bronnen van verder af ook een rol spelen voor NO_2 . Binnen het stedelijk gebied zijn de hoogste pieken van fijnstof gemeten op 6 mei 2024, veroorzaakt door vuurwerk tijdens de huldiging van PSV vanwege het landskampioenschap voetbal. De meetlocatie aan het stadhuisplein (I29, Wal) heeft daarbij uurgemiddelde concentraties gemeten van PM_{10} tot $600 \mu\text{g m}^{-3}$ en piekconcentraties die daar nog ver boven lagen.

Buitengebied

De gemiddelde jaarlijkse NO_2 concentratie voor het hele ILM2 netwerk, laat duidelijk zien dat deze in het buitengebied lager liggen dan in het stedelijk gebied (zie figuur). Dit wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door meer verkeer in het stedelijk gebied. Ook in het buitengebied is echter zichtbaar dat de NO_2 concentratie hoger is op locaties waar meer verkeer langskomt, zoals voor I33 (Son) nabij de A50 en I55 (Valkenswaard-Bergeijksedijk) nabij de N69.



Jaarlijks gemiddelde NO_2 concentraties over het gehele ILM2 netwerk. Locaties in het buitengebied met magenta omcirkelt en meetlocatie aangeduid. Databeschikbaarheid moest minimaal 75% zijn om meegenomen te worden.

Voor het buitengebied is er gekeken in hoeverre piekconcentraties voor PM_{10} voorkwamen door de 95-percentielwaarde van het gehele jaar te plotten op een kaart. Dit houdt in dat 95% van de metingen gedaan in 2024 per meetlocatie onder deze waarde zit. Hieruit kwam naar voren dat deze percentielwaarde met name voor drie locaties hoger ligt; I42, I45 en I33.

Voor alle drie locaties wordt middelhoge bijdrage van veehouderij op PM10 verwacht (op basis van de GCN-kaart van het RIVM). Voor I42 en I45 lijkt het invloed te zijn van veehouderij. Bij I33 zorgt een langdurige piek op één specifieke dag voor de hoge 95-percentiel waarde. Analyse van I43 en I44 (voorheen locatie met PM10 pieken) laat de invloed van regen zien, met meer piek concentraties in 2023 in vergelijking tot 2024 vanwege drogere periodes in dat jaar (in combinatie met onverharde wegen in de omgeving). In het buitengebied zijn in december 2024 twee locaties bij geplaatst; I60 (Someren) en I61 (Deurne). De beperkte dataset tot nu toe, laat zien dat de PM10 concentraties het patroon van de achtergrond volgen.

Aanbevelingen

De jaarrapportage van 2024 is een verdere verdieping op de jaarrapportage van 2023, in de zin dat in 2024 ook in detail gekeken is naar de invloeden van activiteiten in de omgeving op lokale concentraties. Daarbij is extra veel aandacht besteed aan NO₂. In het luchthavengebied zien we dat NO₂ en UFP-deeltjesaantallen samen oplopen, waarbij we bijvoorbeeld tijdens de ochtend- en avondspits bij beide stoffen pieken zien. In het stedelijk gebied zijn relaties tussen NO₂ concentraties en samenstelling (wel/geen milieuzone) en intensiteit van verkeer in beeld gebracht. In het buitengebied is gekeken naar piekconcentraties van PM10 en verschillen in NO₂. Meer informatie uit de omgeving kan daarbij verdere duiding van de meetgegevens mogelijk maken: dit gaat bijvoorbeeld over informatie over verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling, aantallen vluchten, staltypes en aantallen dieren. Daarmee kunnen verbanden in tijd en ruimte tussen luchtkwaliteit en mogelijke activiteiten en bronnen onderzocht worden.

Uit de analyse van de meetgegevens van 2024 komen overeenkomstige aandachtspunten naar voren als in voorgaande jaren wat betreft het verbeteren van de regionale en lokale luchtkwaliteit. Een aantal van deze aanbevelingen kan wel verder aangescherpt worden op basis van de bevindingen over 2024:

- Vooruitblikkend op de EU grenswaarden van 2030 laten de analyses uit dit rapport zien dat PM2.5 een aandachtspunt is. In de ILM2 jaarrapportage 2023 is eerder zichtbaar gemaakt dat PM2.5 concentraties met name in de winter regionaal verhoogd zijn, en dat onder andere houtstook daar een rol in speelt (van Dinther et al., 2024). Voorlichting rond houtstook en gebruik van de stookwijzer (waarbij hout stoken in geval van ongunstige meteorologische condities wordt afgeraden) kunnen eerste stappen zijn voor gemeentes om hier actie op te ondernemen. Naast metingen kan melden van het stoken van hout in haarden en kachels als onderdeel van het omgevingsplan mogelijkheden bieden om de bijdrage van houtstook in de regio verder in beeld te brengen om een meer (gebieds-) gerichte aanpak vorm te kunnen geven. Aanvullend kan het toewerken naar schone(re) verwarmingsbronnen en het reduceren van de uitstoot van verkeer ook een bijdrage leveren aan reductie van PM2.5-emissies.
- In stedelijke gebieden is verkeer een belangrijke bron van NO₂. Er zijn verschillende routes denkbaar om de NO₂ concentratie te verminderen. Allereerst kan het verkeersvrij, of als tussenstap verkeersluw, maken van delen van de stad resulteren in verbeterde luchtkwaliteit doordat de uitstoot hierdoor wordt gereduceerd. Ten tweede kan het instellen/verscherpen van een milieuzone waarmee de meest vervuilende voertuigen worden geweerd, zoals de analyses in deze rapportage voor NO₂ laten zien, bijdragen aan het verminderen van emissies. Ten slotte kan het scheiden van verkeersstromen, waarbij fietsers en voetgangers een andere route volgen dan auto's, ook helpen de blootstelling van burgers te verminderen. Het doorvoeren van dergelijke maatregelen is met name relevant op plekken waar veel mensen blootgesteld worden aan vieze lucht alsmede in de buurt van scholen en andere gevoelige bestemmingen.

- Vliegverkeer draagt bij aan verhogingen van UFP in het luchthavengebied. Wat nog niet kan worden vastgesteld is hoe ver deze invloed reikt naar de bewoonde gebieden in de regio. Voor een eerste indicatie van deze verspreiding is modellering een optie, met name om te zien of er substantiële verhogingen in UFP te verwachten zijn in woon- en werkgebieden rond de luchthaven. In combinatie met metingen van deeltjesgrootteverdeling, en mogelijk chemische samenstelling van UFP, kan verder in beeld worden gebracht hoe de bijdrages van verschillende bronnen van UFP zich tot elkaar verhouden op grotere afstanden. De UFP-metingen laten ook de invloed van het wegverkeer zien. Voor UFP wordt daarom aangeraden om ook te meten bij drukke wegen waar mensen potentieel langdurig blootgesteld worden, zoals drukke verkeersroutes/pleinen in de buurt van woningen en gevoelige bestemmingen.
- In het buitengebied worden op een aantal meetlocaties regelmatig PM10 concentratiepieken gemeten welke mogelijk samenhangen met veehouderij in de nabijheid van die meetlocaties. Op andere meetlocaties waar ook veehouderijen in de nabijheid staan is dit niet het geval. Ook onverharde wegen lijken een bron van met name PM10 in het buitengebied, deze wegen verharden kan helpen de PM10 concentratie te reduceren. Het is daarom van belang om vast te stellen of 1) deze concentratiepieken inderdaad direct te relateren zijn aan veehouderij in de nabijheid van de meetlocatie, 2) welke typen veehouderij, activiteiten, en omstandigheden deze concentratiepieken veroorzaken, 3) wat de samenstelling is van het fijnstof om gezondheidsimpact in te kunnen schatten en 4) of er mogelijkheden zijn deze concentratiepieken te reduceren. Een eerste stap binnen de kaders van het ILM2 wordt in 2025 gezet via een gerichte meetcampagne rond een pluimveehouderij waar in 2026 de resultaten van de analyses van worden verwacht.

Inhoudsopgave

Terminologie	4
Achtergrond.....	6
Samenvatting.....	7
Inhoudsopgave.....	14
1 Inleiding.....	15
2 Meten en analyseren	17
2.1 Meten met sensoren.....	17
2.2 Meetlocaties ILM2	18
2.3 Aanpak analyse regionale luchtkwaliteit	20
3 Regionale luchtkwaliteit 2024	22
3.1 Regionaal overzicht.....	22
3.2 Verloop jaargemiddelde fijnstof en NO ₂	25
3.3 Het luchthavengebied	28
3.4 Het stedelijk gebied.....	31
3.5 Het buitengebied	35
4 Conclusies en aanbevelingen	40
4.1 Conclusies.....	40
4.2 Aanbevelingen.....	42
5 Referenties	44
6 Ondertekening.....	47
Bijlagen	
Bijlage A: Meetlocaties ILM2	47
Bijlage B: Data beschikbaarheid	52
Bijlage C: Datakwaliteit	54
Bijlage D: Jaargemiddelden	62

1 Inleiding

Het Innovatief Luchtmeetnet 2.0 (ILM2) is geïnitieerd ter ondersteuning van de weg naar een gezondere leefomgeving. Door de regionale luchtkwaliteit in Zuidoost-Brabant te bemeten en te analyseren wordt onderzocht waar mogelijkheden zijn om de luchtkwaliteit te verbeteren. Er is daarbinnen specifieke aandacht voor de invloed van de stedelijke gebieden, de luchthaven en de intensieve veehouderij in het buitengebied op de luchtkwaliteit in deze regio. De meetlocaties van het ILM2 zijn ingericht met sensoren die fijnstof (PM10, PM2.5 en PM1) en stikstofdioxide (NO₂) meten. Deze stoffen zijn voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de regionale luchtkwaliteit en de daaraan gerelateerde gezondheidslast (Fischer et al., 2015; Denissen, 2022). Het ILM2 meetnet is sinds september 2020 actief. De meetgegevens per meetlocatie zijn via verschillende webapplicaties toegankelijk, zoals <https://ilm2.site.dustmonitoring.nl/> van TNO en het portaal <https://samenmeten.rivm.nl/> van RIVM.

In de voorgaande jaarrapportage over het meetjaar 2023 heeft TNO meer specifiek ingezoomd op de invloed van lokale bronnen en welke bijdrage zij leveren aan de gemeten concentraties binnen het regionaal meetnet Zuidoost Brabant (van Dinther et al., 2024). Daarbij is de invloed van houtstook, (weg-)werkzaamheden en veehouderij op lokale fijnstofconcentraties onderzocht, relaties tussen ultrafijnstof (UFP) met weg- en vliegverkeer zichtbaar gemaakt en het verloop van de verkeersintensiteit en invloed daarvan op NO₂ concentraties over de dag en de week in beeld gebracht (van Dinther et al. 2024). Aanvullend is binnen de context van het regionaal meetnet onderzoek naar de relatie tussen veehouderij, luchtkwaliteit en beleving gepubliceerd (Wouters et al. 2024). Onder andere laat dit rapport zien dat ammoniakconcentraties (NH₃) aanzienlijk verschillen tussen gebieden met veel en weinig veehouderij, met over het algemeen hogere NH₃ concentraties voor gebieden met veel veehouderij in vergelijking tot buitengebieden met minder veehouderij. Voor fijnstof zijn deze verschillen minder sterk zichtbaar. Daarnaast heeft Eindhoven Airport zelf onderzoek door TNO laten uitvoeren naar ultrafijnstof op de luchthaven wat inzicht geeft in concentraties UFP zeer dichtbij de bron (van Dinther et al., 2022; Esveld et al., 2024). De verschillende rapportages van ILM2 en de andere genoemde projecten laten zien dat er voor schone lucht op meerdere niveaus actie nodig is omdat er naast lokale bronnen ook luchtvervuiling van buitenaf de regio in komt.

Samenwerking op regionaal, nationaal en internationaal niveau voor verbetering van de luchtkwaliteit is cruciaal. In 2024 heeft de EU hier met haar nieuwe Ambient Air Quality Directive, met onder andere strengere wettelijke normen aan luchtvervuiling en aandacht voor nieuw stoffen, een belangrijke stap in gezet. Tabel 1.1 laat zien wat de huidige EU-grenswaarden zijn voor fijnstof en NO₂ en wat deze worden in 2030. Het RIVM heeft berekend dat deze nieuwe grenswaarden voor de meeste gebieden in Nederland zullen worden gehaald op basis van bestaand beleid, maar dat er ook nog locaties zijn waar overschrijdingen worden verwacht (Maas et al., 2023). De advieswaardes van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) van 2021 liggen ook na deze aanscherping van de EU-grenswaarden nog een stukje lager, wat laat zien dat er ook bij het halen van deze nieuwe EU-grenswaarden werk aan de winkel blijft voor een gezonde luchtkwaliteit.

Tabel 1.1 Huidige EU-grenswaarden en toekomstige EU-grenswaarden van 2030¹ alsmede de advieswaardes van de WHO uit 2021²

Waarde	Middelings-tijdschaal	PM2.5	PM10	NO ₂	Aantal toegestane overschrijdingen
EU-grenswaarde	Jaar	25	40	40	-
EU-grenswaarde 2030	Jaar	10	20	20	-
WHO-advies 2021	Jaar	5	15	10	-
EU-grenswaarde	Dag		50		35
EU-grenswaarde 2030	Dag	25	45	50	18
WHO-advies 2021	Dag	15	45	25	4
EU-grenswaarde	Uur			200	18
EU-grenswaarde 2030	Uur			200	3

Deze rapportage betreft de analyse van de ILM2 meetgegevens van 2024. We willen in deze rapportage een eerste doorkijk geven als het gaat over waar mogelijke knelpunten kunnen ontstaan op basis van deze nieuwe EU normering. Dit is een indicatieve verkenning, sensoren zijn geen referentieapparatuur en hebben daarmee ook geen juridische status. Binnen deze rapportage zoomen we daarnaast sterker dan in de vorige jaarrapportages in op het aandeel stikstofdioxide in de regionale luchtkwaliteit. Waar we in eerdere jaren beperkt geschikte meetgegevens hadden van deze stof door problemen met de meetapparatuur hebben we in 2024 van vrijwel alle meetlocaties een bruikbare dataset. Dit zorgt ervoor dat we in meer detail de concentraties en het gedrag van deze stof in regionaal en lokaal verband kunnen beschrijven.

¹ DIRECTIVE (EU) 2024/2881 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe

² <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

2 Meten en analyseren

2.1 Meten met sensoren

Op de meetlocaties van het ILM2 wordt de luchtkwaliteit bemeaten via het meetplatform CAIREBox. Dit meetplatform is eigendom van TNO en ontwikkeld door haar rechtsvoorganger ECN.

Het meetplatform kan verschillende typen sensoren bevatten: de CAIREBoxen gebruikt in het ILM2 zijn uitgerust met sensoren voor het meten van fijnstof in 3 fracties: PM₁, PM_{2.5} en PM₁₀ (massa van deeltjes met een diameter tot respectievelijk 1; 2,5; en 10 µm) en NO₂. Daarnaast wordt op drie locaties UFP gemeten via een additionele sensor (type NanoMonitor van Philips/Oxility). Elke CAIREBox bevat ook sensoren om de luchtvochtigheid en temperatuur in de box te meten. De CAIREBox is uitgerust met een accu waarmee deze indien volgeladen minimaal 18 uur kan werken zonder stroomvoorziening. Daardoor kan de CAIREBox op uiteenlopende locaties worden opgehangen. Binnen het ILM2 is dit meestal aan een lichtmast (Figuur 2.1). Op iedere meetlocatie wordt per 10 minuten voor iedere component de meetwaarde vastgesteld. Via het GSM-netwerk worden de meetgegevens vervolgens verzonden naar een server van TNO en ontsloten via verschillende online kanalen.



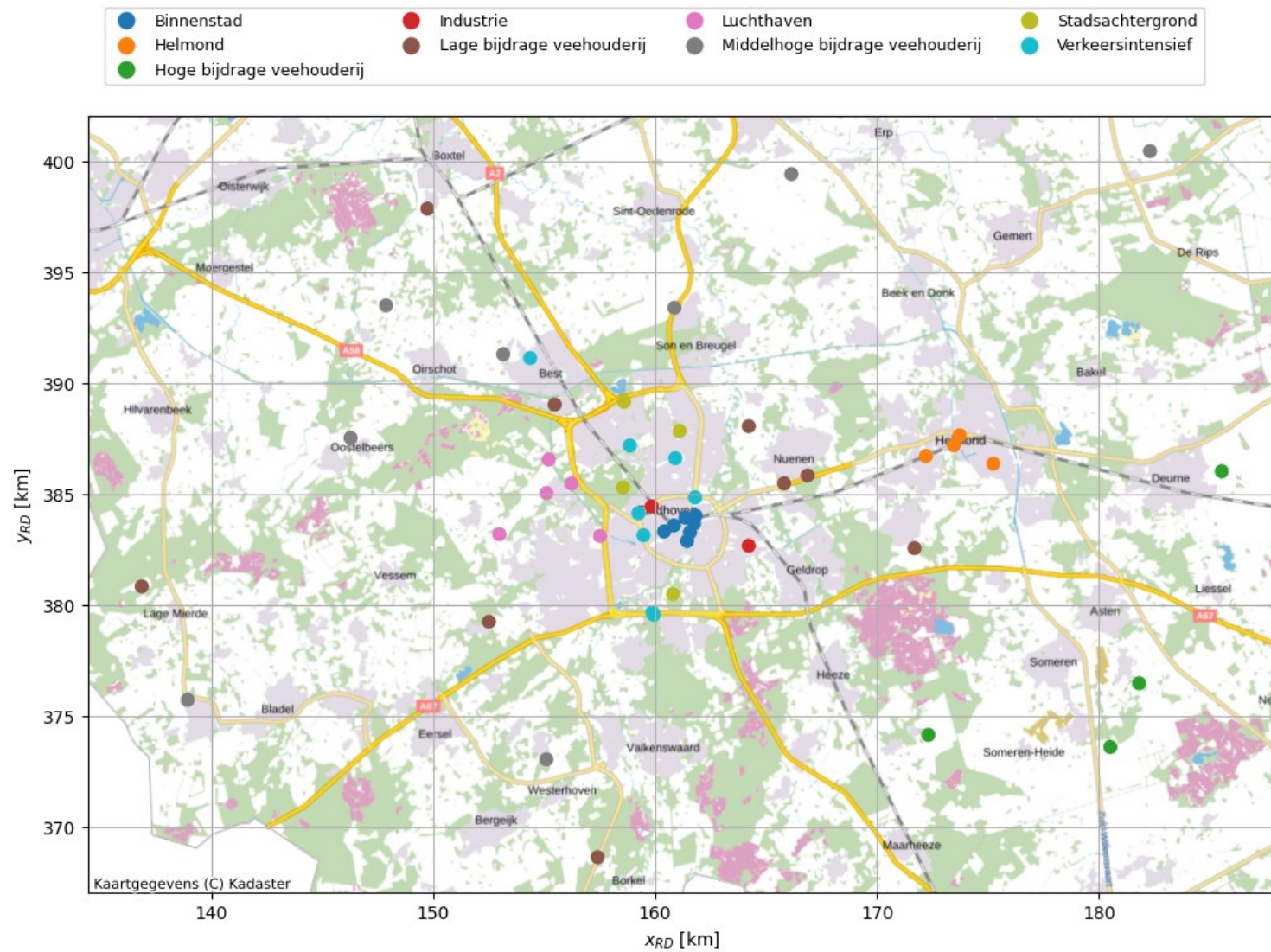
Figuur 2.1 Een CAIREBox van het Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant.

Op verschillende manieren vindt er monitoring plaats van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van meetgegevens en werking van de CAIREBoxen om de uptime en kwaliteit van het ILM2 meetnet zo hoog mogelijk te krijgen. Dit gebeurt via automatische checks op afwijkende meetresultaten (zoals negatieve waarden) of condities (temperaturen of luchtvochtigheden buiten de specificaties van de sensor), alsmede handmatige checks. De meetapparatuur en manier van kalibreren staat uitgebreider omschreven in de eerste jaarrapportage over 2021 van het Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant (Goudriaan et al., 2022). In Bijlage C van deze rapportage staat een vergelijk tussen de CAIREBoxen en de referentieapparatuur van het LML uitgewerkt.

2.2 Meetlocaties ILM2

In totaal is er in 2024 op 53 meetlocaties gemeten. De meetlocaties zijn eerder geselecteerd door TNO, RIVM en UU-IRAS en staan in detail toegelicht in Bijlage A. Een overzicht van de beschikbare meetgegevens per locatie in 2024 is zichtbaar in Bijlage B. Binnen het ILM2 meetnet wordt aandacht besteed aan het stedelijk gebied, het vliegveld en het buitengebied. Het volledige operationele ILM2 meetnet in 2024 is zichtbaar in Figuur 2.2. Per deelgebied zijn verschillende soorten meetlocaties te onderscheiden:

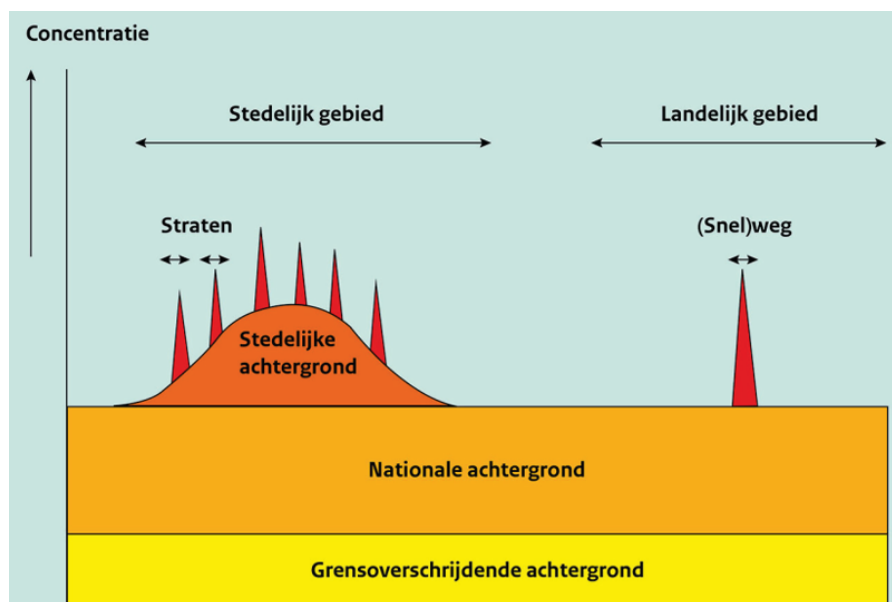
- *Stedelijk gebied:* In 2024 waren er 26 meetlocaties in stedelijk gebied. Dit betreffen 22 meetlocaties in Eindhoven en 4 meetlocaties in Helmond. De meetlocaties in Eindhoven zijn verdeeld over verschillende subcategorieën: Stadsachtergrond (n=4), Binnenstad (n=7), Verkeersintensief (n=5), Industrie (n=2) en Snelweg (n=4).
- *Luchthavengebied:* Binnen het luchthavengebied in Eindhoven zijn 3 meetlocaties actief. Op deze 3 meetlocaties wordt ook UFP gemeten. Ultrafijnstof metingen zijn een belangrijk onderdeel in het vaststellen van luchtkwaliteit rond vliegvelden. Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd in recente onderzoeken rond Schiphol (Tromp et al., 2021; Voogt et al., 2019; van Dinther et al., 2019; Voogt et al., 2023).
- *Buitengebied:* In 2024 waren er 20 meetlocaties actief in de regio, exclusief de stedelijke agglomeraties van Helmond en Eindhoven. Dit betreffen 16 meetlocaties van het vaste meetnet. In 2024 is een nieuwe meetlocatie geplaatst aan de Gezandebaan in Someren na bevestiging van deelname van deze gemeente aan het Regionaal Meetnet. Ook is een nieuwe locatie geplaatst aan de Merlenbergseweg in Deurne ter vervanging van de eerdere locatie aan de Paardekopweg. Voor het selecteren van de vaste meetlocaties is gebruik gemaakt van de GCN-kaart voor fijnstof afkomstig van veehouderijstallen van het jaar 2019 (beschikbaar gesteld door RIVM). De te verwachten bijdrage aan PM10 concentraties vanuit veehouderijen was leidend in de locatiekeuze. Daarbij is voor de 16 meetlocaties onderscheid gemaakt tussen 6 meetlocaties met een verwachte lage bijdrage PM10 vanuit veehouderij ($< 1 \mu\text{g m}^{-3}$), 6 meetlocaties met een verwachte middelhoge bijdrage PM10 ($15 \mu\text{g m}^{-3}$) en 4 meetlocaties met een verwachte hoge bijdrage PM10 ($> 5 \mu\text{g m}^{-3}$). Daarnaast zijn er 2 gemeentelijk gefinancierde meetlocaties in Best (langs doorgaande wegen). De gemeentelijk gefinancierde locaties in Oirschot en Reusel betreffen locaties waar waarschijnlijk vooral de regionale achtergrond gemeten wordt.
- *Tijdelijke meetlocaties:* Binnen het ILM2 zijn er 6 mobiele meetboxen beschikbaar voor meetcampagnes om vraagstukken van individuele gemeentes te onderzoeken. In 2024 zijn hier 4 van gebruikt. Eén box stond begin 2024 nog in Nuenen, hier is in 2022 een campagne geweest rond verkeersinvloeden. Eind 2024 zijn 3 nieuwe locaties ingericht in de gemeente Eersel voor onderzoek naar de lokale invloed van houtstook. De uitkomsten daarvan worden in de volgende jaarrapportage, over 2025, behandeld.



Figuur 2.2 Het ILM2 meetnet in Zuidoost-Brabant in 2024.

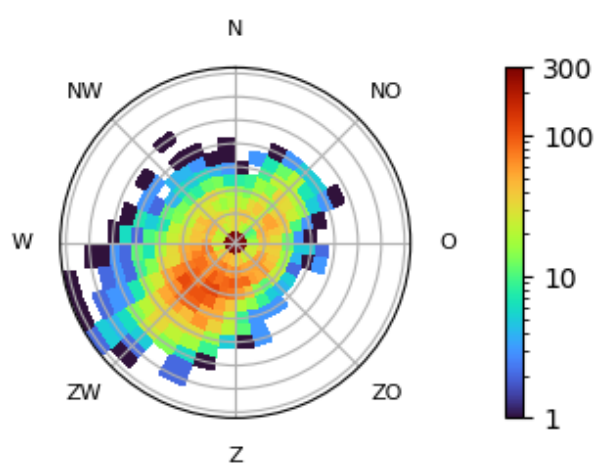
2.3 Aanpak analyse regionale luchtkwaliteit

Het doel van de analyse is de regionale luchtkwaliteit in Zuidoost-Brabant te onderzoeken, met daarbij aandacht voor het stedelijke gebied, vliegveld en het buitengebied met veehouderij. Daarbij worden ook mogelijke bronnen van luchtvervuilende stoffen onderzocht. De analyse van de regionale luchtkwaliteit wordt uitgevoerd op verschillende schaalniveaus. Deze sluiten aan bij de opbouw getoond in Figuur 2.3. Meer dan in voorgaande jaren zullen we inzoomen op de luchtverontreiniging door NO₂. Voor 2024 is er een vrijwel volledige dataset beschikbaar van deze component voor alle meetlocaties (zie ook Bijlage C). In zijn algemeenheid richten we ons in het luchthavengebied met name op het vlieg- en wegverkeer. In stedelijk gebied besteden we aandacht aan wegverkeer en periodes met verhoogde fijnstofwaardes. In het buitengebied kijken we naar veehouderij en NO₂ concentraties. Daarbij trachten we, waar mogelijk, een verband te leggen tussen lokale activiteiten (bijvoorbeeld via verkeersstellingen) en metingen van de verschillende stoffen.



Figuur 2.3 Generieke opbouw van concentraties van (verkeer gerelateerde) luchtvervuilende stoffen. Bron: RIVM

Voor het maken van de windroosfiguren gebruiken we meteorologische informatie van het KNMI-station op Eindhoven Airport. De aanname is dat dit station representatief is voor de hele regio vanwege het veelal vlakke terrein. Het kan zijn dat deze aanname leidt tot een onder- of overschatting van de windsnelheid en een aangepaste windrichting op sommige meetlocaties, omdat windcondities mede afhankelijk zijn van gebouwen, bossen of juist open gebied. In Figuur 2.4 is zichtbaar hoe de windrichting en windsnelheid varieert in 2024.



Figuur 2.4 De windroos laat zien hoeveel uur de verschillende windrichtingen en windsnelheden werden waargenomen in 2024 in Eindhoven. Hoe verder van het centrum, hoe hoger de windsnelheid. Elke ring is 2 m/s, het maximum is 14 m/s. De kleur van elk blokje hangt samen met het aantal uren dat de wind uit die richting blies met de aangegeven snelheid. De kleurenschaal is logaritmisch. Bij windsnelheden onder de 1 m/s is de windrichting niet goed gedefinieerd, deze liggen allemaal in het centrum van de plot.

3 Regionale luchtkwaliteit 2024

3.1 Regionaal overzicht

Gemiddelde PM en NO₂ concentraties per jaar en per kwartaal in 2024 op basis van alle ILM2 meetlocaties staan in Tabel 3.1. De jaargemiddelde PM10 concentratie ligt op 15,7 µg m⁻³ in 2024, een daling ten opzichte van de 17,3 µg m⁻³ in 2023. Soortgelijke afnames zijn te zien bij de LML-stations in en rondom de regio. Voor PM2.5 is eenzelfde afname zichtbaar binnen het ILM2, van 11,1 µg m⁻³ in 2023 naar 9,9 in 2024 µg m⁻³. Ook hier tonen de LML-stations over het algemeen dezelfde trend. Met een jaargemiddelde NO₂ concentratie van 14,6 µg m⁻³ ligt het ILM2 exact op de jaargemiddelde concentratie op het verkeersbelaste LML-station Genovevalaan van 14,6 µg m⁻³. Het ILM2 kent relatief veel locaties gericht op wegverkeer en is daarmee als netwerk wellicht vergelijkbaarder met het LML-station Genovevalaan. Concentraties gemeten op achtergrondstations als LML-station Veldhoven (10,5 µg m⁻³) of LML-station Vredepeel (10,3 µg m⁻³) zijn lager.

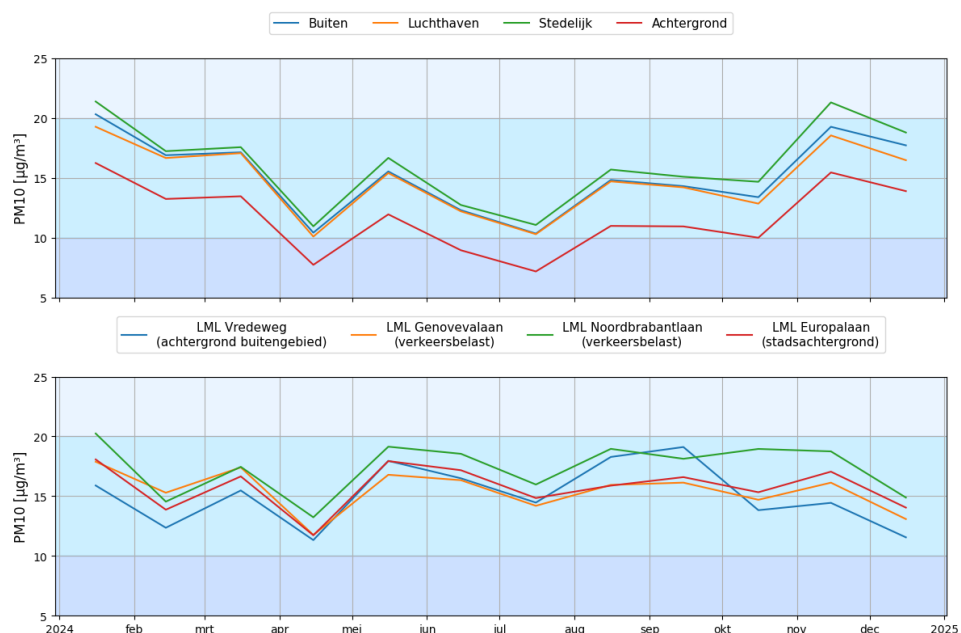
Tabel 3.1 Jaarlijkse en kwartaal gemiddelde concentraties van fijnstof en NO₂ gemeten, gemiddeld over alle meetlocaties, door het ILM2 in 2024. Onder de jaargemiddelde concentraties zijn tussen haakjes achtereenvolgens de 25 en 75 percentiel voor de concentratiewaarden weergegeven om de spreiding te laten zien in de metingen.

Periode	Gemiddelde meetnet ILM2 (25- en 75-percentiel over alle metingen)				Deeltjesgrootteverdeling (%)	
	PM1 [µg/m ³]	PM2.5 [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	PM1/P10	PM2.5/PM10
Jaar 2024	8,0 (2,7-10,9)	9,9 (3,8-13,2)	15,7 (8,6-20,0)	14,6 (6,3-18,9)	51,0 (28,2-60,9)	63,4 (42,7-70,3)
Q1 2024 (Jan-Mar)	9,6 (3,6-13,5)	12,0 (5,1-17,0)	18,4 (9,8-25,1)	16,1 (6,1-21,4)	51,9 (31,6-62,3)	65,3 (48,3-72,3)
Q2 2024 (Apr-Jun)	6,0 (2,1-7,6)	7,6 (3,1-9,5)	13,2 (7,8-16,2)	11,9 (5,7-15,0)	45,8 (24,2-53,8)	57,5 (38,0-63,2)
Q3 2024 (Jul-Sep)	6,3 (2,2-8,8)	7,8 (3,2-10,4)	13,6 (7,9-16,9)	11,5 (5,8-14,5)	46,7 (25,4-57,1)	57,5 (38,0-66,2)
Q4 2024 (Okt-Dec)	10,1 (3,5-14,7)	12,4 (4,8-16,7)	17,5 (9,5-22,7)	19,4 (8,9-26,0)	57,5 (33,7-68,3)	70,5 (49,3-78,3)

Voor zowel fijnstof als NO₂ is de achtergrondconcentratie berekend via metingen van het ILM2. De achtergrond bestaat uit luchtvervuilende stoffen die wel in regio aanwezig zijn maar niet direct door een lokale bron zijn uitgestoten. De achtergrondconcentratie is berekend als de 10-percentiel waarde over alle sensoren per uur, hierdoor wordt deze niet bepaald door één sensor. Het 10-percentiel betekent dat 10% van de metingen binnen ILM2 onder deze waarde liggen. De aanname daarbij is dat er op die 10-percentiel waarde (vrijwel) geen luchtvervuiling afkomstig van emissies uit de regio worden gemeten. Op basis van deze

berekening bestaat ongeveer 71% van de gemiddeld gemeten PM10 concentraties in 2024 uit achtergrond. Voor PM2.5 is dit 63%. Dit is in lijn met de resultaten uit eerdere jaarrapportages. Door de lange verblijftijd van het fijnstof in de atmosfeer, kan fijnstof grote afstanden afleggen waardoor een grootschalig verspreidingspatroon ontstaat (RIVM, 2013). Voor NO₂ is de berekende achtergrond via ILM2 ongeveer 40% van de gemeten concentraties. Dit laat zien dat lokale bronnen, zoals verkeer, redelijk veel invloed hebben op de heersende concentraties NO₂. Dit sluit aan bij de observaties gedaan in Maas et al. (2022).

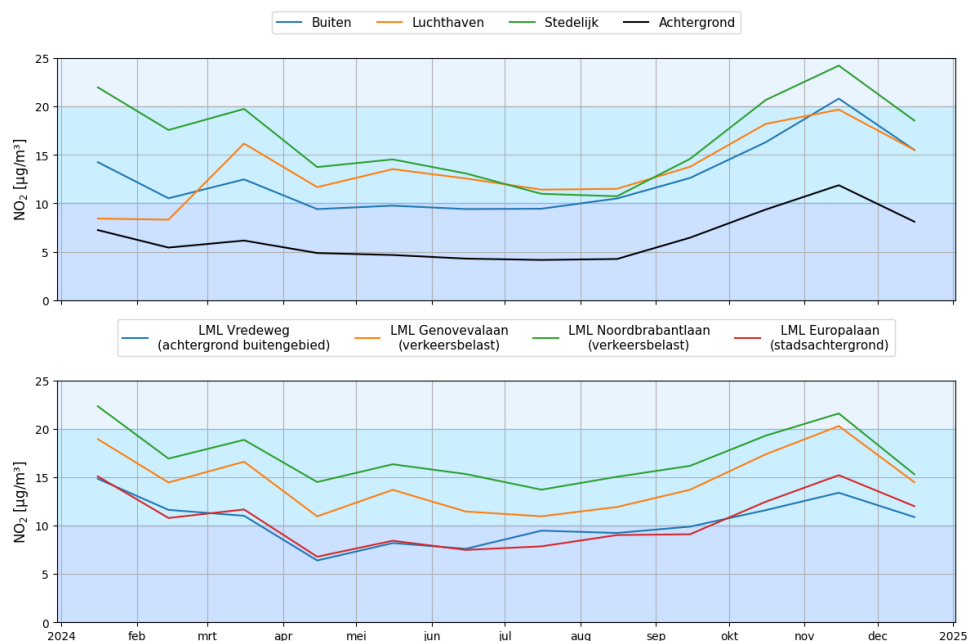
In Figuur 3.1 worden de maandgemiddelde concentraties PM10 gemeten door ILM2 en LML getoond. Voor ILM2 worden deze gemiddelden berekend op basis van de meetlocaties per type gebied (zoals gepresenteerd in Bijlage A). Zichtbaar is dat de gemeten PM10 concentraties aan het LML-station Vredepeel (buitengebied) in augustus en september hoger zijn dan op de stedelijke meetlocaties van het LML. Mogelijk zien we hier invloeden terug van werk op het land, met extra PM10 uitstoot. In de winter worden door het ILM2 gemiddeld hogere PM10 concentraties in de stad gemeten dan in het buitengebied. De metingen van het LML ondersteunen dit. Naast de variaties in grenslaaghoogte, eerder getoond in bijvoorbeeld van Dinther et al. 2024, kunnen ook verbrandingsemissies in de winter voor verwarming en toenemend wegverkeer bijdragen aan hogere fijnstofconcentraties (Bloemen, 2008). Op de LML-stations aan de Noordbrabantlaan in Eindhoven, de Europalaan in Veldhoven en de Vredeweg in Vredepeel (www.luchtmeetnet.nl) is zichtbaar dat gemeten concentraties roet in de winter hoger liggen dan in de zomer, wat een indicatie kan zijn van houtstook.



Figuur 3.1 Boven: Maandgemiddelde concentraties PM10, verdeeld over het stedelijk gebied, het luchthavengebied, en het buitengebied gemeten door het ILM2. In rood zijn de regionale achtergrondconcentraties zoals berekend uit de meetgegevens van ILM2 weergegeven. Onder: Maandgemiddelde concentraties PM10 in 2024 van vier LML-stations in en rondom de regio Zuidoost-Brabant.

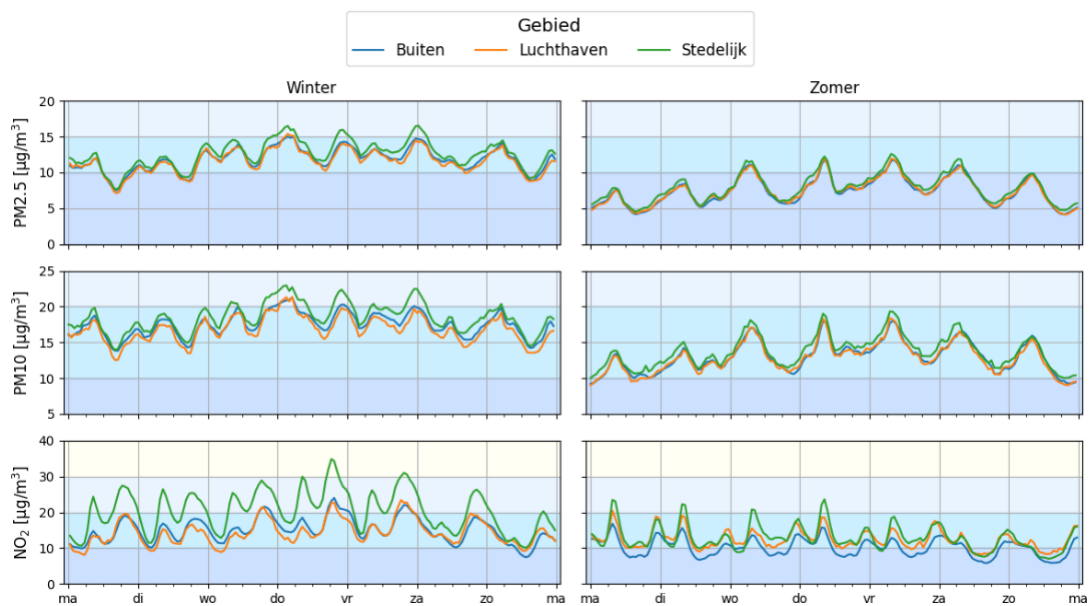
In Figuur 3.2 worden de maandgemiddelde concentraties NO₂ gemeten door ILM2 en LML getoond. In de winter liggen de gemeten NO₂ concentraties hoger dan in de zomer. De lagere grenslaaghoogte in de winter is net als voor fijnstof een van de oorzaken. Ook speelt mee dat NO₂ onder invloed van zonlicht reageert tot NO en O. Dit O atoom kan met zuurstof (O₂) reageren tot ozon (O₃), wat vervolgens weer kan reageren met NO tot NO₂ en O₂. De eerste reactie vindt plaats onder invloed van licht waardoor in de zomer met name overdag de NO₂ concentraties relatief laag kunnen zijn. Tegelijk zorgt dit ervoor dat de concentraties O₃ in de

zomer overdag relatief hoog kunnen zijn. Lokaal kunnen er andere effecten optreden, zeer dichtbij verkeersbronnen wordt NO uitgestoten waardoor dit kan reageren met O₃ tot NO₂. Zo kan in sommige gevallen de O₃ concentratie vlakbij een weg juist afnemen. Gemiddeld zal een stikstofoxiden (NO_x) bron, zoals verkeer, nettobijdragen aan de vorming van ozon. Van ozon is bekend dat dit een negatief effect kan hebben op de gezondheid (Seltzer et al., 2018; US EPA, 2013). Naast de seizoensdynamiek is zichtbaar dat NO₂ concentraties gemeten door het ILM2 in het stedelijk gebied het hoogst zijn. De NO₂ concentraties in het luchthaven- en buitengebied zijn meer gelijkend. Ook de LML-stations in de stad meten hogere NO₂ concentraties dan de LML-stations buiten de stedelijke omgeving.



Figuur 3.2 Boven: Maandgemiddelde concentraties NO₂ verdeeld over het stedelijk gebied, het luchthavengebied, en het buitengebied gemeten door het ILM2. In zwart zijn de regionale achtergrondconcentraties zoals berekend uit de meetgegevens van ILM2 weergegeven. Onder: Maandgemiddelde concentraties NO₂ in 2024 op vier LML-stations in en rondom de regio Zuidoost-Brabant.

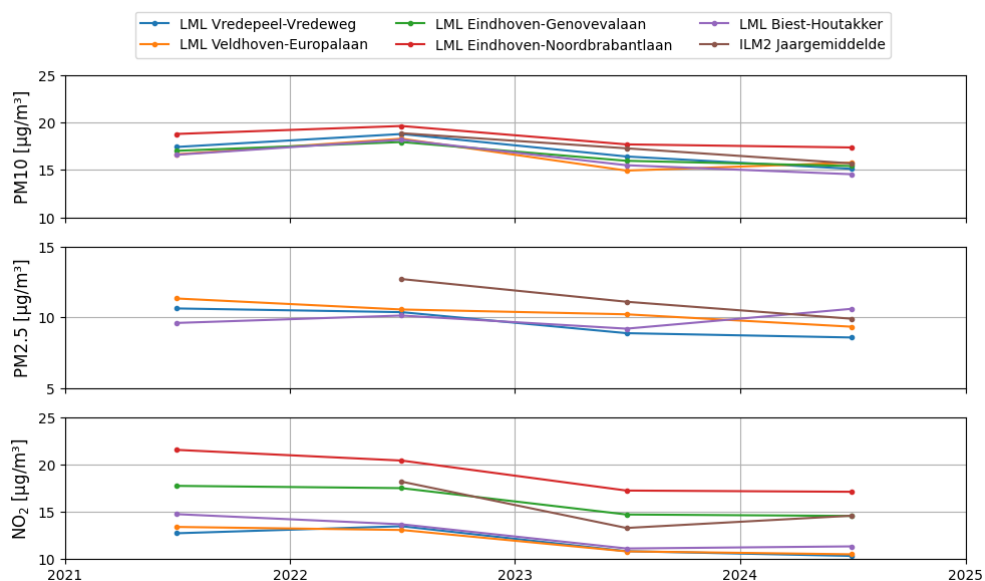
De gemiddelde weekgang van gemeten concentraties door het ILM2 is te zien in Figuur 3.3. Hier is een uitsplitsing gemaakt tussen de zomer en de winter. De periode april tot en met september 2024 is daarin meegenomen als zijnde representatief voor de zomerperiode. Voor de wintermaanden is gekeken naar de periodes januari tot en met maart 2024 en oktober tot en met december 2024. Ook in deze weekgang is het verschil tussen buitengebied en stedelijk gebied duidelijk waarneembaar. Hogere concentraties NO₂ zien we doordeweeks tijdens de ochtend- en avondspits in het stedelijk gebied. In het luchthavengebied en het buitengebied is dezelfde dynamiek zichtbaar, maar zijn de concentraties lager. Tijdens het weekend is de ochtendspits veel minder goed zichtbaar. Dit is met name op zondagen het geval. Opvallend is ook dat de concentraties in de zomer voor de drie gebieden meer gelijkend zijn dan in de winter, zowel voor NO₂ als PM. Dit zou kunnen komen door betere menging in de atmosfeer in de zomer. In de winterperiode liggen de concentraties met name in de stedelijke gebieden hoger dan in het luchthavengebied en het buitengebied.



Figuur 3.3 Gemiddelde weekgang van de gemeten PM_{2.5}, PM₁₀ en NO₂ concentraties in $\mu\text{g m}^{-3}$ door het ILM2 in Zuidoost-Brabant in 2024, gemiddeld over de meetlocaties van het luchthavengebied, het stedelijk gebied en het buitengebied.

3.2 Verloop jaargemiddelde fijnstof en NO₂

Inmiddels hebben we vanuit het ILM2 een aantal jaren aan meetgegevens beschikbaar. Samen met de LML-stations geeft dat een eerste beeld van het verloop van de jaargemiddelde concentraties van 2021 tot en met 2024. Hierbij kijken we voor ILM2 dus naar een gemiddelde van rond de 50 meetlocaties. Deze zijn zichtbaar gemaakt in Figuur 3.4 voor PM en NO₂. De gemiddelde concentraties vanuit ILM2 voor 2021 zijn niet getoond, omdat in dat jaar vrijwel alleen nog maar de stedelijke meetlocaties jaarronde meetgegevens hadden. Zichtbaar is dat de jaargemiddelde concentraties voor zowel PM als NO₂ tussen 2021 en 2024 een afnemende trend laten zien, een trend die ook voor de meeste LML-stations zichtbaar is. Zoals beschreven in de jaarrapportage van het ILM2 over 2023 (van Dinther et al., 2024) spelen ook weersinvloeden hierin mee. Zo was 2023 een uitzonderlijk nat jaar met 1191mm regen op het KNMI-metstation in Eindhoven, terwijl dit in 2022 slechts 635 mm was. Ter vergelijking, het Nederlands langjarig gemiddelde is 851mm neerslag per jaar (KNMI, 2024). Neerslag zorgt voor natte depositie van luchtvervuilende stoffen en daarmee de verwijdering van deze stoffen uit de atmosfeer. Dit zorgt ervoor dat de concentraties luchtvervuilende stoffen omlaaggaan (RIVM, 2013; Mijnen-Visser et al., 2024). Ook 2024 was nat, met 1105mm neerslag. Het is daarmee wachten op een droger jaar om te zien of deze afnemende trend dan ook standhoudt.



Figuur 3.4 Jaargemiddelde concentraties van ILM2 en de verschillende LML-stations in en om de regio tussen 2021 en 2024 voor PM10, PM2.5 en NO₂.

In Bijlage D is voor alle individuele ILM2 meetlocaties zichtbaar wat de jaargemiddelde concentraties per meetlocatie zijn in 2024, deze zijn indicatief omdat het gaat om sensormetingen. We kunnen de ILM2 metingen wel vergelijken met grenswaarden, maar het is geen daadwerkelijke toetsing. Als we de jaargemiddelde concentraties PM10 voor LML en ILM2 vergelijken met de toekomstige EU-grenswaarden uit Tabel 3.2 zijn de huidige concentraties veelal lager. Voor met name PM2.5 maar ook NO₂ luistert dit een stuk nauwer. Voor NO₂ is zichtbaar dat een drukke verkeerslocatie als LML-station Noordbrabantlaan in de afgelopen 2 jaar ruim onder de toekomstige grenswaarde lag, maar in de jaren daarvoor bij drogere omstandigheden lag deze wel boven de toekomstige grenswaarde. Huidige jaargemiddelde concentraties PM2.5 gemeten door het ILM2 en het LML liggen rond de grens van 10 µg m⁻³, ook in natte jaren.

Tabel 3.2 Huidige EU-grenswaarden en toekomstige EU-grenswaarden van 2030³ alsmede de advieswaardes van de WHO uit 2021⁴

Waarde	Middelings-tijdschaal	PM2.5	PM10	NO ₂	Aantal overschrijding toegestaan
EU-grenswaarde	Jaar	25	40	40	-
EU-grenswaarde 2030	Jaar	10	20	20	-
WHO-advies 2021	Jaar	5	15	10	-
EU-grenswaarde	Dag		50		35
EU-grenswaarde 2030	Dag	25	45	50	18
WHO-advies 2021	Dag	15	45	25	4
EU-grenswaarde	Uur			200	18
EU-grenswaarde 2030	Uur			200	3

³ DIRECTIVE (EU) 2024/2881 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe

⁴ <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

De overschrijdingen op daggemiddelde concentraties geven hetzelfde beeld. Voor PM10 worden de toekomstige EU normen op daggemiddelde concentraties nu al gehaald als we afgaan op de LML en ILM2 metingen in de regio. Alle LML-stations zitten ruim onder de genoemde 18 dagen, met maximaal 2 overschrijdingsdagen op het LML-station Vredepeel. Voor NO₂ is dit ook grotendeels het geval. De LML-stations geven jaarrond geen overschrijdingsdagen voor NO₂. Binnen ILM2 telt enkel meetlocatie I28 meer dan 18 overschrijdingsdagen. I28 staat echter niet op straatniveau maar op het klokgebouw in de rook van de biomassacentrale op Strijp-S. Voor PM2.5 tellen we echter 23 ILM2 meetlocaties waarbij de 18 toegestane daggemiddelde overschrijdingen worden overschreden in 2024. Het kan zijn dat hier overschatting plaats vindt doordat we in ILM2 met sensoren werken. Illustratief is wel dat het LML-station Veldhoven (stadsachtergrond) en het LML-station Biest (regionale achtergrond) in 2024 ook 8 overschrijdingsdagen voor PM2.5 tellen op basis van de EU normering voor 2030. In vergelijking, voor PM10 telt LML-station Veldhoven 1 overschrijdingsdag en LML-station Biest telt er nul. Beide stations tellen geen overschrijdingsdagen voor NO₂. Vanuit de metingen lijkt PM2.5, zeker ook omdat 2024 relatief lage concentraties kent door de relatief grote hoeveelheden regen, daarmee een aandachtspunt in voorbereiding op de nieuwe normen in 2030.

In Maas et al. (2023) zijn de gevolgen van de nieuwe Europese AQ Directive voor Nederland onderzocht. Hieruit volgt dat voor Zuidoost Brabant, ervan uitgaande dat bestaand en voorgenomen beleid onverminderd wordt doorgevoerd, er in 2030 vrijwel geen overschrijdingen voor PM10 zullen ontstaan. Voor PM2.5 blijkt uit de berekeningen hetzelfde. Voor NO₂ zijn met name locaties langs drukke wegen wel mogelijke knelpunten. Als aandachtspunt wordt daarbij genoemd: “Locatie-specifieke verkeersmaatregelen zullen voor mensen die relatief gevoelig zijn of worden blootgesteld aan hoge concentraties, gezondheidswinst opleveren, maar het omleiden van verkeersstromen kan wel leiden tot meer verkeersemisies, daarmee de gemiddelde blootstelling elders verhogen en per saldo zelfs leiden tot meer gezondheidsverlies” (Maas et al., 2023). Maatwerk op regionaal tot lokaal niveau blijft daarmee van essentieel belang. De metingen van het LML en ILM2 in de regio kunnen daarbij ondersteunen als het gaat om het blijven monitoren van de luchtkwaliteit zodat tijdig bijgestuurd kan worden waar nodig.

3.3 Het luchthavengebied

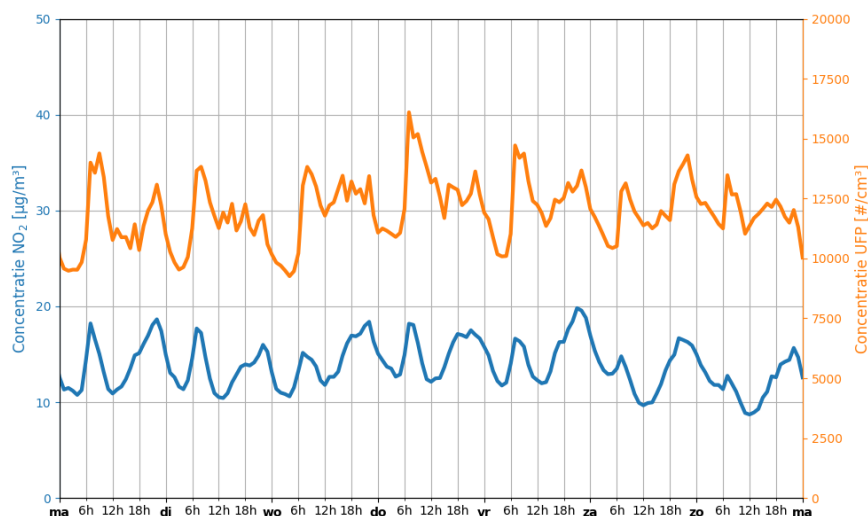
In het luchthavengebied zijn er gemiddeld ongeveer 12.000 deeltjes UFP per cm^3 gemeten in 2024. Dit is lager dan in eerdere jaren en waarschijnlijk speelt de relatief hoge neerslag in 2024 ook bij deze stof een rol. De gemeten concentraties per meetlocatie voor de verschillende stoffen staan gepresenteerd in Tabel 3.3. De I25 Luchthavenweg is qua verkeer de drukste meetlocatie, wat waarschijnlijk de hogere deeltjesaantallen ten opzichte van de andere twee locaties verklaart. Hier vinden we ook de hoogste gemeten concentraties NO_2 . De concentraties PM variëren niet zo veel tussen de 3 meetlocaties en vertonen geen relatie met UFP en NO_2 .

Tabel 3.3 Gemeten concentraties in het luchthavengebied in 2024.

	Locatie	UFP [# m^{-3}]	PM1 [$\mu\text{g m}^{-3}$]	PM2.5 [$\mu\text{g m}^{-3}$]	PM10 [$\mu\text{g m}^{-3}$]	NO_2 [$\mu\text{g m}^{-3}$]
I02	EH Scherpenering	11.9k	7,7	9,2	14,6	9,9
I14	EH Landardseweg ⁵	10.6k	8,2	9,6	14,7	13,8
I25	EH Luchthavenweg	13.4k	7,7	9,4	15,1	17,3

De gemiddelde wekelijkse gang van UFP en NO_2 in het luchthavengebied is zichtbaar in Figuur 3.5. De weekgang van UFP is vergelijkbaar met voorgaande jaren en valt te koppelen aan het vliegverkeer wat in de ochtend opstart alsmede de toename van het wegverkeer rondom de luchthaven. De UFP-deeltjesaantallen blijven vervolgens gedurende de dag verhoogd om daarna in de nacht af te nemen. De gemiddeld gemeten NO_2 concentraties laten een gelijkende temporele dynamiek zien als de gemiddelde UFP-deeltjesaantallen, beide stoffen worden door zowel weg- als vliegverkeer uitgestoten. Tegelijk zijn de gelijkenissen tijdens de werkweek groter dan in het weekend. Met name op de zondagochtend laten de UFP deeltjesaantallen wel een piek zien waar dit voor NO_2 beperkt het geval is. Waarschijnlijk kijken we hier voornamelijk naar de invloed van het vliegverkeer omdat er minder wegverkeer is op deze momenten.

Wat betreft de bijdrage van vliegverkeer aan NO_2 concentraties is een complicerende factor wanneer deze NO_2 wordt gevormd, en dus meetbaar is op de ILM2 meetlocaties. Vliegverkeer stoot NO uit wat in de lucht deels wordt omgezet naar NO_2 . Een studie van Herndon et al., (2004) nabij het John F. Kennedy airport liet zien dat relatief dichtbij de luchthaven, 350 m van taxibaan en 550 m van de landingsbaan, er relatief meer NO dan NO_2 aanwezig is. Dit NO zal vervolgens weer reageren met O_2 om NO_2 en O_3 te vormen. Aangezien de meetpunten binnen ILM2 tussen de 300 en 850 m van de landingsbaan liggen, zou het goed kunnen dat op deze locaties meer NO dan NO_2 aanwezig is. Op grotere afstand is er mogelijk meer NO_2 aanwezig zijn uitgestoten door vliegtuigen.

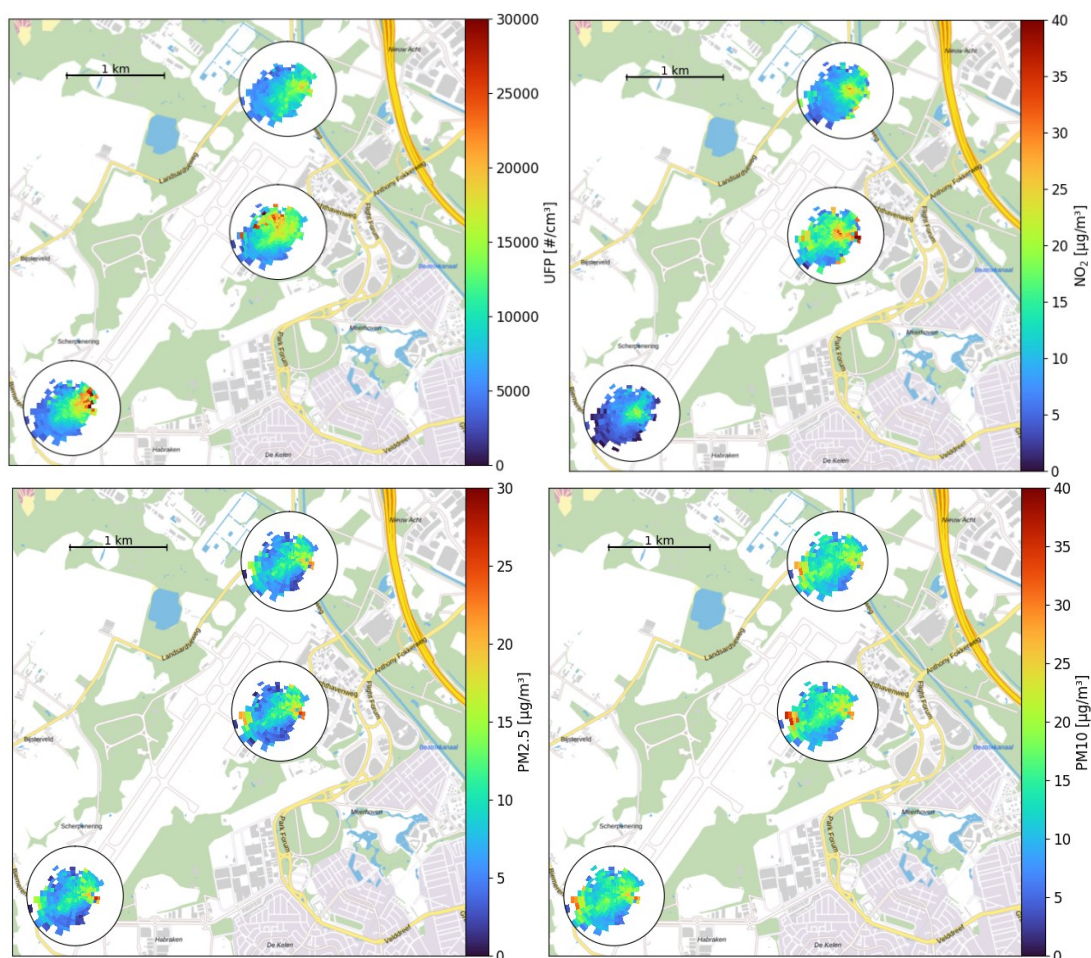


Figuur 3.5 De gemiddelde wekelijkse gang van de UFP-deeltjesaantallen (oranje) en van NO₂ concentraties (blauw) in het luchthavengebied in 2024. De waarden zijn gebaseerd op de gemiddelden van de 3 meetlocaties in het luchthavengebied.

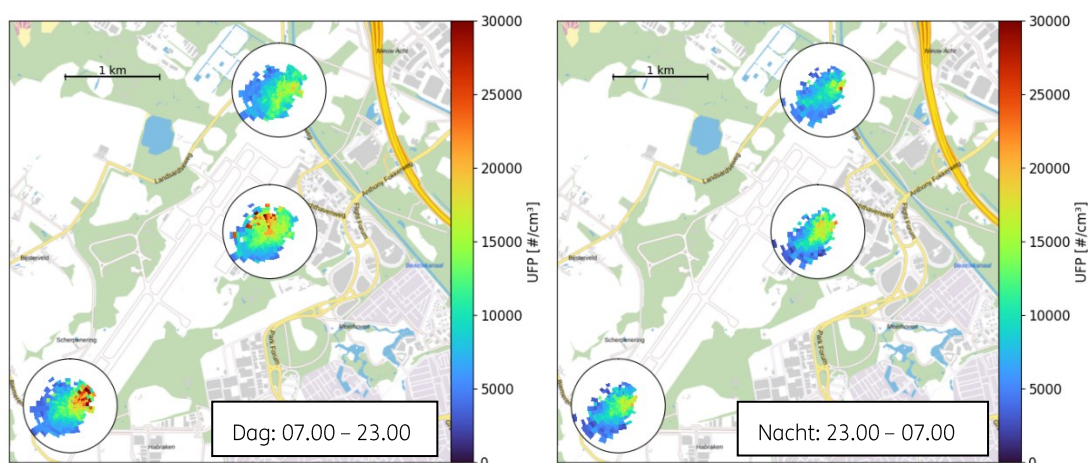
De bijdrage van vliegverkeer en wegverkeer op verhogingen van UFP is ook zichtbaar in de windrozen in Figuur 3.6. Deze windrozen laten de jaargemiddelde concentratie gemeten per combinatie van windrichting en windsnelheid zien voor de drie meetpunten in het luchthavengebied. Op alle drie de locaties nemen we UFP-verhogingen waar in de richting van de start- en landingsbaan en de platforms van Eindhoven Airport. Voor I02 Scherpenering is dit bij wind vanuit het noordoosten het geval. Bij deze windrichting zien we ook enige verhoging voor NO₂. Voor I25 Luchthavenweg vinden we de hoogste UFP concentraties bij wind vanuit het noorden waar de platforms zich bevinden. Voor I14 valt met name op dat ook bij wind vanaf de snelweg ten oosten van de meetlocatie verhogingen worden waargenomen. Dit is zowel voor UFP als voor NO₂ het geval. Voor PM is te zien dat de verschillende meetlocaties gelijkende windrozen laten zien. Het vliegverkeer levert slechts een zeer geringe bijdrage aan de heersende PM concentraties in het luchthavengebied. Binnen ILM2 is dit ook in eerdere rapportages opgemerkt en ook in andere studies is dit gevonden (Fanning et al, 2007; Tromp et al., 2024).

Figuur 3.7 laat het verschil in windrozen tussen dag en nacht zien voor UFP. Overdag beschouwen we de periode tussen 07.00 en 23.00, dit staat gelijk aan de uren waarop Eindhoven Airport open is voor burgerluchtvaart⁶. Er is gedurende de dag een duidelijk verschil te zien tussen de verschillende meetlocaties als het gaat om bij welke windrichting gemiddeld hogere deeltjesaantallen worden gemeten. Op de drie meetlocaties zijn verhogingen zichtbaar bij wind uit de richting van de start- en landingsbaan en gezien de focus op de uren waarin gevlogen worden zal dit samenhangen met het vliegverkeer. In de nachtelijke uren zijn de verschillen in de windrozen tussen de meetlocaties minder duidelijk en zijn sowieso UFP-deeltjesaantallen op alle locaties lager. Deze en de eerder getoonde analyses in dit hoofdstuk laten zien dat vliegverkeer en wegverkeer beide invloed hebben op UFP-deeltjesaantallen in het luchthavengebied. Vervolg vragen zijn in hoeverre deze deeltjes zich verspreiden door de regio, met name tot in de bewoonde gebieden, en hoe deze bronnen zich daarin tot elkaar verhouden. Er wordt onderzocht hoe hier in de toekomst invulling aan deze vragen gegeven kan gaan worden.

⁶ <https://www.luchtvaartindetoekomst.nl/regionale-luchthavens/eindhoven-airport>



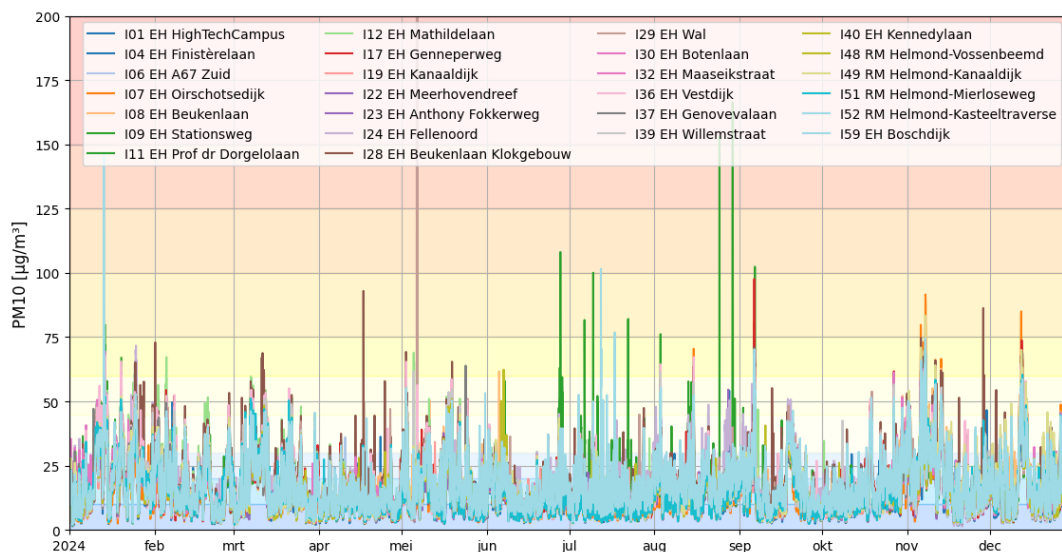
Figuur 3.6 De kaarten tonen de windroosplots van UFP, NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} voor de 3 meetlocaties rond het vliegveld in 2024.



Figuur 3.7 Windrozen van jaargemiddelde UFP deeltjesaantallen in het luchthavengebied. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de uren waarop de luchthaven wel (links) en niet open is (rechts) voor burgerluchtvaart.

3.4 Het stedelijk gebied

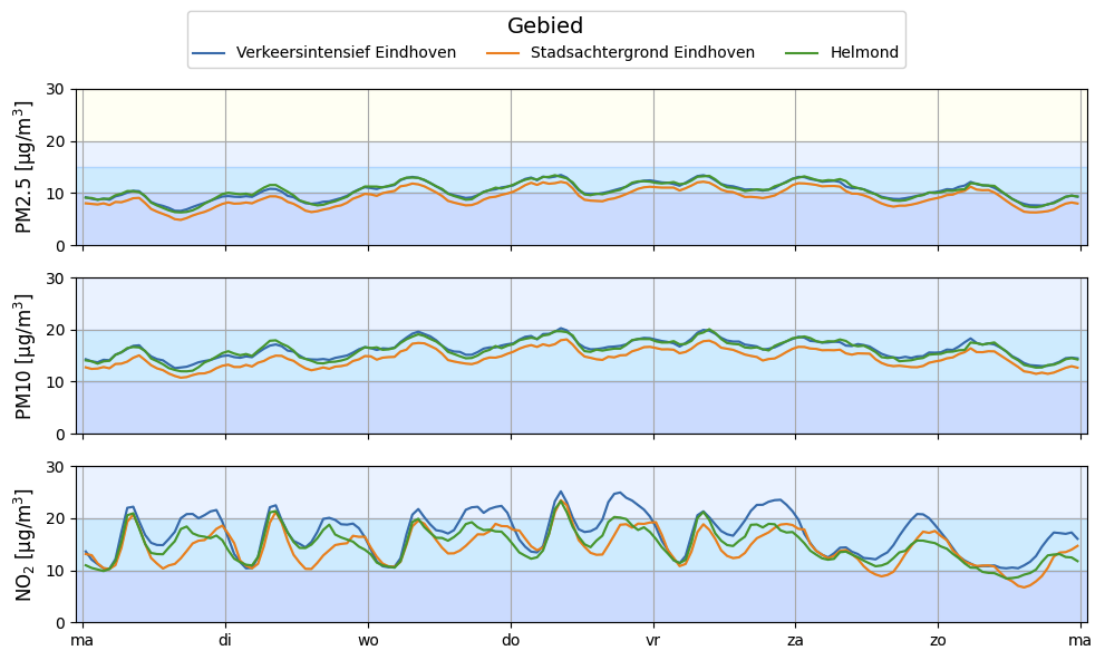
Een tijdserie van de PM10 concentraties in stedelijk gebied is getoond in Figuur 3.8 gedurende het gehele jaar 2024. Hier valt op dat de CAIREBoxen regelmatig hetzelfde patroon vertonen in het stedelijk gebied, veroorzaakt doordat de achtergrondconcentratie omhoog gaat. Hiernaast zijn er individuele PM10 pieken veroorzaakt door lokale events.



Figuur 3.8 Jaarprofiel van de uurgemiddelde PM10 concentratie van alle ILM2 meetlocaties in een stedelijke omgeving in 2024.

De hoogste PM10 piek is gemeten op 6 mei 2024 op punt I29 in Eindhoven aan straat Wal (uurlijkse concentratie boven $600 \mu\text{g m}^{-3}$). De oorzaak van deze piek is de huldiging van PSV in verband met het gewonnen landskampioenschap. Deze huldiging ging gepaard met vuurwerk en vond plaats op het Stadhuisplein, waar I29 aan ligt. De wind was op het moment van de huldiging relatief laag (2 á 3 m/s) en de wind kwam uit het (zuid)oosten. Door deze windrichting verplaatst het fijnstof zich niet richting andere meetlocaties van het ILM2. Alleen aan I36 Vestdijk was er ook een verhoging zichtbaar (tot $55 \mu\text{g m}^{-3}$ op uurbasis), waarschijnlijk door de zuidelijke component in de wind en het feit dat dit de dichtstbijzijnde meetlocatie is ten opzichte van I29.

Ten opzichte van voorgaande rapportages is de databeschikbaarheid van NO_2 in 2024 sterk verhoogd (95% ten opzichte van 58% in 2023). Dit komt door verbeteringen die zijn uitgevoerd in het NO_2 systeem in het najaar van 2023. Hierdoor kan er een beter beeld worden verkregen van verschillen in NO_2 concentraties binnen het ILM2 gebied. In Figuur 3.9 staat de wekelijkse gang van $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} en NO_2 voor verkeersintensieve en stadsachtergrondlocaties in het stedelijk gebied. Voor alle stoffen ligt de stadsachtergrondconcentratie onder die van de verkeersintensieve locaties. Voor fijnstof is het verschil echter redelijk beperkt (tot $1,8 \mu\text{g m}^{-3}$) en volgen de patronen elkaar nauwgezet. Voor NO_2 ziet het beeld er anders uit, hier is het verschil met name in de middag groot met op stadsachtergrond tot $8 \mu\text{g m}^{-3}$ lagere waarden dan op verkeersintensieve locaties.

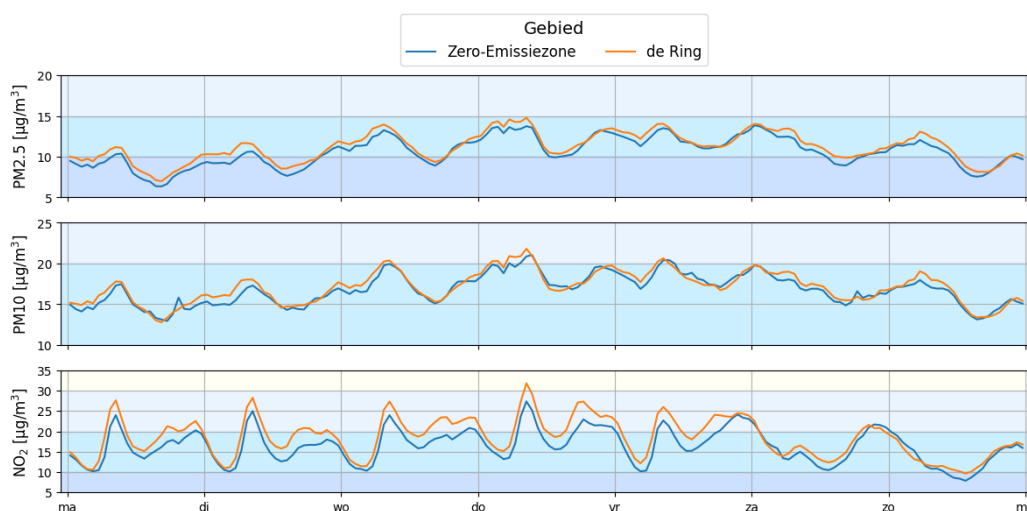


Figuur 3.9 Gemiddelde wekelijkse gang van PM2.5 (boven), PM10 (midden) en NO₂ (onder) voor verkeersintensieve en stadsachtergrond locaties.

Eindhoven stad heeft een zero-emissiezone waar bestelvoertuigen met emissieklasse van 4 of lager en vrachtwagens ouder dan 8 jaar (toetsdatum 1 januari 2025) niet in mogen (zie Figuur 3.10). In een eerdere ILM2 rapportage (van Dinther et al., 2023) kwam er geen eenduidig beeld naar voren met lagere concentraties. In Figuur 3.11 staat de wekelijkse gang geplote binnen de zero-emissiezone en vlak daarbuiten langs de ring. Hieruit komt naar voren dat voor fijnstof de concentratiegemiddeldes vergelijkbaar zijn. Voor NO₂ zien we wel verschil met lagere concentraties binnen de milieuzone (van gemiddeld 2.1 µg m⁻³). Opvallend is dat de concentraties op zondag buiten de zero-emissie zone lager zijn en meer in lijn liggen met het gebied binnen de zone. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat er op zondag minder zakelijk vrachtverkeer en bestelvoertuigen zijn op zowel de Ring als binnen de zero-emissiezone. Dat het effect van de zero-emissiezone sterker terug te zien is in NO₂ dan in fijnstof is te verwachten. De bijdrage van het lokale verkeer aan de totale fijnstofconcentraties, ten opzichte van de achtergrondconcentraties, is relatief kleiner dan bij NO₂. Hierdoor is het moeilijker de effecten van een specifieke maatregel op de fijnstofconcentraties zichtbaar te krijgen. Daarnaast liggen de emissiefactoren van vrachtwagens hoger voor NO₂ dan fijnstof (voor 2024 in stad onder normaal verkeer NO_x 5,1 g/km tegen 0,16 g/km voor PM10 in 2024, Rijksoverheid 2025) wat betekent dat ook vanuit de emissies bezien de impact van de maatregel voor NO₂ beter te zien zal zijn.



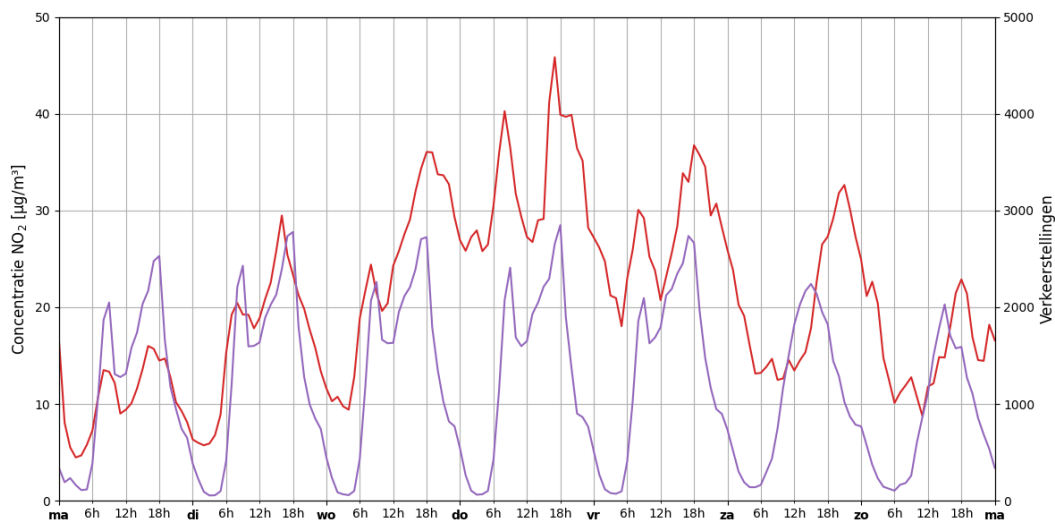
Figuur 3.10 Kaart met in donkergroen de zero-emissiezone aangegeven geldend in Eindhoven (bron: <https://www.eindhoven.nl/stad-en-wonen/verkeer/zero-emissiezone-en-milieuzone>)



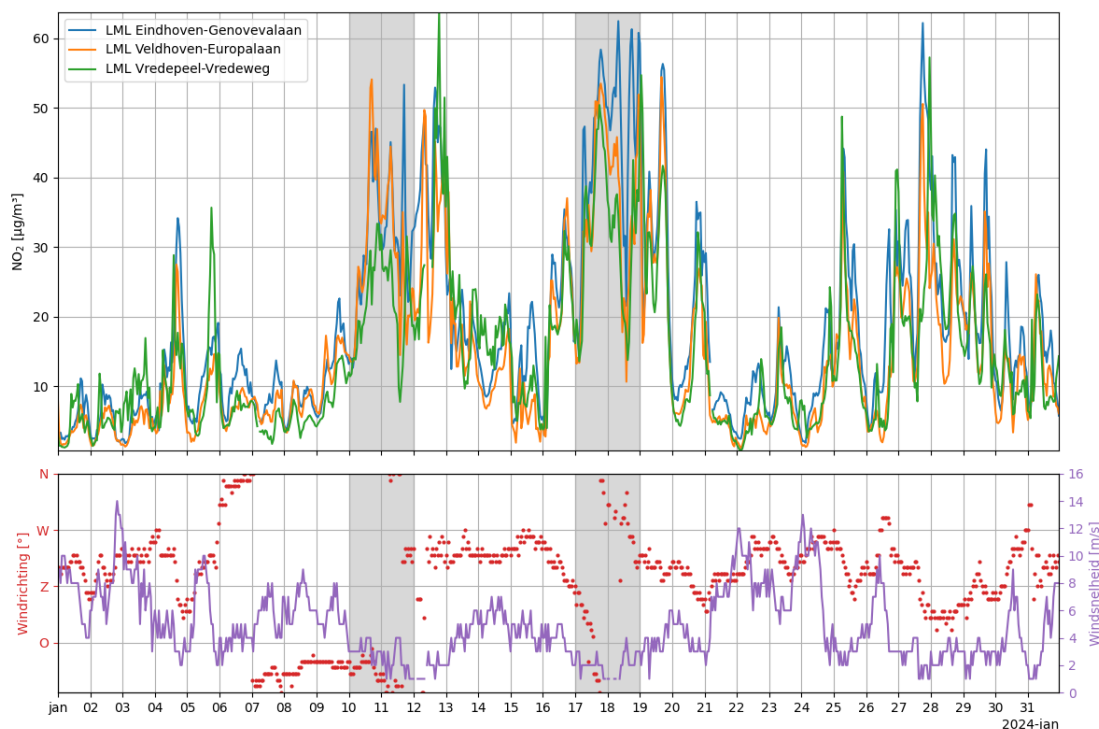
Figuur 3.11 Gemiddelde wekelijkse gang van PM2.5 (boven), PM10 (midden) en NO₂ (onder) voor Zero-emissiezone en de ring.

In Helmond worden er op verschillende plekken verkeerstellingen gedaan. Eén van deze verkeerstellingen wordt op zo goed als dezelfde plek verricht als waar de CAIREBox staat, aan de straat Kasteeltraverse (I52). Deze is gelegen aan de drukke provinciale weg N270. In Figuur 3.12 staat de gemiddelde wekelijkse gang voor NO₂ en verkeerstellingen voor de maand januari 2024. Hieruit komt duidelijk naar voren dat er een sterke correlatie is tussen de NO₂ concentratie en het aantal voertuigen die langskomen. De pieken komen over het algemeen goed overeen. Opvallend is dat de NO₂ concentratie op woensdag, donderdag en vrijdag verhoogd lijkt te zijn ten opzichte van de andere dagen. In de maand januari bleek zowel op 10,11 en 12 januari als op 17,18 en 19 januari de NO₂ concentratie verhoogd te zijn, wat toevalligerwijze beide malen op woensdag, donderdag en vrijdag valt. Deze verhoogde NO₂ concentraties zijn op deze dagen ook zichtbaar op de LML-stations in de regio (Figuur 3.13) en vallen samen met periodes met zwakke wind uit oostelijke dan wel noordelijke richting. In eerdere rapportages van het ILM2 is al eens laten zien dat regionale achtergrondconcentraties van NO₂ stijgen bij wind uit het oosten (Goudriaan et al., 2022;

van Dinther et al, 2023; van Dinther et al., 2024). Naast de invloed van het lokale verkeer laten deze en eerdere analyses zien dat de meteorologie en bronnen van verder af ook een rol spelen in regionale verhogingen van NO_2 .



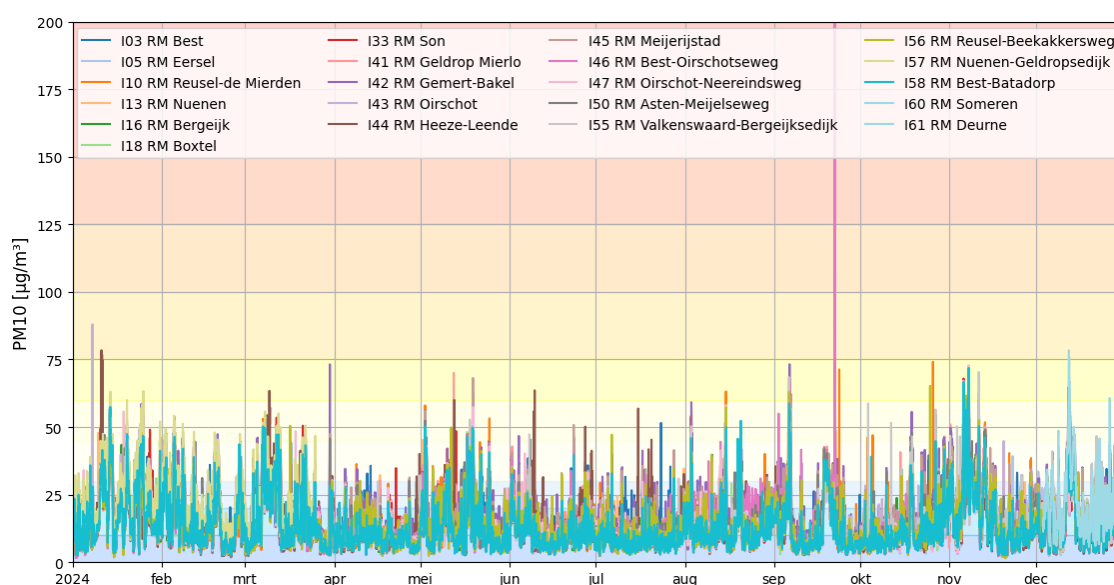
Figuur 3.12 Gemiddelde wekelijkse gang van NO_2 (rood, linker y-as) en verkeerstellingen (paars, rechter y-as) voor januari 2024 voor ILM2 meetlocatie I52.



Figuur 3.13 Uurgemiddelde NO_2 concentraties voor januari 2024 gemeten door de nabijgelegen LML-stations. Onder is de windrichting en windsnelheid per uur zichtbaar. Het is zichtbaar dat bij afnemende windsnelheden de NO_2 concentraties regiobreed oplopen. De grijze balken laten verhogingen zien die op woensdag en donderdag vallen, gelijkend aan de gemiddelde verhoging doordeweeks zichtbaar in Figuur 3.12.

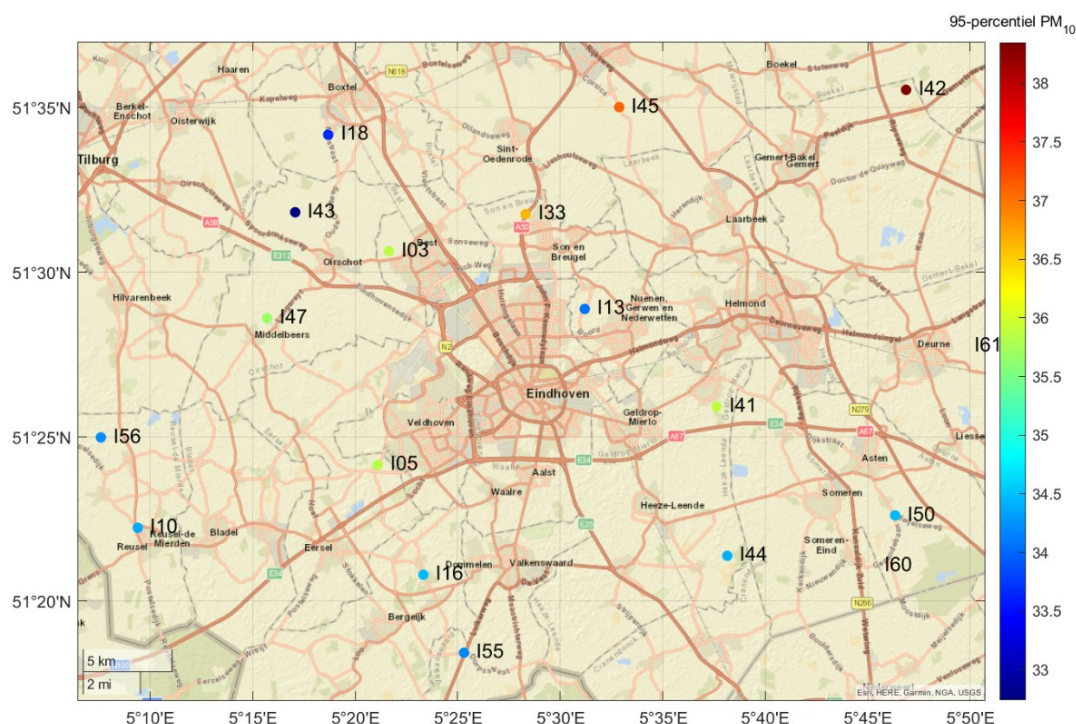
3.5 Het buitengebied

Figuur 3.14 is een tijdserie van de PM10 concentraties gemeten binnen ILM2 voor het buitengebied. De hoogste piek is gemeten in Best op de Oirschotseweg (I46): op 22 september 2024 lopen de PM10 concentraties op tot $250 \mu\text{g m}^{-3}$. Tegelijkertijd is ook de PM2.5 verhoogd, maar echter minder extreem tot $63 \mu\text{g m}^{-3}$. De PM1 concentratie is niet verhoogd, wat duidt op een event waarbij met name grotere fijnstofdeeltjes vrijkomen. De windsnelheid is op het moment van de meting relatief laag (op het KNMI station Eindhoven Airport 1 m/s). Voor NO_2 is op deze tijd geen piek zichtbaar. De wind kwam uit het zuidzuidwesten, wat vanaf een rotonde is. Mogelijk is dit een zeer lokaal event dichtbij, zoals wegwerkzaamheden, maar zonder verdere informatie is niet te duiden waar deze verhoging door veroorzaakt wordt.



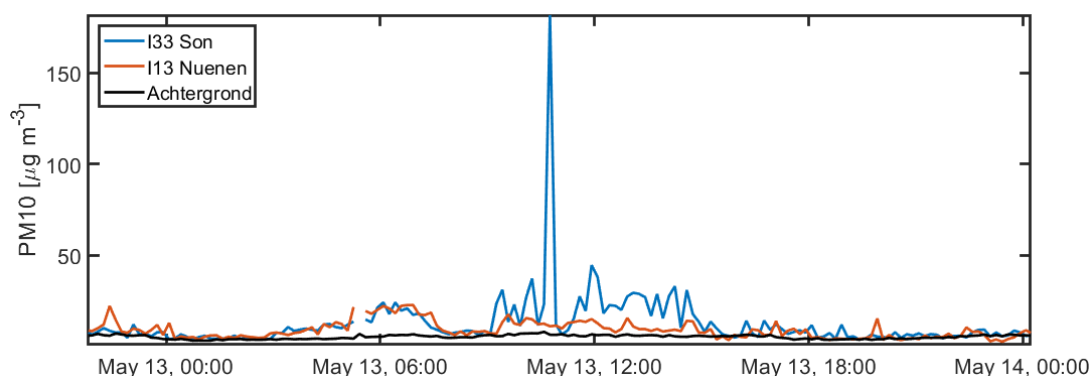
Figuur 3.14 Jaarprofiel van de uurgemiddelde PM10 concentratie van alle ILM2 meetlocaties in het buitengebied.

In eerdere ILM2 rapportages (van Dinther et al., 2023; van Dinther et al., 2024) hebben we gezien dat er in het buitengebied locaties zijn waar er pieken zichtbaar zijn in PM10. Deze conclusie is getrokken naar aanleiding van de windrozen en tijdsprofielen van deze locaties. Om te kijken in hoeverre piekwaardes in 2024 geobserveerd worden staan in Figuur 3.15 de 95-percentiel waardes van PM10 geplot in het buitengebied. Dit houdt in dat 95% van de metingen onder deze waarde zit. Allereerst valt op dat de 95-percentiel waardes relatief dichtbij elkaar zitten met maximaal zo'n $5 \mu\text{g m}^{-3}$ verschil. Hiernaast valt op dat met name I42, I45 en I33 een hogere 95-percentiel waarde hebben, wat aantoont dat ze vaker hogere PM10 waardes meten. Elk van deze meetlocaties ligt in een gebied waar een middelhoge bijdrage van veehouderij aan PM10 wordt verwacht volgens de GCN kaart van RIVM (zie Bijlage A). Voor locaties met hoge bijdrage (I44 en I50) zien we geen duidelijke verhoging van het 95-percentiel van PM10. Voor de in 2024 bijgeplaatste locaties (I60 en I61) is niet genoeg data verzameld om een statistisch betrouwbare waarde van het 95-percentiel te bepalen.



Figuur 3.15 Jaarlijks 95-percentiel PM₁₀ concentraties in het buitengebied. Databeschikbaarheid moest minimaal 75% zijn om meegenomen te worden.

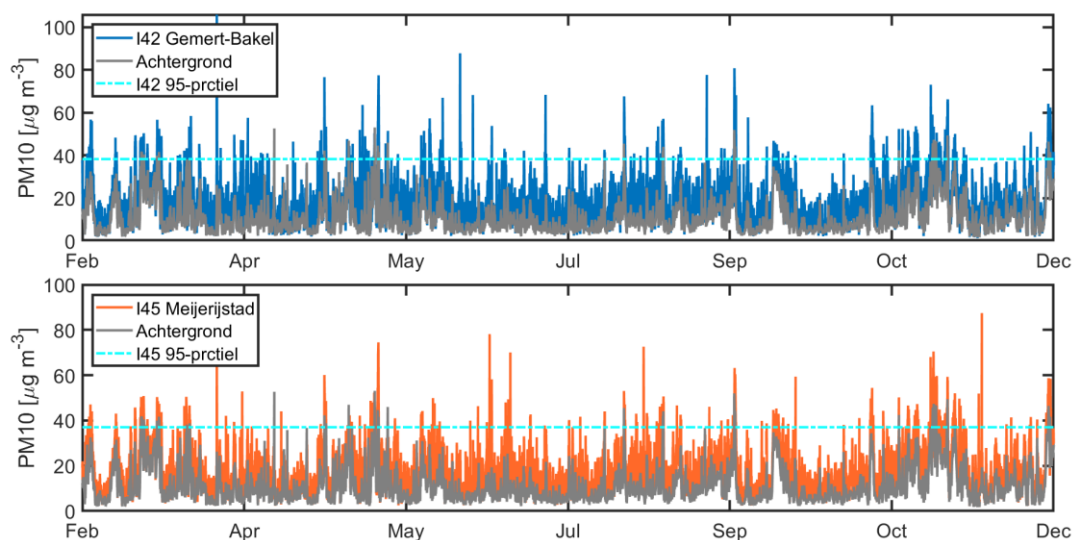
Voor I33 valt op dat de jaarlijkse 95-percentiel waarde van PM₁₀ verhoogd is (Figuur 3.15), terwijl deze verhoging niet duidelijk zichtbaar is op de jaarlijks gemiddelde concentratie. Dit duidt erop dat er niet geregeld verhogingen van PM₁₀ voorkomen die de 95-percentiel waarde beïnvloeden, want dan zou het gemiddelde ook verhoogd zijn. Bij vergelijking van de locatie in Son (I33) met de CAIREBox in Nuenen (I13) en achtergrondconcentraties valt met name een PM₁₀ piek op 13 mei op (zie Figuur 3.16). Gedurende enkele uren (van circa 9 uur tot 15 uur, lokale tijd) is de PM₁₀ verhoogd ten opzichte van de achtergrond en I13. De wind kwam op deze tijd vanuit het zuidwesten en was matig (3 m/s). Zonder verdere informatie is het lastig te achterhalen waar deze verhoging van PM₁₀ vandaan komt. Gezien de ligging van de CAIREBox en gegeven windrichting zouden dit landbouwactiviteiten op een aangelegen veld kunnen zijn.



Figuur 3.16 Tijdserie van de PM₁₀ concentraties op 10 minuten basis voor I33 (Son), I13 (Nuenen) en achtergrond (10-percentiel gehele ILM2 netwerk).

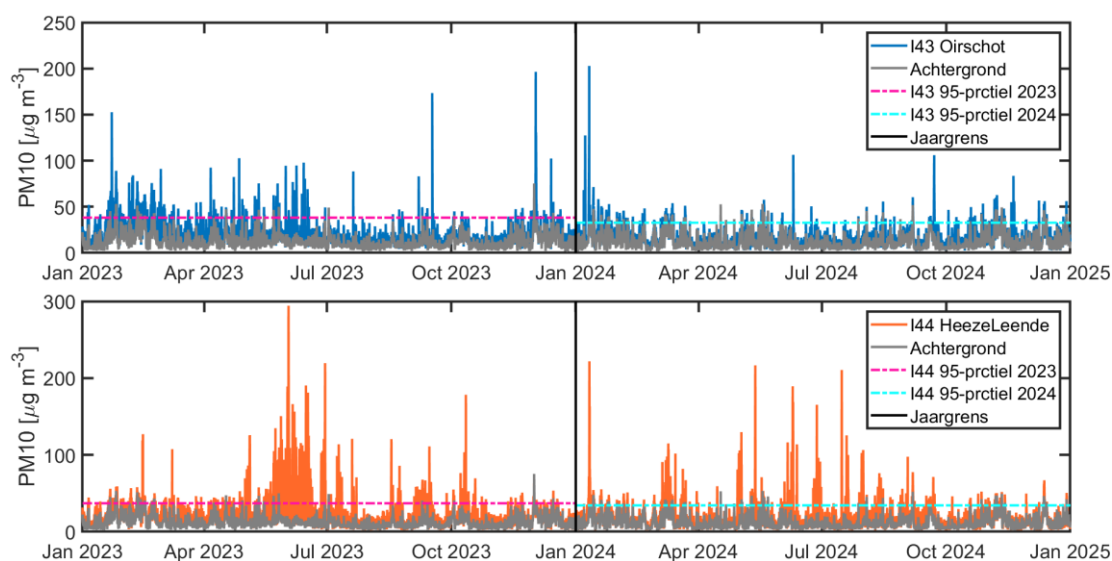
Tijdserie van het gehele jaar voor I42 en I45 zijn zichtbaar in Figuur 3.17. Voor beide locaties geldt dat er niet één bepaalde piek het 95-percentiel sterk beïnvloedt, zoals voor I33 het

geval is. De tijdserie laat zien dat het 95-percentiel voor deze locatie met name beïnvloedt wordt kortdurende PM10 pieken die geregeld voorkomen. Voor I42 is dit eerder al voor andere jaren opgemerkt (Van Dinther et al., 2023; Goudriaan et al., 2022), waarschijnlijk veroorzaakt door agrarische activiteiten in de omgeving. Ook bij I45 liggen de nodig boerderijen in de omgeving, met op het kruispunt met de CAIREBox een onverharde weg naar een stal. Waarschijnlijk worden de PM10 pieken hierdoor veroorzaakt.



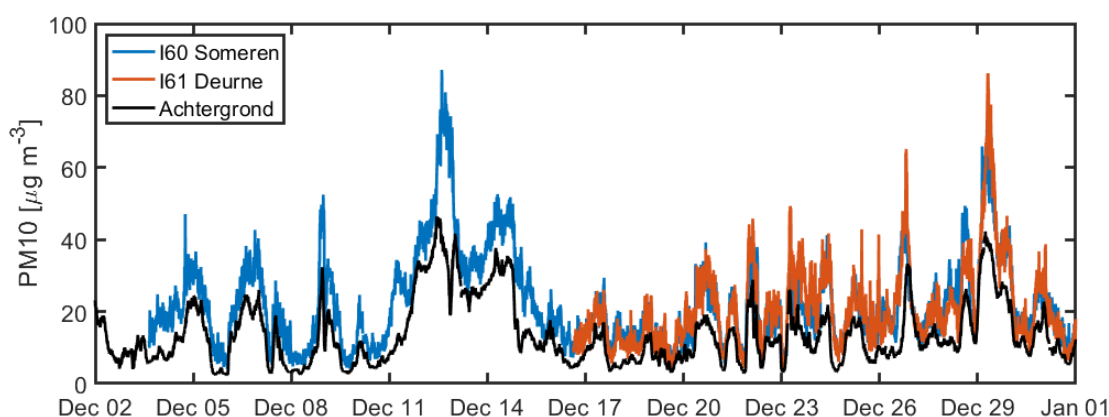
Figuur 3.17 Tijdserie op 10 minuten basis van PM10 voor I42 (boven) en I45 (onder) in 2024 met tevens 95-percentiel waarde aangegeven en achtergrondconcentraties.

Opvallend is dat I43 en I44, waar we eerder verhogingen zagen van PM10 in voorgaande jaren (Van Dinther et al., 2024; Goudriaan et al. 2023), er geen duidelijk verhoging in 95-percentiel PM10 zichtbaar is. Er wordt nu op een andere manier gekeken naar de verhogingen (met behulp van 95-percentiel, pieken van PM10 uit de richting van stallen zijn in de windroos van 2024 opnieuw zichtbaar (hier niet getoond). In Figuur 3.18 staan de tijdseries van P10 van I43 en I44 voor 2023 en 2024, evenals de achtergrondconcentraties. Voor I43 waren er in 2023 met name het eerste half jaar geregeld pieken boven de achtergrondconcentratie. In 2024 zijn deze pieken, met uitzondering van begin januari, niet duidelijk zichtbaar. Dit zorgt ervoor dat het 95-percentiel van PM10 in 2023 uitkomt op $38,1 \mu\text{g m}^{-3}$ terwijl deze voor 2024 uitkomt op $32,7 \mu\text{g m}^{-3}$. Deze substantiële afname zorgt ervoor dat locatie I43 in 2024 niet bij de locaties zit met verhogingen (in Figuur 3.15). Mogelijk dat met name een onverharde weg in combinatie met weinig regenval in het eerste half jaar in 2023 voor pieken heeft gezorgd bij I43 in dat jaar. In 2024 zijn er met name in de zomermaanden minder lange droge periodes geweest dan in 2023, dus mogelijk verklaard dit het verschil. Voor I44 valt met name een periode in juni 2023 op met regelmatig verhoogde PM10 concentraties, waardoor het 95-percentiel voor dat jaar uitkomt op $37,0 \mu\text{g m}^{-3}$. Deze hoge pieken werden waarschijnlijk veroorzaakt door droog weer in juni 2023 met overwegend wind uit het noorden komt dit waarschijnlijk vanaf landbouwwerkzaamheden op een nabijgelegen veld. In 2024 zijn er op locatie I44 nog steeds regelmatig PM10 verhogingen, maar minder frequent dan het jaar ervoor. Hierdoor komt de 95-percentiel waarde voor 2024 uit op $34,3 \mu\text{g m}^{-3}$.



Figuur 3.18 Tijdserie op 10 minuten basis van PM10 voor I43 (boven) en I44 (onder) voor 2023 en 2024 met tevens 95-percentiel waarde aangegeven en achtergrondconcentraties.

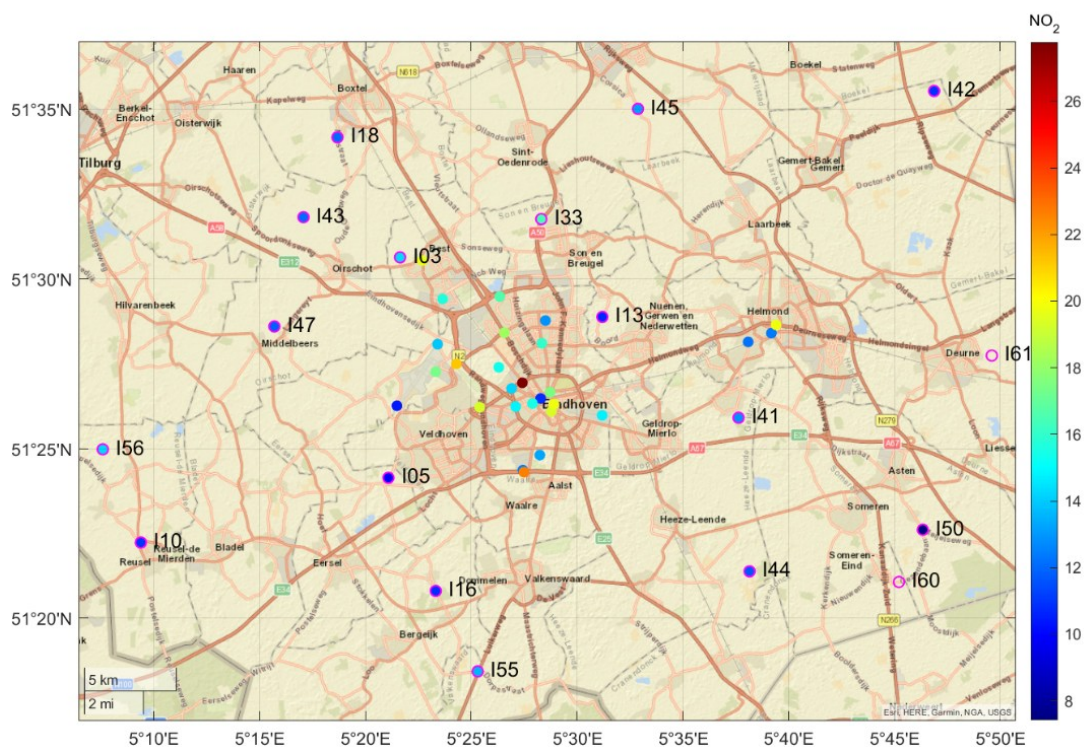
In het buitengebied zijn twee CAIREBoxen bijgeplaatst; I60 in Someren (aan de Gezandebaan) en I61 in Deurne (aan de Merlenbergseweg). Beide vallen in het gebied waar hoge bijdrage van veehouderij aan PM10 wordt verwacht vanuit de GCN kaart. In Figuur 3.19 staan de tijdseries voor de verzamelde PM10 data voor deze twee locaties, tevens wordt de achtergrondconcentratie aangegeven (10-percentiel over het gehele ILM2 netwerk). Hier komt duidelijk uit naar voren dat de locaties Someren en Deurne beide over het algemeen hetzelfde patroon als de achtergrond volgen. Bij deze beperkte dataset zien we op deze locaties geen scherpe kortdurende PM10 pieken, zoals we op bepaalde andere locaties hebben gezien in het buitengebied (van Dinther et al., 2022). Het is ook mogelijk dat dit veroorzaakt wordt door de beperkte dataset, een langere meetperiode zal ervoor zorgen dat er een beter beeld komt van de gemeten PM10 concentraties gegeven bepaalde windrichtingen.



Figuur 3.19 Tijdserie van de 10-minuten PM10 waardes voor Someren (I60) en Deurne (I61) met tevens de achtergrondconcentratie aangegeven.

In Figuur 3.20 staan de jaarlijks gemiddelde NO₂ concentraties over het gehele netwerk. Uit het figuur valt op te maken dat de NO₂ concentraties in het buitengebied over het algemeen een stuk lager liggen dan in de stedelijke omgeving. Dit is te verwachten, omdat verkeer een voorname bron van NO₂ is. Ook in het buitengebied zien we hogere NO₂ concentraties op

locaties waar meer verkeer is. Zo is er een verhoging zichtbaar op I33 (Son) gelegen nabij de A50 en op I55 (Valkenswaard-Bergeijksedijk) nabij de provinciale weg N69. Uitzondering hierop is I56 (Reusel-Beekakkersweg), hier wordt voor het buitengebied een relatief hoge NO_2 concentratie gemeten ($14,1 \mu\text{g m}^{-3}$) terwijl de CAIREBox niet in een verkeersrijkgebied staat. Het is onduidelijk waar de verhoging in NO_2 op deze locatie vandaan komt.



Figuur 3.20 Jaarlijks gemiddelde NO_2 concentraties in $\mu\text{g m}^{-3}$ over het gehele ILM2 netwerk. Locaties in het buitengebied met magenta omcirkelt en meetlocatie aangeduid. Databeschikbaarheid moest minimaal 75% zijn om meegenomen te worden.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Net als 2023 was 2024 een jaar met veel neerslag. Op het KNMI-station in Eindhoven viel 1105mm neerslag in 2024, ver boven het langjarig gemiddelde van 851mm per jaar voor Nederland. Neerslag zorgt ervoor dat luchtvervuilende stoffen uit de lucht worden gehaald door natte depositie (Mijnen-Visser et al., 2024). Gemeten concentraties van luchtvervuilende stoffen door ILM2 en LML liggen in lijn met vorig jaar en daarmee lager dan in 2021 en 2022. Over de laatste 4 jaren laten de concentraties luchtvervuilende stoffen daarmee een dalende trend zien in de regio. Het is afwachten of deze trend stand houdt in 2025, wat tot nu een aanzienlijk droger jaar is wat normaal gesproken voor hogere concentraties zorgt. De concentraties fijnstof gemeten door ILM2 in stedelijk gebied, luchthavengebied en buitengebied verschillen in de zomerperiode van 2024 niet veel van elkaar. In de winter ontstaan er grotere verschillen, waarbij in stedelijk gebied hogere concentraties worden gemeten. De gemiddeld gemeten concentraties NO_2 zijn in stedelijk gebied jaarrond hoger dan daarbuiten, ook hier zijn verschillen in de winter groter dan in de zomer. De hogere fijnstof en NO_2 concentraties gemeten tijdens de winter in de stedelijke gebieden hangt mogelijk samen met een grotere toename van emissies voor verwarming en vervoer dan in gebieden waar de bevolkingsdichtheid minder groot is.

Op basis van de ILM2 en LML meetgegevens van 2024 is een eerste vergelijking uitgevoerd met de aankomende EU grenswaarden vanaf 2030. Voor ILM2 is dit indicatief omdat het gaat om sensormetingen. We kunnen de ILM2 metingen wel vergelijken met grenswaarden, maar het is geen daadwerkelijke (wettelijk geldige) toetsing. We zien hierbij dat:

- Jaargemiddelde concentraties: Voor $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} en NO_2 worden de normen in 2030 aangescherpt tot respectievelijk $10 \mu\text{g m}^{-3}$, $20 \mu\text{g m}^{-3}$ en $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Op basis van de metingen uit 2024 wordt zichtbaar dat PM_{10} vrijwel overal in de regio al aan de 2030 normen voldoet. Voor NO_2 is dit in 2024 ook het geval. Wel is het zo dat in de eerdere, drogere, jaren 2021 en 2022 jaargemiddelde NO_2 concentraties op het LML-station Noordbrabantlaan hoger lagen dan de nieuwe norm in 2030. Voor $\text{PM}_{2.5}$ liggen jaargemiddeld gemeten concentraties van ILM2 en de verschillende LML-stations in de regio in de afgelopen jaren net boven danwel net onder de toekomstige norm.
- Overschrijdingsdagen: In de 2030 normering mogen er per stof maximaal 18 overschrijdingsdagen per jaar per stof plaatsvinden. De grenswaarden op de daggemiddelde concentratie zijn $25 \mu\text{g m}^{-3}$ voor $\text{PM}_{2.5}$, $45 \mu\text{g m}^{-3}$ voor PM_{10} en $50 \mu\text{g m}^{-3}$ voor NO_2 . Voor $\text{PM}_{2.5}$ telt het ILM2 meetlocaties waar de daggemiddelde waarde, op basis van de sensoren, vaker wordt overschreden dan 18x per jaar. Het LML-station aan de Europalaan in Veldhoven, een stadsachtergrond-station, telt 8 overschrijdingsdagen voor $\text{PM}_{2.5}$. Geen van de LML-stations in de regio laat overschrijdingen zien voor NO_2 . Voor PM_{10} is dit maximaal 2 overschrijdingsdagen bij het LML-station in Vredepeel.

Aangezien 2024 een relatief nat jaar was kunnen in drogere omstandigheden wellicht meer knelpunten ontstaan. PM_{2.5}, maar ook NO₂ gezien de gemeten concentraties in eerdere jaren, zijn aandachtspunten. Op basis van een modelstudie uitgevoerd door het RIVM (Maas et al., 2023) lijken de nieuwe normen voor de luchtkwaliteit in 2030 haalbaar bij uitvoering van vastgesteld en reeds voorgenomen beleid op luchtkwaliteit voor 98% van Nederland. Aangezien dit gaat om een voorspelling is het van belang de regionale luchtkwaliteit te blijven monitoren via metingen en bij te sturen waar nodig. De formele wettelijke toetsing op de nieuwe normen vindt uiteindelijk plaats via het CIMLK (zie ook <https://www.cimlk.nl/>).

In het luchthavengebied zien we de invloed van wegverkeer en luchtvaart terug in de ILM2 metingen van ultrafijnstof (UFP). Zo komt naar voren dat het wekelijkse verloop van de NO₂ concentraties in het luchthavengebied en het verloop van de UFP deeltjesaantallen overeenkomsten vertonen. Zo vallen de piekconcentraties voor beide stoffen op werkdagen tijdens de spitsuren, wat aangeeft dat wegverkeer zowel NO₂ als UFP uitstoot. Anderzijds gaat dit verband in de weekenden duidelijk minder op. In het weekend zien we dat de piek in NO₂ in de ochtend veel minder (op zaterdag) of zelfs vrijwel afwezig is (op zondag). UFP piekt echter wel, maar minder hoog dan op een doordeweekse ochtend. Op deze momenten zien we waarschijnlijk met name de bijdrage van het vliegverkeer terug. Op doordeweekse dagen is de bijdrage aan UFP van vliegverkeer danwel wegverkeer beide aanwezig en daardoor lastiger te isoleren. Ook is er via zogenoemde windrozen, onderzoek gedaan hoeveel UFP wordt gemeten in het luchthavengebied bij variaties in windrichting en windsnelheid. Hierbij is specifiek gekeken naar de tijden waarop er gevlogen wordt (tussen 07.00 en 23.00) en wanneer dit niet het geval is (tussen 23.00 en 07.00). Zichtbaar is dat de windrozen gedurende de dag verhoogde deeltjesaantallen UFP bij wind vanaf de start-/landingsbaan laten zien. In de nacht wordt er niet gevlogen en is deze verhoging bij wind vanaf de start-/landingsbaan er niet. Een verhoging bij wind vanaf de snelweg A2 vind nog wel plaats op die momenten. Dit is voor NO₂ en UFP het geval. Voor PM_{2.5} en PM₁₀ is er weinig verschil zichtbaar tussen de windrozen van de ILM2 meetlocaties wat laat zien dat de luchthaven zelf hier waarschijnlijk een geringe bijdrage in heeft. Dit komt overeen met bevindingen uit eerdere studies dat vliegtuigen relatief weinig regulier fijnstof uitstoten (Fanning et al., 2007; Tromp et al., 2024).

De invloed van verkeer binnen het stedelijk gebied is met name zichtbaar in NO₂, wat we ook in eerdere rapportages van het ILM2 gezien hebben. Er is in dit rapport ingezoomd op de effecten van de zero-emissiezone in Eindhoven op de NO₂ en fijnstof concentraties (zie Figuur hieronder). Deze zone geldt voorlopig enkel voor vracht- en bestelvoertuigen en nog niet voor personenauto's. De metingen laten zien dat binnen de zero emissiezone de NO₂ concentraties lager zijn dan daarbuiten (met gemiddeld 2,1 µg m⁻³). Op zondagen zijn gemeten concentraties binnen en buiten de zone meer vergelijkbaar. Waarschijnlijk komt dit doordat er op zondagen minder zakelijk vrachtverkeer en bestelvoertuigen zijn op de Ring dan doordeweeks. Voor fijnstof is zowel doordeweeks als in het weekend geen duidelijk verschil meetbaar. Dat het effect van de zero-emissiezone sterker terug te zien is in NO₂ dan in fijnstof is te verwachten. De bijdrage van het lokale verkeer aan de totale fijnstofconcentraties, ten opzichte van de achtergrondconcentraties, is relatief kleiner dan bij NO₂. Hierdoor is het moeilijker de effecten van een specifieke maatregel op de fijnstofconcentraties zichtbaar te krijgen. In Helmond is gekeken in hoeverre de verkeerstellingen overeenkwamen met de gemeten NO₂ concentraties, door te kijken naar de gemiddelde wekelijkse gang in januari 2024. De gemeten NO₂ concentraties en verkeerstellingen laten dezelfde patronen zien met overeenkomstige pieken, waarmee nogmaals de sterke link tussen verkeer en NO₂ wordt aangetoond. Daarnaast waren er in januari periodes waarin de NO₂ concentraties in een groot gedeelte van de regio een aantal dagen achtereen verhoogd waren, te zien op verschillende LML-stations in de regio. Op deze

dagen was er een zwakke wind uit oostelijk danwel noordelijke richting. In eerdere rapportages van het ILM2 is al eens laten zien dat regionale achtergrondconcentraties van NO₂ stijgen bij wind uit het oosten (Goudriaan et al., 2022; van Dinther et al., 2023; van Dinther et al., 2024). Naast de invloed van het lokale verkeer laat dit zien dat op regionaal niveau de meteorologie en bronnen van verder af ook een rol spelen voor NO₂. Binnen het stedelijk gebied zijn de hoogste pieken van fijnstof gemeten op 6 mei 2024, veroorzaakt door vuurwerk tijdens de huldiging van PSV vanwege het landskampioenschap voetbal. De meetlocatie aan het stadhuisplein (I29, Wal) heeft daarbij uurgemiddelde concentraties gemeten van PM10 tot 600 µg m⁻³ en piekconcentraties die daar nog ver boven lagen.

De gemiddelde jaarlijkse NO₂ concentratie voor het hele ILM2 netwerk, laat duidelijk zien dat deze in het buitengebied lager liggen dan in het stedelijk gebied (zie figuur). Dit wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door meer verkeer in het stedelijk gebied. Ook in het buitengebied is echter zichtbaar dat de NO₂ concentratie hoger is op locaties waar meer verkeer langskomt, zoals voor I33 (Son) nabij de A50 en I55 (Valkenswaard-Bergeijksedijk) nabij de N69. Voor het buitengebied is er gekeken in hoeverre piekconcentraties voor PM10 voorkwamen door de 95-percentielwaarde van het gehele jaar te plotten op een kaart. Dit houdt in dat 95% van de metingen gedaan in 2024 per meetlocatie onder deze waarde zit. Hieruit kwam naar voren dat deze percentielwaarde met name voor drie locaties hoger ligt; I42, I45 en I33. Voor alle drie locaties wordt middelhoge bijdrage van veehouderij op PM10 verwacht (op basis van de GCN-kaart van het RIVM). Voor I42 en I45 lijkt het invloed te zijn van veehouderij. Bij I33 zorgt een langdurige piek op één specifieke dag voor de hoge 95-percentiel waarde. Analyse van I43 en I44 (voorheen locatie met PM10 pieken) laat de invloed van regen zien, met meer piek concentraties in 2023 in vergelijking tot 2024 vanwege drogere periodes in dat jaar (in combinatie met onverharde wegen in de omgeving). In het buitengebied zijn in december 2024 twee locaties bij geplaatst; I60 (Somerens) en I61 (Deurne). De beperkte dataset tot nu toe, laat zien dat de PM10 concentraties het patroon van de achtergrond volgen.

4.2 Aanbevelingen

De jaarrapportage van 2024 is een verdere verdieping op de jaarrapportage van 2023, in de zin dat in 2024 ook in detail gekeken is naar de invloeden van activiteiten in de omgeving op lokale concentraties. Daarbij is extra veel aandacht besteed aan NO₂. In het luchthavengebied zien we dat NO₂ en UFP-deeltjesaantallen samen oplopen, waarbij we bijvoorbeeld tijdens de ochtend- en avondspits bij beide stoffen pieken zien. In het stedelijk gebied zijn relaties tussen NO₂ concentraties en samenstelling (wel/geen milieuzone) en intensiteit van verkeer in beeld gebracht. In het buitengebied is gekeken naar piekconcentraties van PM10 en verschillen in NO₂. Meer informatie uit de omgeving kan daarbij verdere duiding van de meetgegevens mogelijk maken: dit gaat bijvoorbeeld over informatie over verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling, aantallen vluchten, staltypes en aantallen dieren. Daarmee kunnen verbanden in tijd en ruimte tussen luchtkwaliteit en mogelijke activiteiten en bronnen onderzocht worden.

Uit de analyse van de meetgegevens van 2024 komen overeenkomstige aandachtspunten naar voren als in voorgaande jaren wat betreft het verbeteren van de regionale en lokale luchtkwaliteit. Een aantal van deze aanbevelingen kan wel verder aangescherpt worden op basis van de bevindingen over 2024:

- Vooruitblikkend op de EU grenswaarden van 2030 laten de analyses uit dit rapport zien dat PM_{2.5} een aandachtspunt is. In de ILM2 jaarrapportage 2023 is eerder zichtbaar gemaakt dat PM_{2.5} concentraties met name in de winter regionaal verhoogd zijn, en dat onder andere houtstook daar een rol in speelt (van Dinther et al., 2024). Voorlichting rond houtstook en gebruik van de stookwijzer (waarbij hout stoken in geval van ongunstige meteorologische condities wordt afgeraden) kunnen eerste stappen zijn voor gemeentes om hier actie op te ondernemen. Naast metingen kan melden van het stoken van hout in haarden en kachels als onderdeel van het omgevingsplan mogelijkheden bieden om de bijdrage van houtstook in de regio verder in beeld te brengen om een meer (gebieds-) gerichte aanpak vorm te kunnen geven. Aanvullend kan het toewerken naar schone(re) verwarmingsbronnen en het reduceren van de uitstoot van verkeer ook een bijdrage leveren aan reductie van PM_{2.5}-emissies.
- In stedelijke gebieden is verkeer een belangrijke bron van NO₂. Er zijn verschillende routes denkbaar om de NO₂ concentratie te verminderen. Allereerst kan het verkeersvrij, of als tussenstap verkeersluw, maken van delen van de stad resulteren in verbeterde luchtkwaliteit doordat de uitstoot hierdoor wordt gereduceerd. Ten tweede kan het instellen/verscherpen van een milieuzone waarmee de meest vervuulende voertuigen worden geweerd, zoals de analyses in deze rapportage voor NO₂ laten zien, bijdragen aan het verminderen van emissies. Ten slotte kan het scheiden van verkeersstromen, waarbij fietsers en voetgangers een andere route volgen dan auto's, ook helpen de blootstelling van burgers te verminderen. Het doorvoeren van dergelijke maatregelen is met name relevant op plekken waar veel mensen blootgesteld worden aan vieze lucht alsmede in de buurt van scholen en andere gevoelige bestemmingen.
- Vliegverkeer draagt bij aan verhogingen van UFP in het luchthavengebied. Wat nog niet kan worden vastgesteld is hoe ver deze invloed reikt naar de bewoonde gebieden in de regio. Voor een eerste indicatie van deze verspreiding is modellering een optie, met name om te zien of er substantiële verhogingen in UFP te verwachten zijn in woon- en werkgebieden rond de luchthaven. In combinatie met metingen van deeltjesgrootteverdeling, en mogelijk chemische samenstelling van UFP, kan verder in beeld worden gebracht hoe de bijdrages van verschillende bronnen van UFP zich tot elkaar verhouden op grotere afstanden. De UFP-metingen laten ook de invloed van het wegverkeer zien. Voor UFP wordt daarom aangeraden om ook te meten bij drukke wegen waar mensen potentieel langdurig blootgesteld worden, zoals drukke verkeersroutes/pleinen in de buurt van woningen en gevoelige bestemmingen.
- In het buitengebied worden op een aantal meetlocaties regelmatig PM₁₀ concentratiepieken gemeten welke mogelijk samenhangen met veehouderij in de nabijheid van die meetlocaties. Op andere meetlocaties waar ook veehouderijen in de nabijheid staan is dit niet het geval. Ook onverharde wegen lijken een bron van met name PM₁₀ in het buitengebied, deze wegen verhard kan helpen de PM₁₀ concentratie te reduceren. Het is daarom van belang om vast te stellen of 1) deze concentratiepieken inderdaad direct te relateren zijn aan veehouderij in de nabijheid van de meetlocatie, 2) welke typen veehouderij, activiteiten, en omstandigheden deze concentratiepieken veroorzaken, 3) wat de samenstelling is van het fijnstof om gezondheidsimpact in te kunnen schatten en 4) of er mogelijkheden zijn deze concentratiepieken te reduceren. Een eerste stap binnen de kaders van het ILM2 wordt in 2025 gezet via een gerichte meetcampagne rond een pluimveehouderij waar in 2026 de resultaten van de analyses van worden verwacht.

5 Referenties

Bloemen H.J.T., Mooibroek D., Cassee F.R., van Putten E.M. (2008). Composition and sources of fine particulate matter (PM_{2.5}) in the Netherlands. RIVM-rapport 863001007/2008. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/863001007.pdf>.

Denissen, S. (2022). Luchtkwaliteit en gezondheid in de provincie Noord-Brabant. GGD West-Brabant/ GGD Hart voor Brabant / GGD Brabant-Zuidoost, mei 2022.

Dusseldorp A., Fischer P.H., Dijkema M.B.A., Strak M.M. (2014). Luchtkwaliteitsindex: Aanbevelingen voor de samenstelling en duiding. Bilthoven, RIVM.

Esveld J.C., le Feber M., Tromp P.C., Lollinga J.P., Fabriek S., Spaan S., Korstanje T.J. (2024). Onderzoek naar blootstelling aan ultrafijnstof op Eindhoven Airport. TNO 2023 R11648.

Fanning, E., Yu, R. C., Lu, R., & Froines, J. (2007). Monitoring and Modeling of Ultrafine Particles and Black Carbon at the Los Angeles International Airport. *California Air Resources Board*.

Fischer P.H., Marra M., Ameling C.B. (2015). Air Pollution and Mortality in Seven Million Adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). *Environ Health Perspect* 123(7):697-704 doi:10.1289/ehp.1408254

Gerlofs-Nijland M., Weijers E., Woutersen A., Verhagen G., Triel J., Bronsveld P., van Dinther D., Blom M., de Jonge D., Hoek G., Froeling F. (2022). Samenwerking Houtrookonderzoek RIVM | TNO | GGD Amsterdam | UU. Bilthoven: RIVM.

Goudriaan R., Zhang J., Tokaya J., Hensen A., van Dinther D., Kaandorp S., Blom M., Plomp A. (2022). Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant: Jaarrapportage 2021. TNO-Rapport R12396.

López M.C., Hermosilla T., Lai H. T., Aarnink A. J. A., Ogink N. W. M. (2011). Particulate matter emitted from poultry and pig houses: source identification and quantification. *Transactions of the ASABE*, 54(2), 629-642.

KNMI (2024). De staat van ons klimaat, 2024. https://cdn.knmi.nl/system/data_center_publications/files/000/072/295/original/KNMI-publicatie_25-01.pdf.

Hagenaars T., Hoeksma P., de Roda-Husman A.M., Swart A., Wouters I. (2017). Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (aanvullende studies). Analyse van gezondheidseffecten, risicofactoren en uitstoot van bio-aerosolen, Bilthoven, RIVM, RIVM-rapport nr. 2017-0062, 69 p.

Maas R.J.M., Hoekstra J., Huitema M., de Vries W., Ruysenaars P.G. (2022). Inventarisatie van benodigde maatregelen om WHO-advieswaarden voor luchtkwaliteit in 2030 te realiseren. RIVM Rapportnummer 2022-0094.

Maas R.J.M., Ruysenaars P.G., Berkhout H., Gerlofs-Nijland M.E., Huitema M., Stefess G.C., Teeuwisse S., Wessling J. (2023). Gevolgen van de voorgestelde Europese luchtkwaliteitsrichtlijn voor Nederland. RIVM Rapportnummer 2023-0167.

Mijnen-Visser S., de Jongh L.A., Hazelhorst S.B., Hoogerbrugge R., Soenario I., Stolwijk G.J.C., de Vries W.J., Wichink Kruit R.J., Zuidberg S. (2024). Grootschalige concentratiekaarten Nederland. Rapportage 2024. RIVM-rapport 2024-0059.

Pan L., Jianming X., Xuexi T., Mao X., Gao W., Chang L. (2019). Long-term measurements of planetary boundary layer height and interactions with PM_{2.5} in Shanghai, China. *Atmospheric Pollution Research*, Volume 10, Issue 3, May 2019, Pages 989-996.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (2013). Dossier 'Fijn stof'. Versie 1 © RIVM, Bilthoven, januari 2013. <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Dossier%20fijn%20stof.pdf>

Rijksoverheid (2025). Download 'Emissiefactoren voor snelwegen en niet-snelwegen' beschikbaar via <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2025/03/21/emissiefactoren-voor-snelwegen-en-niet-snelwegen-2025>, geraadpleegd op 15-10-2025.

Seltzer, K. M., Shindell, D. T., & Malley, C. S. (2018). Measurement-based assessment of health burdens from long-term ozone exposure in the United States, Europe, and China. *Environmental Research Letters*, 13(10), 104018.

Tromp P.C., van Dinther D., de Bie S.E., Duyzer J., Lollinga J.P., Moerman M.M., Henke S.J. (2021). Verkennend onderzoek ultrafijnstof op het Schiphol terrein met behulp van mobiele metingen. TNO 2021 R11745, pp 66, <https://nieuws.schiphol.nl/download/1093199/tnorapportr11745ufp-schiphol.pdf>.

Tromp P.C., Esveld J.C. (2024). Luchtkwaliteitsonderzoek omgeving Vliegbasis Leeuwarden rondom Operation Frisian Flag 2023. TNO 2024 R10528, pp45.

US EPA 2013 Integrated Science Assessment for Ozone and Related Photochemical Oxidants EPA/600/R-10/076F Office of Research and Development—National Center for Environmental Assessment-RTP

Van Dinther D., Plomp A.J. (2019). CAIREBoxmetingen fijnstof en stikstofdioxide in Sliedrecht van 15 juni 2018 tot 1 augustus 2019. TNO 2019 R11447 <http://resolver.tudelft.nl/uuid:e54b0ac4-5547-4c2e-b389-84f2a0e7944f>

Van Dinther D., Blom M.J., van den Bulk W.C.M., Kos G.P.A., Voogt M. (2019). Metingen van aantallen ultrafijnstofdeeltjes rond Schiphol gedurende ruim één jaar. Met medewerking van GGD Amsterdam, Leefomgeving team Luchtkwaliteit. TNO Rapport 10591.

Van Dinther D., Moerman M.M., Lollinga J.P., van Doorn L.B., Korstanje T.J. (2022). Concentraties ultrafijnstof op het platform van Eindhoven Airport. TNO Rapport 11315.

Van Dinther D., Goudriaan R., de Bruin G.J., Zhang J., Tokaya J., Kaandorp S., Blom M. (2023). Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant: Jaarrapportage 2022. TNO-Rapport R11852.

Van Dinther D., Goudriaan R., de Bruin G.J., Kaandorp S., Blom M. (2024). Regionaal Meetnet ILM2 in Zuidoost-Brabant: Jaarrapportage 2023. TNO-Rapport R12806.

Voogt M., Zandveld P., Wesseling J., Janssen N. (2019). Metingen en berekeningen van ultrafijn stof van vliegverkeer rond Schiphol: voor onderzoek naar de gezondheid van omwonenden. RIVM Rapport 2019-0074.

Voogt M., Zandveld P., Erbrink H., van Dinther D., van den Bulk P., Kos G., Blom M., de Jonge D., Helmink H., Meydam J., Visser J., Middel J., Hoek G., van Ratingen S., Wesseling J., Janssen N.A.H. (2023). Assessment of the applicability of a model for aviation-related ultrafine particle concentration for use in epidemiological studies. *Atmospheric Environment*, 309, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119884>.

Winkel A., Erbrink J.J., Wouters I.M., Huis in 't Veld J.W.H., Heederik D.J.J., Ogink N.W.M. (2018). Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: eindrapport endotoxine. *Livestock Research Rapport* 1092.

Wouters I.M., van Ratingen S.W., Hendricx W.P., Bult P.M., Haaima M., Scherpenisse P., Nijdam R., Overbeek B.A. (2024). Onderzoek naar luchtkwaliteit en beleving in een agrarisch gebied in Zuidoost-Brabant. RIVM Rapport 2024-0080.

6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

AiREAS B.V.
Klaverhoekseweg 12B
5681 PX Best

In naam van het consortium Regionaal Meetnet Zuidoost-Brabant

Namen van de projectmedewerkers:

Daniëlle van Dinther, Ruben Goudriaan, Gerrit Jan de Bruin, Marc van Dijken, Matthijs Kaandorp, Bastiaan Wit

Tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgevonden:

Januari – December 2024

Autorisatie vrijgave

Namens:

Marieke van Milligen
Research Manager

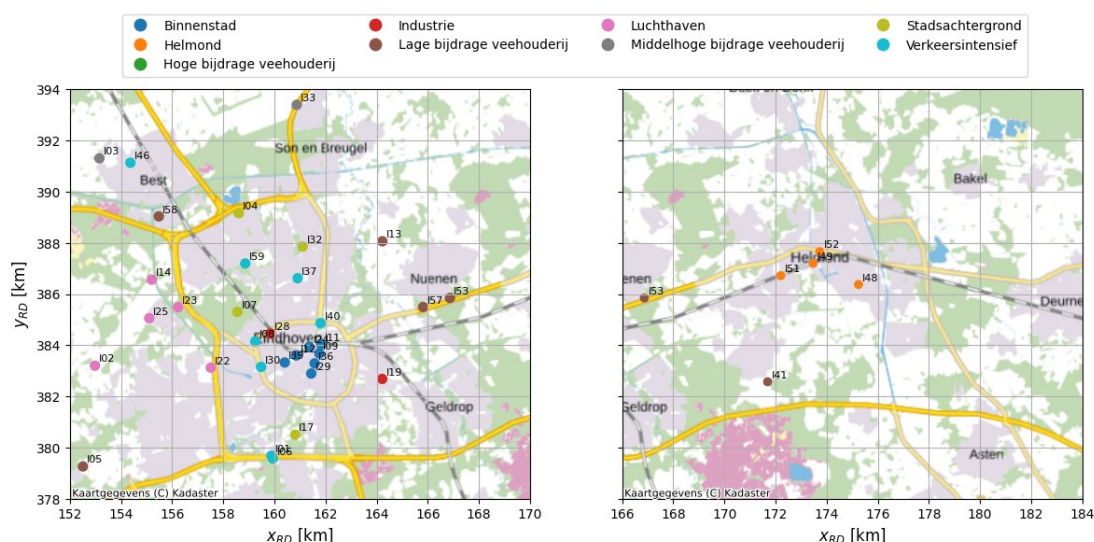
Peter Petiet,
Deputy Research Manager EMSA

Bijlage A

Meetlocaties ILM2

In totaal is er in 2024 op 53 meetlocaties gemeten. In deze bijlage staan de meetlocaties van het ILM2 gepresenteerd met toelichting waarom voor die locaties is gekozen.

Stad en luchthavengebied Eindhoven: In 2024 waren 25 meetlocaties actief in Eindhoven. Deze meetlocaties zijn voorgesteld door TNO, RIVM en UU-IRAS en vervolgens in afstemming met de gemeente Eindhoven vastgesteld. De meetlocaties in Eindhoven en Helmond staan getoond in de kaart hieronder.



Overzicht van de meetlocaties in het stedelijke gebied van Eindhoven en Helmond in 2024.

Binnenstad: Op basis van voorziene grootschalige ruimtelijke verdichtingen (tot 2040 naar verwachting 35.000 woningen extra binnen De Ring) en rondom het station (zowel aan de zuidzijde als de noordzijde 10.000-12.000 woningen erbij in woontorens in 2025) zijn diverse meetlocaties binnen De Ring ingericht. Dit zijn relatief drukke locaties wat betreft verkeer.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I09	EH Stationsweg	11-12-2020
I11	EH prof dr. Dorgelolaan	21-12-2020
I12	EH Mathildelaan	11-12-2020
I24	EH Fellenoord	21-12-2020
I29	EH Wal	16-12-2020
I36	EH Vestdijk	14-10-2020
I39	EH Willemstraat	12-10-2020

Verkeersintensief: Als resultaat van de ontwikkeling naar een autoluw en emissievrij stadscentrum zal het autoverkeer (deels) uit het stadscentrum naar buiten worden gedrukt. Het kan dus op de Ring drukker gaan worden waardoor de emissies mogelijk zullen

toenemen. De Genovevalaan is een relatief drukke weg noordelijk van de ring. Hier heeft TNO een meetrek naast een referentie station van het LML. Aan dit meetrek kunnen meerdere CAIREBoxen parallel worden geplaatst, zowel ter referentie als reserve.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I08	EH Beukenlaan	25-1-2021
I30	EH Botenlaan	7-1-2021
I37	EH Genovevalaan	8-10-2020
I40	EH Kennedylaan	12-10-2020
I59	EH Boschdijk	11-12-2023

Luchthaven: Langs de luchthaven zijn 3 meetlocaties ingericht waar ook UFP gemeten wordt. Recente metingen rond Schiphol laten zien dat UFP een belangrijk onderdeel is wat betreft het vaststellen van luchtkwaliteit rond vliegvelden (Tromp et al., 2021; Voogt et al., 2019; van Dinther et al., 2019; Voogt et al., 2023). Op dit moment wordt verondersteld dat de NO₂ emissies vanuit vliegtuigen relatief laag zijn in vergelijking met de emissies vanuit stadsverkeer; dit kan mede onderzocht worden via deze metingen.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I02	EH Scherpenering	8-10-2020
I25	EH Luchthavenweg	9-10-2020
I14	EH Landardseweg	20-1-2021

Industrie: Daarnaast zijn een aantal meetlocaties ingericht om bepaalde puntbronnen te bemeten. Aan de Kanaaldijk is een meetlocatie geplaatst benedenwinds van de DAF-fabriek. Op het Klokgebouw (dit is de enige meetlocatie in het meetnet op hoogte) is een meetlocatie ingericht tegenover de biomassacentrale op Strijp-T.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I19	EH Kanaaldijk	6-1-2021
I28	EH Klokgebouw	4-2-2021

Stadsachtergrond: Op de achtergrondlocaties wordt weinig invloed van lokale bronnen, zoals verkeer, verwacht. Daardoor kan het verschil met meer drukke locaties, zoals in het centrum of bij De Ring, worden onderzocht. Er zijn twee achtergrondlocaties in parken en twee meetlocaties waar eerder lage concentraties zijn gemeten tijdens ILM1 ingericht.

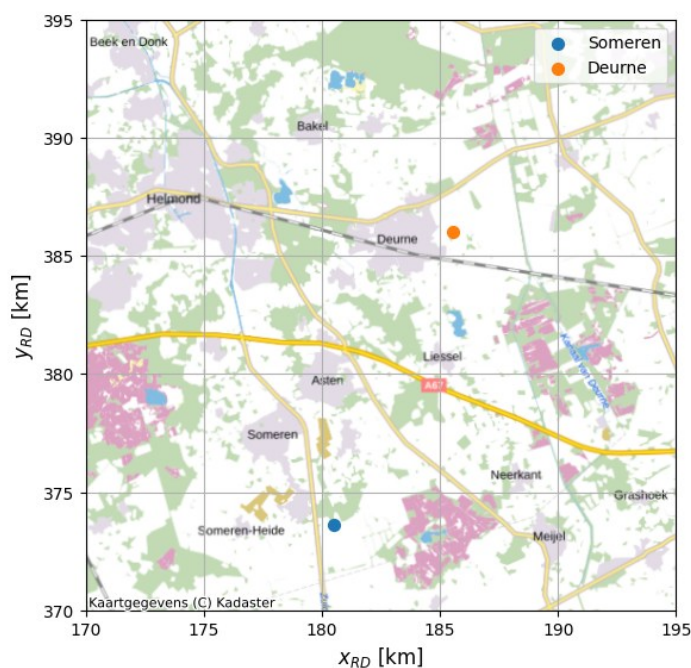
Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I04	EH Finistérelaan	7-1-2021
I07	EH Oirschotsedijk	11-1-2021
I17	EH Genneperweg	11-1-2021
I32	EH Maaseikstraat	16-12-2020

Snelweg: Een onderzoeksdoel is om de impact en de reikwijdte van de invloed van de snelwegen rond Eindhoven te onderzoeken: daarbij wordt gemeten op meetlocaties loodrecht op de rijbaan (beneden- en bovenwinds) van de A67. De gemeente Eindhoven

houdt er daarnaast rekening mee dat in de toekomst de luchtvaart opnieuw zou kunnen gaan groeien. Lucht- en landzijdige bereikbaarheid zijn onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Meer/minder vliegverkeer betekent meer/minder autoverkeer. De invloed van het wegverkeer van en naar de luchthaven wordt op twee locaties gemonitord.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I01	EH High Tech Campus	07-06-2022
I06	EH A67 Zuid	04-11-2022
I23	EH Anthony Fokkerweg	25-1-2021
I22	EH Meerhovendreef	11-1-2021

Meetlocaties in de regio: In 2024 waren er 16 meetlocaties actief in de regio. Voor het selecteren van deze locaties is gebruik gemaakt van de GCN-kaart voor fijnstof afkomstig van veehouderij van het jaar 2019 (beschikbaar gesteld door RIVM). De te verwachten bijdrage aan PM10 concentraties vanuit veehouderijen was leidend in de locatiekeuze. Er is daarnaast gekeken naar de ruimtelijke verdeling over het gebied en over de deelnemende gemeentes. Ook zijn er meetlocaties die binnen bovenstaande voorwaarden invloed van verkeersstromen in beeld kunnen brengen.



Overzicht van de nieuwe meetlocaties geplaatst in 2024 in Someren en Deurne.

Hoge bijdrage ($> 5 \mu\text{g m}^{-3}$): Deze meetlocaties staan op plekken waar een hoge bijdrage aan concentraties PM10 vanuit emissies gerelateerd aan veehouderij wordt verwacht op basis van de GCN kaart. De locatie in Someren is in 2024 geplaatst na bevestiging van deelname van deze gemeente aan het Regionaal Meetnet. Ook is een nieuwe locatie geplaatst aan de Merlenbergseweg in Deurne ter vervanging van de eerdere locatie aan de Paardekopweg.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I44	Heeze-Leende – Ronde Bleek	7-6-2021
I50	Asten – Meijelseweg	19-01-2022
I60	Someren – Gezandebaan	3-12-2024
I61	Deurne – Merlenbergseweg	16-12-2024

Middelhoge bijdrage ($1-5 \mu\text{g m}^{-3}$): Daarnaast zijn er meerdere meetlocaties geselecteerd met een naar verwachting middelhoge bijdrage van veehouderij in de nabije omgeving. Bij de meetlocatie in Son en Breugel kan mogelijk ook de invloed van de nabijgelegen snelweg in beeld worden gebracht.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I03	Best – Kapelweg	10-3-2021
I10	Reusel – Mierdseweg	17-3-2021
I33	Son – Sonniuswijk	15-3-2021
I42	Gemert-Bakel – Keizersven	7-6-2021
I43	Oirschot – Krukkerd	20-10-2021
I45	Meijerijstad – Zonveldstraat	28-5-2021

Lage bijdrage ($< 1 \mu\text{g m}^{-3}$): Als contrast zijn meetlocaties ingericht op locaties waar een lage bijdrage aan PM10 vanuit stallen wordt verwacht ($< 1 \mu\text{g m}^{-3}$). Deze locaties fungeren als regionale achtergrondlocaties en geven inzicht in de heersende luchtkwaliteit zonder, momenteel bekende, uitgesproken lokale bronnen. De meetlocatie in Valkenswaard kent mogelijk invloed van verkeer over de N69.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I05	Eersel – Zandoerleseweg	17-3-2021
I13	Nuenen – Soeterbeekseweg	7-6-2021
I16	Bergeijk – Dorpsstraat	19-3-2021
I18	Boxtel – Mijlstaat	28-5-2021
I41	Geldrop Mierlo – Voortje	16-3-2021
I55	Valkenswaard – Bergeijkse Dijk	25-11-2021

Extra meetlocaties: Binnen het ILM2 zijn er 8 extra meetlocaties zelf gefinancierd door deelnemende gemeentes. De meetlocaties zijn geselecteerd op mogelijke lokale vraagstukken dan wel ondersteunend aan onderzoek naar de regionale luchtkwaliteit. De locaties in Helmond en Best staan langs (doorgaande) wegen. Op de locaties in Oirschot en Reusel wordt waarschijnlijk vooral de regionale achtergrond bemeten.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I46	Best – Ringweg	6-8-2021
I47	Oirschot – Neereindsweg	6-8-2021
I48	Helmond – Vossenbeemd	8-6-2021

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I49	Helmond – Kanaaldijk	8-6-2021
I51	Helmond – Mierloseweg	8-6-2021
I52	Helmond – Kasteeltraverse	8-6-2021
I56	Reusel – Beekakkersweg	5-8-2021
I58	Best - Looierstraat	6-8-2021

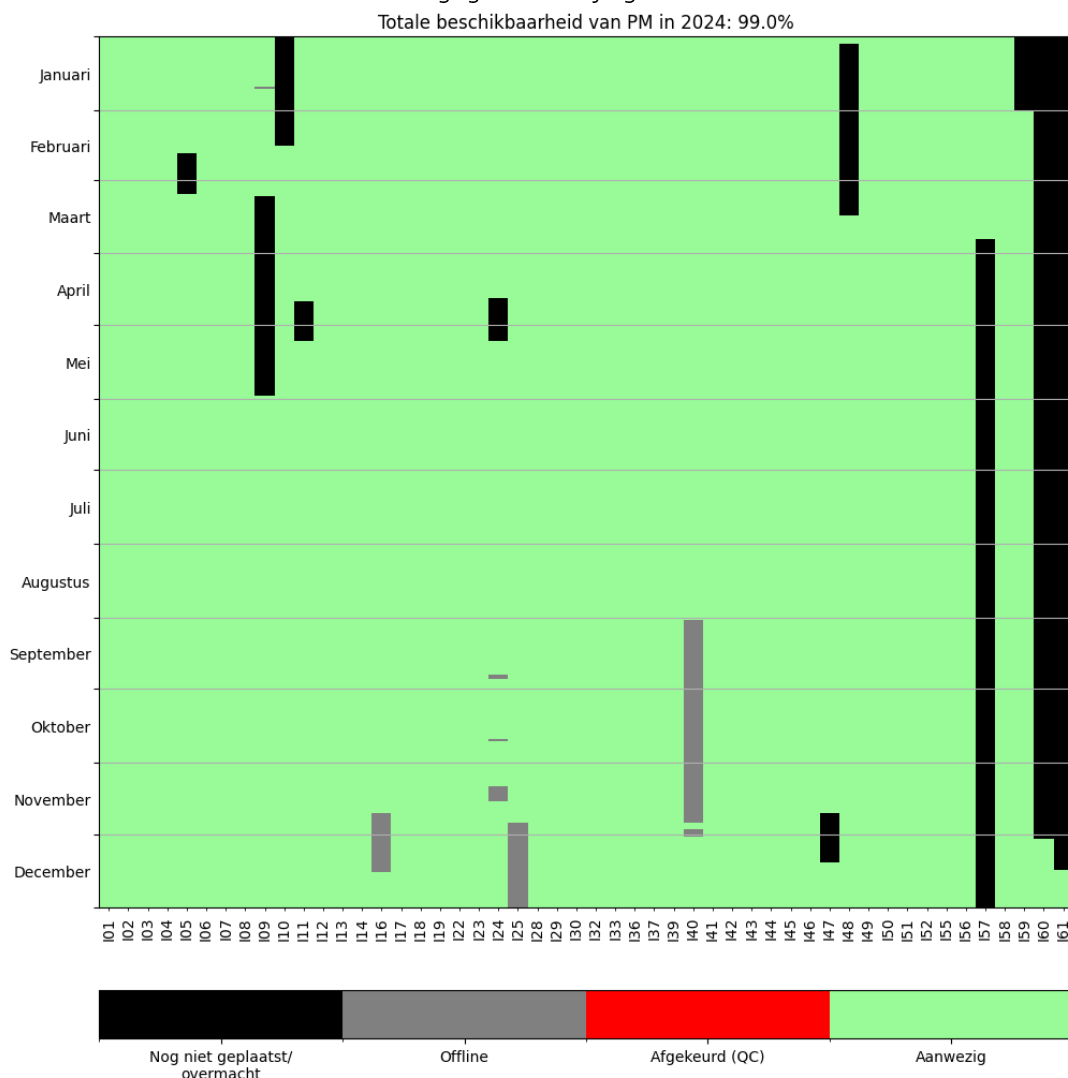
Tijdelijke meetlocaties. Binnen het ILM2 zijn zes mobiele meetboxen beschikbaar om vraagstukken van individuele gemeentes te onderzoeken. Een van deze boxen heeft tot begin 2024 nog in Nuenen gestaan. Deze meetlocatie is hier blijven staan na een meetcampagne in 2022 rond verkeersinvloeden. De uitkomsten hiervan zijn beschreven in de jaarrapportage 2022 van het ILM2 (van Dinther et al., 2023). De uitkomsten hiervan zijn beschreven in de jaarrapportage 2022 van het ILM2 (van Dinther et al., 2023) Eind 2024 zijn 3 nieuwe locaties ingericht in de gemeente Eersel voor onderzoek naar de lokale invloed van houtstook. De uitkomsten daarvan worden in de volgende jaarrapportage, over 2025, behandeld.

Meetlocatie	Locatie	Plaatsing
I62	Eersel - Boterbocht	17-12-2024
I63	Eersel - _Dreef	17-12-2024
I64	Eersel – Gebroeders Hoekstraat	17-12-2024
I57	Nuenen – Geldropsedijk (op 25 maart 2024 verwijderd)	12-4-2022

Bijlage B

Data beschikbaarheid

De figuur toont de beschikbaarheid per meetlocatie tussen 1 januari en 31 december 2024 voor fijnstof. Groen staat daarbij voor succesvolle metingen; grijs zijn metingen die wel hadden kunnen plaatsvinden maar waarbij de meetapparatuur niet goed functioneerde; zwart staat voor meetlocaties die of nog niet konden worden geplaatst danwel uitval van metingen door overmacht (bijvoorbeeld door wegwerkzaamheden of uitval openbare verlichting). Voor NO₂ vindt er ook nog een kwaliteitscontrole plaats, beschikbaarheid per meetlocatie na deze controle is weergegeven in Bijlage C.



Overzicht van beschikbare meetgegevens per meetlocatie in 2024 voor fijnstof. Er is een onderscheid gemaakt tussen downtime als gevolg van overmacht danwel omdat de meetlocatie nog niet was geplaatst, en downtime door een defect aan de meetapparatuur zelf. De uptime is berekend op basis van hoe lang er maximaal gemeten had kunnen worden.

In onderstaande tabel staat weergegeven op welke meetlocaties in 2024 meetgegevens verloren zijn gegaan door overmacht.

	Meetlocatie	Van	Tot	Reden	Downtime [dagen]
I10	Reusel – Mierdseweg	1-1-2024	15-2-2024	Aangereden	46
I48	Helmond Vossenbeemd	4-1-2024	15-3-2024	Uitval verlichting	72
I05	Eersel Zandoerleseweg	19-2-2024	6-3-2024	Uitval verlichting	17
I09	EH Stationsweg	8-3-2024	30-5-2024	Werkzaamheden	84
I11	EH Dorgelolaan	21-4-2024	7-5-2024	Werkzaamheden	17
I24	EH Fellenoord	20-4-2024	7-5-2024	Werkzaamheden	18
I47	Oirschot Neereindseweg	22-11-2024	12-12-2024	Uitval verlichting	21

Daarnaast vindt er ook uitval plaats door problemen met de meetapparatuur zelf. Deze uitval staat in onderstaande tabel gepresenteerd.

	Meetlocatie	Van	Tot	Downtime [dagen]
I09	EH Stationsweg	1-1-2024	23-1-2024	23
I59	EH Boschdijk	15-1-2024	31-1-2024	17
I40	EH Kennedylaan	1-9-2024	2-12-2024	93
I24	EH Fellenoord	23-9-2024	27-9-2024	5
I11	EH Dorgelolaan (alleen NO ₂)	3-9-2024	28-11-2024	87
I24	EH Fellenoord	21-10-2024	23-10-2024	3
I16	Bergeijk Dorpstraat	22-11-2024	17-12-2024	26
I25	EH Luchthavenweg	26-11-2024	31-12-2024	36

Bijlage C

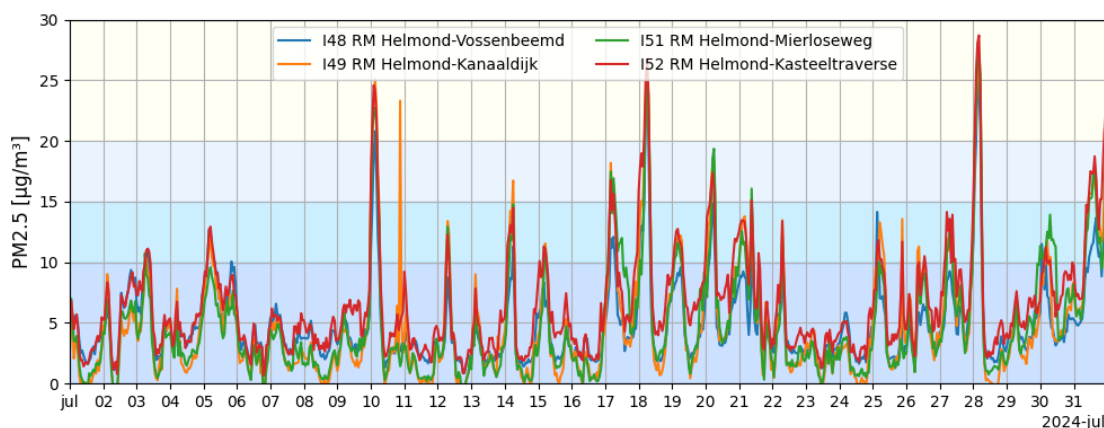
Datakwaliteit

In de jaarrapportages van het ILM2 over 2021, 2022 en 2023 is de kwaliteit van de metingen al in detail beschreven. Onder andere door te kijken naar de verhouding tussen de sensormetingen en referentieapparatuur, zowel tijdens de kalibratieperiode als aan het LML-station Genovevalaan, en de sensoren onderling. Deze vergelijking met referentieapparatuur van het LML-station Genovevalaan is voor 2024 beschreven in deze bijlage. Als aanvullende analyse bekijken we in deze bijlage ook naar de ILM2 boxen die tegelijkertijd opgesteld waren op de locatie Genovevalaan. Dit geeft een beeld van de onderlinge consistentie van sensoren binnen het ILM2 netwerk.

De resultaten van 2024 komen overeen met die van de voorgaande analyses. Het grootste verschil is dat de beschikbaarheid van NO₂ sterk is gestegen, van 58% in 2023 naar 95% in 2024. Deze stijging wordt verzaakt door verbeteringen die zijn uitgevoerd in het NO₂ systeem in het najaar van 2023. De verschillende analyses uitgevoerd op de 2024 data worden hieronder beschreven.

C.1 Consistentie van metingen

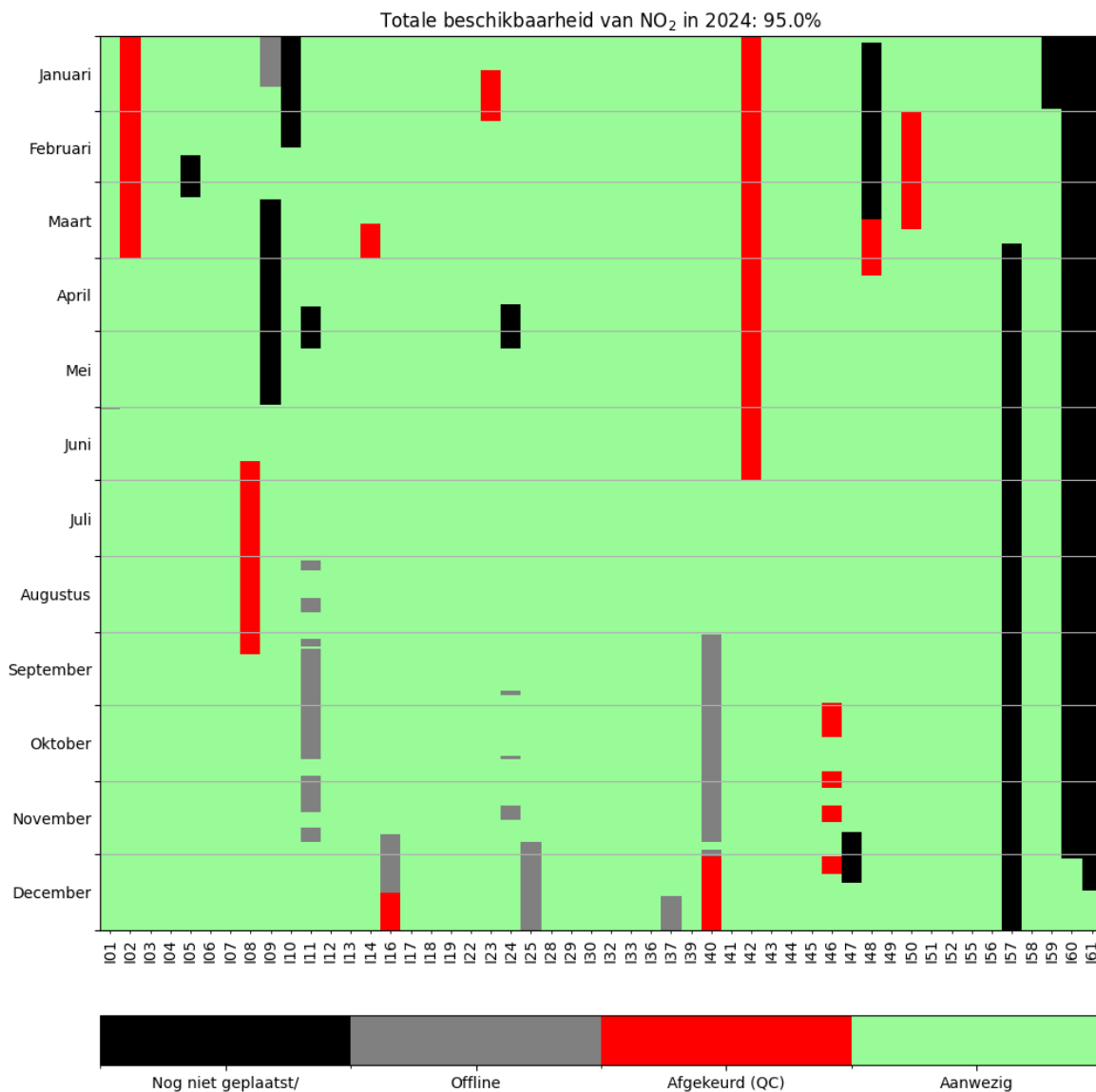
Fijnstof: De fijnstofsensoren vertonen veelal consistente meetresultaten gedurende 2024 over het gehele meetnetwerk ILM2. Een voorbeeldgrafiek van PM_{2.5} van juli 2024 van de meetlocaties in Helmond is zichtbaar in de figuur beneden. Doordat fijnstof zich als een deken over de regio verplaatst vertonen de meetlocaties gelijkende patronen over de tijd heen. Dit is consistent met eerdere observaties van de PM meetgegevens in de eerste jaren van het ILM2 (Goudriaan et al., 2022; van Dinther et al., 2023; van Dinther et al., 2024).



Tijdseries van de uurgemiddelde PM_{2.5} meetresultaten van de meetlocaties in Helmond voor juli 2024.

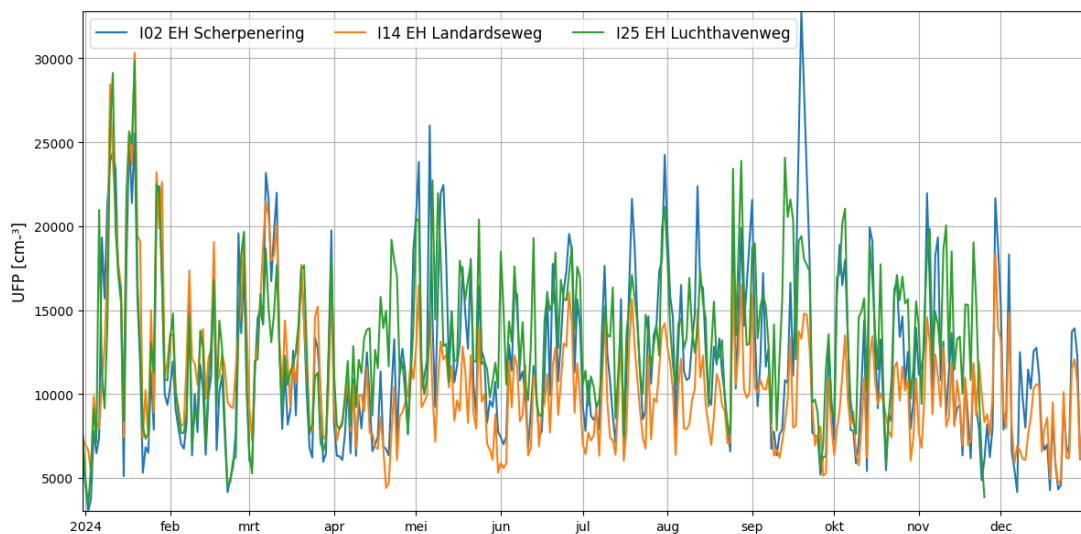
NO₂: In 2021 zijn er in de zomerperiode afwijkingen gesignaleerd in het NO₂ signaal welke samenvielen met hoge correlaties tussen de gegeven NO₂ meetgegevens en dynamiek in luchtvochtigheid en ozonconcentraties in de atmosfeer (Goudriaan et al., 2022). In 2022 is een selectieprocedure ontwikkeld en toegepast op basis van correlaties met O₃ en luchtvochtigheid om metingen gericht af te kunnen keuren (van Dinther et al., 2023). Deze zelfde selectieprocedure is toegepast op NO₂ data van 2024. Na deze kwaliteitscheck blijven

95% van de metingen over voor analyse, aanzienlijk meer dan in 2023. Dit betekent dat we gedurende het hele jaar 2024 data beschikbaar hebben voor analyse van NO₂ gegevens voor vrijwel alle ILM2 meetlocaties.



Selectie van NO₂ meetgegevens gebruikt voor analyse in 2024 na selectieprocedure.

UFP: In 2024 hebben de drie UFP sensoren bij het vliegveld het volledige jaar gemeten. Dit laat ook benedenstaande figuur zien waarbij de jaarronde daggemiddelde UFP-concentraties van de drie meetlocaties bij het vliegveld worden getoond. Zichtbaar is dat de globale gang over het jaar voor alle drie de locaties vergelijkbaar is. Opvallend is wel dat de metingen voor het meetstation aan de Landardseweg (I14) gedurende het jaar iets lager lijken dan de metingen op de andere twee locaties, terwijl deze in 2023 nog op een gelijk niveau lagen met de metingen op de andere twee locaties. Het is niet duidelijk wat deze lagere UFP concentraties veroorzaken.



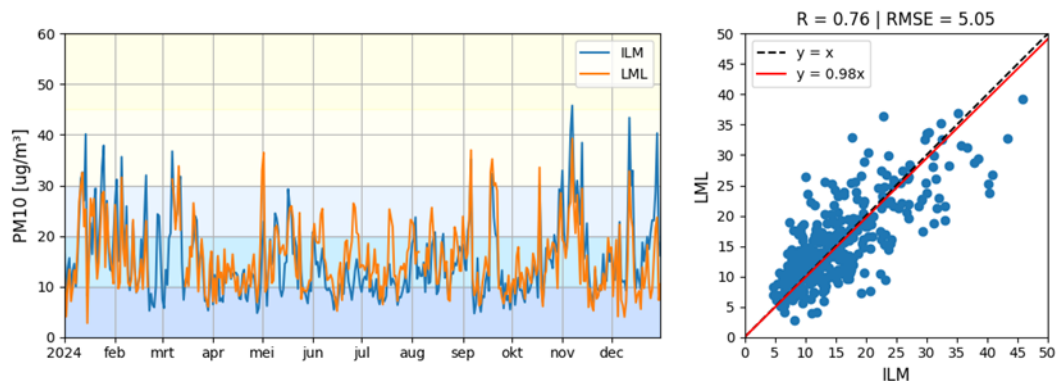
Daggemiddelde UFP-meetresultaten in aantal deeltjes per cm^3 in 2024 voor de drie meetlocaties rond het vliegveld.

C.2 ILM2 vergelijking met het LML

In deze sectie omschrijven we de vergelijking tussen de LML-meetwaarden aan de Genovevalaan en de metingen van het ILM2 voor PM_{10} en NO_2 . Er zijn aan het LML-station Genovevalaan geen metingen voor PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$, en UFP beschikbaar. Deze stoffen kunnen hier dan ook niet worden vergeleken.

Fijnstof: Het LML-meetinstrument (PM_{10} ; FH-62) is equivalent aan het referentie-instrument voor dagwaarden (filtermetingen door Leckel of Derenda). Een tijdsserie van de daggemiddelde PM_{10} concentraties voor meetlocatie I37 en het LML Genovevalaan is zichtbaar in de figuur hieronder, net als een spreidingdiagram waarin de gemeten concentraties op de genoemde locaties wordt vergeleken.

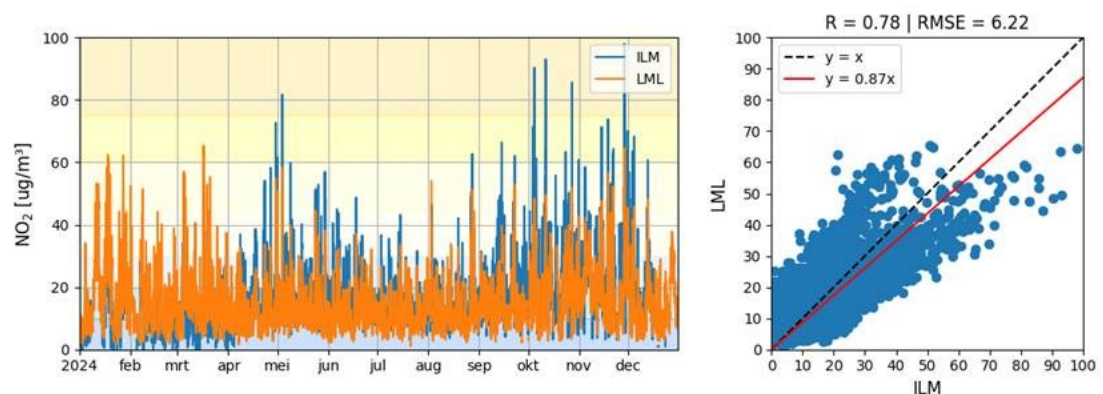
- De correlatiecoëfficiënt van de daggemiddelde waarde van het LML-station en I37 is 0,76. Dit is gelijkend aan afgelopen jaren. Deze waarde duidt aan dat dynamiek in de daggemiddelde waarden van het ILM2 zich goed verhouden met die van de referentieapparatuur van het LML-station.
- De RMSE tussen het LML-station en de meetlocatie I37 ligt op $5,1 \mu\text{g m}^{-3}$. De RMSE kan worden vertaald naar een percentage afwijking (de variatie coëfficiënt van de RMSE) door de RMSE te delen door de gemiddelde gemeten waarde van het LML. Dit resulteert in een gemiddelde afwijking van 32,7%, oftewel de dagelijkse PM_{10} waarden gemeten door het ILM2 liggen gemiddeld 33% van die gemeten door het LML. Het verschil in jaarlijks gemiddelde van I37 ten opzichte van het LML is 1.2%.
- De PM metingen aan I37 ten opzichte van het LML liggen daarbij in de range van de klasse 1 sensoren van CEN/TS 17660-2:2024 (de beste klasse voor sensoren). Belangrijk om hierbij in acht te nemen is dat het meetprincipe van de apparatuur van het LML (BAM) een volledig ander meetprincipe is dan die van de sensoren. De BAM meet de afname van bètastraling op een filter terwijl de sensoren gebruik maken van optische laser. Een deel van de afwijking wordt hierdoor verklaart.
- Kijkend naar het jaarprofiel is zichtbaar dat de generieke gang van concentraties door het jaar heen gelijkend is. In het spreidingsdiagram is te zien dat de meeste punten rondom de één-op-één lijn liggen, met wat uitzonderingen voor hogere waarden voor het ILM2.



Daggemiddelde concentraties van PM10 gemeten aan de Genovevalaan door zowel LML als ILM (meetlocatie I37) over 2024.

NO₂: In benedenstaande figuren wordt de selectie van NO₂ meetgegevens voor de meetlocatie I37 aan het LML-station Genovevalaan getoond ten opzichte van de meetgegevens van het LML-station zelf, voor zowel dag- als uurgemiddelde waarden. Daar zijn een aantal observaties uit te halen:

- In de spreidingsdiagrammen is te zien dat er een sterke correlatie is tussen de NO₂ metingen van het ILM2 en het LML. De correlatiecoëfficiënt is 0,67 voor de daggemiddelde waarden (ten opzichte van 0,54 in 2023) en 0,78 voor de uurgemiddelde waarden.
- Ook de RMSE is verbeterd, van 8,5 naar 5,6. Wel is te zien dat de onderlinge relatie niet de één-op-één lijn volgt, maar eronder ligt. Dit geeft aan dat het ILM2 hogere concentraties meet dan het LML. Omgerekend naar een percentage is dit een gemiddelde afwijking van 43,3%. Dat wil zeggen dat de door het ILM2 gemeten uurlijkse NO₂ waarden gemiddeld 43% van die van het LML afwijken. Deze afwijking zal deels veroorzaakt worden door een ander meetprincipe (elektrochemisch voor sensoren en chemoluminescentie voor LML metingen). Het verschil in jaargemiddelde waarde is 9.3%.
- In de lijndiagrammen zien we dat het ILM op meetlocatie I37 vanaf april voornamelijk hogere NO₂ concentraties meet dan het LML. De dynamiek in deze periode blijft wel gelijkend. Dit is opvallend, aangezien de ILM metingen in 2023 juist voornamelijk lager waren dan die van het LML. De reden voor de trendbreak is dat de ILM2 box op locatie I37 op 5 april is vervangen. Blijkbaar meet deze nieuwe box hogere NO₂ waarden dan de vorige die er daarvoor stond.



Uurgemiddelde concentraties van NO₂ gemeten aan de Genovevalaan door zowel LML als ILM (meetlocatie I37) over 2024.

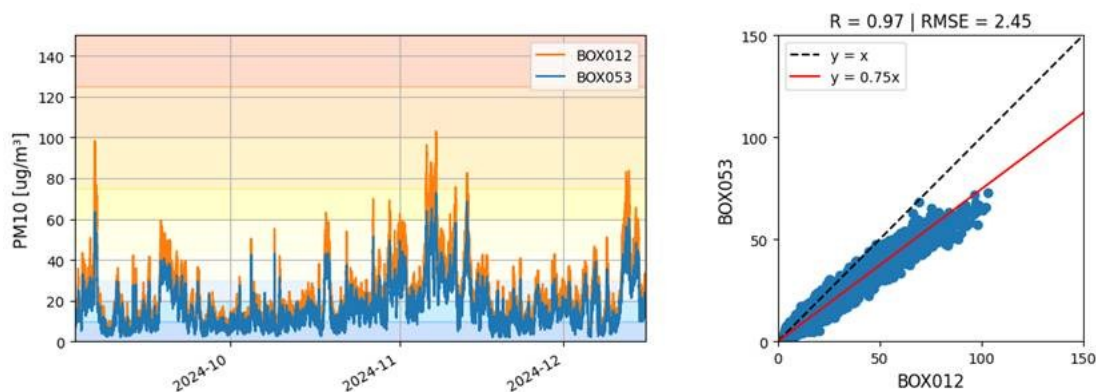
C.3 ILM2 onderlinge vergelijking

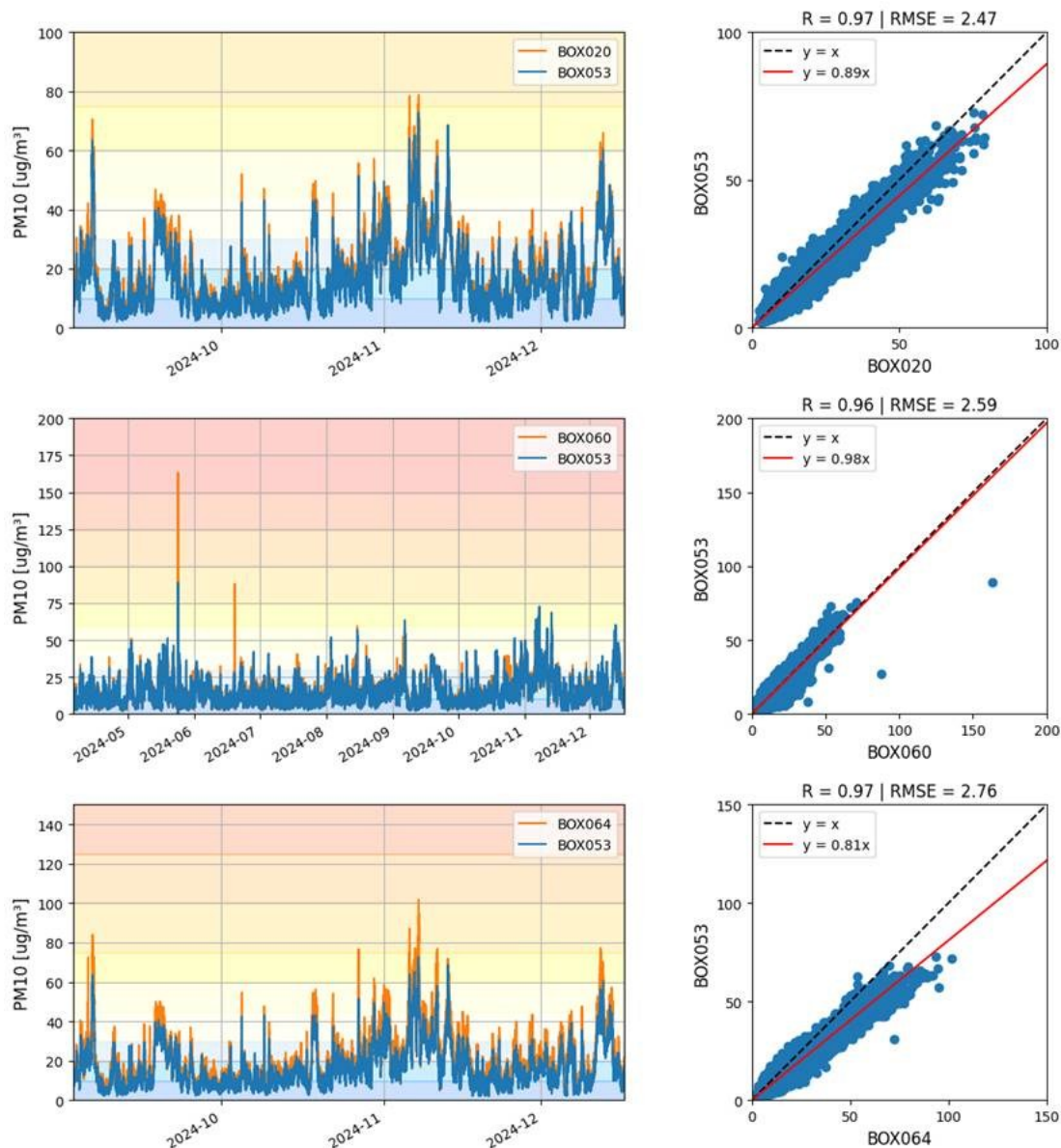
Naast het vergelijken van de ILM2 sensoren met referentiemetingen van het LML-station, is het ook interessant om te zien hoe de boxen zich onderling tot elkaar verhouden. Dit jaar is er een periode geweest waarin meerdere ILM2 boxen op hetzelfde moment op locatie I37, de Genovevalaan, hebben gehangen. Om welke boxen het gaat en in welke periode staat vermeld in de tabel hieronder. Boxen die korter dan 3 maanden op de Genovevalaan hebben gestaan worden niet meegenomen in de analyse. BOX053 wordt gebruikt voor de vergelijking, aangezien deze de langste periode aanwezig was.

ILM2 boxen aanwezig op de Genovevalaan gedurende 2024. Let op, het boxnummer komt niet een-op-een overeen met de locatienummers van het ILM2.

ILM2 box	Periode
BOX012	2024-08-29 t/m 2024-12-16
BOX020	2024-08-31 t/m 2024-12-31
BOX053	2024-03-25 t/m 2024-12-17
BOX060	2024-03-25 t/m 2024-12-16
BOX064	2024-08-29 t/m 2024-12-17

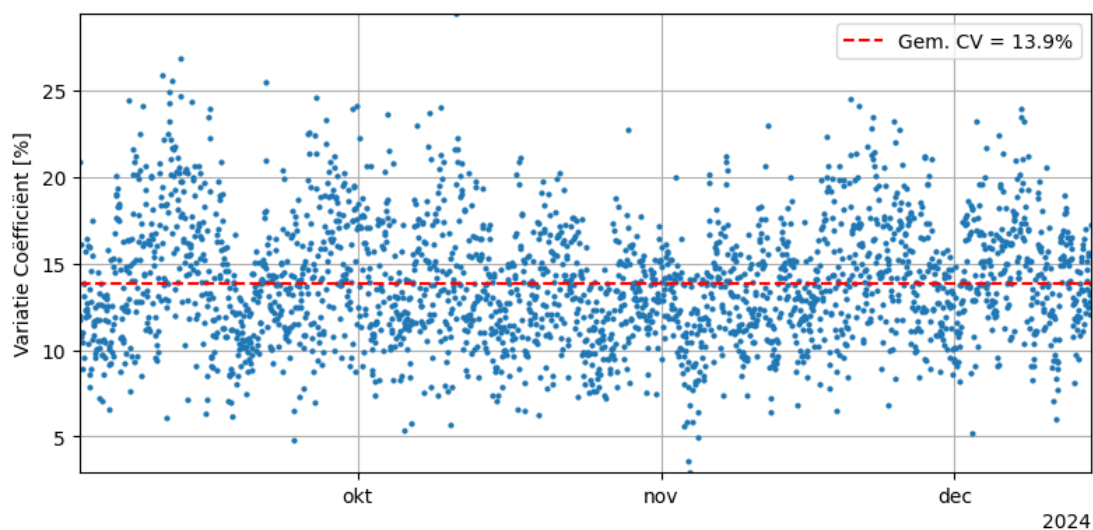
Fijnstof: In het figuur hieronder zien we dat de PM10 metingen van BOX053 een zeer sterke correlatie hebben met de metingen van de andere boxen (correlatiecoëfficiënt voor alle van 0,96 en hoger). Dit geeft aan dat de boxen consistent zijn. De absolute gemeten concentraties van PM10 voor BOX012 en BOX064 liggen gemiddeld hoger dan de andere boxen (tot 26%). Dit is duidelijk te zien aan de rode regressie lijn in de rechter figuur die onder de één-op-één lijn ligt voor deze boxen. We zien hetzelfde voor PM2.5 en PM1 (hier niet getoond). BOX060 komt het beste overeen met BOX053, afgezien van twee uitschieters.





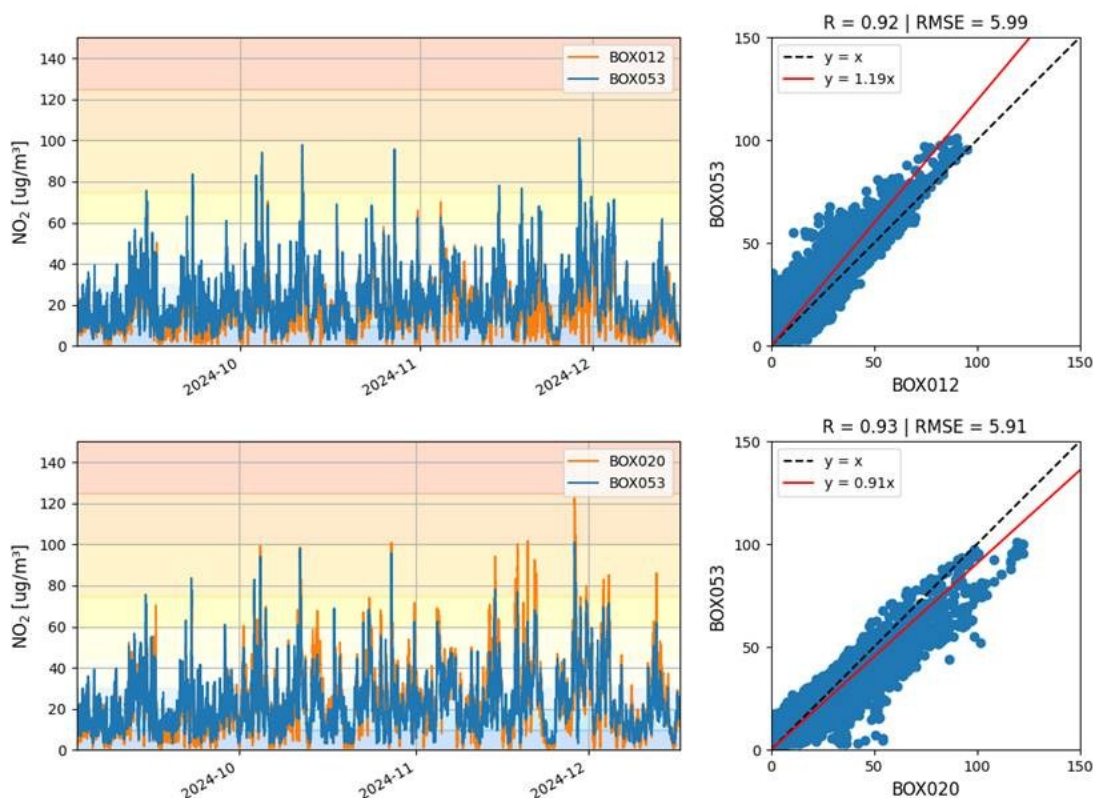
Vergelijking van uurgemiddelde PM10 metingen tussen BOX053 en verschillende boxen op ILM2 locatie I37.

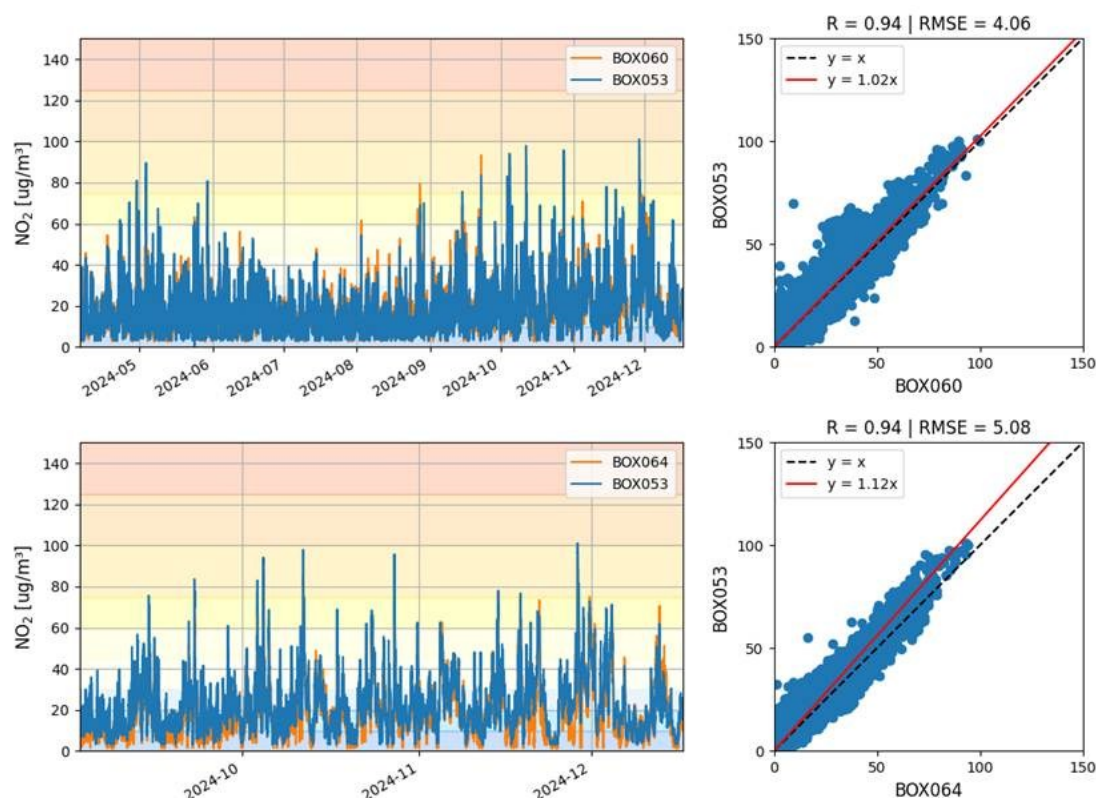
Naast de regressievergelijkingen ten opzichte van BOX053 kijken we ook naar de intersensor variabiliteit van de vijf boxen. Hiervoor gebruiken we de gemiddelde variatie coëfficiënt (CV), welke berekend wordt als de gemiddelde standaardafwijking gedeeld door de gemiddelde meetwaarde. Dit resulteert in een percentage afwijking dat zegt wat de gemiddelde afwijking van een sensor is, en dus hoe de verschillende sensoren zich tot elkaar verhouden. In de figuur hieronder zien we dat de spreiding van de gemeten uurlijkse PM10 waarden tussen verschillende boxen gemiddeld een 13,9% is tussen de boxen. Voor PM2.5 is deze waarde 20%, voor PM1 is dit 23%.



De variatie coëfficiënt (CV) van de PM sensoren die tegelijkertijd op de Genovevalaan hebben gestaan gedurende 2024.

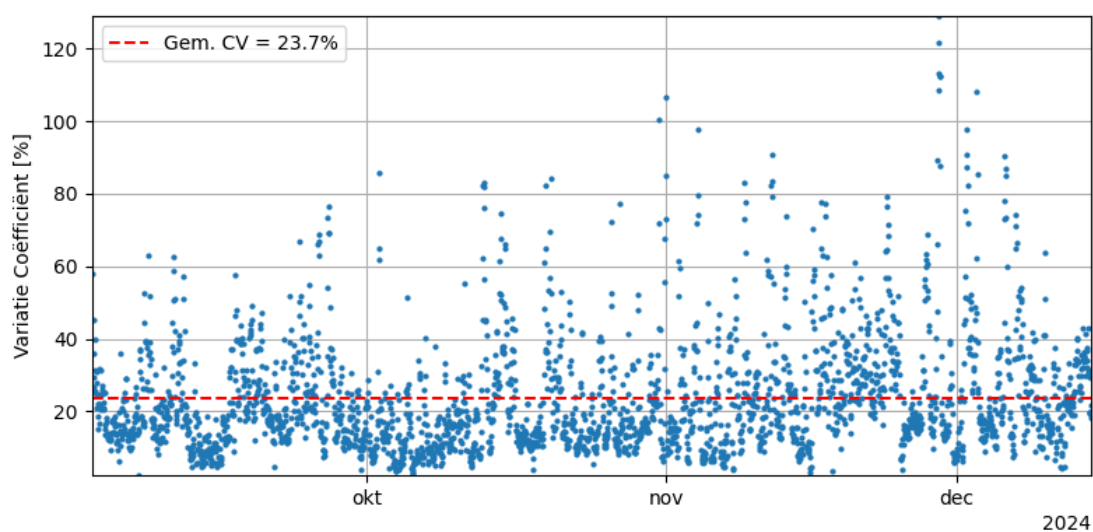
NO₂: Ook voor NO₂ zien we een consistent patroon tussen BOX053 en de andere boxen. Hier zien we geen structureel verschil in het niveau van de metingen van BOX053. De rode regressie lijn ligt in de linker figuren steeds zeer dicht op de één-op-één lijn (correlatiecoëfficiënt van 0,92 en hoger). Wederom is de overeenstemming van BOX066 met BOX053 het sterkst.





Vergelijking van uurgemiddelde NO_2 metingen tussen BOX053 en verschillende boxen op ILM2 locatie I37.

Daarnaast zien we opnieuw dat de sensoren zich onderling goed met elkaar verhouden, met een gemiddelde variatie coëfficiënt van 23,7%. Wel is deze hoger dan voor de PM sensoren, wat veroorzaakt lijkt te worden door grote een hogere standaard afwijking tussen boxen op verschillende momenten (in andere woorden momenten waarop de boxen onderling grote verschillen meten).



Bijlage D

Jaargemiddelden

Metingen van de sensoren zijn niet geschikt om op geaccrediteerde wijze onder- of overschrijdingen van normen aan te geven. Daarvoor moet gebruik worden gemaakt van geaccrediteerde meetapparatuur per component. Desalniettemin is het toch interessant te zien of sensoren een indicatie geven dat de atmosferische gehalten boven of onder een afgesproken norm liggen. Het ligt niet voor de hand dat er op een van de ILM2 meetlocaties de EU-grenswaarden worden overschreden. De gemeten concentraties in het ILM2 liggen over het algemeen wel boven de WHO-advieswaarden van 2021. Dit geldt overigens ook voor vele andere delen van Nederland (Maas et al., 2022). Bij een installatiedatum later dan 1 januari 2024 is het gemiddelde over de periode van installatie tot en met 31 december 2024 beschouwd. Eventuele onzekerheden zoals beschreven in Bijlage C kunnen hier niet in meegenomen worden omdat de exacte onzekerheid per sensor zal verschillen. De nieuwe locaties in Someren en Deurne staan hier nog niet in gepresenteerd door de korte meetduur in 2024. De gemiddelde NO₂ waarde per meetlocatie is bepaald op enkel de geselecteerde meetgegevens over 2024. Noemenswaardig is dat de beschikbaarheid van NO₂ in 2024 veel hoger was dan in 2023, waardoor de gemeten concentraties een nauwkeuriger beeld geven.

EU-grenswaarden en WHO-advieswaarden geldig in 2024, voor jaargemiddelde PM_{2.5}, PM₁₀ en NO₂ concentraties.⁷

Jaargemiddelde concentraties	PM _{2.5} [µg m ⁻³]	PM ₁₀ [µg m ⁻³]	NO ₂ [µg m ⁻³]
EU-Grenswaarde	25	40	40
EU-Grenswaarde 2030	10	20	20
WHO-advieswaarde	5	15	10

Gemiddeld gemeten concentraties per meetlocatie in 2024.

	Locatie	Type	PM ₁ [µg m ⁻³]	PM _{2.5} [µg m ⁻³]	PM ₁₀ [µg m ⁻³]	NO ₂ [µg m ⁻³]
I02	EH Scherpenering	Luchthaven	7,7	9,2	14,6	9,9
I14	EH Landardseweg ⁸	Luchthaven	8,2	9,6	14,7	13,8
I25	EH Luchthavenweg	Luchthaven	7,7	9,4	15,1	17,3
I04	EH Finistérelaan	Stadsachtergrond	6,4	8,2	13,9	16,7
I07	EH Oirschotsedijk	Stadsachtergrond	7,3	8,8	13,5	15,3
I17	EH Gennepeweg	Stadsachtergrond	7,6	9,5	15,6	13,1
I32	EH Maaseikstraat	Stadsachtergrond	8,2	10,0	15,0	12,5
I09	EH Stationsweg	Centrum	7,6	9,5	16,3	17,3
I11	EH Pr. Dr. Dorgelolaan	Centrum	8,7	10,7	16,1	14,6
I12	EH Mathildelaan	Centrum	8,6	11,0	18,5	10,8

⁷ Bron: <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/wet-en-regelgeving-luchtkwaliteit/europese-wetgeving-luchtverontreiniging>

	Locatie	Type	PM1 [µg m ⁻³]	PM2.5 [µg m ⁻³]	PM10 [µg m ⁻³]	NO ₂ [µg m ⁻³]
I24	EH Fellenoord	Centrum	10,4	12,6	18,9	17,3
I29	EH Wal	Centrum	8,0	10,1	16,4	19,1
I36	EH Vestdijk	Centrum	8,8	10,9	16,4	19,7
I39	EH Willemstraat	Centrum	7,4	9,4	15,1	15,5
I08	EH Beukenlaan	Verkeersintensief	8,7	10,8	17,5	13,2
I30	EH Botenlaan	Verkeersintensief	10,5	12,2	17,1	14,6
I37	EH Genovevalaan	Verkeersintensief	7,4	9,4	15,2	16,0
I40	EH Kennedylaan	Verkeersintensief	7,7	9,7	14,7	16,8
I59	Eindhoven Boschdijk	Verkeersintensief	9,5	11,6	17,9	18,1
I22	EH Meerhovendreef	Aanrijroute	7,2	9,1	14,6	19,2
I23	EH Anthony Fokkerweg	Aanrijroute	8,1	10,0	15,4	21,1
I01	EH HTC 1	Snelweg	7,0	9,3	15,8	12,3
I06	Waalre A67 Zuid	Snelweg	7,8	9,9	16,0	22,3
I19	EH Kanaaldijk	Industrie	7,5	9,4	15,1	14,8
I28	EH Klokgebouw	Industrie	9,7	12,1	19,1	27,6
I05	Eersel Zandoerleseweg	Regio laag	8,8	10,7	15,8	9,9
I13	Nuenen Soeterbeekseweg	Regio laag	7,7	9,6	15,1	10,7
I16	Bergeijk Dorpsstraat	Regio laag	7,4	9,1	14,3	10,4
I18	Boxtel Mijlstraat	Regio laag	7,2	9,0	14,4	11,8
I41	Geldrop Mierlo Voortje	Regio laag	7,8	9,6	15,2	12,6
I55	Valkenswaard Bergeijksedijk	Regio laag	6,6	8,5	14,1	13,4
I03	Best Kapelweg	Regio midden	7,7	9,6	16,0	14,1
I10	Reusel Mierdseweg	Regio midden	7,0	8,6	14,1	10,7
I33	Son & Breugel Sonniuswijk	Regio midden	8,0	10,0	15,6	16,3
I42	Gemert-Bakel Keizersven	Regio midden	8,6	10,8	17,5	10,4
I43	Oirschot Krukkerd	Regio midden	8,0	9,7	14,5	11,9
I45	Meerijstad Zonveldstraat	Regio midden	8,5	10,5	17,0	12,7
I44	Heeze-Leende Ronde Bleek	Regio hoog	6,4	8,2	14,3	11,2
I50	Asten Meijelseweg	Regio hoog	7,6	9,4	14,4	7,1
I48	Helmond Vossenbeemd	Extra (Stad)	6,7	8,4	14,3	15,4
I49	Helmond Kanaaldijk	Extra (Stad)	8,6	10,8	16,5	12,2
I51	Helmond Mierloseweg	Extra (Stad)	8,5	10,6	15,5	12,0
I52	Helmond Kasteel-traverse	Extra (Stad)	8,6	11,0	17,3	19,7
I46	Best Ringweg	Extra (Regio)	7,7	9,6	15,2	19,7
I47	Oirschot Neereindsweg	Extra (Regio)	7,4	9,4	15,1	11,8
I56	Reusel Beekakkersweg	Extra (Regio)	8,0	9,8	15,1	14,1
I58	Best Looierstraat	Extra (Regio)	7,0	8,6	13,3	15,4

Energy & Materials Transition

Westerduinweg 3
1755 LE Petten
www.tno.nl