



Informing you on ambient air quality
in the Belgian Regions

Validatie luchtkwaliteitsmodel ATMO-Street voor black carbon (BC) en fijn stof

(PM_{2.5}, PM₁₀)

2023

Inhoudstabel

Samenvatting.....	4
Résumé (FR).....	6
Summary (EN).....	8
Inleiding	10
Methode.....	11
Validatie ATMO-Street voor BC in 2023	12
Validatie ATMO-Street voor PM2.5 in 2023.....	18
Validatie ATMO-Street voor PM10 in 2023.....	27

Lijst met figuren en tabellen

<i>Figuur 1: locaties van de gebruikte onafhankelijke metingen voor validatie van BC, PM10 en PM2.5.</i>	11
<i>Figuur 2: ruimtelijke validatie jaargemiddelde BC -concentraties 2023 ATMO-Street</i>	13
<i>Figuur 3: Temporele validatie daggemiddelde BC-concentraties RIO-IFDM 2023</i>	15
<i>Figuur 4: Temporele statistieken R, RMSE, MB (n=het aantal telemetrische stations) voor 2023 daggemiddelde BC-concentraties RIO-IFDM</i>	16
<i>Figuur 5: ruimtelijke validatie jaargemiddelde PM2.5 -concentraties ATMO-Street 2023</i>	19
<i>Figuur 6: ruimtelijke validatie jaargemiddelde PM2.5 -concentraties RIO 2023</i>	20
<i>Figuur 7: Verschil tussen de jaargemiddelde PM2.5 modelconcentraties van ATMO-Street en RIO voor 2023</i>	21
<i>Figuur 8: Temporele validatie daggemiddelde PM2.5-concentraties van de onafhankelijke telemetrische stations voor België 2023</i>	25
<i>Figuur 9: temporele statistieken R, RMSE, MB (n=het aantal onafhankelijke telemetrische stations) voor daggemiddelde PM2.5 concentraties 2023 RIO-IFDM.</i>	26
<i>Figuur 10: Ruimtelijke validatie jaargemiddelde ATMO-Street PM10-concentraties 2023, alle beschikbare stations met voldoende data (links) en zonder de mobiele metingen (rechts)</i>	28
<i>Figuur 11: Ruimtelijke validatie jaargemiddelde RIO PM10-concentraties 2023 alle beschikbare stations met voldoende data en geen mobiele telemetrische metingen meegenomen</i>	29
<i>Figuur 12: Temporele validatie daggemiddelde PM10-concentraties met de onafhankelijke telemetrische stations voor België 2023 RIO-IFDM</i>	33
<i>Figuur 13 temporele statistieken R, RMSE, MB (n=het aantal onafhankelijke telemetrische stations) voor daggemiddelde PM10 concentraties 2023</i>	34
<i>Tabel 1: Stations- en gebiedstype van de gebruikte onafhankelijke meetstations voor de validatie van BC 2023</i>	12
<i>Tabel 2: Gemeten en gemodelleerde ATMO-Street, RIO-IFDM en RIO jaargemiddelde BC -concentraties 2023 voor de onafhankelijke stations</i>	17
<i>Tabel 3: databeschikbaarheid, stations- en gebiedstype, gemeten en gemodelleerde jaarlijkse PM2.5 concentraties voor 2023 van de onafhankelijke stations</i>	18
<i>Tabel 4: Onafhankelijke stations, stations- en gebiedstype, gemeten en gemodelleerde overschrijdingensdagen van 25 µg/m3 daggemiddelde PM2.5 concentraties voor 2023</i>	22
<i>Tabel 5: databeschikbaarheid, stations- en gebiedstype van de onafhankelijke stations PM10 2023</i>	27
<i>Tabel 6: onafhankelijke stations, stations- en gebiedstype, gemeten en gemodelleerde overschrijdingensdagen van 45 µg/m3 daggemiddelde PM10 concentraties voor 2023</i>	30

Samenvatting

Het doel van deze studie is om na te gaan hoe het **ATMO-Street model**, een modelketen die opgezet is om o.a. de concentraties van **Black Carbon (BC)** en **fijn stof (PM2.5 en PM10)** ruimtelijk in kaart te brengen, presteert.

De modelresultaten worden vergeleken met onafhankelijke metingen (dit zijn metingen die nergens in de modelketen worden gebruikt) om een inzicht te krijgen in de modelperformantie. Aan de hand van de onafhankelijke metingen worden de modelresultaten voor BC, PM10 en PM2.5 voor het jaar 2023 voor de verschillende stappen in de modelketen (RIO, RIO-IFDM en ATMO-Street) gevalideerd.

De validatie is naast de **jaargemiddelde** ook gericht op **PM2.5** en **PM10 daggemiddelde concentraties**. De Wereldgezondheidsorganisatie en de Europese Commissie hebben nieuwe advieswaarden respectievelijk nieuwe grenswaarden uitgevaardigd voor de jaargemiddelde en daggemiddelde concentraties van PM2.5 en PM10. Vandaar dat de performantie van het model voor deze beide middelperiodes van belang is. De validatie van de jaargemiddeldes evalueert hoe goed het model de concentraties ruimtelijk modelleert (ruimtelijke validatie), terwijl de validatie van de daggemiddeldes het temporeel verloop van de concentraties vergelijkt met de metingen (temporele validatie).

- Het **aantal beschikbare onafhankelijke meetstations** om het model te **valideren** voor concentraties in 2023 is relatief groot: voor BC zijn er 12 onafhankelijke meetstations, voor PM10 21 stations en voor PM2.5 18 stations. Door dit aanzienlijk aantal stations per pollutant volgt dat de **validatiestatistieken van de ATMO-Street** modelresultaten als **representatief** kunnen aangenomen worden.
- De ruimtelijke validatiestatistieken van het ATMO-Street model voor **BC-jaargemiddelde** concentraties zijn **performant** ($R= 0.72$, $RMSE= 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB= -0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De **algemene modelonderschatting** bedraagt **$-0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Voor wat betreft de temporele validatiestatistieken van ATMO-Street voor **daggemiddelde BC-concentraties** zijn er indicaties dat deze **performanter** zijn in **stedelijke achtergrond** gebieden. Voor daggemiddelde BC-concentraties bedraagt de mediaan van de validatiestatistieken voor R, RMSE en MB respectievelijk 0.9, $0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $-0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In het algemeen **verbetert** iedere **stap in de modelketen** (RIO, RIO-IFDM, ATMO-Street) de **BC- modelresultaten**.
- De ruimtelijke validatiestatistieken van het ATMO-Street model voor **PM2.5-jaargemiddelde** concentraties zijn **performant** ($R= 0.84$, $RMSE= 1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB= -0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Er is quasi **geen algemene modelafwijking** voor de **jaargemiddelde PM2.5 concentraties**. De **RMSE is een maat voor de gemiddelde afwijking** tussen **meet- en modelresultaat** en deze bedraagt **$1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Het RIO-model heeft **gelijkaardige validatiestatistieken** voor jaargemiddelde PM2.5-concentraties. De temporele validatie van de **daggemiddelde concentraties** levert vergelijkbare validatiestatistieken (R, RMSE, MB) als voor de ruimtelijke validatie van de jaargemiddelde PM2.5-concentraties en zijn dus eveneens **performant**.

- De ruimtelijke validatiestatistieken van het ATMO-Street model voor **PM10-jaargemiddelde** concentraties zijn performant ($R=0.86$, $RMSE=2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB=-0.59 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Er is **quasi geen algemene over- of onderschatting** van de gemodelleerde **jaargemiddelde PM10-concentraties**. De **RMSE die de gemiddelde afwijking** tussen **meet- en modelresultaat** voor deze concentraties **weergeeft**, bedraagt **2,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ook voor PM10 heeft het **RIO-model** **gelijkaardige ruimtelijke validatiestatistieken** voor de jaargemiddelde concentraties. Het **niet** expliciet doorrekenen van **diffuse bronnen** in het ATMO-Street model heeft vooral **gevolgen** voor de **PM10-concentraties**. Daar waar er diffuse emissiebronnen (van bv. op- en overslag) aanwezig zijn kunnen de concentraties minder goed ingeschat worden. De validatiestatistieken van de **daggemiddelde PM10-concentraties** zijn vergelijkbaar met deze van de jaargemiddelde PM10-concentratie en dus **performant**.
- Algemeen zijn de grootteordes van onderschatting of overschatting van de modelresultaten van fijn stof (PM10 en PM2.5) klein.

Résumé (FR)

L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances du modèle ATMO-Street, un modèle conçu notamment pour cartographier les concentrations de carbone noir (BC) et de particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀).

Les résultats du modèle ATMO-Street BC, PM₁₀ et PM_{2.5} sont comparés à des mesures indépendantes (c'est-à-dire des mesures qui ne sont pas utilisées dans la chaîne du modèle) afin de mieux évaluer les performances du modèle.

La validation porte notamment sur les concentrations moyennes journalières et annuelles de PM_{2,5}, PM₁₀ et BC. L'Organisation Mondiale de la Santé et la Commission Européenne ont publié respectivement de nouvelles recommandations et de nouvelles valeurs limites pour les concentrations moyennes annuelles ou journalières en PM_{2.5} et PM₁₀. C'est pourquoi la performance du modèle pour ces concentrations est importante.

- Le **nombre de stations de mesure indépendantes** disponibles pour valider le modèle pour les concentrations en 2023 est important : 12 stations pour BC, 18 pour les particules fin et PM_{2.5} et 21 stations pour PM₁₀. Compte tenu du nombre significatif de stations par polluant, **les statistiques de validation** des résultats du modèle ATMO-Street peuvent être **considérées comme représentatives**.
- La validation spatiale du modèle ATMO-Street avec les concentrations **moyennes annuelles** de **BC** donne des résultats très satisfaisants ($R= 0.72$, $RMSE= 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), **la sous-estimation générale du modèle** est de **-0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . En ce qui concerne **concentrations moyennes journalières de BC**, les statistiques de validation temporelle d'ATMO-Street **indiquent** qu'elles sont **meilleures** dans les **localisations de fond urbain**. La médiane des statistiques de validation pour R, RMSE et MB est respectivement de 0.9, $0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $-0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur base des moyennes journalières). De manière générale, **chaque étape de la chaîne de modélisation** (RIO, IFDM, OSPM) **améliore les résultats** du modèle **ATMO-Street** pour le BC.
- La validation spatiale du modèle ATMO-Street pour les concentrations moyennes annuelles de **PM_{2.5}** donne de très bons résultats ($R=0.84$, $RMSE=1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB=-0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le biais moyen du modèle est très faible pour les concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5}. **Le RMSE est une mesure de l'écart moyen entre les résultats des mesures et ceux du modèle, et ces concentrations s'élèvent à 1,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Le modèle RIO présente des statistiques de validation similaires pour les concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5}. La validation temporelle sur base des **concentrations moyennes journalières** présente des statistiques de validation (R, RMSE, MB) comparables à celles des concentrations moyennes annuelles (validation spatiale) de PM_{2.5} et est donc également très bonne.
- La validation spatiale du modèle ATMO-Street pour les concentrations moyennes annuelles de **PM₁₀** donne également de très bons résultats ($R = 0.86$, $RMSE = 2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB = -0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il n'y a **pratiquement aucune surestimation ou sous-estimation (en moyenne sur toutes les stations indépendantes)** des **concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ modélisées**. Le RMSE, qui représente l'écart moyen entre les résultats des mesures et ceux du modèle pour ces

concentrations, est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les PM10 également, le modèle **RIO** présente **des statistiques de validation similaires** à ATMO-Street pour les concentrations moyennes annuelles. Toutefois, les modélisations des PM10 au niveau de certaines stations à proximité d'émissions industrielles diffuses sous-estiment les valeurs mesurées. La **non-prise en compte** des **sources diffuses** (provenant du stockage, carrières, charroi) dans le modèle ATMO-Street peut donc avoir un impact sur la bonne évaluation des PM10. Les statistiques de la validation temporelle des **concentrations moyennes journalières de PM10** sont comparables à celles des concentrations moyennes annuelles de PM10 et donc très satisfaisantes également

- En général, les ordres de grandeur de la sous-estimation ou de la surestimation des résultats du modèle pour les particules fines (PM10 et PM2,5) sont faibles. Ils se situent dans les limites des incertitudes de mesure connues.

Summary (EN)

The aim of this study is to assess the performance of the **ATMO-Street model**, a model designed to spatially map the concentrations of **black carbon (BC)** and **particulate matter (PM2.5 and PM10)**, among other pollutants.

The model results are compared with available independent measurements (i.e. measurements that are not used anywhere in the model chain) to gain insight into the model's performance. Based on the available independent measurements, these ATMO-Street model results for BC, PM10 and PM2.5 are validated.

The validation focuses on **BC, PM2.5 and PM10 daily average and annual average concentrations**. The World Health Organization and the European Commission have issued new advisory values and new limit values, respectively, for the annual average and daily average concentrations of PM2.5 and PM10. That is why the performance of the model for these concentrations is important.

- There are numerous independent measuring stations available to validate the model for concentrations in 2023: BC (12 stations), PM10 (21 stations) and PM2.5 (18 stations). **Due to this considerable number of stations per pollutant**, these **validation statistics** of ATMO-Street model results can be considered **representative**.
- The spatial validation of the ATMO-Street model with **BC** annual average concentrations is **performant** ($R = 0.72$, $RMSE = 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$); the **overall model underestimation** is **$-0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . With regard to the temporal validation statistics of ATMO-Street with daily average BC concentrations, there are **indications** that these are **more performant** in **urban background** areas. For daily average BC concentrations, the median of the validation statistics for R, RMSE and MB is 0.9, $0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $-0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. In general, **each step** in the **model chain** (RIO, RIO-IFDM, OSPM) **improves** the **BC ATMO-Street model results**.
- The spatial validation of the ATMO-Street model for **PM2.5** annual average concentrations is **performing well** ($R = 0.84$, $RMSE = 1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB = -0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). There is **almost no general deviation** of the **model results** for the **annual average PM2.5 concentrations**. The **average deviation** between the **measured** and **modelled** results for these concentrations is **$1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . The **RIO** model has **similar validation statistics** for annual average PM2.5 concentrations. The temporal validation of the **daily average concentrations** has similar validation statistics (R, RMSE, MB) to those for the annual average PM2.5 concentrations and is therefore also **well performing**.
- The spatial validation of the ATMO-Street model for **PM10** annual average concentrations is **well performing** ($R = 0.86$, $RMSE = 2.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB = -0.59 \mu\text{g}/\text{m}^2$). There is **almost no general overestimation** or **underestimation** of the **modelled annual average PM10 concentrations**. The **average deviation** between the **measured** and **modelled** results for these concentrations is **$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . The **RIO** model also has **similar validation statistics** for the annual average concentrations for PM10. The absence of diffuse sources in the ATMO-Street model mainly affects PM10 concentrations. These concentrations cannot be accurately modelled when diffuse sources are near, for example where there are emission sources such as storage and transshipment facilities.

The temporal validation statistics for the **daily average PM10 concentrations are comparable** to those for the annual average PM10 concentration and are therefore **well performing**.

- In general, the orders of magnitude of underestimation or overestimation of the model results for particulate matter (PM10 and PM2.5) are small. These fall within the known measurement uncertainties.

Inleiding

Om onder meer de bevolkingsblootstelling te kunnen berekenen en te monitoren is er, naast de informatie over Black Carbon (BC) en fijn stof (PM₁₀ en PM_{2.5}) metingen op vaste meetplaatsen ook ruimtelijke informatie vereist. Met de resultaten van het ATMO-street model^{1,2} kunnen deze concentraties in België ruimtelijk beoordeeld worden.

Voor de gezondheid op lange termijn is PM_{2.5} de pollutant met de grootste impact. Voor het jaar 2023 bedroeg het aantal vroegtijdige sterftes door deze pollutant op lange termijn ongeveer 5000³. Deze pollutant heeft ook korte termijneffecten (toename van dagelijkse sterftes door onder andere hart- en vaatziekten, aandoeningen aan luchtwegen en longen). Zowel de Wereldgezondheidsorganisatie als de Europese Commissie hebben nieuwe grenswaarden respectievelijk nieuwe advieswaarden uitgevaardigd voor jaargemiddelde en daggemiddelde concentraties van PM_{2.5} en PM₁₀.

De kwaliteit van een luchtkwaliteitsmodel wordt nagegaan door middel van een modelvalidatie. In deze studie worden onafhankelijke metingen (dit zijn metingen die niet in het luchtkwaliteitsmodel gebruikt worden) vergeleken met de modelresultaten uit de verschillende stappen van de ATMO-Street modelketen⁴. Met ATMO-Street wordt steeds de hele modelketen RIO+IFDM+OSPM bedoeld, maar enkel voor locaties in street canyons is er ook effectief een OSPM-bijdrage of impact van de street canyon. Op alle andere locaties is de ATMO-Street concentratie gelijk aan de RIO-IFDM concentratie. Het is belangrijk om het onderscheid te maken tussen de ruimtelijke en temporele validatie. Bij een ruimtelijke validatie wordt de modelperformantie op ruimtelijke schaal bepaald door vergelijking van gemeten en gemodelleerde jaargemiddelde concentraties. De temporele modelvalidatie gebeurt via een vergelijking per meetplaats van de gemeten en gemodelleerde daggemiddelde concentraties. Voor daggemiddelde concentraties zijn alle modelresultaten zonder street canyonbijdrage, dus enkel RIO-IFDM.

In wat volgt wordt de validatie van de ATMO-Street modelresultaten voor de pollutanten BC, PM₁₀ en PM_{2.5} van 2023 besproken.

¹ <https://www.irceline.be/nl/documentatie/modellen>

² Beschrijving ATMO-Street model in hoofdstuk 2.1 <https://www.irceline.be/nl/documentatie/modellen>

³ <https://www.irceline.be/nl/documentatie/publicaties/wetenschappelijke-rapporten/impact-van-luchtkwaliteit-op-gezondheid-in-belgie-2023>

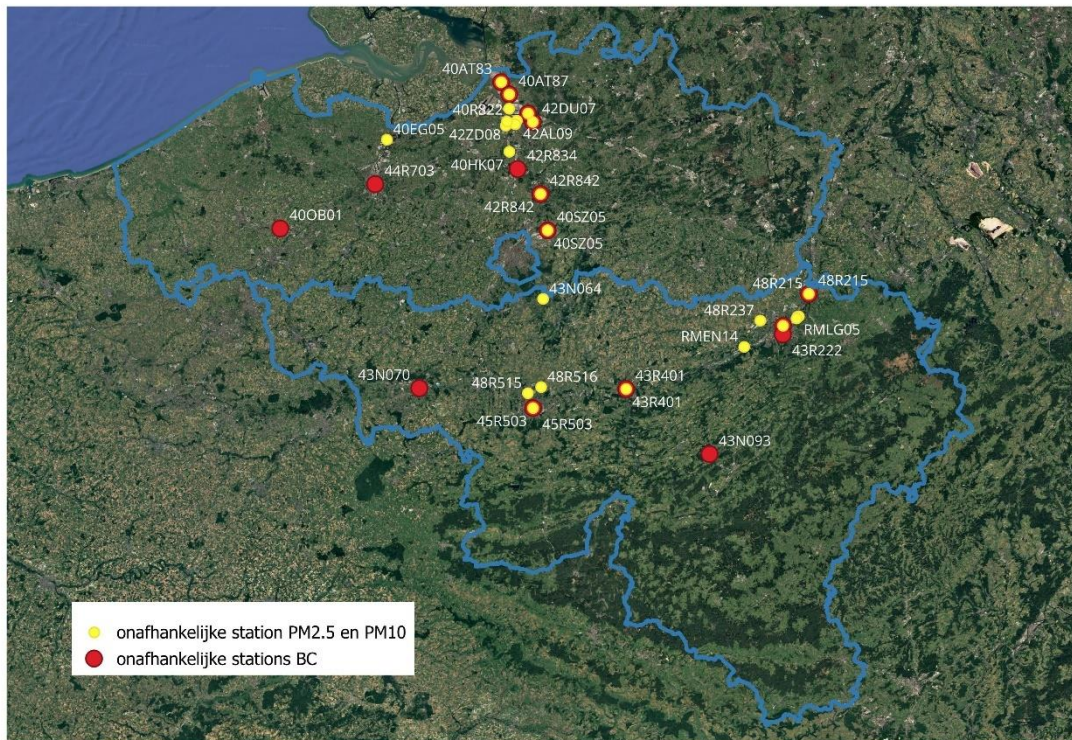
⁴ Het betreft ATMO-Street modelversie 7.0. Meer info: [Evolueren de luchtkwaliteitsmodellen doorheen de tijd?](#)

Methode

Een uitgebreide beschrijving van de validatiemethode en het model is te vinden in hoofdstuk 2 resp. hoofdstuk 2.1 van het Validatierapport NO2 2017⁵.

Voor de modelberekeningen van de concentraties voor het jaar 2023 gebruikt in deze studie, is RIO v5.0_v2020 en IFDM v70 gebruikt.

De bedoeling van deze studie is om onafhankelijke beschikbare meetdata van BC, PM2.5 en PM10 in België te gebruiken om te valideren. Voor de pollutanten PM10, PM2.5 en BC zijn er onafhankelijke vaste telemetrische stations beschikbaar en data van enkele bijkomende telemetrische mobiele metingen.



Figuur 1: locaties van de gebruikte onafhankelijke metingen voor validatie van BC, PM10 en PM2.5.

⁵ <http://www.ircel.be/nl/documentatie/modellen/validatie/validatierapport-rio-ifdm-ospm-no2-2017/view>

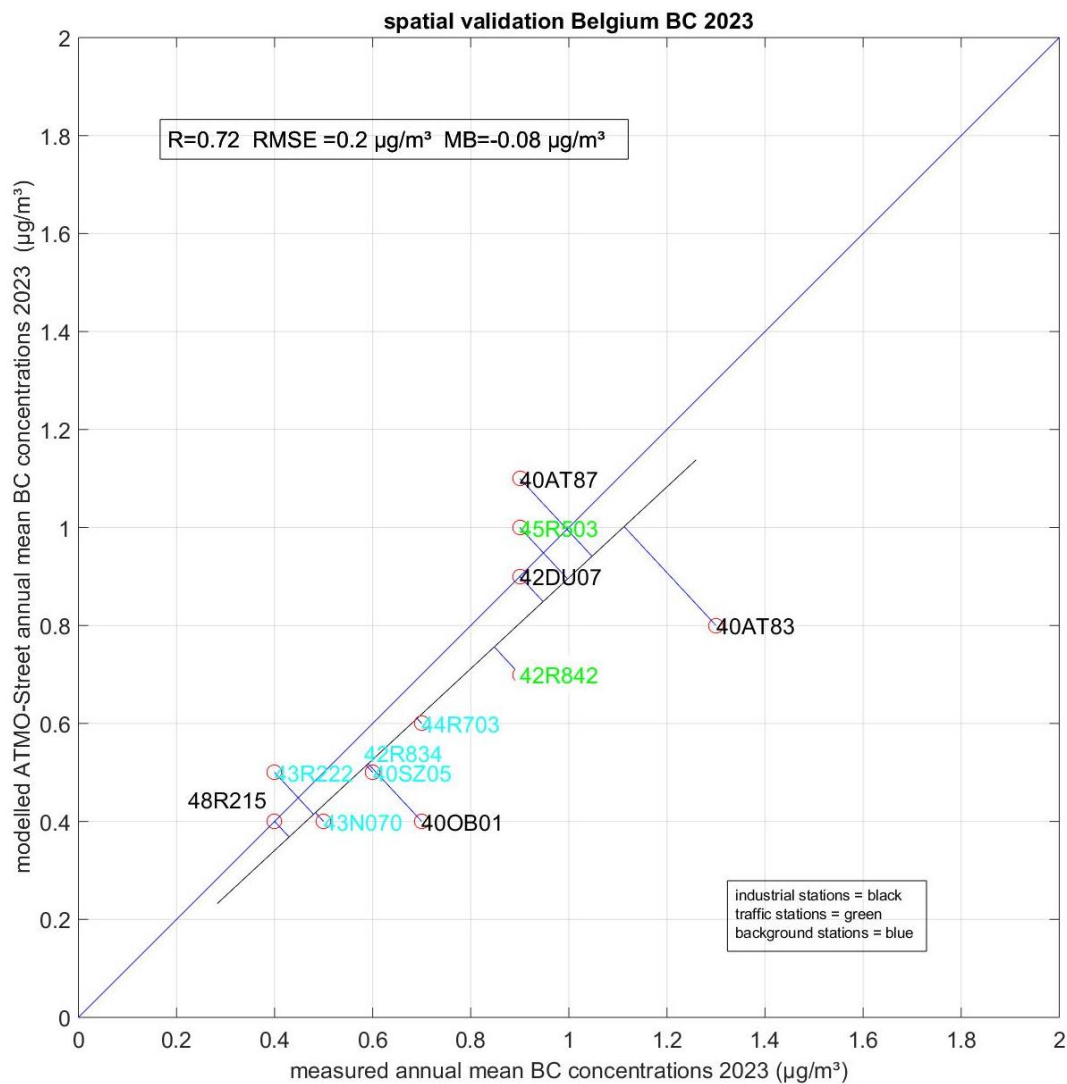
Validatie ATMO-Street voor BC in 2023

De onafhankelijke telemetrische meetstations, die uurlijkse BC-gegevens aanleveren, worden hieronder gegeven in tabel 1. De locaties van de meetstations zijn terug te vinden op figuur 1. Voor wat betreft de validatie met deze onafhankelijke telemetrische stations zijn er slechts twee stations met voldoende data die in een street canyon liggen: 42R842 en 45R503. Voor de stations 42MK02, 43N093, 43R202 en 43R401 zijn er voor de ruimtelijke validatie te weinig data beschikbaar. Dit wil zeggen dat er niet voldoende uurwaarden (minder dan 85 %) beschikbaar zijn om een geldig jaargemiddelde te berekenen.

Tabel 1: Stations- en gebiedstype van de gebruikte onafhankelijke meetstations voor de validatie van BC 2023

stations	databeschikbaarheid (%) voor 2023	gebiedstype	stationstype
40AT83	99	voorstedelijk	industrie
40AT87	80	ruraal	industrie
40OB01	99	ruraal	industrie
40SZ05	98	voorstedelijk	achtergrond
42DU07	100	voorstedelijk	industrie
42MK02	75	stedelijk	verkeer
42R834	92	voorstedelijk	achtergrond
42R842*	100	stedelijk	verkeer
43N070	99	voorstedelijk	achtergrond
43N093	82	ruraal	achtergrond
43R202*	81	stedelijk	verkeer
43R222	90	voorstedelijk	achtergrond
43R401*	65	stedelijk	achtergrond
44R703	97	stedelijk	achtergrond
45R503*	86	stedelijk	verkeer
48R215	100	voorstedelijk	industrie

*gelegen in een streetcanyon

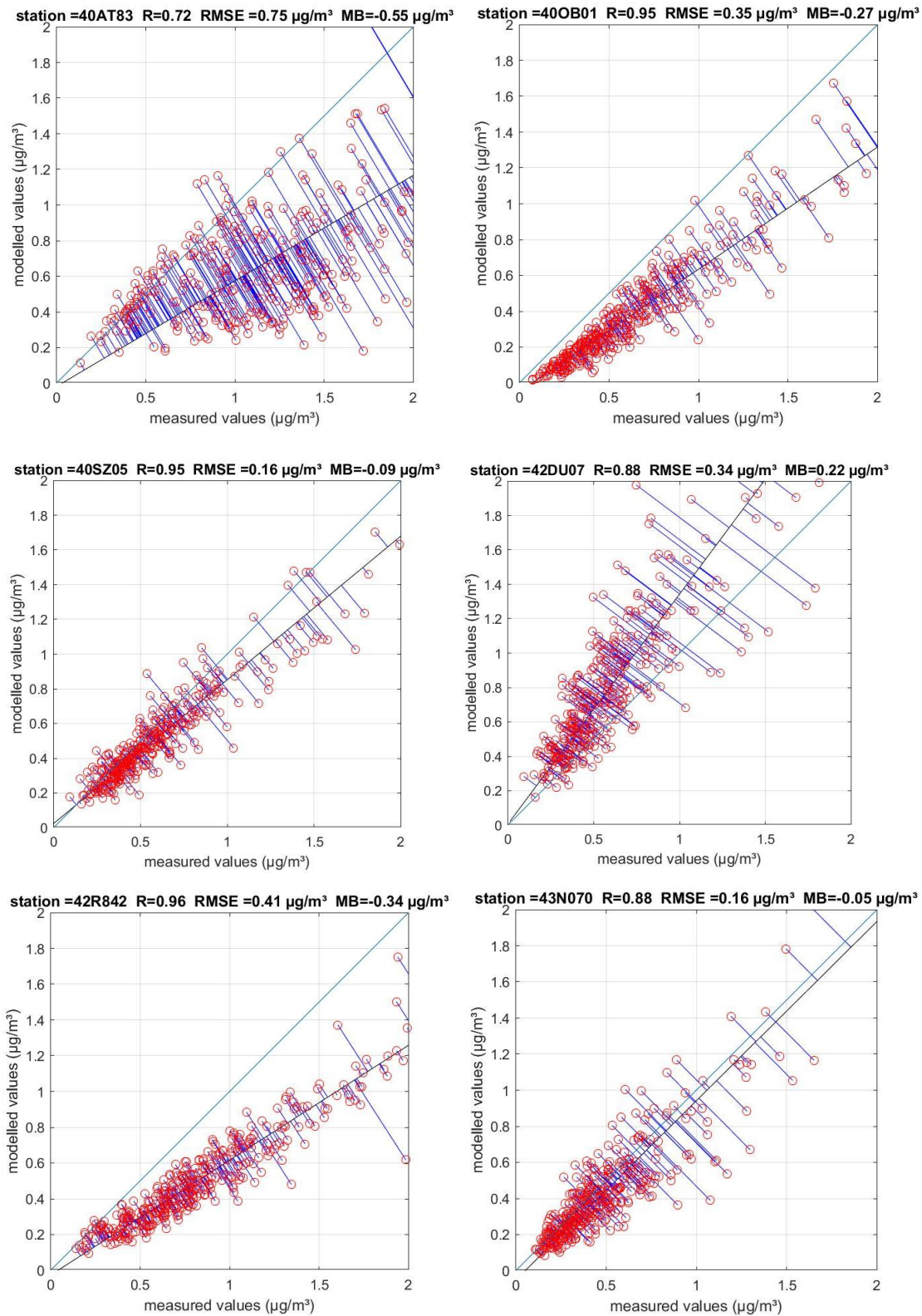


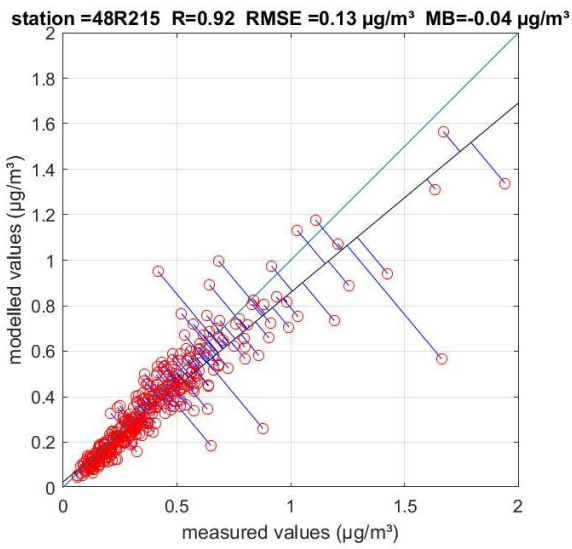
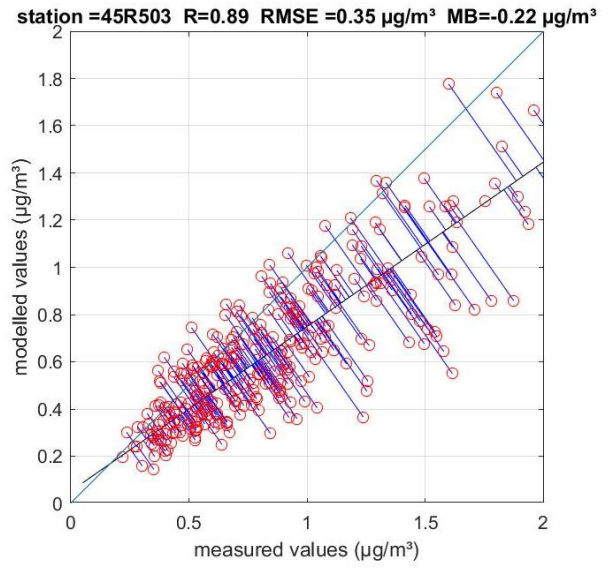
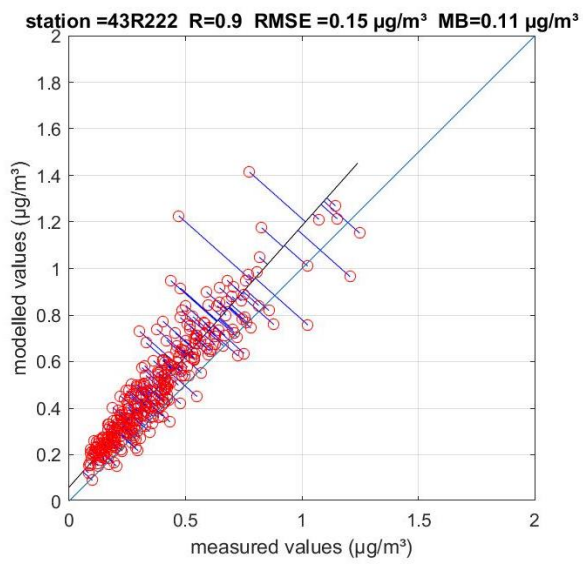
Figuur 2: ruimtelijke validatie jaargemiddelde BC -concentraties 2023 ATMO-Street

De ruimtelijk validatie wordt gekenmerkt door een R van 0.72, een RMSE van $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een MB van $-0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Er zijn twaalf onafhankelijke meetstations beschikbaar voor de validatie van BC voor het jaar 2023. Dit aantal geeft een redelijk beeld van de modelperformantie. Voor de stations waar streetcanyon effecten berekend zijn, wordt zowel een overschatting (45R503) als een onderschatting (42R842) vastgesteld.

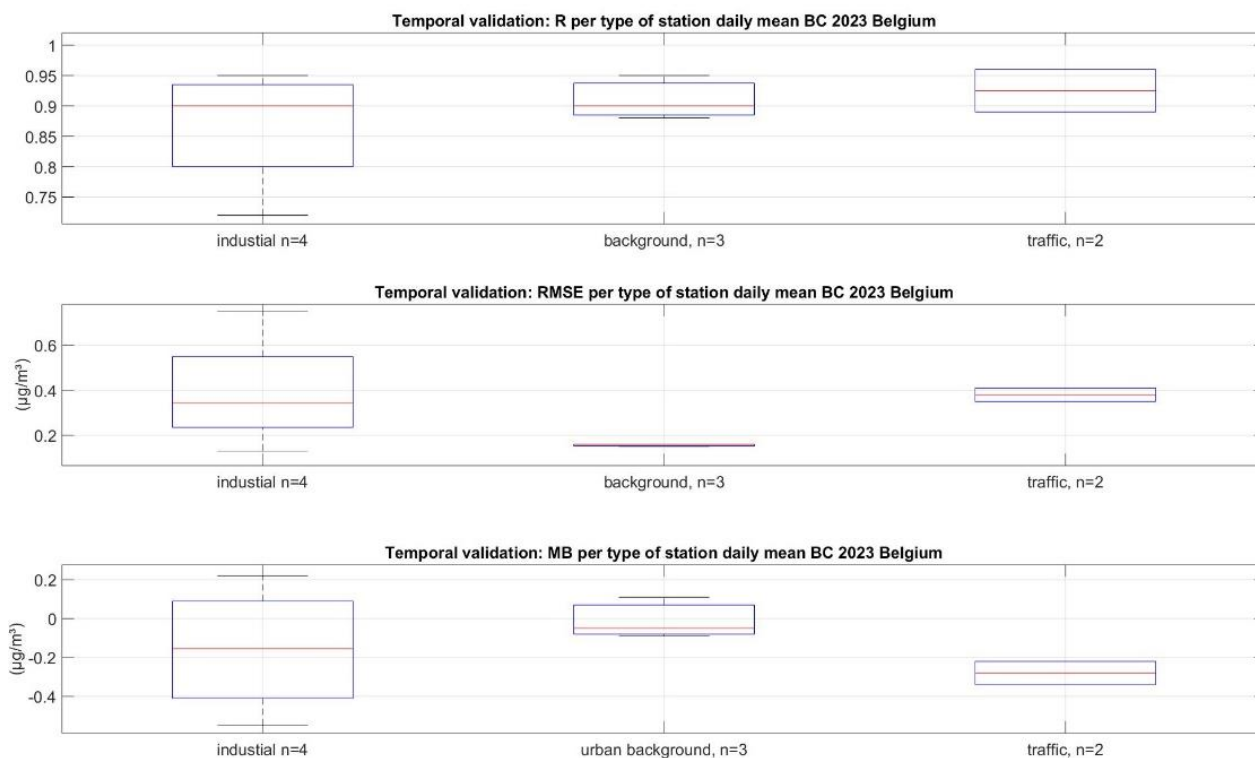
Voor wat betreft de temporele validatie zijn niet voor alle stations gemodelleerde dagwaarden beschikbaar. Op figuur 3 wordt de temporele validatie van negen meetstations weergegeven waarvoor deze modeldata beschikbaar is. De mediaan van de validatiestatistieken voor de dagwaarden voor R, RMSE en MB bedraagt respectievelijk 0.9, $0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $-0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Als we de temporele validatie van BC beoordelen per type meetstation (zie Figuur 4) dan is er een indicatie dat op basis van de statistieken de gemodelleerde daggemiddelde BC-concentraties in stedelijke achtergrondstations performanter zijn. Hierbij moet echter vermeld worden dat het een beperkt aantal stations betreft per type station.





Figuur 3: Temporale validatie daggemiddelde BC-concentraties RIO-IFDM 2023



Figuur 4: Temporele statistieken R, RMSE, MB (n=het aantal telemetrische stations) voor 2023 daggemiddelde BC-concentraties RIO-IFDM

In tabel 2 worden voor alle onafhankelijke stations de gemeten en gemodelleerde ATMO-Street BC jaargemiddelde concentraties weergegeven. Om meer inzicht te krijgen in de modelketen die bestaat uit een koppeling van een achtergrond model (RIO) met een “open street”-model (RIO-IFDM) en een streetcanyon model (OSPM) zijn de concentraties door deze modellen eveneens weergegeven.⁶ Het verschil tussen ‘RIO-IFDM geïnterpoleerd’ en ‘RIO-IFDM’ concentraties is dat deze laatste modelresultaten berekend zijn op de exacte locaties van de onafhankelijke stations. De ‘RIO-IFDM geïnterpoleerd’ betreft een interpolatie tussen modelpunten die niet noodzakelijk samenvallen met de locatie van het meetstation. Als de locatie niet in een street canyon gelegen is, dan is ‘ATMO-Street geïnterpoleerd’ gelijk aan ‘RIO-IFDM geïnterpoleerd’.

⁶ <https://www.irceline.be/nl/documentatie/modellen>

Tabel 2: Gemeten en gemodelleerde ATMO-Street, RIO-IFDM en RIO jaargemiddelde BC -concentraties 2023 voor de onafhankelijke stations

stations	stationstype	gebiedstype	gemeten concentratie	gemodelleerde concentraties				
				ATMO-Street	streetcanyon model (OSPM) toegepast	RIO-IFDM geïnterpoleerd	RIO-IFDM	RIO
40AT83	industrie	voorstedelijk	1,3	0,8		0,8	0,8	0,8
40OB01	industrie	Rural	0,7	0,4		0,4	0,4	0,4
40SZ05	achtergrond	voorstedelijk	0,6	0,5		0,5	0,5	0,6
42DU07	industrie	voorstedelijk	0,9	0,9		0,9	0,8	0,8
42R834	achtergrond	voorstedelijk	0,6	0,5		0,5	NA	0,4
42R842	verkeer	stedelijk	0,9	0,7	x	NA	0,5	0,5
43N070	achtergrond	voorstedelijk	0,5	0,4		0,4	0,4	0,3
43R222	achtergrond	voorstedelijk	0,4	0,5		0,5	0,5	0,5
44R703	achtergrond	stedelijk	0,7	0,6		0,6	NA	0,7
45R503	verkeer	stedelijk	0,9	1	x	NA	0,7	0,5
48R215	industrie	voorstedelijk	0,4	0,4		0,4	0,4	0,3

Uit de tabel kan afgeleid worden dat er bijna geen afwijking is tussen de RIO-IFDM concentraties gemodelleerd op de exacte locatie en de RIO-IFDM geïnterpoleerde modelresultaten. Zoals verwacht wordt door de toepassing van het streetcanyon model de concentratie voor de twee verkeersstations 42R842 en 45R503 opgehoogd. Voor de industrie- en de achtergrondstations is de ophoging voor de modelresultaten van RIO naar RIO-IFDM eerder klein.

Het aantal onafhankelijke meetstations voor de ruimtelijke validatie van BC is twaalf. De vaststellingen voor wat betreft de ruimtelijke validatie geven in die zin een redelijk beeld van de modelperformantie. De ruimtelijke validatiestatistieken zijn performant: R van 0.72, een RMSE van 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en een MB van -0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Voor wat betreft de temporele (dagwaarden) validatiestatistieken zijn er indicaties dat de gemodelleerde BC-concentraties performanter zijn in stedelijke achtergrond gebieden. De mediaan van de validatiestatistieken voor de dagwaarden voor R, RMSE en MB bedraagt respectievelijk 0.9, 0.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en -0.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In het algemeen verbetert iedere stap in de modelketen (RIO, RIO-IFDM, ATMO-Street) de BC-modelresultaten.

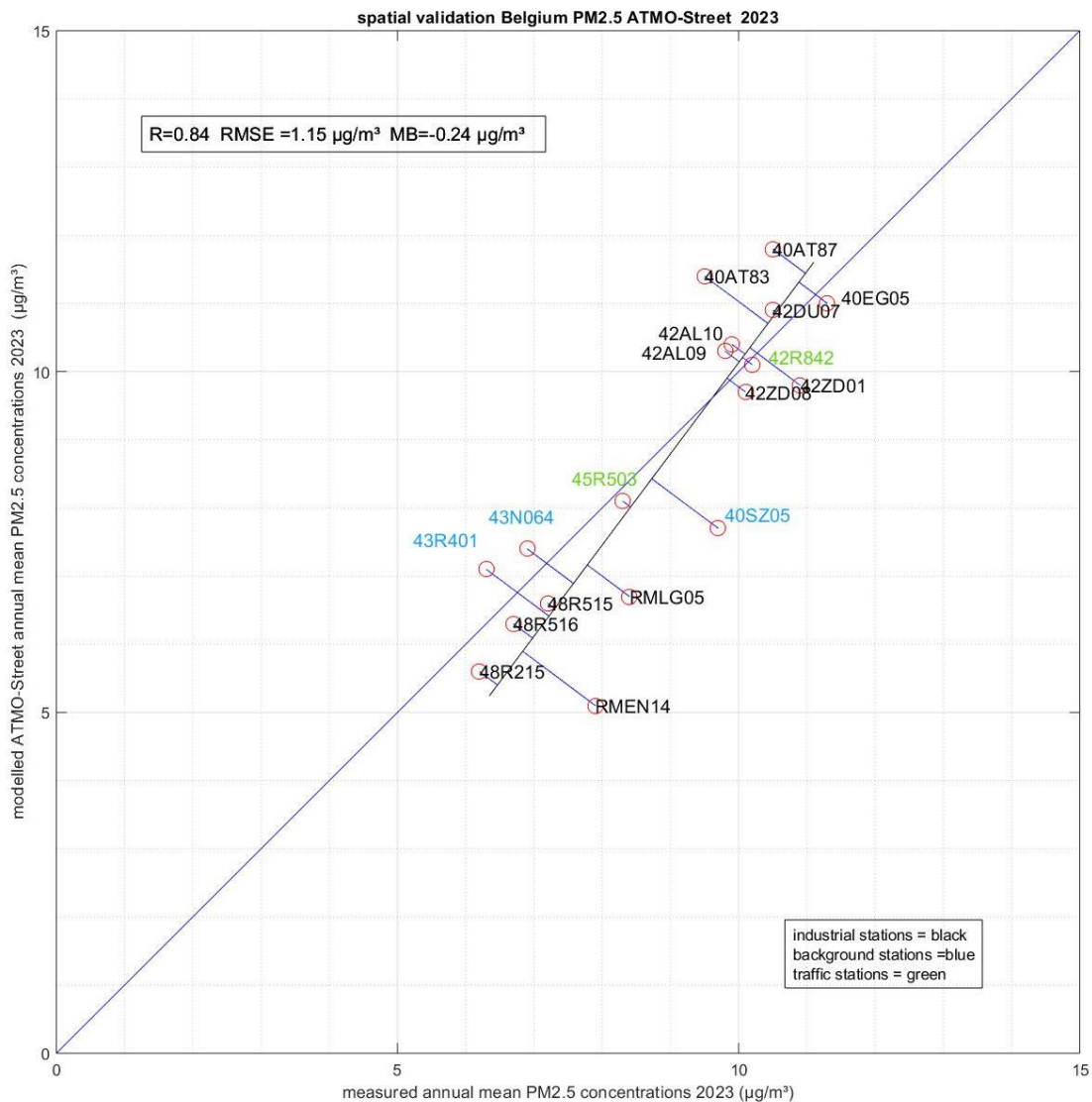
Validatie ATMO-Street voor PM2.5 in 2023

De onafhankelijke telemetrische meetstations, die uurlijkse PM2.5-concentraties aanleveren, worden hieronder gegeven in tabel 3. De locaties van de meetstations zijn terug te vinden op figuur 1. Voor wat betreft de validatie met deze onafhankelijke telemetrische stations zijn er vier stations die in een street canyon liggen. Voor de stations 3 zijn er voor de ruimtelijke validatie te weinig data (minder dan 85%) beschikbaar. De stations beginnend met 'RM' zijn mobiele meetstations.

Tabel 3: databeschikbaarheid, stations- en gebiedstype, gemeten en gemodelleerde jaarlijkse PM2.5 concentraties voor 2023 van de onafhankelijke stations

stations	databeschikbaarheid (%) voor 2023	stationstype	gebiedstype	gemeten jaargemiddelde PM2.5 concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	gemodelleerde jaargemiddelde PM2.5 concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
40AT83	99	industrie	voorstedelijk	9,5	11,4
40AT87	93	industrie	ruraal	10,5	11,8
40EG05	99	industrie	voorstedelijk	11,3	11
40SZ05	97	achtergrond	voorstedelijk	9,7	7,7
42AL09	100	industrie	ruraal	9,8	10,3
42AL10	100	industrie	ruraal	9,9	10,4
42DU07	100	industrie	voorstedelijk	10,5	10,9
42R842*	100	verkeer	Urban	10,2	10,1
42ZD01	99	industrie	voorstedelijk	10,9	9,8
42ZD08	100	industrie	voorstedelijk	10,1	9,7
43N064	100	achtergrond	voorstedelijk	6,9	7,4
43R202*	84	verkeer	Urban	7,3	7
43R401*	100	achtergrond	Urban	6,3	7,1
45R503*	96	verkeer	Urban	8,3	8,1
48R215	99	industrie	voorstedelijk	6,2	5,6
48R515	91	industrie	voorstedelijk	7,2	6,6
48R516	100	industrie	voorstedelijk	6,7	6,3
RMLG05	86	industrie	NA	8,4	6,7
RMLG17	82	industrie	NA	9,1	6,6
RMLG22	83	industrie	NA	8,8	6,5
RMEN14	90	industrie	NA	7,9	5,1

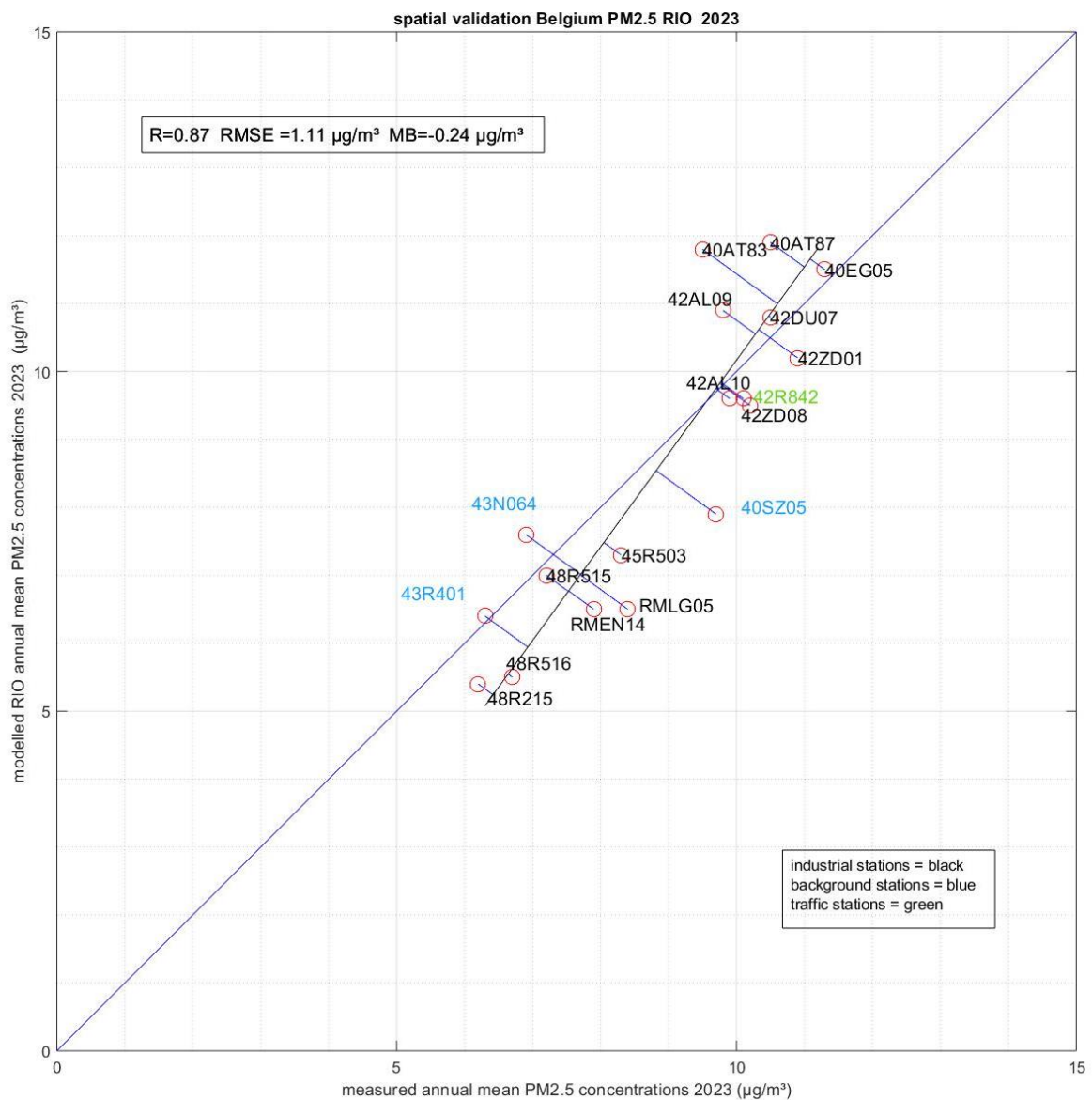
*gelegen in een streetcanyon



Figuur 5: ruimtelijke validatie jaargemiddelde PM2.5 -concentraties ATMO-Street 2023

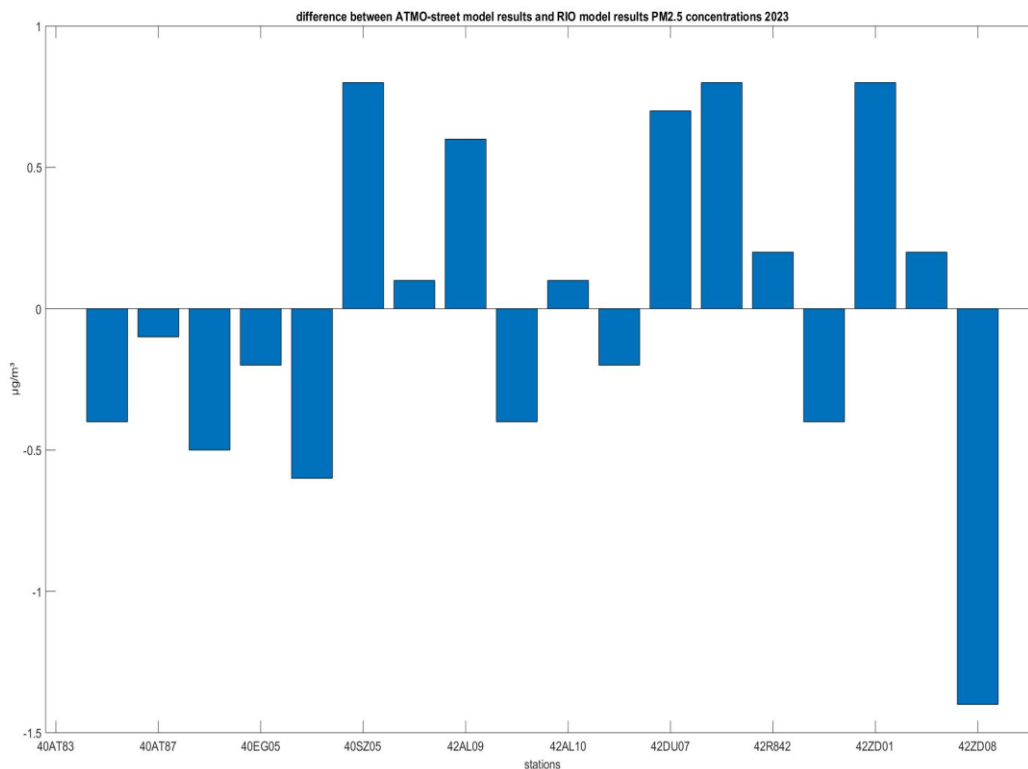
De ruimtelijke validatie wordt gekenmerkt door een R van 0.84, een RMSE van $1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een MB van $-0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ter vergelijking, de validatiestatistieken van PM2.5 voor het jaar 2016 betroffen: een R van 0.87, een RMSE van $1.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een MB van $-1,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor de validatie van het jaar 2016 waren er slechts een tiental onafhankelijke stations beschikbaar. In 2023 zijn er 18 onafhankelijke stations beschikbaar wat een beter beeld geeft van de modelperformantie. Tussen 2016 en 2023 zijn de modelversies en de input geactualiseerd en geoptimaliseerd. De validatiestatistieken voor PM2.5 van 2016 liggen in dezelfde grootteorde dan deze van 2023.

Gezien fijn stof lokaal minder varieert in vergelijking met BC en NO2 concentraties wordt hieronder ook de ruimtelijke validatie van het achtergrondmodel RIO, dat gebruikt wordt in de ATMO-Street modelketen, voorgesteld.



Figuur 6: ruimtelijke validatie jaargemiddelde PM2.5-concentraties RIO 2023

De ruimtelijke validatiestatistieken voor de RIO-modelresultaten verschillen nauwelijks van deze voor het ATMO-Street model en zijn dus ook erg performant. Merk op dat er slechts drie stations in een street canyon liggen. Het verschil tussen de twee modelresultaten (ATMO-Street en RIO) wordt afgebeeld op figuur 7 en geeft ook de reden aan waarom de validatiestatistieken nagenoeg identiek zijn.



Figuur 7: Verschil tussen de jaargemiddelde PM2.5 modelconcentraties van ATMO-Street en RIO voor 2023

Voor de temporele validatie worden de daggemiddelde PM2.5-concentraties RIO-IFDM modelresultaten geëvalueerd. De daggemiddelde PM2.5-concentratie zal in het kader van de vernieuwde Europese luchtkwaliteitsrichtlijn (2024/2881)⁷ aan belang toenemen. Volgens de nieuwe Europese luchtkwaliteitsrichtlijn (2024/2881) mag vanaf 2030 de daggemiddelde PM2.5-concentratie van 25 µg/m³ niet meer dan 18 keer per jaar overschreden worden. De modeloutput voor de daggemiddelde concentraties is niet beschikbaar voor alle stations uit tabel 3, enkel voor deze uit tabel 4. Dit komt door het feit dat sommige stations niet in de modelrun zitten als receptorpunten en in die zin geen daggemiddelden ter beschikking hebben. In tabel 4 wordt het aantal overschrijdingsdagen cfr. de nieuwe Europese richtlijn weergegeven voor het jaar 2023. Voor het station 40EG05 bedraagt dit meer dan 18 dagen en deze overschrijding werd eveneens gemodelleerd.

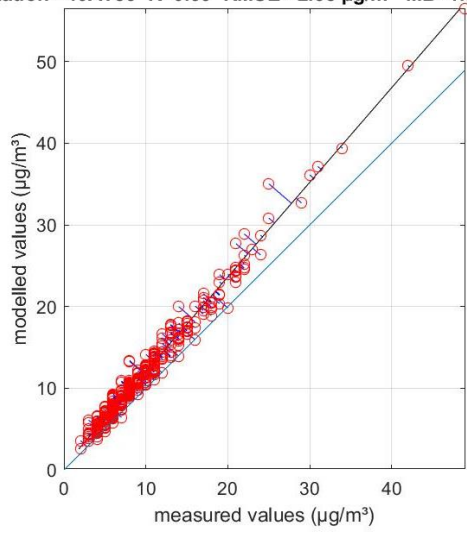
Op figuur 8 worden de statistieken voor de daggemiddelde PM2.5-concentraties per station weergegeven. Op basis van deze statistieken kunnen we besluiten dat het ATMO-street model erg performant is voor PM2.5 daggemiddelde concentraties. Enkel voor het station in Zwijndrecht (42ZD08) zijn de statistieken iets minder performant. Als we de temporele validatiestatistieken per type meetstation opdelen dan zien we dat deze voor de industriële stations, de verkeersstations en de stedelijk achtergrondstations erg performant zijn. De medianen van deze temporele validatiestatistieken van de PM2.5 daggemiddelde concentraties zijn MB=-0.45µg/m³, RMSE= 1.71 µg/m³ en R=0.98.

⁷ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202402881

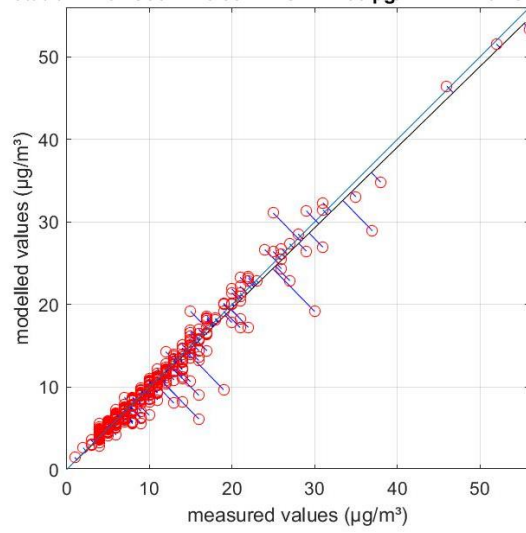
Tabel 4: Onafhankelijke stations, stations- en gebiedstype, gemeten en gemodelleerde overschrijdingensdagen van 25 µg/m³ daggemiddelde PM_{2,5} concentraties voor 2023

stations	stationstype	gebiedstype	aantal dagen met gemeten daggemiddelde PM _{2,5} > 25 µg/m ³	aantal dagen met gemodelleerd daggemiddelde PM _{2,5} > 25 µg/m ³
40AT83	industrieel	voorstedelijk	6	15
40EG05	industrieel	voorstedelijk	19	20
40SZ05	achtergrond	voorstedelijk	16	6
42AL09	industrieel	Rural	11	11
42AL10	industrieel	Rural	7	14
42DU07	industrieel	voorstedelijk	13	14
42R842	verkeer	stedelijk	12	11
42ZD01	industrieel	voorstedelijk	14	10
42ZD08	industrieel	voorstedelijk	14	10
43N064	achtergrond	voorstedelijk	11	4
43R401	achtergrond	stedelijk	9	9
45R503	verkeer	stedelijk	14	13
48R215	industrieel	voorstedelijk	6	4
48R515	industrieel	voorstedelijk	9	8
48R516	industrieel	voorstedelijk	7	7

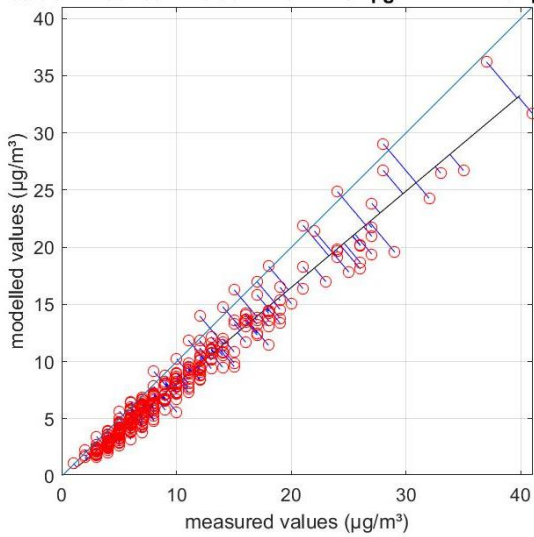
station =40AT83 R=0.99 RMSE =2.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=1.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



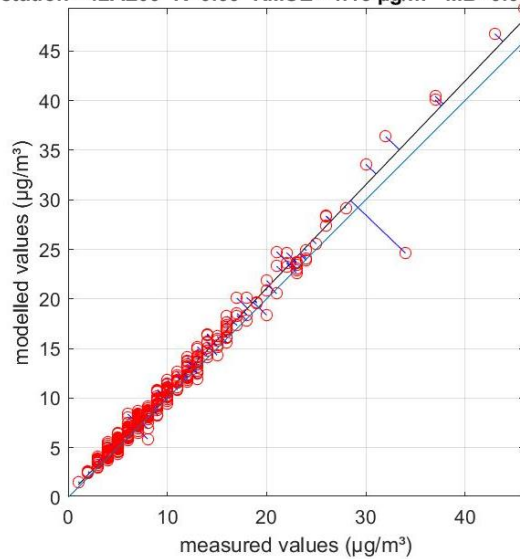
station =40EG05 R=0.98 RMSE =1.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



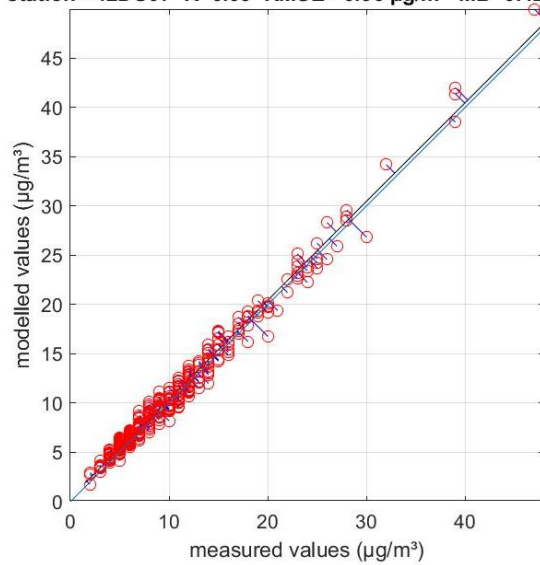
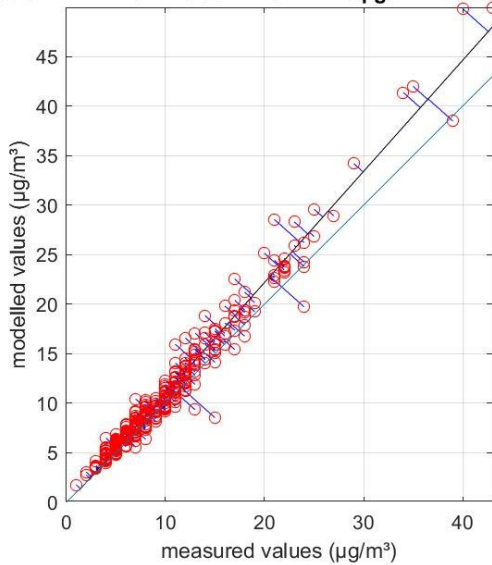
station =40SZ05 R=0.98 RMSE =2.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



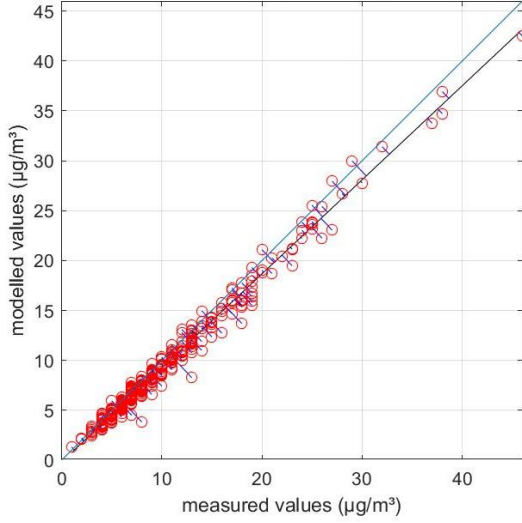
station =42AL09 R=0.99 RMSE =1.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



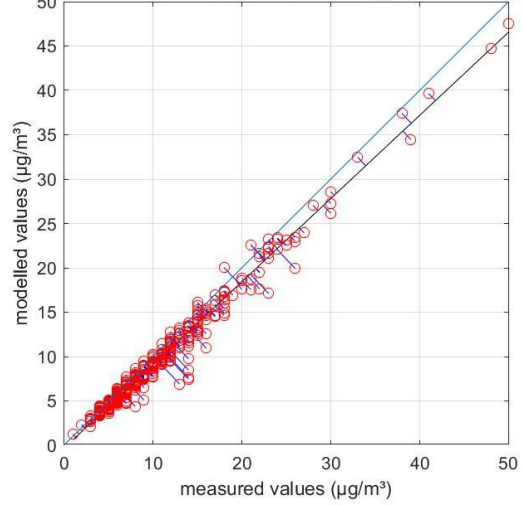
station =42AL10 R=0.98 RMSE =1.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ station =42DU07 R=0.99 RMSE =0.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



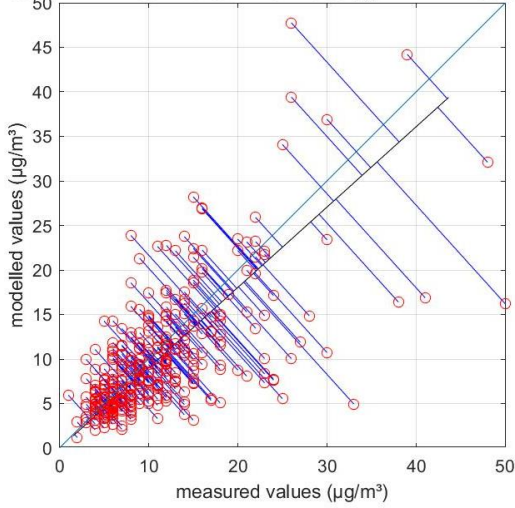
station =42R842 R=0.99 RMSE =1.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



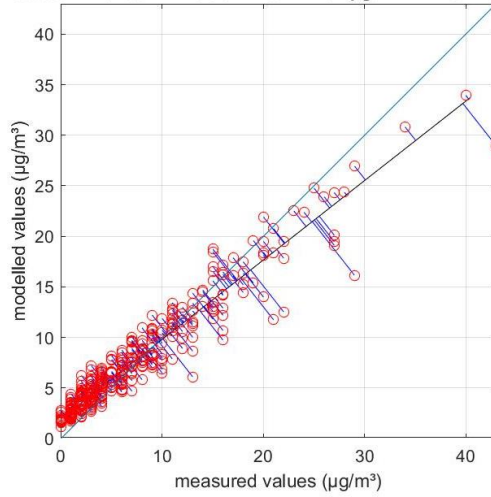
station =42ZD01 R=0.99 RMSE =1.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



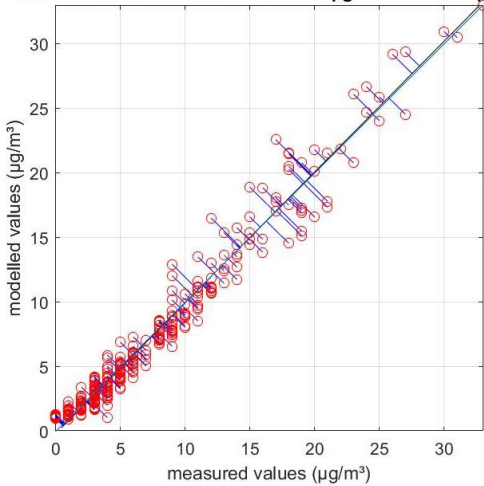
station =42ZD08 R=0.63 RMSE =5.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



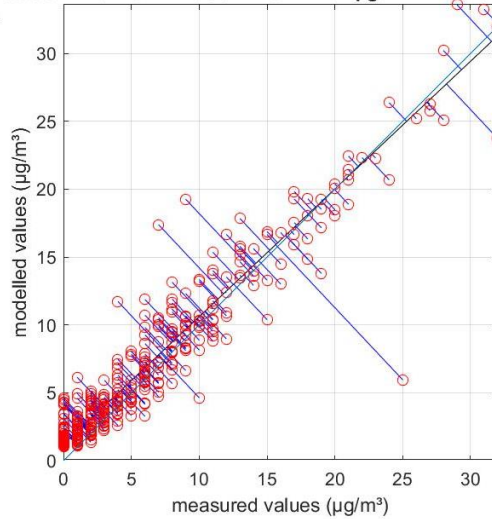
station =43N064 R=0.96 RMSE =2.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

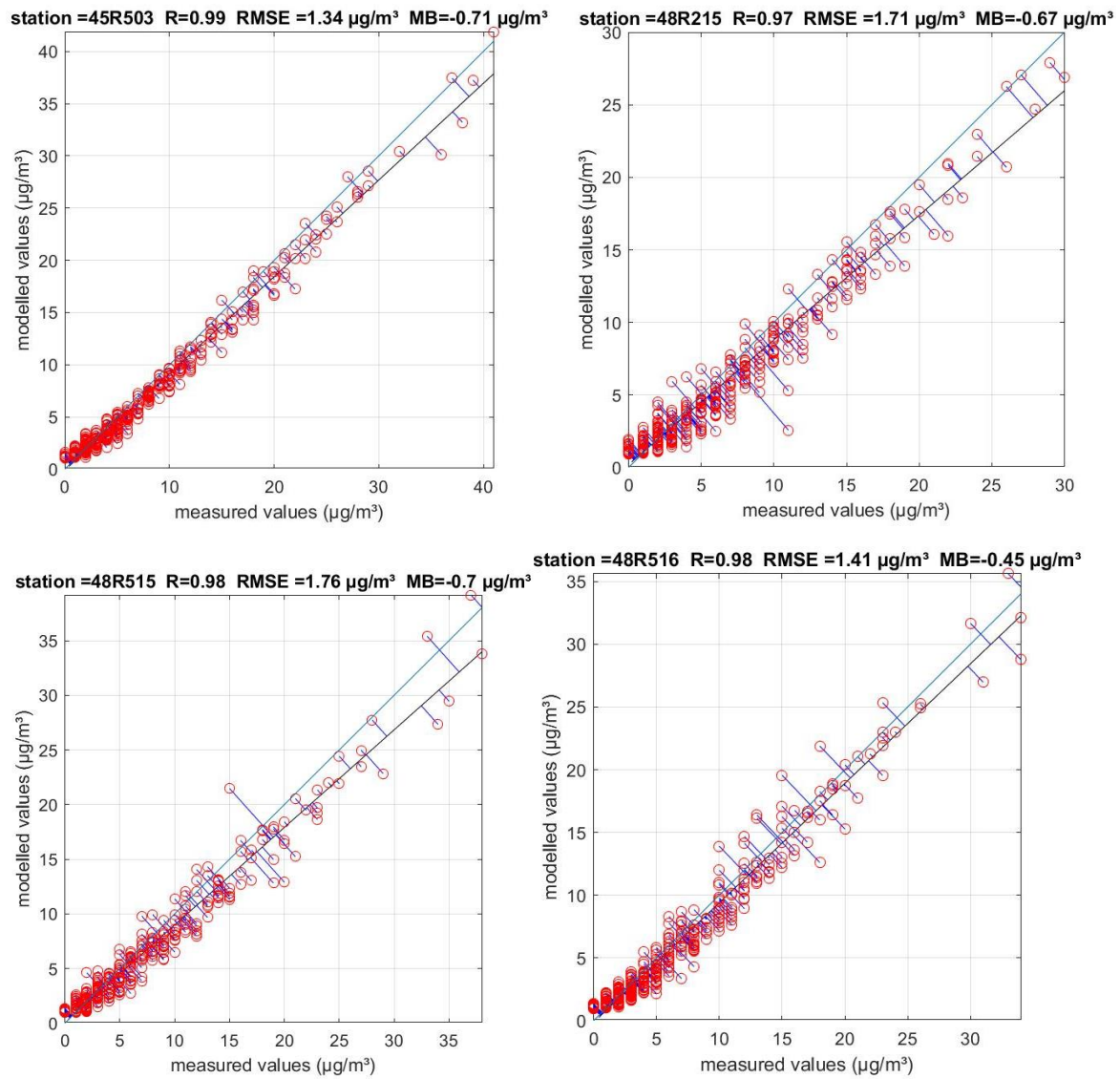


station =43R202 R=0.98 RMSE =1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

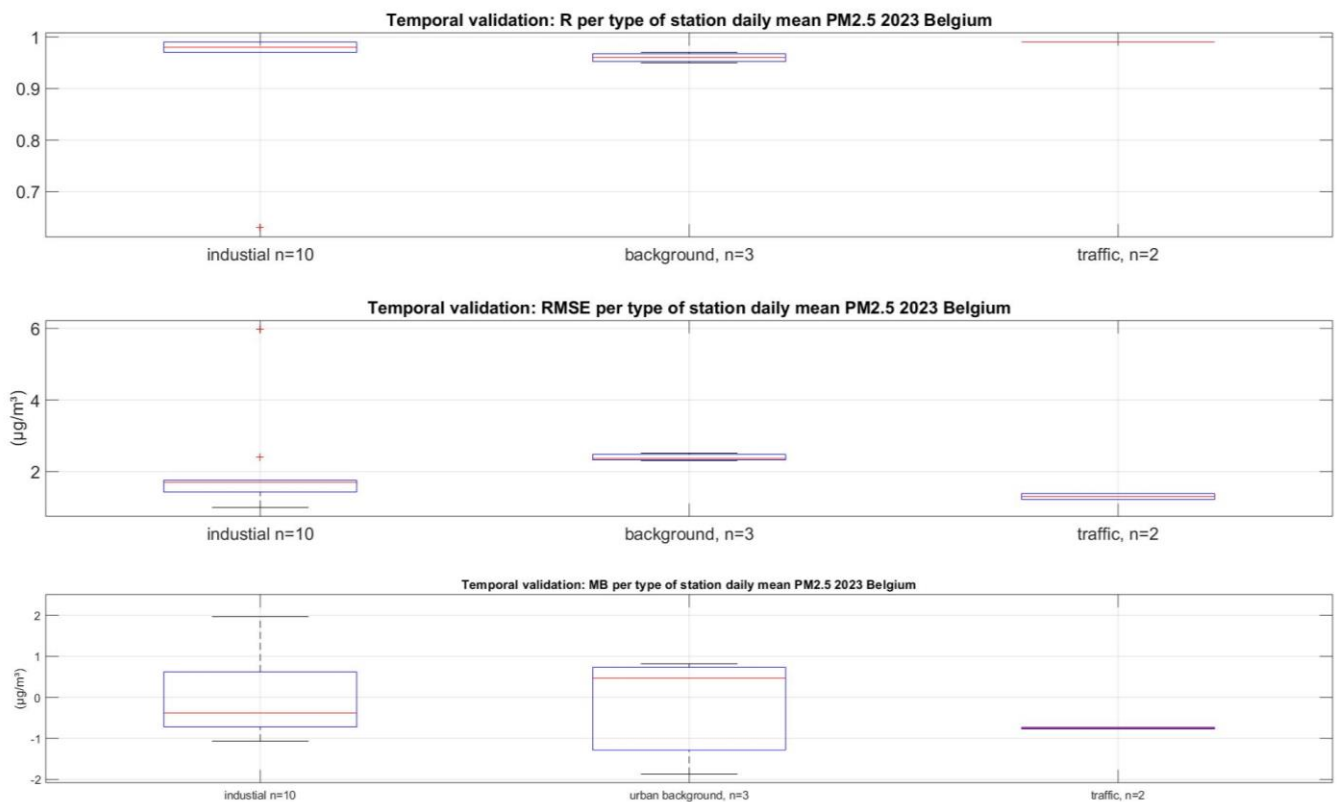


station =43R401 R=0.95 RMSE =2.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$





Figuur 8: Temporele validatie daggemiddelde PM_{2.5}-concentraties van de onafhankelijke telemetrische stations voor België 2023



Figuur 9: temporele statistieken R, RMSE, MB (n=het aantal onafhankelijke telemetrische stations) voor daggemiddelde PM2.5 concentraties 2023 RIO-IFDM.

Er zijn **18 onafhankelijke telemetrische meetstations beschikbaar voor de validatie van PM2.5**. De ruimtelijke validatie geeft in die zin een goede inschatting van de modelperformantie. Op basis van deze oefening blijkt er een zeer kleine **algemene onderschatting** (MB = -0.24 µg/m³) te zijn van **de gemodelleerde jaargemiddelde PM2.5-concentraties**. De maat voor de gemiddelde afwijking tussen meet- en modelresultaat (RMSE) van jaargemiddelde PM2.5-concentraties bedraagt **1.15 µg/m³**.

De **ruimtelijke validatie van het RIO-model** (het achtergrondmodel van de ATMO-Street keten) bewijst dat dit model eveneens **erg performant** is voor **PM2.5 jaargemiddelde concentraties**. In het algemeen, verschillen de **jaargemiddelde PM2.5** concentraties van het **RIO-model nauwelijks** van deze van het **ATMO-Street model** voor de onafhankelijke stations. Voor sommige stations vermindert ATMO-Street echter de gemiddelde afwijking aanzienlijk (tot 0,8 µg/m³).

De temporele validatiestatistieken op basis van **daggemiddelde PM2.5-concentraties** zijn eveneens performant. De medianen van de validatiestatistieken van de PM2.5 daggemiddelde concentraties zijn als volgt: MB=-0.45 µg/m³, RMSE= 1.71 µg/m³ en R=0.98.

De validatiestatistieken voor zowel jaargemiddelde (ruimtelijk) als daggemiddelde (temporeel) PM2.5 concentraties zijn erg goed. Hieruit kan besloten worden dat **het ATMO-street model erg performant is voor PM2.5-concentraties**.

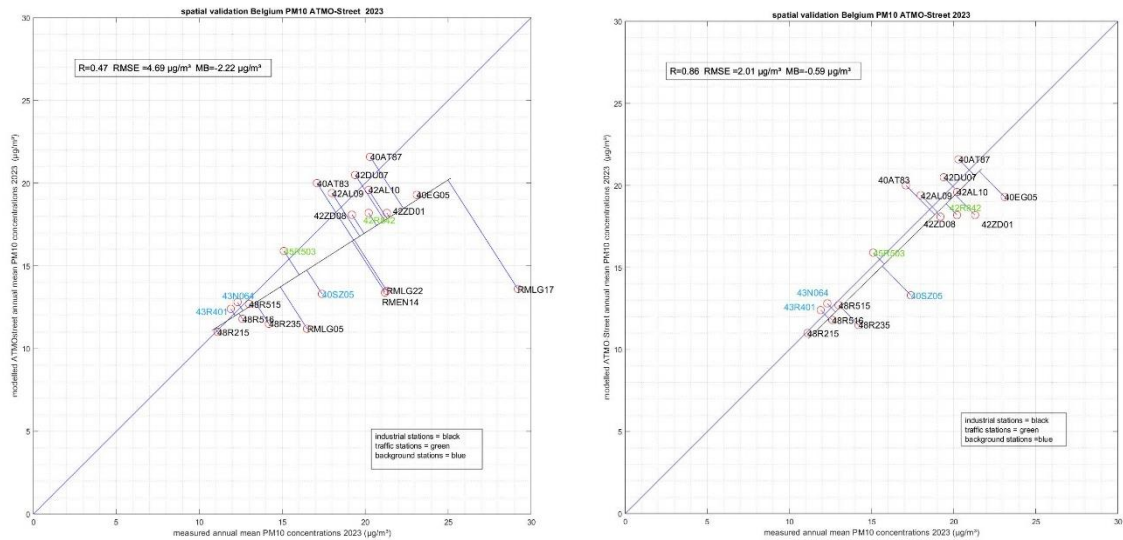
Validatie ATMO-Street voor PM10 in 2023

De onafhankelijke telemetrische meetstations, die uurlijkse PM10-concentraties aanleveren, worden hieronder aangegeven in tabel 5. De locaties van de meetstations zijn terug te vinden op figuur 1. Voor wat betreft de validatie met deze onafhankelijke telemetrische stations zijn er slechts 3 stations met voldoende data in street canyons: 42R842, 43R401 en 45R503. Voor de stations 40HK07, 42MK02, 43R202 en 48R237 is er voor de ruimtelijke validatie te weinig data beschikbaar.

Tabel 5: databeschikbaarheid, stations- en gebiedstype van de onafhankelijke stations PM10 2023

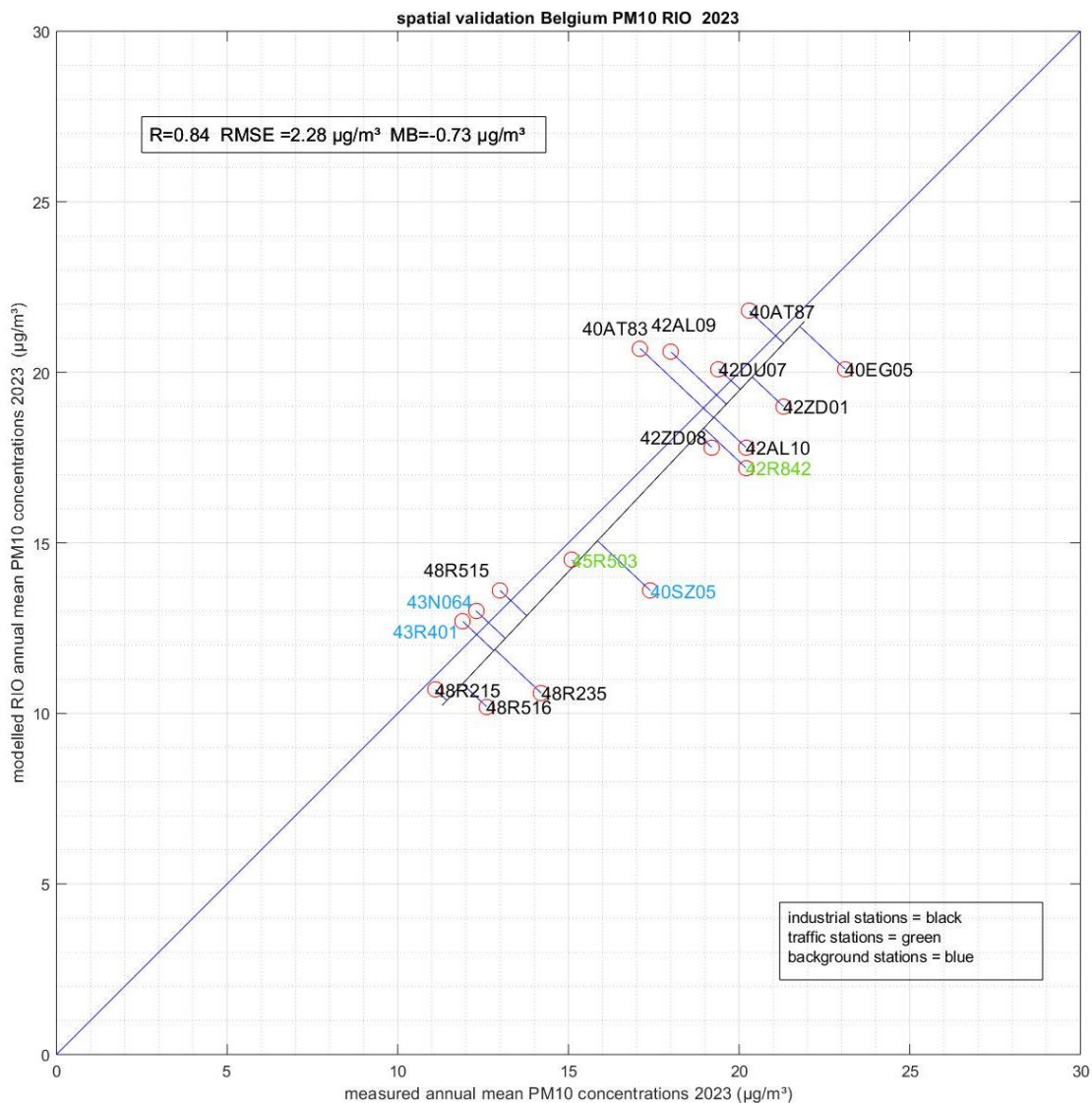
stations	databeschikbaarheid (%) voor 2023	gebiedstype	stationstype
40AT83	99	voorstedelijk	industrie
40AT87	93	ruraal	industrie
40EG05	99	voorstedelijk	industrie
40HK07	46	voorstedelijk	achtergrond
40SZ05	97	voorstedelijk	achtergrond
42AL09	100	ruraal	industrie
42AL10	100	ruraal	industrie
42DU07	100	voorstedelijk	industrie
42MK02	76	stedelijk	verkeer
42R842*	100	stedelijk	verkeer
42ZD01	99	voorstedelijk	industrie
42ZD08	100	voorstedelijk	industrie
43N064	100	voorstedelijk	achtergrond
43R202*	84	stedelijk	verkeer
43R401*	100	stedelijk	achtergrond
45R503*	96	stedelijk	verkeer
48R215	99	voorstedelijk	industrie
48R235	96	voorstedelijk	industrie
48R237	21	voorstedelijk	industrie
48R515	91	voorstedelijk	industrie
48R516	100	voorstedelijk	industrie
RMLG05	97	NA	industrie
RMLG17	95	NA	industrie
RMLG22	93	NA	industrie
RMEN14	97	NA	industrie

*gelegen in een streetcanyon



Figuur 10: Ruimtelijke validatie jaargemiddelde ATMO-Street PM10-concentraties 2023, alle beschikbare stations met voldoende data (links) en zonder de mobiele metingen (rechts)

De ruimtelijk validatie met alle stations wordt gekenmerkt door een R van 0.47, een RMSE van $4.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een algemene modelonderschatting van $-2.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MB). Er zijn 21 onafhankelijke meetstations beschikbaar wat voldoende geacht wordt om een goed beeld te krijgen van de modelperformantie. Op figuur 10 valt het op dat het model voor de mobiele telemetrische stations RMLG05, RMLG17, RMLG22 en RMEN14 slecht presteert. Deze stations bevinden zich echter naast of in de buurt van diffuse bronnen (bv. op- en overslag, steengroeves). Dit is de grovere fractie die in PM10 vervat zit. Sinds 2021 is er beslist dat er geen diffuse emissies meer in het model opgenomen worden omwille van slechte inschattingen van deze diffuse emissies. Voor deze stations weten we bij voorbaat dat het model op deze plaatsen de concentraties zal onderschatten. Omwille van deze reden nemen we deze stations niet op in de validatiestatistieken. De ruimtelijke validatie zonder de mobiele metingen heeft een R van 0.86 een RMSE van $2.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een MB van $-0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op onderstaande figuur zien we dat de validatiestatistieken van de PM10 jaargemiddelde concentraties van het RIO-model vergelijkbaar zijn met deze van het ATMO-Streetmodel.



Figuur 11: Ruimtelijke validatie jaargemiddelde RIO PM10-concentraties 2023 alle beschikbare stations met voldoende data en geen mobiele telemetrische metingen meegenomen

Voor de temporele validatie worden de daggemiddelde PM10-concentraties van de RIO-IFDM modelresultaten geëvalueerd. Volgens de nieuwe Europese luchtkwaliteitsrichtlijn (2024/2881)⁸ mag vanaf 2030 de daggemiddelde PM10 concentratie niet meer dan 18 keer per jaar $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijden. De modeloutput voor de daggemiddelde concentraties is niet beschikbaar voor alle stations uit tabel 5, enkel voor deze uit tabel 6. Dit komt door het feit dat sommige stations niet in de modelrun zitten als receptorpunten en in die zin geen daggemiddelden ter beschikking hebben. In tabel 6 wordt het aantal overschrijdingsdagen cfr. de nieuwe Europese richtlijn weergegeven voor het jaar 2023. De gemeten overschrijding voor het station 40EG05 wordt eveneens gemodelleerd.

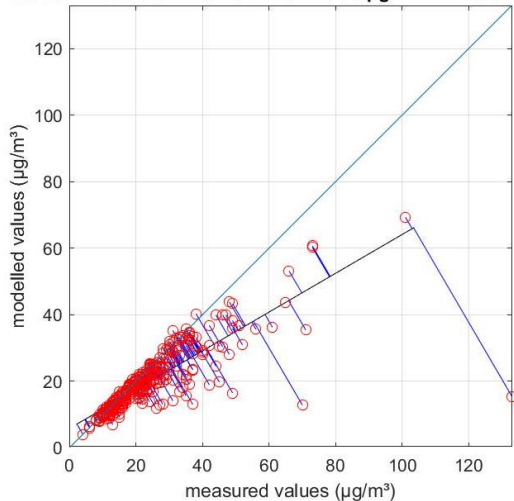
⁸ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202402881

Op figuur 12 worden de statistieken voor de daggemiddelde PM10-concentraties per station weergegeven. Op basis van deze statistieken kunnen we besluiten dat het RIO-IFDM model erg performant is voor wat betreft R en de MB voor PM10 daggemiddelde concentraties. De RMSE statistieken voor de stations zijn hoger als we de deze vergelijken met de RMSE van de PM2.5 daggemiddelde concentraties. Als we de temporele validatiestatistieken per type meetstation opdelen dan zien we dat deze voor de industriële stations, de verkeersstations en de stedelijk achtergrondstations performant zijn. De medianen van de temporele validatiestatistieken van de PM10 daggemiddelde concentraties zijn MB=-0.08 µg/m³, RMSE= 2.89 µg/m³ en R=0.95.

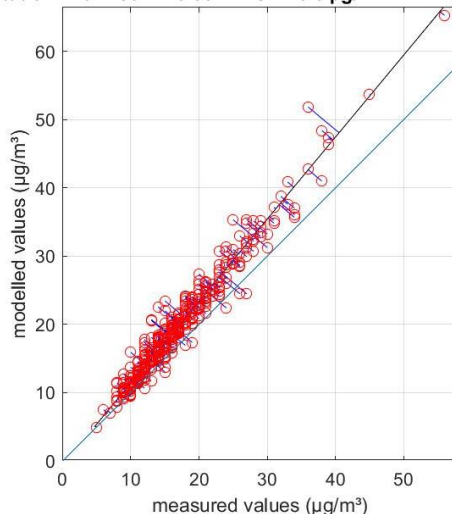
stations	stationstype	gebiedstype	aantal dagen met gemeten daggemiddelde PM10 > 45 µg/m ³	aantal dagen met gemodelleerd daggemiddelde PM10 > 45 µg/m ³
40AT83	industrieel	voorstedelijk	2	7
40EG05	industrieel	voorstedelijk	21	4
40SZ05	achtergrond	voorstedelijk	4	1
42AL09	industrieel	ruraal	4	5
42AL10	industrieel	ruraal	8	7
42DU07	industrieel	voorstedelijk	7	7
42R842	verkeer	stedelijk	7	4
42ZD01	industrieel	voorstedelijk	12	5
42ZD08	industrieel	voorstedelijk	6	5
43N064	achtergrond	voorstedelijk	2	1
43R401	achtergrond	stedelijk	1	0
45R503	verkeer	stedelijk	5	3
48R215	industrieel	voorstedelijk	0	0
48R515	industrieel	voorstedelijk	4	2
48R516	industrieel	voorstedelijk	1	1

Tabel 6: onafhankelijke stations, stations- en gebiedstype, gemeten en gemodelleerde overschrijdingsdagen van 45 µg/m³ daggemiddelde PM10 concentraties voor 2023

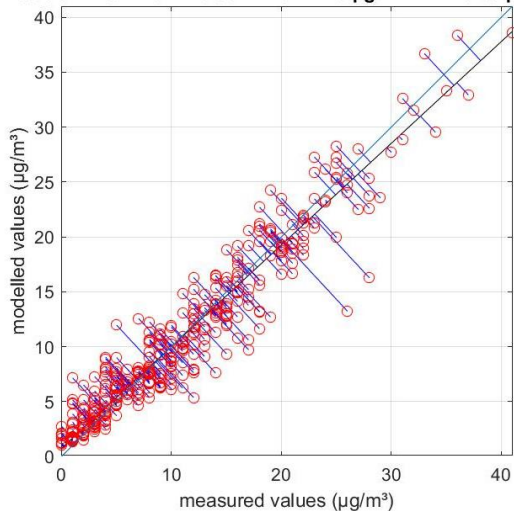
station =40EG05 R=0.78 RMSE =9.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-3.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



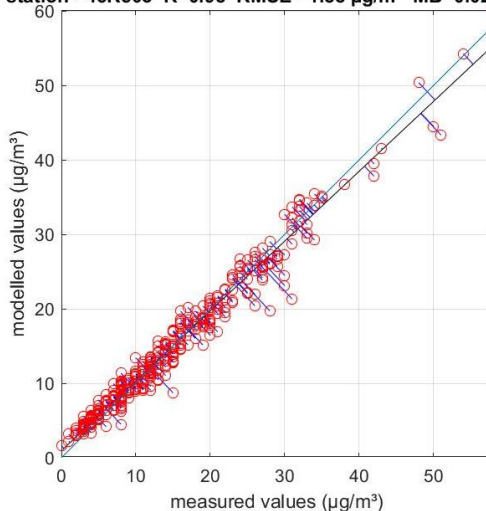
station =40AT83 R=0.98 RMSE =3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=2.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



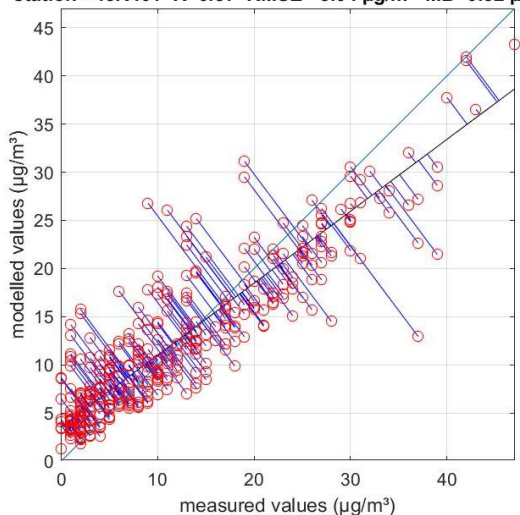
station =48R215 R=0.95 RMSE =2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



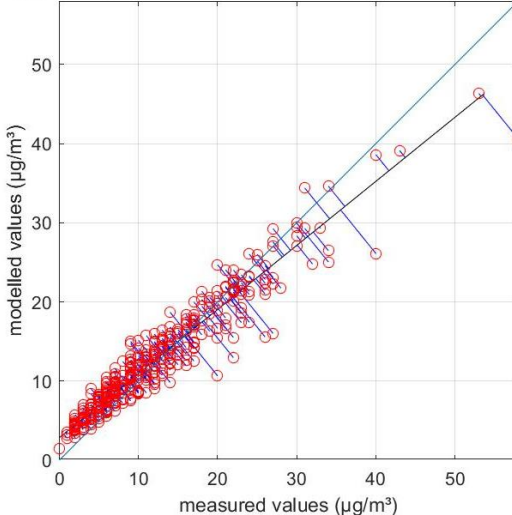
station =45R503 R=0.98 RMSE =1.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



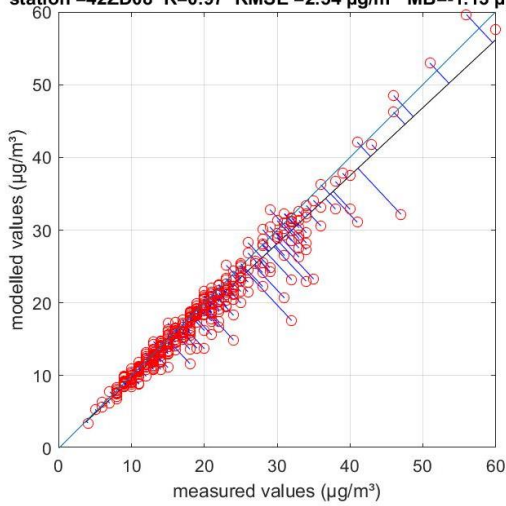
station =43R401 R=0.87 RMSE =5.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



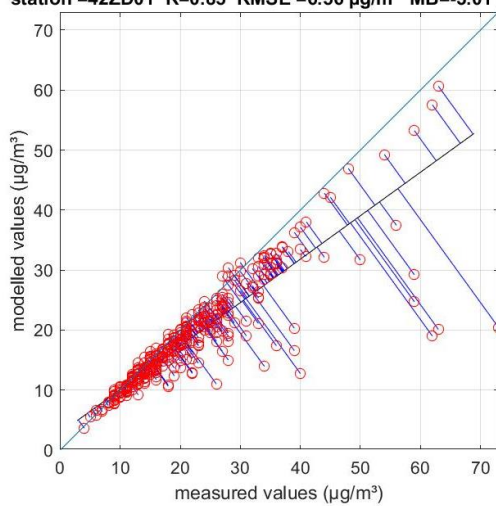
station =43N064 R=0.95 RMSE =2.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



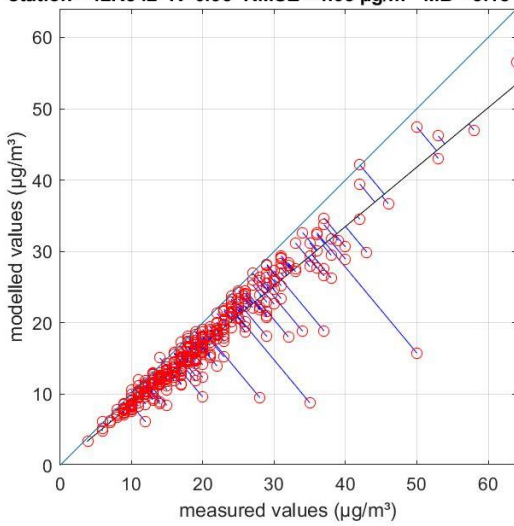
station =42ZD08 R=0.97 RMSE =2.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



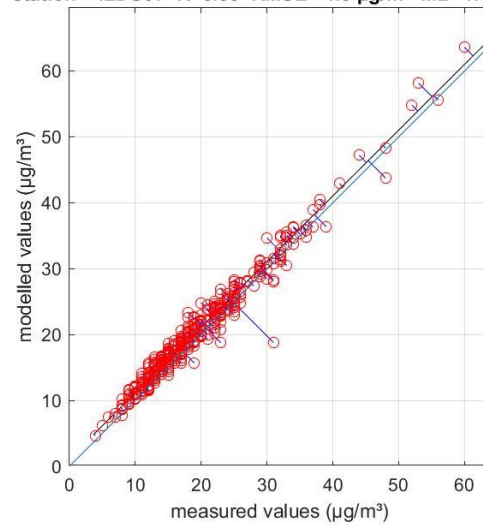
station =42ZD01 R=0.85 RMSE =6.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-3.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



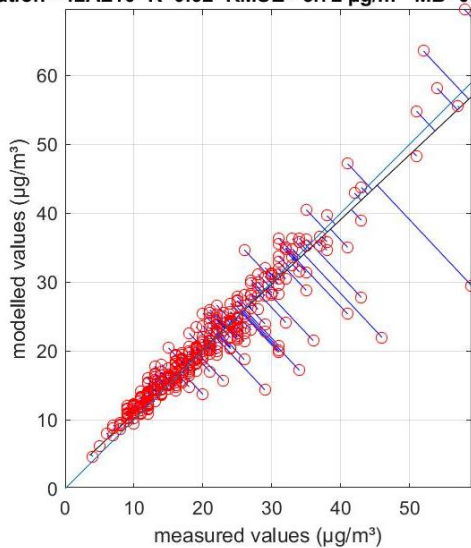
station =42R842 R=0.93 RMSE =4.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-3.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



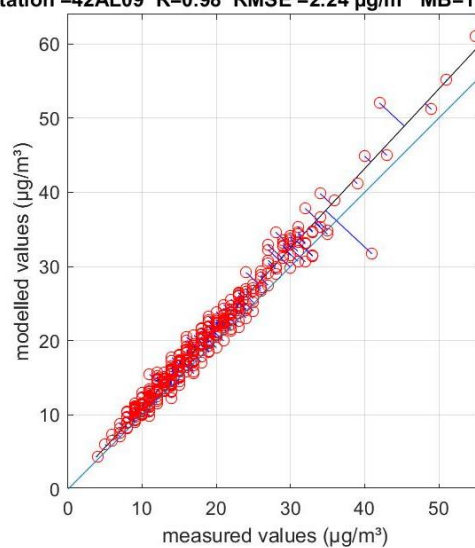
station =42DU07 R=0.98 RMSE =1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

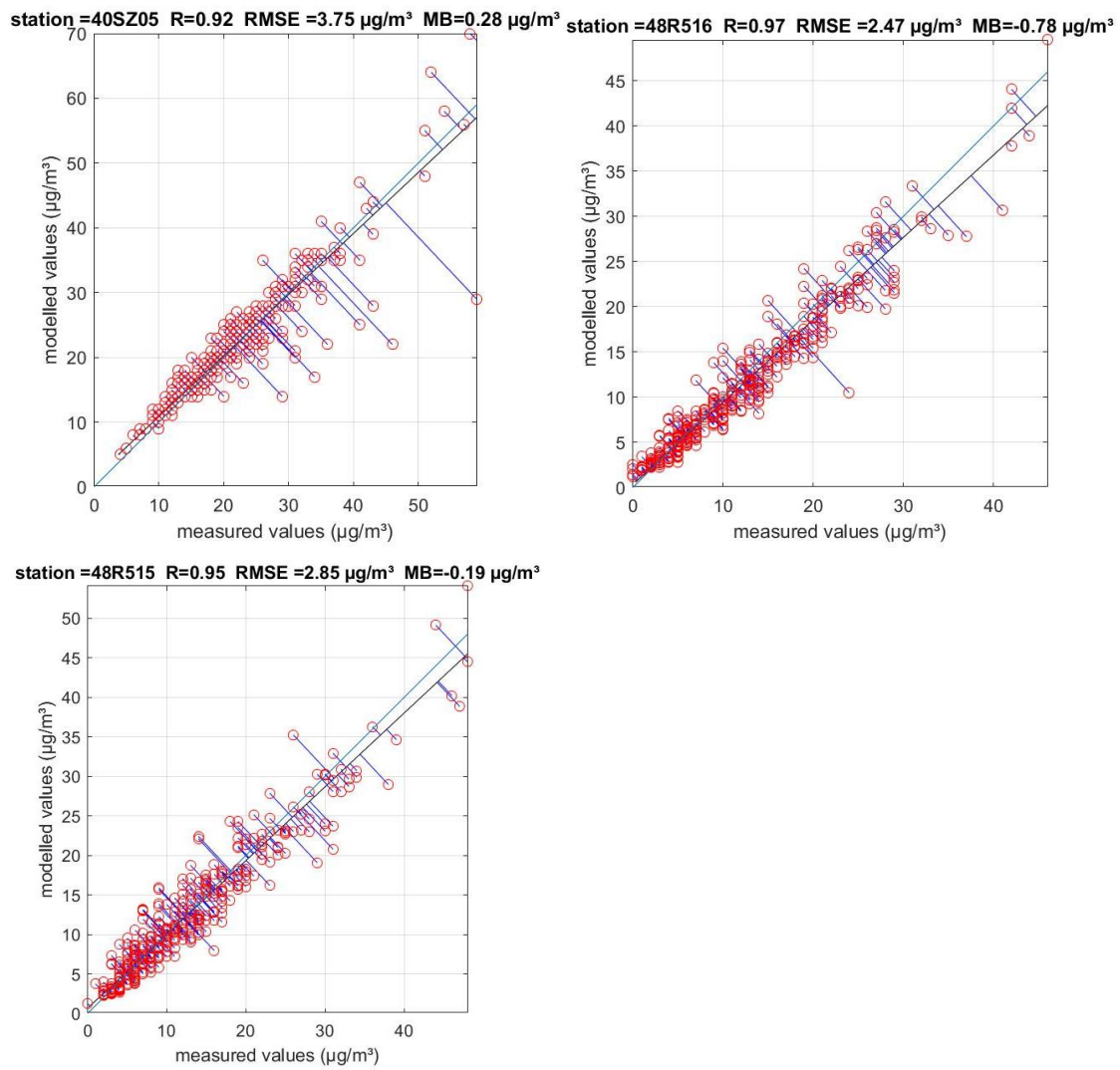


station =42AL10 R=0.92 RMSE =3.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

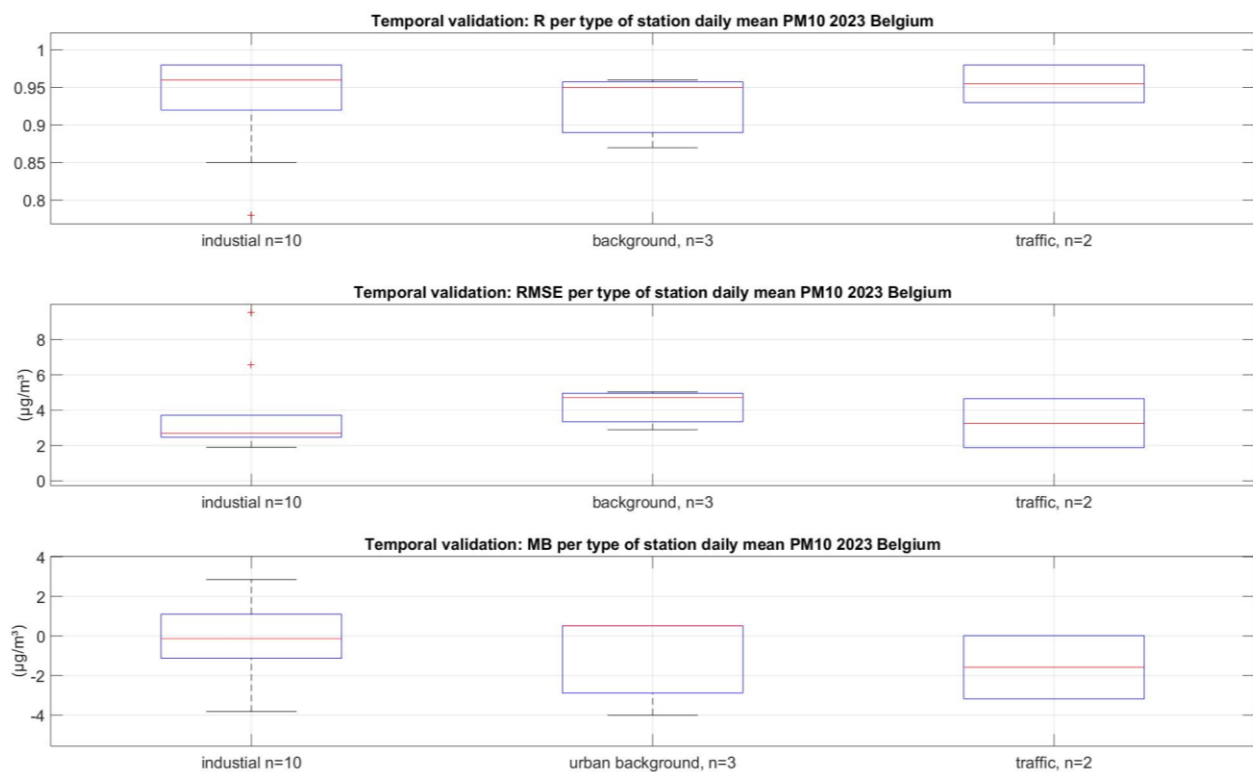


station =42AL09 R=0.98 RMSE =2.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=1.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$





Figuur 12: Temporele validatie daggemiddelde PM10-concentraties met de onafhankelijke telemetrische stations voor België 2023 RIO-IFDM



Figuur 13 temporele statistieken R, RMSE, MB (n=het aantal onafhankelijke telemetrische stations) voor daggemiddelde PM10 concentraties 2023

Er zijn een 21 **onafhankelijke telemetrische meetstations beschikbaar voor de validatie van PM10**. De ruimtelijke validatie geeft in die zin een goede inschatting van de modelperformantie. Op basis van deze oefening blijkt er een zeer kleine **algemene onderschatting** (MB = -0.59 µg/m³) te zijn van **de gemodelleerde jaargemiddelde PM10-concentraties**. Een maat voor de gemiddelde afwijking tussen meet- en modelresultaat (RMSE) van jaargemiddelde PM2.5-concentraties bedraagt **2,01 µg/m³**. Voor een aantal stations blijkt dat het ontbreken van de berekening van diffuse bronemissies (bv. door open overslagactiviteiten), in het ATMO-Street model een grote onderschatting oplevert. Deze stations werden niet opgenomen in de hierboven vermelde statistieken.

De **ruimtelijke validatie van het RIO-model** (het achtergrondmodel van de ATMO-Street keten) bewijst dat dit model even **performant** is voor **PM10 jaargemiddelde concentraties**. De **jaargemiddelde PM10** concentraties van het **RIO-model verschillen nauwelijks** van deze van het **ATMO-Street model** voor de onafhankelijke stations.

De temporele validatiestatistieken op basis van **daggemiddelde PM10-concentraties**, zijn vergelijkbaar met de validatiestatistieken van de jaargemiddelde PM10-concentraties. De medianen van de validatiestatistieken van de PM10 daggemiddelde concentraties zijn als volgt: MB=-0.08 µg/m³, RMSE= 2.89 µg/m³ en R=0.95. Het ATMO-Street model presteert iets beter voor de PM2.5 dan voor de PM10 daggemiddelde concentraties.

De validatiestatistieken voor zowel jaargemiddelde als daggemiddelde PM10 concentraties zijn erg goed. Hieruit kan besloten worden dat **het ATMO-street model performant is voor PM10 concentraties met uitzondering van locaties rond diffuse emissiebronnen**.