



Informing you on ambient air quality  
in the Belgian Regions

## Validatie luchtkwaliteitsmodel RIO-IFDM voor NO<sub>2</sub>



Vlaanderen  
is milieu



BRUXELLES ENVIRONNEMENT  
LEEFMILIEU BRUSSEL  
- IBGE - BIM -



VLAAMSE  
MILIEUMAATSCHAPPIJ

<b>SAMENVATTING.....</b>	<b>6</b>
<b>1 INLEIDING.....</b>	<b>7</b>
<b>2 METHODE.....</b>	<b>8</b>
2.1 Model.....	8
2.2 Metingen.....	10
2.3 Validatie.....	12
<b>3 VALIDATIE OP BASIS VAN PASSIEVE SAMPLER MEETDATA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Meetcampagne IRCEL.....</b>	<b>13</b>
3.1.1 Ruimtelijke validatie.....	13
3.1.1.1 Performante RIO-IFDM modelresultaten.....	18
3.1.1.2 Overschattingen door RIO-IFDM.....	21
3.1.1.3 Onderschattingen door RIO-IFDM.....	24
3.1.2 Temporele validatie.....	29
3.1.3 Verschillen in modelperformantie in Vlaanderen en Wallonië.....	29
3.1.4 Vergelijking verschillende modelversies: RIO-IFDMv3.3 en RIO-IFDM v4.1.0.....	32
3.1.5 Conclusie validatie meetcampagne IRCEL.....	34
<b>3.2 ATMOSYS stedencampagne.....</b>	<b>34</b>
3.2.1 Validatie per type station.....	34
3.2.2 RIO-IFDM modelresultaten: een stedelijke invalsweg, een stedelijke achtergrond en een streetcanyon.....	36
3.2.3 Conclusie validatie meetcampagne Atmosys.....	38
<b>3.3 Meetcampagne stad Namen.....</b>	<b>38</b>
3.3.1 Ruimtelijke validatie.....	39
3.3.2 Temporele validatie.....	42
3.3.3 Conclusie validatie meetcampagne Namen.....	45
<b>4 VALIDATIE OP BASIS VAN ONAFHANKELIJKE TELEMETRISCHE STATIONS.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Telemetrische meetdata 2014.....</b>	<b>46</b>
4.1.1 Ruimtelijke validatie 2014.....	47
4.1.2 Temporele validatie 2014.....	47
4.1.3 Conclusie validatie telemetrische meetstations.....	54
4.1.4 Vergelijking RIO en RIO-IFDM 2014.....	55
<b>4.2 Validatie telemetrische meetdata mobiele campagne Namen, La Louvière en Bergen.....</b>	<b>57</b>
4.2.1 Spatiale validatie.....	58
4.2.2 Temporele validatie.....	59
4.2.3 Conclusie mobiele meetstations Namen, La Louvière en Bergen.....	60

<b>5</b>	<b>VALIDATIE VAN EEN GRADIËNTMETING.</b>	<b>61</b>
5.1	Ruimtelijke validatie	62
5.2	Temporele validatie	62
5.3	Conclusie snelwegcampagne	64
<b>6</b>	<b>TOEKOMSTIGE EUROPESE MODELPERFORMANTIE STANDAARDEN</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>BESLUIT</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>ANNEX</b>	<b>70</b>

Figuur 1 : Vergelijking vroegtijdige sterftes PM2.5, NO <sub>2</sub> en verkeersdoden in 2012 in België .....	7
Figuur 2 : Schematische voorstelling van het RIO-IFDM luchtkwaliteitsmodel .....	9
Figuur 3 : locaties van de passieve samplers van de campagne van IRCEL, Atmosys en in Namen (hier ook op verschillende locaties maar niet zichtbaar op de schaal van België). .....	11
Figuur 4 : locaties van de vaste en mobiele onafhankelijke telemetrische metingen .....	11
Figuur 5 : ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (IRCEL Campagne) .....	14
Figuur 6: meetlocaties van de gradiëntmeting PS Campagne IRCEL aan de op- en afrit van de autosnelweg in Nevele .....	15
Figuur 7: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> , enkel de gradiëntmetingen (IRCEL Campagne) .....	15
Figuur 8: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> zonder de gradiëntmetingen (IRCEL Campagne) .....	16
Figuur 9: Ruimtelijke validatie RIO concentraties (IRCEL PS campagne) (rode cirkel meetplaatsen waar de RIO-resultaten niet significant verschillen van de RIO-IFDM modelresultaten (zie Tabel 2)). .....	17
Figuur 10: RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Avenue de Philippeville, Charleroi (W3) (links) en een afbeelding van de meetlocatie .....	18
Figuur 11: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Eigenbrakel N280 (W9) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	18
Figuur 12: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Vorselaar N715 (V9) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	18
Figuur 13: vergelijking validatie RIO en RIO-IFDM Borgloon N79 (V9) en Eigenbrakel N280 (W9) PS-campagne IRCEL .....	19
Figuur 14: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Baraque de Fraiture, Vielsalm (W5) (links) en een afbeelding van de meetlocatie .....	19
Figuur 15: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Basseilles, N941 (W7) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	20
Figuur 16: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Silly N55 (W8) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	20
Figuur 17: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Borgloon N79 (V3) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	20
Figuur 18: vergelijking validatie RIO en RIO-IFDM Vorselaar N715 (V3) en Vielsalm (W5) PS-campagne IRCEL .....	21
Figuur 19: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Leopold III-laan Schaarbeek (B1) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	21
Figuur 20: aanpassingen aan de locatie van de weg (groene lijn) voor het station aan de Leopold III-laan in Schaarbeek (B1) .....	22
Figuur 21: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Leopold III-laan Schaarbeek (B1) voor en na correctie van de weg .....	23
Figuur 22: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> St-Leonardkaai, Luik (W2) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	24
Figuur 23: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Brabantkaai, Charleroi (W4) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	24
Figuur 24: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Nieuwe Zaventemse steenweg, Machelen (B2) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	25
Figuur 25: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Rue de l'aéroport Grace Hollogne (W1) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	25
Figuur 26: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Chemin d'Auvelais, Namen (W6) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	26
Figuur 27: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Eindhovensebaan, Eksel (V1) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	26
Figuur 28: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Egenhovenstraat, Bertem (V4) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	26
Figuur 29: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Erpe-Mere (V6) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	27
Figuur 30: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Predikherenstraat, Wingene (V7) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	27
Figuur 31: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Grote baan Kuringen (V2) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	28
Figuur 32: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Bergstraat, Londerzeel (V5) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	28
Figuur 33: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Vaartstraat Kaprijke (V8) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	28
Figuur 34: temporele R, RMSE en RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (IRCEL Campagne) .....	29
Figuur 35: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> metingen in Vlaanderen (IRCEL Campagne) .....	31
Figuur 36 : ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> metingen in Wallonië (IRCEL Campagne) .....	31
Figuur 37: vergelijking ruimtelijke validatie RIO-IFDM v3.3 en RIO-IFDM v4.1.0 (IRCEL Campagne) .....	32
Figuur 38: vergelijking temporele validatie RIO-IFDMv3.3 en RIO-IFDMv4.1.0 RMSE en MB (bovenaan) en R (onderaan) .....	33
Figuur 39: ruimtelijke validatie RIO-IFDM v4.1.0 per type locatie (invalsweg, street canyon en stedelijke achtergrond) en voor alle locaties (ATMOSYS stedencampagne) .....	35
Figuur 40: temporele validatie RIO-IFDM v4.1.0 voor alle locaties (ATMOSYS stedencampagne) .....	35
Figuur 41: temporele validatie RIO-IFDM v4.1.0 per type locatie (ATMOSYS stedencampagne) .....	36
Figuur 42: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> stedelijke invalsweg (Brusselse steenweg, Gent N9) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	37
Figuur 43: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> stedelijke achtergrond (Willem de Beersteeg, Gent ) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	37
Figuur 44: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> streetcanyon (Antwerpse Steenweg, Gent ) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts) .....	38
Figuur 45: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (PS campagne Namen) .....	40
Figuur 46: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> stationsbuurt (PS campagne Namen) .....	40
Figuur 47: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> street canyon (PS campagne Namen) .....	41
Figuur 48: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> stedelijke secundaire N-weg (PS campagne Namen) .....	41
Figuur 49: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> stedelijke achtergrond metingen (PS campagne Namen) .....	42
Figuur 50: meetplaatsen passieve sampler campagne Namen en de gebruikte RIO-IFDM modelwaarden (rode cirkel = stationsbuurt, witte cirkel = streetcanyon, groene cirkel = stedelijke achtergrond). .....	43
Figuur 51 : het wegennetwerk van het RIO-IFDM model in Namen (rode cirkel = stationsbuurt, witte cirkel = streetcanyon, groene cirkel = stedelijke achtergrond). .....	43
Figuur 52 : temporele R, RMSE en MB RIO-IFDM NO <sub>2</sub> PS Campagne namen (inclusief de hoogtemetingen) .....	44
Figuur 53: temporele validatie voor de metingen in de stationsbuurt Namen .....	44
Figuur 54: temporele validatie voor de metingen in de streetcanyon Namen .....	45
Figuur 55: temporele validatie voor de stedelijke achtergrond metingen Namen .....	45



Figuur 56: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (onafhankelijke telemetrische stations 2014).....	47
Figuur 57: temporele R RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (n=het aantal telemetrische stations) .....	48
Figuur 58: temporele RMSE RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (n=het aantal telemetrische stations).....	49
Figuur 59: temporele MB RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (n=het aantal telemetrische stations).....	49
Figuur 60: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> Sint-Jans-Molenbeek, Brussel (stedelijk) .....	50
Figuur 61: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> 40SA04 (industrie) .....	51
Figuur 62: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> 43R221 (stedelijk).....	51
Figuur 63: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> 44R702 (verkeer) .....	52
Figuur 64: afbeelding van de locatie van het telemetrisch meetstation 44R702 (verkeer) .....	53
Figuur 65: Tijdsreeks: gemeten en RIO-IFDM modelwaarden NO <sub>2</sub> 44R702 (verkeersstation) van 24 tot 30 maart 2014 (boven) en van 17 tot 24 november (onder).....	54
Figuur 66: vergelijking ruimtelijke validatie RIO (links) en RIO-IFDM (rechts) (onafhankelijke telemetrische stations 2014) .....	55
Figuur 67 : vergelijking temporele validatie RIO en RIO-IFDM (verkeers, stedelijke achtergrond en stedelijk station) .....	56
Figuur 68: ruimtelijke validatie RIO-IFDM mobiele meetstations Namen, La Louvière en Bergen .....	58
Figuur 69: boxplots van de temporele R, Mean Bias en RMSE van de metingen in Bergen, La Louvière en Namen .....	60
Figuur 70: overzicht van de meetpunten van de Atmosys snelwegcampagne en hun afstand tot de snelweg .....	61
Figuur 71: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> snelwegcampagne Atmosys alle meetpunten (links) en ruimtelijke validatie exclusief het meetpunt op 6m van de snelweg. ....	62
Figuur 72: validatie RIO-IFDM NO <sub>2</sub> (snelwegcampagne Atmosys) .....	63
Figuur 73: temporele validatie RIO-IFDM snelwegcampagne Atmosys.....	64
Figuur 74: Targetplot NO <sub>2</sub> uurwaarden RIO (links) en RIO-IFDM (rechts) telemetrische stations 2014 (Atmosys-tool) .....	66
Figuur 75: MQO voor NO <sub>2</sub> jaargemiddelde concentraties RIO-IFDM telemetrische stations 2014 .....	66

## Samenvatting

Het doel van deze studie is na te gaan hoe goed het RIO-IFDM model de NO<sub>2</sub>-concentraties kan weergeven. De ruimtelijke informatie die het RIO-IFDM model verstrekt, is belangrijk vanwege de gezondheidsimpact van luchtvervuiling door NO<sub>2</sub>. De hoge resolutiekaarten laten immers toe een inschatting te maken van de blootstelling van de bevolking. De RIO-IFDM modelresultaten worden vergeleken met beschikbare metingen om een inzicht te krijgen in de modelperformantie. Aan de hand van de resultaten wordt een antwoord geformuleerd op volgende vragen :

- Hoe performant is het RIO-IFDM model voor NO<sub>2</sub>-concentraties ?

Het RIO-IFDM model is een koppeling van een 'intelligente' interpolatietechniek (RIO) met een bigaussiaans dispersiemodel (IFDM). Uit een eerdere studie blijkt dat RIO voor de luchtkwaliteitsbeoordeling van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in België het meest performante achtergrondmodel (Maiheu B. et al, 2013). Modelresultaten gaan gepaard met onzekerheden. Deze hangen nauw samen met o.a. de onzekerheid en het detailniveau van de inputdata, in dit geval de metedata en de verkeersemissies. Uit een vergelijking van de RIO-resultaten en de RIO-IFDM resultaten blijkt dat het RIO-IFDM model beter presteert voor NO<sub>2</sub>.

- Kan het RIO-IFDM model ingezet worden voor luchtkwaliteitsbeoordeling (o.a. het halen van de Europese grenswaarden) ?

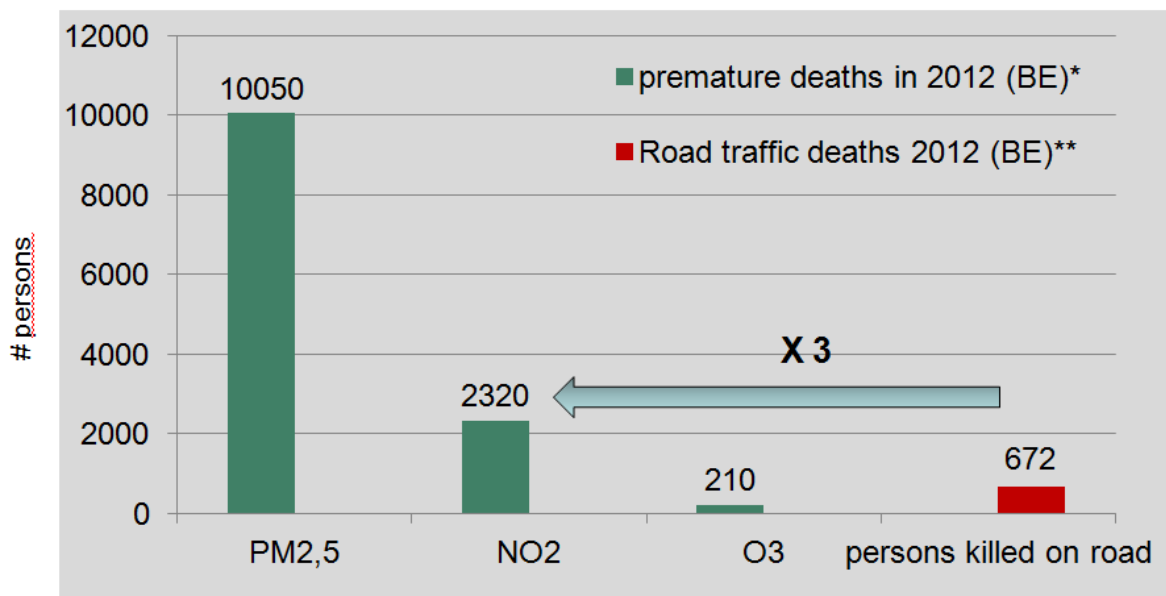
Uit deze studie blijkt dat de RIO-IFDM modelresultaten, vergeleken met beschikbare onafhankelijke meetdata (metingen die niet in RIO gebruikt worden) in het algemeen performant zijn voor lange tijdsaggregaties. Voor NO<sub>2</sub> is er een Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup>. De validatie van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties van 2014 is erg performant (zie hoofdstuk 5.1). Het RIO-IFDM model voldoet aan de in opmaak zijnde Europese kwaliteitscriteria voor jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties voor de data van 2014. De temporele performantie van het model, nl. het correct simuleren van weekgemiddelen en uurgemiddelde concentraties is lager en vertoont gemiddelde afwijkingen van 10 µg/m<sup>3</sup>.

- In welke ruimtelijke context is RIO-IFDM het meest performant ?

Het RIO-IFDM model is opgezet om de concentraties van 'open street' locaties weer te geven. Voor deze typelocaties blijkt het model erg doeltreffend te zijn. In het algemeen kan gesteld worden dat het model onderschat voor (binnen)stedelijke locaties. Op erg verkeersdrukke plaatsen in de stad met hoge bebouwing (street canyons) is er een gevoelige onderschatting van de NO<sub>2</sub>-meetwaarden (gemiddeld 15 µg/m<sup>3</sup> voor jaargemiddelde concentraties, zie hoofdstuk 4.2). Voor wat betreft de juiste weergave van de NO<sub>2</sub>-concentratiegradient langsheen een snelweg blijken de modelresultaten goed te presteren. Hierbij moet wel in acht genomen worden dat vlak naast snelwegen er een onderschatting is gezien de eerste receptorpunten van het IFDM model zich op 15 m van de weg bevindt.

## 1 Inleiding

Uit recente studies blijkt dat blootstelling aan te hoge NO<sub>2</sub>-concentraties een impact heeft op de gezondheid (WHO, 2013a) (WHO, 2013b)). Bovendien is NW-Europa een hotspot voor NO<sub>2</sub>. Het belang om correct de bevolkingsblootstelling aan deze pollutant in te schatten neemt hiermee toe. Het aantal jaarlijkse vroegtijdig sterftes in België in 2012 toe te schrijven aan NO<sub>2</sub> bedraagt 2320 personen, drie maal zoveel als het aantal verkeersdoden, zie Figuur 1 (European Environment Agency, 2015).



\* EEA, 2015, Air Quality in Europe – 2015 Report

\*\* BIVV, 2013, Veiligheidsbarometer



Figuur 1 : Vergelijking vroegtijdige sterftes PM2.5, NO<sub>2</sub> en verkeersdoden in 2012 in België

Om de bevolkingsblootstelling te kunnen berekenen en te monitoren is er, naast de informatie over NO<sub>2</sub> metingen, ook ruimtelijke informatie vereist. Met het RIO-IFDM luchtkwaliteitsmodel kunnen de NO<sub>2</sub> concentraties in België ruimtelijk beoordeeld worden.

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 RIO-IFDM modelresultaten. Op basis van de statistische indicatoren die uit deze vergelijking worden afgeleid kan men dan oordelen hoe performant het model is.

Op Europees niveau worden via FAIRMODE<sup>1</sup> en de CEN werkgroep (CENTC264/WG43<sup>2</sup>) kwaliteitscriteria vastgelegd voor luchtkwaliteitsmodellen. Deze kwaliteitscriteria worden uitgedrukt in bepaalde grenswaarden voor een aantal statistische indicatoren rekeninghoudend met meet- en modelonzekerheden. Voorliggende studie betreft zo een modelvalidatie van het RIO-IFDM

<sup>1</sup> <http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>

<sup>2</sup> Werkgroep van de Europese standaardisatieorganisatie

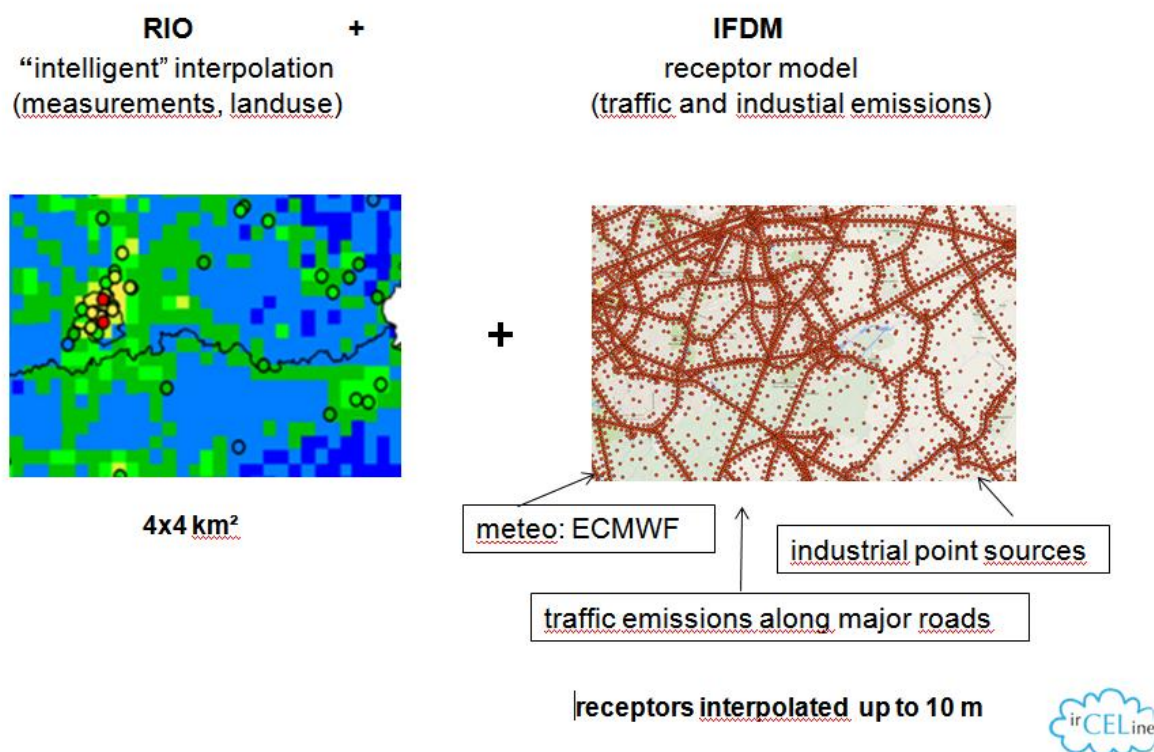
luchtkwaliteitsmodel. Verschillende onafhankelijke meetdata van NO<sub>2</sub>- meetcampagnes worden hiervoor gebruikt.

## 2 Methode

De bedoeling van deze studie is om onafhankelijke beschikbare NO<sub>2</sub> meetdata in België te gebruiken om het RIO-IFDM model te valideren. Deze studie gebruikt onafhankelijke metingen, zowel van telemetrische metingen als specifieke meetcampagnes (zie Tabel 1). De meetpunten en de meetcampagnes zijn verspreid over gans België en de metingen gebeurden tussen 2009 en 2014.

### 2.1 Model

Het RIO-IFDM model is een combinatie van de RIO-interpolatietechniek met het IFDM-model. IFDM (Immision Frequency Distribution Model) is een 'bigaussiaans' pluimmodel dat vertrekt van emissiebronnen en aan de hand van meteorologische parameters de verspreiding van niet-reactieve pollutanten modelleert. Dankzij een vereenvoudigde module voor de berekening van de ozonchemie, zijn ook resultaten voor NO<sub>2</sub> en O<sub>3</sub> mogelijk. In het IFDM-model worden de emissies van alle belangrijke snel- en gewestwegen, en industriële puntbronnen gebruikt om concentraties op receptorpunten te berekenen. Deze kunnen dan geïnterpoleerd worden op een hogere resolutie (vb. 10 x 10 m<sup>2</sup>). De emissies die niet worden meegenomen in het IFDM-model (bv. van landbouw, huishoudens) worden wel in rekening gebracht via de koppeling met RIO dat als achtergrond wordt gebruikt. De RIO-kaarten (4x4 km<sup>2</sup>) worden aangemaakt d.m.v. een interpolatietechniek die gebaseerd is op landgebruik en uurlijkse metingen. Het RIO-IFDM model berekent concentraties voor de pollutanten PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> en zwarte koolstof (BC of black carbon). Om dubbeltelling van emissies door het wegverkeer en de industrie te vermijden wordt een dubbeltellingscorrectie toegepast. In deze validatiestudie ligt de focus op NO<sub>2</sub>. Gezien de gebruikte luchtkwaliteitsmodelketen (de configuratie van de straten in zogenaamde "street canyons" wordt niet meegenomen) worden de beste resultaten verwacht voor de zogenaamde 'open street locaties'. Dit zijn locaties zonder bebouwing of obstakels in de onmiddellijke omgeving. In die zin is het model niet representatief voor stedelijke locaties met veel bebouwing. Hierdoor wordt er een onderschatting verwacht van de NO<sub>2</sub> concentraties op dit type locaties.



**Figuur 2 : Schematische voorstelling van het RIO-IFDM luchtkwaliteitsmodel**

De meteogegevens, verkeersemissies, industriële emissies en de RIO-achtergrondkaart zijn belangrijke inputgegevens voor het RIO-IFDM model. De gebruikte modelversie van RIO-IFDM in deze studie is de versie 4.1.0 (tenzij anders vermeld). De gebruikte inputgegevens in deze versie wordt hieronder kort toegelicht.

- Meteogegevens: data-geassimileerde uurlijkse gevalideerde ECMWF data, afhankelijk van de beschouwde meetcampagne gegevens van het jaar 2011, 2012, 2013 en 2014. Voor de data-assimilatie worden ook de telemetrische meteodata uit de luchtmeetnetten en de data van het synoptische netwerk van het KMI gebruikt. De ruimtelijke resolutie is 1x1 km<sup>2</sup>.
- Verkeersemissies (lijnbronnen): resultaten van het MIMOSA model, via tijdsfactoren gespreid naar uurlijkse gegevens. De gebruikte verkeersdata zijn niet gelijk voor alle gewesten :
  - Voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Wallonië worden de totale verkeersemissies van het betreffende jaar (LRTAP-rapportering) gespreid volgens het spreidingspatroon (2005) van de FOD Mobiliteit Vlaanderen: gegevens van het Vlaams Verkeerscentrum.
- Industriële emissies (puntbronnen): voor Vlaanderen worden de EMAP<sup>3</sup>-emissiegegevens gebruikt. Voor Brussel wordt de E-PRTR databank geraadpleegd en voor Wallonië worden de gegevens rechtstreeks opgevraagd bij de administratie.
- RIO: de versie RIO3.7 wordt gebruikt. In deze versie worden RIO-NO concentraties aangeleverd die op hun beurt gebruikt worden in RIO-IFDM. Hieruit kan de

<sup>3</sup> <https://emap.marvin.vito.be/faces/index.jsp>

evenwichtsparameter voor de ozonchemie afgeleid worden op basis van de concentraties van NO, NO<sub>2</sub> en O<sub>3</sub>. Voorheen gebeurde dit op basis van de meteogegevens.

De RIO-IFDM koppeling is ontwikkeld in samenwerking met de VITO in het kader van het ATMOSYS Life-project. Uitgebreide informatie voor wat betreft de wetenschappelijke achtergrond en de technische aspecten van de gebruikte modellen is te vinden in de volgende documenten: RIO-IFDM (Lefebvre et al., 2013)<sup>4</sup>, RIO (Janssen et al, 2008)<sup>5</sup> en IFDM (Model Document System)<sup>6</sup>.

## 2.2 Metingen

Met onafhankelijke metingen wordt bedoeld dat de metingen niet gebruikt worden in het RIO-IFDM model. Er worden zowel metingen van passieve samplers (tweewekelijkse meetperiode) als telemetrische (uurlijkse meetdata) monitoringsstations gebruikt. Deze laatste zullen meer inzicht geven in de temporele performantie van het RIO-IFDM model.

Tabel 1: Gebruikte meetcampagnes en meetdata voor de validatie

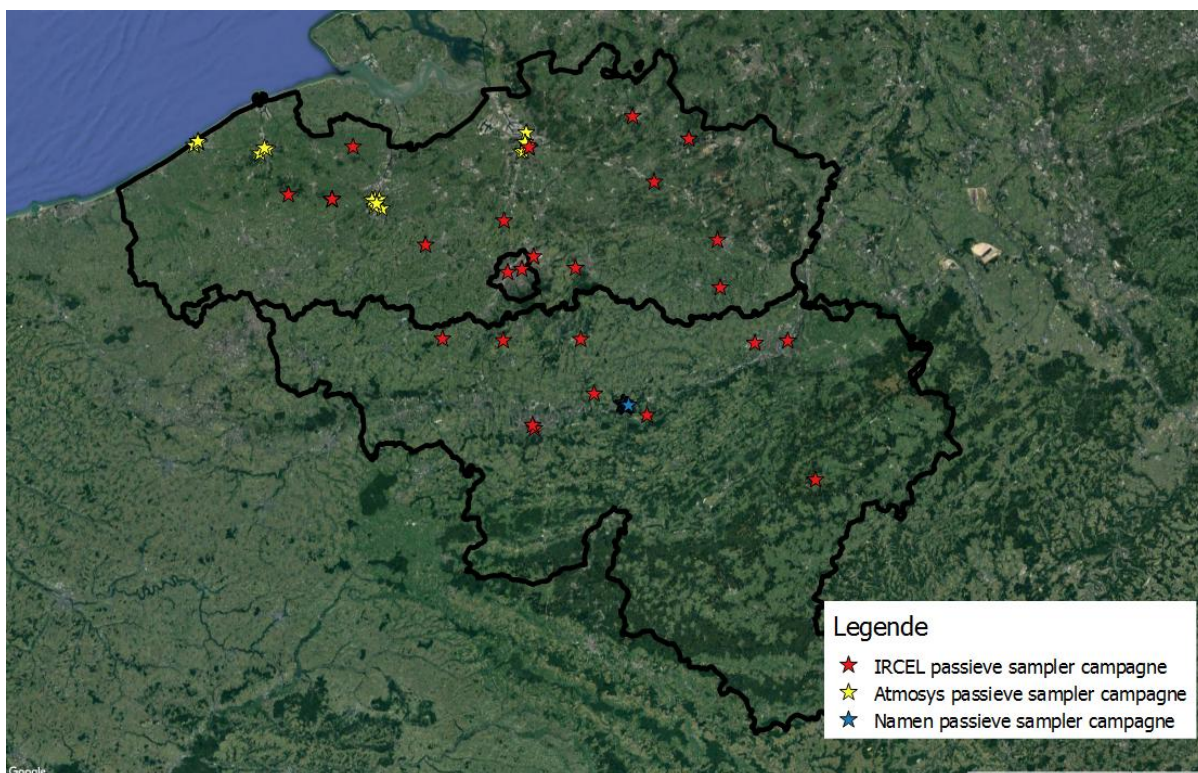
Meetcampagne	Type locatie	Aantal meetplaatsen	Tijdstip van de campagne	Type meting en meetperiode
Campagne IRCEL	open straat	25	19/12/2013 -- 11/06/2014	Passieve samplers (Gradko, tweewekelijks)
Campagne ATMOSYS	regionale straat, stedelijke achtergrond, street canyon	18	29/06/2011 -- 11/07/2012	Passieve samplers (IVL, tweewekelijks)
Campagne NAMEN	stedelijke	40	01/09/2013 -- 31/08/2014	Passieve samplers (Gradko, tweewekelijks)
40AL01	stedelijke achtergrond	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
40SA04	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
43R221	stad	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
44R702	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E703	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E704	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E714	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E715	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E716	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E811	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E812	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
47E814	industrie	1	01/01/2014 -- 31/12/2014	Telemetrische metingen (uurlijks)
Namen	stedelijk	5	17/02/2010 -- 24/05/2010	Mobiel station (uurlijks)
Namen	stedelijk	5	15/09/2010 -- 15/12/2010	Mobiel station (uurlijks)
Bergen	stedelijk	7	05/11/2009 -- 03/02/2010	Mobiel station (uurlijks)
Bergen	stedelijk	7	04/06/2010 -- 31/08/2010	Mobiel station (uurlijks)
La Louvière	stedelijk	6	18/01/2011 -- 30/03/2011	Mobiel station (uurlijks)
La Louvière	stedelijk	6	06/08/2011 -- 02/11/2011	Mobiel station (uurlijks)
Affligem	gradientmeting	6	20/04/2012 -- 21/12/2012	Passieve samplers (IVL, wekelijks)

<sup>4</sup> [http://www.atmosys.eu/faces/doc/ATMOSYS\\_Deliverable\\_10\\_IFDM\\_Model\\_Validation.pdf](http://www.atmosys.eu/faces/doc/ATMOSYS_Deliverable_10_IFDM_Model_Validation.pdf)

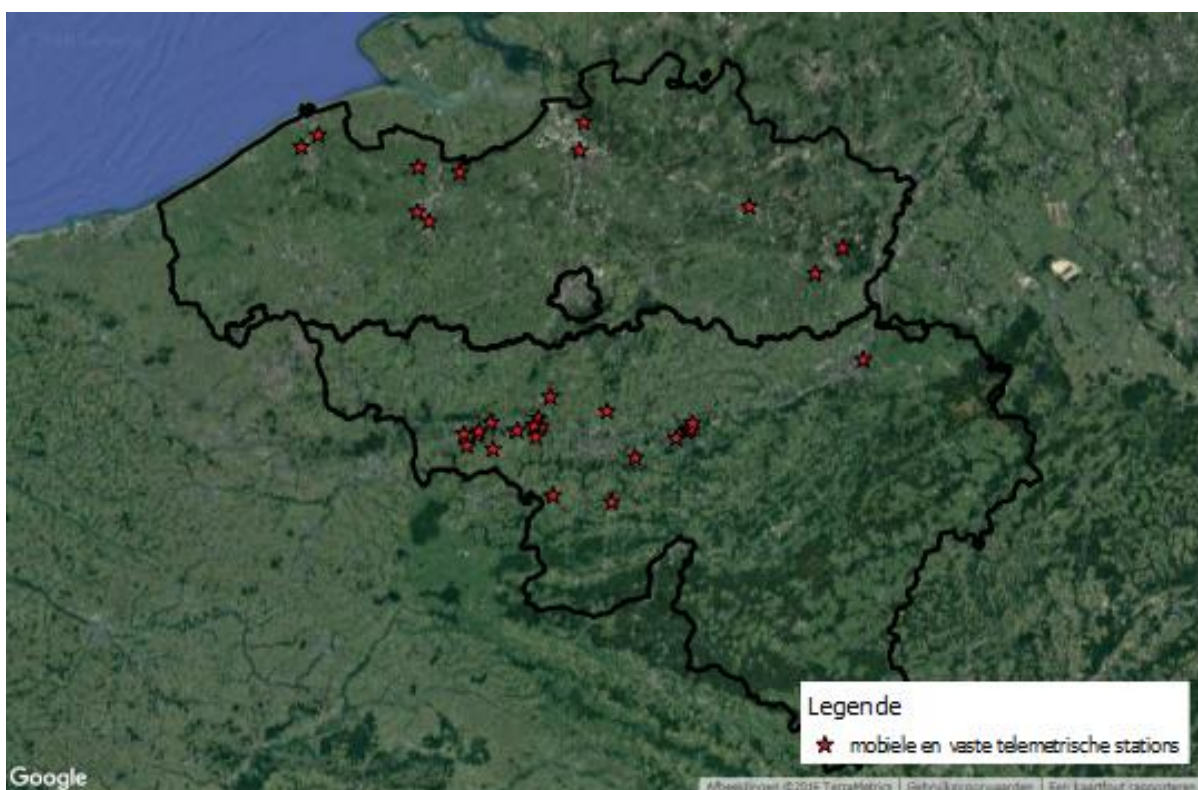
<sup>5</sup> <http://www.ircel.be/en/documentation/publications/scientific-journals>

<sup>6</sup> [http://acm.eionet.europa.eu/databases/MDS/index\\_html](http://acm.eionet.europa.eu/databases/MDS/index_html)





Figuur 3 : locaties van de passieve samplers van de campagne van IRCEL, Atmosys en in Namen (hier ook op verschillende locaties maar niet zichtbaar op de schaal van België).



Figuur 4 : locaties van de vaste en mobiele onafhankelijke telemetrische metingen

## 2.3 Validatie

In deze studie wordt er naast de validatie aan de hand van drie meetcampagnes met passieve samplers (tweewekelijkse meetgegevens) ook een validatie uitgevoerd op basis van telemetrische stations (uurlijkse meetgegevens). Deze stations worden niet gebruikt in het RIO-IFDM model en zijn dus ook onafhankelijke stations.

De ruimtelijke validatie is de validatie van de RIO-IFDM modelwaarden die uitgemiddeld zijn over de volledige duur van de campagne per meetstation. Deze validatie geeft weer hoe goed het model de ruimtelijke variabiliteit van de concentraties over de volledige meetperiode kan inschatten.

De temporele validatie is de validatie per station en over de periode van de meting. Voor de validatie met de passieve samplers betreft dit twee weken en voor de validatie met de telemetrische meetdata gaat dit over uurwaarden. Een zeer beknopte beschrijving van de gebruikte statistische indicatoren die afgeleid worden uit de vergelijking van de gemodelleerde versus de gemeten concentraties volgt hieronder. De formules van deze indicatoren en bijkomende informatie over de gebruikte statistieken kan o.a. gevonden worden in 'A procedure for air quality models benchmarking' (Thunis P. et al, 2010).

Voor de ruimtelijke en voor de temporele validatie wordt een orthogonale regressie toegepast tussen de gemeten en gemodelleerde waarden. Dit omdat er zowel op de meting als op het modelresultaten onzekerheden zijn. Deze orthogonale regressierechte geeft een visueel inzicht in de modelperformantie.

De gebruikte statistische indicatoren:

- Pearsons Correlatie Coëfficiënt (**R**)

Een statistiek die informatie geeft over de lineaire correlatie tussen de metingen en de modelwaarden. Hoe meer deze naar 1 gaat hoe meer de puntenkoppels (model (M)- meting (O)) positief gecorreleerd zijn of anders gezegd hoe meer zij op een rechte lijn liggen met een positieve helling met richtingscoëfficiënt 1. Indien deze statistiek nul is wil dit zeggen dat er geen correlatie is tussen meting en modelwaarde.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M}) \cdot (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$$

- Root Mean Square Error ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (**RMSE**)

Een maat voor de afwijking tussen de gemodelleerde en de gemeten waarde. Hoe meer deze statistiek naar nul gaat, hoe beter het model in het algemeen presteert. Deze statistiek kan sterk beïnvloed worden door uitschieters.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)^2}$$

- Mean Bias ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (**MB**)



Deze statistiek geeft de mate van algemene over- of onderschatting van het model ten opzichte van de metingen weer.

$$MBias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)$$

Samenvattend kan gesteld worden dat hoe meer de orthogonale regressierechte samenvalt met de bissectrice in de grafiek met als Y-as de gemodelleerde concentraties en als X-as de gemeten concentraties, hoe performanter het model. Een model presteert beter naarmate R meer naar 1 gaat en naarmate de MB en de RMSE meer naar nul gaan.

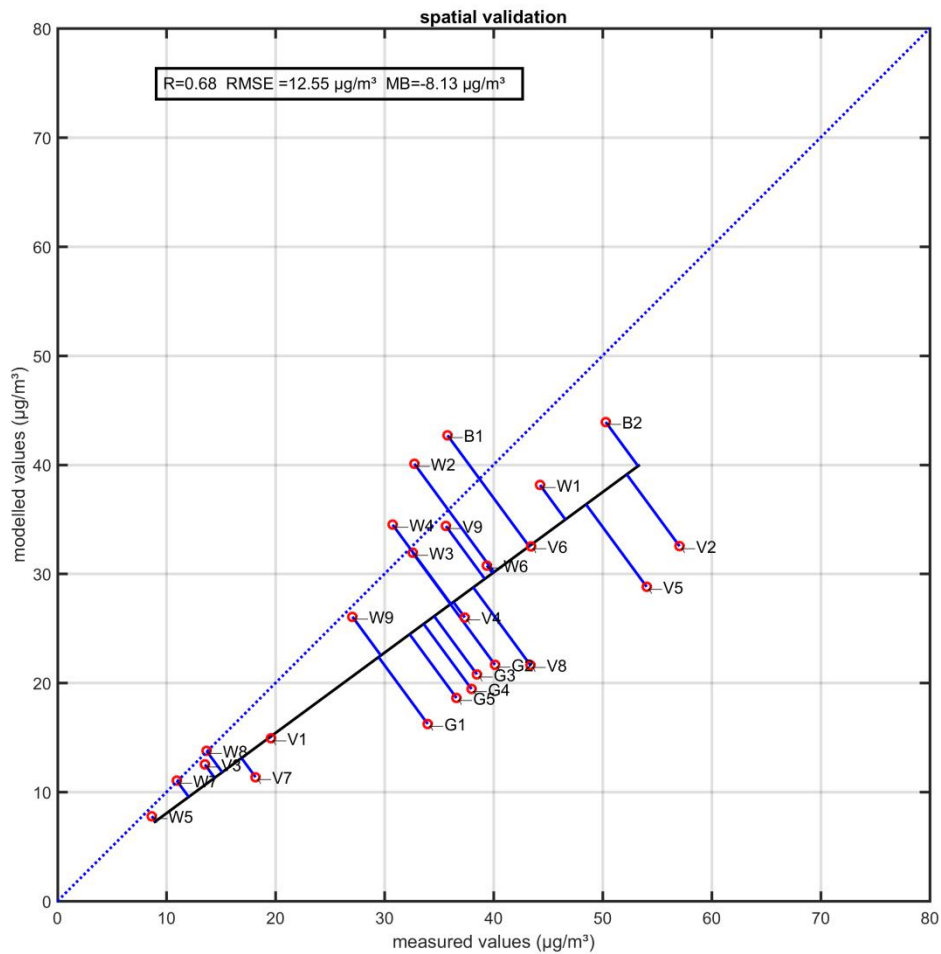
### 3 Validatie op basis van passieve sampler meetdata

#### 3.1 Meetcampagne IRCEL

In opdracht van VMM-IRCEL werd een NO<sub>2</sub>-meetcampagne uitgevoerd in de drie gewesten tussen december 2013 en juni 2014. Op 25 locaties verspreid over België werden metingen met passieve samplers uitgevoerd door VITO (Berghmans P., 2014). De locaties werden zo veel mogelijk in een 'open street' omgeving gekozen en worden gekenmerkt door een verschillende verkeersbelasting, waardoor verschillende concentratieniveaus van NO<sub>2</sub> gemeten werden. De passieve samplers werden om de twee weken vervangen en de meetdata betreft dus NO<sub>2</sub>-concentraties uitgemiddeld over 14 dagen. Tijdens die campagne werd ook een gradiëntmeting langs een snelweg uitgevoerd (meetpunten G1 tot G5). De representativiteit van deze metingen werd echter verstoord gezien deze locaties samenvielen met de op- en afrit van de autosnelweg (zie Figuur 6).

##### 3.1.1 Ruimtelijke validatie

De ruimtelijke validatie wordt gekenmerkt door een R van 0.68, een RMSE van 12.55 µg/m<sup>3</sup> en een MB van -8.13 µg/m<sup>3</sup>. Deze laatste statistiek geeft weer dat voor deze meetcampagne de RIO-IFDM modelwaarden gemiddeld genomen de NO<sub>2</sub>-concentraties onderschatten. In Figuur 5 kan vastgesteld worden dat RIO-IFDM de concentraties op de meetplaatsen W3, W5, W7, W8, W9, V3, V9 nagenoeg overeen komen met de gemeten concentratie over de beschouwde periode van de meetcampagne. In drie meetplaatsen (B1, W2, W4) wordt er een overschatting door het model vastgesteld. De metingen op de meetlocaties V2, V5, V8 en V7 en de gradiëntmetingen G1-G5 zijn gevoelig onderschat.



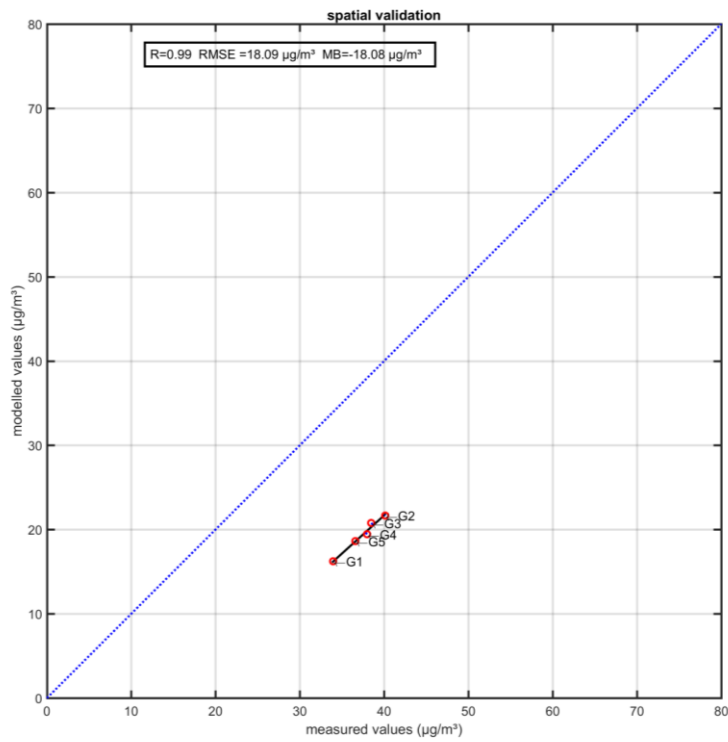
**Figuur 5 : ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (IRCEL Campagne).**

Zoals reeds werd aangegeven wordt er voor de gradiëntmeting (G1-G5) een globale onderschatting van de modelwaarden vastgesteld worden. De grote onderschatting van de gradiëntmetingen kan toe te schrijven zijn aan het feit dat de verkeersemisies ter hoogte van op- en afritten van autosnelwegen niet correct ingeschat zijn of dat de locatie van de op- en afrit niet correct in de invoer zit. Als we deze gradiëntmetingen apart gaan valideren (zie Figuur 6) is er een grote correlatie (R is 0.99) en wordt duidelijk dat alle modelwaarden ongeveer 18 µg/m<sup>3</sup> onderschatten. De relatieve gradiënt wordt door de modelwaarden weergegeven. In hoofdstuk 5 wordt de validatie van een andere gradiëntmeting in Affligem uitgevoerd.

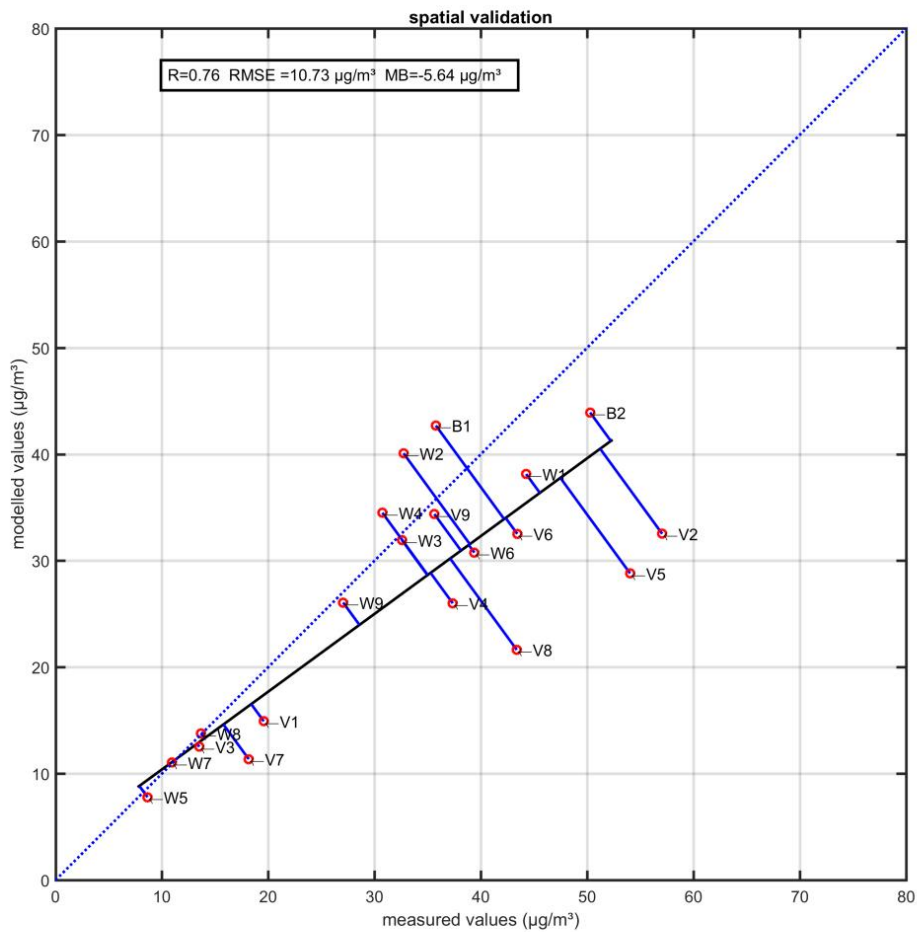
Indien we de gradiëntmetingen niet in beschouwing nemen voor de ruimtelijke validatie van de IRCEL campagne worden de statistieken gevoelig beter, zie Figuur 8. Een stijging van R van 0.68 naar 0.76, ook een verbetering van de RMSE van 12.55 µg/m<sup>3</sup> naar 10.73 en tenslotte de MB van -8.13 µg/m<sup>3</sup> naar -5.64 µg/m<sup>3</sup>.



Figuur 6: meetlocaties van de gradiëntmeting PS Campagne IRCEL aan de op- en afrit van de autosnelweg in Nevele



Figuur 7: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub>, enkel de gradiëntmetingen (IRCEL Campagne)

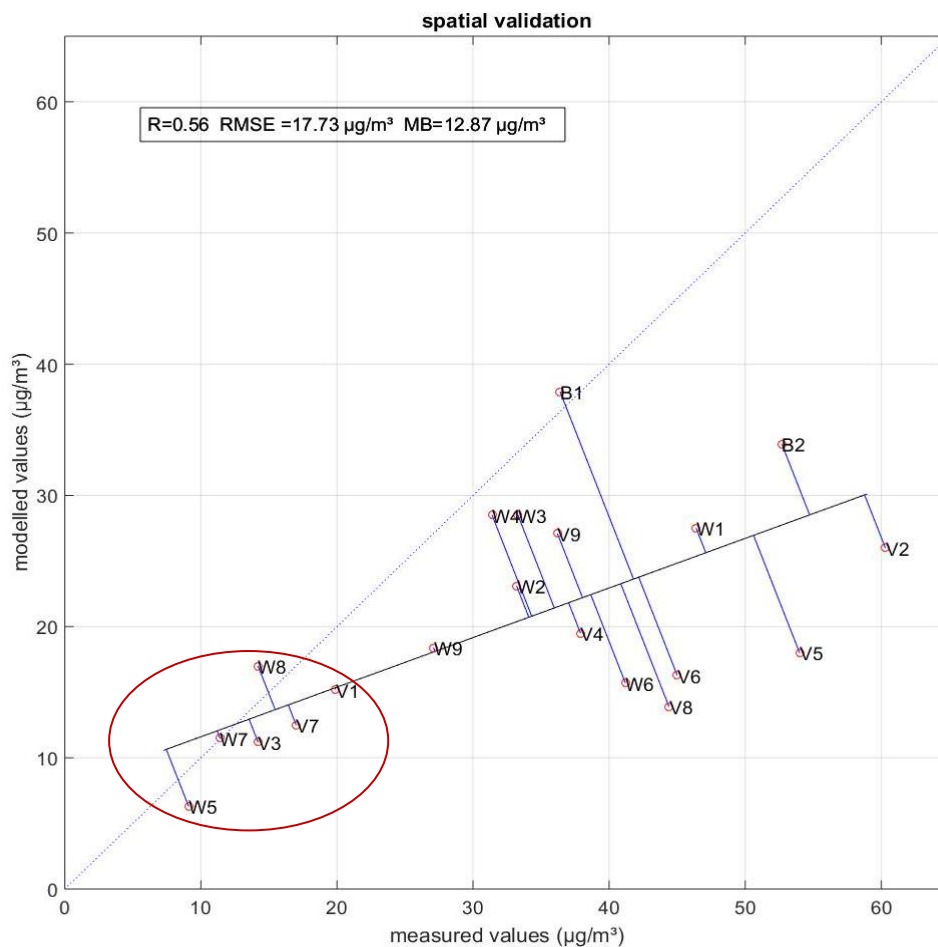


Figuur 8: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> zonder de gradiëntmetingen (IRCEL Campagne)

Uit tabel 2 en Figuur 9 kan afgeleid worden dat voor een aantal meetplaatsen (V1, V3, V7, W5, W7 en W8) de gemodelleerde RIO-IFDM waarden niet significant verschillen van de RIO-concentraties (zie rode cirkel in Figuur 9). Voor deze meetplaatsen is het dus vooral de achtergrond (de RIO-concentraties) die bepalend is. Voor V7, W7 en W8 is de lokale verkeersbijdrage zelfs kleiner dan deze die afgetrokken wordt (de gemiddelde verkeersbijdrage van de betreffende RIO 4x4 gridcel) van de RIO-achtergrond. Uit Tabel 2 blijkt dat voor de overige meetplaatsen er een procentuele stijging naar de gemeten concentraties kan vastgesteld worden tussen de 10 en 52 %.

**Tabel 2: Gemeten en gemodelleerde RIO-IFDM en RIO concentraties, het verschil tussen RIO-IFDM en RIO concentraties en de procentuele verbetering t.o.v. de gemeten concentratie door toevoeging van IFDM resultaten aan RIO resultaten per meetplaats (IRCEL-Campagne)**

	measured concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RIO-IFDM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RIO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	difference RiO-IFDM en RIO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% increase towards measured value due to adding IFDM on top of RIO
V1	19,6	14,9	15,2	-0,28	-1
V2	57,1	32,5	26	6,53	11
V3	13,5	12,5	11,2	1,32	10
V4	37,4	26,0	19,5	6,5	17
V5	54,0	28,8	18	10,81	20
V6	43,4	32,5	16,3	16,22	37
V7	18,2	11,4	12,5	-1,14	-6
V8	43,4	21,6	13,9	7,73	18
V9	35,6	34,4	27,1	7,28	20
W1	44,3	38,1	27,5	10,64	24
W2	32,7	40,1	23,1	16,99	52
W3	32,6	31,9	28,5	3,43	11
W4	30,7	34,5	28,5	6	20
W5	8,7	7,8	6,3	1,49	17
W6	39,4	30,8	15,7	15,06	38
W7	10,9	11,0	11,5	-0,46	-4
W8	13,7	13,8	17	-3,23	-24
W9	27,1	26,1	18,4	7,67	28
B1	35,8	42,7	37,9	4,8	13
B2	50,3	43,9	33,9	10,02	20

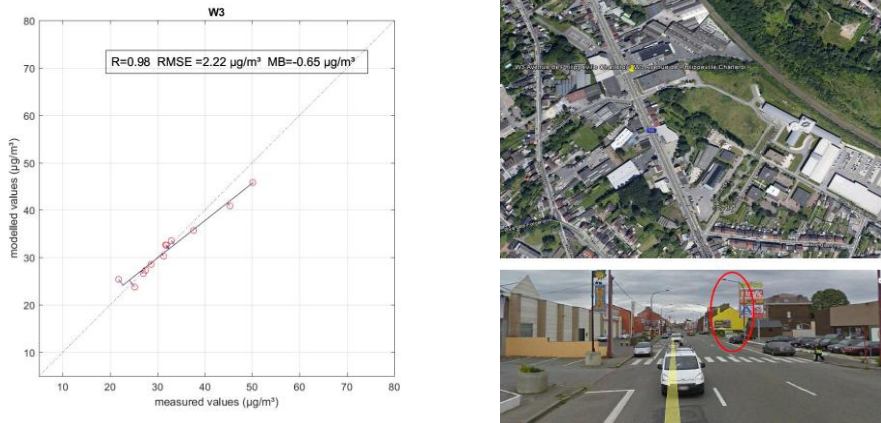


**Figuur 9: Ruimtelijke validatie RIO concentraties (IRCEL PS campagne) (rode cirkel meetplaatsen waar de RIO-resultaten niet significant verschillen van de RIO-IFDM modelresultaten (zie Tabel 2)).**

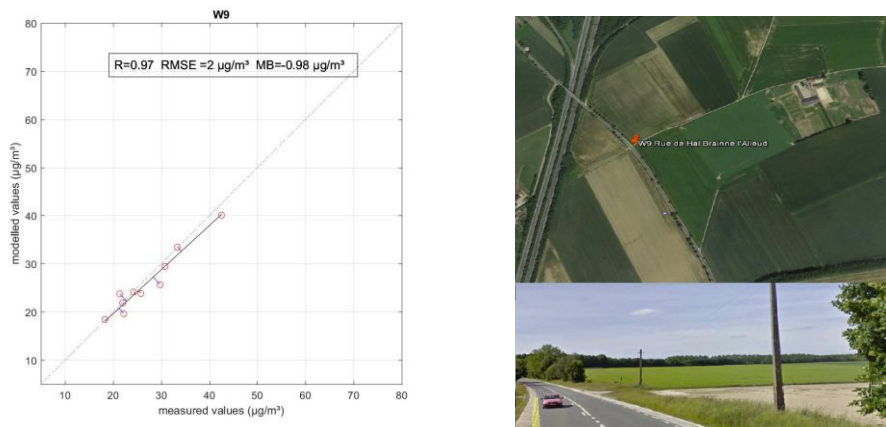
### 3.1.1.1 Performante RIO-IFDM modelresultaten

Voor wat betreft de locaties met performante modelresultaten (W3, W5, W7, W8, W9, V3, V9) kan vastgesteld worden op Figuur 10 tot

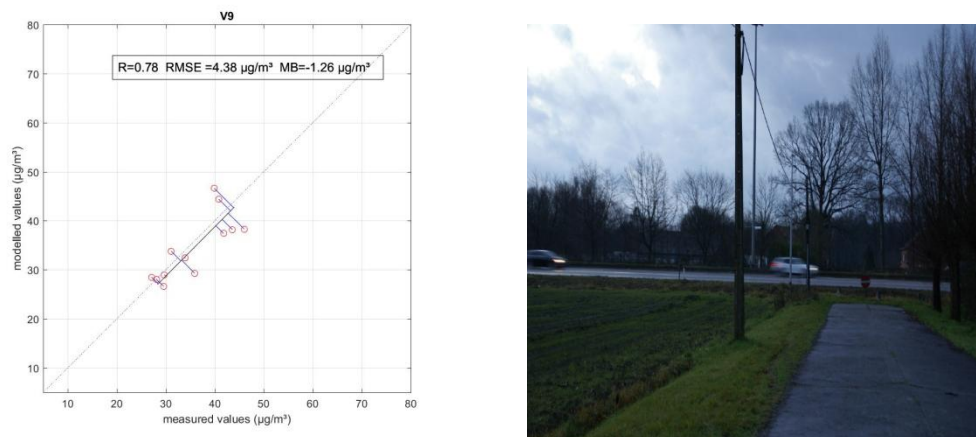
Figuur 17 dat dit veelal duidelijke 'open street' locaties betreft. Deze locaties zijn meestal gelegen naast N-wegen. Voor de drie locaties W3, W9, en V9 geven de RIO-IFDM resultaten significante verbeteringen t.o.v. de RIO-resultaten.



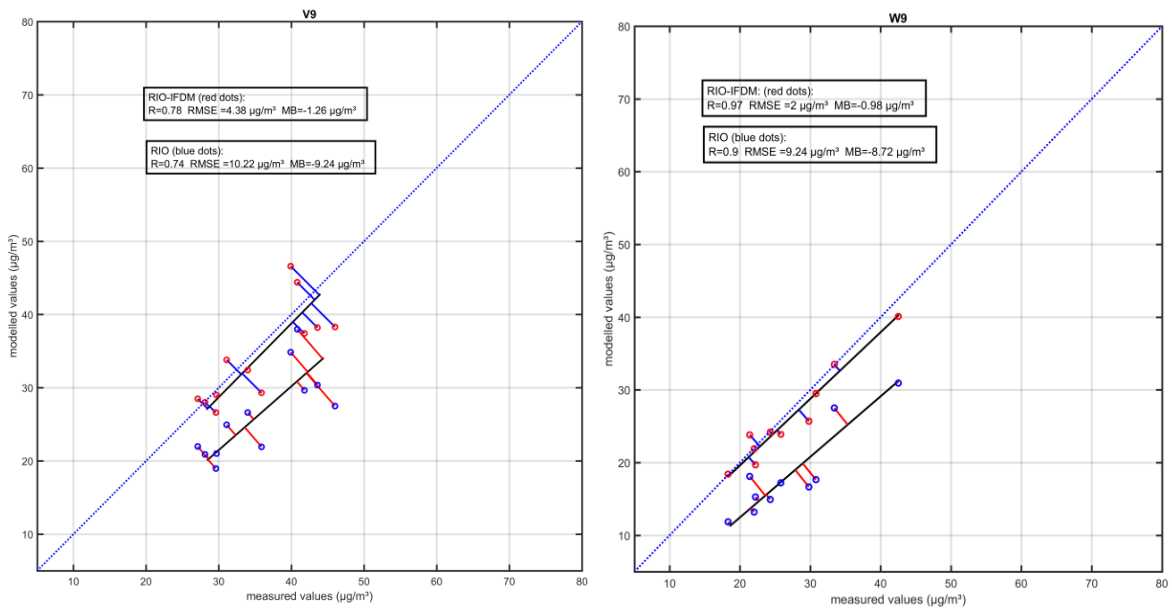
Figuur 10: RIO-IFDM  $\text{NO}_2$  Avenue de Philippeville, Charleroi (W3) (links) en een afbeelding van de meetlocatie



Figuur 11: validatie RIO-IFDM  $\text{NO}_2$  Eigenbrakel N280 (W9) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



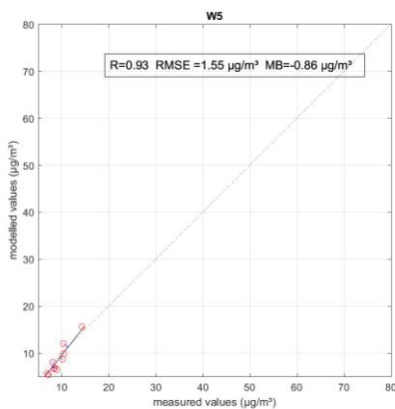
Figuur 12: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Vorselaar N715 (V9) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



Figuur 13: vergelijking validatie RIO en RIO-IFDM Borgloon N79 (V9) en Eigenbrakel N280 (W9) PS-campagne IRCEL

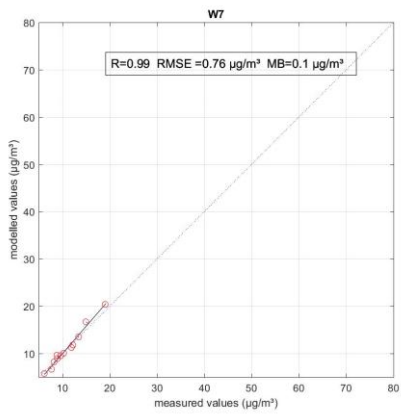
Voor de meetplaatsen W5, W7, W8, V3 betreft de toevoeging van het IFDM-model aan de RIO-achtergrond geen significante verbetering (zie Figuur 18). De validatie voor deze meetplaatsen komt neer op een validatie van de achtergrond (RIO-resultaten). Op Figuur 15 tot en met

Figuur 17 zien we dat dit inderdaad eerder achtergrondlocaties zijn waarbij de invloed van lokale verkeers- of industriële bronnen in de onmiddellijke omgeving van de meetplaats verwaarloosbaar is.

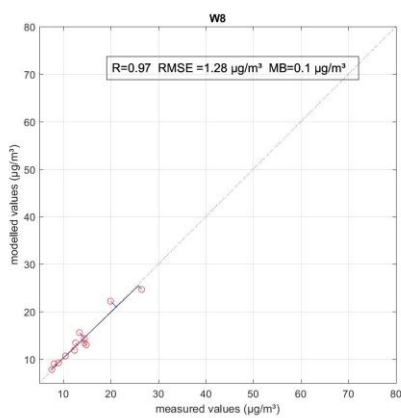


Figuur 14: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Baraque de Fraiture, Vielsalm (W5) (links) en een afbeelding van de meetlocatie

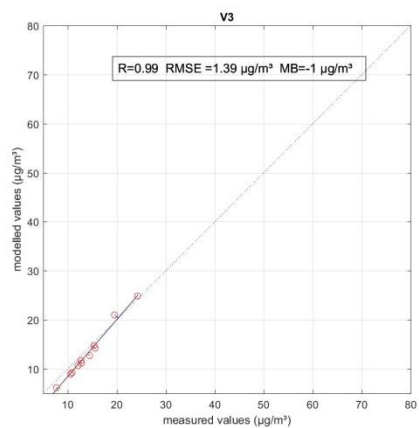




Figuur 15: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Basseilles, N941 (W7) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)

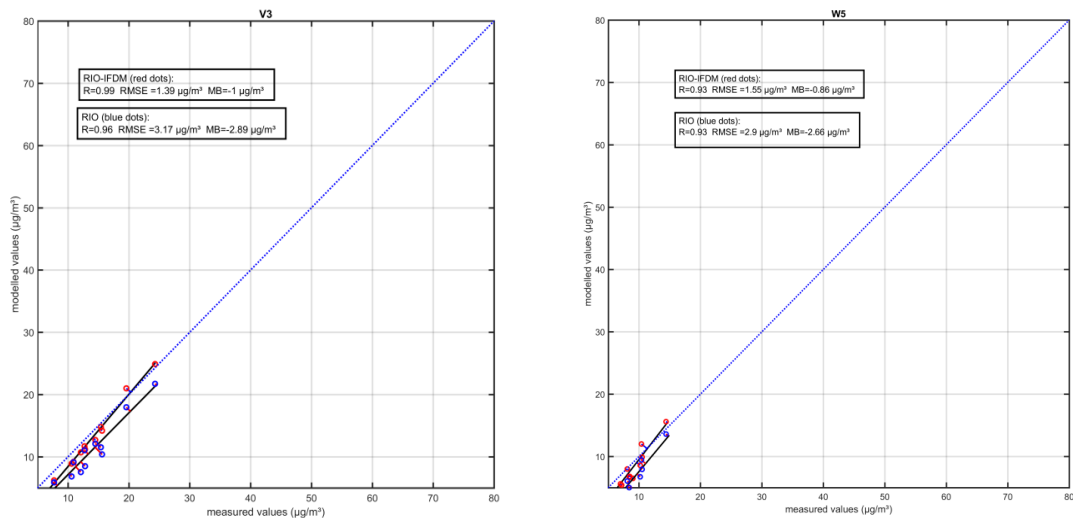


Figuur 16: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Sily N55 (W8) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



Figuur 17: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Borgloon N79 (V3) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)





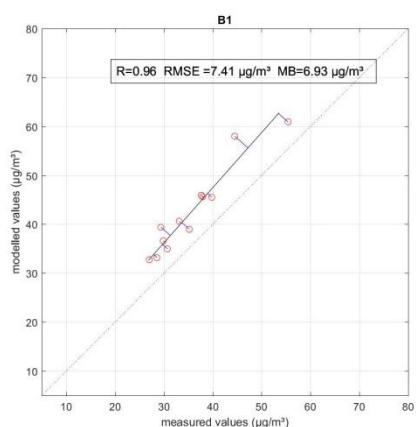
Figuur 18: vergelijking validatie RIO en RIO-IFDM Vorselaar N715 (V3) en Vielsalm (W5) PS-campagne IRCEL

### 3.1.1.2 Overschattingen door RIO-IFDM

De RIO-IFDM modelresultaten op B1, W2 en W4 overschatten de meetresultaten respectievelijk met gemiddeld  $6.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $7.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en  $3.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

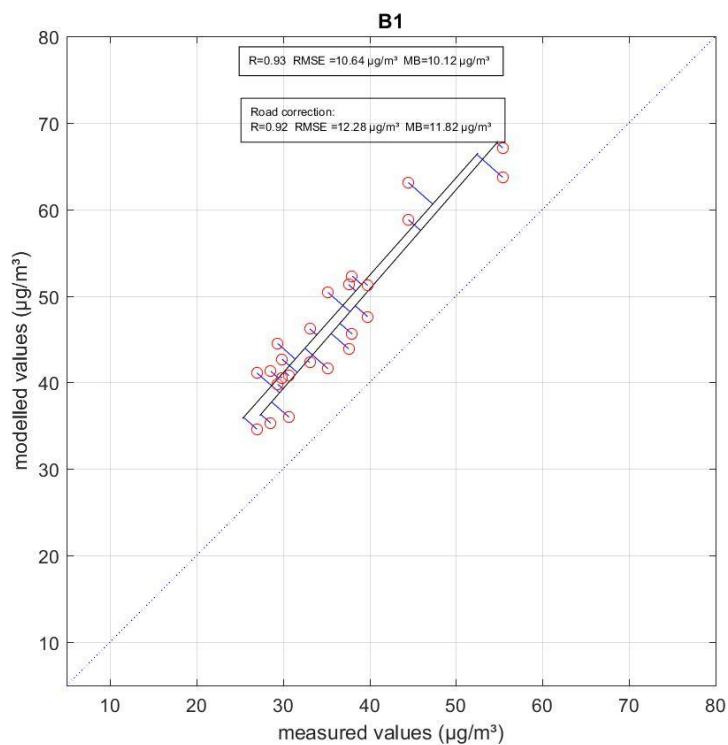
Uit analyse bleek dat voor de meetplaats B1, in de Leopold-III-laan in Schaarbeek, de weg niet op de correcte locatie in de invoergegevens zat. Na een wegcorrectie en een nieuwe modelberekening kon voor deze meetplaats echter geen significantie verbetering, eerder een lichte verslechtering van de statistieken, vastgesteld worden (zie Figuur 21). Het feit dat de modelresultaten na de correctie de concentraties meer overschatten komt doordat de overheersende windrichting ZW is, en dus is er bij het juist leggen van de weg (van rood naar groen, zie

Figuur 20) een stijging van de gemodelleerde concentraties te verwachten. De overschatting door het model is in dit geval dus niet te wijten aan de verkeerde ligging van de weg. Mogelijke verklaringen voor de overschattingen door het model zijn een verkeerde inschatting van de emissies of de bebouwing langsheen de weg waarmee het model geen rekening houdt.



Figuur 19: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Leopold III-laan Schaarbeek (B1) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)

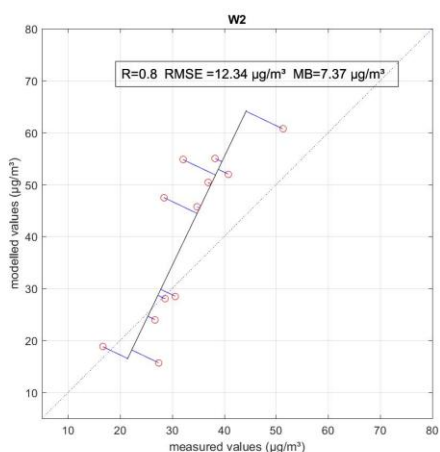




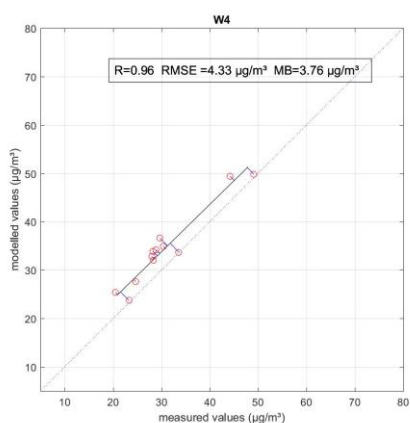
**Figuur 21: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Leopold III-laan Schaarbeek (B1) voor en na correctie van de weg**

De meetplaatsen W2 en W4 betreffen stedelijke locaties gelegen langs een waterweg (respectievelijk Maas en Samber). Voor het meetpunt langs de Maas in Luik (W2) zijn het vooral de hogere concentraties (tweewekelijkse concentraties tussen de 30-50 µg/m<sup>3</sup>) die overschat worden.

Voor wat betreft W4 is er een sprake van een kleinere overschatting, er kan wel een goede (temporele) R=0.95 vastgesteld worden (zie Figuur 23).



Figuur 22: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> St-Leonardkaai, Luik (W2) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)

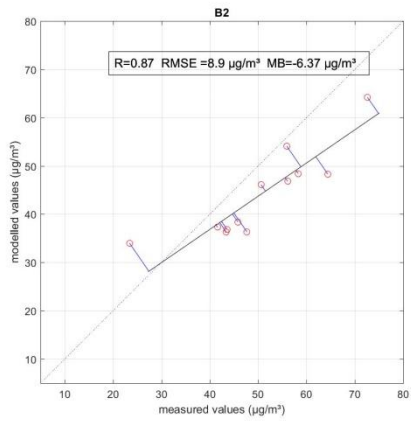


Figuur 23: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Brabantkaai, Charleroi (W4) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)

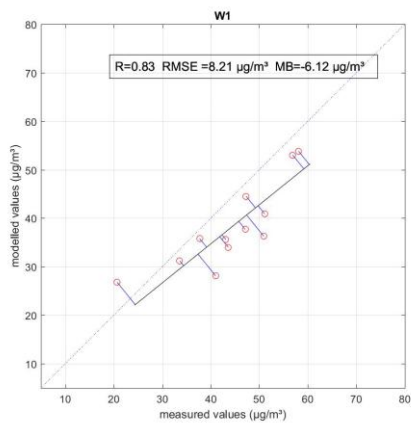
### 3.1.1.3 Onderschattingen door RIO-IFDM

RIO-IFDM onderschat de metingen op de meetplaatsen B2, W1, W6, V1, V2, V4, V5, V6, V7 en V8. De onderschatting voor deze meetplaatsen ligt tussen de  $-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $-25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De RIO-IFDM modelresultaten op de meetplaatsen gelegen naast autosnelwegen B2 (E40), W1 (E42), W6 (E42), V4 (E314) en V6 (E40) (zie

Figuur 24 tot en met Figuur 29) onderschatten gemiddeld tussen de  $-6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $-11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor de beschouwde meetperiode. De correlatiecoëfficiënt (temporele validatie) is vrij hoog en schommelt tussen de 0.72 en 0.84.

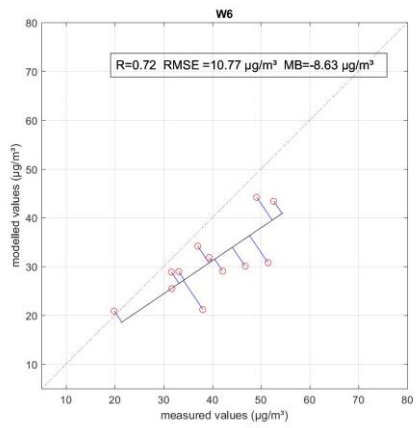


**Figuur 24: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Nieuwe Zaventemse steenweg, Machelen (B2) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**

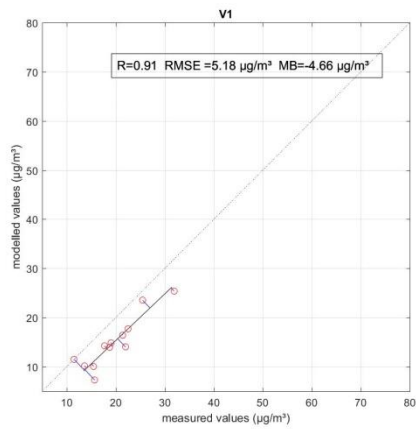


**Figuur 25: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Rue de l'aéroport Grace Hologne (W1) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**

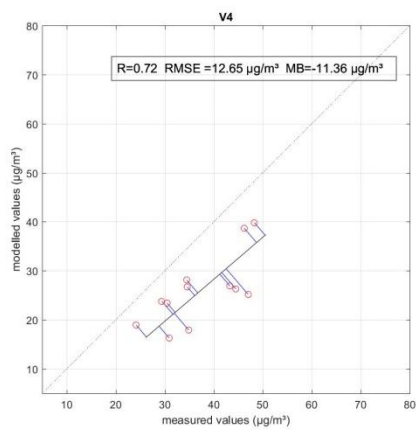




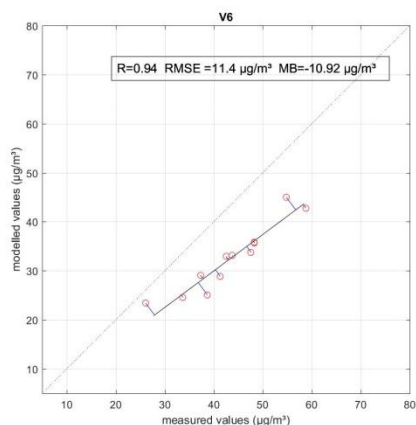
Figuur 26: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Chemin d'Auvelais, Namen (W6) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



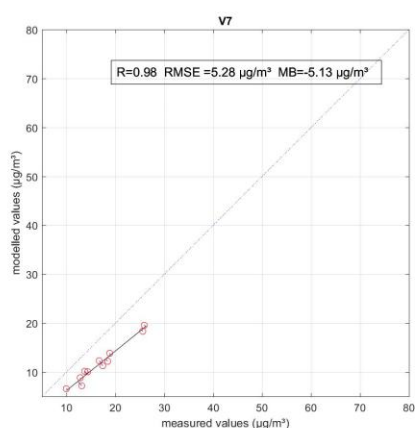
Figuur 27: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Eindhovensebaan, Eksel (V1) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



Figuur 28: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Egenhovenstraat, Bertem (V4) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)

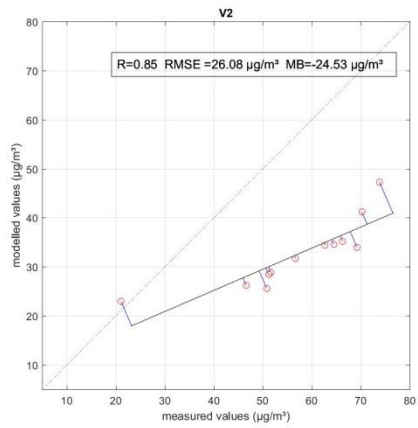


**Figuur 29: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Erpe-Mere (V6) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**

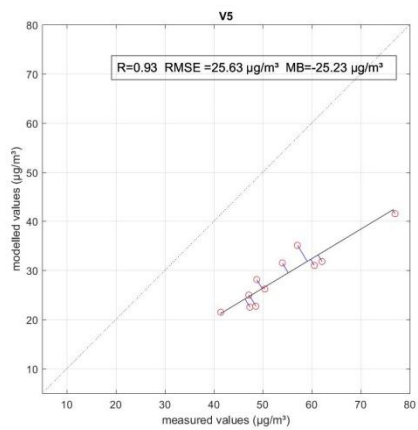


**Figuur 30: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Predikherenstraat, Wingene (V7) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**

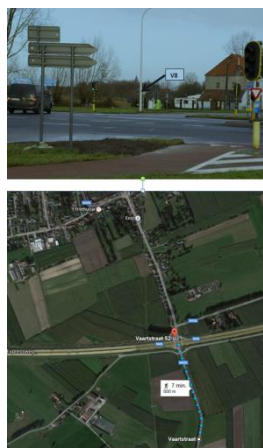
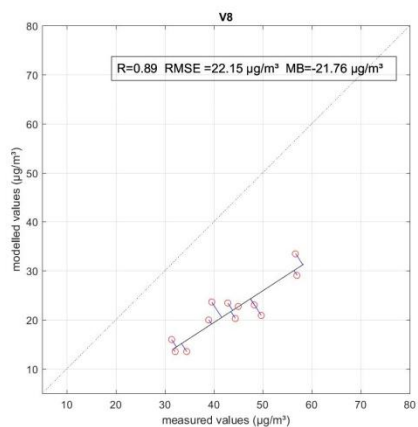
De grootste onderschattingen (MB tussen -21 en -25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) van het model komen voor in de meetpunten V2, V5 en V8. Verder heeft de gradiëntmeting (zie Figuur 7) een gemiddelde onderschatting van -18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Deze meetplaatsen worden gekenmerkt door een op- en afrittencomplex van de autosnelweg (V2, G1-G5). De meetplaats V8 bevindt zich naast een expresweg en vlakbij verkeerslichten. De meetplaats V5 bevindt zich naast de A12 in de buurt (op 100 m) van verkeerslichten.



**Figuur 31: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Grote baan Kuringen (V2) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**



**Figuur 32: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Bergstraat, Londerzeel (V5) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**

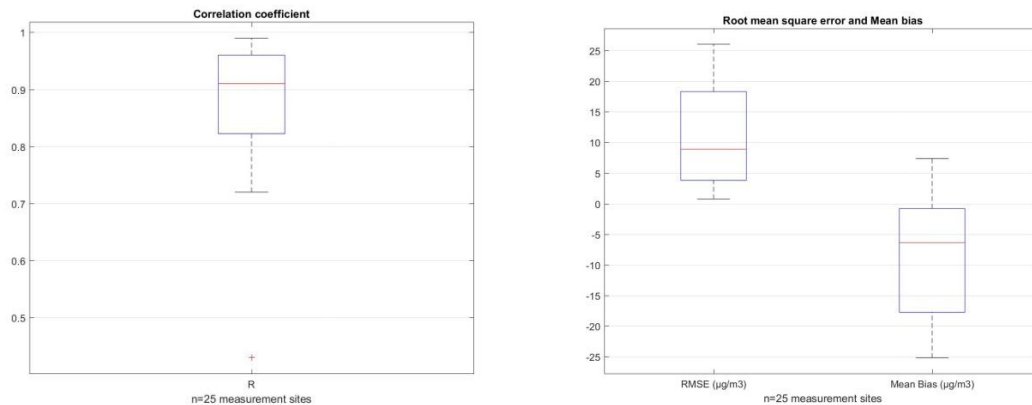


**Figuur 33: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> Vaartstraat Kaprijke (V8) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)**



### 3.1.2 Temporele validatie

Gezien de validatie met tweewekelijkse passieve sampler metingen gebeurt, zegt de temporele validatie enkel iets over de performantie van de uitgemiddelde RIO-IFDM modelresultaten over deze periode. Er zijn 25 meetplaatsen waarvan alle statistieken in een boxplot worden gegoten. Een boxplot met data van alle stations geeft de minimum waarde, het 25e percentiel, de mediaan, het 75e percentiel en de maximum waarde weer. Voor wat betreft de weergave van de tweewekelijkse RIO-IFDM modelwaarden kan vastgesteld worden dat correlatiecoëfficiënt voor alle meetplaatsen boven 0.7 zit en de mediaan 0.9 bedraagt. Voor wat betreft de RMSE is de mediaan 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en de mediaan van de gemiddelde onderschatting (MB) bedraagt -6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (zie Figuur 34).



Figuur 34: temporele R, RMSE en RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (IRCEL Campagne)

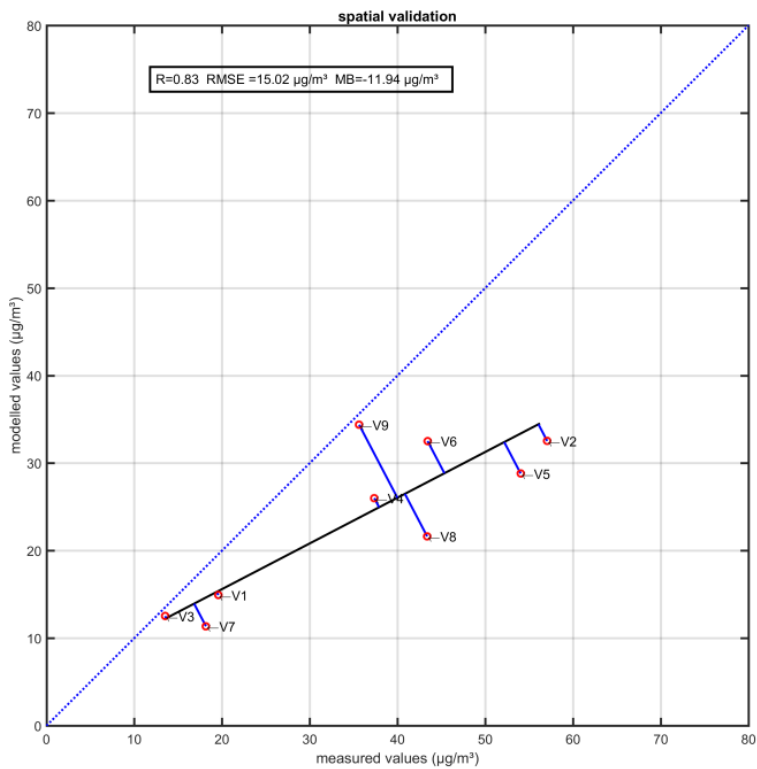
### 3.1.3 Verschillen in modelperformantie in Vlaanderen en Wallonië

Er kan gesteld worden dat er onzekerheden zijn op de resultaten van een luchtkwaliteitsmodel. Dit geldt eveneens voor de modelresultaten van RIO-IFDM. Om deze onzekerheden zo veel mogelijk te beperken is het aangewezen om de onzekerheden op de inputdata zoveel mogelijk te beperken. Voor RIO-IFDM zijn de inventarisatie van de wegen evenals de hieraan toegekende emissies belangrijke inputgegevens. De inventarisatie van de wegen in Vlaanderen wordt aangeleverd door het Vlaams Verkeerscentrum. Deze data zijn zeer gedetailleerd en actueel, maar de wegsegmenten liggen niet altijd op de exacte weglocatie. Voor Brussel en Wallonië zijn de mobiliteitsdata afkomstig van de FOD Mobiliteit en dateren de gegevens van 2005. Voor alle gewesten worden de meest recente emissiegegevens gespreid aan de hand van die mobiliteitsdata. Er kan mogelijk een verschil in modelperformantie tussen de gewesten optreden omwille van een verschil in de achterliggende berekening van de verkeersemissies. De gebruikte gegevens voor de meteo zijn afkomstig van het ECMWF en worden geassimileerd met meetgegevens uit de meteorologische stations uit de telemetrische luchtmeetnetten als het synoptische meetnet van het KMI.

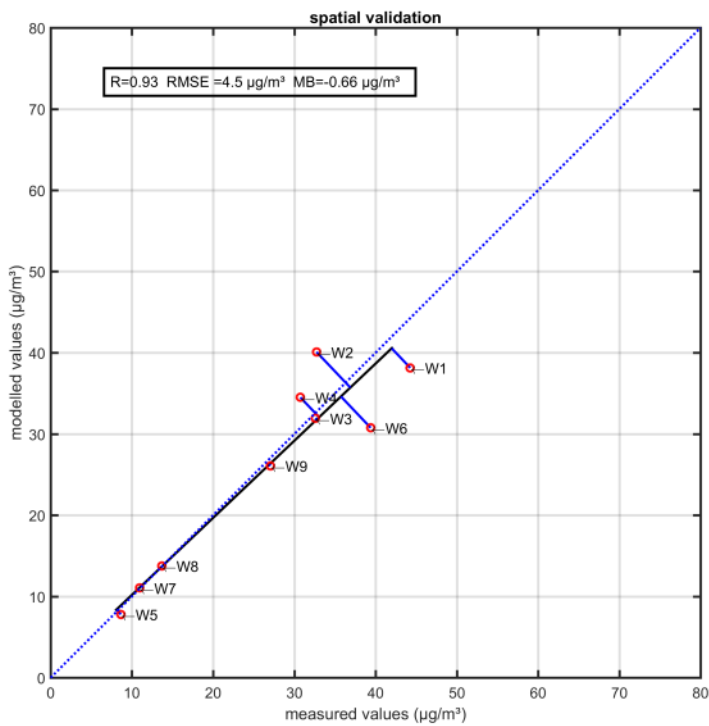
Anderzijds is de performantie van RIO-IFDM zeer afhankelijk van de gekozen locaties bv. verkeerswegen, invalswegen of eerder wegen op achtergrondlocaties. Zo is het RIO-IFDM model meer geschikt voor 'open straat' locaties dan voor bebouwde stedelijke omgeving.

Aangezien de mobiliteitsgegevens en bijgevolg de gebruikte emissies in het RIO-IFDM model verschillen per gewest lijkt het interessant om de ruimtelijke validatie op te splitsen per gewest. Voor Brussel zijn er slechts twee meetplaatsen voorhanden met beide een hoge R, voor de meetplaats B1 betreft het een algemene overschatting (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en voor de meetplaats B2 en algemene onderschatting (-5  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) zie (Figuur 19 en

Figuur 24). De ruimtelijke statistieken voor RIO-IFDM voor de meetplaatsen in Wallonië ( $R=0.93$ ,  $RMSE = 4.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $MB=-0.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zijn aanzienlijk beter dan deze van de meetplaatsen in Vlaanderen ( $R=0.83$ ,  $RMSE = 15.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $MB=-11.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Uit de voorgaande analyse blijkt dat de factor 'type locatie', t.t.z. langs een grote weg, langs verkeerslichten of op-en afrittencomplexen een belangrijke factor is die de modelperformantie beïnvloedt. Deze mag dus niet uit het oog verloren worden bij interpretatie van onderstaande grafieken.



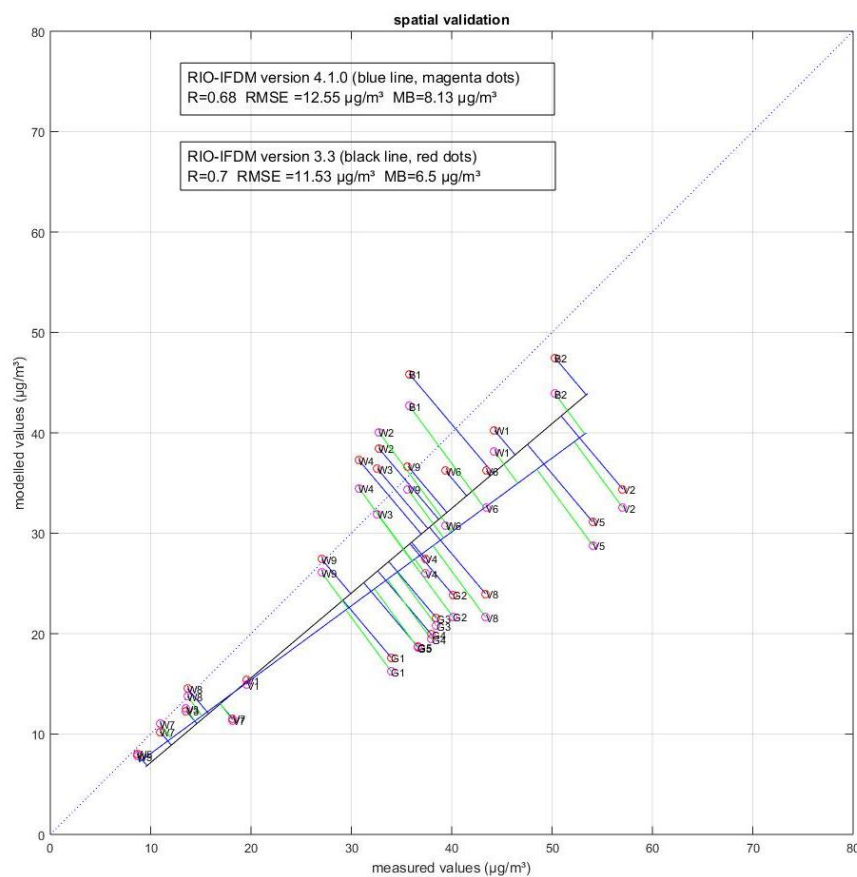
Figuur 35: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> metingen in Vlaanderen (IRCEL Campagne)



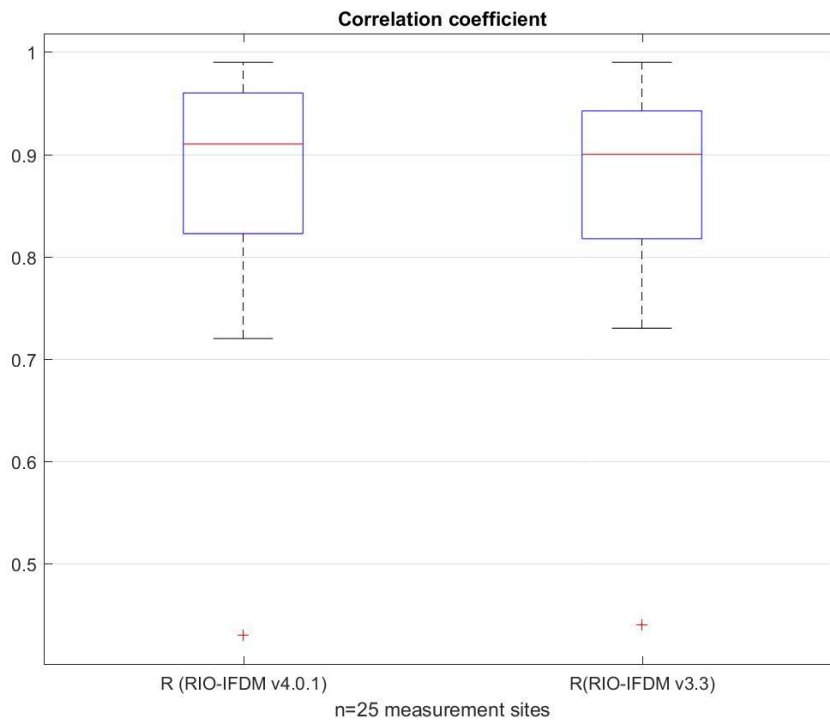
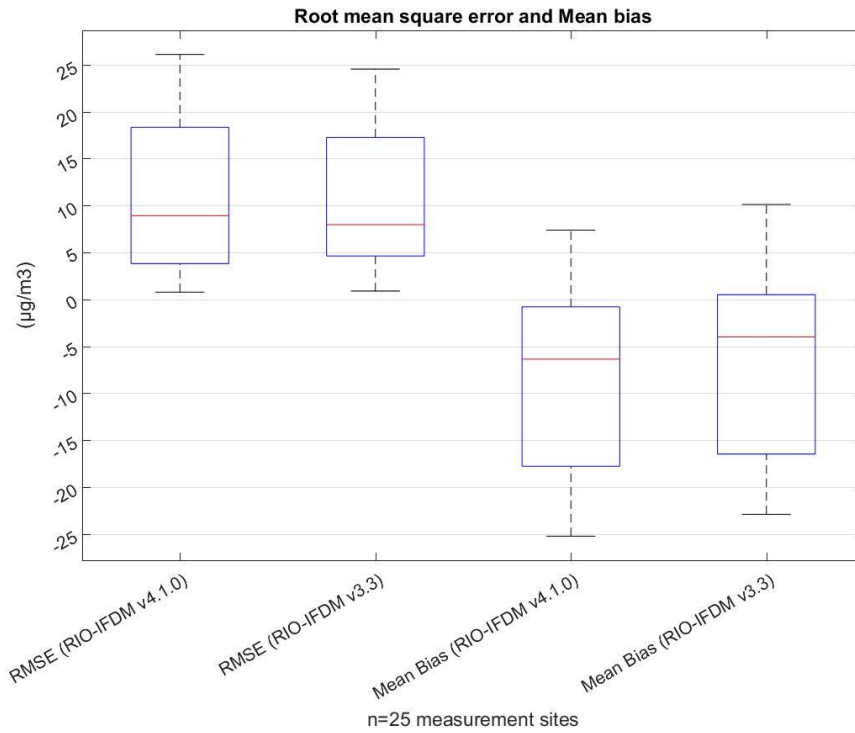
Figuur 36 : ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> metingen in Wallonië (IRCEL Campagne)

### 3.1.4 Vergelijking verschillende modelversies: RIO-IFDMv3.3 en RIO-IFDM v4.1.0

De gebruikte versie van RIO-IFDM in dit rapport is de RIO-IFDM v4.1.0. De grootste wijziging in deze versie t.o.v. de vorige versie v3.3 is vooral het feit dat de RIO3.7 versie wordt gebruikt. Deze laatste RIO-versie levert ook interpolatieresultaten voor de NO-concentraties die rechtstreeks als input dienen voor RIO-IFDM. Het voordeel hiervan is dat de evenwichtsparemeter voor de ozonchemie nu niet meer moet ingeschat worden via de meteo, maar geschat kan worden op basis van de verhoudingen NO-NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub> per RIO-gridcel. Voor de meetplaatsen van de IRCEL-meetcampagne worden met de nieuwere RIO-IFDMv4.1.0 lagere NO<sub>2</sub> concentraties berekend. De ruimtelijke en temporele statistieken van beide versies zijn niet erg verschillend. De ruimtelijke statistieken van de RIO-IFDM v3.3 scoren iets beter dan deze van de RIO-IFDM versie 4.1.0. Voor wat betreft de temporele statistieken scoort de versie 3.3 iets beter voor de RMSE en MB. De correlatiecoëfficiënt is beter voor de nieuwere RIO-IFDM v4.1.0 versie.



Figuur 37: vergelijking ruimtelijke validatie RIO-IFDM v3.3 en RIO-IFDM v4.1.0 (IRCEL Campagne)



**Figuur 38: vergelijking temporele validatie RIO-IFDMv3.3 en RIO-IFDMv4.1.0 RMSE en MB (bovenaan) en R (onderaan)**

### 3.1.5 Conclusie validatie meetcampagne IRCEL

De statistieken in overweging nemende kan gesteld worden dat het RIO-IFDM model goed presteert (zie verder ook hoofdstuk vergelijking RIO en RIO-IFDM). **Gemiddeld genomen**, over de 25 meetplaatsen en over de beschouwde meetperiode (19 december 2013 tot 11 juni 2014) worden de **NO<sub>2</sub> concentraties door RIO-IFDM met 8 µg/m<sup>3</sup> onderschat**.

De **RIO-IFDM modelresultaten zijn erg performant voor de zogenaamde 'open street' locaties hoofdzakelijk langs secundaire wegen (N-wegen)**. De drie overschattingen door het model betreffen locaties in stedelijk gebied (Brussel, Luik en Charleroi) waarvan twee naast een waterweg (Samber en Maas). Voor wat betreft de **performantie van het RIO-IFDM model naast autosnelwegen** kan er vastgesteld worden (op basis van vijf meetplaatsen) dat RIO-IFDM de NO<sub>2</sub> concentraties onderschat. De **onderschatting varieert tussen -6 µg/m<sup>3</sup> en -11 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>** over de beschouwde meetperiode. Op basis van drie metingen en de gradiëntmeting lijkt RIO-IFDM de NO<sub>2</sub> concentraties **sterk te onderschatten** (gemiddeld tussen de -18 en -25 µg/m<sup>3</sup>) op meetplaatsen die gekenmerkt zijn door **complexere verkeerssituaties zoals bijvoorbeeld aan op- en afrittencomplexen** en meetplaatsen met verkeerslichten. Het model presteert in het algemeen beter voor wat betreft de meetplaatsen in Wallonië.

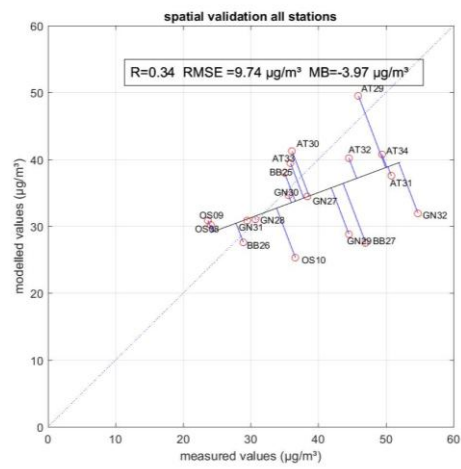
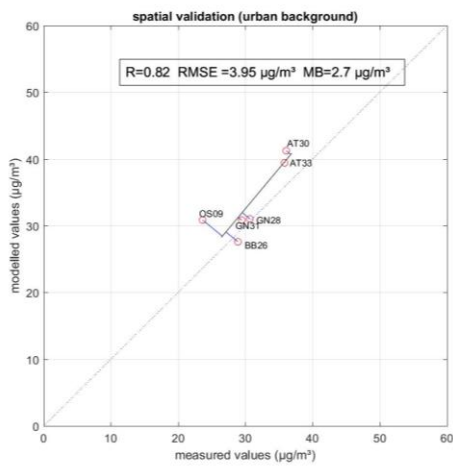
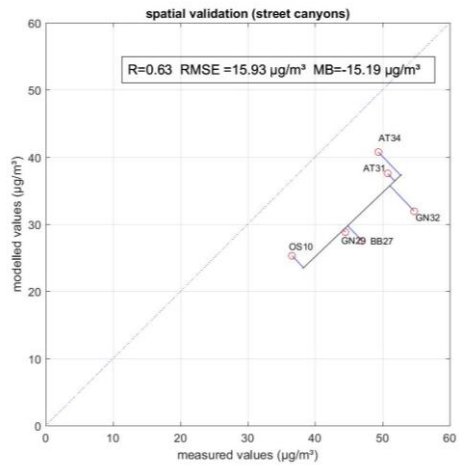
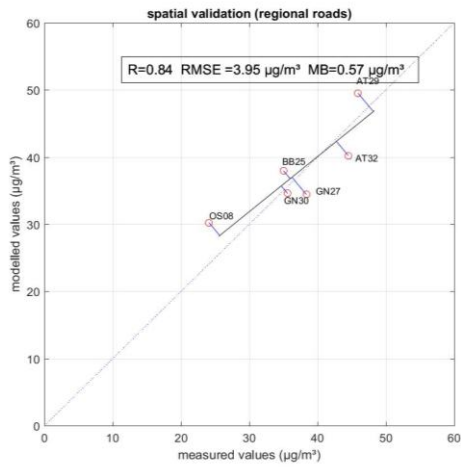
## 3.2 ATMOSYS stedencampagne

In het kader van het Life+ ATMOSYS project, gefinancierd door de Europese Commissie, heeft de VMM metingen uitgevoerd om de variatie na te gaan van NO<sub>2</sub>-concentraties op verschillende type locaties in stedelijk gebied (VMM, 2013)<sup>7</sup>. De meetperiode liep van 29 juni 2011 tot 11 juli 2012 in de steden Antwerpen, Brugge, Gent en Oostende. De gebruikte passieve samplers geven gemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties over twee weken weer. Er werden voor iedere stad type locaties geselecteerd: een stedelijke achtergrondlocatie, een locatie nabij een invalsweg en een street canyon. Er werd op achttien plaatsen gemeten.

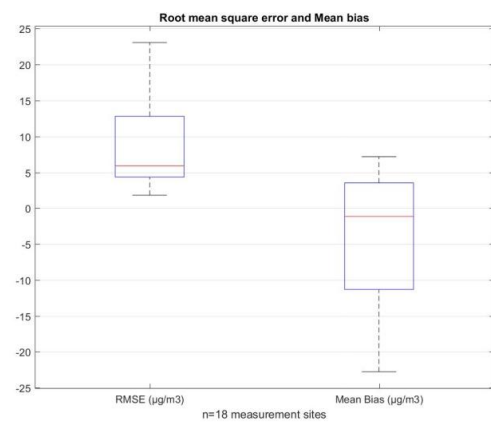
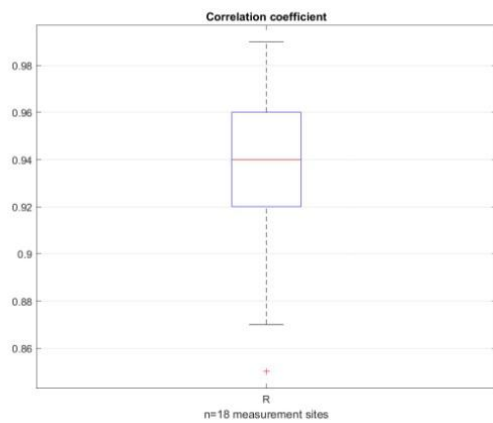
### 3.2.1 Validatie per type station

De ruimtelijke validatie wordt opgesplitst per type locatie. De statistieken voor de typelocaties 'stedelijke invalswegen' en 'stedelijke achtergrond' zijn erg goed. Voor de streetcanyons wordt er een gemiddelde onderschatting van 15 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> vastgesteld (zie Figuur 39). Voor wat betreft de temporele validatie zijn eveneens de RMSE en MB van de stedelijke achtergrond en de locaties op de invalswegen aanzienlijk beter dan deze in streetcanyons. De correlatiecoëfficiënt is voor de drie type locaties aanzienlijk hoog.

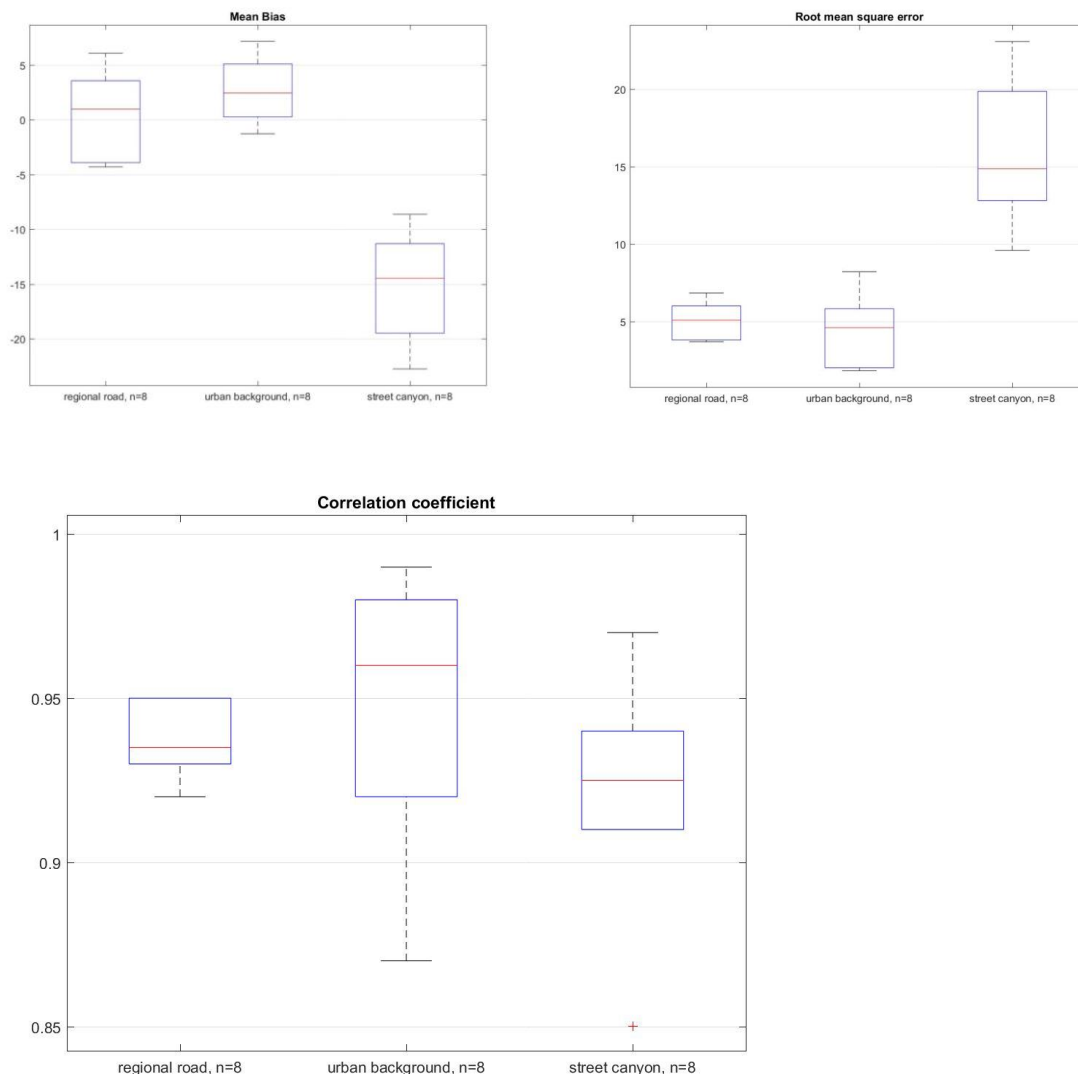
<sup>7</sup> <https://www.vmm.be/publicaties/life-atmosys-no2-stedencampagne>



Figuur 39: ruimtelijke validatie RIO-IFDM v4.1.0 per type locatie (invalsweg, street canyon en stedelijke achtergrond) en voor alle locaties (ATMOSYS stedencampagne)



Figuur 40: temporele validatie RIO-IFDM v4.1.0 voor alle locaties (ATMOSYS stedencampagne)



Figuur 41: temporele validatie RIO-IFDM v4.1.0 per type locatie (ATMOSYS stedencampagne)

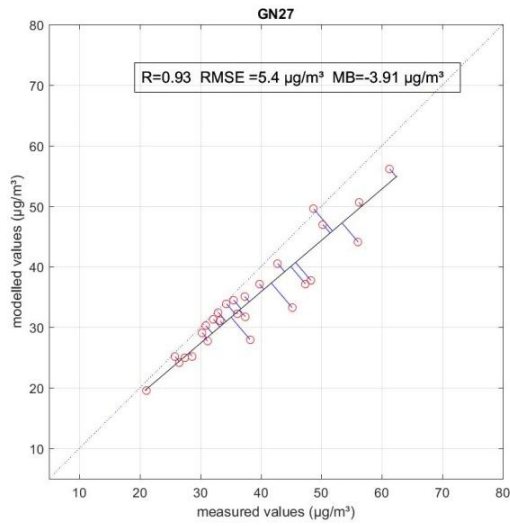
### 3.2.2 RIO-IFDM modelresultaten: een stedelijke invalsweg, een stedelijke achtergrond en een streetcanyon

In wat volgt wordt telkens één ‘representatieve’ temporele validatie per typelocatie voorgesteld. Deze statistieken geven informatie over de performantie van RIO-IFDM voor de NO<sub>2</sub> concentraties uitgemiddeld over twee weken. In annex V is de informatie in verband met validatie voor alle andere stations opgenomen. Verdere informatie over de meetcampagne en de meetlocaties kan ook gevonden worden in het rapport van VMM (2013), Life+ ATMOSYS: NO<sub>2</sub> stedencampagne.<sup>8</sup>

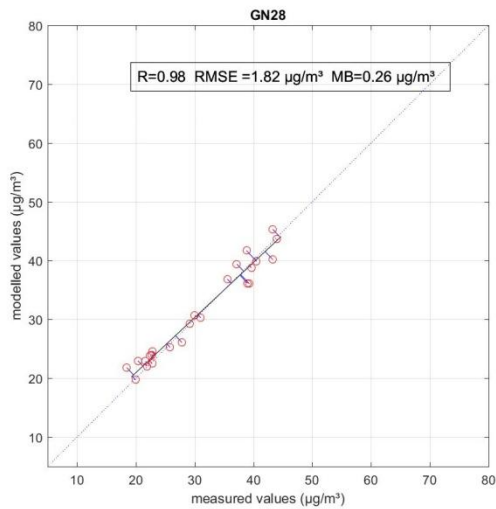
De modelresultaten op de stedelijke invalsweg en stedelijke achtergrondlocatie in Gent zijn erg performant. In de streetcanyon meting in Gent wordt er een gemiddelde onderschatting van 15 µg/m<sup>3</sup> van de NO<sub>2</sub> concentraties vastgesteld.

<sup>8</sup> <https://www.vmm.be/publicaties/life-atmosys-no2-stedencampagne>

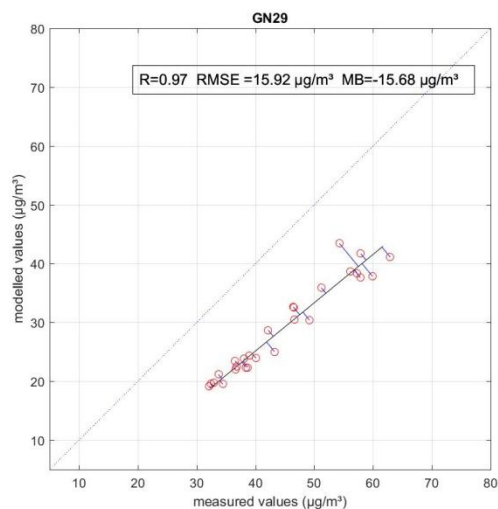




Figuur 42: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> stedelijke invalsweg (Brusselse steenweg,Gent N9) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



Figuur 43: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> stedelijke achtergrond (Willem de Beersteeg, Gent ) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)



Figuur 44: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> streetcanyon (Antwerpse Steenweg, Gent ) (links) en een afbeelding van de meetlocatie (rechts)

### 3.2.3 Conclusie validatie meetcampagne Atmosys

Uit de resultaten van de VMM stedencampagne die liep van 29 juni 2011 tot 11 juli 2012 kan afgeleid worden dat de **RIO-IFDM modelresultaten erg performant** zijn voor **stedelijke invalswegen en stedelijke achtergrond meetplaatsen**. De **RIO-IFDM modelresultaten voor street canyons** worden op een jaargemiddelde NO<sub>2</sub> - concentratie **gemiddeld met 15 µg/m<sup>3</sup> onderschat**.

### 3.3 Meetcampagne stad Namen

Deze meetcampagne werd uitgevoerd door het Issep<sup>9</sup> voor het AWAC<sup>10</sup>. Het betreft een passieve sampler campagne van 1 juni 2013 tot 31 augustus 2014 . De metingen geven de NO<sub>2</sub> -concentraties gemiddeld over twee weken weer. De meetcampagne omvatte 40 meetplaatsen in de stad Namen. De RIO-IFDM modelresultaten op de exacte locaties van de metingen waren voor RIO-IFDM v4.1.0 niet beschikbaar. Er werd beslist (wegens te weinig rekentijd) om het RIO-IFDM receptorpunt het dichtst bij de meetplaats te gebruiken voor de validatie. Tengevolge hiervan is de RIO-IFDM modelwaarde minder nauwkeurig voor de locaties van de metingen. Dit in tegenstelling met de voorgaande validaties (IRCEL en ATMOSYS-stedencampagne) waar de modelwaarden op de exacte locatie van de metingen werden aangeleverd en gebruikt.

<sup>9</sup> L'Institut Scientifique de Service Public van Wallonië

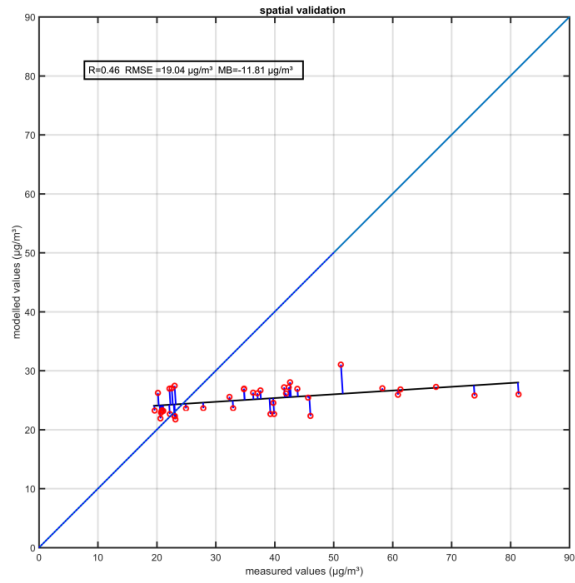
<sup>10</sup> Agence Wallonie de l'air et du climat

### 3.3.1 Ruimtelijke validatie

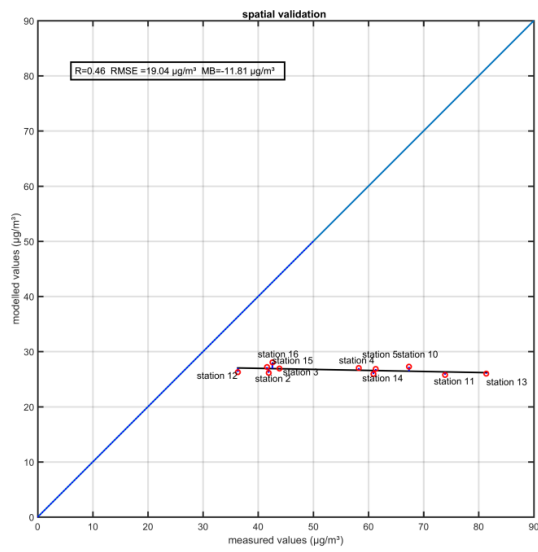
Indien we alle meetpunten over de beschouwde periode in rekening brengen kan vastgesteld worden dat de statistieken van de ruimtelijke validatie niet goed scoren (Figuur 45). Er kan onderscheid gemaakt worden tussen een drietal type locaties :

- streetcanyons (meetplaats 6, 7, 8 en 9 (zie Figuur 47));
- de stationsbuurt met intensief verkeer en bushalte (meetplaatsen 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15 en 16 (zie Figuur 46)) ;
- naast een secundaire weg (36, 38, 39, 40, 31, 27, 25, 20) (zie Figuur 48) ;
- de overige meetpunten (zie Figuur 49).

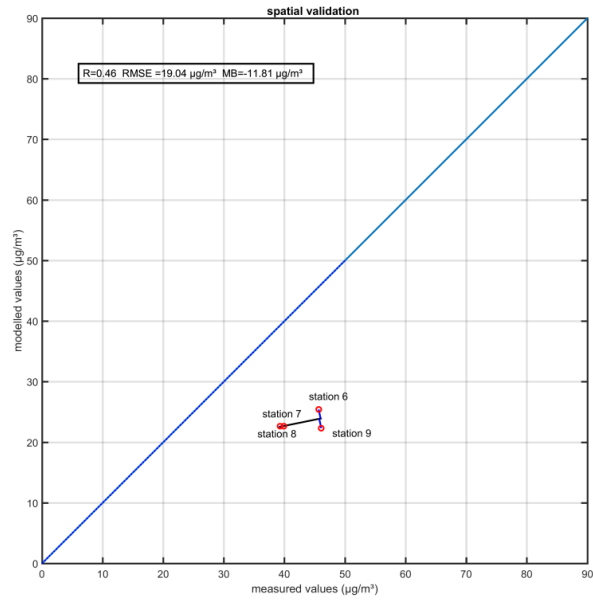
Ook na opsplitsing per typelocatie blijft de ruimtelijke validatie ondermaats. De street canyon en de kleinere wegen zitten niet in de invoer van de verkeersemisssies en vandaar de grote onderschattingen door het model. Waar geen invoer is voor IFDM, wordt quasi enkel achtergrond (RIO) berekend.



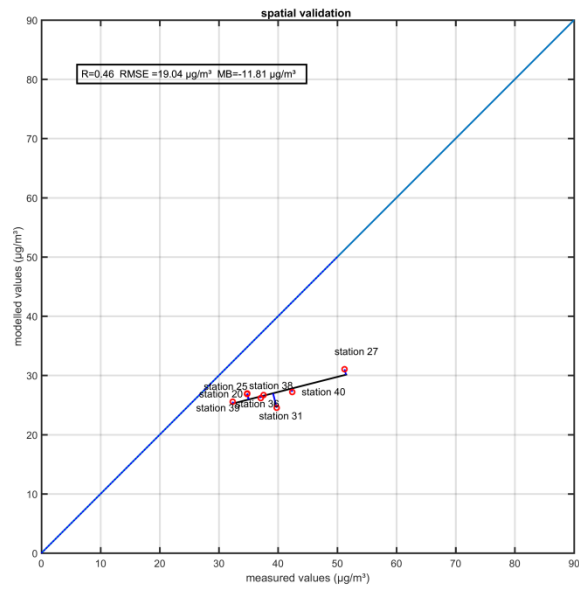
Figuur 45: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (PS campagne Namen)



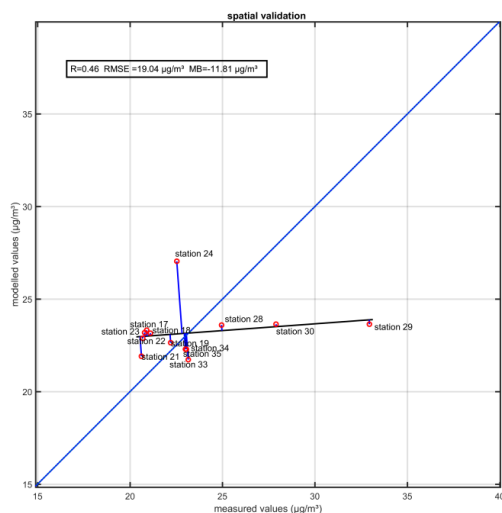
Figuur 46: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> stationsbuurt (PS campagne Namen)



Figuur 47: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> street canyon (PS campagne Namen)



Figuur 48: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> stedelijke secundaire N-weg (PS campagne Namen)

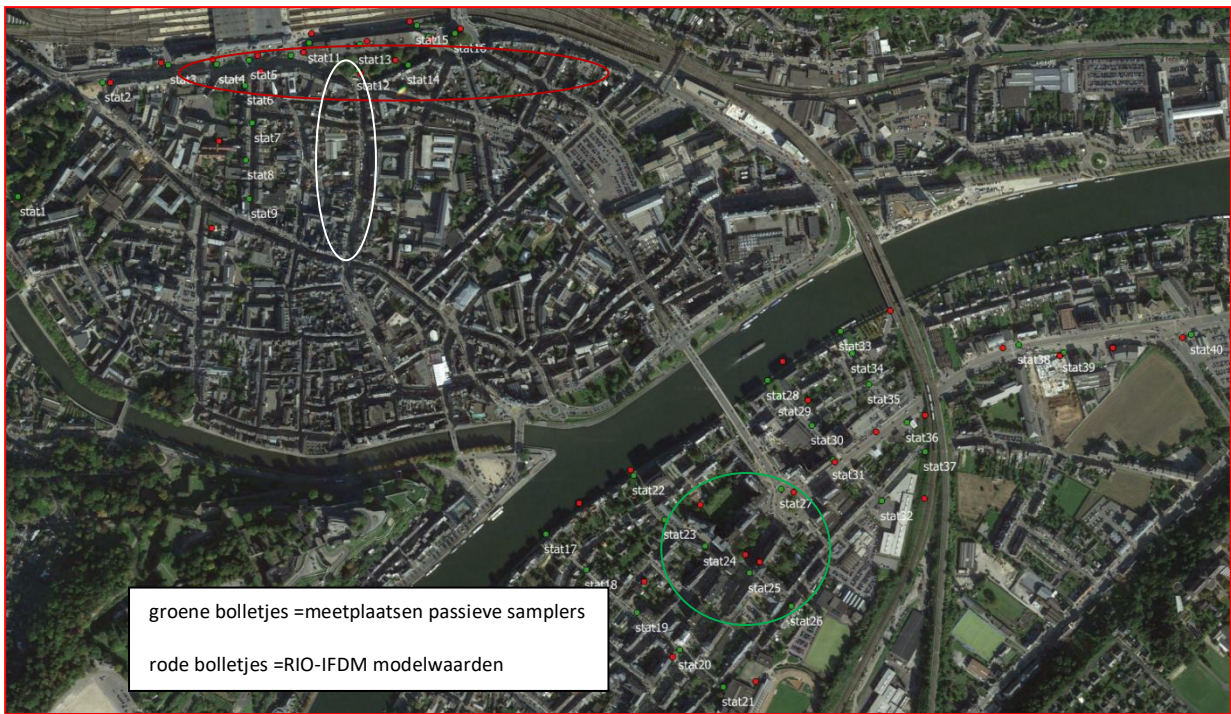


**Figuur 49: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> stedelijke achtergrond metingen (PS campagne Namen)**

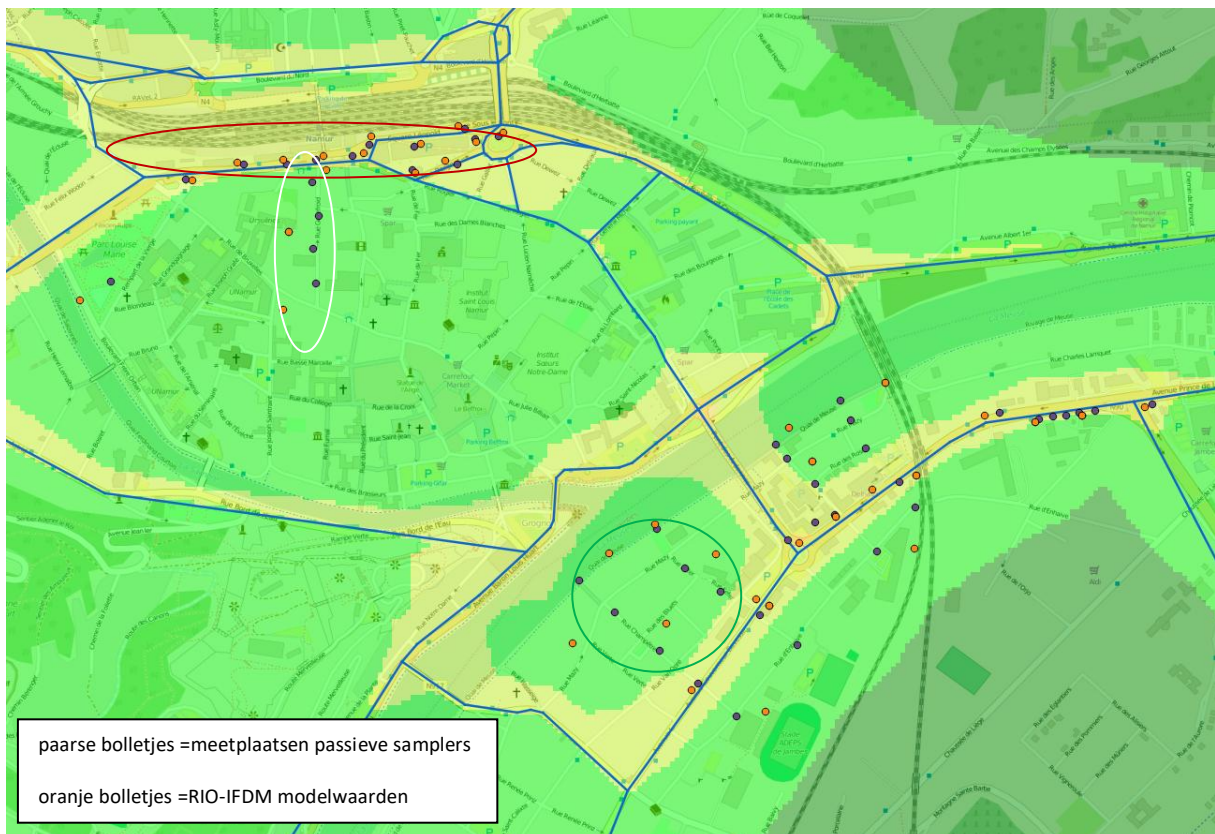
### 3.3.2 Temporele validatie

Voor wat betreft de temporele validatie lijkt de berekende mediaan over alle stations van de correlatiecoëfficiënt nog vrij hoog te zijn, de mediaan van de RMSE kleiner dan 10 µg/m<sup>3</sup> en mediaan van de MB rond de -10 µg/m<sup>3</sup> (zie Figuur 52). De temporele validatie voor de metingen in de stationsbuurt (rode cirkel op Figuur 50 en Figuur 51) zijn niet performant en de concentraties zijn erg onderschat (zie Figuur 53). Voor wat betreft de streetcanyon (witte cirkel op Figuur 50 en Figuur 51) worden deze eveneens onderschat (zie Figuur 54). De validatie voor de stedelijke achtergrondlocaties (groene cirkel op Figuur 50 en Figuur 51) zijn aanzienlijk beter (zie Figuur 55). In annex V zijn de overige temporele validaties van de meetplaatsen opgenomen.



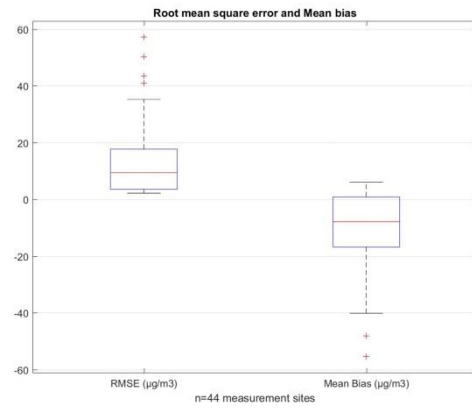
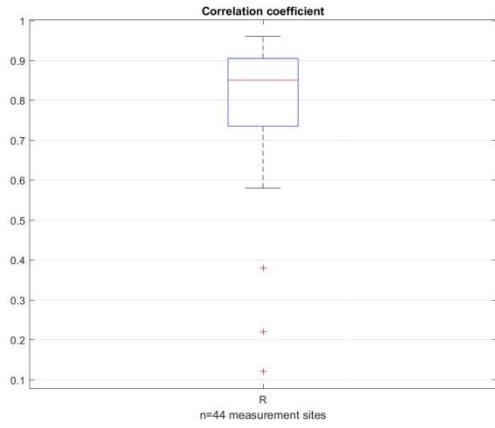


Figuur 50: meetplaatsen passieve sampler campagne Namen en de gebruikte RIO-IFDM modelwaarden (rode cirkel = stationsbuurt, witte cirkel = streetcanyon, groene cirkel = stedelijke achtergrond).

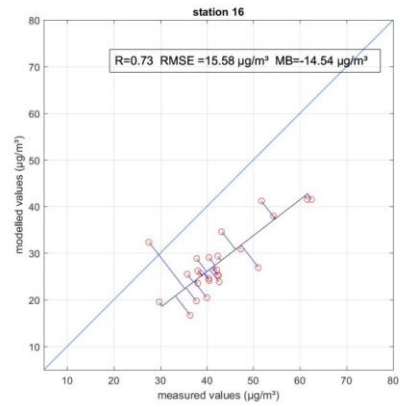
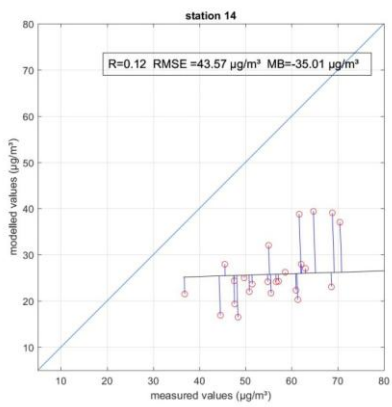
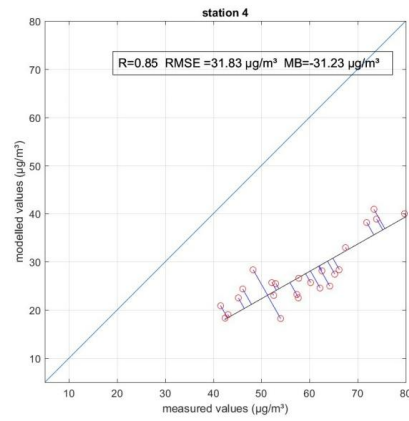
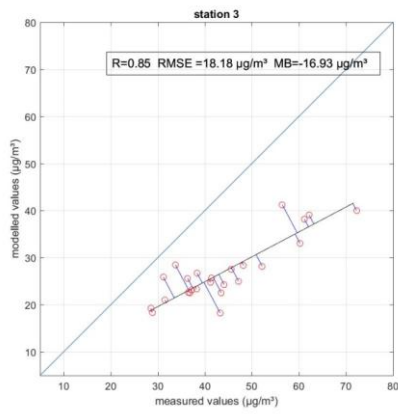


Figuur 51 : het wegennetwerk van het RIO-IFDM model in Namen (rode cirkel = stationsbuurt, witte cirkel = streetcanyon, groene cirkel = stedelijke achtergrond).

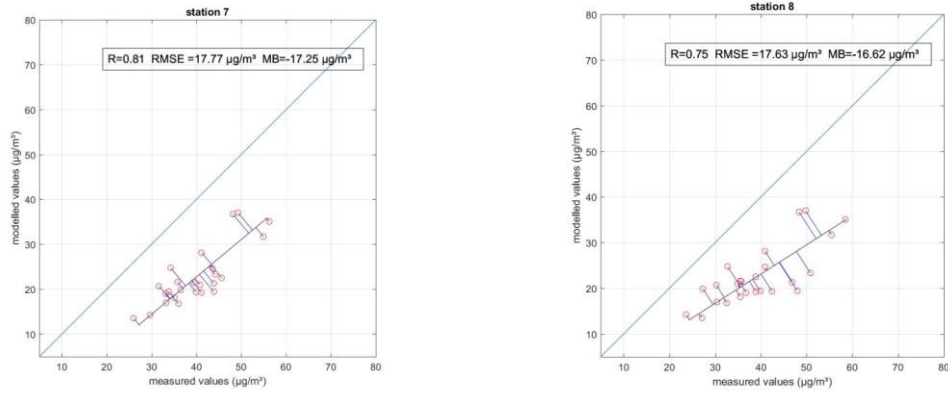




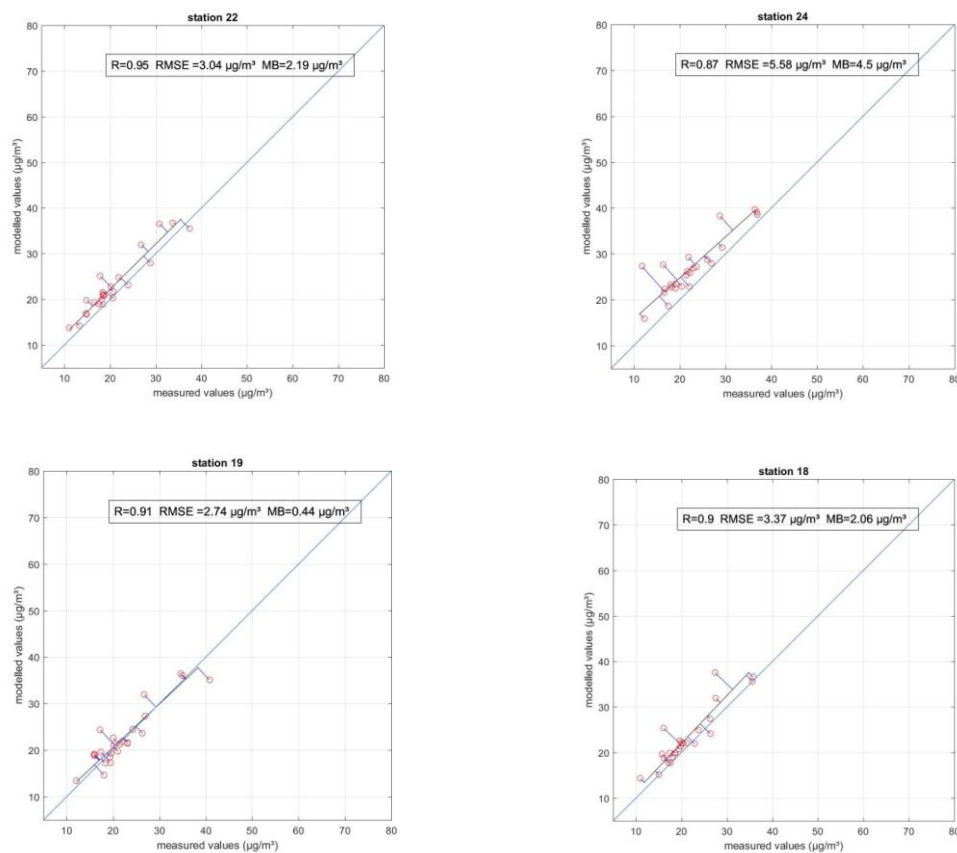
**Figuur 52 : temporele R, RMSE en MB RIO-IFDM NO<sub>2</sub>PS Campagne namen (inclusief de hoogtemetingen)**



**Figuur 53: temporele validatie voor de metingen in de stationsbuurt Namen**



Figuur 54: temporele validatie voor de metingen in de streetcanyon Namen



Figuur 55: temporele validatie voor de stedelijke achtergrond metingen Namen

### 3.3.3 Conclusie validatie meetcampagne Namen

Uit de resultaten van de validatie van de meetcampagne in Namen blijkt dat het RIO-IFDM model onderschat in street canyons en in de buurt van het station, waar een complexe verkeerssituatie heerst. Voor stedelijke achtergrondgebieden lijkt het model beter te presteren. Deze modelresultaten zijn onderworpen aan een aantal bijkomende onzekerheden.

Er dienen een aantal kanttekeningen gemaakt te worden :

De modelresultaten werden niet exact voor de meetplaatsen berekend (zie Figuur 50) waardoor er afwijkingen kunnen zijn.

De RIO-IFDM modellering maakt gebruik van slechts enkele wegen (zie Figuur 51). Het RIO-IFDM model kan enkel de emissies van wegen modelleren indien deze zijn opgenomen in de inputdata. Een groot aantal wegen in en rond deze meetcampagne blijken niet opgenomen te zijn in het model.

In Wallonië is de spreiding van de mobiliteitsdata afkomstig van de FOD Mobiliteit die dateren uit 2005. Er kan bijgevolg een toenemende onzekerheid op deze emissies optreden met een grotere onzekerheid op de modelresultaten tot gevolg.

Uit deze oefening kan besloten worden dat de **performantie van het model sterk afhankelijk is van het niveau van de inputdata (emissies en locatie wegen)**. Verder is het ook **opportuun om het modelresultaat te gaan berekenen op de exacte meetlocaties bijkomende introductie van onzekerheid te vermijden**.

## 4 Validatie op basis van onafhankelijke telemetrische stations

### 4.1 Telemetrische meetdata 2014

Zoals reeds aangegeven zijn onafhankelijke meetstations stations die niet in het model vervat zitten. In annex I worden de meetstations aangegeven die in de gebruikte RIOv3.7 vervat zitten. De onafhankelijke telemetrische meetstations, die uurlijkse gegevens aanleveren, en die gebruikt zijn voor de validatie van de RIO-IFDM modelresultaten 2014 worden hieronder opgelijst. De locaties van de meetstations zijn terug te vinden op Figuur 4.

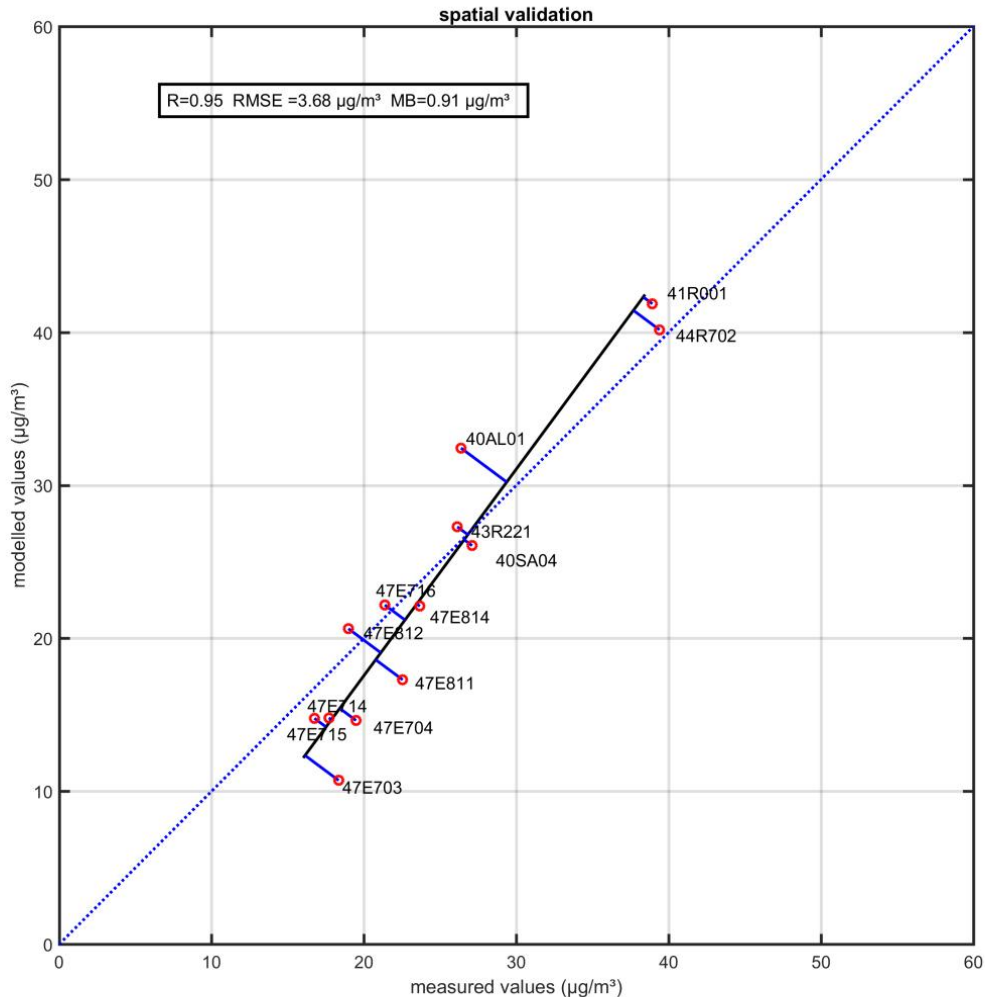
2014	Type station
40AL01	stedelijke achtergrond
40SA04	industrie
43R221	stedelijk
41R001*	stedelijk
44R702	verkeer
47E703	industrie
47E704	Industrie
47E714	industrie
47E715	industrie
47E716	industrie
47E811	industrie
47E812	industrie
47E814	industrie

Tabel 3: Onafhankelijke telemetrische NO<sub>2</sub> stations tov RIO versie 3.7 voor het jaar 2014

\* Dit station zit vervat in de RIO achtergrond van de RIO-IFDM modelresultaten voor 2014. Voor de betreffende RIO-gridcel waar dit station in ligt is het verschil tussen de RIOv3.7 jaargemiddelde concentratie met het station inbegrepen en de RIOv3.7 jaargemiddelde concentratie van een 'leaving-one-out' van dit station (d.w.z. dat de meting of het station niet opgenomen of gebruikt wordt in RIOv3.7) 0.2 µg/m<sup>3</sup>. Gezien dit klein concentratieverschil kan er verondersteld worden dat dit eveneens een onafhankelijke validatie betreft en kan het worden gebruikt om RIO-IFDM te valideren.

Er dient opgemerkt te worden dat het station 44R702 geassocieerd is als een verkeersstation. De locatie van dit station (zie verder) is eerder te beschouwen als een 'open street' locatie eerder dan met een 'street canyon'.

#### 4.1.1 Ruimtelijke validatie 2014



**Figuur 56: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (onafhankelijke telemetrische stations 2014)**

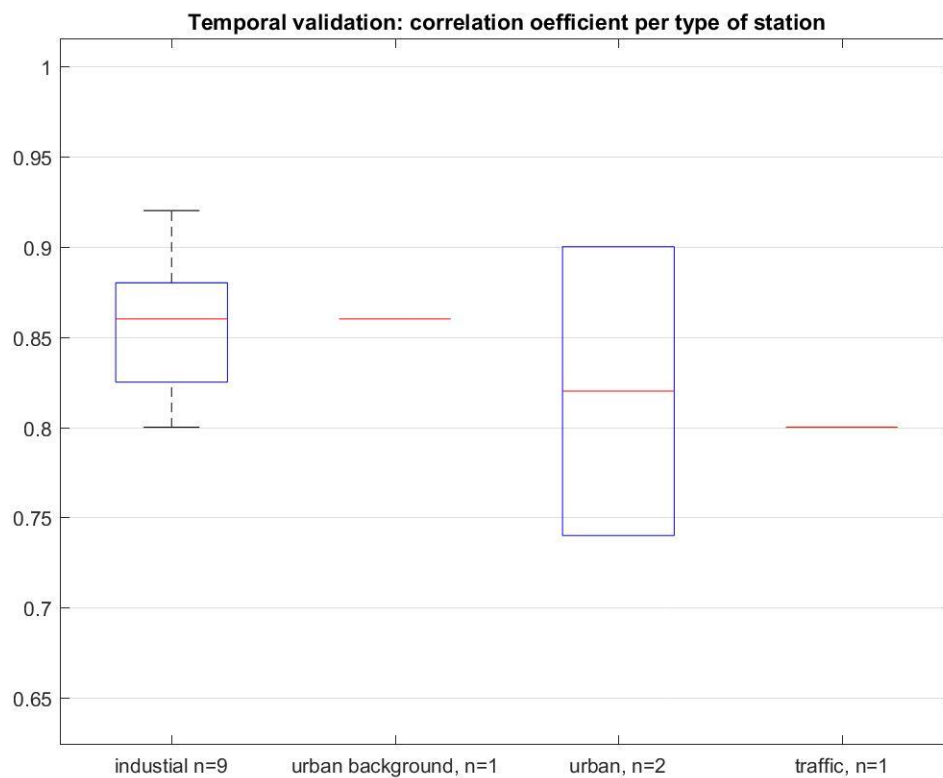
De ruimtelijk validatie wordt gekenmerkt door een R van 0.95, een RMSE van 3.68 µg/m<sup>3</sup> en een MB van 0.91 µg/m<sup>3</sup>. Dit zijn erg performante validatiestatistieken.

Opvallend is dat de gemeten NO<sub>2</sub>-concentraties in 2014 voor het meetstation 44R702 (verkeer) en 43R221 (stedelijk) nagenoeg overeenkomt met de jaarlijks gemodelleerde RIO-IFDM concentratie voor 2014. Ook voor een aantal industriële stations (47E716, 47E812) kan dit vastgesteld worden.

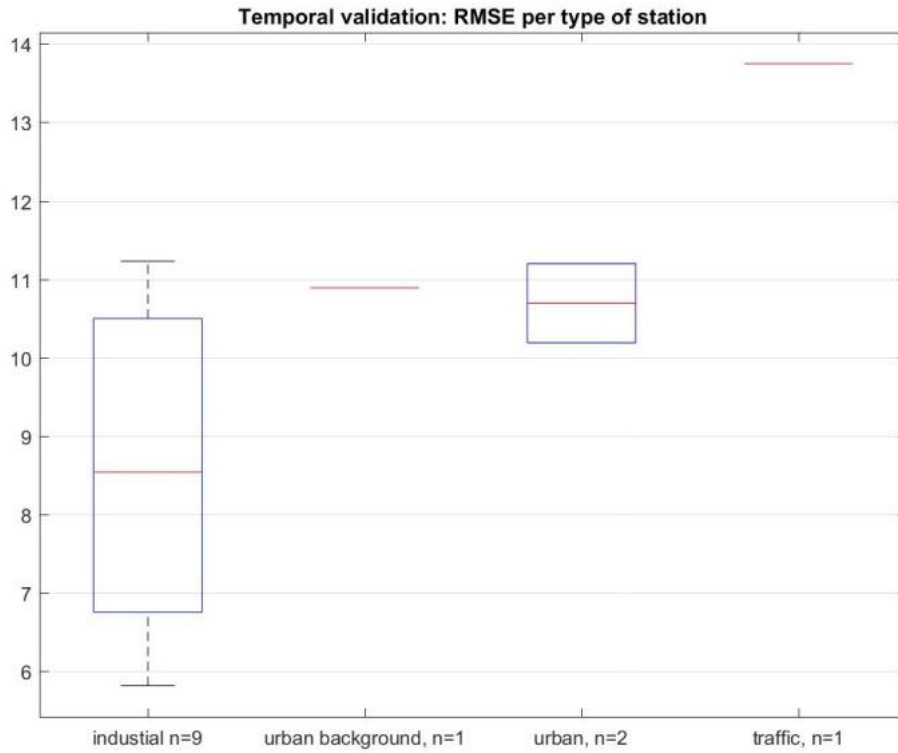
#### 4.1.2 Temporele validatie 2014

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de spreiding van de verschillende temporele validatiestatistieken a.d.h.v. een boxplot van de telemetrische stations (zonder het station 41R001).

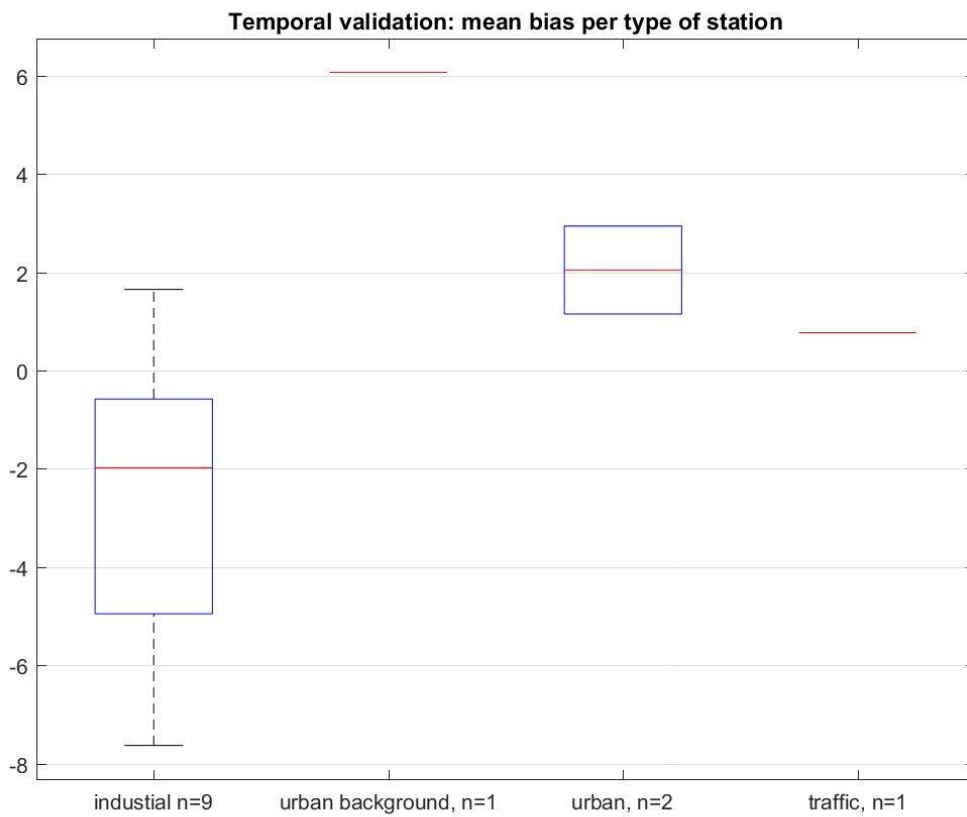
Verder in dit hoofdstuk wordt er in detail ingegaan op de temporele validatie van een aantal stations van verschillende types: industrieel, stedelijk en verkeer (resp. 40SA01, 43R221, 44R702).



Figuur 57: temporele R RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (n=het aantal telemetrische stations)



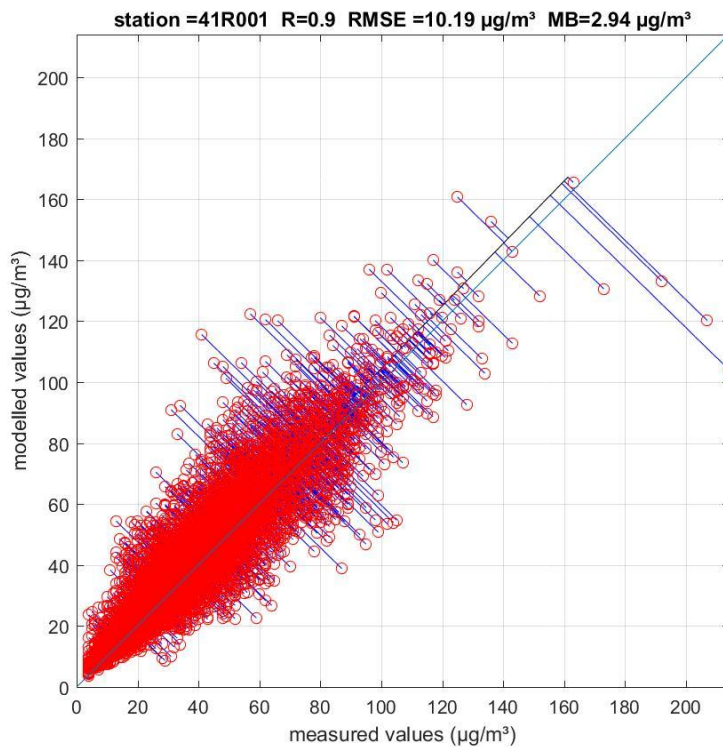
Figuur 58: temporele RMSE RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (n=het aantal telemetrische stations)



Figuur 59: temporele MB RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (n=het aantal telemetrische stations)

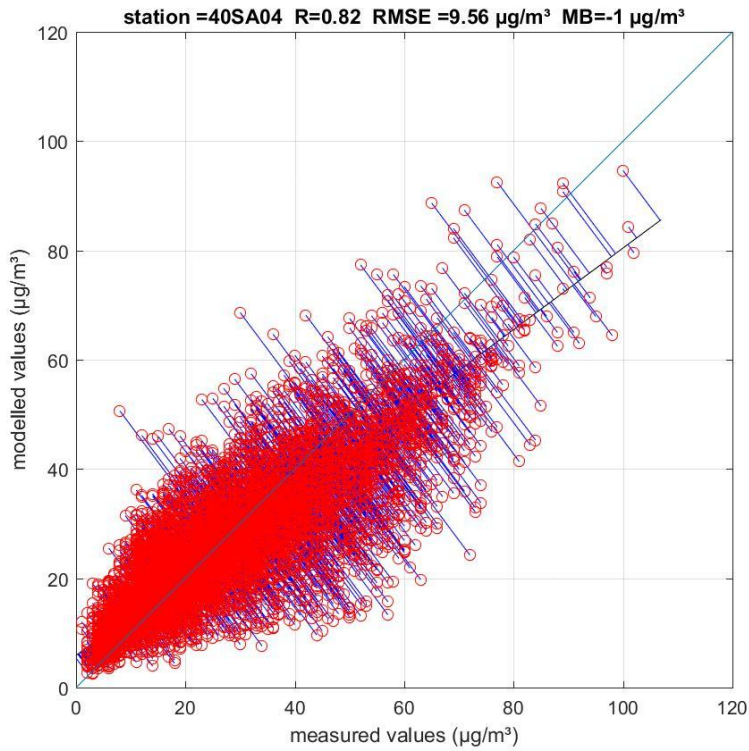
De temporele correlatiecoëfficiënt is voor alle beschouwde telemetrische meetstations boven 0.8. De RMSE is het hoogste voor het verkeersstation. De mean bias, die kan geïnterpreteerd worden als een algemene overschatting, is het hoogste voor wat betreft het stedelijke achtergrond station en een aantal industriële meetstations.

Figuur 60 is de temporele validatie van het stedelijk station in Sint-Jans-Molenbeek te zien. Een algemene overschatting van  $2.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en een hoge correlatiecoëfficiënt van 0.9 worden vastgesteld. Uit figuur 58 blijkt dat de hoogste gemeten uurwaarden ( $140\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) door het RIO-IFDM model onderschat worden. Dit is ook zo voor het station 44R702 (verkeer) (zie Figuur 63). Uit de temporele validatie van het industriële station 40SA04 en het stedelijk station 43R221 kan afgeleid worden dat het model goed presteert voor wat betreft de correlatie en de mean bias. De RMSE is echter eerder hoog voor alle stations (ongeveer tussen  $6$  en  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

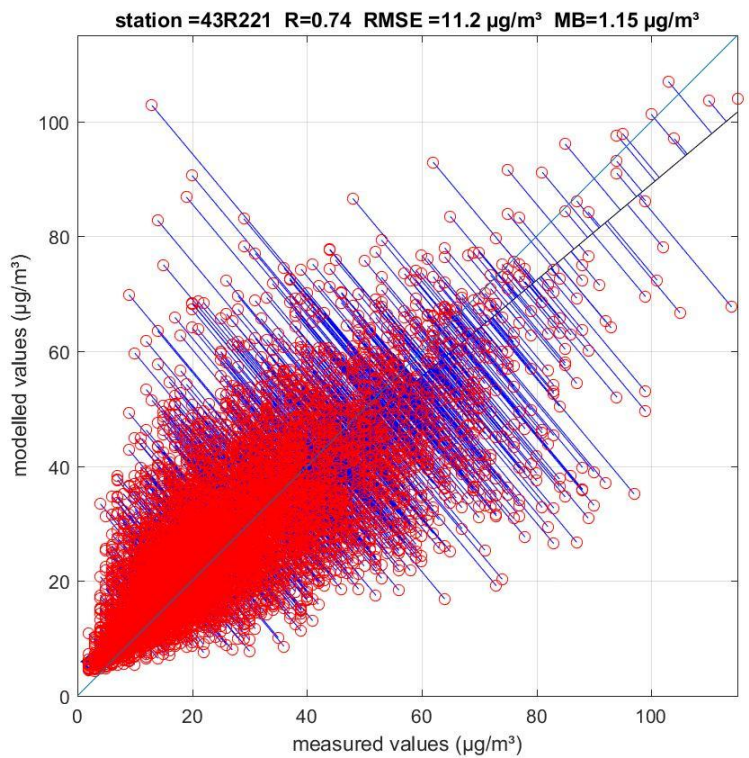


Figuur 60: validatie RIO-IFDM  $\text{NO}_2$  Sint-Jans-Molenbeek, Brussel (stedelijk)

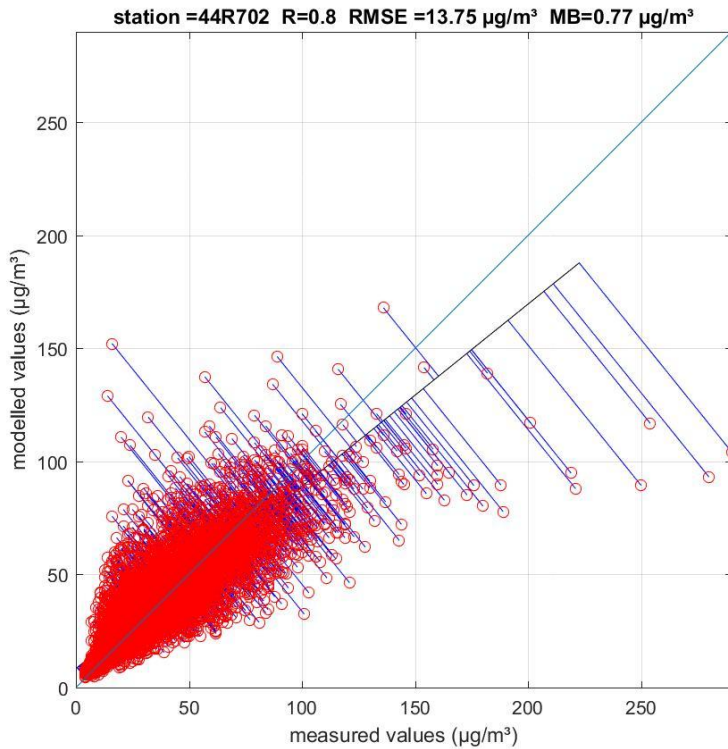




Figuur 61: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> 40SA04 (industrie)



Figuur 62: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> 43R221 (stedelijk)



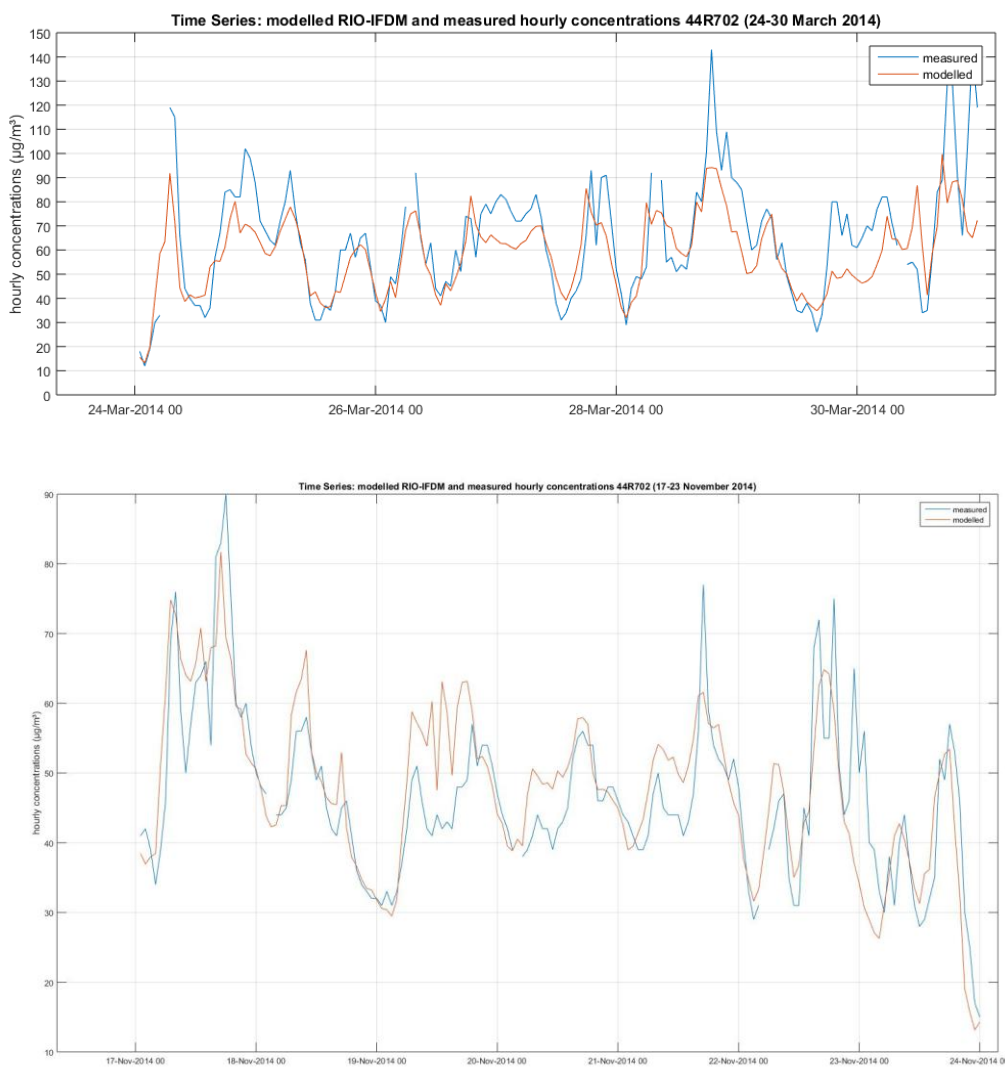
**Figuur 63: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> 44R702 (verkeer)**

Zoals reeds gemeld in het begin van de studie is het RIO-IFDM model representatief voor ‘open straat’ locaties. Op Figuur 64 is de locatie van het verkeersstation (44R702) weergegeven. De locatie van dit station vertoont veel gelijkenis met een ‘open straat’ locatie. De bebouwing in de straat is immers ver genoeg verwijderd van de meetplaats waardoor er voldoende natuurlijke ventilatie is. De gemodelleerde RIO-IFDM NO<sub>2</sub> jaargemiddelde concentratie bedraagt hier 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en de gemeten NO<sub>2</sub> jaargemiddelde concentratie bedraagt 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In de tijdsreeks (Figuur 65) valt op dat de pieken gemodelleerd worden maar dat zij gepaard gaan met over- of onderschattingen van de NO<sub>2</sub> concentraties.





Figuur 64: afbeelding van de locatie van het telemetrisch meetstation 44R702 (verkeer)



Figuur 65: Tijdsreeks: gemeten en RIO-IFDM modelwaarden NO<sub>2</sub> 44R702 (verkeersstation) van 24 tot 30 maart 2014 (boven) en van 17 tot 24 november (onder).

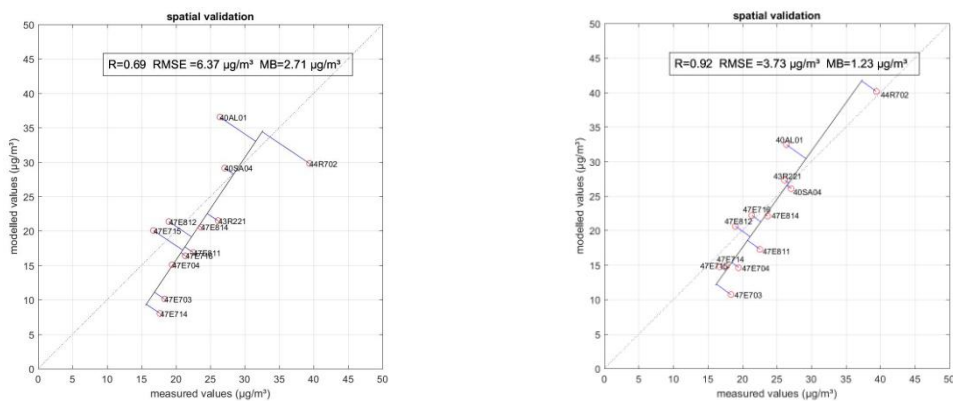
#### 4.1.3 Conclusie validatie telemetrische meetstations

Uit de validatie met de **onafhankelijke telemetrische meetstations** blijkt dat de RIO-IFDM modelresultaten voor NO<sub>2</sub> jaargemiddelden **erg performant zijn** ( $R=0.95$ ,  $RMSE = 3.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $MB=0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Het verkeersstation (42R702) lijkt een representatieve locatie (een 'open street' locatie) voor het RIO-IFDM model te zijn. Hier bedraagt de gemodelleerde jaarlijkse NO<sub>2</sub> concentratie  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en de gemeten jaarlijkse NO<sub>2</sub> concentratie  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

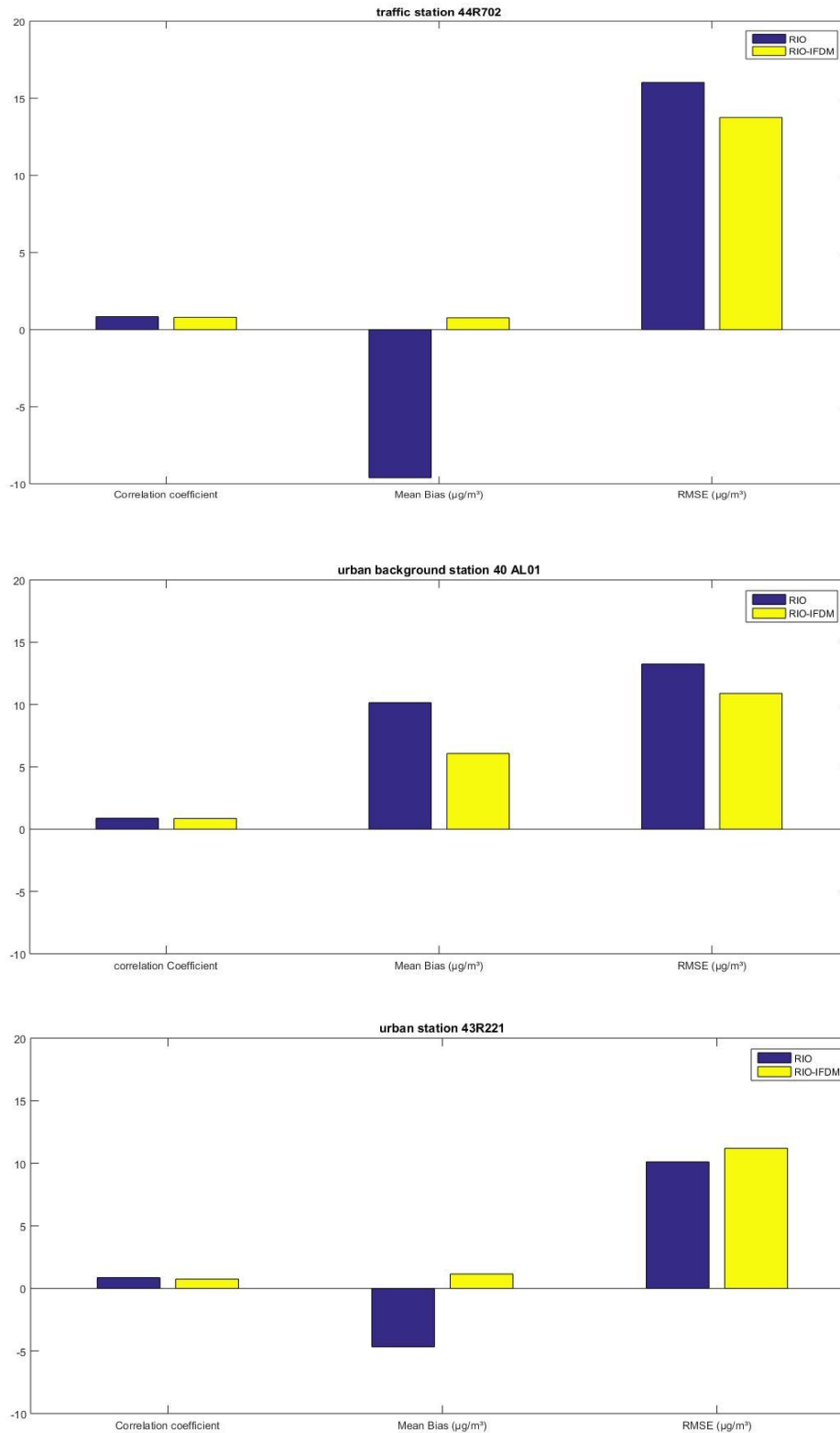
**Voor wat betreft de temporele validatie is de RMSE iets hoger en worden de pieken gemodelleerd maar gaan zij gepaard met over- of onderschattingen van de uurlijkse concentraties.**

#### 4.1.4 Vergelijking RIO en RIO-IFDM 2014

Op Figuur 66 is links de ruimtelijke validatie van de RIO-resultaten te zien en rechts deze van het RIO-IFDM model voor de validatiecampagne met de telemetrische stations in 2014. Zowel de correlatiecoëfficiënt R, de RMSE als de MB presteren aanzienlijk beter voor het RIO-IFDM model. In Figuur 67 zien we dat voor de temporele validatie van het RIO-IFDM model er vooral een verbetering is voor de Mean Bias en de RMSE. Voor het beschouwde verkeersstation valt een erg opvallende verbetering op van de algemene onderschatting in het RIO-model. Een volledig overzicht van de temporele validatie van alle stations a.d.h.v. boxplots is in annex VI te vinden. Concluderend kan gesteld worden dat op basis van alle validatiestatistieken voor de telemetrische stations van 2014 het **RIO-IFDM model performanter is dan RIO**.



Figuur 66: vergelijking ruimtelijke validatie RIO (links) en RIO-IFDM (rechts) (onafhankelijke telemetrische stations 2014)



Figuur 67 : vergelijking temporele validatie RIO en RIO-IFDM (verkeers, stedelijke achtergrond en stedelijk station)



## 4.2 Validatie telemetrische meetdata mobiele campagne Namen, La Louvière en Bergen

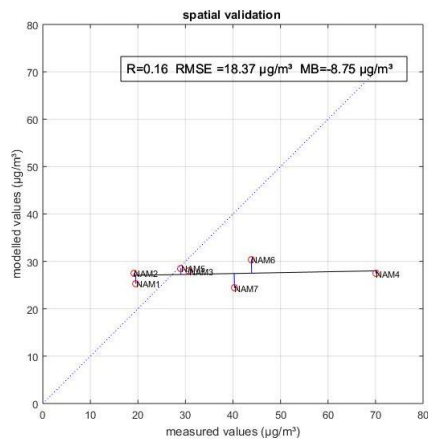
De mobiele meetcampagnes in Namen, La Louvière en Bergen werden uitgevoerd door het ISSeP en betreffen telkens twee meetperiodes van ongeveer 3 maanden<sup>11</sup>. Op Figuur 68 kan men vaststellen dat de RIO-IFDM resultaten voor beide periodes in Namen en voor de eerste periode in La Louvière niet zo performant zijn voor wat betreft de ruimtelijke statistieken. Voor de tweede campagne in La Louvière en voor de beide campagnes in Bergen presteert het RIO-IFDM model naar behoren. De boxplots in Figuur 69 geven een overzicht van de temporele validatiestatistieken per campagne. Algemeen is de mediaan van de temporele correlatiecoëfficiënt behoorlijk, uitgezonderd voor de tweede meetcampagne in Bergen. De mediaan van de algemene overschatting of onderschatting van de modelwaarden van RIO-IFDM ten opzichte van de gemeten waarden schommelt tussen de  $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en de  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor wat betreft de RMSE per meetstation zien we dat de mediaan van de meetstations per campagne aanzienlijk is (rond de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

---

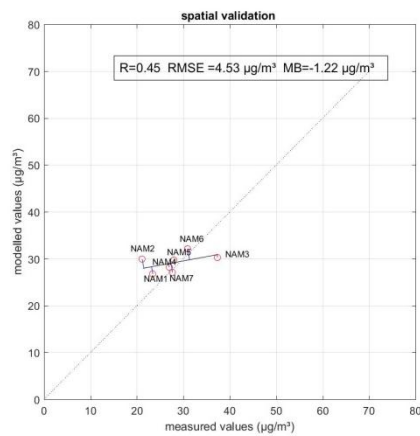
<sup>11</sup> Meer informatie over deze meetcampagnes kan gevonden worden op <http://airquality.issep.be/WebAirQuality/RapportReseauMob.aspx>



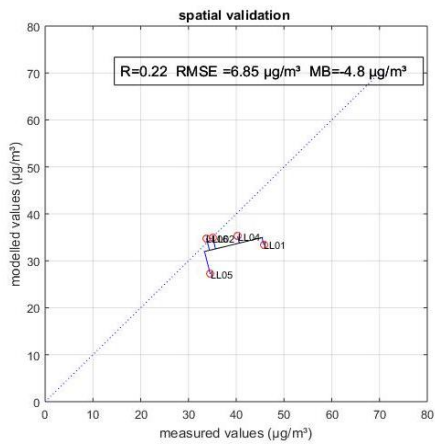
## 4.2.1 Spatiale validatie



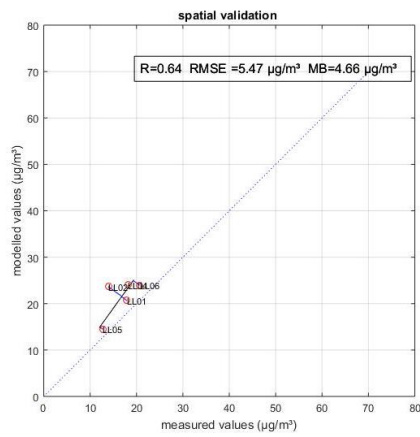
Namen : 17/02/2010 tot 24/05/2010



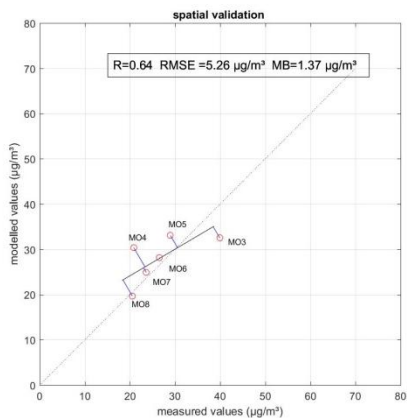
Namen : 15/09/2010 tot 15/12/2010



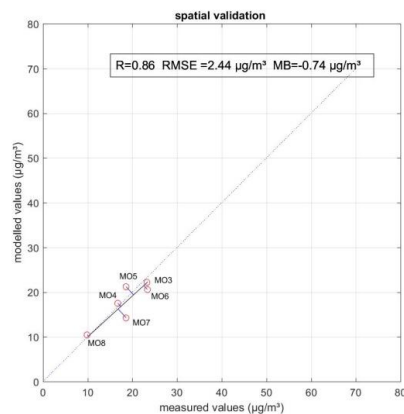
La Louvière : 18/01/2011 tot 30/03/2011



La Louvière : 06/08/2011 tot 02/11/2011



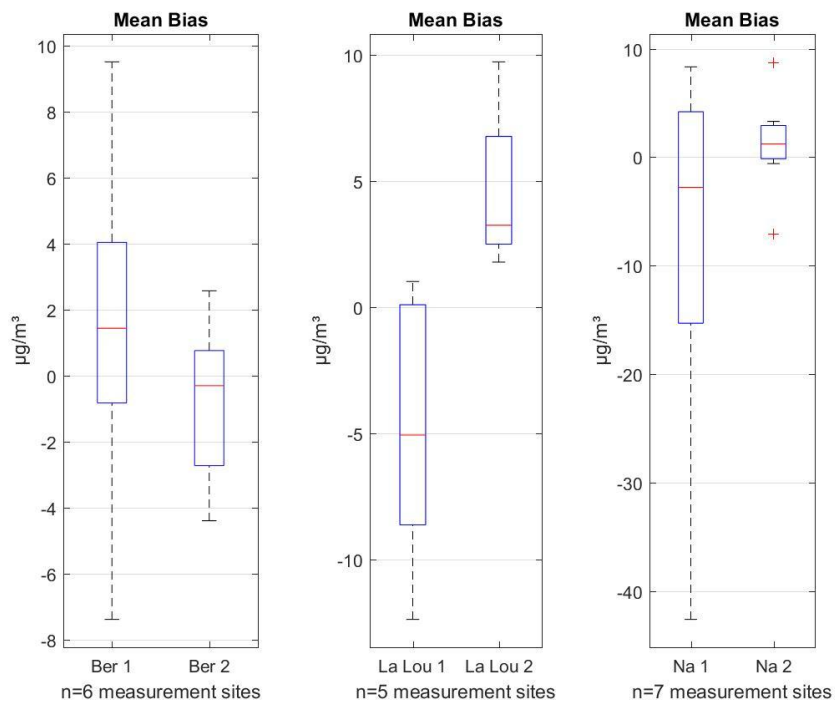
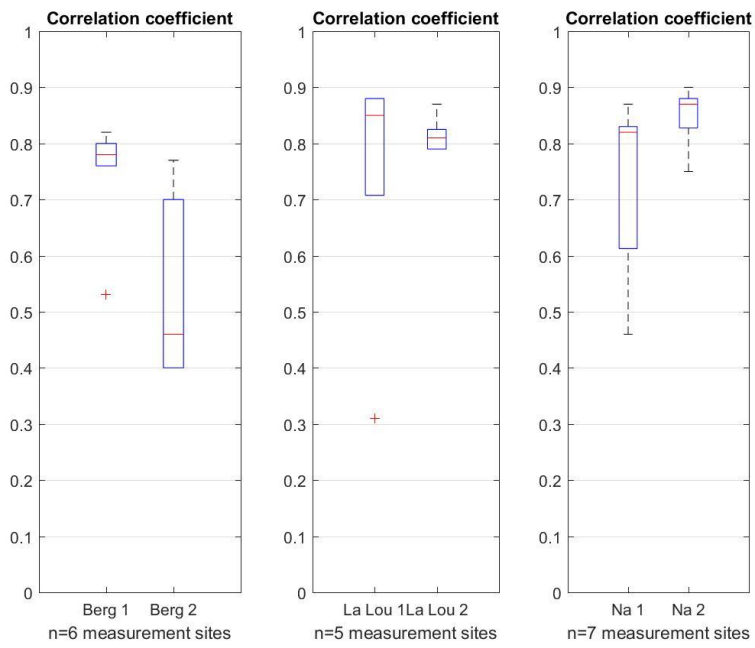
Bergen : 05/11/2009 tot 03/02/2010

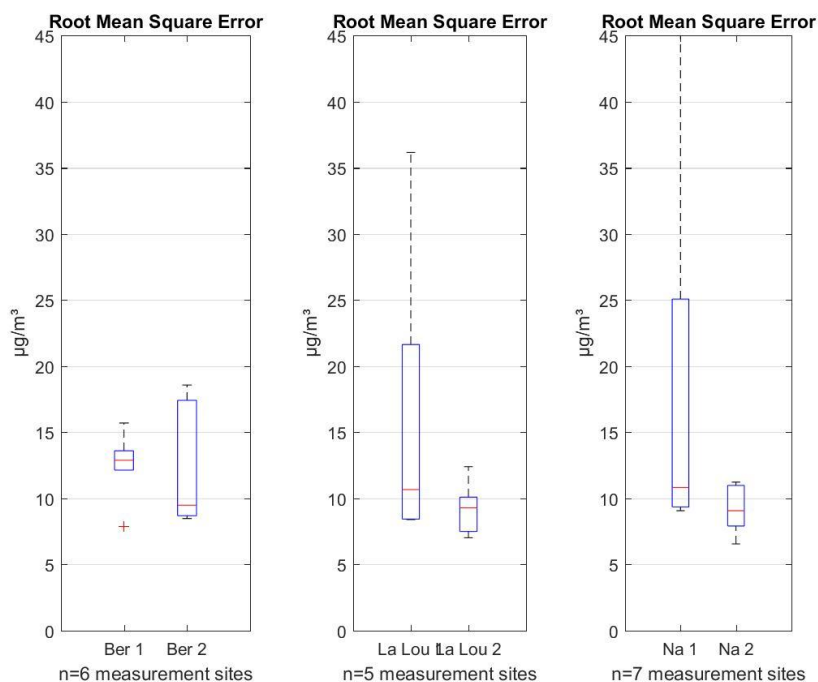


Bergen : 04/06/2010 tot 31/08/2011

Figuur 68: ruimtelijke validatie RIO-IFDM mobiele meetstations Namen, La Louvière en Bergen

## 4.2.2 Temporele validatie





Figuur 69: boxplots van de temporele R, Mean Bias en RMSE van de metingen in Bergen, La Louvière en Namen

#### 4.2.3 Conclusie mobiele meetstations Namen, La Louvière en Bergen.

De RIO-IFDM modelresultaten zijn het **performantst** voor de **twee meetcampagnes in Bergen**. Voor wat betreft de **wintercampagne in La Louvière** is er een algemene overschatting van ongeveer  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De RIO-IFDM modelresultaten voor de **meetcampagnes in Namen zijn niet performant**.

Deze meetcampagnes betreffen eerder kortere periodes (3 maanden) wat een invloed kan hebben op de validatiestatistieken. Aangezien reeds uit voorgaande analyse blijkt dat de **performantie van het RIO-IFDM model afhankelijk is van het niveau van de inputdata** (emissies en locaties wegen) dient **verder onderzocht** te worden wat de **juiste stedelijke context** van de **meetplaatsen** betreft en **welke inputdata** meegenomen zijn in het model.

## 5 Validatie van een gradiëntmeting.

In het kader van het Europees LIFE+ project Atmosys is er een gradiëntmeting uitgevoerd langsheen de E40 snelweg in Affligem door de VMM<sup>12</sup>. De NO<sub>2</sub> concentraties werden wekelijks opgemeten aan de hand van passieve samplers (type IVL). De meetcampagne liep gedurende 36 weken, van 20 april 2012 tot 21 december 2012. Onderstaande validatie van de RIO-IFDM modelresultaten betreft de metingen op het meetpunt AF07, 14 meter windopwaarts van de snelweg ende overige meetpunten (AF02 AF03 AF04 AF05 AF06) windafwaarts van de snelweg op respectievelijk 6m, 28m, 55m, 96m en 146m(zie Figuur 70). Voor wat betreft de meteo is deze meting ideaal gesitueerd aangezien de overheersende windrichting in het algemeen ZW is.

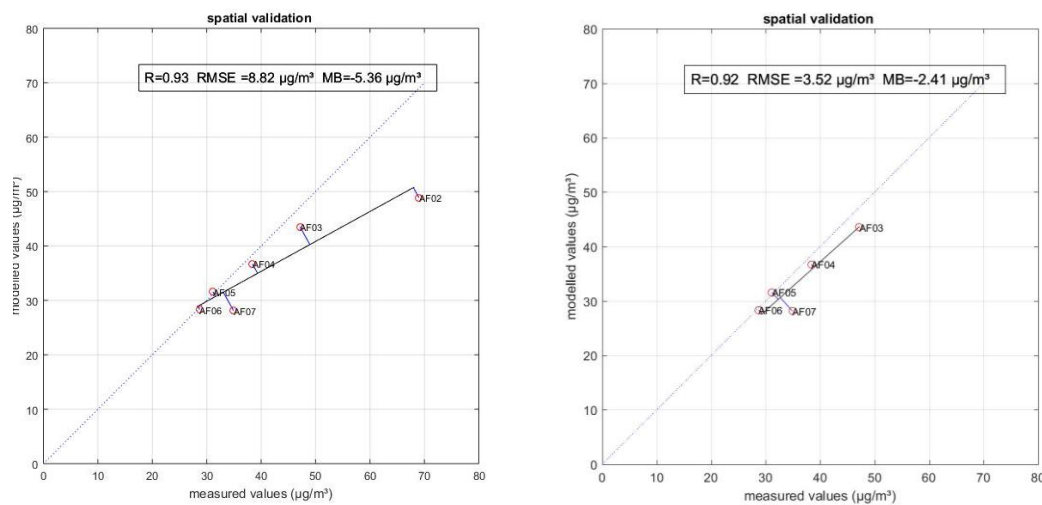


Figuur 70: overzicht van de meetpunten van de Atmosys snelwegcampagne en hun afstand tot de snelweg

<sup>12</sup> Meer informatie over deze meetcampagnes kan gevonden worden op <http://www.atmosys.eu/faces/expertise-city-and-highway.jsp>

## 5.1 Ruimtelijke validatie

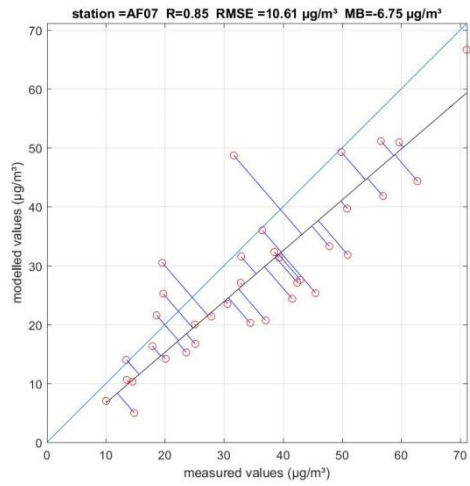
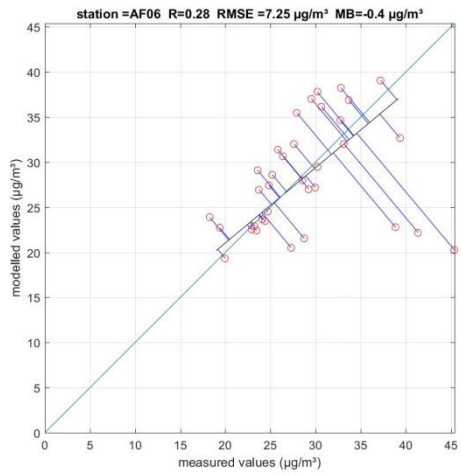
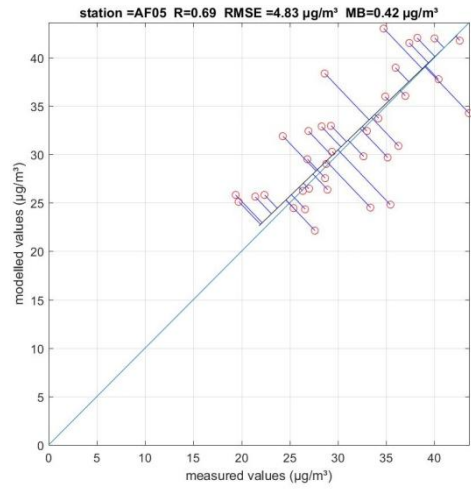
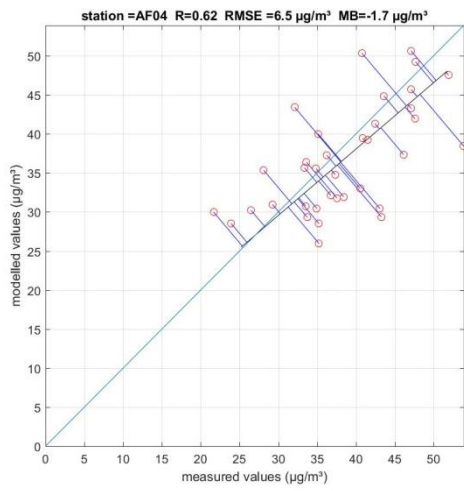
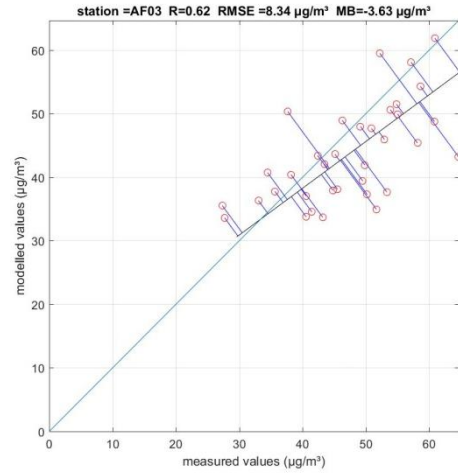
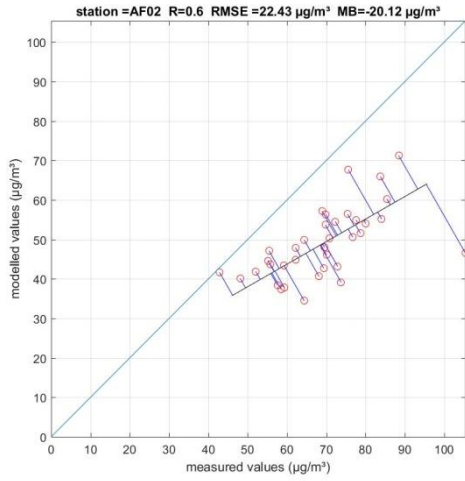
Voor wat betreft de ruimtelijke validatie van deze gradiëntmetingen worden de concentraties uitgemiddeld over 36 weken. Een algemene onderschatting van  $5.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kan vastgesteld worden. Op Figuur 71 valt op dat de RIO-IFDM modelwaarden van het meetpunt windopwaarts (AF07) samen met de iets verder gelegen meetpunten op 28 m, 55m, 96m en 146 m vrij goed overeenkomen met de metingen. De modelresultaten van het meetpunt gelegen op 6m van de snelweg zijn fors onderschat. Het feit dat de eerste receptorpunten van het IFDM-model naast de snelweg zich op een afstand van 15m bevinden (zie Figuur 70) kan een reden zijn voor deze onderschatting. De ruimtelijke validatie zonder deze meting is goed met een algemene onderschatting van  $2,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en een hoge correlatiecoëfficiënt van 0.92. Verder valt ook op dat de modelresultaten van RIO-IFDM van het meetpunt windopwaarts de grootste onderschatting vertoont.



Figuur 71: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> snelwegcampagne Atmosys alle meetpunten (links) en ruimtelijke validatie exclusief het meetpunt op 6m van de snelweg.

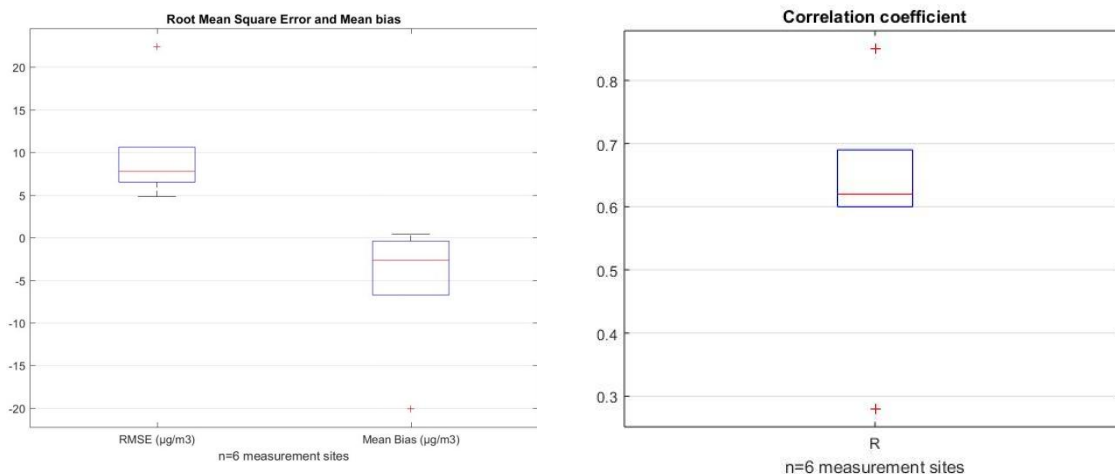
## 5.2 Temporele validatie

De temporele validatie betreft de validatie van de weekgemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties. Voor de meetplaatsen AF03, AF04, AF05, AF06 en AF07 zijn deze performant. Op de boxplots in Figuur 73 kan men vaststellen dat de mediaan van de correlatiecoëfficiënt iets meer dan 0.6. De RMSE bevindt zich tussen de 5 en 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en de mediaan van de algemene onderschatting bevindt zich rond  $-2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Figuur

72: validatie RIO-IFDM NO<sub>2</sub> (snelwegcampagne Atmosys)



Figuur 73: temporele validatie RIO-IFDM snelwegcampagne Atmosys

### 5.3 Conclusie snelwegcampagne

Uit de ruimtelijke validatie met metingen naast de E40 in Affligem blijkt dat **de RIO-IFDM modelresultaten performant zijn en de NO<sub>2</sub> concentratiegradiënt naast een autosnelweg kunnen vatten**. Dit betreft NO<sub>2</sub>-concentraties uitgemiddeld over 36 weken. Het RIO-IFDM model kan de concentraties op 6 m naast een autosnelweg niet weergeven gezien de afstand tussen de wegen en de eerste receptorpunten 15 m is. Voor wat betreft de weekgemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in de meetpunten naast de autosnelweg is de RMSE nog aanzienlijk hoog (tussen 5 en 10 µg/m<sup>3</sup>).



## 6 Toekomstige Europese modelperformantie standaarden

Op Europees niveau is er een beweging aan de gang om kwaliteitscriteria op te stellen voor modelresultaten. Hier wordt enerzijds aan gewerkt in het kader van Fairmode (Europees Forum voor luchtkwaliteitsmodellering). Er is een 'Guidance document on Modelling Quality Objectives and Benchmarking' opgesteld<sup>13</sup>. Anderzijds is er een Europese CEN werkgroep TC264/WG43 werkgroep opgericht om de kwaliteitsvereisten (model quality objectives (MQO)) van luchtkwaliteitsmodellen vast te leggen. In eerste instantie ligt de nadruk op de modellen die gebruikt worden voor de beoordeling van de luchtkwaliteit in het kader van de richtlijn 2008/50/EC. Het werk van Fairmode en van deze CEN werkgroep spoort samen. Er zijn reeds verschillende tools aanwezig om de modelresultaten te testen aan de MQO (o.a. de deltatool ontwikkeld door het Joint Research Centre, Atmosys-deltatool<sup>14</sup>).

In het kader van deze studie is het relevant om de RIO-IFDM modelresultaten te testen aan deze MQO. Aangezien de MQO opgesteld zijn om de kwaliteit voor modelresultaten te testen rond de grenswaarden zoals gedefinieerd in de luchtkwaliteitsrichtlijn, dienen we te beschikken over RIO-IFDM modelresultaten uurwaarden NO<sub>2</sub> en jaarlijkse concentraties NO<sub>2</sub>. Het is aangewezen de RIO-IFDM modelresultaten te gebruiken voor 2014 en de meetdata van de telemetrische stations (zie hoofdstuk 5).

Onderstaande Figuur 74 toont de targetplot voor de uurlijkse NO<sub>2</sub>-waarden. Een targetplot houdt rekening met modelonzekerheid en meetonzekerheid en geeft op een samenvattende manier een aantal validatiestatistieken (bias, RMSE) per station weer. De cirkel T=1 bepaalt de criteria waarin de validatiestatistieken zich moeten bevinden om aan de MQO te voldoen. Hoe meer de punten op de grafiek naar het midden liggen, hoe beter ze scoren voor wat betreft de modelkwaliteitsvereisten. Op Figuur 74 zijn links de RIO resultaten gebruikt en rechts de uurlijkse RIO-IFDM modelresultaten. Er wordt vastgesteld dat de modelresultaten van RIO-IFDM beter presteren, zij liggen dicht bij het middelpunt van de grafiek. Beide voldoen zij aan de kwaliteitsvereisten voor uurlijkse NO<sub>2</sub> modelresultaten.

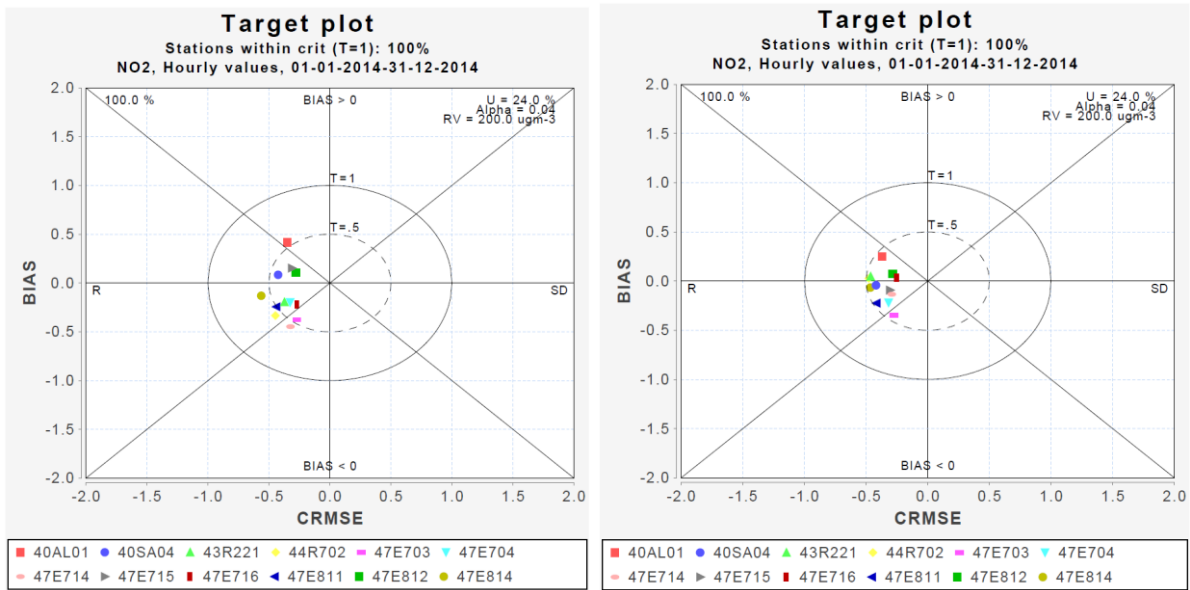
De kwaliteitsvereisten voor de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties worden aangegeven op een scatterplot. Op Figuur 75 is zo een plot (JRC deltatool) afgebeeld. De groene zone houdt rekening met meet- en modelonzekerheden en bakent de kwaliteitscriteria af voor jaarlijkse NO<sub>2</sub> modelresultaten. De modelresultaten van het RIO-IFDM model voor NO<sub>2</sub> jaargemiddelde concentraties vallen alle binnen deze zone.

De **modelresultaten van RIO-IFDM** van 2014 vallen **binnen de Europese kwaliteitscriteria** voor modelresultaten.

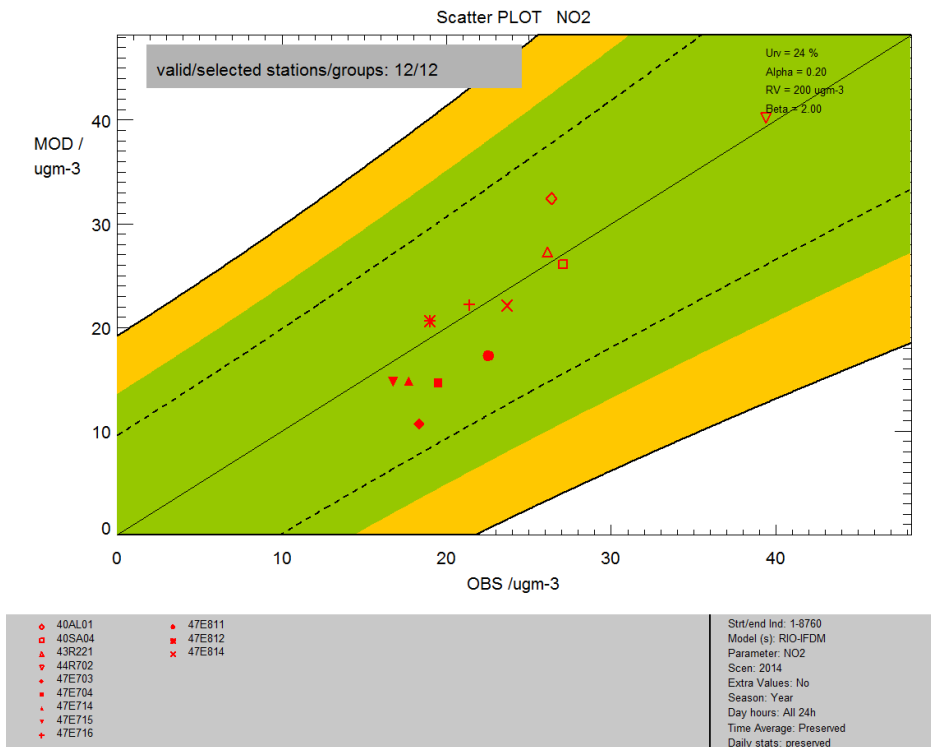
---

<sup>13</sup> Meer informatie: <http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>

<sup>14</sup> <http://www.atmosys.eu/faces/services-model-evaluation.jsp>



Figuur 74: Targetplot NO<sub>2</sub> uurwaarden RIO (links) en RIO-IFDM (rechts) telemetrische stations 2014 (Atmosys-tool)



Figuur 75: MQO voor NO<sub>2</sub> jaargemiddelde concentraties RIO-IFDM telemetrische stations 2014

## 7 Besluit

Op basis van de resultaten van deze studie is het belangrijk om, voor wat betreft de RIO-IFDM modelresultaten, volgende beschouwingen in het achterhoofd te houden:

- Modelresultaten gaan steeds gepaard met onzekerheden. Deze onzekerheid wordt beïnvloedt door de onzekerheid op de inputdata. De verkeersinputdata is niet coherent afgeleid voor België en is anders in Vlaanderen dan in Wallonië en Brussel.
- Het RIO-IFDM model is ontworpen om 'open street' locaties te kunnen simuleren. Er moet steeds gekeken worden naar het type van de locatie als men de performantie gaat beoordelen.

Bovenstaande opmerkingen in acht genomen is het opportuun om per meetcampagne de besluitvorming op te maken.

RIO-IFDM modelresultaten België (IRCEL Passieve Sampler meetcampagne):

De statistieken in overweging nemende kan gesteld worden dat het RIO-IFDM model goed presteert (zie verder ook hoofdstuk vergelijking RIO en RIO-IFDM). Het model presteert beter dan de RIO interpolatietool met een ruimtelijke resolutie van 4x4km<sup>2</sup>. **Gemiddeld genomen**, over de 25 meetplaatsen en over de beschouwde meetperiode (19 december 2013 tot 11 juni 2014) worden de **NO<sub>2</sub> concentraties met 8 µg/m<sup>3</sup> onderschat**.

De **RIO-IFDM modelresultaten zijn erg performant voor de zogenaamde 'open street' locaties hoofdzakelijk langs secundaire wegen (N-wegen)**. De drie overschattingen door het model betreffen locaties in stedelijk gebied (Brussel, Luik en Charleroi) waarvan twee naast een waterweg (Samber en Maas). Voor wat betreft de **performantie van het RIO-IFDM model naast autosnelwegen** kan er vastgesteld worden (op basis van vijf meetplaatsen) dat RIO-IFDM de NO<sub>2</sub> concentraties onderschat. De **onderschatting varieert tussen -6 µg/m<sup>3</sup> en -11 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>** over de beschouwde meetperiode. Op basis van drie metingen en de gradiëntmeting lijkt RIO-IFDM de NO<sub>2</sub> concentraties **sterk te onderschatten** (gemiddeld tussen de -18 en -25 µg/m<sup>3</sup>) op meetplaatsen die gekenmerkt zijn door **complexere verkeerssituaties zoals bijvoorbeeld aan op- en afrittencomplexen** en meetplaatsen met verkeerslichten. Het model presteert in het algemeen beter voor wat betreft de meetplaatsen in Wallonië.

RIO-IFDM modelresultaten steden Vlaanderen (Atmosys passieve sampler meetcampagne):

Uit de resultaten van de VMM stedencampagne die liep van 29 juni 2011 tot 11 juli 2012 kan afgeleid worden dat de **RIO-IFDM modelresultaten erg performant zijn voor stedelijke invalswegen en stedelijke achtergrond meetplaatsen**. De **RIO-IFDM modelresultaten voor street canyons** worden op een jaargemiddelde NO<sub>2</sub> - concentratie **gemiddeld met 15 µg/m<sup>3</sup> onderschat**.

RIO-IFDM modelresultaten Wallonië (Passieve sampler meetcampagne Namen):

Uit de resultaten van de validatie van de meetcampagne in Namen blijkt dat het RIO-IFDM model onderschat in street canyons en in de buurt van het station, waar een complexe verkeerssituatie

heerst. Voor stedelijke achtergrondgebieden lijkt het model beter te presteren. Deze modelresultaten zijn onderworpen aan een aantal bijkomende onzekerheden.

Er dienen een aantal kanttekeningen gemaakt te worden :

Uit de validatie met de **onafhankelijke telemetrische meetstations** blijkt dat de RIO-IFDM modelresultaten voor NO<sub>2</sub> jaargemiddelden **erg performant zijn** (R=0.95, RMSE = 3.68 µg/m<sup>3</sup>, MB=0.91 µg/m<sup>3</sup>). Het verkeersstation (42R702) lijkt een representatieve locatie (een 'open street' locatie) voor het RIO-IFDM model te zijn. Hier bedraagt de gemodelleerde jaarlijkse NO<sub>2</sub> concentratie 40 µg/m<sup>3</sup> en de gemeten jaarlijkse NO<sub>2</sub> concentratie 39 µg/m<sup>3</sup>.

**Voor wat betreft de temporele validatie is de RMSE iets hoger en worden de pieken gemodelleerd maar gaan zij gepaard met over- of onderschattingen van de uurlijkse concentraties.**

RIO-IFDM modelresultaten voor België het jaar 2014 (telemetrische meetdata):

Uit de validatie met de **onafhankelijke telemetrische meetstations** blijkt dat de RIO-IFDM modelresultaten voor NO<sub>2</sub> jaargemiddelden **erg performant zijn** (R=0.95, RMSE = 3.68 µg/m<sup>3</sup>, MB=0.91 µg/m<sup>3</sup>). Het verkeersstation (42R702) lijkt een representatieve locatie (een 'open street' locatie) voor het RIO-IFDM model te zijn. Hier bedraagt de gemodelleerde jaarlijkse NO<sub>2</sub> concentratie 40 µg/m<sup>3</sup> en de gemeten jaarlijkse NO<sub>2</sub> concentratie 39 µg/m<sup>3</sup>.

**Voor wat betreft de temporele validatie is de RMSE iets hoger en worden de pieken gemodelleerd maar gaan zij gepaard met over- of onderschattingen van de uurlijkse concentraties.**

RIO-IFDM modelresultaten in steden in Wallonië (telemetrische meetdata):

De **RIO-IFDM modelresultaten zijn performant** voor de **twee meetcampagnes in Bergen**. Voor wat betreft de **wintercampagne in La Louvière** presteert het model redelijk met een algemene overschatting van ongeveer 5 µg/m<sup>3</sup>. De RIO-IFDM modelresultaten voor de **meetcampagnes in Namen zijn niet performant**.

Deze meetcampagnes betreffen eerder kortere periodes (3 maanden) wat een invloed kan hebben op de validatiestatistieken. Aangezien reeds uit voorgaande analyse blijkt dat de **performantie van het RIO-IFDM model afhankelijk is van het niveau van de inputdata** (emissies en locaties wegen) dient **verder onderzocht** te worden wat de **juiste stedelijke context** van de **meetplaatsen** betreft en **welke inputdata** meegenomen zijn in het model.

RIO-IFDM modelresultaten naast een autosnelweg (gradient):

Uit de ruimtelijke validatie met metingen naast de E40 in Affligem blijkt dat **de RIO-IFDM modelresultaten performant zijn en de NO<sub>2</sub> concentratiegradiënt naast een autosnelweg kunnen vatten**. Dit betreft NO<sub>2</sub>-concentraties uitgemiddeld over 36 weken. Het RIO-IFDM model kan de concentraties op 6 m naast een autosnelweg niet weergeven gezien de afstand tussen de wegen en de eerste receptorpunten 15 m is. Voor wat betreft de weekgemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in de meetpunten naast de autosnelweg is de RMSE nog aanzienlijk hoog (tussen 5 en 10 µg/m<sup>3</sup>).

De **modelresultaten van RIO-IFDM** van 2014 vallen **binnen de Europese kwaliteitscriteria** voor modelresultaten.

## 8 Referenties

Berghmans P., VITO. (2014). *NO2-meetcampagne d.m.v. passieve samplers (19 december 2013-11 juni 2014)*. VMM-IRCEL.

European Environment Agency. (2015). *Air Quality in Europe - 2015*.

Janssen S, Dumont G, Fierens F, Mensink C. (2008). *Janssen S, Dumont G, Fierens F, Mensink C. Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. Atmos Environ*2008;42:4884-903. *Atmos Environ*2008;42:4884-903.

Lefebvre W., VITO. (2013). *Validation of the IFDM-model for use in urban applications*.

Maiheu B., Veldeman N., Viaene P., De Ridder K., Lauwaet D., Smeets N., Deutsch F. & Janssen S., uitgevoerd in opdracht van MIRA, MIRA/2013/01, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek. (2013). *Bepaling van de best beschikbare grootschalige concentratiekaarten luchtkwaliteit voor België*.

Thunis P., Georgieva E., Galmarini S., Joint Research Centre. (2010). *A procedure for Air Quality Models Benchmarking*. ISPRA.

VMM. (2013). *Life+ ATMOSYS: NO2-stedencampagne*.

WHO. (2013b). *Health risks of air pollution in Euroep- HRAPIE project*.

WHO. (2013a). *Review of evidence on health aspects of air pollution, REVIHAAP*.

## 9 ANNEX

### *ANNEX I Gebruikte NO<sub>2</sub> stations voor RIO versie 3.7*

	Stationscode	X-Lambert coördinaat	Y-Lambert coördinaat	Type station	Beta
1	40GK09	229010	181080	0	0.540599
2	40HB23	148059	206699	4	0.565828
3	40LD01	194547	200179	4	0.510315
4	40LD02	195718	201462	4	0.497163
5	40ML01	156569	189536	2	0.716741
6	40OB01	75367	179078	4	0.272922
7	40R833	149548	224206	0	0.753134
8	40SZ01	159524	178259	2	0.606827
9	40SZ02	160087	178087	2	0.586944
10	41B003	149995	170590	5	1.313724
11	41B004	148580	171157	3	1.26461
12	41B005	150703	169968	3	0.96815
13	41B006	150397	169802	3	1.006358
14	41B008	150521	170042	5	1.103518
15	41B011	144338	171963	3	0.711486
16	41MEU1	151686	176084	3	1.02668
17	41N043	151000	174800	5	0.986452
18	41R001	147540	171030	3	1.137453
19	41R002	151125	168300	5	1.102474
20	41R012	149280	165130	2	0.662255
21	41WOL1	154010	171800	5	0.727394
22	42M802	153884	216790	4	0.995964
23	42N015	165538	216667	1	0.440803
24	42N016	205542	214045	1	0.150395
25	42N027	236644	203352	1	0.39457
26	42N035	182928	185359	1	0.474769
27	42N040	139873	161970	1	0.294662
28	42N045	220258	181520	2	0.551224
29	42N046	237950	175401	1	0.349079
30	42N054	201869	155940	1	0.480257
31	42R010	154201	172749	4	0.699682
32	42R020	154777	181235	3	0.575502
33	42R801	154407	211080	3	1.281727
34	42R802	154390	211050	3	1.278756
35	42R811	158560	215807	2	0.614343
36	42R815	147446	211639	4	0.573549
37	42R820	155302	223403	2	0.553353
38	42R821	141724	211734	2	0.445466
39	42R822	148082	217156	4	0.989953

40	42R830	142601	223162	4	0.670255
41	42R831	147976	226558	4	0.372755
42	42R832	148937	196707	4	0.629812
43	42R834	150795	197988	0	0.500779
44	42R841	157059	188039	2	0.64088
45	42R891	151159	216212	4	1.109151
46	42R892	143727	217020	4	0.89119
47	42R893	151187	219057	4	1.26347
48	42R894	148656	219293	4	1.14895
49	42R897	148139	215578	4	0.81936
50	43N060	85521	145512	1	0.233008
51	43N063	171200	149460	1	0.294938
52	43N066	265570	147740	1	0.343967
53	43N070	119540	128350	3	0.723986
54	43N073	193960	132620	1	0.263348
55	43N085	266325	111525	1	0.005062
56	43N093	211760	107410	1	0.061433
57	43N100	166170	87160	1	0.121445
58	43N113	237720	80250	1	0.012468
59	43N121	209920	63190	1	0.117175
60	43N132	240980	46070	1	0.144094
61	43R201	235350	147130	3	0.751704
62	43R222	235031	145438	4	0.750976
63	43R223	231130	146160	3	0.703783
64	43R240	222850	141940	4	0.401944
65	44M702	107569	206396	4	0.553344
66	44M705	64521	182374	4	0.648073
67	44N012	79753	216550	1	0.191495
68	44N029	24655	191071	1	0.193787
69	44N051	119090	165475	1	0.261149
70	44N052	76269	167678	1	0.560627
71	44R701	105169	194435	3	1.016591
72	44R710	108394	194736	2	0.544569
73	44R721	104275	197850	4	0.85902
74	44R731	105947	201811	4	0.576625
75	44R740	110815	204603	4	0.567062
76	44R750	111845	209705	4	0.455961
77	45R501	155930	122050	3	0.761513
78	45R502	156390	124240	3	0.702834
79	45R512	151930	121880	4	0.659021



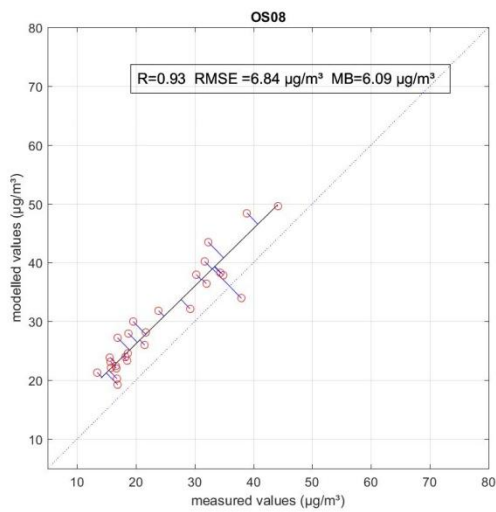
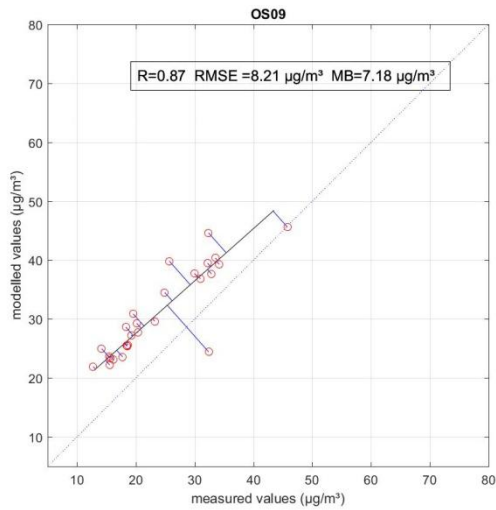
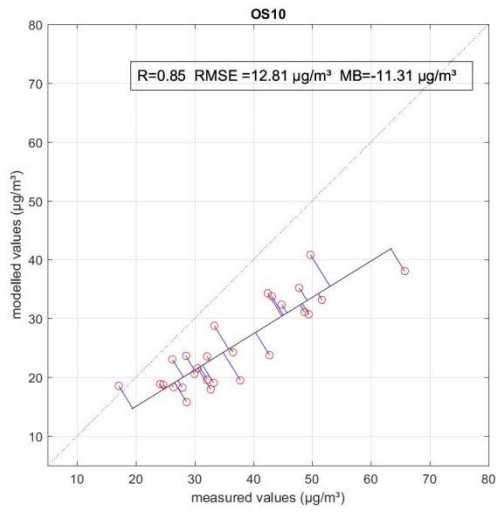
*ANNEX II : Onafhankelijke NO<sub>2</sub> stations tov RIO versie 3.7 2014*

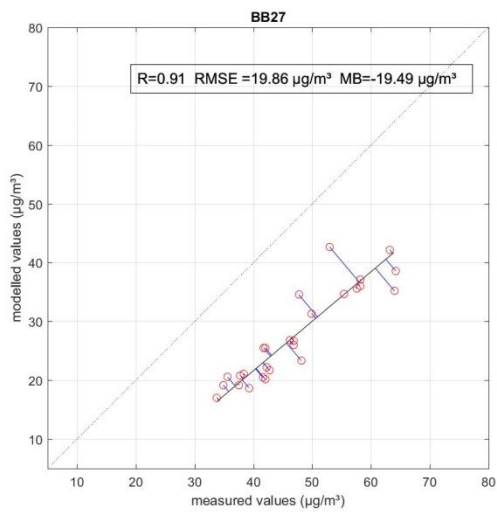
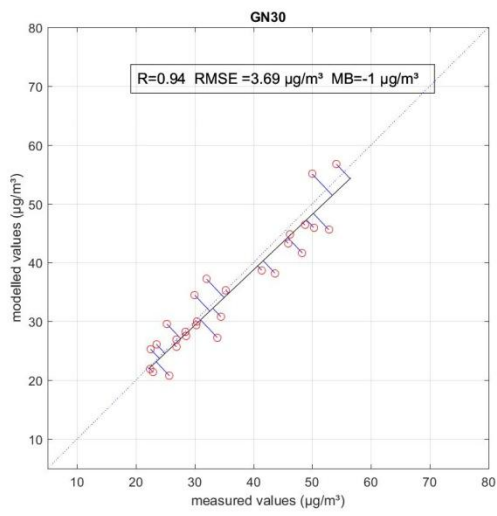
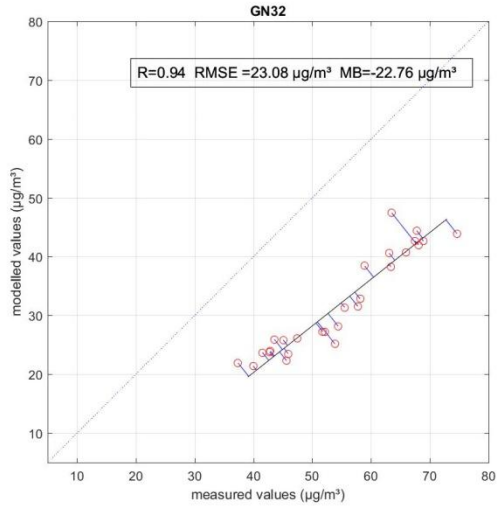
2014	Type station
40AL01	URBAN BACKGROUND
40SA04	INDUSTRIE
43R221	URBAN
44R702	TRAFFIC
47E703	INDUS
47E704	INDUS
47E714	INDUS
47E715	INDUS
47E716	INDUS
47E811	INDUS
47E812	INDUS
47E814	INDUS

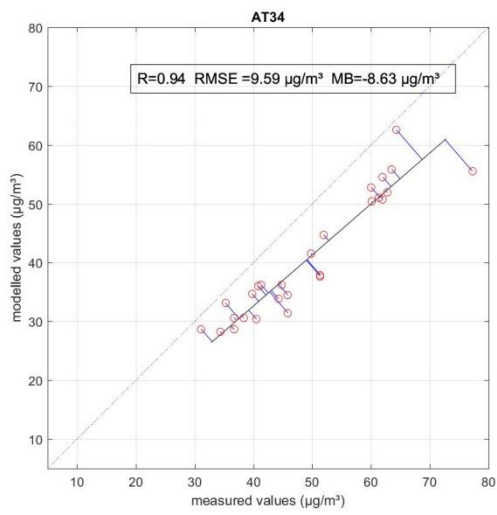
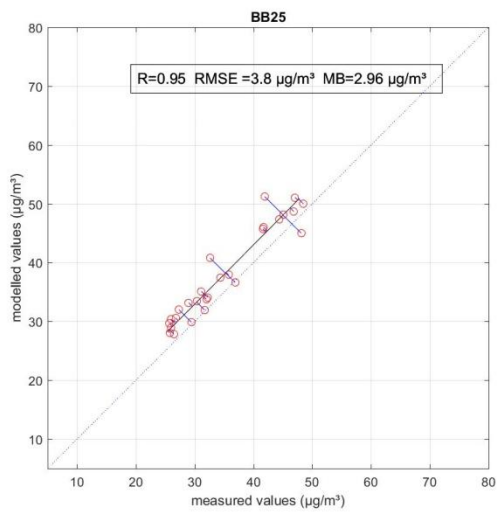
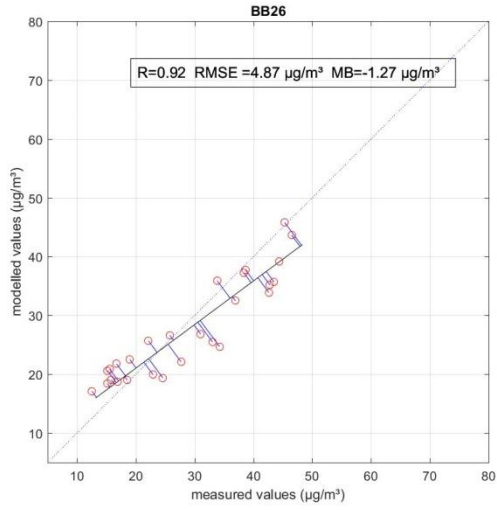
*ANNEX III Meetlocaties Atmosys campagne*

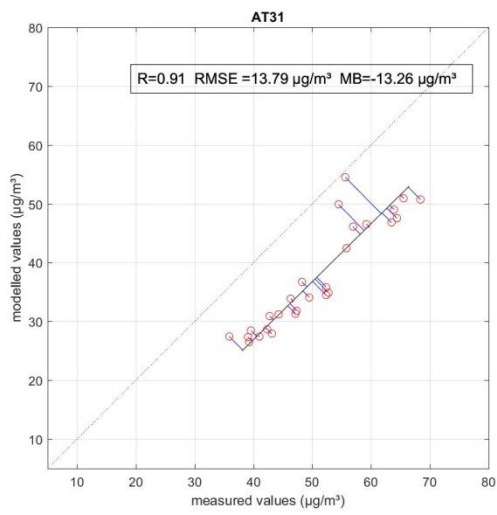
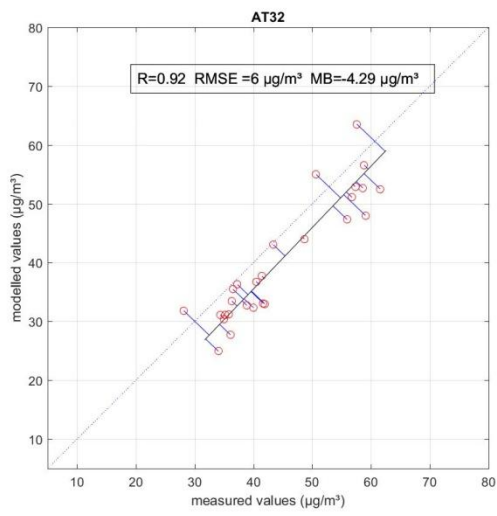
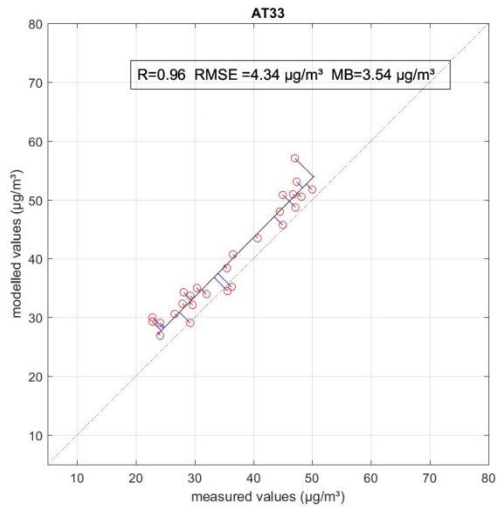
stationscode	stad	adres	type locatie
AT29	Antwerpen	Desguinlei 33 (Pompstation)	Regional road
AT30	Antwerpen	Lokkaardstraat 10 (GZA Sint-Camillus)	Urban background
AT31	Antwerpen	Provinciestraat 110	Streetcanyon
AT32	Antwerpen	Noorderlaan 69 (Brandweerkazerne)	Regional road
AT33	Antwerpen	Rodestraat 39 (Begijnhof)	Urban background
AT34	Antwerpen	Lange Altaarstraat 13	Streetcanyon
BB25	Brugge	Parking VLM (Expresweg N31/E304)	Regional road
BB26	Brugge	Jakobinessenstraat (VVKSKM scouts)	Urban background
BB27	Brugge	Noordzandstraat 46 (St-Jozefhumaniora)	Streetcanyon
GN27	Gent	Brusselsesteenweg 535 (Carpoolparking)	Regional road
GN28	Gent	Willem de Beersteeg	Urban background
GN29	Gent	Antwerpsesteenweg 115	Streetcanyon
GN30	Gent	Charles de Kerckhovelaan (Citadelpark,huisje)	Regional road
GN31	Gent	Begijnhofdries	Urban background
GN32	Gent	Lange Violettestraat	Streetcanyon
OS08	Oostend	Elisabethlaan 90 (RVT Lacourt)	Regional road
OS09	Oostend	Mercatorlaan (Groendienst stad Oostende)	Urban background
OS10	Oostend	Alfons Pieterslaan 21 (Sint-Jozef Instituut)	Streetcanyon

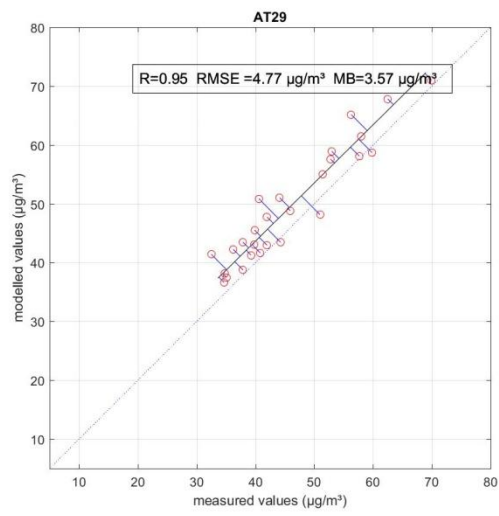
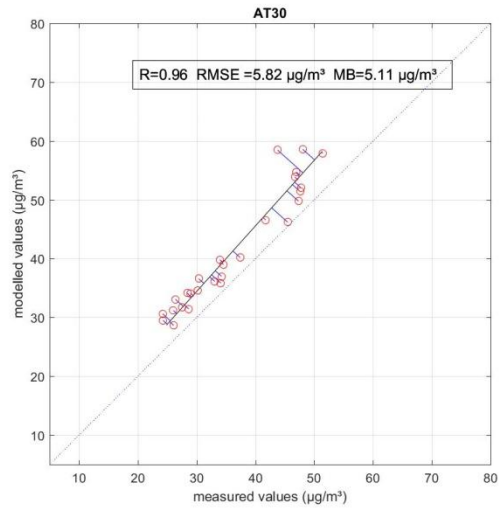
ANNEX IV: validaties meetstations Atmosys





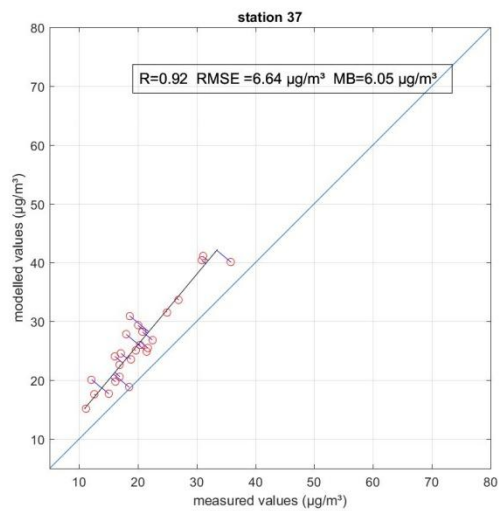
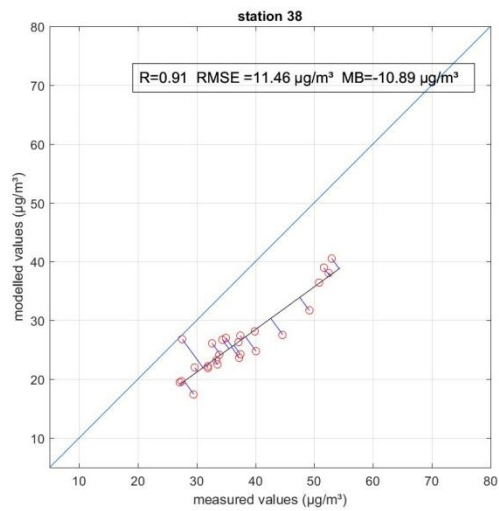
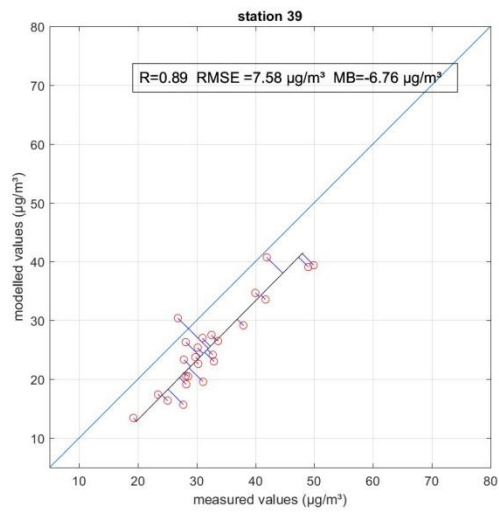




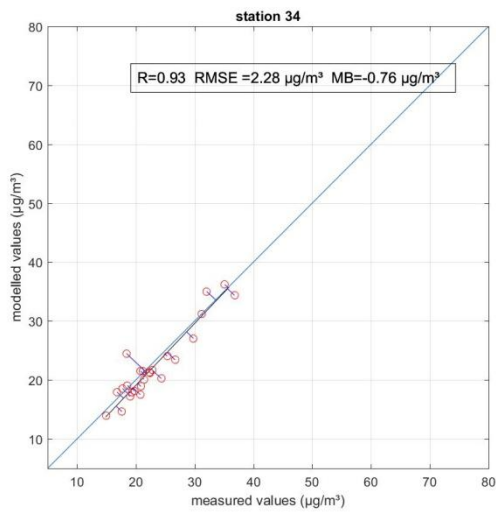
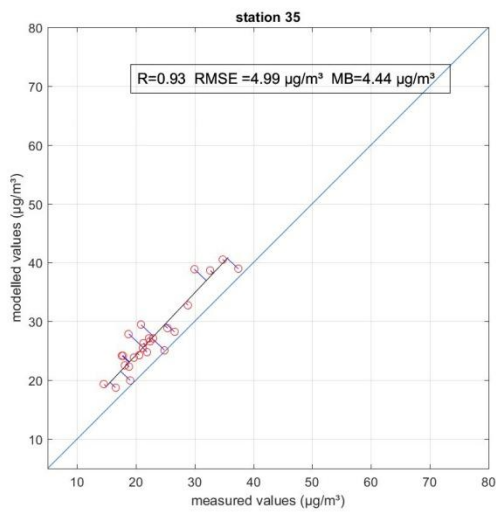
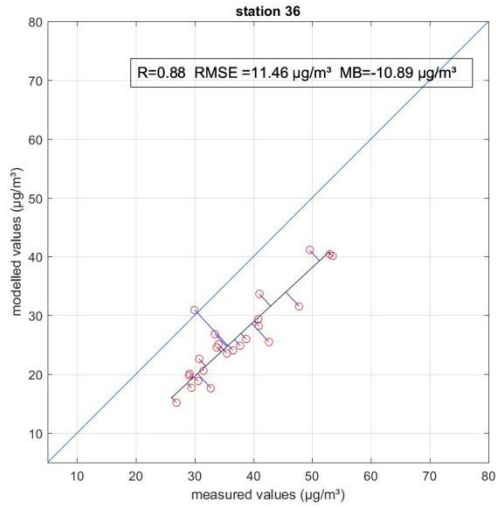


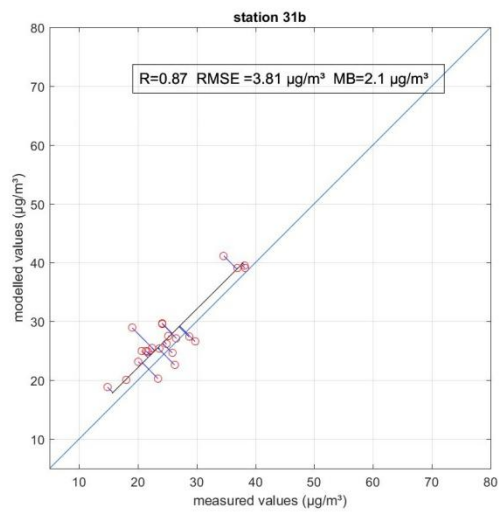
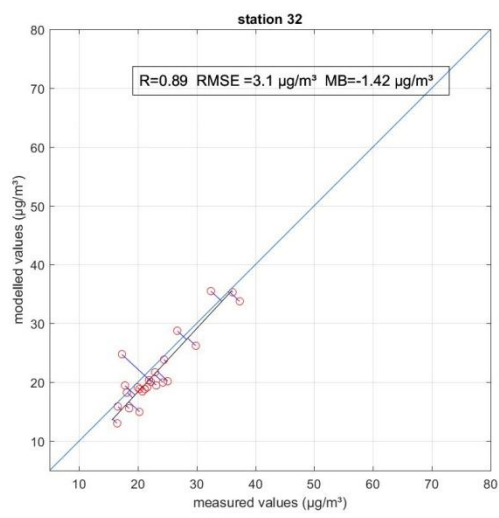
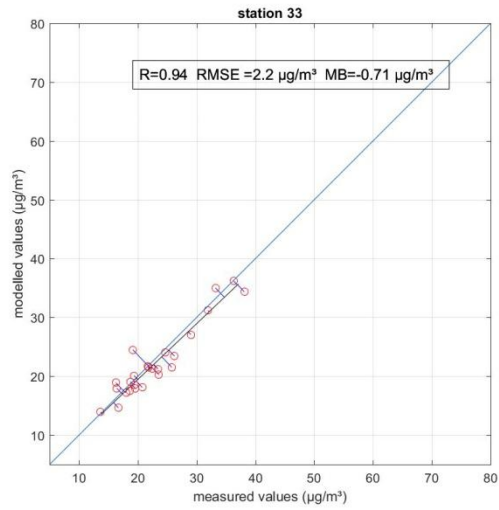
## ANNEX V: validaties meetstations PS Campagne Namen

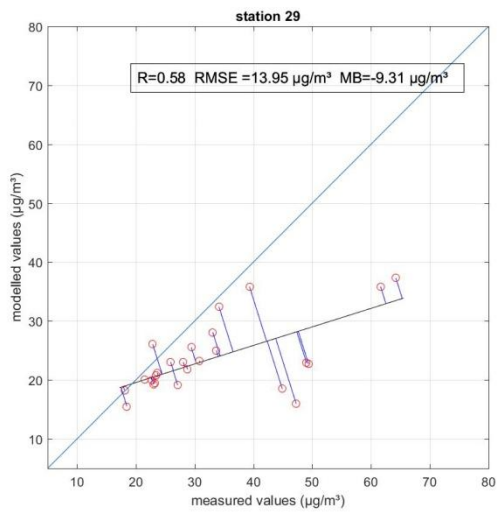
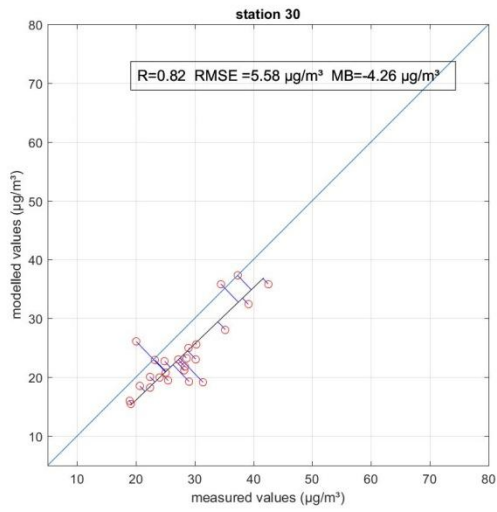
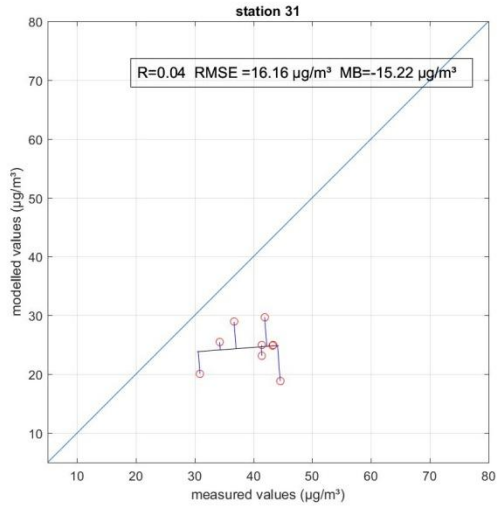
Annex temporele validaties Namen

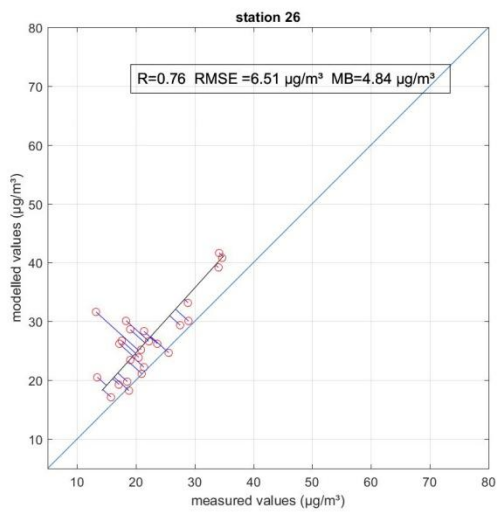
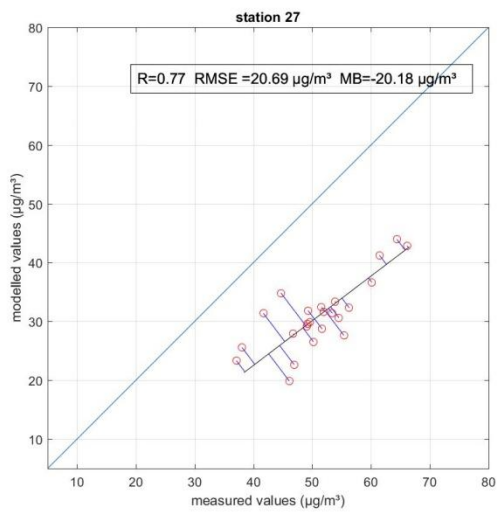
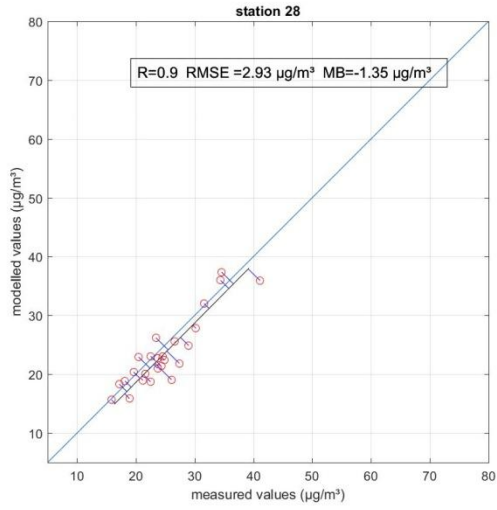


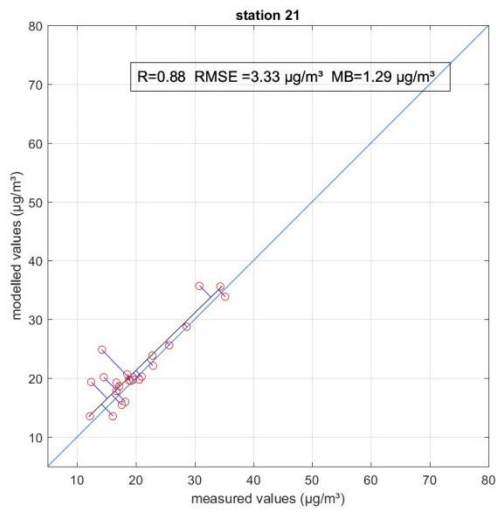
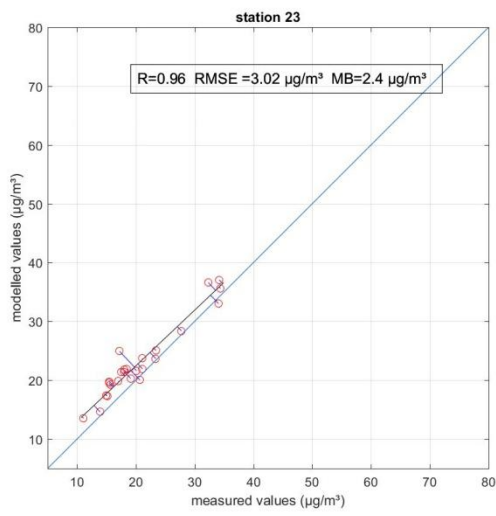
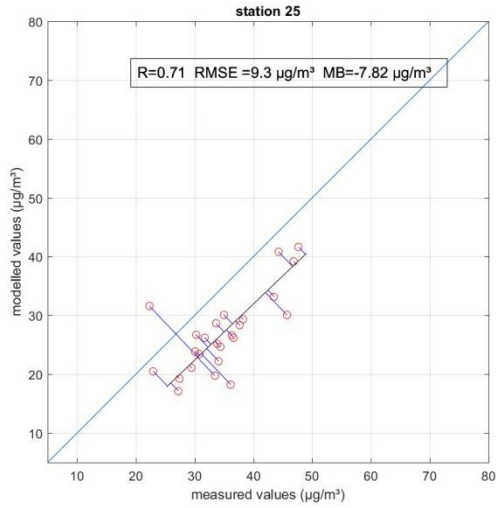


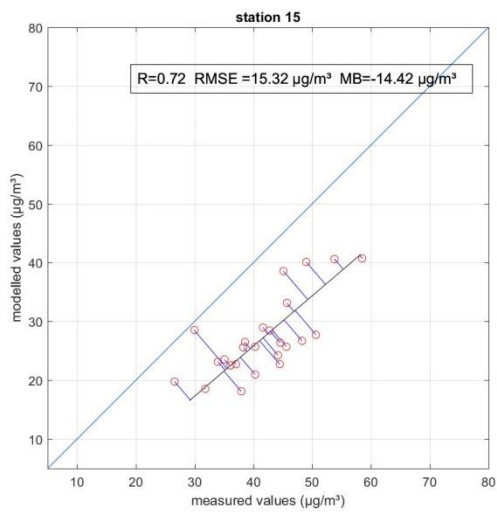
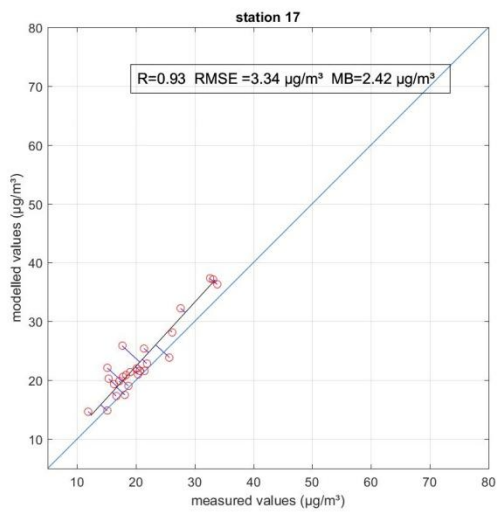
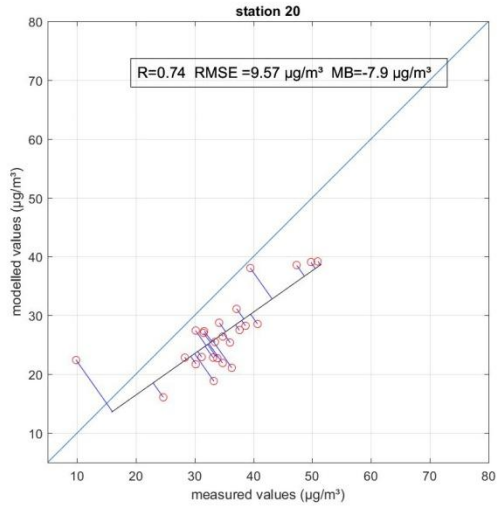


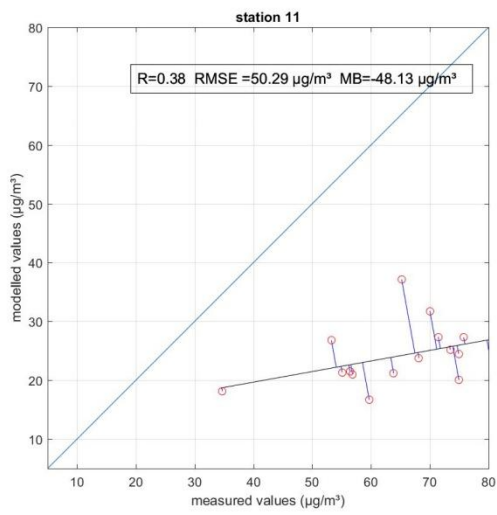
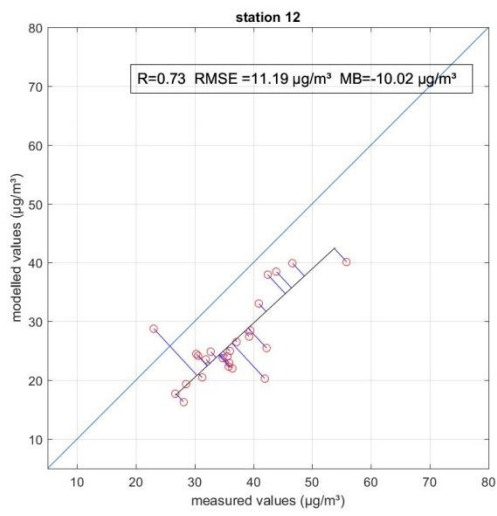
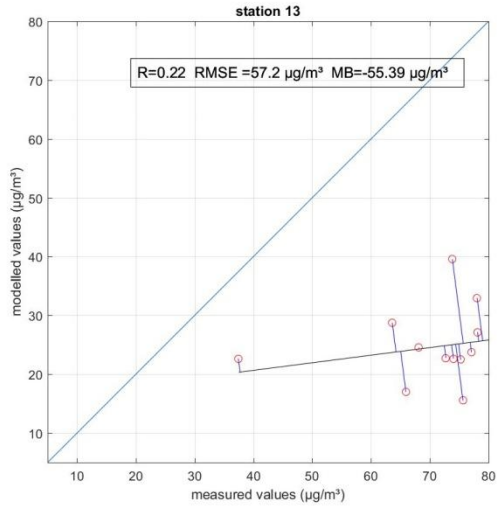




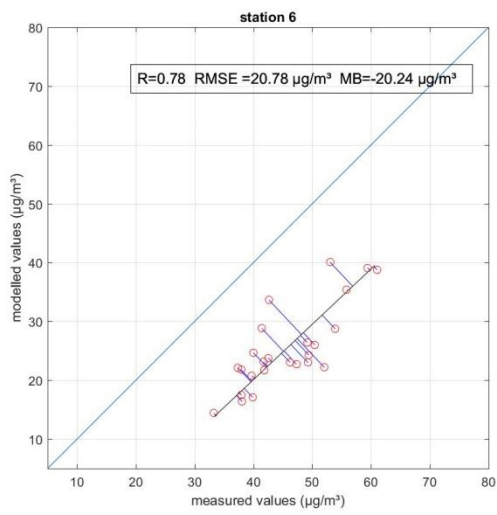
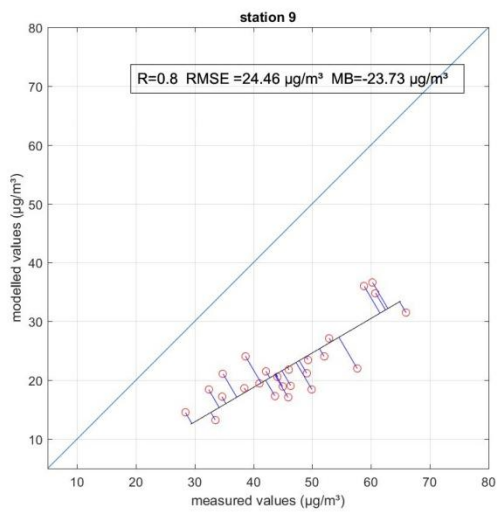
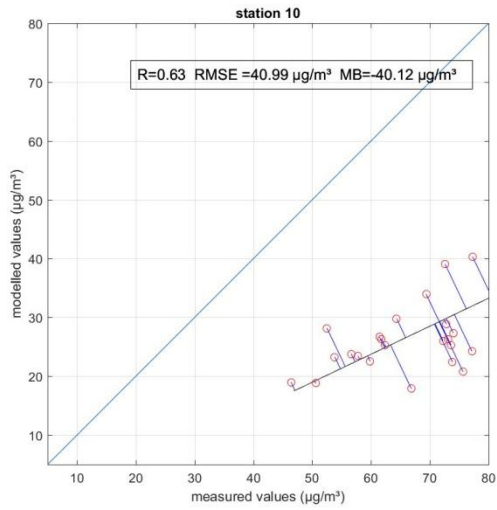


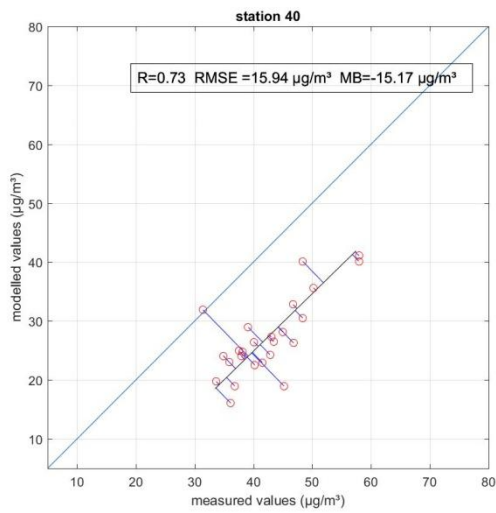
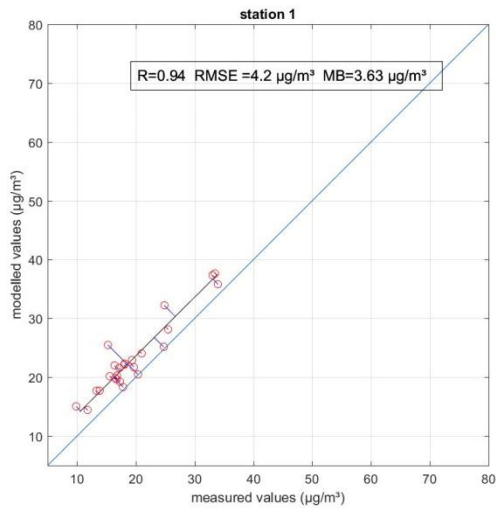
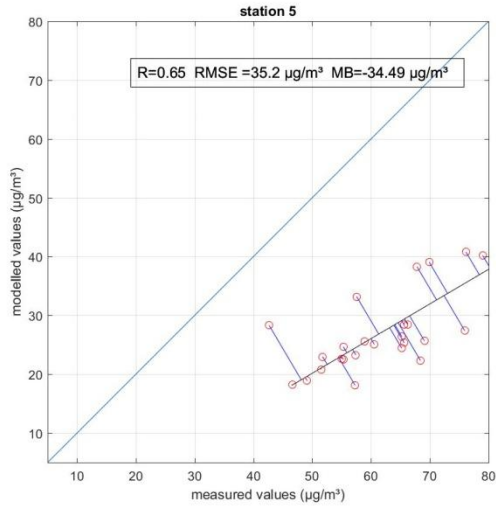












*ANNEX VI: vergelijking temporele validatie R, RMSE en MB voor RIO en RIO-IFDM (onafhankelijke telemetrische stations 2014)*

