



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Validatie rekenhart AERIUS lucht

RIVM-briefrapport 2020-0119
J. Wesseling et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Validatie rekenhart AERIUS lucht

RIVM-briefrapport 2020-0119
J. Wesseling et al.

Colofon

© RIVM 2020

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2020-0119

J. Wesseling (auteur), RIVM
P. Zandveld (auteur), RIVM
N.L. Valster (auteur), RIVM
S. Visser (auteur), RIVM

Contact:
Joost Wesseling
Centrum voor Milieukwaliteit
Joost.wesseling@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van beleidsondersteuning meten en modellen

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Validatie rekenhart AERIUS lucht

De luchtkwaliteit in Nederland wordt gemonitord in het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). De luchtkwaliteit wordt berekend met behulp van technische rekenregels die voldoen aan de wettelijk voorgeschreven standaard rekenmethoden voor luchtkwaliteit. Het gaat hierbij specifiek om de rekenmethoden voor de luchtkwaliteit langs wegen in stedelijk gebied en rond snelwegen. Het rekenmodel voor het NSL is nu vervangen door AERIUS lucht en is gevalideerd als rekenmodel luchtkwaliteit. In dit rapport wordt de validatie van AERIUS lucht toegelicht.

Een nieuw rekenmodel luchtkwaliteit wordt standaard gevalideerd door het RIVM. Dat gebeurt door de resultaten te vergelijken met die van het rekenmodel van het RIVM (TREDM). Het rekenmodel van het RIVM werkt ook met de wettelijk voorgeschreven standaardrekenmethoden. Om mogelijke discussies over de werkwijze te voorkomen heeft een onafhankelijke organisatie het validatieproces gecontroleerd. Volgens hen is de validatie goed uitgevoerd.

De oude NSL-rekenmethode is van 2010 tot en met 2019 gebruikt. Het nieuwe model sluit aan bij de laatste ontwikkelingen in de wetenschap en ict. Het nieuwe model is in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) gebouwd.

Kernwoorden: standaard rekenmethode, luchtkwaliteit, validatie, (niet) stedelijke wegen

Synopsis

Validation of the AERIUS air quality model

The air quality in the Netherlands is monitored in the National Air Quality Cooperation Program (NAQCP). The air quality is calculated with the help of technical calculation rules that comply with the legally mandated calculation methods for air quality. More specifically, we are talking here about the air quality alongside roads in urban areas and near motorways. The NAQCP calculation model has now been replaced by AERIUS air, which has been validated as an air quality calculation model. This report explains how AERIUS air has been validated.

A new calculation model for air quality is, as a rule, validated by RIVM. This is done by comparing the results of the new model with the results of the RIVM calculation model (TREDM). The RIVM calculation model also complies with the legally mandated standard calculation methods. In order to avoid potential discussions about the working procedure, an independent organisation checked the validation process. According to them, the validation process was sound.

The older NAQCP calculation method was used from 2010 up to and including 2019. The new model is in line with the latest developments in science and ICT. The new model was commissioned by the Ministry of Infrastructure and Water Management.

Keywords: standard calculation method, air quality, validation, (non-) urban roads

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Vergelijken resultaten van rekenmodellen luchtkwaliteit — 13

- 2.1 Standaard Rekenmethoden — 13
- 2.2 Validatie NSL-rekentool — 14
- 2.3 Validatiecriteria rekenmodellen — 16

3 Beoordeling rekenhart AERIUS lucht — 19

- 3.1 Inleiding — 19
- 3.2 Rekenhart AERIUS lucht versie 2019 — 19
 - 3.2.1 Basistests AERIUS v2019 en NSL-rekentool 2019 — 19
 - 3.2.2 Vergelijking geheel Nederland AERIUS v2019 en NSL-rekentool 2019 — 21
 - 3.2.3 Vergelijking geheel Nederland AERIUS v2019 en TREDM — 24
 - 3.2.4 Resultaten $PM_{2,5}$ en EC — 26
- 3.3 Rekenhart AERIUS lucht versie 2020 — 26
 - 3.3.1 Basistests AERIUS v2020 en TREDM — 26
 - 3.3.2 Vergelijking geheel Nederland AERIUS v2020 en TREDM — 28

4 Externe validatie — 33

5 Conclusies — 35

6 Literatuur — 37

Samenvatting

Vergelijking van modelresultaten

Bij het monitoren van de luchtkwaliteit is door de jaren heen altijd sprake geweest van variërende concentraties luchtverontreiniging in de buitenlucht. Dergelijke variaties hebben te maken met bijvoorbeeld wisselende weersomstandigheden, economische en technologische ontwikkelingen, of zijn het gevolg van maatregelen die de betrokken overheden eerder hebben genomen om de luchtkwaliteit te verbeteren. Naast deze daadwerkelijke verschillen in concentraties in de buitenlucht kunnen er ook verschillen in rekenresultaten optreden door noodzakelijk geachte "technische" aanpassingen aan een rekenmodel. In de afgelopen jaren hebben deze aanpassingen plaatsgevonden aan de NSL-monitoringstool en -rekentool, het monitoringsinstrumentarium waarmee de luchtkwaliteit gedurende al die jaren is geïnventariseerd in het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). Om deze aanpassingen te borgen werd jaarlijks een vergelijking uitgevoerd tussen de NSL-rekentool en het eigen rekenmodel van het RIVM.

Het rekenhart van de NSL-rekentool wordt per 1 januari 2020 niet langer ondersteund vanwege verouderde software. Als vervanger van de rekentool is het rekenhart AERIUS lucht ontwikkeld. In dit rapport wordt de validatie van dit rekenhart beschreven.

Het RIVM heeft zelf al sinds 2007 een eigen implementatie van de standaardrekenmethoden: TREDM. Dit model is meermalen met metingen vergeleken en het is extern beoordeeld. Wanneer nieuwe inzichten in de standaardrekenmethoden beschikbaar kwamen, werden die in het model ingebouwd en uitgebreid getest. Uit de vergelijkingen met metingen is gebleken dat de resultaten van TREDM ruimschoots voldoen aan de eisen in de Europese richtlijnen, en daarmee ook aan de Nederlandse wetgeving. In de loop der jaren is een set van criteria ontstaan waar de verschillen tussen de rekenresultaten van de NSL-rekentool en het validatiemodel (TREDM) van het RIVM aan moesten voldoen. Het nieuwe rekenhart moet ook aan deze criteria voldoen. Er is gebleken dat AERIUS lucht diverse keuzes anders maakt qua omgang met invoergegevens dan eerder het geval was in de NSL-rekentool en TREDM. Dit leidt tot relatief grote verschillen in rekenresultaten tussen de modellen. In de loop der jaren waren veel verschillen tussen TREDM en rekentool aangepast door in beide modellen de interpretatie van de invoergegevens op één lijn te brengen. Indien gelijke interpretatie van de invoergegevens worden toegepast op de invoer voor zowel AERIUS als TREDM, komen de rekenresultaten van beide rekenmodellen beter overeen.

De eindvalidatie voor de in de NSL-monitoringsronde 2020 te gebruiken versie van AERIUS laat, als gelijke interpretaties van de invoergegevens worden toegepast op de invoer voor zowel AERIUS als TREDM, geen verschillen in rekenresultaten tussen AERIUS en TREDM zien die groter zijn dan de validatiecriteria. Ook is er geen sprake van systematische afwijkingen in de rekenresultaten van AERIUS in vergelijking tot TREDM.

De absolute waarden van de *gemiddelde* verschillen voor NO₂ en PM₁₀ tussen AERIUS en TREDM op de locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteren zijn niet groter dan (afgerond) 0,04 µg per m³. Voor de vergelijking zijn met TREDM op meer locaties de meteorologische statistieken bepaald dan eerder het geval was. De broncode of rekenwijze van TREDM zelf is hierbij onveranderd gebleven.

Op basis van de interne validatie door het RIVM is er geen reden om te betwijfelen of de in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 beschreven Standaard Rekenmethoden 1 en 2 voor luchtkwaliteit langs wegen en bijbehorende gegevens correct in AERIUS, versie 2020, zijn geïmplementeerd. Hierbij moet worden bedacht dat AERIUS anders omgaat met emissies op sommige provinciale wegen dan TREDM. Nader onderzoek wordt aanbevolen.

Externe validatie

Om mogelijke discussies over de waarde van de validatie te voorkomen, is ook een onafhankelijke validatie uitgevoerd door experts van het Belgische VITO. De conclusie van deze externe validatie is samengevat als volgt:

- Het kader van de uitgevoerde vergelijking was grootschalig gezien sterk genoeg, maar enkele verfijningen kunnen het nog verbeteren.
- Deze verfijningen werden dan ook in het rapport van VITO beschreven en toegepast op de nieuwste modelimplementatie (AERIUS). Het model slaagt op alle criteria, waarvan op vele criteria ruim.

Omgaan met verschillen

De verschillen in de berekende concentraties luchtverontreiniging zoals die in de NSL-monitoringsronde 2020 zijn geconstateerd tussen het NSL-rekenmodel en het validatiemodel TREDM, wijken qua grootte niet wezenlijk af van de verschillen zoals die de afgelopen jaren wel vaker zijn geconstateerd. Echter, in tegenstelling tot vorige monitoringsrondes is een belangrijk verschil dit keer wel dat in de huidige monitoringsronde voor het eerst met een ander rekenhart – AERIUS lucht - is gewerkt. Hierdoor kunnen in sommige gebieden verschillen optreden die (deels) direct het gevolg zijn van het feit dat in deze monitoringsronde voor het eerst gebruik is gemaakt van dat nieuwe rekenhart. Eén van de gevolgen hiervan kan zijn dat in de desbetreffende gebieden sprake is van meer of minder (zware) overschrijdingslocaties.

1 Inleiding

De NSL-rekentool is sinds 2010 in gebruik geweest voor het uitvoeren van berekeningen aan luchtkwaliteit voor onder andere het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL), milieueffectrapportages en vergunningaanvragen milieu. De reken tool was onderdeel van de NSL-monitoringstool. Deze tool bestaat, naast de reken tool, uit een database met de invoergegevens en rekenresultaten verkeer en veehouderijen van alle voorgaande NSL-monitoringsronden met betreffende generieke gegevens, een kaartviewer, exportfunctie en actualisatieproces voor verkeers- en veehouderijgegevens. Per 1 januari 2020 wordt het rekenhart van de NSL-rekentool (verder: NSL-RT) niet meer ondersteund vanwege verouderde software. Van de overige functionaliteiten is de software begin 2020 zodanig geactualiseerd dat deze bruikbaar blijft voor het NSL, zowel voor het doorrekenen van projecten voor vergunningverlening als voor actualisatie binnen een NSL-monitoringronde.

Als vervanger van de NSL-rekentool is het rekenhart AERIUS lucht (verder: AERIUS) ontwikkeld door het AERIUS-ontwikkelteam binnen het RIVM. Hun doel was om de implementatie van het rekenhart zoveel mogelijk overeen te laten komen met het rekenhart van de oude NSL-RT. Volgens hen is AERIUS een implementatie van Standaard Rekenmethoden 1 en 2 (SRM-1 en SRM-2).

Het RIVM is verantwoordelijk voor de vergelijking van de rekenresultaten van een rekenmodel met die van het eigen rekenmodel TREDM (Visser en Wesseling, 2020). Zij brengt vervolgens een advies uit aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) over het rekenmodel om het wel of niet aangemerkt te kunnen worden als wettelijk rekenmodel luchtkwaliteit SRM-1 en/of SMR-2. IenW is verantwoordelijk voor het vaststellen van wettelijk te gebruiken rekenmodellen. Op verzoek van IenW heeft het RIVM daarom de rekenmethoden die AERIUS gebruikt gecontroleerd. Dit is in eerste instantie gedaan door de resultaten van berekeningen met AERIUS binnen het toepassingsbereik van SRM-1 en SRM-2 te vergelijken met die van de NSL-RT voor de NSL-monitoringsronde 2019. Daarna zijn de resultaten van berekeningen met AERIUS vergeleken met die van eigen implementaties van het RIVM voor de betreffende rekenmethoden; TREDM.

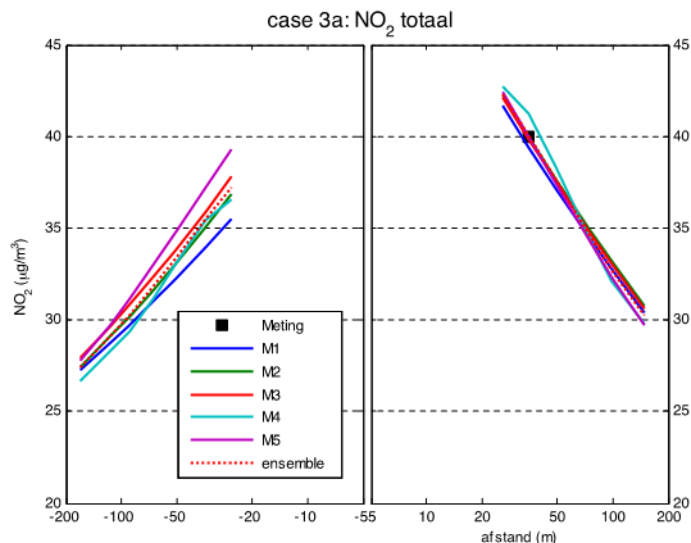
Dit rapport beschrijft eerst de manier waarop de afgelopen jaren binnen het NSL de kwaliteit van de NSL-RT is gecontroleerd en gewaarborgd. Hierbij komen zowel de gevolgde procedure als eisen aan de verschillen in rekenresultaten tussen rekenmodellen luchtkwaliteit aan bod. Er wordt ingegaan op de validatie door het RIVM en op de externe validatie door het Belgische VITO als onafhankelijke partij.

2 Vergelijken resultaten van rekenmodellen luchtkwaliteit

2.1 Standaard Rekenmethoden

In de eerste jaren van de "Regeling beoordeling luchtkwaliteit, 2007" (Rbl2007) is door het RIVM onderzocht wat voor verschillen er redelijkerwijs kunnen bestaan tussen de rekenresultaten van verschillende software implementaties van de Standaard Rekenmethoden (SRM) 1 (stedelijke situaties) en 2 (situaties rond snelwegen). De beschrijving van SRM-1 is nagenoeg exact en laat geen ruimte voor verschillende keuzes en/of interpretaties (Van Velze en Wesseling, 2014). Als twee resultaten van twee implementaties van SRM-1 met elkaar worden vergeleken moeten deze, behoudens uitzonderlijke situaties, aan elkaar gelijk zijn.

Voor SRM-2 is de situatie ingewikkelder, omdat het rekenvoorschrift wel ruimte laat voor verschillende keuzes en/of interpretaties (Wesseling en van Velze, 2014). Simpele voorbeelden hiervan zijn de gebruikte windrozen voor meteorologische aspecten en achtergrondconcentraties, discretisatie van de lijnbron, projectie van de weg op de windrichting, keuze van representativiteit van de gebruikte meteorologie en afhandeling van gebruikersfouten (zie ook Visser en Wesseling, 2020). Eén van de onderzoeken naar verschillen bij snelwegmodellen betrof een "Benchmark snelwegenmodellen" (Nguyen en Wesseling, 2010). Hierbij werden vijf modellen die regulier in Nederland werden gebruikt voor rekenen aan luchtkwaliteit bij snelwegen in een blinde test met elkaar vergeleken. Drie van de modellen waren implementaties van de toenmalige versie van SRM-2. De andere modellen waren Gaussische dispersiemodellen die op uurlijkse basis rekenden. Alle exacte invoer voor verschillende testcases was aan de modeleigenaren beschikbaar gesteld. Eén van de testcases betrof de A2 bij Breukelen, naast de locatie van een meetstation van het RIVM. Aan de oostkant van de A2, bij het meetpunt, lagen de door de modellen berekende concentraties binnen circa $2 \mu\text{g per m}^3$ van elkaar. Echter, aan de andere kant van de weg was de spreiding in resultaten iets groter, zie Figuur 2.1.



Figuur 18 Berekende NO₂ totale concentratie in case 3a van alle modellen en van het ensemble. Het maximale verschil tussen de modellen is 10% van het ensemble. De modelresultaten komen overeen met de metingen in 2008 op het station LML641 (Breukelen snelweg).

Figuur 2-1 Berekende NO₂ concentraties in een benchmark van snelwegmodellen (overgenomen uit Nguyen en Wesseling, 2010)

Bovenstaand voorbeeld illustreert dat, gegeven gelijke invoer, verschillen tussen modellen onvermijdelijk zijn, ook als die modellen implementaties van hetzelfde rekenvoorschrift (SRM-2) zijn. Bij de vergelijking van resultaten van rekenmodellen kan dus niet verwacht worden dat er geen verschillen zijn. Er zullen altijd verschillen in resultaten zijn, maar die moeten passen bij de verschillen in onderliggende rekensystematiek en vrijheden in de implementatie van de modelvoorschriften.

Als algemene validatie van de Standaard Rekenmethoden zijn verschillende studies uitgevoerd waarbij gemeten concentraties met die van berekeningen met de SRM's zijn vergeleken, zie bijvoorbeeld Nguyen en Wesseling (2016), Wesseling et al. (2013, 2018) en de referenties in die rapporten.

2.2 Validatie NSL-rekentool

Bij de eerste versie van de Rbl2007 zijn tests en criteria opgenomen waaraan nieuwe modellen in het bereik van SRM-1 en -2 moeten voldoen. Deze criteria betreffen sterk geschematiseerde situaties die geen recht meer doen aan de complexiteit van de situaties in de huidige NSL-berekeningen. Voor een grondige evaluatie van de NSL-berekeningen voldeden de bestaande schematische tests naar verwachting maar in beperkte mate. Bij de start van de NSL-monitoring heeft het RIVM daarom verschillende studies gedaan naar de manier waarop de resultaten van de NSL-rekentool uitgebreid en representatief konden worden gecontroleerd door ze met een tweede model te vergelijken (Wesseling en Nguyen, 2010; Wesseling et al., 2011). De eigen implementatie van het RIVM voor de rekenmethoden SRM-1 en SRM-2 (TREDM) is toen gekozen als validatiemodel om de resultaten van de NSL-rekentool mee te vergelijken. Voordeel van het gebruik van

dat model was en is dat het RIVM het zelf gebouwd heeft en dus exact weet hoe de voorschriften van de Rbl2007 in de software zijn geïmplementeerd. Bij discussies hierover kan makkelijk worden geverifieerd welke keuzes in het model zitten en ook kan simpel worden nagegaan wat de effecten van aanpassingen zijn. Bij validatiestudies met metingen moesten, bijvoorbeeld, aanpassingen in de berekeningen worden gedaan voor een correcte vergelijking met metingen op afwijkende hoogtes. Dergelijke correcties kunnen alleen in de broncode worden aangebracht. Voor gebruik als validatiemodel is TREDM integraal gereviewed door het ECN (Vermeulen, 2011). Hierbij is de broncode vergeleken met de toenmalige voorgeschreven versies van de rekenmethoden en zijn de resultaten vergeleken met het toen eigen model van het ECN. Dat laatste model was de basis voor de NSL-rekentool (Vermeulen et al., 2004; Vermeulen 2008). Bij de review is het volgende geconstateerd "De conclusie van het onderzoek is dat de rekenmethodes in de TREDM-suite van programma's geheel conform de beschrijving in Rbl voor standaard rekenmethode 1 en 2 zijn.". TREDM wordt verder door het RIVM gebruikt voor zeer rekenintensieve studies, zoals het in kaart brengen van blootstelling in geheel Nederland. Het model wordt niet gebruikt voor commerciële studies of voor de juridische beoordeling van overschrijdingen. De NSL-monitoringstool is daarvoor de aangewezen tool.

In de rapportage van de NSL-monitoringsronde 2011 (Beijk et al., 2011) is voor het eerst een overzicht gegeven van de validatie van de NSL-rekentool. De verschillen tussen de NSL-rekentool en TREDM zijn sindsdien elk jaar bepaald, beoordeeld en in de NSL-monitoringsrapportages besproken. Het type criteria is in de loop der jaren gelijk gebleven:

- Voor vergelijkbare punten mogen er gemiddeld geen significante (absolute) verschillen optreden.
- Voor vergelijkbare punten moeten de meeste resultaten in een smalle bandbreedte liggen.
- Voor niet direct vergelijkbare punten dient er een aanwijsbare oorzaak voor de onvergelijkbaarheid te zijn.

De exacte waarden voor de criteria zijn in de loop der tijd nadrukkelijker vastgesteld en aangescherpt. Voor SRM-1 is dat redelijk simpel aangezien de rekenwijze daarvoor "exact" is. De in SRM-1 berekende bijdragen van de verschillende stoffen zouden in de NSL-rekentool en TREDM dan ook binnen de afronding van $0,1 \mu\text{g per m}^3$ identiek moeten zijn. Grotere verschillen betekenen dat de rekenregels verschillend zijn geïmplementeerd; dat kan in enkele gevallen gebeuren. Voor de validatie van de NSL-RT werd dan ook vereist dat de verschillen in SRM-1 resultaat kleiner moesten zijn dan $0,05 \mu\text{g per m}^3$. In de praktijk kwam het nog in circa 25 van de grofweg 400.000 rekenpunten voor dat de verschillen in rekenresultaten groter waren. De oorzaken lagen vaak in de manier waarop de beide modellen omgingen met uitzonderlijke of ongedefinieerde invoer; dit kan een enkele keer voorkomen.

Zoals gezegd kunnen de met SRM-2 berekende bijdragen van twee verschillende modellen iets verschillen, omdat dit rekenvoorschrift niet volledig is gedefinieerd. In de praktijk kunnen twee modellen tot enkele microgrammen verschillende SRM-2 NO_x -bijdragen berekenen. Voor

PM₁₀, PM_{2,5} en EC zijn de rekenwijze voor de verdunning en dus ook de verschillen tussen beide modellen relatief vergelijkbaar met NO_x, maar in absolute zin zijn ze uiteraard kleiner vanwege de kleinere emissies van het wegverkeer per kilometer.

De verschillen in berekende totale NO₂-concentraties worden vrijwel geheel bepaald door de verschillen in SRM-2 NO_x-bijdragen. Deze NO_x-bijdragen mogen meerdere microgrammen per m³ verschillen. Als gevolg daarvan mogen de totale NO₂-concentraties 1-2 µg per m³ verschillen. De verschillen in berekende totale PM₁₀, PM_{2,5} en EC-concentraties worden ook vrijwel geheel bepaald door de verschillen in SRM2-bijdragen. Omdat de wegbijdragen voor die stoffen veel kleiner zijn dan voor NO_x en NO₂, is het absolute verschil in totale concentraties ook kleiner.

2.3 Validatiecriteria rekenmodellen

Voor de toetsing/validatie van een nieuw rekenmodel voor het NSL ligt het voor de hand om dezelfde methodiek en criteria te gebruiken als in eerdere jaren voor de NSL-RT zijn gebruikt. Aan de hand van diverse analyses worden locaties bekeken waar de SRM-1 NO_x-bijdragen meer dan 0,05 µg per m³ verschillen, SRM-2 NO_x-bijdragen meer dan 4 µg per m³, totale NO₂ meer dan 2 µg per m³ en totale PM₁₀ meer dan 0,25 µg per m³ verschillen. Los hiervan is ook steeds getest op identieke achtergronden en dubbeltellingcorrecties in beide modellen. Alle beschikbare toetspunten zijn voor de validaties doorgerekend. Ingeval één van beide modellen geen output gaf, omdat het onjuiste invoer constateerde, werd het punt niet in de vergelijking meegenomen.

De resultaten van de vergelijking tussen de NSL-rekentool en TREDM staan voor de afgelopen zeven NSL-monitoringsronden (MR2013 t/m MR2019) in Tabel 2.1.

Tabel 2-1 Vergelijking van de rekenresultaten van de NSL-rekentool met TREDM voor diverse NSL-monitoringsronden (MR20xx). De aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde worden weergegeven voor 4 categorieën.

	MR2019	MR2018	MR2017	MR2016	MR2015	MR2014	MR2013
Jaar	Totaal aantal toetspunten in monitoringronde						
Gepasseerd jaar	354.273	351.129	326.311	315.307	324.843	343.162	353.684
2015	-	-	-	-	310.486	316.279	326.917
2020	354.119	351.139	326.211	315.061	310.236	316.764	327.015
2030	355.312	348.940	326.804	315.609	310.503	327.411	-
Aantal verschillen in SRM-1 NO_x-bijdrage > 0,05 µg/m³							
Gepasseerd jaar	37	23	20	21	25	175	9
2015	-	-	-	-	20	73	9
2020	51	31	27	27	27	73	8
2030	47	27	37	26	25	70	-
Aantal verschillen in SRM-2 NO_x-bijdrage > 4 µg/m³							
Gepasseerd jaar	1.685	1.309	2.433	2.041	2.998	2.215	3.300
2015	-	-	-	-	1.971	903	1.049
2020	577	69	161	200	864	118	148
2030	207	0	0	0	1	2	-
Aantal verschillen in NO₂ totaal > 2 µg/m³							
Gepasseerd jaar	460	566	923	684	1.196	682	730
2015	-	-	-	-	1.161	274	163
2020	162	112	176	198	955	79	57
2030	68	2	14	3	4	2	-
Aantal verschillen in PM₁₀ totaal > 0,25 µg/m³							
Gepasseerd jaar	394	513	793	441	1.024	743	1.369
2015	-	-	-	-	900	279	283
2020	102	91	152	118	908	330	274
2030	84	86	137	81	381	407	-

Gedurende de eerste monitoringronden hebben relatief veel methodewijzigingen plaatsgevonden en zijn diverse lacunes in de modelbeschrijvingen aangepast. De destijds gevonden verschillen tussen de rekenmodellen zijn hierdoor niet representatief voor de huidige status van de modellen. Daarom worden alleen de afgelopen vier ronden gebruikt om de waarden voor de validatiecriteria voor rekenmodellen op te stellen. In alle monitoringrondes sinds 2015 is steeds voor het dan gepasseerde jaar gerekend, voor 2020 en voor 2030. De gemiddelde aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde voor MR2016 tot en met 2019 voor het gepasseerd jaar en 2020 staan in Tabel 2.2.

Tabel 2-2 Gemiddelde aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen de rekenresultaten van de NSL-rekentool en TREDM voor de NSL-monitoringsronden MR2016 t/m 2019 voor 4 categorieën.

Validatiecriterium	Verskil	Verskil	Verskil	Verskil
	[#]	[%]	[#]	[%]
	Gepasseerd jaar		2020	
Totaal # toetspunten	334.373		331.353	
SRM-1 NO _x > 0,05 µg/m ³	25	0,01	34	0,01
SRM-2 NO _x > 4 µg/m ³	1.867	0,56	252	0,08
NO ₂ > 2 µg/m ³	658	0,20	162	0,05
PM ₁₀ > 0,25 µg/m ³	535	0,16	116	0,03

Op basis van bovenstaande gemiddelden zijn validatiecriteria opgesteld voor NSL-rekenmodellen luchtkwaliteit langs wegen. Het percentage en absolute aantal toetspunten dat mag verschillen tussen een rekenmodel en TREDM staat in Tabel 2.3. Hierbij moeten alle beschikbare toetspunten doorgerekend worden, inclusief eventuele aanwezige maatregelgebieden en correctievelen.

Tabel 2-3 Validatiecriteria voor het percentage toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen een rekenmodel luchtkwaliteit langs wegen en het validatiemodel TREDM. De absolute aantallen toetspunten staat tussen haakjes.

Validatiecriterium	Gepasseerd jaar	2020 of 1 ^e
	[%]	toekomstjaar [%]
Aantal toetspunten	Circa 330.000	Circa 330.000
SRM-1 NO _x > 0,05 µg/m ³	0,01 (33)	0,01 (33)
SRM-2 NO _x > 4 µg/m ³	0,60 (1.980)	0,10 (330)
NO ₂ > 2 µg/m ³	0,20 (660)	0,05 (165)
PM ₁₀ > 0,25 µg/m ³	0,16 (528)	0,03 (99)

Een rekenmodel moet tenminste aan deze criteria voldoen. Bij grotere verschillen is een nadere analyse benodigd van de verschillen. Bovenstaande criteria zijn gedurende de afgelopen bijna tien jaar tot stand gekomen en regelmatig afgestemd met het ministerie van IenW. Van deze criteria is in de praktijk gebleken dat ze, bij intensieve controle op invoergegevens en modelimplementatie, realiseerbaar zijn. Het is niet ondenkbaar dat de criteria de komende jaren op de een of andere manier zullen veranderen. Als de omvang van het gebied dat onder het NSL of de Omgevingswet moet worden doorgerekend sterk afneemt, dan zullen de criteria ook anders moeten worden geformuleerd.

3 Beoordeling rekenhart AERIUS lucht

3.1 Inleiding

De afgelopen jaren is de NSL-rekentool in gebruik geweest voor het uitvoeren van luchtkwaliteitsberekeningen voor onder andere het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL), milieueffectrapportages en vergunningaanvragen milieu. Per 1 januari 2020 wordt het rekenhart van de NSL-RT niet meer ondersteund. Als vervanger is het rekenhart AERIUS lucht (AERIUS) gebouwd. Om een goede implementatie van de rekenvoorschriften te verifiëren, zijn tijdens de ontwikkeling van het rekenhart doorlopend testen uitgevoerd waarbij resultaten zijn vergeleken met de NSL-RT. Vervolgens is door het RIVM een validatie van AERIUS, versie 2019, uitgevoerd. Deze validatie is op overeenkomstige wijze uitgevoerd als de validatie van de NSL-RT tijdens alle voorgaande NSL-monitoringsronden, zie Hoofdstuk 2. Het betreft hier een interne validatie van het RIVM op een product dat bij en voor het RIVM is ontwikkeld. Daarom is ook een onafhankelijke validatie door een externe partij uitgevoerd. Die geeft een beoordeling op de gehele validatieprocedure. Zie hoofdstuk 4 voor de resultaten van de externe validatie.

Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van alle uitgevoerde tests, analyses en controles tijdens de ontwikkeling van AERIUS versie 2019 en versie 2020.

3.2 Rekenhart AERIUS lucht versie 2019

3.2.1 *Basistests AERIUS v2019 en NSL-rekentool 2019*

Als eerste stap zijn de rekenmethoden die in AERIUS worden gebruikt, gecontroleerd door de resultaten van berekeningen in de toepassingsgebieden van Standaard Rekenmethoden 1 en 2 te vergelijken met die van de NSL-RT. De sets van berekeningen gebruiken dezelfde invoergegevens voor segmenten, receptoren en eventuele maatregelgebieden en correctievelden. De grootschalige achtergrondconcentraties, correcties voor dubbeltelling van het hoofdwegennet, meteorologie, ruwheid en emissiefactoren worden in de sets van berekeningen onafhankelijk in de modellen verwerkt uit de door IenW vastgestelde gegevens volgens de Rbl2007.

De rekenmethoden SRM-1 en SRM-2 hebben verschillende toepassingsgebieden, te weten stedelijke omgeving respectievelijk (voldoende) vrij liggende wegen. Daarom zijn de resultaten van beide implementaties in AERIUS zowel gecombineerd als apart met resultaten van de NSL-RT vergeleken. Er zijn dus eerst aparte berekeningen uitgevoerd binnen de twee rekenmethoden. Een goede overeenkomst duidt dan niet alleen op dezelfde rekenmethoden, maar ook op het gebruik van identieke grootschalige (NO_2 en ozon (O_3)) achtergrondconcentraties en emissiefactoren. Voor de goede orde: de feitelijke implementaties, de broncodes, zijn dus niet gecontroleerd of geverifieerd. Alleen het resultaat van de implementaties in AERIUS is getest en beoordeeld. Overigens is AERIUS wel volledig open source

waardoor het voor eenieder mogelijk is de broncode van het rekenhart AERIUS lucht in te zien¹.

In eerste instantie zijn alle individuele kenmerken gecontroleerd aan de hand van eenvoudige situaties. Eén of enkele segmenten met één of enkele receptoren zijn doorgerekend met variërende invoergegevens, al dan niet in combinatie met maatregelen en correctievelden. De berekeningen zijn uitgevoerd met AERIUS versie 2019 en de NSL-RT 2019 voor zowel het gepasseerd jaar als diverse toekomstjaren. De rekenresultaten van beide modellen zijn telkens met elkaar vergeleken. Onder andere zijn de volgende controles uitgevoerd:

- Selectie van emissiefactoren bij verschillende combinaties van maximumsnelheden en wegtypen.
- Selectie van emissiefactoren bij verschillende snelheidstypen voor SRM-1 segmenten.
- Effect op rekenresultaten bij toepassen van verschillende weghoogtes en diepteligging op segmenten.
- Effect op rekenresultaten bij toepassen van schermen aan één of meerdere zijden van een segment.
- Toepassen van de tunnelfactor op een segment.
- Toepassen van de bomenfactor op een receptor.
- Selectie van stagnatiefactoren bij verschillende wegtypen en voertuigtypen.

De stagnatie is gecontroleerd door berekeningen te doen voor één soort voertuig met en zonder stagnatie. De SRM-2 berekening is nooit precies hetzelfde voor beide rekenmodellen, omdat er ruimte is voor implementatieverschillen. Daarom is de controle uitgevoerd door berekeningen te doen met beide modellen. Er is gecontroleerd of de verhouding tussen de concentratiebijdragen voor een berekening met en zonder stagnatie hetzelfde blijft in beide modellen.

- Cumulatie van SRM-1 en SRM-2 voor NO₂-concentraties. Voor een set receptoren vlakbij het Utrecht Science Park is de totale NO₂-concentratie handmatig berekend op basis van de deelbijdragen voor NO en NO₂ voor SRM-1 en SRM-2. Deze handmatig berekende waarde is vergeleken met de waarde die het rekenmodel berekend.
- De correctiebestanden voor de achtergrondconcentraties in het IJmond-gebied en rond Schiphol worden in AERIUS uit de Preprocessor Standaard Rekenmethoden (PreSRM²) ingelezen. In de NSL-RT werden deze bestanden handmatig verwerkt uit de door IenW beschikbaar gestelde gegevens³. Voor beide gebieden zijn berekeningen uitgevoerd en de resultaten vergeleken.
- Toepassen van correcties op individuele receptoren op basis van windtunnelonderzoek.
- Toepassen van schalingsfactoren op de emissiefactoren in maatregelgebieden.

¹ Zie

https://www.aerius.nl/files/media/publicaties/documenten/toelichting_srm1_en_srm2_implementation_in_aerius_lucht_20200629.pdf en <https://www.aerius.nl/nl/documenten>

² <https://presrm.nl/>

³ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/vraag-en-antwoord/hoe-kan-ik-luchtervuiling-berekenen>

- Aanwezigheid van achtergrondconcentraties op alle locaties met receptoren binnen Nederland.

Uit diverse controles is gebleken dat er verschillen zijn tussen AERIUS en de NSL-rekentool. Deze verschillen hebben nagenoeg allemaal te maken met de manier waarop invoergegevens en/of correcties worden geïnterpreteerd. De keuzes in interpretatie van NSL-invoergegevens in de NSL-RT en in AERIUS zijn elders beschreven (Visser en Wesseling, 2020). Hier gaat het dus expliciet niet over verschillen tussen de rekenmodellen door vrijheden in de rekenvoorschriften.

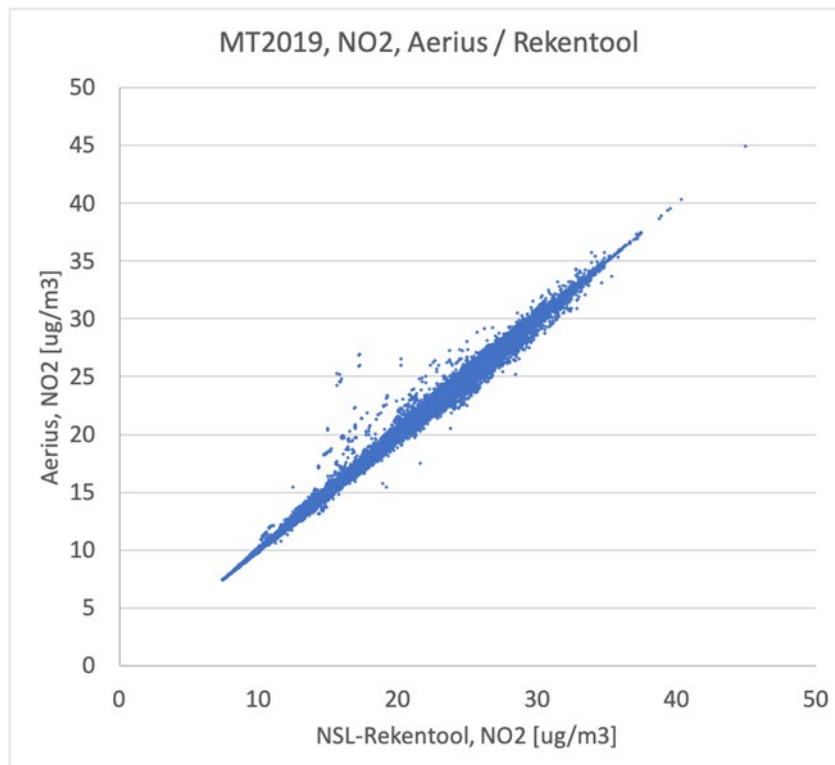
3.2.2

Vergelijking geheel Nederland AERIUS v2019 en NSL-rekentool 2019
 Vervolgens is met AERIUS geheel Nederland voor het gepasseerd jaar, 2020 en 2030 doorgerekend op basis van de invoer zoals die bij de sluiting van de NSL-monitoringsronde 2019 in de monitoringstool aanwezig was. De resultaten zijn vergeleken met de resultaten van de NSL-RT uit de betreffende ronde, zoals dat bij de NSL-validatie is gedaan. De vergelijking wordt voor het jaar 2020 hier weergegeven. De aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen AERIUS en de NSL-RT zijn weergegeven in Tabel 3.1. De validatiecriteria in absolute aantallen toetspunten voor 2020 zijn eveneens opgenomen in de tabel op basis van Tabel 2.3.

Tabel 3-1 Overzichtstabel van de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen AERIUS v2019 en de NSL-RT 2019 voor het rekenjaar 2020. In de tweede kolom staat het totaal aantal beschikbare toetspunten in beide modellen dat meegenomen is in de vergelijking. De validatiecriteria (eis) staan op de onderste regel.

Jaar	Totaal aantal toetspunten	Verskil in SRM-1 NO_x-bijdrage > 0,05 µg/m³	Verskil in SRM-2 NO_x-bijdrage > 4 µg/m³	Verskil in NO₂ totaal > 2 µg/m³	Verskil in PM₁₀ totaal > 0,25 µg/m³
2020	355.951	248	242	142	212
Eis 2020	~330.000	33	330	165	99

De totale berekende NO₂-concentraties van beide rekenmodellen voor het jaar 2020 worden in Figuur 3.1 met elkaar vergeleken.



Figuur 3-1 Berekende totale NO₂-concentraties voor geheel Nederland op basis van de NSL-invoer voor het jaar 2020 en de generieke gegevens uit februari 2019 voor de NSL-RT en AERIUS

Uit Tabel 3.1 blijkt dat de resultaten van beide modellen op meer toetspunten verschillen in rekenresultaten laten zien dan de gehanteerde validatiecriteria toestaan. Dit is ook te zien aan de relatief grote spreiding in resultaten in Figuur 3.1. Uit nader onderzoek blijkt dat er in AERIUS andere keuzes zijn gemaakt qua omgang met invoergegevens dan eerder het geval was in de NSL-RT en TREDM (Visser en Wesseling, 2020). In de loop der jaren waren veel verschillen tussen TREDM en de NSL-RT al aangepast door in beide modellen bepaalde invoerconstructies te “gedogen”. Er werd pragmatisch en afgestemd mee omgegaan.

Onderstaand een opsomming van de verschillen in interpretatie tussen AERIUS en TREDM/NSL-RT die in ieder geval leiden tot andere rekenresultaten.

- Op segmenten met het wegtype 92 (buitenweg) wordt in AERIUS met de emissiefactor van de buitenweg gerekend met bijbehorende verspreiding. In TREDM/NSL-RT werd onderscheid gemaakt naar zowel de maximumsnelheid als de wegbeheerder. Op segmenten met het wegtype 92, maximumsnelheid < 100 km per uur en wegbeheerder Rijk werd met de emissiefactor snelweg 80 km per uur gerekend met bijbehorende verspreiding. TREDM/NSL-RT kunnen in deze situatie ook met eventuele stagnatie rekenen. Bij wegbeheerders anders dan Rijk werd met de emissiefactor van de buitenweg gerekend met bijbehorende verspreiding. AERIUS kan momenteel niet simpel met dit soort gecombineerde criteria uit verschillende invoervelden omgaan. In

overleg met het ministerie van IenW is besloten om in verschillende van dit soort situaties een simpeler keuze-mechanisme te hanteren.

In het geval van een wegtype 92, maximumsnelheid < 100 km per uur en wegbeheerder Rijk passen de rekenmodellen dus een andere emissiefactor toe dat leidt tot andere rekenresultaten. Het verdient aanbeveling om het effect van de verschillende keuzes nader te onderzoeken.

- Daarnaast worden niet-wettelijk vastgestelde maximumsnelheden (bijvoorbeeld 60, 70, 90 km per uur) in de invoergegevens doorgerekend met de emissiefactor van de eerst volgende hogere maximum snelheid in AERIUS en de NSL-RT. In TREDM werd geen emissie toegekend aan dit soort segmenten; ze werden als foutief beschouwd. De volledige lijst met kleinere en grotere verschillen in interpretaties van de invoergegevens is elders beschreven (Visser en Wesseling, 2020).
- Verder zijn verschillen gevonden in de wijze waarop PM_{2,5}- en EC-maatregelen worden doorgerekend. Door een fout in de NSL-RT werden de SRM-1 maatregelen in de monitoringronde van 2019 ten onterechte niet in rekening gebracht. Waar wel maatregelen waren gedefinieerd kwamen de concentraties dus iets te hoog uit.
In AERIUS worden de maatregelen wel doorgerekend.
- In de NSL-RT werden bussen op SRM-2 wegen door een fout niet in rekening gebracht. In TREDM werden bij de controle de voor SRM-2 opgegeven aantallen bussen op snelwegen als zwaar vrachtverkeer meegerekend. De door de NSL-RT berekende concentratiebijdragen waren op locaties met bussen op snelwegen dus iets te laag. Bij de validatie heeft dit echter niet tot opvallende verschillen geleid.
In AERIUS worden bussen op SRM-2 wegen als middelzwaar vrachtverkeer meegerekend.
- De afstand tot waar SRM-2 emissies worden meegenomen is in de NSL-RT en TREDM circa 3,5 km, afhankelijk van de ligging van de wegen in de kilometervakken. AERIUS rekent de snelwegbijdragen tot 5 km door. Op afstanden groter dan circa 3,5 km zijn de effecten van de emissies opgenomen in de grootschalige achtergrondconcentraties (GCN).
- In de NSL-RT en TREDM konden maatregelgebieden worden opgegeven met behulp van complexe multipolygonen. In AERIUS kunnen multipolygonen niet worden verwerkt. Eventueel voorkomende complexe maatregelgebieden in de NSL-invoergegevens worden daardoor niet doorgerekend in AERIUS. Het is aan de gebruiker om de maatregelgebieden zodanig vorm te geven dat AERIUS ermee kan rekenen.

De NSL-RT is per 1 januari 2020 niet meer beschikbaar.

Bovengenoemde issues en andere interpretatiekeuzes zijn begin 2020 ontdekt. Hierdoor was het niet mogelijk om deze in de NSL-RT te verwerken en te verifiëren. Door aanpassing van bovenstaande aspecten in de NSL-RT is het waarschijnlijk dat de verschillen in resultaten, zoals zichtbaar in Tabel 3.1 en Figuur 3.1, tussen AERIUS v2019 en de NSL-RT 2019 iets kleiner zouden zijn.

3.2.3

Vergelijking geheel Nederland AERIUS v2019 en TREDM

Na de basistests en de vergelijking van de resultaten voor geheel Nederland tussen AERIUS v2019 en de NSL-RT 2019 is vervolgens onderzocht hoe AERIUS v2019 en TREDM overeenkomen. De resultaten van AERIUS en TREDM zijn voor alle doorgerekende jaren in de monitoringronde van 2019 met elkaar vergeleken: 2018, 2020 en 2030. De resultaten van de vergelijking tussen de twee modellen staan in Tabel 3.2. Hierin wordt het totaal aantal in de vergelijking meegenomen toetspunten getoond en staan de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen de twee rekenmodellen. De validatiecriteria in absolute aantallen toetspunten voor prognosejaren zijn eveneens opgenomen in de tabel op basis van Tabel 2.3.

Tabel 3-2 Overzichtstabel van de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen AERIUS v2019 en TREDM voor NSL-monitoringsronde 2019. In de tweede kolom staat het totaal aantal beschikbare toetspunten in beide modellen dat meegenomen is in de vergelijking. De validatiecriteria voor toekomstjaren (eis) staan op de onderste regel.

Jaar	Totaal aantal toets- punten	Vershil in SRM- 1 NO_x- bijdrage > 0,05 µg/m³	Vershil in SRM-2 NO_x- bijdrage > 4 µg/m³	Vershil in NO₂ totaal > 2 µg/m³	Vershil in PM₁₀ totaal > 0,25 µg/m³
2018	354.274	82	1.756	373	571
2020	354.120	98	622	179	318
2030	355.314	82	226	96	285
Eis 20/30	~330.000	33	330	165	99

Uit Tabel 3.2 blijkt dat de resultaten van beide modellen op meer toetspunten verschillen in rekenresultaten laten zien dan de validatiecriteria toestaan. Dit beeld komt overeen met de vergelijking tussen AERIUS en de NSL-RT. Zoals beschreven in paragraaf 3.2.2 is uit nader onderzoek gebleken dat in AERIUS diverse keuzes anders zijn gemaakt qua omgang met invoergegevens dan het geval was in de NSL-RT en TREDM. Het gaat er hier niet om dat de ene keuze duidelijk beter is dan de andere keuze. Het zorgt echter wel voor verschillen in resultaten die de validatie van het rekenhart van AERIUS lastiger maken.

Zoals eerder opgemerkt zijn in AERIUS andere keuzes gemaakt dan tot nu toe het geval was dan in de NSL-RT. In overleg met IenW is ervoor gekozen om de interpretatie van invoergegevens voor AERIUS en TREDM in lijn te brengen. Om dit te waarborgen heeft het RIVM software ontwikkeld waarmee de invoergegevens van het NSL op gelijke wijze aan beide modellen aangeboden kan worden. Kleine aanpassingen aan de interpretatie worden hiermee automatisch doorgevoerd. Indien één interpretatiewijze van de invoergegevens samen met diverse andere kleinere aanpassingen van de gegevens worden toegepast op de invoer voor zowel AERIUS als TREDM, ontstaat een betere vergelijking van de

rekenresultaten tussen de modellen. Immers, vrijwel alle invoergegevens worden dan door beide modellen op dezelfde manier geïnterpreteerd. Grofweg blijven alleen de verschillen over door de diverse implementaties van de rekenvoorschriften (Visser en Wesseling, 2020).

De NSL-invoer van de monitoringsronde 2019 met automatisch aangepaste invoer is opnieuw aangeboden aan AERIUS v2019 en TREDM. De resultaten voor geheel Nederland van beide modellen zijn vervolgens opnieuw vergeleken. De resultaten van deze vergelijking staan in Tabel 3.3 voor 2018, 2020 en 2030. Hierin is dus de gelijke interpretatiewijze van de invoergegevens op zowel AERIUS als TREDM toegepast. In de tabel wordt het totaal aantal in de vergelijking meegenomen toetspunten getoond en staan de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen de twee rekenmodellen. De validatiecriteria in absolute aantallen toetspunten voor prognosejaren zijn eveneens opgenomen in de tabel op basis van Tabel 2.3.

Tabel 3-3 Overzichtstabel van de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen AERIUS v2019 en TREDM voor NSL-monitoringsronde 2019 inclusief gelijke interpretatiewijze van de invoergegevens toegepast op beide modellen. In de tweede kolom staat het totaal aantal beschikbare toetspunten in beide modellen dat meegenomen is in de vergelijking. De validatiecriteria voor toekomstjaren (eis) staan op de onderste regel.

Jaar	Totaal aantal toets- punten	Vershil in SRM- 1 NO_x- bijdrage > 0,05 µg/m³	Vershil in SRM-2 NO_x- bijdrage > 4 µg/m³	Vershil in NO₂ totaal > 2 µg/m³	Vershil in PM₁₀ totaal > 0,25 µg/m³
2018	354.458	25	1.474	285	389
2020	354.300	28	285	108	129
2030	355.491	23	10	17	83
Eis 20/30	~330.000	33	330	165	99

Uit Tabel 3.3 blijkt dat voor alle jaren een redelijk goede overeenkomst tussen de resultaten van AERIUS en TREDM (inclusief gelijke interpretatiewijze invoergegevens) wordt gevonden. Het aantal toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen beide modellen is wat algemeen verwacht kan worden op basis van de implementaties van de SRM-1 en SRM-2 rekenvoorschriften. Dat de absolute aantallen verschillen voor de SRM-2-bijdragen in de toekomstige jaren afnemen, wordt veroorzaakt doordat de absolute emissies afnemen. De verschillen in rekenresultaten tussen de beide rekenmodellen nemen daardoor ook af. Dit was ook in alle eerdere validaties van de NSL-RT in de diverse NSL-monitoringsronden (MR2010-MR2019) zichtbaar.

3.2.4 Resultaten $PM_{2,5}$ en EC

$PM_{2,5}$ geeft, zoals te verwachten is, een vergelijkbaar beeld van verschillen als PM_{10} , behalve dat de absolute concentraties lager liggen. AERIUS berekent ook EC-concentraties. EC kan niet zondermeer vergeleken worden met TREDM, omdat TREDM niet met effecten van maatregelen op EC rekent. Bij berekeningen met AERIUS en TREDM zonder maatregelen zijn de verschillen in EC tussen beide modellen vergelijkbaar met PM_{10} en $PM_{2,5}$.

3.3 Rekenhart AERIUS lucht versie 2020

3.3.1 Basistests AERIUS v2020 en TREDM

In de NSL monitoringronde van 2020 wordt gerekend met de generieke gegevens zoals die in maart 2020 door het ministerie van IenW bekend zijn gemaakt. Bij het testen met deze gegevens bleek dat recente wijzigingen in de te gebruiken gegevens effect hebben op de resultaten van de validatie.

Gehanteerde meteorologie

TREDM rekent in de standaard modus met een enkele meteorologische statistiek per project. Bij het begin van de periodieke validaties van de NSL-RT is daarom een keuze gemaakt voor een enkele locatie per provincie waar de meteorologische statistiek wordt bepaald. Voor de validatie werd dus een enkele rekenrun gedaan per provincie. Deze resultaten werden vervolgens met die van de NSL-RT vergeleken.

In de monitoringronde 2019 is het wettelijk voorgeschreven ruwheidsveld (z_0) in Nederland aangepast. Dit heeft een effect gehad op de wijze waarop de meteorologie over Nederland wordt geïnterpoleerd. De aantallen toetspunten met relatief grote verschillen in rekenresultaten tussen de NSL-RT en TREDM waren in die monitoringronde groter dan eerder gebruikelijk was. In de huidige monitoringronde van 2020 is de wettelijk voorgeschreven meteorologische statistiek voor prognostische berekeningen aangepast. In plaats van het gemiddelde over de periode 1995-2004 wordt nu met het gemiddelde van de jaren 2005-2014 gewerkt. Deze meteorologie vormt ook de basis voor de interpolatie over Nederland, waardoor de prognostische meteorologie over geheel Nederland iets veranderd is. De consequentie van de veranderingen is dat de eerdere keuze voor de meteorologielocaties per provincie nu niet meer in alle gevallen voldoende representatief is voor de meteorologie in die provincie. In enkele provincies is het aantal toetspunten met relatief grote verschillen in resultaten van SRM-2 hierdoor toegenomen.

De toegenomen aantallen verschillen in SRM-2 resultaten zeggen niet noodzakelijkerwijs iets over de basis van de validatie, namelijk dat de beide rekenmodellen bij dezelfde invoer en randcondities voldoende vergelijkbare resultaten geven. Als de verschillen het gevolg zijn van de meteorologie-keuze, staat dat los van de rekenwijze van de gebruikte modellen. Om onterechte verschillen in rekenresultaten te voorkomen zijn de locaties voor de meteorologiesets in drie provincies iets aangepast voor berekeningen met TREDM. Het gaat om Overijssel, Gelderland en Noord-Brabant. In de eerste provincie is de locatie voor de meteorologie iets naar het centrum van de provincie geschoven. In

de andere provincies is in elk geval niet met een enkele maar met twee locaties voor de meteorologie gerekend. Hiermee wordt op de locaties in die provincies met meer representatieve meteorologie-statistiek gerekend. Het is belangrijk om voor ogen te houden dat er dus geen wijzigingen in de broncode of rekenwijze van TREDM zijn aangebracht. Er wordt alleen met randcondities gerekend die beter aansluiten bij de gewijzigde meteorologie voor prognostische berekeningen. Alle testberekeningen zijn met dezelfde versie van TREDM gedaan als eerder.

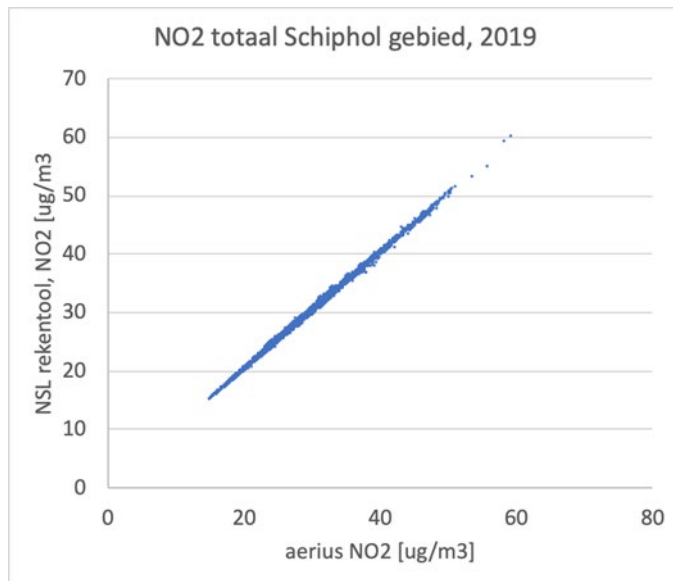
Voor SRM-1 wordt met een meteorologische-waarde per vierkante kilometer gerekend. TREDM en AERIUS rekenen met hetzelfde meteorologische-veld. Daarom zijn hier geen verschillen in de meteorologische systematiek die de vergelijking tussen de modellen kan beïnvloeden. Door de aanpassingen van de prognostische periode naar 2005-2014 voor de meteorologie-statistiek zijn de gemiddelde SRM-1 concentratiebijdragen 3-5% hoger dan met de periode 1995-2004.

Verfijning luchtvaartbijdrage

In de omgeving van Schiphol worden geografisch verfijnde achtergrondconcentraties gebruikt om de effecten van de luchtvaart op de totale NO₂- en O₃-concentraties in rekening te brengen. Het betreft hier een combinatie van verfijnde bijdragen en correcties op de 1 x 1 GCN-waardes. De correcties gaan hierbij tot circa 10 µg per m³ in vergelijking tot de GCN-concentraties op 1 x 1 km. De verfijning voor de luchtvaart zit niet in TREDM ingebouwd en kan dus niet met AERIUS worden vergeleken. In AERIUS wordt de verfijning wel in de berekening verwerkt, maar niet expliciet gerapporteerd. Voor het rekenjaar 2019 zijn de gegevens van de (niet meer operationele) NSL-RT echter nog beschikbaar, waarin de gehele concentratieopbouw wordt gerapporteerd. Met de gegevens van de NSL-RT is het mogelijk om handmatig te verifiëren dat de verfijnde bijdragen en correcties voor luchtvaart correct in deze rekentool is opgenomen. Vervolgens kunnen de netto concentraties vergeleken worden met die van AERIUS. Anders geformuleerd:

- De exacte grootte van de gebruikte luchtvaartverfijning en -correctie zit niet in de output van AERIUS, maar wel in die van de NSL-RT.
- Alle andere onderdelen in de opbouw van de concentraties (netto achtergrondconcentraties, wegbijdragen, dubbeltellingcorrectie snelwegen) worden wel gerapporteerd in de output van beide modellen.
- Zowel de totale concentraties als alle onderdelen van de totale concentraties zijn in beide modellen nagenoeg gelijk, in ieder geval binnen de gestelde validatiecriteria.
- Als bovenstaande allemaal klopt dan moeten de correcties voor luchtvaart ook op dezelfde manier verwerkt zitten in beide modellen.

Een vergelijking tussen de netto NO₂-concentraties van de NSL-RT en AERIUS in het gebied rondom Schiphol laat geen systematisch verschil zien voor de NSL-monitoringsronde 2019 (zie Figuur 3.2).



Figuur 3-2 Berekende NO_2 -concentraties rondom Schiphol, inclusief de verfijnde bijdrage en correctie voor luchtvaart in de NSL-monitoringsronde 2019

In de versies van AERIUS met generieke gegevens 2019 en 2020 zit exact dezelfde verfijnde bijdrage voor luchtvaart. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de correcties in de versie 2020 op dezelfde wijze geïmplementeerd zijn als in de versie 2019. Dit kan dus niet expliciet gecontroleerd worden, omdat de NSL-RT niet meer beschikbaar is voor de generieke gegevens 2020 en TREDM de luchtvaartbijdrage niet verfijnd modelleert. In dit gebied kan alleen expliciet gecontroleerd worden dat de berekende verkeersbijdragen rondom Schiphol wel overeenstemmen tussen AERIUS en TREDM.

3.3.2 Vergelijking geheel Nederland AERIUS v2020 en TREDM

Na de tests met de locaties voor de meteorologische statistiek per provincie en de verwerking van de luchtvaartbijdrage is onderzocht hoe AERIUS v2020 en TREDM overeenkomen. Hierbij is gebruik gemaakt van de generieke gegevens zoals die in maart 2020 door IenW bekend zijn gemaakt en van de NSL-invoergegevens uit de monitoringsronde 2019. Voor het rekenjaar 2019 is daarbij gebruik gemaakt van de invoer voor verkeer van het jaar 2018. De resultaten van AERIUS en TREDM zijn voor alle doorgerekende jaren in de monitoringsronde van 2020 met elkaar vergeleken: 2019, 2020 en 2030. De resultaten van de vergelijking tussen de twee modellen staan in Tabel 3.4. Hierin is, net als in eerdere vergelijkingen tussen AERIUS en TREDM, de interpretatie van de invoergegevens op basis van AERIUS ook toegepast op TREDM ("gelijke interpretatie invoergegevens", zie paragraaf 3.2.3). In de tabel wordt het totaal aantal in de vergelijking meegenomen toetspunten getoond en staan de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen de twee rekenmodellen. De validatiecriteria zijn eveneens opgenomen in de tabel op basis van Tabel 2.3.

Tabel 3-4 Overzichtstabel van de aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen AERIUS v2020 en TREDM voor NSL-monitoringsronde 2020 inclusief gelijke interpretatiewijze van de invoergegevens toegepast op beide modellen. In de tweede kolom staat het totaal aantal beschikbare toetspunten in beide modellen dat meegenomen is in de vergelijking. De validatiecriteria (eis) staan op de onderste regel.

Jaar	Totaal aantal toetspunten	Vershil in SRM-1 NO _x -bijdrage > 0,05 µg/m ³	Vershil in SRM-2 NO _x -bijdrage > 4 µg/m ³	Vershil in NO ₂ totaal > 2 µg/m ³	Vershil in PM ₁₀ totaal > 0,25 µg/m ³
2019	354.457	23	806	408	296
Eis 2019	~330.000	33	1.980	660	528
2020	346.682	24	177	74	99
2030	355.490	20	14	7	74
Eis 20/30	~330.000	33	330	165	99

Uit Tabel 3.4 blijkt dat voor alle jaren een redelijk goede overeenkomst tussen de resultaten van AERIUS en TREDM (inclusief gelijke interpretatiewijze invoergegevens) wordt gevonden. Het aantal toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen beide modellen is wat algemeen verwacht kan worden op basis van de implementaties van de SRM-1 en SRM-2 rekenvoorschriften. Net als voor versie 2019 nemen ook hier de absolute aantallen verschillen voor de SRM-2-bijdragen in de toekomstige jaren af.

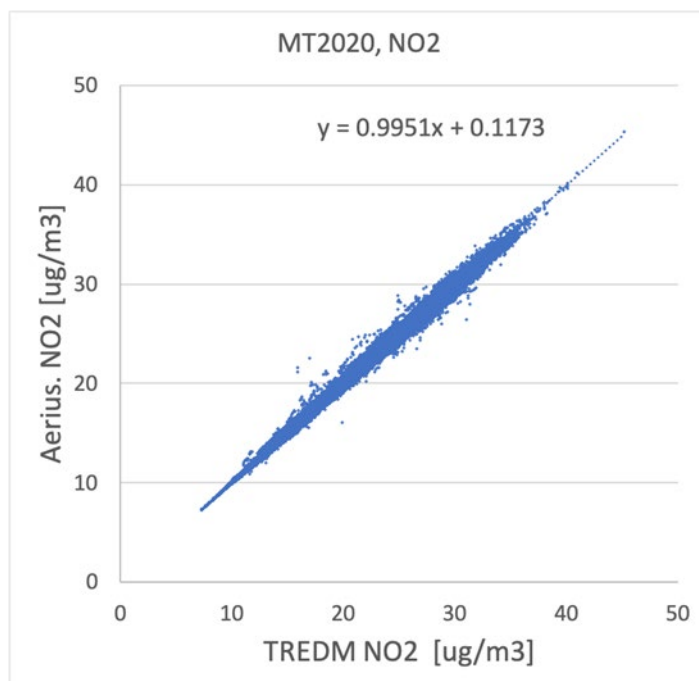
Als de vergelijking wordt gedaan van alle officiële NSL toetspunten, inclusief het gebied rondom Schiphol, dan neem het aantal locaties met relatief grote verschillen in totale NO₂-concentratie toe, zie het validatiecriteria "verschil in NO₂" in Tabel 3.5. Dit komt, doordat de correctie van de luchtvaartbijdrage niet opgenomen is in TREDM. Dit heeft alleen invloed op de vergelijking van de NO₂- en O₃-achtergrondconcentraties en niet op de wegbijdragen. De aantallen verschillen in de andere drie criteria blijven daardoor ongewijzigd.

Tabel 3-5 Aantallen toetspunten met verschillen in rekenresultaten boven een bepaalde waarde tussen AERIUS v2020 en TREDM voor NSL-monitoringsronde 2020 voor het jaar 2020 zonder en met (+S) het gebied rondom Schiphol.

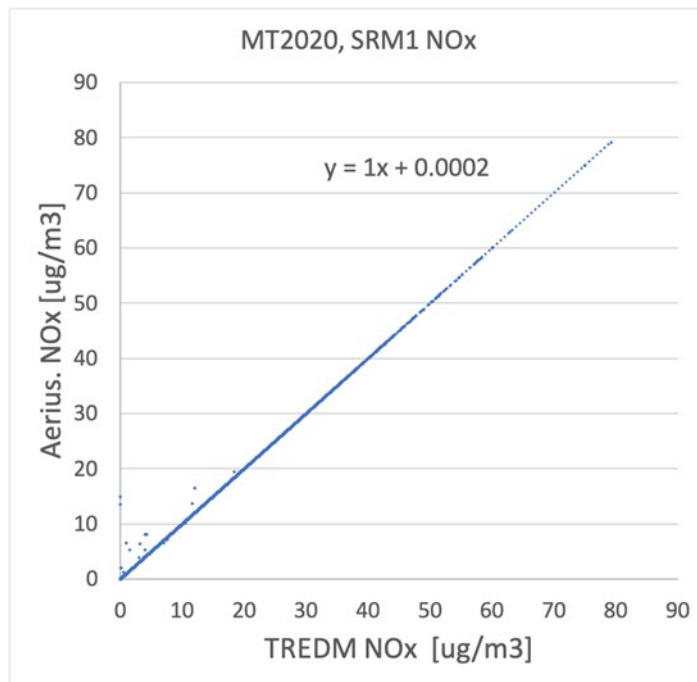
Jaar	Totaal aantal toetspunten	Verskil in SRM-1 NO _x -bijdrage > 0,05 µg/m ³	Verskil in SRM-2 NO _x -bijdrage > 4 µg/m ³	Verskil in NO ₂ totaal > 2 µg/m ³	Verskil in PM ₁₀ totaal > 0,25 µg/m ³
2020	346.682	24	177	74	99
2020+S	346.682	24	177	860	99

Een dergelijke verandering, in alleen de totale NO₂-concentraties, is wat grofweg wordt verwacht als de verfijnde bijdrage voor luchtvaart wel of niet wordt toegepast in beide rekenmodellen. De aantallen toetspunten met relatief grote verschillen in de verschillende wegbijdragen veranderen niet.

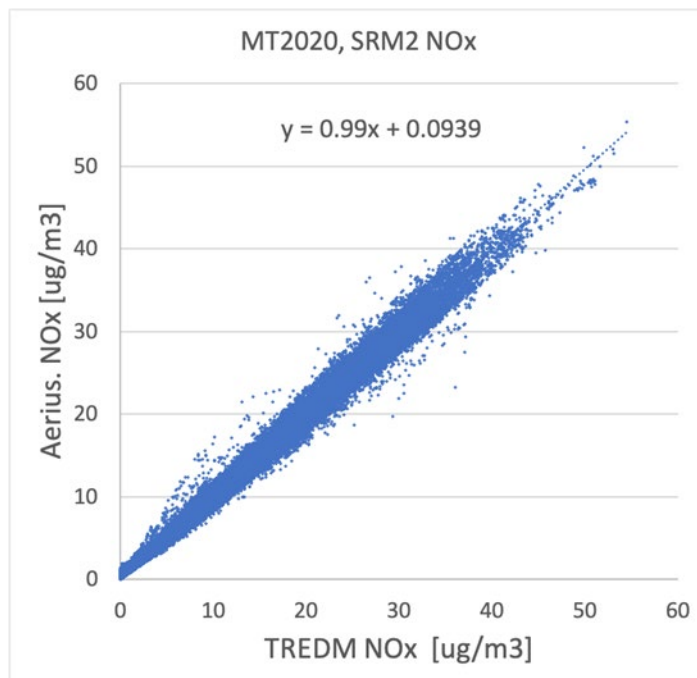
De resultaten van de modellen voor het rekenjaar 2020 zijn in Figuren 3.3-3.6 geplot voor alle locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteerden, overeenkomstig Tabel 3.4. De resultaten van een lineaire fit aan de data worden ook getoond. In de berekeningen is gebruik gemaakt van de verkeersgegevens uit NSL-monitoringsronde 2019 en de generieke gegevens van maart 2020.



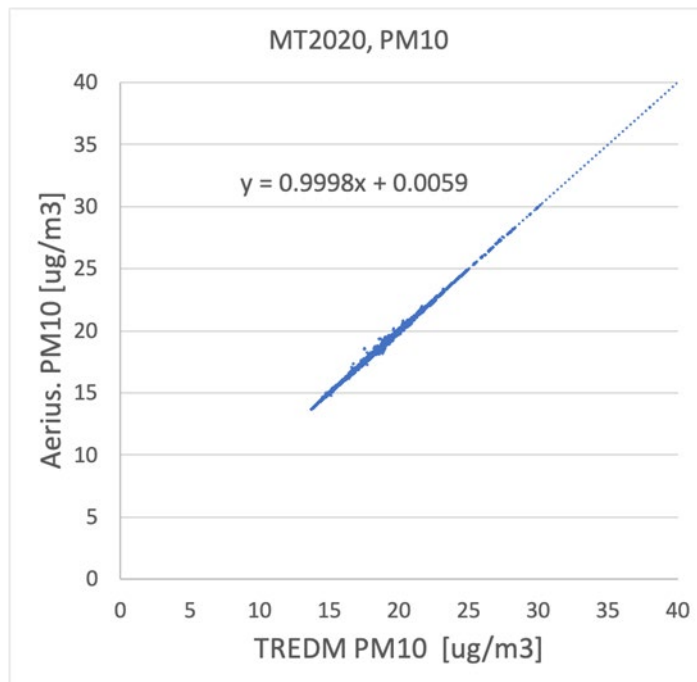
Figuur 3-3 Berekende totale NO₂-concentraties op alle locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteerden



Figuur 3-4 Berekende SRM-1 NO_x-concentraties op alle locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteerden



Figuur 3-5 Berekende SRM-2 NO_x-concentraties op alle locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteerden



Figuur 3-6 Berekende totale PM_{10} -concentraties op alle locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteerden

Het gemiddelde verschil tussen de berekende waarden in beide rekenmodellen is, afgerond op twee decimalen, $-0,02 \mu\text{g per m}^3$ voor de totale NO_2 , $0,00 \mu\text{g per m}^3$ voor de SRM-1 NO_x , $-0,04 \mu\text{g per m}^3$ voor de SRM-2 NO_x en $0,00 \mu\text{g per m}^3$ voor de totale PM_{10} -concentraties.

Op basis van deze interne validatie is er geen reden om te betwijfelen of de in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 beschreven Standaard Rekenmethoden 1 en 2 voor luchtkwaliteit langs wegen en bijbehorende gegevens correct in AERIUS, versie 2020, zijn geïmplementeerd.

4 Externe validatie

De validatie van AERIUS lucht zoals besproken in hoofdstuk 3 betreft een interne validatie van het RIVM op een product dat bij en voor het RIVM is ontwikkeld in opdracht van het ministerie van IenW. Om mogelijke discussies over de waarde van de validatie te voorkomen, is ook een onafhankelijke validatie door een externe partij uitgevoerd. Die geeft een beoordeling op de gehele validatieprocedure van het RIVM. Verder is de analyse van de verschillen tussen de diverse sets van rekenresultaten extern gevalideerd en gereproduceerd. Er zijn dus geen externe SRM-berekeningen uitgevoerd.

Voor de externe validatie is het Belgische VITO gevraagd. Volgens de website⁴ *"VITO is een Vlaamse onafhankelijke onderzoeksorganisatie op het gebied van cleantech en duurzame ontwikkeling."* VITO heeft veel expertise op het gebied van de modellering van luchtkwaliteit en heeft verschillende modellen op dat gebied zelf ontwikkeld. Deze expertise maakt VITO een goede partij om op korte termijn een volledig onafhankelijke beoordeling uit te voeren van de wijze waarop het RIVM de validatie van AERIUS heeft aangepakt en uitgevoerd.

De integrale uitvoer van de berekeningen met AERIUS en TREDM voor de jaren 2018, 2020 en 2030 voor versie 2019 en de jaren 2019, 2020 en 2030 voor versie 2020 is aan het VITO verstrekt. Tevens is de programmatuur om de resultaten te koppelen en te vergelijken bijgeleverd. De gevolgde procedure en enkele eerste versies van validatierapportages en lijsten met issues in de vergelijking tussen AERIUS, NSL-RT en TREDM zijn aan het VITO geleverd. De nodige detailvragen zijn vervolgens door het RIVM beantwoord.

De uitgevoerde externe validatie en de resultaten zijn beschreven in een rapport van VITO (Lefebvre, 2020). De hoofdconclusie van de externe validatie is:

"In deze studie werd het validatieschema voor een nieuwe modelimplementatie voor de berekeningen in het kader van NSL onder de loep genomen.

We vonden dat het kader grootschalig gezien sterk genoeg was, maar dat enkele verfijningen het nog kunnen verbeteren. Deze verfijningen werden dan ook beschreven.

Het verfijnde kader werd daarna toegepast op de nieuwste modelimplementatie (AERIUS). Het model slaagt op alle criteria, waarvan op vele criteria ruim."

Reactie RIVM op aanbevelingen externe validatie

Naar aanleiding van de adviezen in de externe validatie is de validatie van het RIVM met twee aspecten uitgebreid. In de eerste plaats zijn regressielijnen aan de scatterplots van de resultaten van AERIUS en

⁴ <https://vito.be/nl>

TREDM toegevoegd (zie Figuren 3.3-3.6). Ten tweede is de gemiddelde bias tussen de berekende totale NO₂-concentraties, de NO_x-wegbijdragen en de totale PM₁₀-concentraties van beide modellen bepaald. Deze zijn aan het einde van paragraaf 3.3.2 opgenomen.

5 Conclusies

Op basis van de uitgevoerde tests en validaties op AERIUS lucht versie 2019 en 2020 kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt en conclusies worden getrokken:

- De afgelopen jaren zijn er op basis van verschillende studies en de resultaten van de NSL-monitoring validatiecriteria geformuleerd voor de acceptabele verschillen tussen de resultaten van de NSL-rekentool en een onafhankelijke eigen implementatie van SRM-1 en SRM-2 van het RIVM (TREDM). Vergelijkingen tussen de NSL-rekentool en TREDM laten een redelijk consistent beeld zien over de afgelopen vier monitoringsronden (2016 – 2019).
- Bij de tests met AERIUS versus eerst de NSL-RT en later TREDM is gebleken dat er verschillen zijn tussen AERIUS en de NSL-RT. AERIUS maakt diverse keuzes qua omgang met invoergegevens anders dan eerder het geval was in de NSL-RT en TREDM. In de loop der jaren waren veel verschillen tussen TREDM en NSL-RT al aangepast door in beide modellen de interpretatie van de invoergegevens op één lijn te brengen.
- De resultaten van tests met zowel AERIUS versus de NSL-RT als AERIUS versus TREDM laten meer relatief grote verschillen in rekenresultaten zien dan de validatiecriteria toestaan.
- Indien een gelijke interpretatiewijze van de invoergegevens samen met diverse andere kleinere aanpassingen van de gegevens worden toegepast op de invoer voor zowel AERIUS als TREDM, ontstaat een betere vergelijking van de rekenresultaten tussen de rekenmodellen.
- Bij gebruik van bestaande complexe maatregelgebieden uit voorgaande NSL-monitoringsronden in AERIUS is het nodig dat deze door de gebruiker zelf in een simpeler vorm worden omgezet.
- Het verdient aanbeveling om het effect van de verschillende keuzes om emissies op provinciale wegen door te rekenen nader te onderzoeken.
- Door wijzigingen in de voorgeschreven ruwheden en meteorologie-statistiek voor prognosejaren sluit de in TREDM gehanteerde keuze van een enkele locatie voor de meteorologiesets per provincie minder goed aan dan eerder het geval was. Daarom zijn enkele provincies met meer locaties voor de meteorologiesets doorgerekend. Het is belangrijk om voor ogen te houden dat er dus geen wijzigingen in de broncode of rekenwijze van TREDM zijn aangebracht.
- De verfijnde bijdrage voor luchtvaart is niet in TREDM geïmplementeerd. Daarom kan de juistheid van deze verfijning in AERIUS niet automatisch worden gecontroleerd. Een testvergelijking met de NSL-rekentool geeft aan dat de verfijning voor luchtvaart correct in AERIUS is ingebouwd.
- De eindvalidatie voor de in NSL-monitoringsronde 2020 te gebruiken versie van AERIUS laat, als gelijke interpretaties van de invoergegevens worden toegepast op de invoer voor zowel AERIUS als TREDM, geen verschillen in rekenresultaten tussen

AERIUS en TREDM zien die groter zijn dan de validatiecriteria. De absolute waarden van de gemiddelde verschillen tussen AERIUS en TREDM op de locaties waar beide modellen een geldig resultaat rapporteren zijn voor het rekenjaar 2020 niet groter dan (afgerond) 0,04 µg per m³.

- Op basis van deze interne validatie is er geen reden om te betwijfelen of de in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 beschreven Standaard Rekenmethoden 1 en 2 voor luchtkwaliteit langs wegen en bijbehorende gegevens correct in AERIUS, versies 2019 en 2020, zijn geïmplementeerd.
- Om mogelijke discussies over de waarde van de validatie van het RIVM te voorkomen, is ook een onafhankelijke toetsing van de validatie uitgevoerd door experts van het Belgische VITO. De conclusies van deze externe validatie is samengevat als volgt:

Het kader van de uitgevoerde vergelijking was grootschalig gezien sterk genoeg, maar enkele verfijningen kunnen het nog verbeteren.

Deze verfijningen werden dan ook in het rapport van VITO beschreven en toegepast op de nieuwste modelimplementatie (AERIUS). Het model slaagt op alle criteria, waarvan op vele criteria ruim, aldus het VITO-rapport.

6 Literatuur

Beijk R, Wesseling J, van Alphen A, Mooibroek D, Nguyen L, Groot Wassink H, Verbeek C (2011) Monitoringsrapportage NSL, Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit 2011, RIVM Rapport 680712003

Lefebvre W (2020) Beoordeling procedure vergelijking rekenmodellen, VITO, 2020/RMA/R/2218, April 2020

Nguyen PL, Wesseling J (2010) Benchmark snelwegenmodellen; Resultaten van de vergelijking in 2010, RIVM Briefrapport 680705016/2010

Velze K van (PBL), Wesseling J (2014) Technische beschrijving van standaardrekenmethode 1 (SRM1), RIVM Briefrapport 2014-0127

Vermeulen AT (2008) VLW versie 2.80, Beschrijving van de aanpassingen in het VLW rekenhart ten behoeve van ISL2 v1.20, ECN-E-08-041

Vermeulen AT (2011) Review TREDM versie april 2011, ECN-X-11-084, November 2011

Vermeulen AT, de Groot GJ, Wesseling J, Erbrink JJ, Hollander K (2004) Het VLW Model: Vergelijking en afstemming van het VLW met het KEMA-Verkeersmodel NNM en het TNO-Verkeersmodel, ECN-C-04-003

Visser S, Wesseling J (2020) Actualisering en addenda SRM-1 en SRM-2, RIVM Briefrapport 2020-0118

Wesseling J, Nguyen L (2010) Een toets van standaardrekenmethodes voor berekeningen aan luchtkwaliteit in de Monitoring van het NSL, Briefrapport 680705017/2010

Wesseling J, Nguyen LN, Beijk R (2011) Test van de rekenmethoden in de monitoringtool, versie 2011, RIVM Briefrapport 680705021/2011

Wesseling J, Nguyen L, Hoogerbrugge R (2018) Gemeten en berekende concentraties stikstofdioxiden en fijnstof in de periode 2010 t/m 2015 (Update); Een test van de standaardrekenmethoden 1 en 2, RIVM Rapport 2016-0106

Wesseling J, van Velze K (PBL) (2014) Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM-2) voor luchtkwaliteitsberekeningen, RIVM Briefrapport 2014-0109

Wesseling J, van Velze K, Hoogerbrugge R, Nguyen PL, Beijk R, Ferreira JA (2013) Gemeten en berekende (NO₂) concentraties in 2010 en 2011: Een test van de standaardrekenmethoden 1 en 2, RIVM Rapport 680705027

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag