Samen meten: waar staan we anno 2019?

TOEPASSINGEN EN UITDAGINGEN VAN SENSORDATA

De afgelopen jaren is het meten van luchtkwaliteit aan het veranderen. Burgers maken steeds vaker gebruik van nieuwe, goedkope sensoren. In steden en op het platteland ontstaan sensornetwerken. Het RIVM heeft hierop ingespeeld en de ontwikkeling mede vorm gegeven door het testen en kalibreren van sensoren en door het creëren van een kennis- en dataportaal. In dit artikel staan we stil bij enkele vragen die nu spelen. Welke uitdagingen hebben we al overwonnen? Welke staan ons nog te wachten?

OOST WESSELING, CHRISTA BLOKHUIS, HENRI DE RUITER, DERKO DRUKKER, ERNIE WEIJERS, HESTER VOLTEN, JAN VONK, LOU GAST, MARITA VOOGT, PETER ZANDVELD, SJOERD VAN RATINGEN, ERIK TIELEMANS

Innovaties in milieu meten

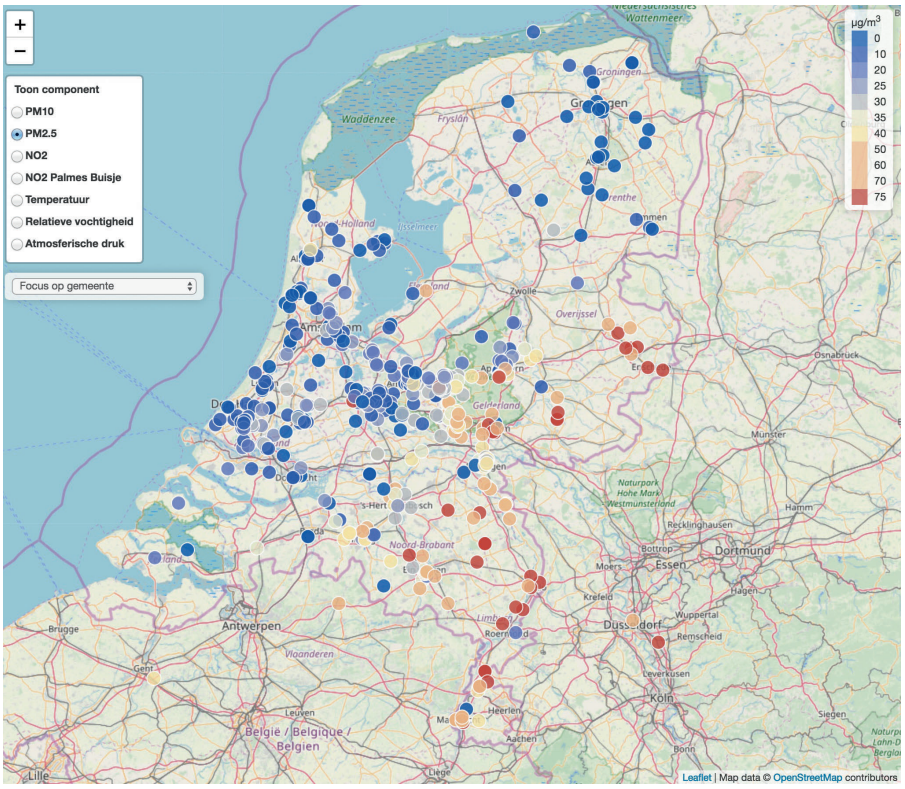
De ontwikkeling van sensoren maakt het mogelijk om veel en goedkoop te meten aan luchtkwaliteit. In 2016 is het RIVM daarom binnen de werkzaamheden voor het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gestart met het Innovatieprogramma Milieumonitoring. Dit is een vijfjarig programma met als doelen het verfijnen van de landelijke metingen en het vergroten van de betrokkenheid van burgers bij de leefomgeving. Voor overheden en wetenschappers vormen sensoren een goedkope toevoeging op de officiële metingen en bieden mogelijkheden om te meten met een hogere frequentie en resolutie. Bovendien openen sensoren deuren voor allerlei innovatieve toepassingen van metingen gekoppeld aan GPS en/of mobiele telefoons, waardoor het meten van individuele blootstelling dichterbij komt. Een voorbeeld is het project 'Snuffelfiets' van de provincie Utrecht, waarbij bewoners uit verschillende steden een fijnstofsensor op hun fiets krijgen om de luchtkwaliteit van fietsroutes te bepalen.

De opkomst van goedkope sensoren brengt uitdagingen met zich mee voor referentie-instituten. Op het eerste gezicht lijkt het logisch om sensoren te testen en pas als ze voldoen aan officiële meetcriteria in gesprek te gaan met burgers en overheden. Het RIVM heeft er echter voor gekozen om al in een vroeg stadium de samenwerking met burgers

op te zoeken. Om sensordata van burgermetingen te ondersteunen en de data bruikbaar te maken, is het echter niet alleen nodig de data te kalibreren en toe te passen, maar ook noodzakelijk om infrastructuur en communicatiekanalen op te zetten. Het RIVM heeft hier invulling aan gegeven door het kennis- en dataportaal te ontwikkelen en in dit proces open te staan voor feedback van gebruikers.

In het licht van officieel gebruik van metingen zou een referentie-instituut kunnen besluiten om sensormetingen snel te standaardiseren, door voor te schrijven welke sensor(en) men dient te gebruiken. Momenteel is de technologie echter nog niet uitontwikkeld en data van sensoren is niet van dezelfde kwaliteit als die van officiële metingen. Bovendien zijn er diverse burgergroepen die experimenteren met sensoren en hun bevindingen delen. Door het opleggen van een standaard in deze fase, kunnen deze smart citizens zich beperkt voelen in hun vrijheid en kunnen initiatieven die ontstaan via stadlabs en burgerverenigingen geremd raken. Tevens ontstaat het risico dat de data van deze burgergroepen niet wordt gebruikt, en dat zou zonde zijn.

Kortom, het is van belang om de wens voor standaardisatie af te wegen tegen de wensen van een brede groep belanghebbenden. Dit is inclusief partijen die minder gemakkelijk of intensief met het RIVM samenwerkten, waaronder burgers, gemeenten en bedrijven. De gemeenschap 'Samen Meten' is anno 2019 in Nederland een begrip geworden. De voorzieningen en de gemeenschap zijn stapsgewijs en in samenspraak opgebouwd. De groeiende interesse van burgers in luchtkwaliteit en wat de mogelijkheden zijn van de huidige sensortechnologie vormden een startpunt voor het kennisportaal (www.samenmeten.nl). Hier kan iedereen die zelf wil meten de benodigde informatie vinden.



Figuur 1: Weergave van het RIVM dataportaal op 26 juni 2019. De fijnstofsensoren laten hoge concentraties PM2.5 zien in het zuidoosten van Nederland. De officiële metingen laten hetzelfde patroon zien.

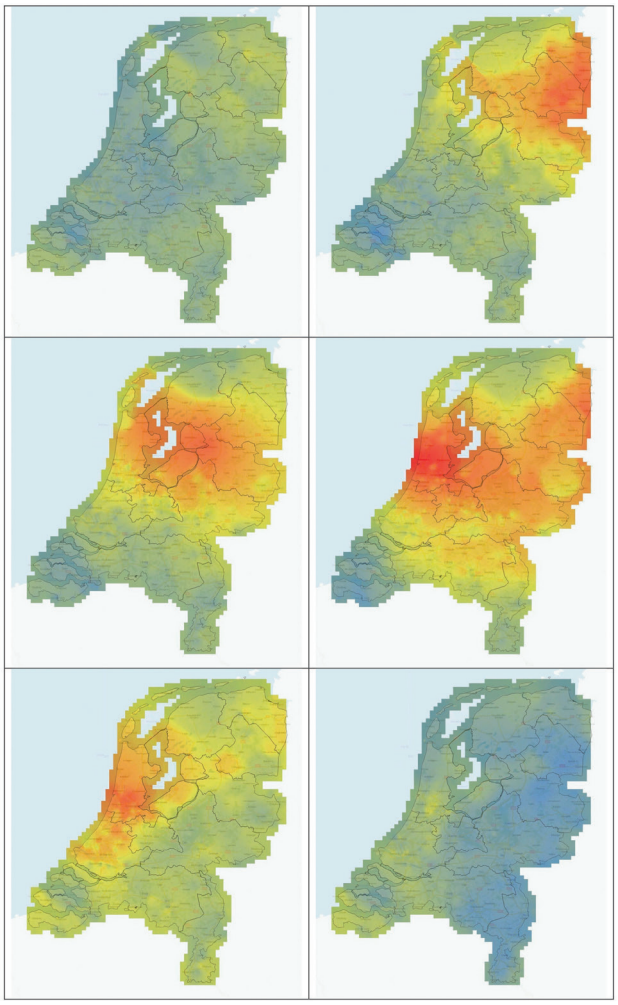
Waar het RIVM de ontwikkeling van de 'Samen Meten' gemeenschap in internationale overleggen presenteert is men vaak verbaasd dat een dergelijke samenwerking tussen een referentie-instituut en burgers bestaat.

Dataportaal

Het dataportaal (https://samenmeten.rivm.nl) (Figuur 1) is een centrale plek waar het RIVM de data van verschillende sensoren ontsluit. Alle data die via het dataportaal ontsloten wordt, is openbaar beschikbaar. Om dit zo te houden, is het belangrijk dat het databeheer belegd is bij een onafhankelijke partij. Door een platform aan te bieden voor alle geïnteresseerde partijen of individuen, kunnen gebruikers zich richten op het toepassen van hun meetresultaten. De afgelopen jaren is het dataportaal uitgegroeid tot een plek waar meer dan tien projecten en diverse individuen hun data delen. Ook haalt het RIVM data van de Nederlandse deelnemers aan Luftdaten (https://luftdaten.info/nl) binnen. Dit van oorsprong Duitse citizen science project stelt al hun sensordata openbaar beschikbaar. Sinds kort is het mogelijk om naast real-time sensordata, de maandgemiddelden van NO_2-Palmesbuisjes terug te zien op het dataportaal.

Data van sensoren is niet van dezelfde kwaliteit als die van officiële metingen

De data op het RIVM dataportaal is sinds kort te bereiken via een Application Programming Interface (API). Dit maakt het mogelijk voor iedereen om de gewenste hoeveelheid data van één of meer sensoren naar keuze te downloaden. Voor gebruikers die niet bekend zijn met API's, wordt binnenkort een downloadfunctie ontwikkeld. Aanvullend op de huidige visualisaties met interactieve grafieken op het dataportaal, werkt het RIVM aan meer manieren om de sensordata te presenteren. Momenteel wordt geëxperimenteerd met tijdreeksen, windrozen en samenvattingen per week of maand. Voordat de sensormetingen op het dataportaal beschikbaar zijn, moeten →



Figuur 2: Kaarten van de stofwolk die over Nederland trok tijdens Pasen 2019. Er is gebruik gemaakt van de 45 officiële referentiestations en ongeveer 350 fijnstofsensoren. De stofwolk bestond hoofdzakelijk uit PM2.5. Legenda: blauw = 0 µ/m3; rood = 130 µ/m3. De kaarten verlopen van 20 april 23:00 (links boven) tot 21 april 14:00 (rechts onder), in stappen van 3 uur.

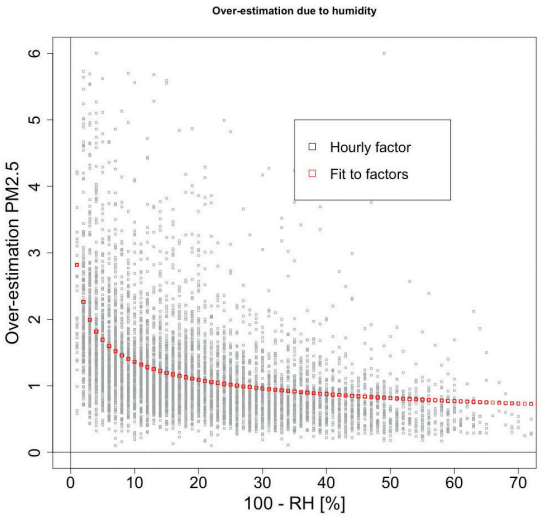
deze vanaf de meetlocatie naar de server worden verzonden. De afgelopen jaren heeft het RIVM diverse zogenaamde Internet of Things technieken geprobeerd, met wisselend succes. Het koppelen van een sensor aan het Internet via een Wi-Fi-verbinding vereist een aantal stappen van de gebruiker. Hierdoor is deze techniek vooral geschikt voor meer technisch onderlegde personen. Een Wi-Fi-verbinding valt soms weg, wat kan leiden tot missende gegevens. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) is een vorm van internetcommunicatie waarvoor geen Wi-Fi of 3G nodig is. Het wordt aangeboden door verschillende partijen en is speciaal ontwikkeld voor grotere afstanden. Het RIVM gebruikt één van de niet-commerciële systemen, "The Things Network" (TTN). Het koppelen van een meetpunt aan het LoRa-netwerk gaat geheel automatisch en is daarom eenvoudiger dan Wi-Fi. Een nadeel is dat LoRa in Nederland vooral beschikbaar is in stedelijke gebieden en dat het voor het RIVM niet praktisch is om eigen gateways op te zetten in rurale gebieden. Een derde variant, Narrow Band IoT (NB-IoT), lijkt momenteel de meest geschikte oplossing om data van luchtkwaliteitssensoren te versturen omdat het weinig storingsgevoelig is en landelijke dekking heeft.

Kalibratie van sensoren

De huidige generatie sensoren wordt gekenmerkt door wisselende prestaties, waardoor de data niet altijd direct bruikbaar zijn. Het RIVM experimenteert daarom met een aantal kalibratiemethoden. Voor de stikstofdioxidesensor B43F van Alphasense is een kalibratiefunctie afgeleid waarin temperatuur en ozon worden meegenomen. Een uitgebreide toelichting op de kalibratie van deze NO_2-sensor is terug te vinden op www.samenmeten.nl of in het artikel van Van den Elshout et al, 2019. Op dit moment leveren ongeveer vijfhonderd fijnstofsensoren data aan het dataportaal. Dit creëert de mogelijkheid om de sensordata en de officiële metingen te combineren in de uurlijkse kaarten voor luchtkwaliteit (www.luchtmeetnet.nl), zodat deze kaart een verfijnd beeld geeft op plekken waar burgers meten. Een experimenteel voorbeeld was het meten van fijn stof afkomstig van de Paasvuren in 2019. Van de meeste sensoren op het dataportaal is niet bekend onder welke omstandigheden de metingen plaatsvinden, terwijl bekend is dat fijnstofsensoren gevoelig zijn voor o.a. luchtvochtigheid. Daarom wordt een 'on-the-fly'-kalibratie toegepast. Het RIVM experimenteert met twee technieken hiervoor.

Bij de eerste 'on-the-fly'-techniek voor kalibratie wordt er een functie afgeleid gebaseerd op de relatieve luchtvochtigheid. Het wordt aangenomen dat deze functie kan worden gebruikt voor andere sensoren op locaties in de buurt aangezien groepen van fijnstofsensoren (type SDS011) vergelijkbare resultaten leveren en luchtvochtigheid de belangrijkste factor lijkt in de kalibratie.

Met deze informatie in het achterhoofd is het mogelijk om een kaart van gemeten relatieve luchtvochtigheid in te zetten als een kaart met correcties voor de fijnstofsensoren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de real-time data van het KNMI. Veel fijnstofsensoren zijn voorzien van een eigen sensor voor enkele meteo-gegevens als druk, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. De ervaring van het RIVM is dat deze, eveneens goedkope, sensoren snel kapot gaan en daarom geen betrouwbare bron vormen voor de kalibratie. De meetstations van het KNMI staan verspreid over enkele tientallen meetpunten in Nederland. Dit betekent dat de beschikbare informatie over luchtvochtigheid op een specifieke locatie meestal bij benadering is. De onzekerheid die dit meebrengt in de kalibratie wordt gecompenseerd door het feit dat de luchtvochtigheid slechts relatief langzaam in ruimte en tijd verandert en dat de nauwkeurigheid en stabiliteit van de officiële meteorologische data erg goed is.



Figuur 3 Ratio tussen de uurlijkse officiële metingen voor PM2.5 op station Amsterdam Vondelpark en het gemiddelde van 20 (Nova SDS011) sensoren in het centrum van Amsterdam als functie van (100-RH), waar RH is de relatieve luchtvochtigheid in %. De grafiek toont de gevoeligheid van de sensoren voor hoge luchtvochtigheid en de bijbehorende correctiefactor ("over-estimation"). Er is gebruik gemaakt van data van het gehele jaar 2018 (sensoren en referentiestation) en de luchtvochtigheidsgehalten van meteorologisch station Schiphol.

De tweede 'on-the-fly'-methode maakt gebruik van de verhouding tussen de meetresultaten van de officiële metingen en een groep van nabije sensoren. Hierdoor is het gebruik van meteorologische data niet nodig. Aangezien de bijdrage aan de concentraties PM10 en PM2.5 van lokale bronnen in Nederland gemiddeld laag is (vaak in de orde van enkele µg/m3), kunnen de meetresultaten van sensoren in de meeste gevallen voor kalibratie worden vergeleken met die van een referentiestation tot op meerdere kilometers afstand (Figuur 1). De resulterende verhoudingen van concentraties op alle locaties met zowel sensoren als officiële metingen kan geïnterpoleerd worden voor heel Nederland waardoor wederom een kaart met correcties ontstaat. Voor elke individuele sensor wordt de correctie apart toegepast; het gekalibreerde resultaat is dus geen gemiddelde van de omgeving. Het RIVM test momenteel beide methoden en kijkt daarbij ook naar de onzekerheden van de methoden.
Op het dataportaal zijn de gekalibreerde waarde van fijnstofsensoren te zien gebaseerd op de tweede 'on the fly'-kalibratie. Het RIVM zal de komende jaren blijven werken aan het verbeteren van de sensorkalibratie. Uiteindelijk is de verwachting dat er een selectie kan worden gemaakt van sensoren die (deels) kunnen worden toegepast in de officiële monitoring en modellering.

Voor elke individuele sensor wordt de correctie apart toegepast

Ontwikkelingen in sensordata

In hoeverre sensordata bruikbaar is voor wetenschap en beleid, hangt deels af van de kennis die beschikbaar is over de mogelijkheden en beperkingen van de sensortechnologie. Als referentie-instituut probeert het RIVM om voortdurend bij te blijven en te communiceren over ontwikkelingen op dit vlak. In plaats van te bepalen of sensordata goed of slecht is, biedt het toevoegen van metadata gebruikers ondersteuning bij de interpretatie van sensordata. Dit is een belangrijke volgende stap in de ontwikkeling van het dataportaal. Het RIVM is ook actief betrokken bij internationale fora en werkgroepen, zoals de CEN Technische Commissie, die zich bezighouden met ontwikkeling van meetstandaarden voor sensoren. Onlangs nog heeft het RIVM bijgedragen aan een artikel over het classificeren van gegevens die van sensormetingen worden afgeleid, variërend van ruwe data tot sterk bewerkte gegevens waar ook andere data bij worden betrokken. (https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b03950)

Naast het bewaken van de kwalitatieve, technische aspecten van sensordata, is het voor het RIVM minstens zo belangrijk om oog te houden voor de sociaal-maatschappelijke betekenis van citizen science projecten, zoals onderzocht wordt in het project Boeren & Buren (https://www.rivm.nl/boeren-en-buren). Hier meten agrarisch ondernemers, omwonenden en de gemeente Venray, onder begeleiding van het RIVM, gezamenlijk aan luchtkwaliteit. In een later stadium zal het RIVM uitgebreider publiceren over dit project.

Toekomstbeeld

In de afgelopen jaren heeft het RIVM, als onderdeel van het werk voor het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, en in samenwerking met burgers en andere partijen, een kennis- en dataportaal gerealiseerd. Hierbij zijn diverse bijdragen geleverd op de gebieden van sensorkalibratie en –interpretatie, en is het RIVM deel geworden van een gemeenschap van enthousiaste, zelf-metende burgers. In de nabije toekomst zal het RIVM het dataportaal verbreden met data van sensoren voor waterkwaliteit en geluid maar ook met meer burgerwaarnemingen, bijvoorbeeld over geur of andere vormen van hinder. Andere vervolgstappen zijn het integreren van satellietdata in uurlijkse kaarten en meer toespitsen op individuele blootstelling zoals in het eerdergenoemde project 'Snuffelfiets'. Er liggen met het dataportaal ook mogelijkheden om bij te dragen aan de uitvoering van het Schone Lucht Akkoord, waar burgerparticipatie een belangrijk onderdeel van wordt. Verder voorziet het RIVM om vaker deel te nemen in projecten zoals 'Boeren en Buren'. Voor referentie-instituten en vergelijkbare organisaties zal het belangrijk blijven om als een onafhankelijke partij op te treden in het beoordelen van data, ongeacht of deze zijn verkregen met officiële meetapparatuur of sensoren. Het RIVM zal de komende jaren blijven inspelen op de ontwikkelingen in sensortechnologie en de maatschappelijke vragen die hier bij ontstaan. ■

Alle auteurs zijn deel van het 'Samen Meten'-team van het RIVM.

Dit artikel is gebaseerd op Wesselink et al., 2019. Development and Implementation of a Platform for Public Information on Air Quality, Sensor Measurements, and Citizen Science. Atmosphere. 10 (8), 445. https://doi.org/10.3390/atmos10080445.