



NIETS

JIJ doet alsof er  
aan de hand is

NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>  
emissies

SIRE

## **notitie**

# **Werkkader en Organisatiestructuur Luchtkwaliteitsmeetprojecten ervaringen met een citizen science toepassing**

Auteur: Teus Hagen, [ver. Behoud de Parel](#)

Datum: september 2023 (versie 21-11-23)

### ***Inleiding***

Om meer te weten te komen van de lokale luchtkwaliteit startte in 2011 ver. Behoud de Parel met het verzamelen van luchtkwaliteitsmeetwaarden van landelijke meetstations van [Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit](#) (NSL). In 2017 werd begonnen met de ontwikkeling en meten van met name fijn stof om een betere en kwalitatieve real-time meetgegevens te verkrijgen op meer lokaal detail niveau in een *agrarische omgeving* van Grubbenvorst, gem. Horst aan de Maas, en paar jaar later in St. Anthonis, gem. Land van Cuijk<sup>1</sup>.

Deze notitie is gebaseerd op de ervaringen bij de opzet van een regionaal lokaal meetnetwerk en op de vele gesprekken met andere lokale meetinitiatieven en het luchtkwaliteitsteam van het RIVM in het kader van oa. het ‘Samen Meten’ programma.

Op enkele plaatsen in Nederland is uit onrust over de effecten van verontreiniging van hun leefomgeving en uitblijven van maatregelen tot verbetering ‘*hun omgeving zelf maar in de gaten zijn gaan houden*’ met low-cost meetapparatuur, data-communicatie en data analyses. De waarnemingen en het kennisniveau (citizen science) heeft een redelijke zei het nog indicatieve kwaliteit bereikt. Het is een bottom-up ontwikkeling<sup>2</sup> met als nadeel dat de toepassing van de resultaten van het project mislukken zodra de resultaatvraag vaag is of blijft tussen de werkkaders maar bovenal een commitment aan de top ontbreekt, de fase: het werkkader van beleidsvoerders, bestuurders en ondernemers.

De fundamentele vraag ‘wat kan ik met de resultaten, en wat mis ik nog aan resultaat’ mag niet ongewis zijn in de projectdefinitie en werkzaamheden. Het gaat niet om de juridische regeltjes maar om “*wat je wilt bereiken: luisteren, oplossen en leren op een volledig open en transparantie manier*”.

Het doel is om de maximale gezondheidswinst te kunnen behalen. Gesamelijk als maatschappij, (lokale) overheidsdiensten, beleidsmaker(s) en omwonenden met behulp van de (lokale) gemonitorde emissie beperkende maatregelen op een adequate en effectieve manier.

Om dat goed te kunnen doen, moeten we weten welke de gezondheidsrelevante indicator zorgelijkst is (monitoring) en de emissies te beperken tot een aanvaardbaar niveau op een effectieve manier kunnen. Dat wordt gedaan door middel van meten van een zeer beperkt aantal stoffen zg.

---

1 De toenmalige gem. St. Anthonis heeft op initiatief van een lokale politieke partij en een groep vrijwilligers de oprichting van stichting [Burgerwetenschappers Land van Cuijk](#) (mogelijk gemaakt).

2 Zie ‘The Cathedral and the Bazaar’ toonaangevend essay van Eric Raymond over de project problematiek bij top-down en bottom-up bij de Open Source software projecten.

'indicatoren' en bij voortduur deze te monitoren. Met modellen wordt een benadering gezocht tot het effect op de gezondheid via de zg. '*blootstelling*'. Het blijft echter een benadering van de echte blootstelling. De methodiek is een risico inschatting via voornamelijk een jaarlijks gemiddelde en aantal dagen van overschrijding van een bepaald daggemiddelde van bijv. fijn stof niveaus. In de praktijk blijkt dat de uitkomst van het model behoorlijk verschillen met de werkelijkheid. Bijvoorbeeld door lokale veranderingen en binnenhuis/buitenhuis verblijf, lokale weersinvloeden, etc.

TNO beschrijft in haar informatie rapport '[Fijnstof: Norm gehaald, probleem niet opgelost](#)' een iteratief cyclisch technisch proces om te komen tot een effectieve lokale meet-aanpak waar uiteindelijk volgens TNO de lokale overheid een hoofdrol in vervult:

1. Brongericht en iteratief de fijnstofsamenstelling bepalen.
2. Brongerichte en specifieke monitoringsstrategie inrichten.
3. In kaart brengen van luchtkwaliteit in ruimte en tijd.
4. Lokaal een gezondheidsrelevante indicator voor fijnstof-mengsels bepalen.
5. Lokaal fijnstofbeleid voor gezondheidswinst opzetten.



Wat kunnen we met lokale ingrepen gedaan worden dit te halen?  
En hebben die ingrepen effect?

Het belang van emissie metingen:

Het Europese Parlement aanvaarde in september 2023 een amendement<sup>3</sup> over luchtkwaliteit in Europa: striktere limieten voor enkele verontreinigende emissies zoals fijn stof PM<sub>2,5</sub> en stikstof dioxide NO<sub>2</sub> tot het niveau van de aanbevelingen van Wereld Gezondheidsorganisatie WHO.

Weliswaar dus niet tot 2030 maar tot 2035. Het goed meten is van belang om inzicht te krijgen over de voortgang van nu te nemen maatregelen om de advieswaarden te halen.

### ***Low-Cost fijnstofmeters geplaatst in historisch perspectief***

De lokale verontreinigende uitstoot van te hoge lokale emissies van bijv. Chemour, Schiphol, Tata-Steel, maar ook de luchtwassers in de Intensieve Veehouderij de milieuvergunning blijken in de praktijk de verwachtingen ver te overtreffen. Wat er lokaal aan de hand is blijkt te vaak dan ook niet gemeten te worden. De beleidsacties vinden pas plaats pas als omwonenden zelf gaan meten en luid aan de bel trekken. Dat is te laat en dat gaat te moeizaam. Is de lokale overheid soms te bang voor claims nav. emissiemetingen<sup>4</sup>?

3 Tekst van [EU amendement sept. 2023](#) tot WHO luchtkwaliteit advieswaarden te bereiken in 2030.

4 Zoals bijvoorbeeld een RUD ambtenaar dat beaamde op een Kennisplatform Veehouderij en humane gezondheid bijeenkomst op 9 oktober 2023 en bijv juridische strijd met Chemour aangespannen door omwonenden.

De techniek om met low-cost fijn stof te meten is jong en heeft sinds een paar jaar het punt van kwalitatieve luchtkwaliteit indicatie voor fijn stof bereikt. En deze vrije jonge techniek kan zelfs nog verbeterd worden. Zo blijkt het.

Tien jaar geleden is ver. Behoud de Parel begonnen met het regelmatig meten van fijnstof emissies in plaats van binnen de stal met meten rond een pluimveebedrijf met een professionele fijnstofmeter Dylas Pro DC1100 (kostprijs ca € 800). En die actie had resultaat: de nieuwe filterinstallatie van het bedrijf werd uitgebreid en vernieuwd.

Drie jaar geleden kwam Ikea op de markt met de Vindstyrka PM<sub>2.5</sub> meter (kostprijs € 15) en in april 2023 met een Ikea Smart PM<sub>2.5</sub> meter (kostprijs € 40).



2013 Dylas Pro € 800



2020 Ikea € 14



2023 Ikea € 40

Deze meters zijn beperkt en alleen geschikt voor metingen binnenshuis. Alleen Ikea Vindstyrka Smart heeft met een technische ingreep van € 5 de mogelijkheid van doorgifte van meetwaarden via wifi. Maw. de ontwikkeling van low-cost metertjes en data analyse staat nog in in de kinderschoenen.

Deze meest recente periode van 10 jaar kan je naïef noemen. Dit is de periode waar de EU normen gehalveerd zijn tot WHO advieswaarden en toch is het niet duidelijk is waar precies de kneep zit en wat er effectief aan gedaan kan worden of het gezondheidsrisico toch onderschikt is bij beleidsmaatregelen.

### **Deze notitie in vogelvlucht**

Misschien heel naïef nemen ongeruste burgers, meestal technisch gedreven, her en der het initiatief om dan maar zelf de feiten zo goed mogelijk op tafel te leggen. ‘Meten is immers Weten<sup>5</sup>’ zegt men dan al snel. Maar wat doe je dan vervolgens met die feiten?

Er is geen duidelijke en gedragen visie hoe een verbetering bereikt kunnen worden. Maar ook in de data analyse fase: wat is de beste duiding van de metingen voor het navolgende deel van het verbeter proces? Is het in elke fase van het werkplan van het meetproject duidelijk welke informatie de volgende fase nodig heeft?

Luchtkwaliteit en emissies is vrij complex verhaal. De aangetroffen hoeveelheden komen niet echt boven de van oudsher en achterhaalde gestelde emissienormen. Maar helaas zijn ze wel licht stijgend. Elke aangewezen stof – niet meer als een indicator voor andere stoffen - heeft ook zijn eigen norm. Het cumulatieve aspect wordt niet meegenomen in de norm. De inschatting van het gezondheidsrisico wordt bij fijn stof berekend op basis van een gemiddelde over een heel jaar en zo mogelijk het aantal dagen van overschrijden van het daggemiddelde van de indicator. Het blijft dan ook een benadering.

Uiteindelijk rest er dan maar één weg, de juridische weg: via de bestuursrechter wordt de (beleids-)maatregel en handhaving dan maar (en soms tevergeefs) afgedwongen. Via de juridische weg is dit een lange en kapitaal intensieve exercitie.

5 Het originele citaat van Kamerlingh Onnes is “door meten tot weten”.

Een ander soort dwangmaatregel is de virtuele tolweg: *Emissions Trading System* (ETS) van de EU. De hoeveelheid emissierechten ( $\text{CO}_2$ ) die beschikbaar gesteld worden worden elk jaar minder. In 2040 is dat recht voor een enkele stof nul. Is dat nu een geschikte lokaal handvat voor de bestuurder?

Belangrijker: hoe monitoren we die lokale emissies in de praktijk? Hoe weten we dat een beleidsactie effect heeft?

(Lokale) overheden, burgers en bedrijven weten eigenlijk nog niet of zijn daar niet uitgesproken over welke handvatten ze nodig hebben en wat aan gereedschap nodig is om het probleem aan te pakken. Dit leidt tot aanmodderen, het is demotiverend en het ‘Meten is Weten’ eindigt in desillusies en wantrouwen bij de burgers. Het meetproject eindigt dan vervolgens als een ‘eind’-rapport in een bureaulade.

Conclusie: *bezin je terdege op het duidelijk eindresultaat voor je begint met de techniek van Meten is (Z)Weten en organiseer je daarop.*

### **Stand der techniek:**

#### *De low-cost sensoren:*

De focus van het meten van de lokale luchtkwaliteit met zg. low-cost sensoren is in hoofdzaak het meten van lokale fijnstof-emissies (real-time  $\text{PM}_{2.5}$  en  $\text{PM}_{10}$  zg. ‘gewichtsmetingen’) en een paar gasemissie-metingen (maandelijkse gemiddelden) met gasbuisjes (stikstof-, ammoniak-, en koolstof-dioxide concentraties)<sup>6</sup>.

Nog maar sinds een paar jaar zijn er enkele low-cost fijnstof-sensoren die ook een weergave geven van aantal deeltjes in enkele grootte klassen (zg ‘bin’s of wel deeltjes tellingen tot een bepaalde grootte) beschikbaar. Het probleem is: vrijwel alle low-cost sensoren zijn ontwikkeld voor binnenuits-toepassingen en ondervinden problemen met toepassing buiten met name door vocht). Bij toepassing van de zeer recente robuustere fijnstof-sensoren zou je gebruik maken van tellingen van deeltjes om een beter beeld te krijgen? Met de tellingen van aantal deeltjes naar enkele groottes geven een beter beeld van de bron van de emissies. Recente sensoren (Plantower en Sensirion) hebben deze mogelijkheid van meten.

T.a.v. geur, roet (ultra fijnstof:  $\text{PM} < 0.3 \mu\text{m}$ ) en houtstook (geur en ultra- en secundair fijnstof ontstaan uit chemische verbindingen) zijn nog geen sensoren beschikbaar om kwalitatieve real-time metingen te doen.

#### *Data communicatie:*

De techniek en functionaliteit van data communicatie tussen sensoren, tussen meetkastjes en data acquisitie servers (Internet of Things of IoT) gaat nog enorm snel. Sinds maar een paar jaar is met de introductie van het G4 mobiel netwerk de snelheid en bandbreedte enorm toegenomen. Echter de voorzieningen van de commerciële service verlening verschilt nog teveel in functionaliteit. Goede communicatie standaarden voor data uitwisseling ontbreken nog, maar de aanzet is er nu wel degelijk. Het wiel hoeft dus niet geheel opnieuw uitgevonden te worden. Maw. de spaken in het wiel zijn niet zo divers. De wielmaat en daarmee de benodigde inspanning verschilt nog wel.

#### *Energievoorziening:*

Gebruik van meetkits in een (agrarische) buitenshuis omgeving vereist een iets andere aanpak in bijv. de energievoorziening (zonnecellen) en externe invloeden (weer, robuustheid, diefstal, etc.). Een V230

<sup>6</sup> Regelmatig publiceert Sensor Networks artikelen over low-cost air quality meetnetwerk technologie bijv. ‘[Low-Cost Air Quality monitoring and sensor calibration](#)’ en ‘[review long term campaigns](#)’

aansluiting buitenshuis en een USB adapter met maximale lengte van een paar meters is niet handig. In agrarische omgevingen is wifi er meestal niet, of nauwelijks en te onbetrouwbaar bij real-time en stabiele toepassingen. Een te lange adapter-kabel geeft een energiebeperking. Een buitenaansluiting is kwetsbaar.

#### *Data analyse:*

Het interpreteren en beoordelen (valideren) van de metingen vereist een goede statistische kennis. Als de analist geen duidelijkheid heeft wat de diverse doelgroepen aan informatie nodig hebben en hoe dat goed gepresenteerd kan worden, blijft het oordeel hangen bij de analyticus. Zo lang de vraag/eis (doel is vaak gedefinieerd als ‘handvatten’) vaag is blijft het een Meten is Weten een technisch tijdverdrijf.

Het RIVM speelt met ‘Samen Meten’ initiatief (data acquisitie, analyse en meetdata database) momenteel een belangrijke en fundamentele centrale rol. Vaak houdt het meetproject op vlak voor of bij de analyse fase. Door de centrale rol betekent het ook dat het RIVM in feite bepaalt hoe en welke gegevens beschikbaar zijn. Deze tussenrol vergroot tevens de afstand van het lokale burgerinitiatief tot het niveau van de lokale beleidsmakers, bestuurder/politici en ondernemers.

#### *Het kennis probleem:*

Voor de opzet van een luchtkwaliteitsnetwerk zijn verschillende disciplines nodig die meestal niet binnen één organisatie vorhanden zijn. Bovendien vraagt het van elke deelnemende organisatie dat er een open en transparante wisselwerking van uitgangspunten en verantwoording is van eisen en informatie. Alsmede vereist het dat de informatie voorziening naar ‘buiten’ eendrachtig is. Veelal ontbreekt er een duidelijke en gedeelde lokale beleidsvisie. Dit maakt het meetproject beduidend complexer als alleen maar het ophangen van wat metertjes en publiceren van getalletjes (meten voor de *bühne*).

#### ***Hoe organiseren we het dan?***

Cities-Health (samenwerkingsverband van een vijftal EU luchtkwaliteitsprojecten) beveelt een werkkader aan bestaande uit fases (duiding, ontwikkeling, toepassing en resultaat verwerking) met voor elke fase een drietal tussenfasen. Vooraf dient er duidelijkheid te zijn welke entiteiten en deelnemende organisaties in elke fase betrokken zijn en wat de randvoorwaarden zijn voor de (tussen)fases. Met name duidelijkheid waar, voor wie en welk begrip er aanwezig is voor de volgende fase en de eindfase, de actie fase. Voor de eindfase is een einddoel zoals ‘begrip’, ‘bewustwording’, bijv. handvatten voor beleidsvorming en niet specifieke doelgroep, te vaag om tot een werkend eindresultaat te komen. Een commitment (de actie, de daad) ontbreekt meestal.

*Een luchtkwaliteitsmeetnetwerk op lokaal niveau omvat heel veel meer dan het slogan ‘meten is (z)weten’. Een meetnetwerk zonder een duidelijk en concreet beschreven doel, en het commitment van de belanghebbenden heeft geen zin en is het meetproject niets meer dan het ‘meten voor de bühne’.*

Luchtkwaliteitsmetingen is t.a.v. techniek en organisatie nog in ontwikkeling. Dit betekent dat met de bouw van een meetnetwerk rekening gehouden moet worden met de dynamiek van veranderingen op de kortere termijn.

Er dient rekening gehouden worden met dat de techniek van luchtkwaliteit metingen, visualisatie en regulering nog in ontwikkeling is de komende jaren. De meettechniek en analyse maakt kwalitatief nog enorme stappen door.

De metingen zijn weliswaar indicatief van aard maar benaderd recent<sup>7</sup> met de calibratie technologie een kwalitatief niveau<sup>8</sup>.

Visibilis<sup>9</sup> toonde bijv. voor Nova en Plantower fijn stof sensoren aan dat de invloed van vocht en in mindere mate temperatuur aanzienlijk is en dat de low-cost sensoren in mindere mate de PM<sub>10</sub> waarden goed meten. Een calibratie met een determinatie coëfficient<sup>8</sup> van R<sup>2</sup>> 0.85 (PM<sub>2.5</sub>) en R<sup>2</sup>> 0.70 (PM<sub>10</sub>) is te bereiken. Helaas zijn de calibraties door regionale invloeden afhankelijk van de locatie.

De nu populaire en meer recente Sensirion fijnstof-sensor was toen nog niet op de markt maar lijkt weinig te verschillen met de Nova mbt. de ‘gewichtsmetingen’.

*De opzet van een luchtkwaliteitsmeetnetwerk omvat een viertal werkkaders (maatschappelijk initiatief, technische ontwikkelingsdeel, analyse en duidingsfase en maatregelen (het actionele kader). Het laatste kader sluit weer aan op de maatschappelijke deel. De werkkaders sluiten nauwgezet op elkaar aan en zijn qua eisen van elkaar afhankelijk.*

*Van fundamenteel belang is dat duidelijkheid, transparantie/openheid, interactie, gedragen visie en commitment om tot (tussen)resultaten te komen. Elk werkkader bestaat grofweg uit drie professioneel en door vrijwilligers gecoördineerde bemande deelgebieden.*

*De doelgroepen zijn divers en uiteenlopend qua eisen: burgers, bedrijven en (lokale) overheden en gezondheidsinstellingen.*

*Er wordt maar met een beperkt aantal ‘indicatoren’ gemeten: hoofdzakelijk fijn stof (met name PM<sub>2.5</sub> en PM<sub>10</sub>), en in mindere mate stikstof oxide NO<sub>2</sub> en ammoniak NH<sub>3</sub>. Geluid en geur metingen vindt hoofdzakelijk plaats als ‘belevingsmetingen’ door RIVM en de provinciale riksuitvoeringsdienst cq. GGD.*

*Enkele aandachtspunten:*

- *Of metingen in de bebouwde kom, rond een bedrijf of in een landelijk gebied opgesteld worden maakt veel uit. Kan een ontwerp met beperkte eenvoudige aanpassingen overal ingezet worden (inzetbaarheid)?*
- *Is het ontwerp eenvoudig uit te breiden (schaalbaarheid) en te verplaatsen (inzetbaarheid)?*
- *Zijn nieuwe sensoren van een ander type gemakkelijk aan te brengen (onderhoudbaarheid)?*
- *Zijn updates van de software zowel in de meetkastjes als in de ondersteuning eenvoudig uit te voeren (engineering)?*
- *Zijn operationele problemen eenvoudig te detecteren en te herstellen (operationele kosten)?*
- *Welke wielen worden opnieuw uitgevonden? Wat is de bijdrage aan overige initiatieven (beschikbare functionaliteit, documentatie, hergebruik en openheid)?*
- *Is de gebruikte software, ook tav. de microprocessor) gebaseerd op moderne programmeertalen ((micro-)Python, Java, PHP, etc.), toegankelijk en herbruikbaar door derden?*
- *Het enorme voordeel van (micro) Python bij de programmering van de microprocessor is dat de source tekst van het programma beschikbaar is via de microprocessor en vervolgens eenvoudig geraadpleegd en hergebruikt kan worden door derden.*

<sup>7</sup> Artikel (nog in concept) Using synthetic data to benchmark correction methods for low-cost air quality sensor networks, juli 2023 FAIRMODE, internationaal forum voor luchtkwaliteit modellering.

<sup>8</sup> [Low-cost outdoor airquality monitoring and sensor calibration: a survey and critical analyses](#), 2021. ‘Comparative evaluation of low-cost PM sensors’ 2021.

<sup>9</sup> Visibilis rapport ‘[Calibration and Validation of Particular Matter sensors](#)’ (Nova, Plantower and BAM1020), 2019.

## **De aanleiding voor deze notitie**

Naar aanleiding van de vraag om een nader gesprek en drietal jaren van luchtkwaliteitsmetingen (real time fijnstofmetingen, maandelijks stikstof en ammoniak metingen) en de notitie ‘drie jaar luchtkwaliteit meten in St. Anthonis, wat nu?’ zijn er enkel gesprekken geweest met wethouders en ambtenaren van gem<sup>10</sup>. Land van Cuijk. Dit heeft geresulteerd om ook zoals de gemeenteraad dat aangaf om ‘het lokaal inzicht in de luchtkwaliteit te verhogen’ in de hele gemeente.

Met name gaat het de stichting Burgerwetenschappers er om dat het verkrijgen van *inzicht* pas een eerste stap is. Een eerste stap met als resultaat een indicatie van de luchtkwaliteit niet goed gezet kan worden zonder dat een duidelijk concreet doel: verwachting m.b.t. de mogelijke resultaten, waar is behoefte aan, hoe kan dat het beste geformuleerd worden t.a.v. de diverse doelgroepen zoals bestuurders, beleidsvormers, inwoners, veehouderij en landbouw sector en kunnen resultaten, metingen en voorstellen openlijk gebruikt en gereviewd worden.

Vrijwel alle luchtkwaliteitsinitiatieven hebben te maken met het euvel dat na de technische ontwikkeling het vervolg uitblijft of strand in een handhavingsgevecht voor het gerecht.

Om de werkkaders goed af te stemmen is een management (bijeenkomsten organiseren en afwerken, dialoog bewaken en entameren, contacten bewerkstelligen, monitoren ontwikkelingen) voorziening noodzakelijk. De rol van techniek, public relations, beleid, regulering en (politieke) besluitvorming komt door het uitblijven van een management rol niet tot een kwalitatief resultaat.

*Het persoonlijk contact tussen de werkkaders is heel bepalend voor het succes en de motivatie.*

De motivatie problematiek: In het begin was het meetinitiatief vrij naïef technologisch gedreven. De drivers en de trekkers van het project waren maatschappelijk betrokken techneuten. De tendens gaat nu naar ordening. Dit betekent een roep naar simplificatie van de boodschap en naar steun zoeken bij het medische verhaal. Dit is minder goed te combineren met wetenschappelijke nieuwsgierigheid. Is dat werkkader dan nog wel motiverend voor de betrokkenen?

## **Oplosbaar? Aandachtspunten en aanbevelingen**

Door het *Cities-Health werkkader*<sup>11</sup> te volgen en de diverse project fases in het projectplan te duiden wordt bewerkstelligd dat het project tot voldoende motivatie leidt om het totale project tot een goed resultaat te laten leiden. Dit werkkader is ontstaan nav. luchtkwaliteits-meetprojecten in het kader van de EU, onder anderen het ‘houtstook’ project in IJburg Amsterdam uitgevoerd door o.a. universiteit van Utrecht. Een tweede voorbeeld is het Hollandse Luchten handboek opgesteld door de Waag Society Amsterdam volgt dit werkkader tot nu de data analyse fase.



De aanbeveling is dan ook: betrek de ervaringen, opzet en met name neem de problematiek zoals ervaren in eerdere projecten mee in het luchtmeetnetwerk-projectplan. Bijv. de gang naar professionalisering en

10 Zie de verslaglegging ‘Tijdslijn luchtkwaliteitsmetingen Behoud de Parel’: <http://behouddeparel.nl/?q=tijdslijn%20luchtkwaliteitsmetingen>

11 Narrative review of citizen science in environmental epidemiology, Environmental International, febr. 2021.

bedrijfsmatige aanpak van de opzet van het meetnetwerk en interactiemodel met betrokkenen en omwonenden. Vrijwel alle projecten hebben te kampen met motivatie op de langere termijn en kennis en toewijding vrijwilligers op de langere termijn, en uiteindelijk het meenemen van resultaten in beleid en maatregelen (zowel burgers, overheden en industrie).

De meetnetwerkinitiatieven verschillen per definitie in aanpak, organisatie vorm en betrokken (provinciale en semi) overheidsdiensten, subsidieregelingen, beperkingen, data communicatie techniek, locaties meetkits, uitvoering meetkits en de toegepaste (up-to-date?) sensoren, visualisatie data, uitvoering data analyse. Enkele opvallende voorbeelden in niet toevallige volgorde zijn:

- [Hollandse Luchten](#) (regio's IJmond, Haarlem, Gooi en Zaanstad, verkeer en industrie)<sup>12</sup>
  - [Scapeler Visibilis project](#) (regio Hoek van Holland, verkeer en industrie)
  - [Samen Meten Z-Holland](#) (regio Rijnmond, verkeer)
  - [AiREAs](#) (regio Eindhoven, verkeer, industrie)
  - [Meetnetwerk Food Valley](#) (regio Barneveld, pluimveehouderij)
  - [Samen Meten Meierijstad](#) (regio ZO van Den Bosch, veehouderij)
  - [Meetnetwerk Eersel](#) (regio Eindhoven, (lucht)verkeer en veehouderij)
  - [Meetnetwerk Maastricht](#) (regio Maastricht, (lucht)verkeer, industrie) en [Meetnetwerk Grenzeloos Meten](#) (regio Venray, veehouderij)
- [Meetnetwerk MySense](#) (regio Grubbenvorst en St Anthonis, veehouderij)  
[Historieel overzicht en status MySense meetnetwerk](#) (regio Horst a/d Maas en St. Anthonis, ver. Behoud de Parel en Burgerwetenschappers Land van Cuijk, veehouderij) en klimaat onderzoek [Meet je Stad](#) (Amersfoort, Utrecht, e.a.).  
[Samen Meten](#) (RIVM, forum voor info uitwisseling, [luchtkwaliteitskaart](#) en luchtkwaliteit statistiek ([analyse](#))gereedschap)



Nauwgezet wordt in deze notitie het cyclische Cities-Health werkkader gevolgd. Vrijwel alle luchtkwaliteitsmeetnetwerk initiatieven zijn ontstaan vanuit ongerustheid over de gezondheidsrisico's en opgezet door (burger) technici en wetenschappers. Het gevolg is dat de aanpak technologisch gedreven is. De nadruk ligt daardoor vooral op de technologische kennis en ervaring.

<sup>12</sup> Hollandse Luchten heeft een uitgebreide rapportage '[Project Hollandse Luchten](#)' gepubliceerd over haar ervaringen periode 2018-2020 met de HoLu meetkit.

## Aandachtspunten voor de opzet van een luchtkwaliteit meetnetwerk projectplan

In het volgende wordt in aparte secties in blauwe achtergrond dieper ingegaan op het technische aspect van het betreffende werkkader.

### Werkkader 1/2: Omwonenden organiseren zich en zijn technologisch gedreven

- **Meetkastjes (meetkits met sensoren)**

De meetkastjes bevatten een aantal sensoren van maar een zeer beperkt aantal fabrikanten. De fijnstof-sensoren en temperatuur- en luchtvochtigheids-sensoren zijn ontwikkeld voor toepassingen binnenshuis (airco-, luchtfILTER- en verversings-systemen). De robuustheid en functionaliteit wordt elk jaar enorm verbeterd. De Sensirion sensoren worden momenteel het meest toegepast.



Wireless data communicatie werd aanvankelijk gedaan via wifi en Bluetooth. Later ging dat via het lage bandbreedte LoRaWan radiotechnologie. Sinds pas enkele jaren wordt het (mobiele) Internet of Things (IoT) netwerk (o.a. G4 LTE-M) als data communicatie methode gebruikt. Dit laatste maakt het eenvoudiger om Over-The-Air software instellingen en updates uit te voeren.

Om te voorkomen dat meetkits ‘zoek’ raken en het duidelijk is waar de betreffende meetgegevens vandaan komen is een GPS module in het meetkastje noodzakelijk.

In het ontwerp dient rekening gehouden te worden dat componenten (sensoren, microcomputer) uitvallen en niet meer leverbaar zijn. M.a.w. een open en dynamische architectuur is van belang, zodat sensoren van andere fabrikanten zonder software aanpassingen (unplug & plug & play) ingezet kunnen worden..

In verband met de plaatsing in de buitenlucht, zeker in een agrarische regio moet een energievoorziening via zonnecel en accu (accu management) mogelijk zijn. Dit verlangt een extra software en hardware inspanning.

Het meten van gasemissies met low-cost apparatuur gaat praktisch alleen over maandelijkse perioden met bijv. stikstof en ammoniak Palmes buisjes. Dit houdt veel handwerk in.

#### Meetkastjes en Sensoren, een technische detailering

- ✓ **Energievoorziening:**

Standaard 5V USB adapter, of bij voorkeur ivm. kabellengte 12V en ingebouwde 5V ‘step-down’ voorziening. Toepassing van zonnecellen verlangt extra voorzieningen tav accu laad gebruik en tussen de metingen door van energie beperking (een deep sleep).

- ✓ **Meetkastje:**

Om oververhitting van het meetkastje tegen te gaan zijn extra voorzieningen nodig (kleur omhuizing, interne luchtverversing, robuustheid, inslag van regen, dubbelwandig ivm. zon, etc.).

- ✓ **Over-The-Air (OTA) update:**

OTA of remote update van de software is een noodzakelijk kwaad. Alsmede een update van de verschillende instellingen, zoals bijv. timing van metingen, vergt extra software inspanningen en een grotere bandbreedte van het data-communicatie kanaal.

- ✓ **Open en vrije software architectuur:**

De architectuur van de firmware zal dynamisch van aard moeten zijn. Vervanging van sensoren zal eenvoudig (auto detectie) moeten zijn, ook als er andere typen sensoren ivm. beschikbaarheid er in geplaatst worden.

Pas open standaarden toe zowel tav. de componenten aansluitingen alsmede bij de data

communicatie.

✓ *Fijnstof-sensors:*

Er zijn ca 20 verschillende fijnstof sensoren fabrikanten op de markt (we beperken ons hier tot drie):

Sensirion (PM<sub>0.3</sub>-PM<sub>10</sub>): SPS30 (en zeer recent en robuustere SPS54) wordt momenteel het meest toegepast. De service lifetime is 4 tot 8 jaar.

Plantower (PM<sub>0.3</sub>-PM<sub>10</sub>): PMSn003 serie, service lifetime is ~3.5 jaar.

Nova (PM<sub>2.5</sub> en PM<sub>10</sub>): SDS011 of SDS021. Werd 5 jaar geleden het meest toegepast. Service lifetime is ca 1 jaar.

Service lifetime wordt meestal beperkt door de laser en vervuiling van de luchtstroom. Fabrikanten, met name Sensirion, zijn nog aan het zoeken naar een verbetering en breiden nog de functionaliteit uit.

De SPS30, PMSn003 en SDS011 converteren de deeltjes tellingen naar gewichtsklassen PM<sub>2.5</sub> en PM<sub>10</sub>. De conversie is gebaseerd op gedroogde lucht (toepassing binnenshuis). De fijn stof gewichtswaarden voor PM<sub>10</sub> lijken berekend te worden uit de PM<sub>2.5</sub> waarden door de fabrikanten. Luchtvochtigheid veroorzaakt een grotere deeltjes en heeft een grotere foutmarge in de meetwaarden. De Plantower en bovenal de Sensirion geven ook de tellingen van de deeltjes in enkele klassen naar grootte van de deeltjes weer, hebben een mogelijkheid tot 'schoon blazen' van de luchtkanalen en energie en laser besparende functies. De vraag is of de toepassing hier wel gebruik van maakt. Beide sensoren geven ook hun deeltjes tellingen door. Of dit een beter resultaat levert en inzage in het profiel van de emissie (bron identificatie) dan de door de fabrikant berekende gewichtswaarden is nog niet uitgezocht.

De recente fijnstof-sensoren hebben een ingebouwde 5V mini ventilator (kost energie, probleem van vervuiling, levensduur van bijv. de mini fan).

✓ *Weer- en lokatiesensors:*

Regen en windsensors worden nauwelijks toegepast (het probleem van onderhoud, kostprijs, service life-time). Maar zijn wel wenselijk voor een lokaal inzicht in weersinvloeden.

Temperatuur en luchtvochtigheid worden meestal toegepast, maar de metingen worden nauwelijks meegenomen in de verwerking zoals bijv. fijnstof meetcorrecties. Vrijwel alle luchtvochtigheid sensoren (Adafruit, Grove, Bosch en Sensirion, etc.) verzaken of vallen geheel uit na enkele maanden. Service life-time voor bijv. Sensirion SHT31 in de buitenlucht is ca 1 jaar. Sensirion heeft recent een robuustere sensor in het assortiment.

✓ *Locatiesensoren:*

GPS sensor is noodzakelijk en heeft een variërende nauwkeurigheid van ca 10 meter.

✓ *Gassensoren:*

Low-cost real-time gassensoren voor buitenhuis toepassingen hebben calibratie en service life-time problemen. Het alternatief zijn zg Palmes gasbuisjes. Ze worden maandelijks gewisseld tegen hogere en terugkerende menskracht- en laboratoriumkosten.

✓ *Meta gegevens samen versturen met metingen:*

De software moet worden ingericht zodat de meetgegevens een lokatie (GPS) referentie bijv. een koppeling met Geographical Information System (GIS) mee krijgen. Stuur (regelmatig) het type sensor of zelfs het serie nummer mee met de data.

✓ *Toegepaste microprocessor (MCU):*

MCU's zijn meestal ESP gebaseerd. Behalve wifi en Bluetooth hebben recente versies ook ondersteuning voor IoT oplossingen. De footprint, geheugen capaciteit en energiebehoefte van de processor halveert elke 2 jaar (recent: postzegel formaat).

Om toepassing door derden (hergebruik, openheid en transparantie) te bewerkstelligen is toepassing van (micro)python op de microprocessor voorwaardelijk.

✓ *Software instellingen:*

De instellingen van de software, zoals bijv. communicatie en versleutelings (LoRa en G4) keys, zullen bijgesteld worden. Niet altijd kan dat automatisch of via on-line. Gebruik een SDcard of een apart stuk statisch geheugen.

- *Meetlocaties, energievoorziening en onderhoud*

Om een kwalitatieve indicatie van luchtkwaliteit te verkrijgen is een duidelijk beeld nodig van de lokale situatie: locaties geschikt voor achtergronds-metingen en referentie-metingen, hotspots van emissies, bebouwing, vrije ruimte, overheersende windrichting, en mogelijke punten van beïnvloeding voor een meting.

De configuratie en instellingen (vaste locatie, sensor instellingen, veiligheidssleutels, sample tijden, solar/accu bewaking, etc.) van de meetkit dienen zoveel mogelijk automatisch te zijn. Een mix van on-line, via SD-card of geheugen instelling voor configuratie en instellingen verdient de voorkeur.

Langdurig gebruikmaken van een V230 aansluiting buitenhuis is veelal niet mogelijk of onbetrouwbaar ivm. deelgebruik. Voor onderhoud moet de meetkit makkelijk bereikbaar zijn. De vraag is of de meetlocaties voor welke periode bijv. een jaar ingericht zijn en mogelijk na wat opgedane kennis verplaatst worden.

Meetkits dienen eenvoudig uitgewisseld te kunnen worden, cq. sensoren en software vervangen te kunnen worden. Het ontwerp dient hierop ingericht te zijn.

#### *Onderhoud meetkastjes en sensoren, enkele operationele ervaringen*

- ✓ *Energievoorziening:*

Gebruik V230 buitenstopkontakt valt af te raden i.v.m. langdurige beschikbaarheid. Maar ook beperkt dit de plaatsing van de meetkit.

Een ontwikkeling die gaande is om gebruik te maken van een sensor 'cloud' oplossing: meerdere aparte low-cost low-energy sensoren samenwerkend met een lokale gateway voor de datacommunicatie.

Een V230-5V USB adapter heeft maar een kabellengte van een paar (max 3m) meter. De fan van de fijnstof-sensor heeft minimaal 5V nodig! Gebruik een 12V DC adapter met in de meetkit een 12V-5V convertor.

- ✓ *Over-The-Air (OAT) update:*

De oplossing om voor OTA even wifi te activeren en te gebruiken wanneer de bandbreedte van het data communicatie kanaal niet afdoende werkt blijkt in de praktijk niet effectief te werken.

- ✓ *Open software architectuur:*

De architectuur van de firmware zal dynamisch van aard moeten zijn. Vervanging van sensoren zal eenvoudig (autodetectie) moeten zijn, ook als er andere typen sensoren ivm. beschikbaarheid er in geplaatst worden.

Pas open standaarden toe zowel tav. de componenten alsmede in de software voor de data communicatie.

Overweeg een objectmatige en modulaire aanpak in de software: "het Netwerk is de Computer".

- ✓ *Sensoren:*

Fijnstof sensoren vervuilen en moeten regelmatig schoongemaakt of zelfs vervangen worden. Soms door een ander type. Luchtvochtigheidssensoren hebben een te korte levensduur ( $\frac{1}{2}$  tot 1 jaar). Van belang is dat de meetkit zelf het type (en serie nummer?) regelmatig opstuurt en de GPS locatie van de meetkit zodat duidelijk is of bijv. de meetkit in reparatie is.

- ✓ *Plaatsing meetkit:*

Geef duidelijke aanwijzing over de plaatsing van de meetkit op een natuurlijk en goed geventileerde plaats: bijv. verder weg als 1.5m van een muur op ooghoogte. Vrijstaand en niet in de volle zon of in de volle regen. En niet nabij een (airco) lucht in- of uitlaat of parkeerplaats!

Overleg regelmatig de plaatsing met de data analisten en de beleidsvoerders. En herzien de plaatsing.

- ✓ *Monitoring:*

Monitor de werking van de meetkits bijv. door apart de inkomende data van de meetkits te bewaken op de werking van de sensoren en componenten. Automatiseer dat met dagelijkse overzichten van de gebeurtenissen. Het meetgrit van de lokale metingen is maar gering. Fouten van één meetkit

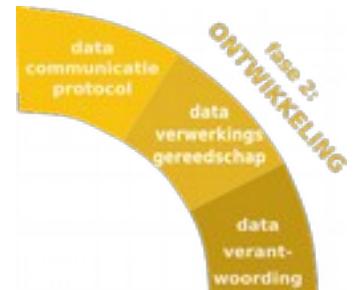
beïnvloeden al snel het lokale overzicht. Vaak, bijv. bij fout van de luchtvochtigheids-sensor of wifi connectie, is een simpele herstart van de meetkit voldoende om hem weer werkend te krijgen.

✓ **Herstellen van meetdata**

*Hoe je ook wendt of keert een ‘single point of failure’ zal altijd toeslaan. Zorg bij de monitoring voor de mogelijkheid van aanvullen en updaten van meetgegevens. Mirror de (tussen)gegevens op kritieke punten.*

## Werkkader 2: Verzamelen en beschikbaar stellen van meetdata: data acquisitie

De keuze van data communicatie techniek, data formaat, data acquisitie methode en opslag methode definieert in hoge mate wat er verder met de data ondernomen kan worden, maar ook de effectiviteit van de netwerk operaties: beschikbaarheid, aanpasbaarheid van de configuratie en software, time-to-live van netwerk, de bedrijfskosten en de inspanning. Fundamenteel hierbij is het gebruik van open standaarden. Ga voor een generieke oplossing.



De data van de sensoren worden zoveel mogelijk verzameld in een onbewerkt (ruwe) vorm. Dit houdt ook in dat het versturen van zg. meta gegevens bijv. welk type sensor en misschien zelfs het serienummer van de sensor, met de data ook verzonden wordt.

De beschikbaarheid van een data communicatie infrastructuur, bandbreedte, beschikbaarheid energie, interactiviteit, functionaliteit, beschikbare service protocollen, beschikbaarheid gateways (bijv. radio-internet conversie) en brokers (conversie van data protocollen), etc. bepalen de wireless communicatie-techniek met name voor sensornetwerken (Internet of Things): LoRaWan, wifi en mobiele G4/G5 netwerk (bijv. LTE-M).

Fabrikant onafhankelijkheid en volledige transparantie is van fundamenteel belang.

### Meetdata Uitwisseling en Opslag

✓ **Data uitwisselings formaat:**

Helaas ontbreekt een standaard voor het formaat van het verzenden van de data. Recent is in de Open Source home automatisering (domotica) een ad hoc soort standaard voor sensors ontstaan in JSON dataformaat structuur: meta data en meetgegevens per sensor, per meetkit met een time stamp (zie bijv. Home Assistant en bijv. Tasmota).

JSON uitwisselings-dataformaat wordt goed ondersteund in diverse software talen: PHP, Python, GO, C++, etc. en heeft het voordeel dat structuren in de data gehandhaafd blijven itt bijv. CSV (spreadsheet) formaat.

Ook een zeer eenvoudig opslagformaat (CSV spreadsheet uitwisselingsformaat) wordt initieel toegepast. Vaak als middel van de overdracht in bulk over een bepaalde tijdsperiode, bijv. dagelijks. Het probleem met dit formaat is dat veel structuur van de metingen verloren gaat – zoals bijvoorbeeld de locatie van het apparaat.

Tijdens de Meet je Stad Koppeling bijeenkomsten zijn voorstellen gedaan bijv. [hoe en in welk formaat wordt meetdata doorgegeven](#), een presentatie over Measurement Data Exchange Format (MDEF formaat). [MySense](#) gebruikt dit formaat ook intern in de data acquisitie en opslag software.

✓ **Data acces formaat:**

RIVM gebruikt sinds paar jaar in de data acquisitie interface API Go-Sensor Things (GOST

V1.0<sup>13</sup>) voor toegang tot de database van Samen Meten. In feite is de API een methode om toegang te krijgen tot de RIVM Samen Meten database.

Sensors.Community (voorheen Luftdaten) gebruikt een eigen wat verouderde methode via HTTP (Internet protocol). Dit soort ‘API’ methodieken bepalen in hoge mate de mogelijkheden en beperkingen van de latere behandeling van de meetdata.

Twee veelvuldig toegepaste data acquisitie methoden (JSON data formaat): Mosquitto (MQTT) is een standaard voor data acquisitie en toegang tot de metingen. MQTT kent geen retentie (geen historie). InfluxDB heeft een database specifiek voor data stromen en kent een instelbare retentie.. InfluxDB is uiterst geschikt voor analyse en visualisatie met bijv. Grafana (Open Source).

✓ *Data validatie:*

Verschillende bronnen (RIVM API, Samenmeten.rivm.nl , Sensors.Community, eigen bron) geven verschillende gegevens. Vaak de ‘ruwe’ metingen, soms gekalibreerd en soms reeksen met veel data gaten. De software moet daar maar weten mee om te gaan. De kalibratie, validatie en ‘invul’ methode krikt de kwaliteit wat op, maar het blijft een benadering met ruis. Individuele en fabrikant sensorverschillen (bijv. de Plantower sensor overdrijft nogal zijn waarden) blijven bestaan. De citizen science methode(s) is recent werk en is nog volop in ontwikkeling.

Meestal wordt de ruwe meetdata real-time doorgegeven aan bijv. Sensors.Community of direct aan het RIVM. Bij real-time data doorgifte is het niet mogelijk om defecte sensoren te detecteren. Denk bijv. aan disfunctionerende luchtvochtigheids- en temperatuursensoren of verstopte fijnstof-sensoren. Monitoring en validatie software is een noodzaak.

✓ *Meetkit validatie:*

De gevoeligheid van sensoren verschillen nu eenmaal. Ook in de loop der tijd. Door regelmatig een tweede meetkit erbij te plaatsen, en door meetkits ter referentie naast ‘gekalibreerde’ meters te hangen worden verschillen gekwantificeerd. Door meetkits te plaatsen op locaties waar geen zg. hotspots aanwezig zijn kan een indruk verkregen worden van het (natuurlijk) achtergronds-niveau van bijv. fijn stof. Als bijv. de GPS data door onnauwkeurigheid niet of door verplaatsing van de meetkit ontstaan foutieve conclusies.

Van oudsher worden veel met name fijn stof metingen zowel lokaal opgeslagen in een eigen formaat als ook doorgegeven aan derden met weer eigen opslag en eigen statistische kwalificaties op landelijke en/of wereld niveau. Zoals [Sensors.Community](#) met een eigen data acces formaat. [AQICN.org](#) (China), [AirTube.info](#) (Bulgarije) en ook RIVM [Samen Meten](#) betrekken meestal in bulk de doorgegeven metingen of een deel daarvan weer van Sensors.Community. De kwaliteit van de metingen is dan ook afhankelijk van de zwakste schakel in de doorgifte. RIVM Samen Meten betrekt haar metingen ook direct van een lokale initiatief, bijv. van Scapeler met weer een eigen data acces formaat.

Voor veel luchtmeet-initiatieven houden de werkzaamheden bij werklijn 2 op. De analyse fase wordt veelal overgelaten aan het RIVM Samen Meten project.

---

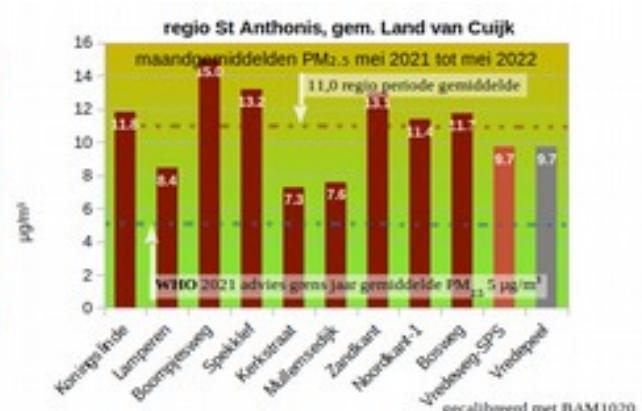
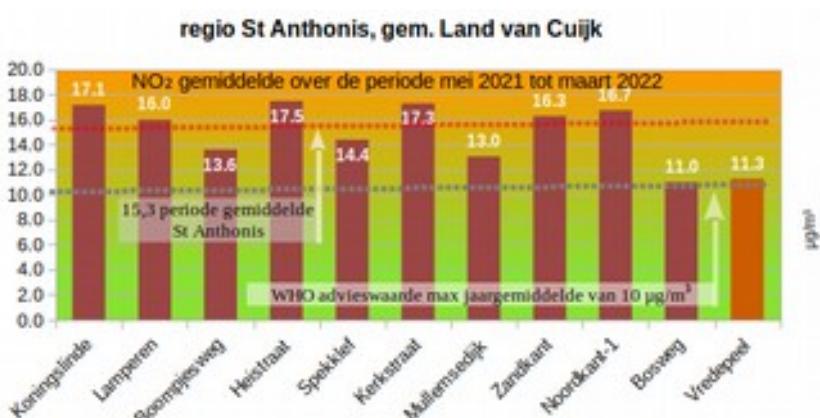
<sup>13</sup> Open GeoSpatial Consortium open API standaard uit 2016 voor sensor data acces. Zie <https://docs.ogc.org/is/15-078r6/15-078r6.html> voor de definitie en de handige GOST1 (Tim Ebben) handleiding: <https://gost1.docs.apiary.io/#>

### Werkkader 3: Toepassen van luchtkwaliteitsmetingen: hoe leg je je metingen uit?

Omwonenden, ondernemers, overheidsdiensten (GGD, uitvoeringsdiensten, handhaving, regelgeving, etc.), beleidmakers en (lokale) politiek hebben voor hun specifieke doelstelling een voortdurende behoefte aan voor ieder hun begrijpelijke duiding van de metingen. Het kennisniveau tav. statistiek zal enorm verschillen tussen de instanties en dat geeft daardoor aanleiding tot misverstanden.



Statistiek en waarschijnlijkheidsrekening is vrij complex. Een goede duiding verlangt ook interactie met de inrichting van de data acquisitie fasen tot aan de sensor van de meetkit aan toe. De onderstaande grafiekjes geven aan hoe complex duiding van data is.



Voorbeeld van  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{2.5}$  metingen in regio St Anthonis. Naburige Vredepeel meting dient als achtergrondsmeting

Het aantal meetpunten (aantal steekproeven) zal bij een lokaal meetnetwerk gering zijn en van invloed zijn op de betrouwbaarheid van de informatie. Niet verklaarbare (plausibiliteit) meetwaarden kunnen wel indicatief zijn.

Langdurig meten is noodzakelijk om seizoens- en weersinvloeden te duiden.

- *Data analyse*

De data analyse is volledig afhankelijk van de databestanden, interactie mogelijkheden met de database en opbouw van de database. De volledige en vrije beschikbaarheid van data is bepalend wat de analyse er van kan maken.

Qua analyse zijn er veel hulpmiddelen beschikbaar. Uitstekende statistische software is als Open Source beschikbaar zodat reviewing van de bewerkingen mogelijk zijn zonder hoge kosten mogelijk blijft.

Berekening van een gemiddelde over een bepaalde periode wordt het meest toegepast maar daar ontbreekt vaak het gegeven van de variantie (regressie) van de berekening.

De grafische hulpmiddelen suggereren al snel een exactheid terwijl de metingen nog steeds een significante foutmarge hebben.

Barcharts zijn te begrijpen, vooral als er duidelijk rode lijnen worden aangegeven. Boxplots en violinplots zijn over het algemeen al iets te moeilijk. Grafische verbanden, scatterplots en dergelijke worden al moeilijk gevonden. Probleempjes treden al op wanneer een smooth curve

door een aantal meetpunten berekend wordt. Heatmaps worden soms duidelijk gevonden. Het is maar de vraag of die in het algemeen wel kloppen.

Met het analyseren van bijv. weersinvloeden (windrichting, dikte van de menglaag, etc.) via een windroos komt men niet verder dan het lokaliseren van maar een enkele bron.

Het doel van de meting (blootstelling) verdwijnt naar de achtergrond.

### Statistische gereedschappen

#### ✓ *spreadsheet (bij voorkeur Open Source)*

Een standaard spreadsheet van (Open) Office heeft een scala statistische gereedschappen om zelfs grotere data bestanden te bewerken. Van simpele gemiddelen tot zelfs regressieberekeningen. Een groot nadeel met spreadsheets is dat er geen datatrail is. Het is onduidelijk wat er met de data is gebeurd itt de statistiek hulpmiddelen zoals oa R. Een ander nadeel is dat het data uitwisselings formaat zoals CSV simpel en beperkend is.

#### ✓ *InfluxDB (Open Source)*

Een beperkte database (internet server) standaard speciaal ontwikkeld voor (tijdelijke) opslag van metingen. De Grafana data visualisatie tool maakt gebruik van InfluxDB. Het wordt commercieel ondersteund.

#### ✓ *Round-Robin Database (RRDtool-set) gereedschapsset (Open Source)*

Een industiestandaard specifiek voor real time high performance data acquisitie en data visualisatie bijv. via de website.

#### ✓ *Maria-database/Ingres en Python statistiek modulen (Open Source)*

Een zeer uitgebreide Python bibliotheek met up-to-date statistische hulpmiddelen, en rapportage- en visualisatiemiddelen voor professioneel en initieel gebruik. Het wordt commercieel ondersteund.

#### ✓ *R en R-Studio (Open Source)*

R-Studio is een geïntegreerde statistiek ontwikkel omgeving voor professionals voor R. R is een programmeertaal voor statistische bewerkingen en visualisatie ook via een website. De leercurve is hoog. Het wordt commercieel ondersteund.

#### • *Meetnetwerk data visualisatie*

Voor visualisatie via een website is men al snel afhankelijk wat het Content Management System (CMS) van de website software aan mogelijkheden biedt. Vooral tav real-time (interactieve) visualisatie behoeftes. Een voorbeeld is HighCharts (zie nevenstaande grafiek, is interactief, en is vrij voor niet commercieel gebruik) en de RRDtool-set (real time grafieken als plaatjes).

Een alternatief is een dashboard, zoals bijv [Grafana](#) (Open Source en commercieel ondersteund) en [Kibana](#) (elastic-search query mogelijkheid, source is beschikbaar, commerciële ondersteuning). Dit maakt het mogelijk om statistische berekeningen apart per gebruikersgroep in te richten en monitoring mogelijk te maken.

Het RIVM heeft een uitstekende Samen Meten Analyse tool (dashboard) ter beschikking gesteld via haar Samen Meten website. In wezen is het een website interface gebaseerd op R-Studio voor visualisatie van ook lokale meetdata van de meetdata verzameld in de Samen Meten meetdata database. De mogelijkheden zijn dan ook beperkt tot wat in de database aan data beschikbaar gesteld is bijv. via de data die RIVM betrekt via Sensors.Community of geüpload naar Samen



Meten is door een luchtkwaliteits-meetinitiatief. Een voordeel is dat de meetdata van de NSL- en KNMI landelijke meetstations direct beschikbaar zijn.

Op de data-analyse [dashboard van Hollandse Luchten](#) kan men zelf de meetdata van het Hollandse Luchten ‘analyseren’. O.a. grafieken per sensor over het verband tussen PM<sub>2.5</sub> en temperatuur en luchtvochtigheid. De data wordt elke 3 maanden bijgewerkt.

#### Werkkader 4: akties en beleid: handen in het haar

- *Informatie behoefte*

De stakeholders - omwonenden, ondernemingen en lokale overheid (gemeente, GGD, uitvoeringsdiensten, politiek, bestuurders, en beleidsmakers) – betrokken in het project verschillen enorm in de informatiebehoefte en voorziening. Pas op: de informatie-behoeftes lopen uiteen.

In hoe verre zijn de metingen wel betrouwbaar en is de data gevalideerd?

Statistiek en interpretatie van gegevens is een vak op zich. De voortdurende vraag aan elke stakeholder is: kan de stakeholder wat met de interpretatie?

Lost dat zijn of haar probleem op?

Is het gereedschap van de probleem-oplosser wel toereikend?

Een voortdurend dialoog van gang van zaken is nodig en geeft wederzijds inzicht in mogelijke oplossingen. De woorden openheid en transparantie hebben hebben voor een citizen scientist (technicus) een betekenis die veel verder gaat als het publiek maken van informatie. Om te participeren hebben zij volledig en volledig vrije inzage en gebruik van het werk en resultaten nodig zoals bijv. in de Open Source wereld gemeen goed is.

- *Overdracht en beleidsregulering*

Noodzakelijk is een open en frequente uitwisseling op formele en informele wijze die transparant is voor alle deelnemende organisaties.

De coördinatie van de stakeholders is cruciaal en dient zowel intern als extern open en frequent te zijn willen bedrijven en burgers kunnen en blijven participeren.

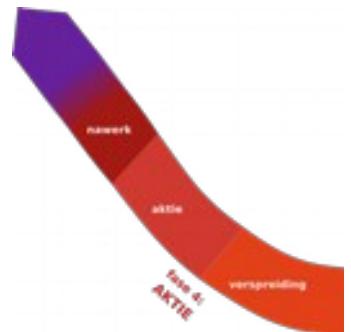
Fundamenteel is dat er begrip is over de voortgang en kwaliteit van resultaten (het ‘wij’ gevoel).

Het vereist een vrij intensieve samenwerking tussen de betrokkenen: samen het probleem oplossen en wederzijds compassie, vertrouwen en perspectief. Denk aan frequente voorziening van tussenresultaten, de feedback, het duiden van (tussen)maatregelen, de terugkoppeling van problemen en oplossingen, de duidingsbehoeften, duiden van verwachtingspatronen, verantwoording afleggen van acties.

- *Public relations*

De omwonende en burger heeft als uiterste middel confrontatie bijv. via het gerecht of via de politieke tribune. De ondernemer is teveel doende met zijn confrontatie met de regelgeving en rechtsgang. De politiek en uitvoerenden van beleid is voortdurend druk doende met nieuwe en bijstelling van de regelgeving. In feite is het dan al veel te laat.

Voortdurende informatievoorziening van wie doet wat, het waarom en openheid over de voor de hand liggende oplossing en zijn beperkingen ontbreken vaak. Van belang is om de relatie tussen de



stakeholders maar ook met name het ‘publiek’ goed te onderhouden. PR en management is een vak apart.

## Tot slot

De mogelijkheden en onmogelijkheden moet in elk werklijn duidelijk zijn wil het project succes opleveren. Met een vaag doel en mogelijke oplossingen vanuit de stakeholders (‘waar doe je het voor?’) kom je er niet blijkt in vele projectinitiatieven. Geen beloften die vaag zijn of niet waar gemaakt kunnen worden. Voor alle partijen is het een andere manier van toenadering: een echt ronde-tafel gesprek en dialoog.

Te vaak ontbreekt er een duidelijk commitment met lokale overheid of ondernemingen. Is onafhankelijk management wel geregd in het meetproject?

Twee voorbeelden van projecten waar het doel niet al te vaag gesteld wordt maar waar het commitment van de resultaat actie vaag is:

Het luchtkwaliteits-meetproject Hollandse Luchten is vrij ‘duidelijk’ in haar doelstellingen<sup>14</sup>:

*“Doelstelling Hollandse Luchten heeft het doel om met behulp van citizen science een platform te creëren met inwoners, overheid en bedrijfsleven waarin kennis opbouwen, dialoog voeren en handelingsperspectieven verkennen over een gezonde fysieke leefomgeving centraal staan.*

*Subdoelen: En draagt Hollandse Luchten als instrument bij aan:*

*I. Ontwikkelen van een lokaal meetnetwerk: Verkennen of het mogelijk is om tot een betaalbaar, laagdrempelig en flexibel inzetbaar meetnetwerk te komen, waarvan de data betrouwbare inzichten geeft in lokale omgevingskwaliteiten.*

*II. Ontwikkelen van lokale inzichten: Meetgroepen, experts en lokale partners leveren capaciteit en kennis waardoor nieuwe inzichten worden gerealiseerd.*

*III. Versterken van beleidsinnovatie in het kader van de Omgevingswet: Ervaring opdoen met een nieuw participatie instrument. Belangrijke aspecten daarbij zijn een gebiedsgerichte aanpak, participatie & dialoog en samenwerken aan de voorkant van beleidsprocessen.”*

Stichting Natuur en Milieu<sup>15</sup> heeft voor de vijfde maal met inzet van burgers de waterkwaliteit gemeten in Nederland met het project ‘Vang de Watermonsters’. Ook nu in 2023 is er *geen* verbetering van de waterkwaliteit geconstateerd: maar 22% van de kleine wateren scoort goed. De weinige ‘handvatten’ (?) die voor handen liggen, zoals bewustwording en het aanscherpen van vergunningen/handhaving en beperking van het uitrijden van mestoverschot, blijven blijkbaar ongebruikt.

*Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) rapporteert over ‘Vang de Watermonsters’*

- ✓ *de samenvatting sluit af met:*

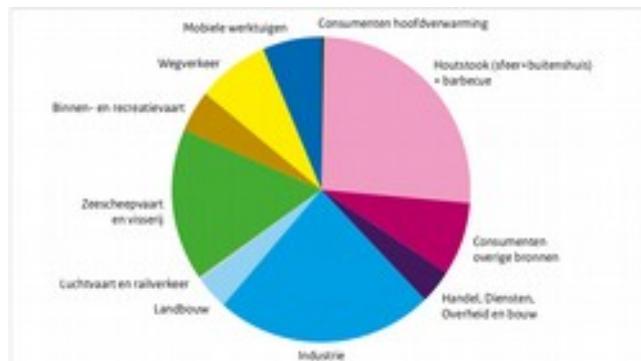
*‘Een integrale aanpak is uitdagend, en vraagt betrokkenheid van verscheidene partijen en gezamenlijk eigenaarschap van de uitdaging op het gebied van waterkwaliteit waar Nederland voor staat. Burgerwetenschap kan een middel vormen om mensen te betrekken bij waterkwaliteit en zorgt voor gedeeld eigenaarschap van resultaten.’*

14 [Projectplan Hollandse Luchten 2021-2023](#)

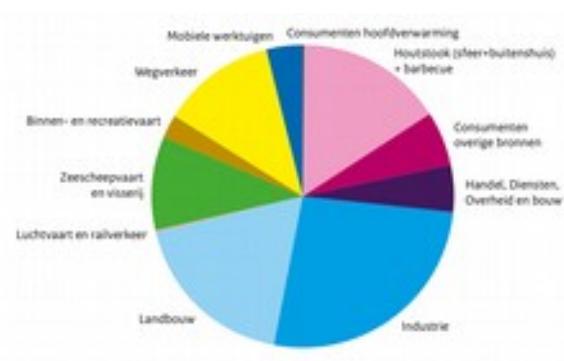
15 [Nieuwsbericht](#): ‘waterkwaliteit Nederlandse kleine wateren is nog steeds onder de maat’.

Er wordt op vrij veel locaties in Nederland de luchtkwaliteit gemeten. Vaak ligt de focus op fijn stof. Een duidelijke en concrete doelstelling ('Waar doe je het voor?') met name vanuit de lokale overheid ontbreekt te vaak of de lokale overheid weet er niet goed wat er mee gedaan wordt waardoor burger afhaakt. Een paar voorbeelden uit de agrarische regio's:

- 'Grenzeloos Meten' in noord Noord-Limburg<sup>16</sup>.
- Stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk zijn in 2020 begonnen met een luchtkwaliteitsmeetnetwerk gesponsord vanuit de gemeente<sup>17</sup>.



oorsprong PM<sub>2.5</sub> emissies 2021



oorsprong PM<sub>10</sub> emissies 2021

Bron: Emissieregistratie RIVM rapport over effect van houtstook<sup>18</sup> (juni 2023)

#### Het effect van houtstook

op luchtkwaliteit en de gezondheid<sup>19</sup> is het grootst. PM<sub>2.5</sub> uitstoot: maar liefst 33% van het totaal komt van houtstook. De houtstook emissiebijdrage aan (secundair) fijn stof met name PM<sub>2.5</sub> is ca 25%. Toch treden lokale overheden maar twijfelend op om de uitstoot te beperken. Bewustzijnsproblematiek: de blootstelling aan PM<sub>2.5</sub> binnenshuis bij houtstook is aanzienlijk in vergelijking met wat houtstook bijdraagt buitenhuis.

#### Enkele citaten:

*"Het commitment voor een gezonde regio laat te wensen over"* citaat uit politiek debat 2023

*"Commitment is niet een woord maar een daad"* naar Jean-Paul Sartre (filosoof)

*"Participatie: de burger zoek het zelf maar uit"* naar Bas Heijne (columnist)

*"Meten zonder actie is zinloos, acties zonder meten is fataal"*

16 Vereniging Behoud de Parel is in 2011 gestart met het verzamelen van luchtkwaliteitsgegevens in haar regio. Begin 2023 heeft de vereniging de moed opgegeven na het falen van de samenwerking met de lokale gemeente: rapportage '[Tijdslijn luchtkwaliteitsmetingen acties Behoud de Parel](#)'.

17 Ondersteund door Behoud de Parel is [in 2022 een rapport '3 jaar meten in agrarisch gebied. Wat nu?' uitgebracht](#) met de (lokale) metingen in oa St. Anthonis bij omwonenden en ondernemers. Vervolgesprekken voor uitbreiding van de metingen over Land van Cuijk blijven nog uit omdat het niet duidelijk is wat er met de metingen gedaan wordt en welke acties kunnen zijn. Een [reactie van de burgerwetenschappers](#) op het conceptplan.

18 [Effect van houtstook op luchtkwaliteit en gezondheid](#), RIVM, nov. 2023.

19 Een betere gezondheid door schone lucht. RIVM rapporteert in juni 2023: [Effect van houtstook op luchtkwaliteit en gezondheid](#). Houtstook is een van de belangrijkste veroorzakers van geurhinder.

## **Dankwoord**

Aan deze notitie zijn vele gesprekken en uitwisseling van ervaringen met enkele burgerinitiatieven (Land van Cuijk-stichting Burgerwetenschappers, Leidschendam-LV2, Gouda-Samen Duurzaam, Berghaven-Scapeler, Amersfoort-Meet je Stad, Amsterdam-Waag Futurelab), RIVM team ‘Samen Meten’ en overheidsdiensten (omgevingsdienst en GGD ZO-Brabant) aan vooraf gegaan. Met name Joost Wesseling, Marita Voogt, stichting Burgerwetenschappers Land van Cuijk, Frans Kets, Walter Takens, Peter Demmer, Diana Wildschut en Harmen Zijp.

## **Copyright**

© 2023 Teus Hagen, ver. Behoud de Parel. Deze notitie valt onder Creative Commons Attribution 4.0 International License. De licentie geeft toestemming aan anderen om de notitie te verspreiden, met anderen te delen en de notitie te verbeteren met als bouwstenen: naamsvermelding, geen afgeleide werken, gelijkdelen, en niet voor commerciële doeleinden. Zie voor de (vrije) kopie en publicatierechten <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> .

