

Luchtkwaliteit meten, kan dat beter? - Het AirMonTech project en database

E.P. Weijers (ECN)
T. Kuhlbusch (IUTA)

April 2014
ECN-V--14-003



LUCHTKWALITEIT METEN, KAN DAT BETER? – HET AIRMONTECH PROJECT EN DATABASE

In het Europese AirMonTech project zijn alle technieken om luchtkwaliteit te meten verzameld en ontsloten. AirMonTech doet ook aanbevelingen om toekomstige monitoring meer te gebruiken voor onderzoek naar gezondheidseffecten, brontoewijzing en de evaluatie van maatregelen in stedelijke gebieden.

ERNIE WEIJERS, THOMAS KUHNBUSCH EN HET AIRMONTECH CONSORTIUM*

Inleiding

De meeste mensen in Europa wonen in steden en worden blootgesteld aan een slechtere luchtkwaliteit door emissies van voertuigen, gebouwverwarming en industrie. Om de gezondheid te beschermen, heeft de EU grenswaarden ingesteld waaraan overal in Europa voldaan moet worden. Of die al dan niet gehaald worden, wordt vastgesteld door metingen en berekeningen. De technieken voor het meten en, in bredere zin, de wetenschappelijke inzichten ten aanzien van luchtkwaliteit ontwikkelen zich voortdurend. Om die reden heeft de Europese Commissie het project 'AirMonTech' opgestart met als doel bestaande instrumentatie te inventariseren, nieuwe veelbelovende technieken te evalueren, en een nieuwe strategie voor de monitoring van luchtkwaliteit te ontwikkelen. Het project

duurde dertig maanden en is onlangs beëindigd met publicaties van haar belangrijkste bevindingen. In dit artikel worden ze samengevat. De publicaties zijn te vinden op <http://www.airmontech.eu/publications>.

Het AirMonTech Consortium bestaat uit Europese experts werkzaam in de monitoring luchtkwaliteit, wetenschap en gezondheidsonderzoek (figuur 1). ECN is daarin de Nederlandse partner. Zij verzamelden allerlei gegevens over het meten van luchtkwaliteit. Al die informatie werd kritisch bestudeerd en uiteindelijk opgeslagen in een speciaal ontwikkelde database (<http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu>). Op deze wijze is de database een unieke bron van informatie voor iedereen die betrokken is bij (het meten van) luchtkwaliteit (operators meetnetten, wetenschappers, ontwikkelaars van instrumenten, beleidsadviseurs, enzovoort). Het verzamelen van informatie zal doorgaan in de toekomst. Mede geïnspireerd door inzichten uit de technische inventarisatie heeft AirMonTech

ook een strategie voor de toekomstige monitoring voorgesteld. Zowel de database als de strategie wordt hier toegelicht.

The AirMonTech database

In de database zitten nu zo'n vierhonderd documenten die betrekking hebben op het meten van luchtkwaliteit. Het Consortium zelf heeft drie documenten opgesteld. Het eerste geeft gedetailleerde informatie over een component of 'metriek' (chemie, bronnen, mogelijke gezondheidseffecten, enzovoort) en omvat zowel gassen als fijn stof (de 'Metric Basic Information' (MBI)). Het tweede type document geeft een overzicht van alle meettechnologieën per metriek met een korte beschrijving van meetprincipe, voor- en nadelen, en een beoordeling van de geschiktheid voor het doen van metingen in urbane, rurale en afgelegen gebieden; dit document heet 'Metric Measurement Technology Overview' (MMTO). Het laatste document beschrijft elke monitoringmethode

zoals genoemd in de MMTO (inclusief referenties voor andere relevante literatuur). Deze documenten zijn opgesteld voor zowel bestaande als nieuwe en opkomende meettechnieken.

Naast deze AirMonTech-documenten is ook informatie uit andere, externe bronnen te vinden in de database, zoals daar zijn Standard Operation Procedures, approval reports and certificates, product leaflets, brochures en handleidingen. Deze informatie is afkomstig uit de wetenschappelijke literatuur en van fabrikanten en onderzoekers werkzaam in de meettechniek en instrumentele ontwikkeling. De database vormt zo een platform voor data- en informatie-uitwisseling dat het kiezen en implementeren van geschikte en/of nieuwe meettechnieken vergemakkelijkt. De lezer wordt uitgenodigd een kijkje te nemen. Documenten kunnen gratis downloaden worden (info@airmontech.eu). (Laat het mij weten als u van mening bent dat documenten ontbreken.) Een overzicht van het soort documenten is te vinden in tabel 1 (voor instrumenten) en 2 (componenten/metrieken). De database wordt onderhouden door Joint Research Centre (JRC, Ispra, Italy).

Recente vooruitgang in de monitoring van luchtkwaliteit

De AirMonTech-inventarisatie laat zien dat er recent interessante ontwikkelingen zijn geweest in het meten van



Figuur 1: De instituten in het Consortium.

luchtkwaliteit. Hierna worden kort enkele voorbeelden beschreven. Zo is voor het meten van de 'traditionele' gascomponenten (als CO, SO₂, NO/NO_x en O₃) de compacte 'minicontainer' geïntroduceerd. Deze bevat referentie- of equivalente apparatuur alsmede kalibratie-eenheden. Datacommunicatie verloopt draadloos en stroomvoorziening door zonnepanelen en/of accu's is mogelijk. De minicontainer maakt een flexibele uitbreiding of verdichting van bestaande netwerken mogelijk op plaatsen waar dat wenselijk is.

Voor de 'niet-gereguleerde' gascomponenten (als NH₃, H₂S en VOC) zijn nieuwe technieken beschikbaar, merendeels gebaseerd op de toepassing van lasers (afgekort als QCL, CRDS, DOAS). Deze hebben beduidend betere eigenschappen dan routineapparatuur (zoals lagere detectiegrens en hogere gevoeligheid), maar door hun complexiteit alleen geschikt voor onderzoekdoeleinden. In de toekomst worden routinematige toepassingen voorzien. Er bestaan ook meer geavanceerde versies (DOAS, TDLAS en QCLAS) die



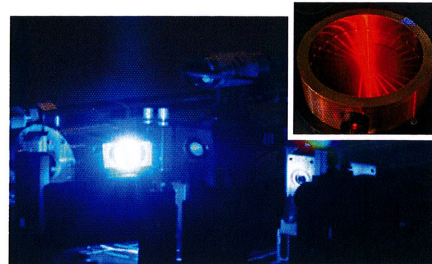
Figuur 2: Homepage AirMonTech database (<http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu>).



Figuur 3: Een minicontainer (UMEG, Karlsruhe, Germany).

DE AIRMONTECH-INVENTARISATIE LAAT ZIEN DAT ER RECENT INTERESSANTE ONTWIKKELINGEN ZIJN GEWEEST IN HET METEN VAN LUCHTKWALITEIT

meerdere gassen gelijktijdig meten of na elkaar.



Figuur 4: Meetinstrumenten voor luchtkwaliteit met behulp van lasers (QCL, DOAS).

Miniaturisering is mogelijk door de ontwikkeling van zogenoemde sensoren (elektrochemisch, optisch). Zo zijn er inmiddels sensoren voor NO_x , O_3 , en NH_3 , en ook voor fijn stof. Sensoren zijn aanzienlijk goedkoper dan een 'traditionele' monitor en kunnen daarom in grote aantallen ingezet worden. Ze hebben wel beperkingen, zoals onvoldoende detectielimiet en stabiliteit. Niettemin, de eerste pilotstudies zijn inmiddels opgestart (Heathrow Airport in London; AiREAS, Eindhoven). Ook worden toepassingen als persoonlijke monitoring en 'spatial mapping' voorzien.

AIREAS

Veel vooruitgang is ook geboekt in het meten van fijn stof. Naast de massa-concentratie (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) is karakterisering van aantallen, oppervlakte en grootteverdeling van deeltjes mogelijk. Voor researchdoeleinden zijn er verschillende deeltjestellers (CPC) en spectrometers (DMPS/SMPS) beschikbaar en de afgelopen jaren is veel energie gestopt om deze geschikt te maken voor monitoring. Door de ontwikkeling van bijvoorbeeld spectrometers die de grootteverdeling geven in enkele grootteklassen in combinatie met meer bedieningsgemak, is dit nu mogelijk. De vergelijkbaarheid van dergelijke instrumenten is soms een probleem; zo is de

omrekenfactor (van elektrisch signaal naar massa-eenheid) iets waar zorgvuldig mee moet worden omgegaan. De bepaling van de morfologie van deeltjes blijft een uitdaging. Verstrooiing geeft een indicatie, maar de enige manier om het precies vast te stellen is (dure) elektronenmicroscopie. Een doorbraak is wel bereikt in pollen-detectie. Het verzamelen, identificeren en tellen van pollen is nu geautomatiseerd mogelijk met een tijdsresolutie van 1 uur. Met dit instrument kan nu routinematig de aanwezigheid van pollen gemeten worden en zo data opleveren voor gerelateerde gezondheidsstudies.

Zwart koolstof (Engels: Black Carbon (BC)) dient als een 'proxy' voor de aanwezigheid van roet in fijn stof. Verschillende methoden om BC te kwantificeren, maken gebruik van absorptie van opvallend licht. Absorptie wordt vooral veroorzaakt door donkere en bruine deeltjes die met name afkomstig zijn van verbrandingsprocessen. Andere methoden zijn gebaseerd op fotoakoestiek, infrarode diodelasers en lichtverzwakking door deeltjes gedeponeerd op een filter. Verscheidene van zulke instrumenten zijn nu geschikt voor stedelijke netwerken. De vergelijkbaarheid van de resultaten vereist verder onderzoek.

Ook zijn er verschillende instrumenten die online de chemische samenstelling van het fijn stof meten met een hoge tijdsresolutie. Een voorbeeld is de continue meting van wateroplosbare zouten met ionchromatografie waarbij gassen vooraf afgevangen (en geanalyseerd) worden. Op deze wijze worden gassen en deeltjes onderscheiden. Uitbreiding met een bepaling naar het koolstofhoudende deel in het fijn stof is ook mogelijk. De inzet van dergelijke complexe (onderzoeks)systemen in netwerkmonitoring is voorlopig niet te verwachten.

Nieuwe methoden zijn ook van belang bij toxicologisch onderzoek naar

gezondheidseffecten van luchtverontreiniging. Dit heeft nieuwe activiteiten geïnitieerd die gericht zijn op het meten van metabolische effecten. Twee voorbeelden:

1. Veelbelovend is de zogenoemde ROS-parameter. ROS staat voor 'Reactive Oxygen Species', het vermogen van fijnstofdeeltjes om radicalen te produceren in longweefsel, met ontstekingen als gevolg. Verschillende methoden bestaan inmiddels om de reactiviteit van fijn stof verzameld op filters vast te stellen en er is onderzoek gaande naar een online methode.
2. Een tweede voorbeeld is de detectie van het gedrag van macrofagen in longcellen door (geautomatiseerde) beeldverwerking. Macrofagen zijn direct betrokken bij de natuurlijke reactie van het longstelsel na inademing van fijn stof.

Beide ontwikkelingen zijn nog niet in het stadium van een routinematige toepassing.

Een nieuwe meetstrategie?

Na intensieve discussies binnen het AirMonTech Consortium en overleg met experts op het gebied van monitoring, assessment en gezondheid is een meetstrategie voor de toekomst geformuleerd. Men was het snel erover eens dat monitoring zich niet zou moeten beperken tot het controleren of de grenswaarden gehaald worden. Netwerkmonitoring zou efficiënter én kosteneffectiever zijn als metingen ook gebruikt kunnen worden in onderzoek naar gezondheidseffecten, brontoevoering en de evaluatie van maatregelen in stedelijke gebieden. De eerste aanbeveling is derhalve de doelstelling van bestaande netwerken uit breiden.

De introductie van de gemiddelde blootstellingsindex (AEI) voor $\text{PM}_{2,5}$ is een stap in deze richting. Omdat $\text{PM}_{2,5}$ een geringe ruimtelijke variatie kent,

werkt deze benadering goed met een gering aantal vaste stations. Een volgende aanbeveling is dat nieuwe (additionele) luchtkwaliteitsindicatoren onderdeel dienen te zijn van een nieuwe strategie. Er zijn verschillende kandidaten: Black Carbon (BC), 'zwart koolstof', is het meest belovend, als indicator voor de aanwezigheid van roet dat in de lucht gebracht wordt door verkeer en houtverbranding. Belangrijk is ook dat BC op routinebasis met voldoende betrouwbaarheid kan worden gemeten en van belang is voor zowel gezondheidsstudies als onderzoek naar klimaatforcering. Er zijn andere indicatoren denkbaar die ook zinvol zijn voor gezondheidsstudies, zoals 'ultrafines', oppervlakte van deeltjes, chemische samenstelling per massafractie en aanwezigheid van vluchtige organische componenten, maar deze zijn, praktisch gezien, moeilijker meetbaar dan BC.

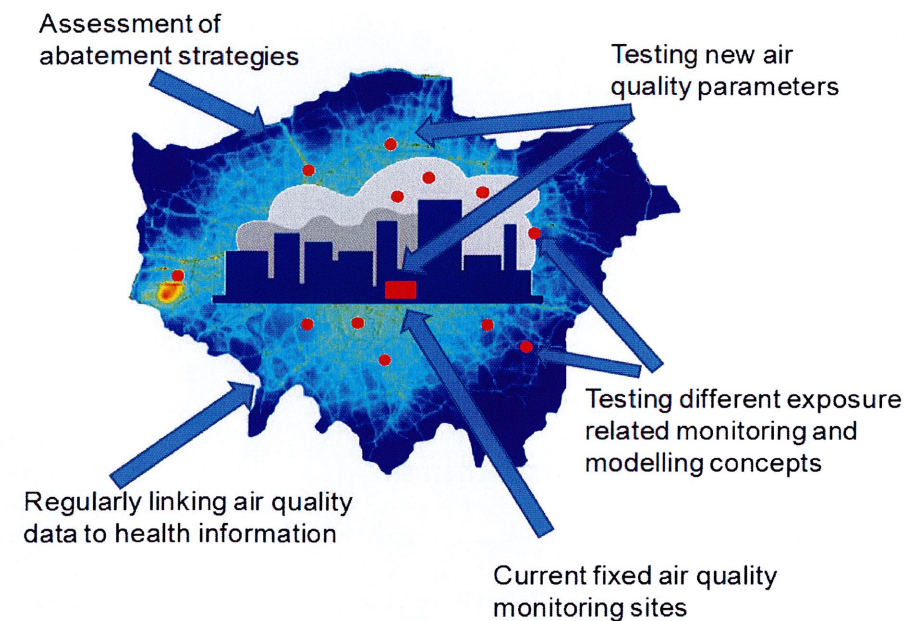
In de door AirMonTech geformuleerde strategie voor monitoring zijn verder twee elementen essentieel. Ten eerste is daar de *integratie van meetdata*. Beschikbare monitoringactiviteiten in een stedelijk gebied zijn:

- metingen op vaste stations (traditioneel data producerend van hoge kwaliteit en tijdsresolutie, maar met minder ruimtelijke informatie);
- metingen met mobiele en flexibele systemen die meten met een hoge spatiële en temporele resolutie.

Deze activiteiten zouden meer dan voorheen gecombineerd moeten worden met de voordelen van:

- modellering (bereken spatiale en temporele variatie op elke gewenste plek, maar wel met een relatief hoge onzekerheid), en van
- remote sensing (informatie over een groot gebied, maar niet met de resolutie die nodig is voor direct gebruik in gezondheidsstudies).

Door het combineren van meten (vast en mobiel) en modelleren van stedelijk



Figuur 5 Visualisering van ARMAQ: zorgvuldig gekozen regio's waar monitoring van luchtkwaliteit en gezondheidsonderzoek tegelijk wordt uitgevoerd met de meest moderne apparatuur.

ke luchtkwaliteit verbetert de kwaliteit van data en geeft meer ruimtelijke informatie. Andere voordelen van modelleren zijn het doorrekenen van effecten van maatregelen en het gebruik in de visualisatie van resultaten. Men dient zich wel te realiseren dat modellen alleen iets vertellen over zogenaamde 'bekende' onbekenden; metingen blijven essentieel voor de kwaliteit van modeldata. Samengevat: veel winst is te behalen door een systematische integratie van metingen en assessmenttechnieken in één homogeen informatienetwerk. Niet alleen vermindert dit de gevolgen van fouten en uitval van apparatuur, het maximaliseert de voordelen van beide en levert meer informatie op.

Het tweede onderdeel van een nieuwe strategie is een sterkere *integratie van luchtkwaliteitsmonitoring en wetenschappelijk gezondheidsonderzoek*. Epidemiologisch onderzoek lijdt onder een gebrek aan 'verfijnde' gegevens over de chemische samenstelling van fijn stof en karakterisering van fysische deeltjeseigenschappen. Om hieraan tegemoet te komen, worden zogenaamde 'Areas for Research and Monitoring of Air Quality (ARMAQ)' voorgesteld. Praktisch betekent dit dat die meetlocaties en regio's gekozen worden waar solide epidemiologisch onderzoek mogelijk is. Deze locaties worden uitgerust met een zo volledig mogelijke verzameling meetinstrumenten met als doel blootstelling-responsfuncties vast

te stellen voor elke relevante en meetbare component of eigenschap ('metriek'). Het is de overtuiging van AirMonTech dat alleen op deze wijze de indicator gevonden wordt die het best de antagonistische en synergistische effecten op de gezondheid door eigenschappen van het fijn stof zal representeren. En als deze eenmaal gevonden is en bijpassende meetinstrumenten bestaan, kan dit de effort die nodig is voor de traditionele luchtkwaliteitsmonitoring aanzienlijk terugbrengen. Huidig onderzoeken (bijvoorbeeld het reeds genoemde ROS en chemische speciatie) kunnen gezien worden als eerste stappen in deze richting. Uiteraard zijn allerlei activiteiten denkbaar binnen een ARMAQ, zoals het testen van nieuwe instrumenten (voor vaste en mobiele metingen), het verzamelen van nieuwe data voor gezondheidsonderzoek en het ontwikkelen en testen van alternatieve luchtkwaliteitsindicatoren voor stedelijk luchtkwaliteit en gezondheid.

Acknowledgement

Dit werk werd uitgevoerd binnen het EU-project 'AirMonTech', gefinancierd door de Europese Commissie. De meningen verkondigd in dit stuk vertegenwoordigen niet de mening van de EC.

* Ernie Weijers werkt als onderzoeker Luchtkwaliteit bij het energieonderzoek Centrum Nederland (ECN). Voor vragen: weijers@ecn.nl. Thomas Kuhlbusch werkt bij IUTA in Duitsland.

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl

