

Pm_{2,5} meetprotocol voor kantoren

Mensen zijn meer dan 90% van de tijd binnen. Echter, in tegenstelling tot buitenlucht, bestaan er geen wettelijke richtlijnen voor fijn stof voor de binnenlucht. Bovendien, zijn er momenteel geen eenvoudige meetprotocollen en richtlijnen beschikbaar waarnaar kan worden gerefereerd. Dit artikel beschrijft de achtergrond voor een nieuw meetprotocol voor PM_{2,5} op basis van optische deeltjes-tellers en geeft referentiewaarden voor drie kwaliteitsklassen. Vervolgens worden drie casestudies beschreven waarin het meetprotocol is toegepast. De casestudies geven aan dat bij toepassing van kwalitatief goede luchtfilters de luchtdichtheid de beperkende factor wordt.

Ir. P. (Piet) Jacobs, onderzoeker Energie, Comfort en Binnenmilieu, TNO

Blootstelling aan fijn stof zorgt voor een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, luchtweg gerelateerde klachten en sterfte [1]. In deze epidemiologische studies worden buitenluchtconcentraties gerelateerd aan gezondheidseffecten. Omdat mensen in ontwikkelde samenlevingen voor meer dan 90% binnen zijn (woning, kantoor of vervoersmiddel), is de binnenconcentratie relevanter voor de blootstelling dan de buitenconcentratie. Dit geldt met name voor kantoorgebouwen die een lagere binnen-buitenconcentratieverhouding hebben dan andere gebouwen door filters in het luchtbehandelingssysteem en een luchtdichte constructie die infiltratie van onbehandelde buitenlucht vermindert. Voor bepaling van massa concentratie fijn stof in de buitenlucht bestaan gedetailleerde meetprotocollen en de meetwaarden kunnen worden getoetst aan wettelijke waarden voor een jaarlijks en een 24 uur gemiddelde. Voor metingen in het binnenmilieu bestonden tot voor kort geen protocollen. Toepassing van het referentie buitenlucht protocol is in de meeste binnenmilieus niet

mogelijk vanwege het geluid wat de meetapparatuur produceert. Ook de afmetingen van deze meetapparatuur verhindert een eenvoudige plaatsing in het binnenmilieu. Optische deeltjestellers zijn door het kleine formaat en door de geringe geluidproductie wel geschikt voor fijnstofmeting in de binnenlucht.

MEETPERIODE

Hoe lang moet binnen worden gemeten om een representatief resultaat te verkrijgen? Omdat het activiteitenpatroon in een kantoor in de meeste gevallen zich zelf na een week herhaalt, duren de in de literatuur gerapporteerde metingen typisch één of twee weken. Dit is een compromis tussen een representatief resultaat verkrijgen en de overlast op de testlocatie tot een minimum te beperken. Een probleem hierbij is echter dat de binnenconcentratie fijn stof in belangrijke mate afhankelijk is van de buitenconcentratie. De windrichting heeft hierbij een belangrijk effect. Bij westenwind vanaf zee is de PM_{2,5}-concentratie buiten typisch een factor twee

lager dan bij oostenwind. In dat geval wordt luchtverontreiniging over grote afstanden over het Europese continent aangevoerd. Bij aanname van een constante binnen-buitenconcentratieratio wat betreft fijn stof zal de binnenconcentratie sterk afhangen van buitenconcentratie gedurende de meetperiode. In principe zou een geheel jaar moeten worden gemeten om een schatting te krijgen voor de jaargemiddelde binnenconcentratie fijn stof. Indien een korte meetperiode wordt gehanteerd is een correctie voor de buitenluchtconcentratie benodigd. Meting van fijn stof in de buitenlucht is echter onderhevig aan een aantal praktische problemen. Is er stroom voorhanden nabij de luchtinlaat op het dak van een kantoorgebouw? Daarnaast moet de meetapparatuur weersbestendig en vandalismebestendig zijn, omdat deze gedurende minimaal een week zonder toezicht wordt ingezet. Gedurende perioden met hoge relatieve vochtigheid dient de buitenmeting niet te worden verstoord door vochtdeeltjes. Om deze redenen is het praktisch om data van

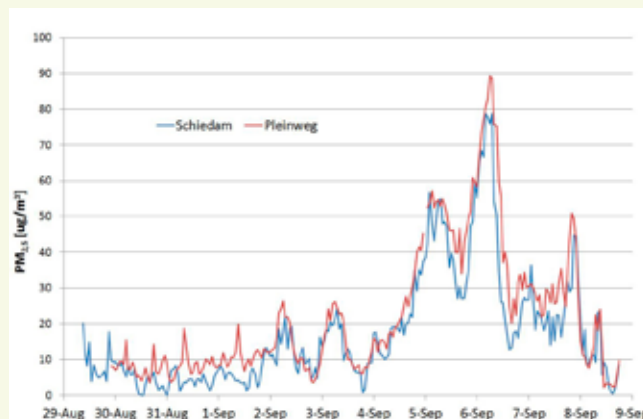
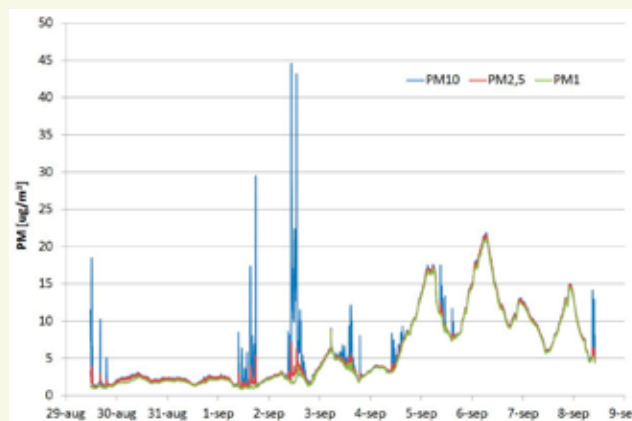
een station van het landelijk meetnetwerk te gebruiken. Ook wanneer het station verder weg is gelegen zijn de waarden wellicht bruikbaar, omdat de $PM_{2,5}$ buitenconcentratie voor het merendeel van regionale effecten afhankelijk is en maar voor een klein deel (<15%) van lokale effecten [2].

KWALITEITSKLASSEN

De laatste vraag is hoe de $PM_{2,5}$ -meetresultaten te communiceren aan een klant die geen expert op het gebied van fijn stof is. Met betrekking tot filterkwaliteit zijn in EN 13779 (2007) verschillende buitenlucht (Outdoor Air ODA) en binnenlucht (Indoor Air IDA) klassen gedefinieerd voor de filterselectie voor gebouwen. Echter, deze klassen houden alleen rekening met de filterkwaliteit en geven niet de resulterende binnenlucht-kwaliteit. Het effect van infiltratie, waarbij onbehandelde lucht via naden en kieren het gebouw instroomt is hierin niet meegenomen. Veldstudies [3] laten zien dat open ramen en deuren en infiltratie door naden en kieren een majeure invloed kunnen hebben op de $PM_{2,5}$ -concentratie binnen. Daarnaast neemt de EN 13779 interne bronnen van $PM_{2,5}$ niet in beschouwing. In scholen hebben deze een significant effect op de binnenconcentraties, zoals gerapporteerd door [4] en [5]. Met betrekking tot kantoren is weinig literatuurover interne bronnen beschikbaar. Voor scholen biedt ISO 89 [2008] een systeem met drie kwaliteitsklassen voor ontwerpspecificaties met betrekking tot verschillende binnenklimaatparameters, zoals temperatuur, CO_2 -concentratie, etc. Momenteel is $PM_{2,5}$ hierin niet opgenomen. In dit artikel worden drie kwaliteitsklassen voor $PM_{2,5}$ in kantoorgebouwen voorgesteld: de Wereld Gezondheids Organisatie (WHO) jaargemiddelde advieswaarde van $10 \mu g/m^3$ (klasse A), $17,5 \mu g/m^3$ (klasse B) en de sinds 1 januari 2015 in Nederland van kracht zijnde buitenluchtgrenswaarde van $25 \mu g/m^3$ (klasse C). In het vervolg van dit artikel worden casestudies beschreven van kantoorgebouwen waarbij de concentratie $PM_{2,5}$ volgens een nieuw meetprotocol is gemeten. In de casestudies wordt ingegaan op bepalende factoren zoals luchtdichtheid en de toegepaste filterkwaliteit. Wat is de spreiding in een gebouw zowel qua plaats als tijd? Daarnaast wordt gekeken naar de relatie tussen $PM_{2,5}$ en ultrafijn stof en het effect van de keuze van een bepaald landelijk meetstation.

$PM_{2,5}$ MEETPROTOCOL

Het 'Meetprotocol fijnstofbepaling in kantoren' is door TNO en de VLA in het kader van een aantal technologieclusters ontwikkeld en



-Figuur 1- Boven binnenconcentraties en onder buitenconcentraties van twee meetstations in Rotterdam. De werkweek start op maandag 1 september.

is te downloaden [6]. Aan de ontwikkeling van het protocol hebben de volgende bedrijven bijgedragen: AAF-International, CAG, Envicontrol, Euromate, FT&C, Lighthouse, Ravebo, RPS, Technolab, TSI en VFA.

In het kort omvat het meetprotocol de volgende stappen:

1. Zoek het meerjarig jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratie representatief voor de meetlocatie. In Nederland is dit ca. $16 \mu g/m^3$ (zie ook figuur 8).
2. Check of de kalibratiedatum van de optische deeltjes-teller niet verlopen is. We adviseren ten minste een jaarlijkse kalibratie.
3. Maandagochtend: plaats de optische deeltjes-teller in een representatieve kantoorruimte. Indien het kantoor meerdere luchtbehandelingskasten heeft of zones met verschillende luchtdichtheid is het te overwegen om per zone een optische deeltjesteller te plaatsen.
4. Leg specifieke details over het gebouw en gebruikersgedrag vast.
5. Vrijdagmiddag: haal de optische deeltjesteller op, lees de data uit en werk deze om naar uurgemiddelde-data.
6. Lees de uurgemiddelde buitenluchtdata uit van een station van het landelijk meetnetwerk.
7. Koppel de data van punt 5 en 6 en pas in bijvoorbeeld Excell lineaire regressie toe om schattingen af te leiden voor de infiltratie-

coëfficiënt (helling) en de interne bronnen (as-afsnede).

8. Bepaal de schatting voor de jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratie:

$$C_{\text{binnen,jaar}} = a \cdot C_{\text{buiten,jaar}} + b \quad (1)$$

$C_{\text{binnen,jaar}}$ en $C_{\text{buiten,jaar}}$ zijn de jaargemiddelde binnen- en buitenconcentratie $PM_{2,5}$, a is de infiltratiecoëfficiënt en b de interne bronnen van $PM_{2,5}$. De infiltratiecoëfficiënt hangt af van de luchtdichtheid en van de kwaliteit van de luchtfilters.

Begin 2014 is in een TNO-kantoorgebouw een testmeting uitgevoerd met vijf optische deeltjes-tellers, waarbij deze zijn vergeleken met de gravimetrische referentiemethode voor $PM_{2,5}$ conform de Europese norm EN12341. Op basis van deze meting kan worden gesteld dat, mits de apparatuur goed geijkt is, commercieel verkrijgbare optische deeltjes-tellers redelijk goed tot zeer goed overeenkomen met de gravimetrische referentiemethode.

RESULTATEN EN DISCUSSIE

Case studie 1: kantoorgebouw in Rotterdam

De meting is uitgevoerd in een zes verdiepingen tellend kantoorgebouw in het centrum van Rotterdam, gelegen aan een drukke weg. Het gebouw is gerenoveerd in 2006. De temperatuur in de kantoren wordt gehandhaafd met fancoil units die met G4-filters zijn uitgerust. De ventilatielucht wordt toegevoerd met een gebalanceerd ventilatiesysteem met

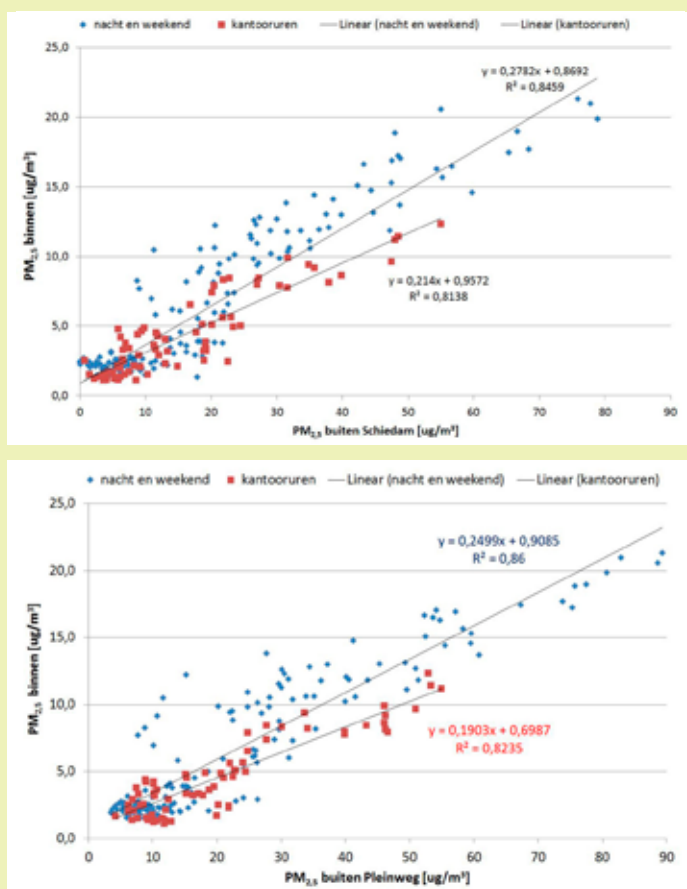
warmteterugwinning dat is uitgerust met F7-filters.

In een vergaderzaal op de zesde verdieping zijn $PM_{2,5}$ en PM_{10} gemeten met een Grimm Model 180 PM_{10} . De resultaten in figuur 1 laten zien dat gedurende de nacht en in het weekend, wanneer dus geen personen aanwezig zijn, deeltjes tot $1\ \mu m$ de belangrijkste fractie vormen van het fijn stof. Zodra personen aanwezig zijn wordt PM_{10} genereerd door resuspensie. Gedurende de meetperiode is van twee meetstations in Rotterdam de buitenconcentratie gevolgd (www.luchtmeetnet.nl), zie onder in figuur 1. Schiedam is een zogenaamd stedelijk achtergrondstation: zonder drukke wegen in de nabijheid. Pleinweg is een zogenaamd straatstation, op een dergelijke locatie wordt de luchtkwaliteit beïnvloed door verkeersemissies. De afstand tussen het kantoor en Pleinweg is ongeveer 3,5 km. De afstand tussen Schiedam en het kantoor is ongeveer 6 km. Vergelijking van de binnen- en buitenconcentraties in de figuur geeft aan dat de binnenconcentratie $PM_{2,5}$ de buitenconcentratie volgt. Dit is ook als XY-plot in figuur 2 weergegeven.

De schatting voor de jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratie in tabel 1 wordt afgeleid uit de regressieparameters voor de helling en de as-afsnede, zie figuur 2. De jaargemiddelde concentratie op basis van meetdata gedurende de nacht en in het weekend is hoger dan die wordt bepaald op basis van kantooruren. Dit kan worden verklaard door de kloktijden van de luchtbehandelingsunit. Op station Pleinweg is de buitenconcentratie hoger dan op station Schiedam; dit verklaart de lagere schatting op basis van station Pleinweg. Op 29 augustus zijn met twee identieke TSI Condensing Particle Counters (CPC) deeltjesconcentraties bepaald in de vergaderzaal op de zesde etage en buiten op dezelfde verdieping en geveloriëntatie, zie figuur 3. Met een CPC worden deeltjes geteld vanaf 10 nm. Het merendeel van de deeltjes zal in de grootte van 10 tot 100 nm vallen; dit wordt ultrafijn stof genoemd. De gemiddelde binnen/buiten-ratio is 0,24, wat dichtbij de voor $PM_{2,5}$ vastgestelde infiltratiecoëfficiënt ligt.

Case studie 2: TNO gebouw

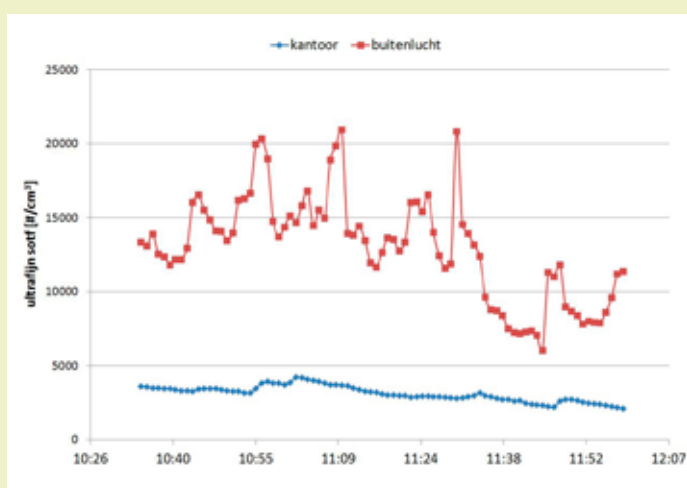
Een andere meting is uitgevoerd in het zes verdiepingen tellend TNO-kantoorgebouw op de universiteitscampus in Delft. Dit kantoorgebouw is 50 m westelijk van een drukke weg en ongeveer 500 m westelijk van de A13 gelegen. Het gebouw uit 2002 is voorzien van een mechanisch toevoer- en afvoersysteem met warmteterugwinning. In de toevoerlucht zijn F7-filters toegepast. Het gebouw is voorzien van een atrium. In dit atrium op de derde etage



-Figuur 2-
XY-plot van
de buiten-
concentratie
in Schiedam
(boven) en
Pleinweg
(onder) versus
de $PM_{2,5}$ -
concentratie in
het kantoor

	op basis van station Schiedam	Op basis van station Pleinweg
Alle data	5,6	4,5
Kantooruren	4,4	3,7
Nacht en weekend	5,7	4,9

-Tabel 1- Schatting voor de jaargemiddelde binnenconcentratie $PM_{2,5}$



-Figuur 3-
Deeltjes
concentratie
ultrafijn stof
binnen en buiten

zijn metingen uitgevoerd met een Palas Fidas Mobile optische deeltjes-teller in de periode 20 januari tot 12 februari 2014. Data van drie volledige meetweken zijn beschikbaar. In figuur 4 zijn de meetdata uit het kantoor geplotted tegen de buitenconcentraties van het Schiedam-station dat ongeveer 20 km van het kantoor is gelegen. Met een aanvullend meet-

instrument op het dak van het TNO-kantoor is geverifieerd dat de buitenluchtconcentratie van het Schiedam-station voor wat betreft $PM_{2,5}$ representatief is voor de buitenlucht rondom het kantoor in Delft. Wat opvalt in figuur 4 is dat de schattingen voor de helling- en de as-afsnede van de buitenconcentratie afhangen. Bij hogere buitenconcentraties

neemt de schatting voor de helling toe en voor de as-afsnede af. Fysisch gezien is de helling een maat voor de luchtdichtheid en de filterkwaliteit. Om hiervoor een goede schatting te verkrijgen zijn blijkaar voldoende hoge buitenluchtconcentraties noodzakelijk.

Tabel 2 geeft schattingen voor de jaargemiddeldeconcentraties. De gemiddelde waarde is $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vergeleken met de weekgemiddelden is de standaard deviatie van de schatting voor het jaargemiddelde een factor drie lager. Deze data kan ook worden vergeleken met gravimetrische metingen die in het Officair project zijn uitgevoerd (<http://www.officair-project.eu/>). Gedurende twee perioden zijn in twee vergaderzalen op de derde etage van het TNO-kantoor $\text{PM}_{2,5}$ metingen volgens de referentie gravimetrische methode uitgevoerd (zie tabel 3). Gelijktijdig is op het dak de buitenluchtconcentratie gemeten. Op basis van deze metingen kan geen schatting voor de interne bronnen worden gemaakt, omdat slechts één datapunt beschikbaar is. Om deze reden is met een vereenvoudigde methode een schatting gemaakt van de jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$. Let op dat met de gravimetrische referentiemethode, in tegenstelling tot de metingen met optische deeltjes-tellers, een meting gedurende een week met lage buitenconcentraties resulteert in een overschatting van de jaargemiddeldeconcentratie, wat kan resulteren in een B-label in plaats van een A-label.

Case studie 3: kantoorgebouw met guard ring

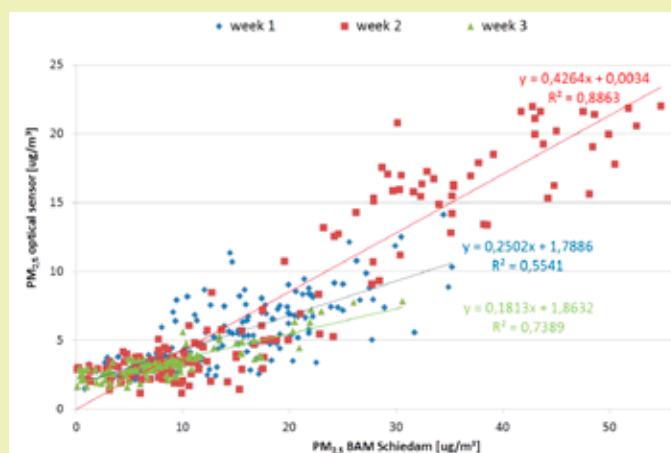
Deze meting is uitgevoerd in het Evides kantoorgebouw in Rotterdam op circa 20 m van de A16 en ongeveer 100 m van de Maas. Het gebouw, een voormalig laboratorium, is voorzien van een mechanisch luchttoevoer- en afvoersysteem. In de toevoer zijn M6-filters toegepast. De kantoren zijn omringd door een gang, zie figuur 5. Deze gang werkt als een zogenaamde 'guard ring'. Het zorgt bij alle windrichtingen en windsnelheden voor een constante naar buiten gerichte stroming vanuit de kantoorruimte. Hierdoor is de infiltratie minimaal. Dit verklaart het hoge reductiepercentage van 86% voor de deeltjesconcentratie ultrafijn stof (zie figuur 5b). In de kantoorruimte zijn gedurende één week metingen uitgevoerd met een Dusttrak DRX-model 8533 (TSI) in de periode 10 tot 17 oktober 2014. Figuur 6 laat de resultaten zien. PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ zijn extreem laag ten opzichte van andere kantoorgebouwen. De gemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ concentratie is $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wat een factor 20 lager is dan de buitenconcentratie. Het was niet mogelijk om in een XY-plot de binnenconcentratie te relateren aan de buitenconcentratie. Waarschijnlijk was $\text{PM}_{2,5}$ meer beïnvloed

Week	$\text{PM}_{2,5}$ gemiddeld	$\text{PM}_{2,5}$ jaar gecorrigeerd
1	6,3	5,8
2	9,7	6,8
3	3,3	4,8
Gemiddelde	6,5	5,8
Standaardafwijking	3,2	1,0

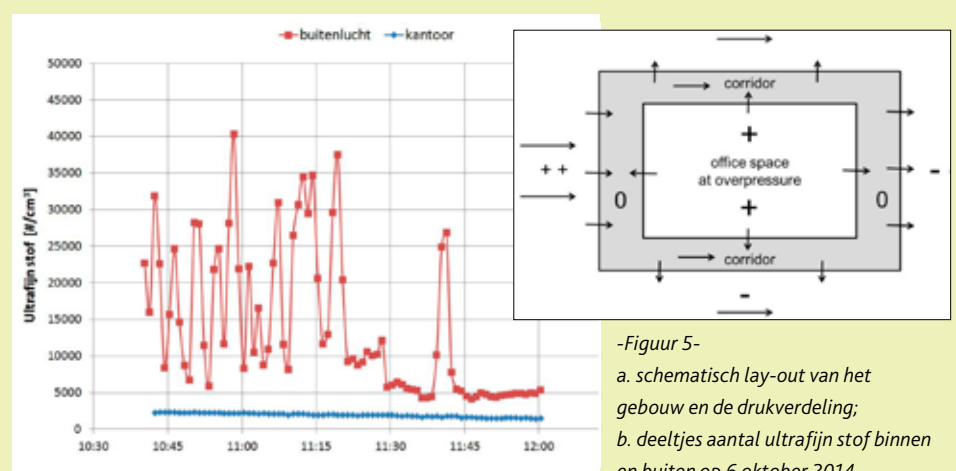
-Tabel 2- TNO gebouw binnenlucht $\text{PM}_{2,5}$ week gemiddelden en schatting voor jaar gemiddelden [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Week	$\text{PM}_{2,5}$ gemiddeld [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	$\text{PM}_{2,5}$ dak [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	infiltratiecoëff. [-]	Jaagecorr.conc. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
8 – 12 april 2013 V1	6,8	31,4	0,23	3,7
8 – 12 april 2013 V2	7,7			
13 – 17 mei 2013 V1	4,7	9,4	0,50	8
13 – 17 mei 2013 V2	4,7			
Gemiddelde	5,9			5,8

-Tabel 3- $\text{PM}_{2,5}$ weekgemiddelden en schattingen voor jaargemiddelden [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in twee vergaderzalen (V1 & V2) gebaseerd op gravimetrische metingen.



-Figuur 4- XY-plot van de buitenluchtconcentratie in Schiedam versus de $\text{PM}_{2,5}$ binnenconcentratie in het TNO-kantoor gedurende drie werkweken



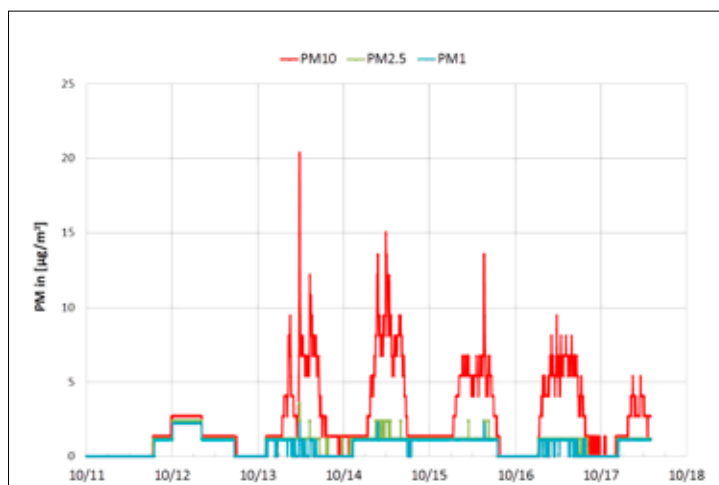
-Figuur 5-
a. schematische lay-out van het gebouw en de drukverdeling;
b. deeltjes aantal ultrafijn stof binnen en buiten op 6 oktober 2014.

door interne bronnen dan door de buitenlucht. Omdat de buitenconcentratie gedurende de meetweek nagenoeg gelijk was aan de meerjargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ concentratie kan worden geconcludeerd dat de jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ in het kantoor circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt. PM_{10} heeft een duidelijk verloop wat gerelateerd is aan het de kantoor tijden en wordt voornamelijk gegenereerd door resuspensie.

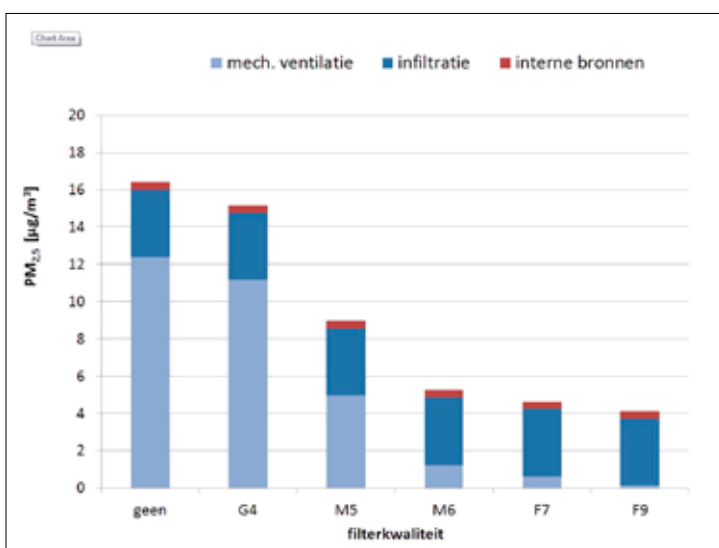
DISCUSSIE

Gebaseerd op vijf weken meetdata in casestudie 2 kan voorzichtig worden geconcludeerd dat het meetprotocol een goede schatting geeft voor de jaargemiddeldeconcentratie $\text{PM}_{2,5}$ in een kantoor. Echter, de schattingen voor de infiltratiecoëfficiënt en de interne bronnen blijken afhankelijk te zijn van de buitenconcentratie. Bij lage buitenconcentratie

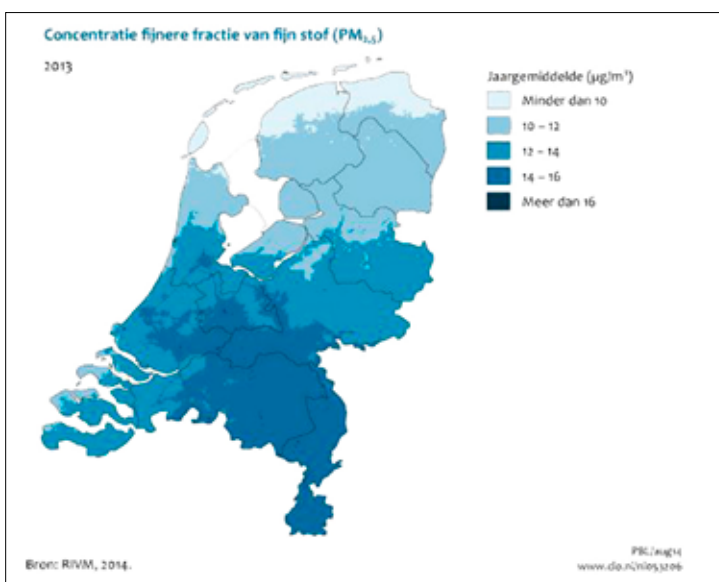
traties dragen de interne bronnen voor een relatief groot deel bij aan de resulterende binnenconcentratie en is de schatting, op basis van een regressie-analyse in bijvoorbeeld Excel, voor de infiltratiecoëfficiënt te laag. Om een goede schatting voor de infiltratiecoëfficiënt te verkrijgen moet de buitenconcentratie gedurende de meetweek ten minste $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hebben bereikt. In de literatuur komen steeds meer aanwijzingen dat ultrafijn stof en de roetfractie in fijn stof de grootste gezondheidskundige effecten veroorzaken. De $\text{PM}_{2,5}$ en ultrafijn stof reductie bleken in de casestudies vrij goed met elkaar overeen te komen. Blijkbaar hebben de toegepaste luchtfilters een vergelijkbare efficiëntie voor deze twee fijnstofmarkers. De efficiëntie van luchtfilters ten aanzien van roetafvangst is nog onduidelijk. De bevindingen van [7] dat tot ver onder de Nederlandse buitenlucht grenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gezondheidseffecten worden gevonden, ondersteunen de noodzaak om klasse A kantoorgebouwen te ontwerpen waarbij de concentratie $\text{PM}_{2,5}$ onder de advieswaarde van de WHO van minder dan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ blijft. De drie casestudies in dit artikel laten zien dat dit zeker haalbaar is in moderne mechanisch geventileerde kantoorgebouwen. Schattingen voor de jaargemiddeldeconcentratie in deze drie gebouwen zijn: 4,4 (F7-filter), 5,8 (F7-filter) en $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (M6-filter en weinig infiltratie). Deze resultaten laten duidelijk zien dat niet alleen de filterkwaliteit maar ook de infiltratie een zeer belangrijke parameter is. Dit wordt geïllustreerd met figuur 7 waarin een schatting is gemaakt van het effect van de filterkwaliteit op de binnenconcentratie $\text{PM}_{2,5}$ in kantoren met mechanische ventilatie. Voor de luchtdichtheid is de bouwbesluitwaarde van $1,2 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ aangehouden en het ventilatievoud bedraagt 2,4 per uur. Deze figuur is gebaseerd op een eenvoudig model waarbij het effect van bijvoorbeeld adsorptie aan inrichtingsmaterialen nog niet is meegenomen. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat bij hogere filterkwaliteit, vanaf M6, met name infiltratie de binnenconcentratie $\text{PM}_{2,5}$ bepaalt en dat verhoging van de filterkwaliteit pas echt zinvol is als ook de luchtdichtheid wordt verbeterd. [7] noemt een eerder uitgevoerde studie van [8] die een verband suggereert tussen langdurige blootstelling aan $\text{PM}_{2,5}$ en sterfterisico, zonder een duidelijke drempelwaarde waaronder er geen risico is. Eenvoudig gezegd: hoe lager de blootstelling hoe gezonder. Om in Nederland, met uitzondering van Noord Nederland (zie figuur 8), aan de jaargemiddelde advieswaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te voldoen is, net als in vrijwel alle geïndustrialiseerde landen, geen eenvoudige opgave. Stel dat een persoon gedurende 200 dagen 9 uur per dag werkt op een kantoor



-Figuur 6- PM in de kantoorruimte (de werkweek start op maandag 13 oktober)



-Figuur 7- Inschatting van het effect van filterkwaliteit, infiltratie en interne bronnen op de binnenconcentratie $\text{PM}_{2,5}$ in een typisch kantoorgebouw.



Figuur 8. Concentratie $\text{PM}_{2,5}$ in Nederland in 2013.

met een $\text{PM}_{2,5}$ concentratie van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en gedurende de rest van de tijd (verblijf in de buitenlucht, gebouwen zonder luchtbehandeling, etc.) wordt blootgesteld aan de gemiddelde buitenlucht $\text{PM}_{2,5}$ concentratie in Amsterdam en Rotterdam van $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan is de jaargemiddelde blootstelling $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verlaging van de concentratie op kantoor naar

$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zorgt voor een kleine verlaging van de jaargemiddelde blootstelling naar $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naar verwachting zal ook een verlaging van de blootstelling in de thuissituatie de blootstelling kunnen verlagen. Hierbij zijn niet alleen maatregelen die de buitenlucht reinigen zinvol, maar is het ook zaak om interne fijnstofbronnen te elimineren door bijvoorbeeld te koken

met goede afzuigkappen. Om daadwerkelijk op een blootstelling van onder de door de WHO aanbevolen $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te komen moet in eerste instantie de buitenlucht nog belangrijk schoner worden. Voor het wonen en werken langs drukke wegen en in de buurt van lucht vervuilde industrie is het van belang om de ontwikkeling van fijn stof reducerende gebouwen en installatieconcepten te stimuleren. Hierbij zou een A+ klasse kunnen helpen: $\text{PM}_{2,5} < 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

CONCLUSIE

Het meetprotocol is succesvol toegepast in drie kantoorgebouwen en blijkt een goede schatting te geven van de jaargemiddelde concentratie $\text{PM}_{2,5}$. Luchtdicht ontwerp en uitvoering zorgen niet alleen voor een reductie in energieconsumptie maar ook voor een verbetering van de luchtkwaliteit met betrekking tot fijn stof.

REFERENTIES

1. Pope C., Ezzati P., Dockery D. (2009) Fine particulate air pollution and life expectancy in the United States, The new England Journal of Medicine, 360: 376 – 386
2. Keuken M.P. Moerman M., Voogt A., Blom A. Weijers E.P., Rockmann T. Dusek U. (2013)

Op de Healthy Buildings conferentie in Eindhoven zal in samenwerking met de Helsinki Metropolia University de workshop 'Indoor $\text{PM}_{2,5}$ Measurement and evaluation' worden gehouden. Hierbij zal nader worden ingegaan op praktische zaken waarbij een overzicht van meetapparatuur wordt gegeven. Vervolgens wordt een vergelijking gemaakt tussen criteria in verschillende landen voor fijn stof in het binnenmilieu. Het laatste onderdeel van de workshop is een presentatie van de maatregelen die mogelijk zijn voor fijnstofreductie en het effect daarvan.

Meer informatie en aanmelding: <http://hb2015-europe.org/>

- Source contributions to $\text{PM}_{2,5}$ and PM_{10} at an urban background and a street location, Atmospheric Environment, 71: 26 – 35
3. Jacobs P, Phaff H., Voogt M. (2014) Energy efficient reduction of fine and ultra-fine dust in a nursery, Proceedings Indoor Air conferentie Hong Kong
4. Blondeau P., Lordache V., Poupard O., Genin D, Allard F. (2004) Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools, Indoor Air, 15: 2 – 12
5. Alves C., Urban R., Pegas P, Nunes T. (2014) Indoor/Outdoor relationships between PM_{10} and associated organic compounds in a primary school, Aerosol and Air Quality Research, 14: 86 – 98
6. VLA (2014): Meetprotocol fijn stof bepaling in kantoren <http://binnenmilieuvadvis.info/> fijnstof-in-binnenlucht/
7. Beelen et al. (2013) Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre Escape project, www.Lancet.com
8. Brook (2010) RD, Rajagopalan S, Pope CA, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. Circulation 2010; 121: 2331–78
9. EN 13779 (2007) Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room conditioning
10. ISSO (2008) Binnenklimaat scholen, Publicatie 89

BRCONTROLS
BE SMART. BRCONTROLS.
KWALITEITSHARDWARE EN GBS

OCTALIX
WORKING SUSTAINABILITY
VRAAGGESTUURDE SOFTWARE

MVCOMFORT
EXPERTS IN DATACONTROL
PRESTATIEBORING

WWW.BRCONTROLS.COM * WWW.OCTALIX.COM * WWW.MVCOMFORT.NL