

# HOUTROOK HINDER IN BEELD

*De relatie tussen minuutgemiddelde fijnstof meetwaarden en ervaren hinder*

*Door minuutgemiddelde fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) metingen te combineren met hindermeldingen in een hinder-dagboek kun je lokale hinder meten en objectiveren. De fijnstofmetingen worden met twee gevalideerde en verbeterde fijnstofsensoren gelijktijdig uitgevoerd, dicht bij de gehinderde en op enkele honderden meters afstand.*

JACOB PIJNENBURG, ERWIN HARTOGSVELD

## | Houtrook meten

Houtrook staat hoog op de hinder- en ergernissenlijst in ons dichtbevolkte land. Het vaststellen van houtrook-hinder en de bijbehorende bron(nen) is een uitdaging. In de ervaring van de Omgevingsdienst Zuid-Limburg werkt het niet om houtrook-

overlast met reguliere meetapparatuur volgens de norm voor fijnstof te meten en te beoordelen. De normen zijn gebaseerd op jaargemiddelden en het aantal daggemiddelde overschrijdingen per jaar. Deze meet- en beoordelingsnormen zijn gericht op fijnstofconcentraties die als een deken over een groter gebied liggen. Bij houtrook gaat het om lokale puntbronnen met veel invloed van variërende meteo.

Het gaat door deze meteo-omstandigheden om kortstondige fijnstofpieken die bij de officiële dag- of uurgemiddelde metingen wegvallen door het middelen van meerdere metingen. In het binnenklimaat kan een piek afkomstig van buiten wel lang blijven hangen.

## | Tijdsresolutie

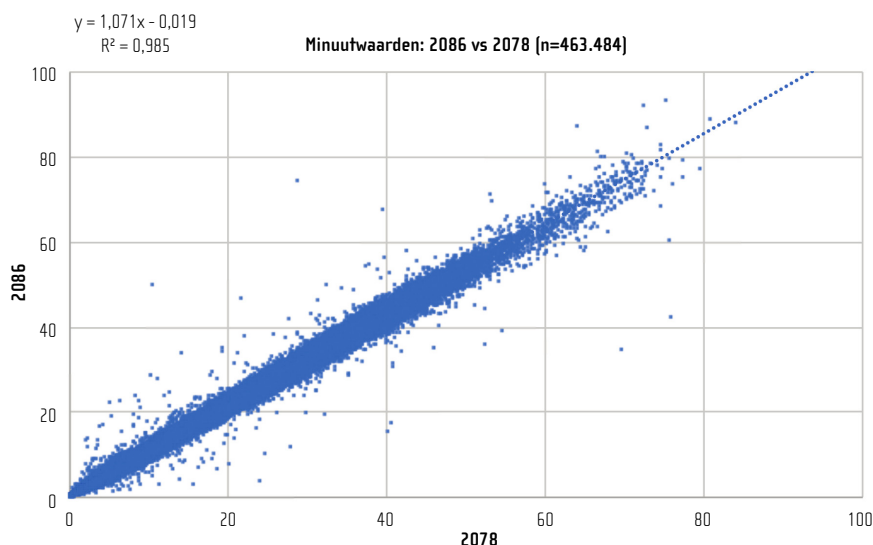
Bij houtrookhinder is het moeilijk handhavend op te treden. Er zijn geen praktische normen om hinder- of luchtkwaliteit aan te toetsen en hoe kun je houtrookhinder meten op leefniveau? Levoglucosan is een bekende marker voor houtrook, en met een roetmonitor kan ook houtrook worden aangetoond, maar het zijn geen laagdrempelige, goedkope meetmethoden met een hoge tijdsresolutie. De officiële norm voor het uitvoeren van fijnstofmetingen is gebaseerd op 24-uursgemiddelde metingen: één meetwaarde per 24 uur. Voor langdurige monitoring van de luchtkwaliteit is een 24-uursgemiddelde voldoende, maar voor onderzoek bij incidenten, bij overlast, patroonherkenning en veel andere situaties is een (veel) hogere tijdsresolutie nodig om een beeld te krijgen van de fijnstofbelasting en de bronnen.



Figuur 1. Sensoren met een HEPA filter om stofloze lucht te meten

	Ohnics 2030		Ohnics 2106	
	aantal metingen	Aantoonbaarheidsgrens [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	aantal metingen	Aantoonbaarheidsgrens [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
minuut	17.953	0,103	18.495	0,101
uur	330	0,100	330	0,099
dag	15	0,099	15	0,097

Tabel 1. De aantoonbaarheidsgrens voor de Ohnics 2030 en 2106:



Figuur 2. Een regressiegrafiek van twee sensoren die naast elkaar hangen op basis van heel veel minuutwaarden.

In de vorige editie van het tijdschrift Lucht (september 2023) hebben we beschreven hoe we een verbeterde fijnstofsensor (Ohnics) betrouwbaar genoeg maken zodat de fijnstofmetingen overeenkomen met een referentie-gelijkwaardig fijnstof meetapparaat. In dit artikel proberen we te onderbouwen hoe je met een verbeterde fijnstofsensor ook betrouwbare *minuutgemiddelde* metingen zou kunnen uitvoeren. Daarna worden deze minuutgemiddelde fijnstofmetingen gecombineerd met een enquête en belevingsdagboek om de houtrookbelasting in beeld te krijgen. Deze combinatie blijkt mooie inzichten en mogelijke handelingsperspectieven te bieden!

#### Validatie van minuutgemiddelden

Minuutwaarden worden normaliter *niet* gebruikt in fijnstofmetingen. De basis voor referentiemetingen is het *24-uurs* gemiddelde (referentiemethode NEN12341). Met de referentiemethode kun je automatische meetsystemen met *uurgemiddelden* referentie-gelijkwaardig maken door middel van toetsen zoals beschreven in de norm NEN16450. Met automatische

meetsystemen wordt in de luchtkwaliteitsmeetnetten gemeten. Om de prestatiekenmerken van een meetapparaat te onderzoeken wordt gebruik gemaakt van onderwerpen in de NEN-7777/7779:

- Equivalentie & Meetonzekerheid onder veldcondities
- Reproduceerbaarheid onder veldcondities
- Aantoonbaarheidsgrens
- Juistheid onder veldcondities

#### De equivalentie en meetonzekerheid

De meetonzekerheid is de bepaling van de spreiding van de meetwaarden. Voor het aantonen van de betrouwbaarheid van deze fijnstofsensor is zoals in het september-nummer van "Lucht" uitgebreid beschreven. Dit werd en wordt gedaan door de gemiddelde *dag*waarden van 9 verbeterde sensoren (Ohnics) te vergelijken met het referentie-apparaat (de Leckel SEQ 47/50). In totaal waren dat 1520 dagwaarden in het kalenderjaar 2022. Dit is in triplo gedaan op 3 verschillende locaties in Maastricht. De equivalentie en meetonzekerheid is bepaald

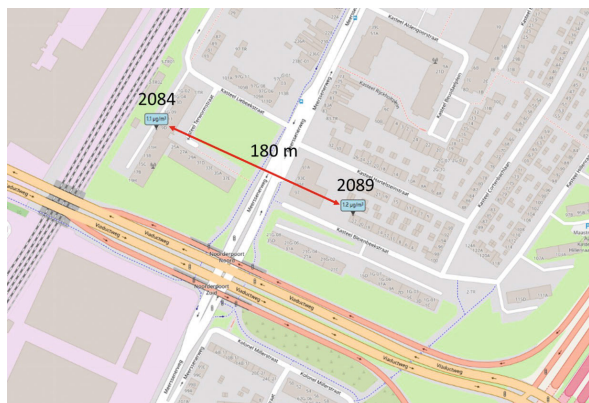
voor alle Ohnics sensoren afzonderlijk én het totaal van alle metingen op de drie kalibratie locaties. Uit deze toets komen de correctiefactoren en meetonzekerheden van de ruwe Ohnics *dag*waarden. Die correctiefactoren worden daarna toegepast op de ruwe *uur*waarden van 9 Ohnics sensoren om de gekalibreerde meetonzekerheid van de sensoren te bepalen. Uiteindelijk worden alle 60 Ohnics sensoren in het Maastrichtse en de 45 sensoren in het Noord-Limburgse meetnetwerk gecorrigeerd met deze factoren.

#### Reproduceerbaarheid

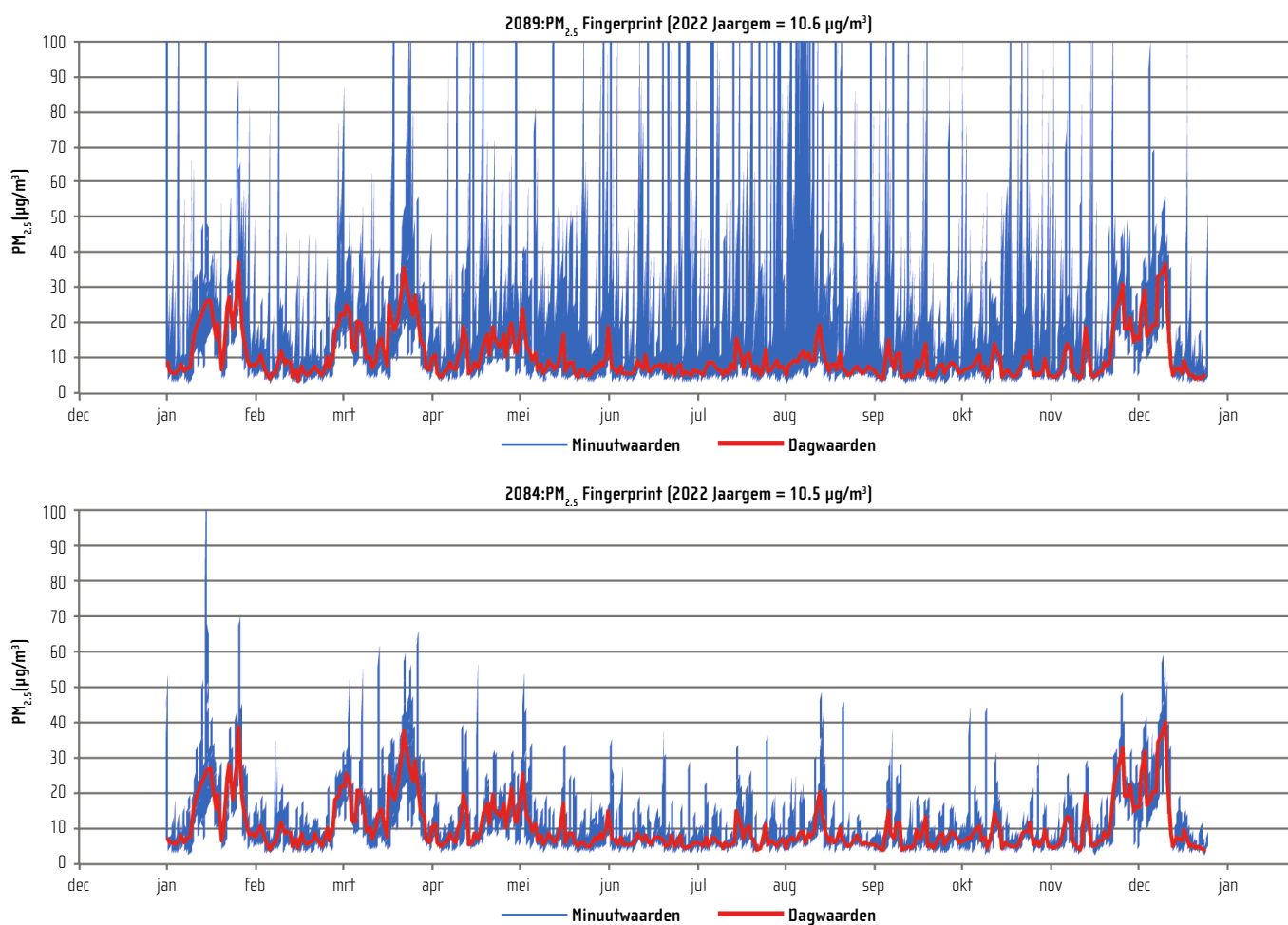
De reproduceerbaarheid van meetwaarden is de mate van overeenkomst van opeenvolgende meetresultaten van hetzelfde apparaat óf tussen deze apparaten. Om aan te tonen dat *ook de minuutgemiddelden van deze sensor bruikbaar* zijn kijken we vooral naar de *reproduceerbaarheid* van 9 sensoren die in paren van drie op drie locaties hebben gemeten en deze zijn vergeleken ten opzichte van elkaar. Volgens de 'EU Guidance for the Demonstration of Equivalence' [1] en NEN-EN 16450 mag de reproduceerbaarheid voor  $\text{PM}_{2,5}$  metingen niet meer dan  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*daggemiddeld*) bedragen. De gemiddelde  $\text{PM}_{2,5}$  reproduceerbaarheid van de 9 Ohnics sensoren bedraagt voor 89588 parallelle minuutmetingen  $0,645 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , voor 68186 parallelle uurmetingen  $0,784 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en voor 2857 parallelle dagmetingen  $0,686 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En zijn daarmee ruimschoots onder de gestelde  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  reproduceerbaarheidsgrens. Kanttekening is dat dit reproduceerbaarheids criterium bedoeld is voor *daggemiddelde* metingen. Onze redenering is dat een minuutgemiddelde door de veel grotere variabiliteit een *hoger* reproduceerbaarheids criterium heeft dan een daggemiddelde, dus dat deze zonder probleem kan worden gebruikt.

#### Aantoonbaarheidsgrens

De *aantoonbaarheidsgrens* is de laagste



Figuur 3a. De afstand tussen twee fijnstofsensoren (zie Figuur 3b en c) ten behoeve van een vergelijkingsmeting.



Figuur 3b en c, vergelijking tussen twee fijnstofsensoren, daggemiddelde (rood) en minuutgemiddelde (blauw).

concentratie waarvan de aanwezigheid nog met een bepaalde betrouwbaarheid kan worden vastgesteld. Driemaal de standaardafwijking wordt vaak als grens gehanteerd. Deze is onderzocht door twee sensoren (Ohnics s/n 2030 en s/n 2106) *nullucht* via een Hepa-filter aan te bieden in een aangepaste ruimte (grote buis). Wat meet de sensor als er (bijna) geen deeltjes zijn om te meten en hoe blijft deze dat doen?

De aantoonbaarheidsgrens moet volgens de NEN-EN 16450 kleiner of gelijk zijn dan  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (daggemiddeld). De beide

geteste Ohnics sensoren voldoen hier ruimschoots aan, zie Tabel 1. Onze redenering is weer dat een minuutgemiddelde, door de grotere variabiliteit, een *hogere* aantoonbaarheidsgrens criterium heeft dan een daggemiddelde en dat deze dus zonder probleem kan worden gebruikt.

#### Juistheid

Tenslotte de bepaling van de *juistheid* (bias). De bias of meetfout is het gemiddeld verschil tussen het meetresultaat en de referentiewaarde voor een groot aantal metingen (systematische afwijking). De juistheid is bepaald door de systematische

afwijking te bepalen tussen de diverse Ohnics sensoren en een referentie-apparaat (Leckel). De juistheid is bepaald op de ruwe meetwaarden en op gekalibreerde meetwaarden. De correctie die is toegepast komt uit de hiervoor beschreven equivalentietest. De gemiddelde afwijking van de *ruwe* 24 uren  $\text{PM}_{2.5}$  meetwaarden van alle 9 sensoren bij elkaar ten opzichte van de referentie bedraagt -19.1%. De gemiddelde afwijking van de *gekalibreerde* 24 uren  $\text{PM}_{2.5}$  meetwaarden van alle 9 sensoren bij elkaar ten opzichte van de referentie bedraagt 2,4%. Waarmee we concluderen dat alle geteste senso- →

ren gezamenlijk en individueel voldoen aan de eisen zoals gesteld in de NEN-EN 16450:2017. Zie voor een voorbeeld van een praktijkvergelijking Figuur 2.

Tenslotte een voorbeeld van een praktijkvergelijking: een regressie grafiek (Figuur 2) van twee sensoren die naast elkaar hangen op basis van heel veel minuutwaarden.

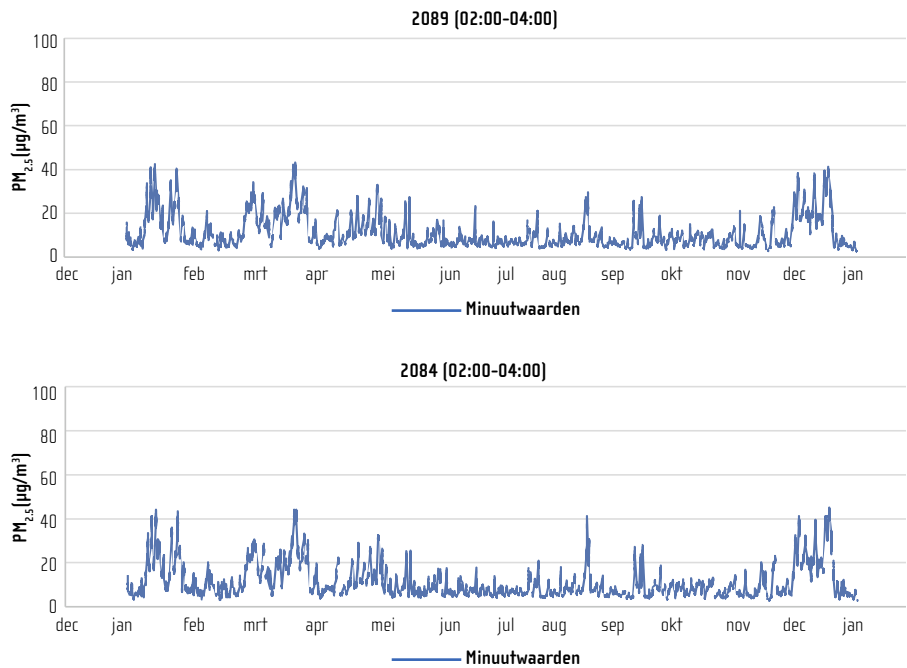
Door de reproduceerbaarheidstesten, in combinatie met de aantoonbaarheids-grens, tonen we aan dat ook de minuut-waarde-metingen met de fijnstofsensoren betrouwbaar genoeg zijn om in te kunnen zetten in 'het veld'.

**Houtrook in beeld**

Sinds begin 2021 wordt er in Maastricht op 60 locaties door burgers fijnstof gemeten met de verbeterde PM<sub>2.5</sub> fijnstofsensoren. Dit wordt gedaan met een hoge resolutie; elke minuut wordt een meetwaarde gelogd. Door minuut-grafieken over een langere periode te maken wordt het duidelijk welke locaties vaker last hebben van fijnstof pieken ten opzichte van andere sensoren in de nabije omgeving. Dit noemen we de 'fingerprint'. Dit kan ook gedaan worden door het tellen van het aantal minuut pieken per locatie over een langere tijd.

Figuur 3a toont twee fijnstofsensoren (2084 en de 2089) die hemelsbreed 180 meter van elkaar hangen. Door minuutwaarden in een grafiek te zetten (Blauwe lijnen in Figuur 3b) zien we duidelijke verschillen tussen beide sensoren terwijl deze verschillen nauwelijks terugkomen in de dagwaarden van sensoren (rode lijn in Figuur 3). Kijken we naar het jaargemiddelde van beide sensoren, dan zijn de waarden eigenlijk gelijk.

De nachtelijke minuutdata van dezelfde situatie tussen 02:00 en 04:00 uur laat voor beide sensoren op deze twee locaties



Figuur 4. Nachtelijke minuutdata (tussen 02:00 en 04:00) van dezelfde sensoren als Figuur 3.

Gemeten minuutpieken 2022				
Sensor	PM <sub>2.5</sub> > 50 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> > 75 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> > 100 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>max</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2089	n = 1078	n = 394	n = 234	769
2084	n = 781	n = 3	n = 1	132

Tabel 2. Aantal en grootte-indeling van PM<sub>2.5</sub> pieken op de twee bovengenoemde locaties.

### Stoken in Maastricht

in één oogopslag

**1991 respondenten**

**57% wijk** (2% noord-west, 5% noord-oost, 11% centrum, 14% zuid-west)

**20% zuid-oost** (24% west, 25% oost)

**leeftijd** (3% 19-29 jaar, 10% 30-39 jaar, 12% 40-49 jaar, 20% 50-59 jaar, 30% 60-69 jaar, 25% 70+ jaar)

**Stook je wel eens?**

ja 32% nee 68%

**Waarom stook je?**  
meerdere antwoorden mogelijk

gezelligheid 82%

warmte 69%

gas besparen 38%

anders\* 6%

**Waar mee stook je?**

39% houtkachel

25% open haard

6% anders\*

6% pelletkachel

48% vuurkorf

\*anders namelijk: # BBQ # pizzaoven # houtkachel buiten

**In welk seizoen stook je?**

57% winter

24% alle seizoenen

19% zomer

**Ben je ervan bewust dat andere mensen wel eens last kunnen hebben van rook?**

ja 90% nee 10%

**Ben je bereid om minder (vaak) te stoken bij...**

mistig/windstil 66% (21% ja, 13% anders)

klachten 62% (22% ja, 16% anders)

in het algemeen 30% (51% ja, 19% anders)

**Heb je al eens dat je buren gevraagd of ze overlast ervaren van jouw rook?**

Ja 1% (1% maar heb hier niks mee gedaan, 8% en heb mijn gedrag aangepast, 48% ze ervaren weinig tot geen overlast)

Nee 1% (...dat durf ik niet, 1% ...mijn buren stoken niet, 2% ...ik weet niet wie ik moet vragen, 6% ...dat vind ik niet belangrijk, 21% ...ik kan me niet voorstellen dat ze overlast ervaren)

**Heb je zelf wel eens last van rook?**

ja 53% nee 47%

**Wanneer heb je last?**

windstil 64%

mist 47%

anders\* 38%

\*anders namelijk: # slecht weer # bij houtstook # altijd als er wordt gestookt

**Waar heb je dan het meeste last van?**  
meerdere antwoorden mogelijk

buiten 44%

binnen 75%

29% geur

60% luchtwegen

**Ken je de stookwijzer of het stookalert?**

8% Stookwijzer.nu

10% Stookalert

28% Belden

54% Nee

**Heb je last wel eens ergens gemeld?**

3% Stookwijzer.nu

8% Gemeente Maastricht

90% Nee

**Wat was je ervaring van deze melding?**

74% (heel) slecht

22% (heel) goed

**Heb je zelf de buren wel eens aangesproken op hun stookgedrag?**

Ja 4% (...en dat ging goed, 14% ...anders\*)

Nee 16% (...maar dat werd niet gevaardeerd, 16% ...anders namelijk: # het zijn er te veel # ja, maar geen verbetering)

6% ...mijn buren stoken niet

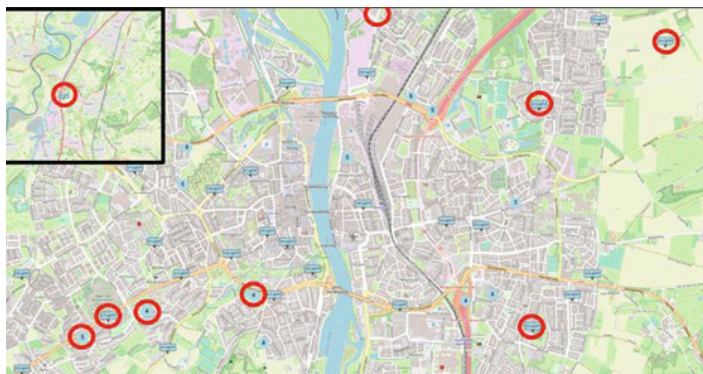
11% ...zo groot is de overlast niet

17% ...dat durf ik niet

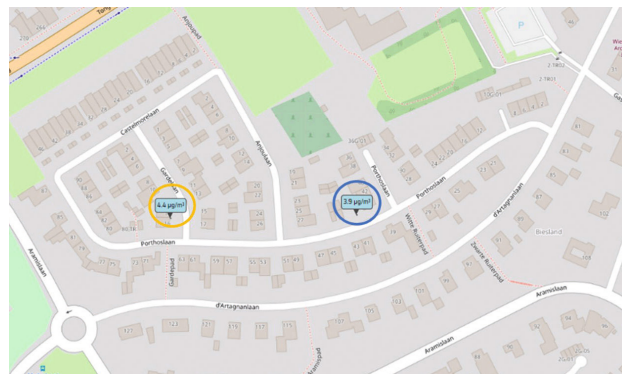
34% ...ik weet niet waar het vandaan komt

Figuur 5. Flitspeiling uitgevoerd onder 1991 respondenten in Maastricht.

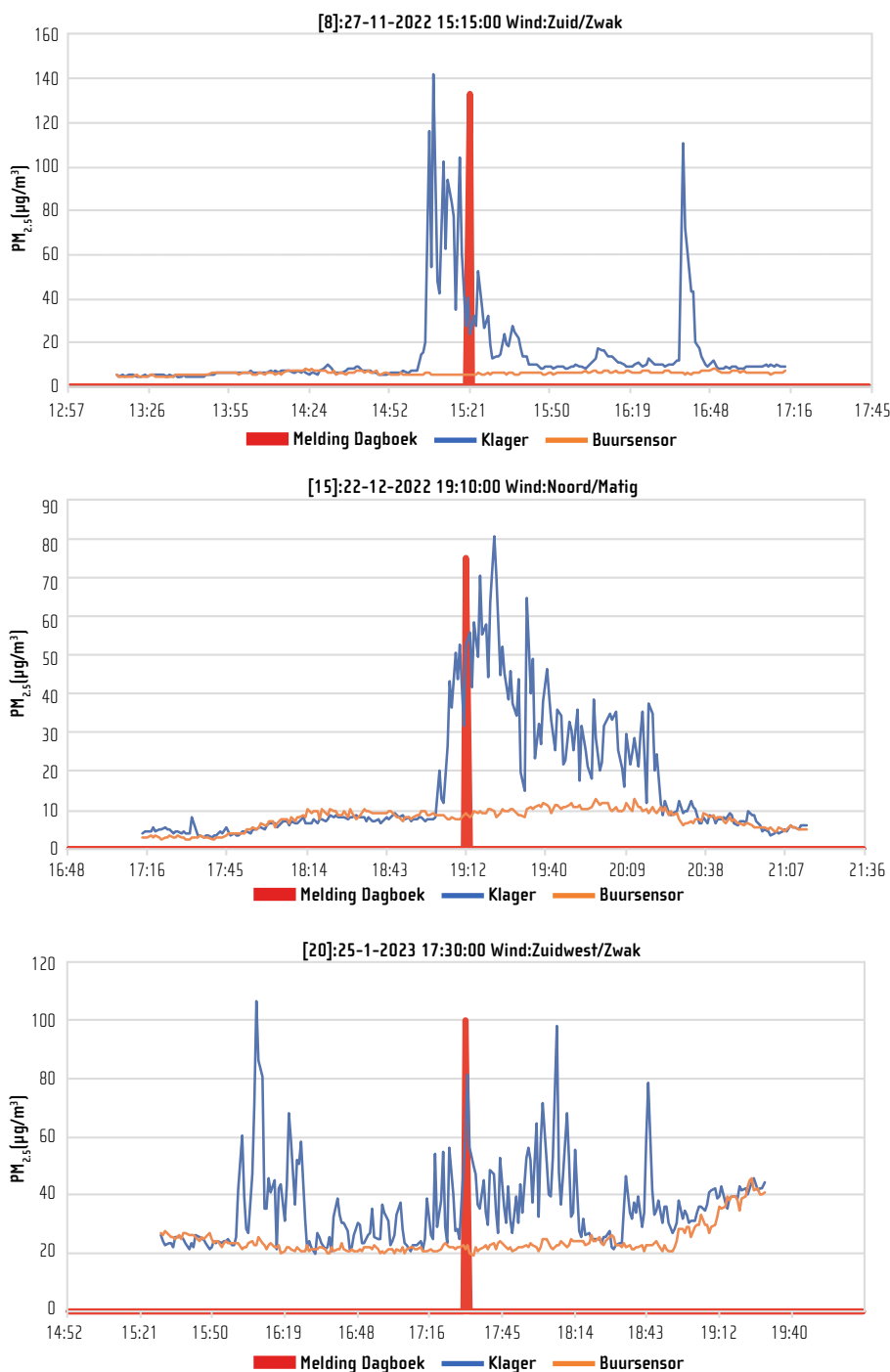




Figuur 6. Locaties houtrook onderzoek in Maastricht



Figuur 7. Blauw is gehinderde, oranje is eerste buurtsensor



Figuur 8. Klacht houtrook, minuutmeting bij klacht en minuutmeting iets verder weg

een compleet ander beeld zien, en bevestigt de bruikbaarheid van de methode, zie Figuur 4.

**Tellen en classificeren van pieken**

Het tellen en classificeren van pieken op minuut-gemiddelde niveau geeft ook duidelijke inzichten over de lokale belasting die niet zichtbaar zijn in dag en jaargemiddelden, zie Tabel 2.

**Maastricht**

De gemeente Maastricht heeft begin 2022 gevraagd naar aanvullende mogelijkheden van de bestaande sensoren door gebruik te maken van de minuutwaarden en een houtrook hinderonderzoek. De gemeente Maastricht heeft zelf door middel van een belpanel een flitspeiling onder 1991 respondenten uitgevoerd. 53% van de deelnemers geeft aan last te hebben van houtrook en ook fysieke klachten te ondervinden. Binnen de groep respondenten is tenslotte gevraagd of er vrijwilligers waren die mee wilden doen aan een houtrook hinder onderzoek met een PM<sub>2,5</sub> sensor en het bijhouden van een dagboek.

**Het houtrook en minuutwaarden onderzoek**

In totaal hebben 12 vrijwilligers meegedaan in de periode november 2022 tot begin april 2023. Het gaat om een groep die structureel last ondervindt van houtstook in de omgeving. De vrijwilligers kregen een Ohnics-sensor en een dagboek om bij te houden wanneer overlast werd ondervonden en wat de beleving hiervan was. In het dagboek hielden de deelnemers onder andere bij wat de datum en tijdstip van de klacht was, hoe de hinder wordt ervaren (minimaal, matig, ernstig, niet te harden), waar het vandaan komt, of het binnen of buiten te →

ruiken is, wat de weersomstandigheden zijn, omschrijving van de geur, ondervinding van fysieke klachten.

### | Methode

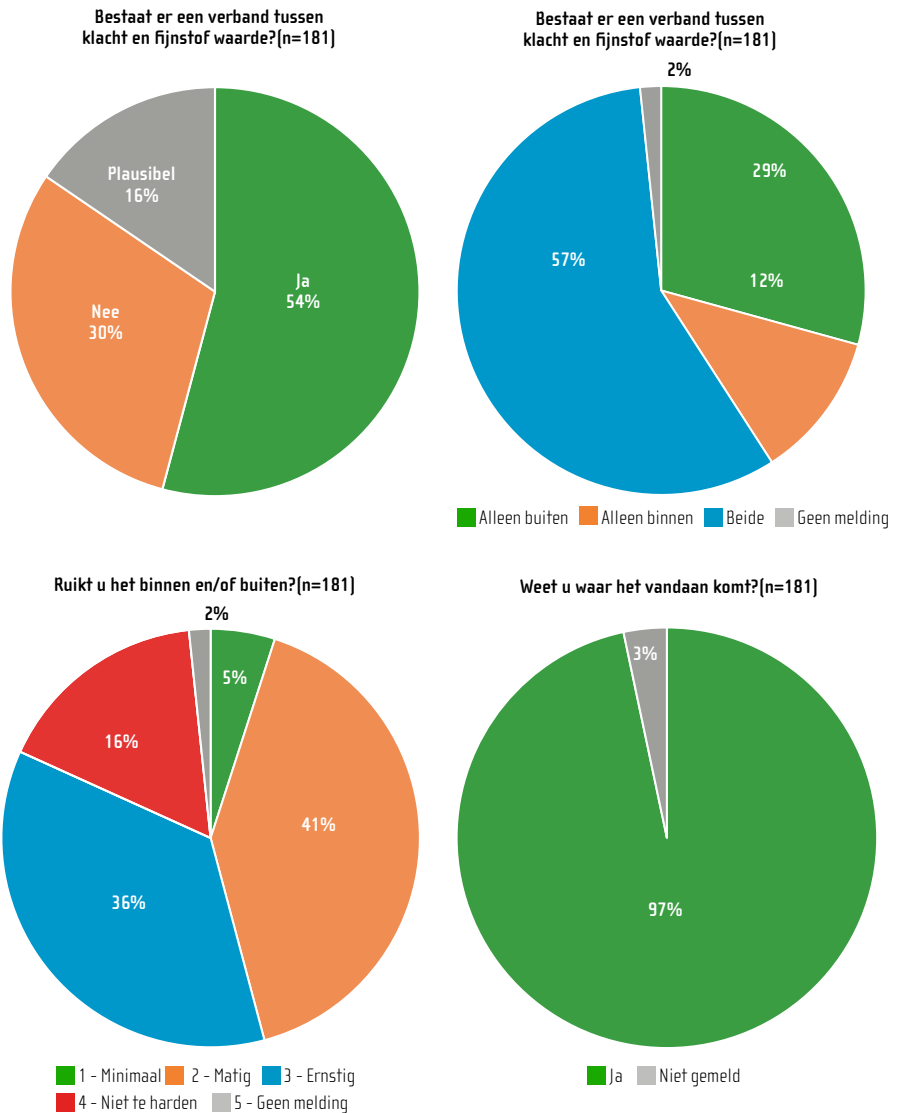
In totaal zijn er in de dagboeken 181 klachten in de meetperiode november '22 tot april '23 geregistreerd. Het tijdstip van de klacht en de data van de sensor zijn beoordeeld en vergeleken met de data van een bestaande sensor in de buurt van de klager.

Van elke klacht is een grafiek (Figuur 8) met minuutwaarden gemaakt van 2 uur voor- en van twee uur na de klacht met daarin: Tijdstip van de klacht (rood),  $PM_{2,5}$  minuutwaarde gehinderde (blauw) en  $PM_{2,5}$  minuutwaarde buurt sensor (oranje).

In Figuur 8 is te zien dat de melding van hinder door houtrook en de fijnstofconcentraties door twee fijnstofsensoren gelijktijdig werd gemeten. Heel duidelijk is dat de melding en de piekmetingen overeenkomen en dat deze piekmetingen bij de buurtsensor niet worden gemeten. De ervaren hinder wordt ondersteund door de gemeten piekconcentraties. In totaal zijn alle 180 meldingen met visueel beoordeeld en geclassificeerd als:

- Er is bestaat een duidelijk verband tussen het tijdstip van de klacht en de gemeten piek
- Er bestaat een aannemelijk verband tussen het tijdstip van de klacht en de gemeten piek
- Er bestaat geen verband tussen het tijdstip van de klacht en de gemeten piek

Van de 180 beoordeelde hinder waarnemingen bestond er in 70% een verband tussen hinder en meting; 54% van de gevallen een *duidelijk* verband en in 16% van de gevallen was dit verband *aannemelijk*. In 30% van de gerapporteerde hinder is er geen piek gemeten. In het algemeen ervaart men de hinder als zeer onprettig en in 69% van de meldingen



Figuur 9. Uitskomsten beleving van de overlast

ruikt men het binnen. In 97% van de gevallen denkt men te weten waar de bron van de overlast is.

### | Conclusies

Ten eerste zijn met een fijnstofsensor, na kwaliteitscontroles en enige aanpassingen, interpreteerbare minuutmetingen uit te voeren. Ten tweede, zowel de praktijk als de betrouwbaarheidsonderzoeken geven aan dat de minuutwaarden betrouwbaar zijn. Ten derde, er bestaat in het houtstook onderzoek in Maastricht vaak een duidelijke verband tussen het tijdstip van de klacht en de gemeten minuutgemiddelde fijnstof piek. Ten vierde, in bijna alle gevallen weet men waar de overlast vandaan komt. En laatste, hoewel er op dit moment geen luchtkwaliteitsnormen zijn waarmee hout-

rookoverlast handhaving mogelijk is, kan met een combinatie van een (verbeterde) fijnstofmeter en het bijhouden van een dagboek houtrookoverlast goed in kaart worden gebracht en is daarmee bij klachten te objectiveren.

*Erwin Hartogsveld en Jakob Pijnenburg zijn technisch adviseur lucht bij de Regionale Uitvoeringsdienst Zuid-Limburg.*

### Referenties

1. Guidance to Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods; Report by an EC Working Group on Guidance for the Demonstration of Equivalence, Jan 2010.