



Surveillance naar klachtenvrije woningen; aandacht voor mensen in maatschappelijk kwetsbare posities

Studie uitgevoerd in opdracht van: departement Zorg
Referentie: 2024/EI/R/3316
December 2024

Surveillance naar klachtenvrije woningen; aandacht voor mensen in maatschappelijk kwetsbare posities

VITO

Boeretang 200

2400 MOL

Belgium

BTW No: BE0244.195.916

vito@vito.be – www.vito.be

IBAN BE34 3751 1173 5490 BBRUBEBB

Gert Otten

Project Manager

014 33 53 51 / Gert.Otten@vito.be

Marianne Stranger

Projectverantwoordelijke

014 33 69 52 / Marianne.Stranger@vito.be

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

AUTEURS EN MEDEWERKERS

Françoise Geyskens
Borislav Lazarov
Sarah Lima Paralovo
Maarten Spruyt
Marianne Stranger
Lot Verbeke

Pauline Hautekiet (departement Zorg)
Anita Meeus (departement Zorg)
Sofie Vandenbroeck (departement Zorg)
Tomas Van Iseghem (departement Zorg)

SAMENVATTING

Het doel van deze studie was om de binnenluchtkwaliteit van 22 woningen in Vlaanderen in kaart brengen en de eerder uitgevoerde analyseresultaten van de surveillance 2008-2012 (uitgevoerd in 450 woningen) te updaten. Er werd bij deze nieuwe studie prioritair gekeken naar de sociaaleconomische status van de deelnemers, de doelgroep die niet bereikt werd in surveillance 2008-2012. Zodoende lag de focus bij rekruteren voor Surveillance 2023-2024 hier op mensen die leven in maatschappelijk kwetsbare posities.

De binnenluchtkwaliteit werd in kaart gebracht door monsternamen in de woonkamer en een slaapkamer van elke woning. Vluchtige organische stoffen (VOS), formaldehyde, acetaldehyde, andere aldehyden, koolstofdioxide (CO₂), koolstofmonoxide (CO), relatieve vochtigheid (RV), temperatuur (T) tocht en fijn stof (PM_x) werden gemeten. De gasvormige bestanddelen werden bepaald met behulp van passieve dosimeters, de andere componenten werden bepaald met behulp van monitoren of handheld toestellen. De meetgegevens werden aangevuld met een vragenlijst, die tot doel had mogelijke bronnen van luchtpollutie zowel binnenhuis als buitenhuis en ook bewonersgedrag in kaart te brengen.

Het rekruteren van deelnemers via verenigingen waarin mensen die leven in maatschappelijk kwetsbare posities het woord nemen, bleek een succesvolle manier van rekruteren binnen de beoogde doelgroep. De 22 deelnemers werden vlot bereikt. Het aandeel rokers in deze 22 woningen was merkkelijk groter dan deze bij de eerste surveillance; in 12 van de 22 woningen woonde minstens één roker. Het dient wel opgemerkt dat slechts 5 ervan lieten noteren binnenshuis te roken.

De meest doeltreffende ventilatie (laagste CO₂-concentraties) werd vastgesteld in woningen met mechanische ventilatie. Anderzijds werden de hoogste CO₂-concentraties gemeten in woningen, waarin bewoners rapporteerden bewust niet of zo beperkt mogelijk te verluchten tijdens het verwarmingsseizoen; dit met als doel warmteverliezen te beperken.

In binnenruimtes die ondermaats verlucht (hoogste CO₂-concentraties) en ook niet verwarmd werden (laagste temperaturen), werd de hoogste relatieve vochtigheid gemeten. Deze hoge relatieve vochtigheid, gevolg van ophoping van vocht gegenereerd in de woning (transpiratie, douchen, koken, ...) geeft een verhoogde kans op vocht- en schimmelproblemen in de binnenruimtes.

Hoewel CO bleek te fluctueren, zijn bepaalde activiteiten zoals het gebruik van een gasboiler zichtbaar in de data. De interventiewaarden van het Vlaams Binnenmilieubesluit werden echter in geen enkele woning overschreden.

Met betrekking tot vluchtige organische stoffen (VOS) blijkt uit deze metingen dat binnenshuis roken aanleiding geeft tot benzeenconcentraties die beperkt tot sterk verhoogd zijn t.o.v. de buitenconcentraties. De sterkste verhogingen worden aangetroffen in woningen waarin overal binnenshuis gerookt wordt, meerdere rokers wonen, en ondermaats ventileren. Maar ook de aanwezigheid van een garage in de woning kan een sterke invloed hebben op de vluchtige organische stoffen in een woning (incl. benzeen); ook hier wordt de impact bepaald door het gebruiksscenario van de garage. Gebruik van aerosolproducten, zoals luchtverfrissers of poetsproducten, was niet enkel zichtbaar in de aanwezigheid van geurmoleculen (zoals bv. limoneen en pineen); ook hogere alkanen (in producten om aerosolen te vormen) komen dan voor in de binnenlucht. Impact van buitenomgeving bleek niet expliciet zichtbaar in de dataset; mogelijk wordt de invloed 'verstoord' door de impact van binnenshuis roken.

De invloed van renovatie- of verfraaiingswerken op aldehyden was niet zichtbaar in deze dataset, omdat geen van de deelnemer recent verbouwingswerken uitvoerde. In de woning met de hoogste aldehydeconcentraties van deze dataset is de bron ervan waarschijnlijk ontsmettingsmiddel (of een reinigingsmiddel met ontsmettingsmiddel).

Fijn stof (PM_x) blijkt hoofdzakelijk beïnvloed door roken in huis, waarbij het grootste effect wordt waargenomen op de kleinste deeltjesfracties. Mechanische ventilatie verlaagde de PM_x-concentraties in woningen, ook bij rokers.

Deze meetgegevens zullen enerzijds de surveillance van klachtenvrije woningen 2008-2012 vervolledigen, en zodoende een meer representatief profiel van 'de gemiddelde Vlaamse woning' opleveren. Anderzijds kunnen deze data ook gebruikt worden als input voor acties rond het sensibiliseren van over ventileren en verluchten, binnenshuis roken, en productgebruik en de potentiële impact ervan op het binnenmilieu en dus ook de blootstelling van bewoners.

INHOUDSTAFEL

Auteurs en medewerkers	I
Samenvatting.....	II
Inhoudstafel	IV
Lijst van figuren.....	VI
Lijst van tabellen	VII
Lijst van afkortingen	VIII
1 Inleiding.....	1
2 Doel van de opdracht	2
3 Situering	2
4 Strategie voor selectie meetlocaties.....	2
4.1 Verenigingen bij het Netwerk tegen Armoede	2
4.2 Geografische spreiding van de woningen	3
4.3 Focus op woningen van mensen in maatschappelijk kwetsbare posities	4
5 Het meetplan	4
5.1 Meetmethoden en -technieken.....	4
5.1.1 CO ₂ , temperatuur en relatieve vochtigheid.....	4
5.1.2 Fijn stof (PM ₁ , PM _{2.5} en PM ₁₀).....	4
5.1.3 Koolstofmonoxide	5
5.1.4 Vluchtige Organische Stoffen (VOS)	5
5.1.5 Aldehyden -	5
5.1.6 Vragenlijst	6
5.2 De meetcampagne	6
5.2.1 Periode	6
5.2.2 Meetplaatsen en installatie van meetapparatuur	6
5.2.3 Praktische organisatie van het veldwerk	7
6 Meetresultaten.....	7
6.1 Beschrijving van de 22 meetlocaties	7
6.1.1 Verspreiding in Vlaanderen	7
6.1.2 De bewoners	9
6.1.3 Gebouwmgeving	10
6.1.4 Gebouwkarakteristieken	11
6.1.5 Binnenmilieu-karakteristieken	13
6.1.6 Bewonersgedrag.....	15
6.2 Koolstofdioxide: Verluchting en ventilatie	16
6.2.1 Koolstofdioxide in Surveillance 2023-2024	17
6.2.2 Koolstofdioxide Surveillance 2023-2024 t.o.v. 2008-2012	19

6.3	Fysische parameters: temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht	22
6.3.1	Fysische parameters in Surveillance 2023-2024	22
6.3.2	Surveillance 2023-2024 t.o.v. 2008-2012.....	26
6.4	Vluchtige organische stoffen (VOS).....	27
6.4.1	VOS Surveillance 2023-2024	27
6.4.2	VOS Surveillance 2023-2024 t.o.v. Surveillance 2008-2012.....	36
6.4.3	VOS en het Vlaams Binnenmilieubesluit.....	38
6.5	Aldehyden	38
6.5.1	Aldehyden Surveillance 2023-2024.....	38
6.5.2	Aldehyden Surveillance 2023-2024 t.o.v. Surveillance 2008-2012	41
6.6	Koolstofmonoxide	42
6.6.1	Koolstofmonoxide in de 22 woningen	42
6.6.2	Koolstofmonoxide en het Vlaams Binnenmilieubesluit.....	45
6.7	Fijn stof: PM1, PM2.5, PM10	47
6.7.1	Fijn stof in de 22 woningen.....	47
6.7.2	Fijn stof en het Vlaams Binnenmilieubesluit	48
7	Conclusie	50
	Bijlage A: Vragenlijst voor deelnemers	51
	Bijlage B: Antwoorden deelnemers.....	1
	Bijlage C Meetresultaten	6
	Bijlage C: Bemonsteringsdagen monitoren, per woning	7

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 Flyer opgemaakt voor potentiële deelnemers aan de meetcampagne	3
Figuur 2. Het principe van chemisorptie toegepast bij de staalname van aldehyden.	6
Figuur 3. Locaties van de 22 woningen.	8
Figuur 4 Opleidingsniveau van deelnemers Surveillance 2 t.o.v. Surveillance 1	9
Figuur 5 Afstand tot de weg	10
Figuur 6 Ouderdom van de bestudeerde woningen, Surveillance 2 en Surveillance 1.....	11
Figuur 7 De situatie van de woning, Surveillance 2	12
Figuur 8 Fornuis gebruikt in de keuken, Surveillance 2	14
Figuur 9 Gebruik van de dampkap tijdens het koken, Surveillance 2	14
Figuur 10 Verwarming van de woonkamer, Surveillance 2	15
Figuur 11 Verwarming van de slaapkamer, Surveillance 2.....	15
Figuur 12 Rookgedrag in de 22 woningen, Surveillance 2	15
Figuur 13 Het gebruik van luchtverfrissers, Surveillance 2	16
Figuur 14 Dagevolutie van CO ₂ in de woonkamer en slaapkamer van woning W-7,.....	19
Figuur 15 Overzicht van gezondheidkundige advieswaarden voor VOS	27
Figuur 16 Vergelijking benzeenconcentratie in woningen met en zonder rokers	30
Figuur 17 Overzicht van gezondheidkundige advieswaarden voor aldehyden.....	38
Figuur 18 Tijdsevolutie van CO in woning W-19.....	44
Figuur 19 Tijdsevolutie van CO, CO ₂ en het voortschrijdend 24h-gemiddelde CO in woning W-21 ...	44
Figuur 20 De 24h-voortschrijdend gemiddelde CO-concentraties t.o.v. de monitoring data.....	46

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1. Overzicht van de metingenplaatsen en metingen in de OVL.	6
Tabel 2. Overzicht provincie en gemeente van de 22 woningen.	8
Tabel 3 Beschrijving woningomgeving, door bewoners	11
Tabel 4 De aanwezigheid van mechanische ventilatie, beoordeeld door bewoners en onderzoekers	13
Tabel 5 Overzicht van ventilatie- en verluchtungskarakteristieken van de woningen	17
Tabel 6 CO ₂ -concentraties in woonkamers, slaapkamers en buiten, in de 22 woningen [ppm]	18
Tabel 7 Overzicht van de CO ₂ en binnenklimaat in klachtenvrije woningen uit de nieuwe metingen 2023-2024 en deze van 2008-2012	21
Tabel 8 Temperatuur in woonkamers, slaapkamers en buiten, in de 22 woningen	23
Tabel 9 Relatieve vochtigheid in woonkamers, slaapkamers en buiten, in de 22 woningen	24
Tabel 10 Overzicht van tocht in de woningen.....	25
Tabel 11 Verkeers-gerelateerde VOS-componenten i.f.v. de VRIND-classificatie	28
Tabel 12 Overzicht rookgedrag in woningen	30
Tabel 13 Verdeling afstand tot de weg en rokersgedrag in de 22 woningen.....	31
Tabel 14 Benzeen en TVOS in woonkamers, in functie van omgeving zoals omschreven door bewoners	32
Tabel 15 Overzicht van limoneen in woonkamers, in functie van aantal luchtverfrissers	32
Tabel 16 Overzicht van semi-gekwantificeerde VOS, die bijdroegen tot TVOS	33
Tabel 17 Overzicht van VOCs in de 22 woningen en corresponderende buitenlocaties	34
Tabel 18 Overzicht van de VOS concentraties in klachtenvrije woningen uit de nieuwe metingen 2023-2024 en deze van 2008-2012	37
Tabel 19 Overzicht van aldehyden in de 22 woningen	40
Tabel 20 Overzicht van de aldehyden concentraties in klachtenvrije woningen uit de nieuwe metingen 2023-2024 en deze van 2008-2012	41
Tabel 21 Koolstofmonoxide in de 22 woningen, in de leefruimte en een slaapkamer [mg/m ³]	42
Tabel 22 Overzicht voortschrijdend 24h-gemiddelde CO-concentraties in de 22 woningen	45
Tabel 23 Beïnvloedende factoren voor PM _x in deze set woningen.....	47
Tabel 24 PM _x en mechanisch ventileren in de 22 woningen	48
Tabel 25 Overzicht van de PM _x in de 22 woningen	49

LIJST VAN AFKORTINGEN

CO	Koolstofmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide
PM _x	PM ₁ , PM _{2.5} en PM ₁₀
PM ₁	Fijnstof met een aerodynamische diameter kleiner dan 1 µm
PM _{2.5}	Fijnstof met een aerodynamische diameter kleiner dan 2.5µm
PM ₁₀	Fijnstof met een aerodynamische diameter kleiner dan 10µm
VOC	Vluchtige organische stoffen
TVOS	Totale hoeveelheid vluchtige organische stoffen
T	Temperatuur
RV	Relatieve vochtigheid

1 INLEIDING

In de periode 2008 – 2012 voerde het departement Zorg in het kader van de Surveillance naar klachtenvrije woningen metingen uit in 450 klachtenvrije woningen, 90 per jaar. De binnenluchtkwaliteit werd in kaart gebracht door monsternamen in de woonkamer van elke woning. Hierbij werden de volgende parameters gekwantificeerd: vluchtige organische stoffen, formaldehyde, acetaldehyde, CO₂, relatieve vochtigheid, temperatuur en tocht. De gasvormige bestanddelen werden bepaald met behulp van passieve dosimeters, de andere componenten werden bepaald met behulp van monitoren of handheld toestellen. De meetgegevens werden aangevuld met een uitgebreide vragenlijst, die tot doel had mogelijke bronnen van luchtpollutie zowel binnenhuis als buitenhuis in kaart te brengen. Verder werd ook de levensstijl van de bewoners bevraagd.

De resultaten van het onderzoek droegen bij tot:

- Het creëren van een representatief beeld van de gezondheidskwaliteit in het bestaande woningpatrimonium van Vlaanderen;
- Een discussie over de noodzaak tot een verfijning en/of uitbreiding van de huidige richt- en interventiewaarden uit het Binnenmilieubesluit;
- Het creëren van een beleidsondersteunend kader: na vergelijken met gezondheidswaarden kunnen streefwaarden worden opgesteld die het beleid richting geven voor normering op langere termijn. Ook kan de overheid worden geadviseerd om de bestaande regelgeving aan te passen of nieuwe regelgeving te ontwikkelen.

Er werd getracht om een zo representatief mogelijk beeld van de woningen in Vlaanderen te verkrijgen. Een gelijke verdeling van de woningen over de verschillende provincies en de VRIND classificatie werd gehanteerd om een gelijke verdeling van de woningen over landelijke achtergrond, stedelijke achtergrond en stedelijk centrum te verkrijgen. Er werd vooropgesteld om een representatief beeld van de maatschappij te weerspiegelen en om de metingen te spreiden over een gans jaar, met als door de gemiddelde jaarlijkse blootstelling in kaart te brengen.

Met het huidige project wilde het departement Zorg de Surveillance van klachtenvrije woningen uit 2008-2012 updaten omdat:

1. Destijds geen evenredige weerspiegeling van alle sociaal economische klassen van de maatschappij werd verkregen. Uit de bevraging bleek dat het merendeel van de deelnemers beschikte over een diploma gelijk of hoger dan lager secundair onderwijs;
2. De grote meerderheid van de woning beschikte niet over een mechanisch ventilatiesysteem, het effect ervan kon niet bestudeerd worden;
3. De bestudeerde dataset een duidelijk beeld van traditionele woningen in Vlaanderen gaf, voornamelijk woningen ouder dan 20 jaar. Lage-energie woningen, passief woningen, recent gerenoveerde woningen, sociale woningen kwamen niet aan bod in de studie;
4. Het binnenmilieubesluit werd geüpdatet in 2018;

Het onderzoeksopzet van de huidige studie, werd zo uitgewerkt dat prioritair aspecten 1 en 4 beantwoord werden.

2 DOEL VAN DE OPDRACHT

Het doel van deze studie was om de binnenluchtkwaliteit van woningen in Vlaanderen in kaart brengen en de eerder uitgevoerde analyseresultaten van de surveillance 2008-2012 te updaten. Er werd prioritair gekeken naar de sociaaleconomische status van de deelnemers.

3 SITUERING

Het type woning en de aanwezige ventilatievoorzieningen werden niet meegenomen als uitsluitingscriterium door deelname. Omwille van de link met de Surveillance Klachtenvrije woningen 2008-2012, werden de polluenten die opgenomen werden in de vorige meetcampagne opgenomen in het meetplan voor deze huidige Surveillance, verder werden ook polluenten opgenomen in het huidige binnenmilieubesluit. De agentia die binnen gemeten werden, zijn vluchtige organische stoffen (VOS), aldehyden, CO₂, PM10/2.5/1, koolstofmonoxide (CO), temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht.

4 STRATEGIE VOOR SELECTIE MEETLOCATIES

4.1 Verenigingen bij het Netwerk tegen Armoede

Omdat de focus van deze studie niet specifiek gericht is op bewoners van sociale huisvesting, werd niet gericht gewerkt via VMSW. Ervaring in het rekruteren van deelnemers voor een studie naar de binnenluchtkwaliteit, die zich in een maatschappelijk kwetsbare positie bevinden, leert ons immers dat meest doeltreffend gerekruteerd wordt via een vertrouwenspersoon van de bewoners.

Initieel werd getracht dit contact te leggen via het Netwerk Tegen Armoede, maar uiteindelijk werden de contacten rechtstreeks met verenigingen onder de koepel van het Netwerk tegen Armoede gelegd. De volgende stappen werden ondernomen:

1. Organisatie van een introductievergadering (24/10/2023)

Bij deze inleidende vergadering werd een beperkt aantal contactpersonen van mensen die werken in verenigingen tegen armoede uitgenodigd. Aan deze personen werd het doel van dit onderzoek, de wijze van rekruteren, de informatie die gegeven wordt bij rekruteren, meetapparatuur, vergoeding van deelnemers, en een aantal andere praktische aspecten voorgesteld. De aanwezigen gaven waardevolle feedback i.v.m. het eerste contact met verenigingen, de communicatie met potentiële deelnemers, en aanvullende informatie die kan bijdragen om het project te verduidelijken aan deelnemers.

2. Telefonisch contact met verenigingen tegen armoede

Het eerste contact met de verenigingen werd telefonisch gelegd. Doelstellingen en strategie van het onderzoek werden toegelicht. Elk telefonisch contact werd beëindigd met het doorsturen van een e-mailbericht, met daarin een samenvatting van het gesprek, een powerpoint presentatie met afbeeldingen van de meettoestellen, een flyer met informatie voor potentiële deelnemers (zie Figuur 1) en link naar een opname door vrt-nieuws, waarin de meettoestellen gedemonstreerd werden in een woning. In totaal werd een 35-tal verenigingen gecontacteerd, verschillenden onder hen maakten bij het eerste contact reeds duidelijk geen interesse te hebben in een onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit in woningen. Anderen bleken net erg geïnteresseerd.

3. Verdere opvolging via email en telefonisch contact

De verdere opvolging gebeurde via telefonisch contact en e-mailberichten. Verenigingen spraken leden aan over het onderzoeksproject en van geïnteresseerden stuurden zij naam en telefoonnummer door naar VITO.

4. Telefonisch contact bewoners

VITO nam vervolgens telefonisch contact op met de deelnemers. Deelnemers werden doorgaans gerekruteerd per twee in eenzelfde gemeente of stad, zodat het mogelijk was om telkens twee locaties op eenzelfde dag te bezoeken. Bij het telefonisch contact werd de datum en tijdstip van de installatie van meettoestellen afgesproken. Tijdstip voor ophalen van toestellen werd door de verldwerker van departement Zorg besproken met de bewoner zelf, tijdens de installatie.

5. Huisbezoek en vergoeding deelnemers

Meettoestellen ingezet voor deze metingen waren allen uitgerust met batterijen, zodoende werd geen elektriciteit van de deelnemers verbruikt. Deelnemers ontvingen na afloop van de metingen een vergoeding van 25€, om hen te bedanken voor hun bereidwillige deelname aan het onderzoek. Deze vergoeding werd hen overgeschreven op het rekeningnummer dat zij doorgaven aan het onderzoeksteam.

Gezonde lucht in huis

Gezonde lucht in je woning is heel belangrijk voor jou en voor je huisgenoten. Een groot deel van de dag breng je immers door in huis. Tussen november en maart 2024 kan je anoniem en gratis deelnemen aan een onderzoek van de Vlaamse Overheid.

Zo kan je meer te weten komen over de lucht in je woning en hoe je die zo gezond mogelijk houdt.

Wat houdt dit onderzoek in?
Gedurende 1 week zullen enkele toestellen de lucht in de woning opmeten, in de woonkamer en de slaapkamer. Deze toestellen zijn klein, stil en werken op batterijen. Er is dus geen elektriciteit nodig. Verder in deze folder vind je foto's van deze toestellen.

Hoe gaat dit in zijn werk?
Heb je interesse? Laat dit dan weten aan de persoon die je deze informatie gaf. Je wordt dan gecontacteerd om een afspraak te maken. Op de dag van de afspraak komt een medewerker langs om de toestellen te plaatsen. 7 dagen later worden de toestellen opgehaald.

Na afloop van de meting krijg je een vergoeding van 25 euro.

Voor bijkomende vragen?
Neem dan contact op met
Françoise Geyskens (Francoise.Geyskens@vito.be of +32 14 33 69 57), VITO
Marianne Stranger (Marianne.Stranger@vito.be of 014 33 69 52), VITO
Sofie Vandenbroeck (binnenmilieu@vlaanderen.be of 016 66 63 61), departement Zorg

Met vriendelijke groeten,
Het onderzoeksteam.

Toestellen om lucht te meten

In de woonkamer
In je woonkamer wordt een zwart koffertje geplaatst, met daarin een batterij. Daaraan worden alle toestelletjes gekoppeld. Dit zijn:

Passieve meettoestelletjes: om vluchtige organische stoffen en aldehyden in de lucht te meten. Ze worden opgehangen aan een antenne op het doosje. Aan die antenne zit een kleine ventilator.

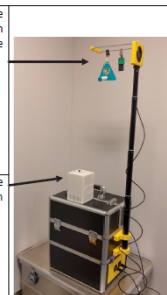
Wat bijzonder is aan deze toestelletjes?

- nemen gasen op uit de lucht en houden ze vast
- hebben geen elektriciteit nodig
- werken stil
- zijn klein

Sensorbox: Deze box is klein, en meet koolstofdioxide (CO₂), temperatuur, vocht, koolstofmonoxide (CO), en fijn stof

Wat bijzonder is aan deze toestelletjes?

- ze meten elke 3 minuten
- ze werken op een batterij
- ze werken stil
- ze zijn klein

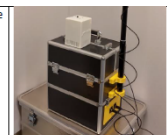


In de slaapkamer
In je slaapkamer wordt een koffertje met een batterij in geplaatst. Daaraan wordt dit toestelletje gekoppeld:

Sensorbox: Deze box is klein, en meet koolstofdioxide (CO₂), temperatuur en vocht

Wat bijzonder is aan deze toestelletjes?

- ze meten elke 3 minuten
- ze werken op een batterij
- ze werken stil
- ze zijn klein



Figuur 1 Flyer opgemaakt voor potentiële deelnemers aan de meetcampagne

4.2 Geografische spreiding van de woningen

Er werd vooropgesteld om in verschillende provincies verenigingen die werken tegen armoede te contacteren, om zo een spreiding in Vlaanderen te verkrijgen. Woningen voor deelname werden gerekruteerd in groepjes van 2 woningen in eenzelfde stad of gemeente, met maximaal 4 woningen in eenzelfde regio.

4.3 Focus op woningen van mensen in maatschappelijk kwetsbare posities

Alle 22 woningen die in deze meetcampagne zijn woningen waar mensen in maatschappelijk kwetsbare posities wonen, als huurder of als eigenaar. De woning kan eigendom zijn van een huisvestigingsmaatschappij, maar ook verhuurd worden op de private huurmarkt.

5 HET MEETPLAN

5.1 Meetmethoden en -technieken

In dit hoofdstuk worden alle luchtbemonsteringsmethoden en analysetechnieken beschreven, die toegepast werden in deze meetcampagne.

5.1.1 CO₂, temperatuur en relatieve vochtigheid

CO₂, temperatuur en relatieve vochtigheid worden gemeten door middel van Humlog 20 dataloggers (E+E Elektronik) en op maat gemaakte Sensorboxen. Een Sensorbox bevat meerdere sensoren om stoffen zoals koolstofdioxide, koolstofmonoxide en fijn stof in de binnenlucht te meten.

Beide toesteltypes bevatten dezelfde sensoren voor het meten van CO₂, temperatuur en relatieve vochtigheid.

De specificaties van deze sensoren zijn als volgt:

CO₂

- Meettechniek: Niet-dispersieve infrarood (NDIR) sensor met dubbele golflengte,
- Bereik: 0 tot 5000 ppm,
- Meetnauwkeurigheid: ± 50 ppm (bij 0 tot 1200 ppm) of $\pm 5\%$ (bij 1200 tot 5000 ppm);

Temperatuur

- Meettechniek: NTC-sensor (Negative Temperature Coefficient),
- Bereik: -20 tot 50 °C,
- Meetnauwkeurigheid: ± 0.3 °C (bij 0 tot 40°C), ± 0.5 °C buiten dit bereik;

Relatieve Vochtigheid

- Meettechniek: Capacitieve relatieve vochtigheidssensor,
- Bereik: 10 tot 95 % RV,
- Meetnauwkeurigheid: $\pm 2\%$ bij 20°C.

De CO₂ meetresultaten worden niet gecorrigeerd voor temperatuur of atmosferische druk.

Elke minuut worden CO₂-concentratie, temperatuur en relatieve vochtigheid opgeslagen in het interne geheugen van het toestel. Alle CO₂-sensoren van de HUMLOG20 en Sensorbox toestellen zijn gekalibreerd onder gecontroleerde omstandigheden bij zes CO₂-concentratieniveaus tussen 400 en 5000 ppm.

5.1.2 Fijn stof (PM₁, PM_{2.5} en PM₁₀)

De PM₁-, PM_{2.5}- en PM₁₀-concentraties werden op verschillende locaties tijdens dit onderzoek gemeten met een Sensorbox, uitgerust met een optische deeltjestellersensor (OPC).

De specificaties van de sensoren in deze meettoestellen zijn als volgt:

- Meettechniek: optisch,
- Deeltjesgroottebereik: 0,35 - 40 μm ,
- Maximale deeltjesaantal: 10 000 deeltjes per seconde,

- Deeltjescategorisatie: 24 individuele grootteklassen.

Elke minuut worden de PM1-, PM2.5- en PM10-concentraties geregistreerd in het interne geheugen van het toestel. Alle OPC-sensoren in de sensorboxen zijn gekalibreerd onder gecontroleerde omstandigheden bij zes PM-concentratieniveaus tussen 0 - 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM1), 0 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM2.5) en 0 - 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM10). De verschillende PMx-concentratieniveaus werden gecreëerd door dolomietdeeltjes nauwkeurig te doseren in deeltjesvrije lucht. De uiteindelijke PMx-concentratie in de kamer werd gemeten met behulp van gekalibreerde optische deeltjesmonitor (Grimm 11-DM).

5.1.3 Koolstofmonoxide

Sensorboxen werden eveneens gebruikt voor het uitvoeren van koolstofmonoxidemetingen (CO). De elektrochemische CO-sensor beschikt over volgende specificaties:

- Meettechniek: elektrochemisch
- Bereik: 0 tot 1 000 ppm
- Meetnauwkeurigheid: < 35 ppb (0 tot 500 ppm)

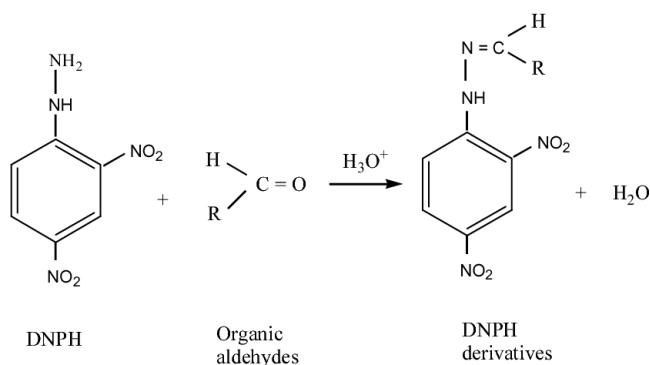
Elke minuut wordt de CO-concentratie geregistreerd in het intern geheugen van de toestel. Alle CO-sensoren zijn gekalibreerd onder gecontroleerde omstandigheden bij zes CO-concentratieniveaus tussen 0 en 10 ppm.

5.1.4 Vluchtige Organische Stoffen (VOS)

Vluchtige organische stoffen (VOS) werden bemonsterd gedurende 7 dagen d.m.v. passieve dosimeters type Radiello® met actief kool als adsorbens (Radiello® code 130), waarbij tijdgewogen gemiddelde concentraties worden bekomen. Na de bemonstering worden de dosimeters in het laboratorium verzameld voor analyse en gedesorbeerd met koolstofdissulfide (CS_2). Resulterende extracten worden geïnjecteerd in een gaschromatograaf uitgerust met een apolaire kolom en massaspectrometer (MS). De MS-detectie voorziet tegelijkertijd full scan en selected ion monitoring (SIM) opname en laat alsoo ondubbelzinnige identificatie van de aanwezige verontreiniging toe. Identificatie van de organische stoffen gebeurt op basis van retentietijden enerzijds en op karakteristieke interferentievrije m/e-ionen anderzijds. Kwantificering van 18 VOS-componenten gebeurt met 2-fluortolueen als interne standaard, door vergelijking van de geïntegreerde piekoppervlakten van de meest karakteristieke ionen voor de te bepalen stof en de interne standaard. TVOS (gedefinieerd als som van alle vluchtige organische stoffen tussen C6 en C16) wordt semi-kwantitatief bepaald ten opzichte 2-fluorotolueen, en berekend rekening houdend met de opnameconstante van tolueen.

5.1.5 Aldehyden -

Aldehyden werden bemonsterd d.m.v. passieve dosimeters type Umex (SKC UMEx 100), die gedurende 7 dagen blootgesteld werden aan omgevingslucht. De werking van deze sampler is gebaseerd op chemisorptie, waarbij aldehyden met dinitrofenylhydrazine (DNPH) reageren. Na de bemonstering worden de aldehyden als DNPH-derivaat geëxtraheerd met acetonitrile en geanalyseerd via vloeistofchromatografie met photodiode array detector. Gemiddelde luchtconcentraties worden berekend rekening houdend met de blootstellingstijd van de samplers.



Figuur 2. Het principe van chemisorptie toegepast bij de staalname van aldehyden.

5.1.6 Vragenlijst

In elke woning werd een vragenlijst afgenomen bij een volwassen bewoner. Deze vragenlijst was online beschikbaar, en werd door de veldwerker afgenomen. Aanvullend werd het nodige beeldmateriaal verzameld om de verzamelde informatie te onderbouwen.

Een overzicht van de vragenlijst wordt getoond in Bijlage A.

5.2 De meetcampagne

5.2.1 Periode

De meetcampagne in de woningen werd georganiseerd tijdens het verwarmingsseizoen, omdat ervaring ons leert dat mensen doorgaans minder verluchten of ventileren via openen van ramen of deuren in die periode. Dit om zo weinig mogelijk warmte te verliezen. Onvoldoende ventilatie en verluchting zorgt er vervolgens voor dat pollutanten afkomstig van de binnenomgeving zich binnen opstapelen, incl. pathogene virusdeeltjes, waardoor deze in concentratie toe kunnen nemen.

De meetcampagne in woningen ging van start op 14/11/2023 en liep tot 22/04/2024. In elke woning werd gemeten gedurende een periode van 7 dagen. Per week werden in 2 woningen toestellen opgehaald, waarna de daaropvolgende werkdag installatie in de volgende 2 woningen uitgevoerd werden.

5.2.2 Meetplaatsen en installatie van meetapparatuur

In elke woning werd de luchtkwaliteit gemeten in de leefruimte, de slaapkamer en op een representatieve buitenlocatie, doorgaans de tuin of op een balkon. Op elk van de locaties werden de volgende parameters gemeten, zoals getoond in Tabel 1.

Tabel 1. Overzicht van de metingenplaatsen en metingen in de OVL.

Leefruimte	Slaapruimte	Buitensite	Duurtijd meting, resolutie
CO ₂	CO ₂	CO ₂	7 dagen, 1-minuut
Temperatuur	Temperatuur	Temperatuur	7 dagen, 1-minuut
Relatieve vochtigheid	Relatieve vochtigheid	Relatieve vochtigheid	7 dagen, 1-minuut
CO	CO		7 dagen, 1-minuut
Tocht	Tocht		3 meetpunten, momentaan
VOC		VOC	7 dagen, gemiddelde
Aldehyden			7 dagen, gemiddelde
PM1/PM2.5/PM10		PM1/PM2.5/PM10	7 dagen, 1-minuut

5.2.3 Praktische organisatie van het veldwerk

VITO was verantwoordelijk voor de selectie en rekrutering van 22 geschikte woningen voor deze meetcampagne en voor de praktische organisatie van het veldwerk. Daartoe behoorde ook het voorzien van het nodige bemonsteringsmateriaal, inclusief de organisatie van een opleiding 'Binnenmilieumetingen' voor de betrokken veldwerkers van departement Zorg (op 07-11-2023) als het formuleren van handleidingen voor het assortiment meetapparatuur dat ingezet werd. Veldwerkers van het departement Zorg waren verantwoordelijk voor de installaties van de meettoestellen op elke locatie, voor de bevraging van bewoners, voor het ophalen ervan aan het einde van een meetperiode in een woning en voor het rapporteren van bemonsteringsgegevens met betrekking tot deze metingen.

Om communicatie tussen VITO en departement Zorg te optimaliseren tijdens de periode van het veldwerk, werd een Teams omgeving opgericht waartoe enkel betrokkenen bij het onderzoek toegang hadden (teneinde de GDPR-regelgeving te respecteren), waarlangs onderling documenten en informatie gedeeld werden. Bij de documenten die VITO voorbereide om het veldwerk te organiseren, behoorden onder andere: een gedetailleerde planning/agenda van het veldwerk, een adressenlijst, codering van de meetlocaties, stappenplan voor veldwerk, invuldocumenten voor bemonsteringsgegevens, en handleidingen van meettoestellen. Voor elke locatie werd een box gevuld met materiaal nodig voor het veldwerk, en werden ook voorgedrukte stickers gemaakt, met daarom de juiste codering van de te verzamelen stalen; dit om fouten bij veldwerk te beperken.

Naast 2-wekelijks overleg tussen departement Zorg en VITO, werd zeer regelmatig telefonisch contact opgenomen. VITO bezorgde bij aanvang van de meetcampagne een lijst met contactpersonen die bij urgentie telefonisch gecontacteerd konden worden. Departement Zorg zorgde voor back-up veldwerkers.

6 MEETRESULTATEN

6.1 Beschrijving van de 22 meetlocaties

In de volgende paragrafen worden de 22 woningen die deelnamen aan Surveillance 2 beschreven op vlak van verspreiding in Vlaanderen, bewoners en bewonersgedrag, gebouwomgeving en -karakteristieken en binnenmilieu-karakteristieken. Deze informatie is afkomstig van de vragenlijst, die afgenomen werd bij minstens één bewoner van elke woning, tijdens de installatie van de meetapparatuur op elke locatie (zie paragraaf 5.1.6).

6.1.1 Verspreiding in Vlaanderen

De deelnemende woningen werden gerekruteerd via negen Vlaamse verenigingen die werken tegen armoede. Deze verenigingen werden gekozen via de website van het Netwerk Tegen Armoede, op basis van ligging (provincie/stad), met als doel een spreiding over Vlaanderen te verkrijgen. De deelnemers werden bij voorkeur gerekruteerd per twee woningen in eenzelfde gemeente, dit om het mogelijk te maken om 2 woningen staalname-dag te combineren. Tabel 1 en Figuur 3 tonen een overzicht van de locaties van de woningen, per provincie en per gemeente.

Tabel 2. Overzicht provincie en gemeente van de 22 woningen.

WONING CODE	PROVINCIE	GEMEENTE	VERENIGING
W-1	Antwerpen	Geel	Vereniging 1
W-2	Antwerpen	Geel	Vereniging 1
W-3	Antwerpen	Geel	Vereniging 1
W-4	Antwerpen	Geel	Vereniging 1
W-5	Oost-Vlaanderen	Lokeren	Vereniging 2
W-6	Oost-Vlaanderen	Lokeren	Vereniging 2
W-7	Oost-Vlaanderen	Lokeren	Vereniging 2
W-8	Oost-Vlaanderen	Lokeren	Vereniging 2
W-9	Vlaams-Brabant	Keerbergen	Vereniging 3
W-10	Vlaams-Brabant	Herent	Vereniging 3
W-11	Antwerpen	Antwerpen	Vereniging 4
W-12	Antwerpen	Antwerpen	Vereniging 4
W-13	Antwerpen	Heist-op-den-Berg	Vereniging 5
W-14	Antwerpen	Heist-op-den-Berg	Vereniging 5
W-15	Antwerpen	Heist-op-den-Berg	Vereniging 5
W-16	Antwerpen	Dessel	Vereniging 6
W-17	Antwerpen	Dessel	Vereniging 6
W-18	Oost-Vlaanderen	Zelzate	Vereniging 7
W-19	Oost-Vlaanderen	Zelzate	Vereniging 7
W-20	Antwerpen	Merksem	Vereniging 8
W-21	West-Vlaanderen	Menen	Vereniging 9
W-22	West-Vlaanderen	Menen	Vereniging 9



Figuur 3. Locaties van de 22 woningen.

Gecategoriseerd volgens het [Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen](#), zijn de geselecteerde woningen voornamelijk gelegen in kleinere steden (13/22) en in overgangsgebied (6/22), een kleine minderheid

kon gerekruteerd worden in grootsteden (3/22). Geen enkele deelnemende woning bevindt zich op het platteland.

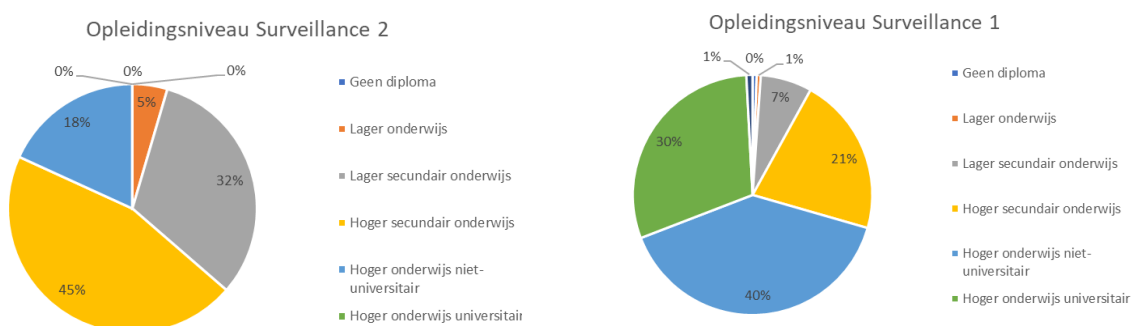
Volgens de VRIND-classificatie, welke toegepast werd bij de Surveillance 1 (2008-2012), blijkt de overgrote meerderheid van de deelnemende woningen zich in stedelijke achtergrond (19/22) te situeren, en liggen drie woningen in stedelijk centrum.

Het dient hierbij benadrukt te worden dat, in tegenstelling tot Surveillance 1, bij deze Surveillance 2 de nadruk gelegd op de deelname van mensen in een sociaal kwetsbare positie; een evenredige verdeling van de woningen over de verschillende omgevingen werd dus niet als prioritair beschouwd bij het rekruteren van deelnemers.

6.1.2 De bewoners

Slechts drie van de bevroagde bewoners (per woning werd één bewoner bevroagd) was jonger dan 30 jaar, 9 bewoners hadden een leeftijd tussen 30-60 jaar en 10 bewoners waren ouder dan 60 jaar. Bijna de helft van de deelnemers woont alleen (10 woningen), in 8 deelnemende woningen hadden 3 of meer bewoners en in 4 woningen waren twee bewoners. 55% van de bewoners heeft geen huisdier, de andere deelnemers hebben een hond, kat of beide.

Om het profiel van deze populatie van 22 deelnemers te koppelen aan de populatie van de Surveillance van klachtenvrije woningen 2008-2012, werd het opleidingsniveau van de bewoner(s) bevroagd. Meer specifiek werd gevraagd welk het hoogste diploma is, behaald door één van de bewoners. Een vergelijking wordt gevisualiseerd in Figuur 4. Hieruit bleek dat in de huidige Surveillance 36,4% van de deelnemers beschikt over een hoogste diploma lager secundair onderwijs, terwijl dit in Surveillance 1 slechts 8,1% was. In de huidige Surveillance beschikte 18% van de deelnemers over een hoogste diploma universitair/niet-universitair hoger onderwijs (waarvan 0% universitair), terwijl dit in de eerste Surveillance 70% bedroeg.



Figuur 4 Opleidingsniveau van deelnemers Surveillance 2 t.o.v. Surveillance 1

Met betrekking tot het binnenmilieu, bleek meer dan de helft van de bevroagden steeds voldoende frisse en aangename lucht in de woning te ervaren (12/22). En hoewel geen concrete gezondheidsklachten gemeld werden ten tijde van de metingen, lieten toch 5 deelnemers noteren dat ze een muffe geur ervaren wanneer ze binnenkomen in de woning (W-2, W-3, W-4, W-7 en W-9). Geluidshinder van de omgeving (buren, straat, verkeer, ...) werd gemeld door de helft van de deelnemers, in W-3 werd deze hinder door de bewoners gekoppeld aan de mechanische ventilatie.

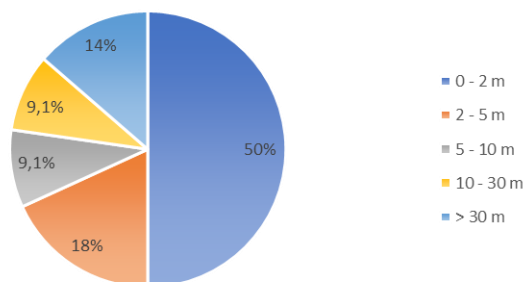
6.1.3 Gebouwmgeving

De set van 22 woningen, bestudeerd in Surveillance 2, bevond zich gemiddeld dichterbij de weg dan deze in Surveillance 1.

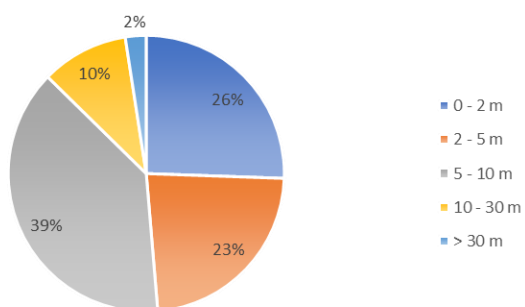
Terwijl de afstand van de voordeur tot de straat in de hier gerapporteerde Surveillance 2 <5 meter is 68% van de deelnemende woningen (waarvan de helft van de woningen < 2m), was dit slechts zo in 49% van de deelnemende woningen van Surveillance 1 (met slechts 26% woningen op < 2m van de weg).

Tegelijk was het aandeel woningen op > 5 meter van de weg aanzienlijk kleiner in Surveillance 2 dan in Surveillance 1; zie Figuur 5.

Surveillance 2 - afstand tot de weg



Surveillance 1 - afstand tot de weg



Figuur 5 Afstand tot de weg

Bijna de helft van de bevroagde bewoners oordeelt dat de woning nabij druk verkeer geleden is. Hetwelk overeenstemt met de bevraging van de afstand tot de weg, getoond in Figuur 5. Slechts één woning (W-9) bevindt zich op minder dan 50 meter van een tankstation, en een andere woning (W-12) bevindt zich nabij chemische industrie. Ondanks de nabijheid van verkeer, oordeelt het merendeel van de bewoners (14/22) dat de woning gelegen is in een residentiële wijk. Hoewel noch volgens het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen, noch volgens de VRIND-classificatie een woning zich in landelijke omgeving bevindt, oordelen 7 bewoners in een landelijke omgeving te wonen.

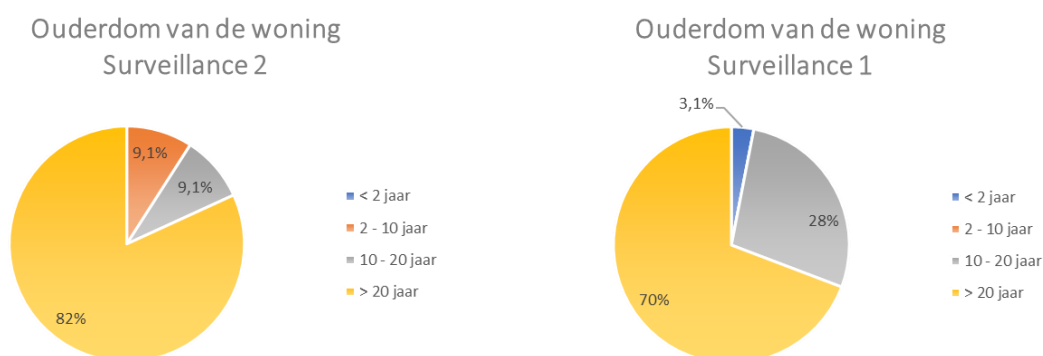
Tabel 3 Beschrijving woningomgeving, door bewoners

Woning	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-12	W-13	W-14	W-15	W-16	W-17	W-18	W-19	W-20	W-21	W-22
Welke is een goede beschrijving van de omgeving van de woning? (volgens de bewoner)																						
Nabij druk verkeer	x	x	x		x	x			x			x		x		x					x	
Nabij tankstation (< 50 m vogelvl.)									x													
Nabij chemische industrie												x										
Nabij bouwwerk- zaamheden						x						x	x									
In een woonwijk		x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x					x	x	x	
In een landelijke omgeving					x			x	x						x		x	x	x			
geen van deze																						x

6.1.4 Gebouwkenmerken

6.1.4.1 De woning zelf

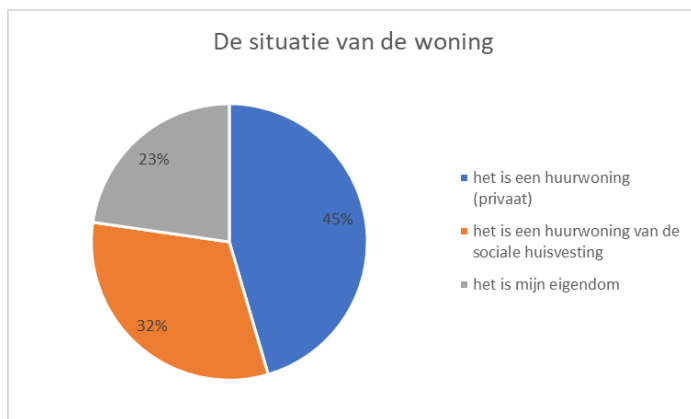
36% van de 22 deelnemende wooneenheden bevond zich in een appartementsgebouw. Bij Surveillance 1 was dit aandeel aanzienlijk kleiner, nl. 9%. Met betrekking tot de ouderdom van de woningen, kan opgemerkt worden dat het aandeel gebouwen ouder dan 20 jaar in Surveillance 2 (82%) groter is dan in Surveillance 1 (70%). Dit weerspiegelde zich in 22,7% van de woningen in Surveillance 2 die over enkele beglazing of een combinatie van enkele en dubbele beglazing beschikte (in Surveillance 1 was dit slechts 8% van de deelnemers). Nieuwbouw (< 2 jaar oud) kwam niet voor in Surveillance 2, al werd 9% van de woningen 2-10 jaar geleden gebouwd.



Figuur 6 Ouderdom van de bestudeerde woningen, Surveillance 2 en Surveillance 1

In geen enkele deelnemende woning werden recente (minder dan een jaar geleden) renovatie – of verfraaiingswerken uitgevoerd.

Zoals getoond in Figuur 7 was de grote meerderheid (77%) van de deelnemende woningen een huurwoning, waarvan 45% afkomstig van de private huurmarkt en 32% via verhuurd werd via de sociale huisvestingssector. Slechts 23% van de deelnemende woningen was eigendom van de deelnemer aan dit onderzoek.



Figuur 7 De situatie van de woning, Surveillance 2

6.1.4.2 Ventilatie van de woning

- **Woningventilatie beoordeeld door bewoners**

Alle antwoorden van bewoners op de vragen m.b.t. ventileren en verluchten zijn te vinden in “Bijlage B: Antwoorden deelnemers”.

Uit informatie verkregen bij de bewoners bleek dat 73% (16/22) van de woningen niet beschikt over mechanische ventilatie; als de woonkamer geventileerd of verlucht wordt, dan gebeurt dit in deze woningen via het openen van ramen. Bewoners van 6 woningen lieten noteren dat er een mechanisch ventilatiesysteem aanwezig was (voornamelijk type C). In geen enkele van deze woningen werd hinder t.g.v. de mechanische ventilatie gemeld of werd gemeld dat de bewoners het ventilatiesysteem uitschakelden of aanpasten. Daar waar mechanische ventilatie bewoners een mechanisch ventilatiesysteem rapporteerden, werd het systeem gebruikt zoals geprogrammeerd door de huisbaas, enkel in woning W-4 werd het ventilatiesysteem gebruikt naar goeddunken van de bewoners.

De bewoners van de 6 woningen waarin de bewoners oordeelden over een mechanische ventilatie te beschikken, rapporteerden allen dat ze de woonkamer ook verluchten en ventileren via openen van ramen.

- **Woningventilatie beoordeeld door onderzoekers**

Op basis van Google Street View en foto's genomen tijdens het veldwerk, werd het oordeel van bewoners over het al dan niet aanwezig zijn van mechanische ventilatie onder de loep genomen.

Uit deze analyse bleek dat 4 van de 22 bewoners onterecht oordeelden dat ze al dan niet over een mechanisch ventilatiesysteem beschikken. Een overzicht wordt getoond in Tabel 4.

In de groep van 22 woningen blijken uiteindelijk 4 woningen te beschikken over een mechanisch ventilatiesysteem, namelijk W-4, W-11 en W-13 met ventilatiesysteem type C, en W-3 met ventilatiesysteem type D. De andere woningen hebben geen mechanisch ventilatiesysteem.

Tabel 4 De aanwezigheid van mechanische ventilatie, beoordeeld door bewoners en onderzoekers

Woning	Aanwezigheid van mechanische ventilatie	
	Volgens bewoners	Na analyse foto's
W-1	neen	neen
W-2	neen	neen
W-3	Ja, type D	Ja, type D
W-4	Ja, type C	Ja, type C
W-5	Ja, type C	neen
W-6	Ja, type onduidelijk	neen
W-7	neen	neen
W-8	Ja, type C	neen
W-9	neen	neen
W-10	neen	neen
W-11	Ja, type C	Ja, type C
W-12	neen	neen
W-13	neen	Ja, type C
W-14	neen	neen
W-15	neen	neen
W-16	neen	neen
W-17	neen	neen
W-18	neen	neen
W-19	neen	neen
W-20	neen	neen
W-21	neen	neen
W-22	neen	neen

6.1.4.3 Verluchting van de woning

In 4 woningen werd vermeld dat de woonkamer 's winters niet verlucht wordt, omwille van de kilte/koude die daardoor binnenkomt (W-2, W-10, W-14 en W-21); in twee andere woningen werd vermeld dat de woonkamer niet beschikt over opengaande ramen (W-7 en W-17). In 14 andere woningen wordt de woonkamer dagelijks kortstondig tot langere tijd verlucht, ook tijdens de wintermaanden. En in nog twee andere woningen wordt er wel verlucht, zij het niet rechtstreeks.

In W-11, met ventilatiesysteem type C, wordt de slaapkamer nooit extra verlucht omwille van de mechanische ventilatie. In woningen W-2 en W-10 wordt de slaapkamer nooit verlucht omwille van kilte/koude die dan zou binnenkomen. En in woning W-7 beschikt (naast de woonkamer) ook de slaapkamer niet over opengaande ramen. In alle andere slaapkamers wordt dagelijks minstens kortstondig verlucht.

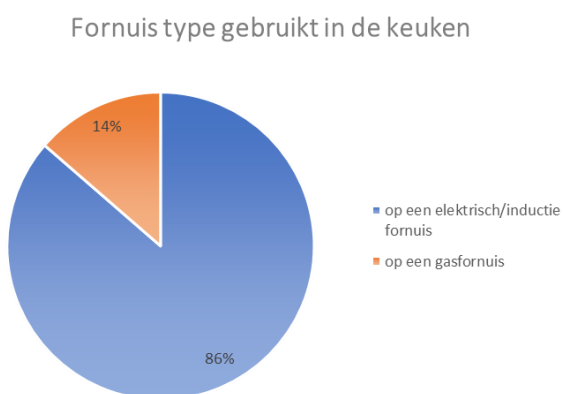
Volgens het merendeel van de bewoners wordt na gebruik van de badkamer verlucht, met uitzondering van woningen W-7 en W-9. Enkele bewoners rapporteren hier over luchtextractie in de badkamer te beschikken. Slechts 5 van de 22 woningen zegt extra te verluchten wanneer de was binnen (op een wasrek) gedroogd wordt.

6.1.5 Binnenmilieu-karakteristieken

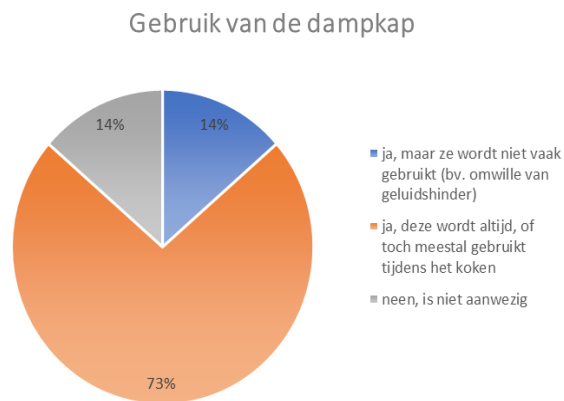
6.1.5.1 Kookactiviteiten in de woning

In de grote meerderheid van de woningen wordt elektrisch of op inductie gekookt (86%), zoals getoond in Figuur 8. Slechts in 3 woningen wordt een gasfornuis gebruikt, namelijk in woningen W-8, W-12 en W-21. Het aandeel woningen met een gasfornuis in de huidige Surveillance was duidelijk groter in Surveillance 1, waar in 30% van de woningen gekookt werd op basis van aardgas.

In de meerderheid van de woningen (73%, 16/22) wordt de dampkap altijd of toch meestal gebruikt tijdens het koken, zie Figuur 9. In 3 woningen (14%) is ze wel aanwezig, maar wordt ze niet vaak gebruikt omwille van de geluidshinder. En in nog 3 andere woningen (14%) is er geen dampkap aanwezig; in Surveillance 1 was in 4% van de woningen geen dampkap aanwezig.



Figuur 8 Fornuis gebruikt in de keuken, Surveillance 2



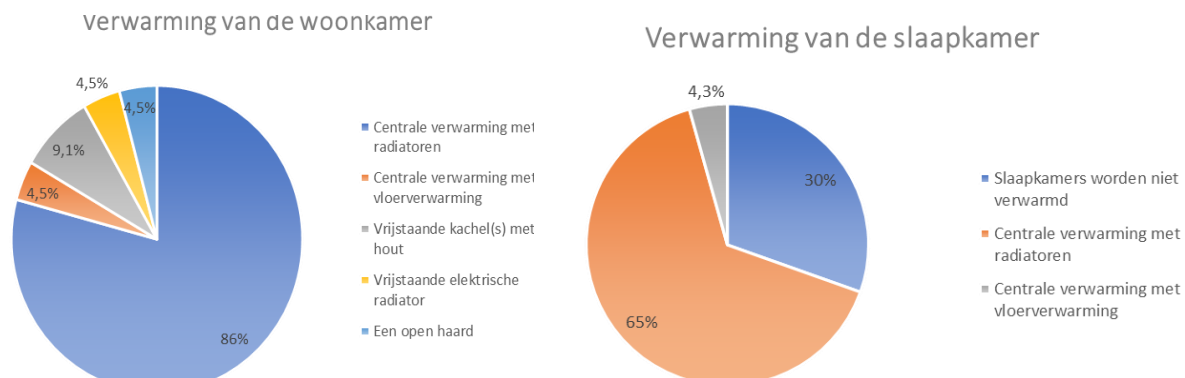
Figuur 9 Gebruik van de dampkap tijdens het koken, Surveillance 2

6.1.5.2 Verwarming en warm water in de woning

In het merendeel van de woningen (86% of 19/22) wordt de woonkamer verwarmd via centrale verwarming met radiatoren, zie Figuur 10. In één woning is er vloerverwarming in de woonkamer en in een andere woning wordt de woonkamer verwarmd door middel van een vrijstaande elektrische radiator. In twee woningen wordt de woonkamer (bij)verwarmd met een houtkachel (W-15 enige verwarming en W-16 bijverwarming), en in W-17 wordt de woonkamer bij-verwarmd met een open haard.

30% (7/22) slaapkamers worden niet verwarmd tijdens de wintermaanden, ook wanneer er verwarmingsvoorzieningen aanwezig zijn. Alle andere slaapkamers uit Surveillance 2 worden verwarmd door middel van radiatoren, één slaapkamer beschikt over vloerverwarming (Figuur 11).

In het grootste deel van de woningen is geen waakvlam brandende, voor bijvoorbeeld een warmwaterboiler, toch is in 7/22 (32%) van de woningen een waakvlam aanwezig. Dit zijn woningen W-2, W-4, W-5, W-12, W-13, W-18 en W-21.



Figuur 10 Verwarming van de woonkamer, Surveillance 2

Figuur 11 Verwarming van de slaapkamer, Surveillance 2

6.1.5.3 Schimmel of vochtschade

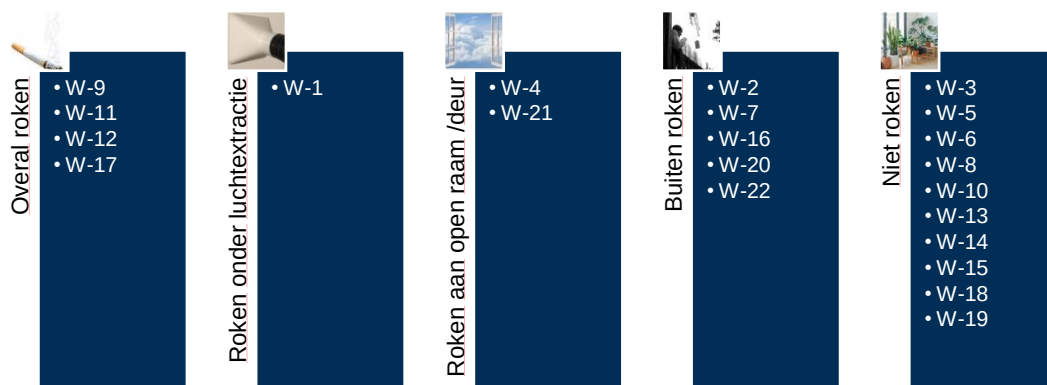
In 3/22 woningen wordt gemeld dat er in minstens één ruimte een schimmel aanwezig is, groter dan een A4 blad. Dit in woning W-7 (keuken en woonkamer), in woning W-9 (keuken en slaapkamer) en woning W-20 (slaapkamer). Voor zowel woningen W-7 (ook keuken en woonkamer) als W-9 (keuken, woonkamer en meerdere slaapkamers) wordt eveneens vochtschade gemeld.

6.1.6 Bewonersgedrag

6.1.6.1 Binnenshuis roken

De bewoners van 10 van de 22 deelnemende woningen roken niet. Van de overige 12 meetlocaties zijn er 10 woningen waarin één bewoner rookt, en zijn er 2 woningen waarin 2 bewoners roken.

Van de 12 woningen waarin minstens één roker woont, wordt er in 4 woningen overal in huis gerookt (W-9, W-11, W-12 en W-17). Eén bewoner meldt enkel te roken onder de dampkap of in de badkamer onder de afzuiging (W-1). In woningen W-4 en W-21 wordt gerookt aan de geopende raam of voordeur. En in 5 woningen zijn er wel rokers, maar ze roken enkel buitenshuis volgens de bevraging, bv. op een balkon, zoals in woningen W-2, W-7, W-16, W-20 en W-22. Een overzicht wordt getoond in Tabel 12.



Figuur 12 Rookgedrag in de 22 woningen, Surveillance 2

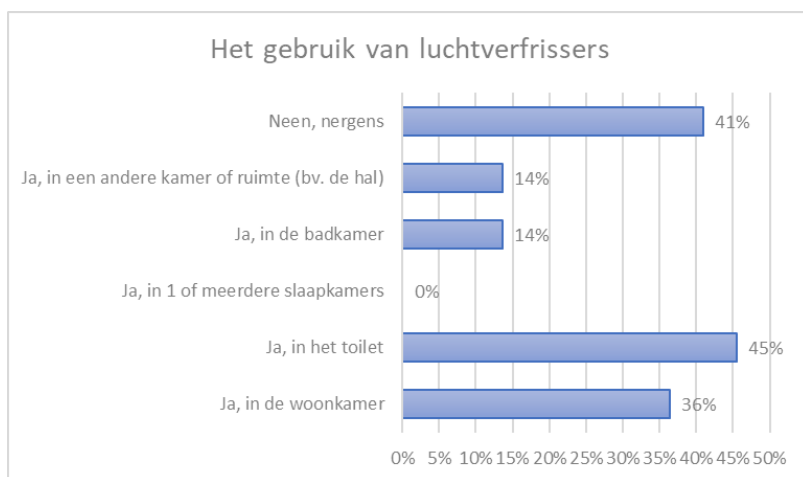
6.1.6.2 Gebruik van de verwarming

In de meeste deelnemende woningen wordt de woonkamer zowel tijdens de dag als 's avonds verwarmd, een minderheid meldt ook 's ochtends te verwarmen. Vier bewoners verwarmen de woonkamer ook 's nachts, terwijl één bewoner meldt zo weinig mogelijk te verwarmen (W-20).

De slaapkamers worden aanzienlijk minder verwarmd dan de woonkamer: 13 van de 22 deelnemers laat noteren de slaapkamers niet te verwarmen tijdens de wintermaanden. Wanneer slaapkamers wel verwarmd worden, is dit tijdens de dag. Vier bewoners verwarmen de slaapkamers ook 's nachts.

6.1.6.3 Gebruik van luchtverfrissers

Volgens de bevraging wordt er in 9 van de 22 (41%) woningen geen luchtverfrisser gebruikt. In de overige woningen is voornamelijk het toilet uitgerust met een luchtverfrisser (45%), maar ook in de woonkamer (36%) komen luchtverfrissers voor; een kleine minderheid gebruikt luchtverfrissers in de badkamer (14% of 3/22). Een overzicht wordt getoond in Figuur 13. In woningen W-8, W-12, W-17 en W-22 worden luchtverfrissers in minstens 3 ruimtes van de woning gebruikt (toilet, woonkamer, slaapkamer).



Figuur 13 Het gebruik van luchtverfrissers, Surveillance 2

6.2 Koolstofdioxide: Verluchting en ventilatie

Een efficiënte ventilatie en verluchting van elke binnenruimte is essentieel voor een gezonde binnenlucht; een goede schatting van de doeltreffendheid ervan in een bezette ruimte, is de meting van CO₂.

Verontreinigende stoffen, uitgestoten door bv. materialen of activiteiten binnen (zoals poetsen, gebruik luchtverfrissers of andere geurende producten), stapelen zich bij onvoldoende luchtverversing op in de binnenruimte. Aanwezig zijn worden zo blootgesteld aan hogere luchtconcentraties aan verontreinigende stoffen.

Erg belangrijk zijn ook aerosolen of luchtdeeltjes beladen met virussen en bacteriën. Virussen en bacteriën zijn, net als CO₂, immers een bestanddeel zijn van uitgeademde lucht. Ook deze deeltjes stapelen zich op in de binnenlucht bij onvoldoende ventilatie. Zo stijgt bij een hogere CO₂-concentratie de kans dat iemand de lucht, uitgeademd door een ander persoon, opnieuw inademt. Indien die andere persoon besmet is, is er in dergelijke ondermaats geventileerde ruimte een grotere kans om

besmet te worden. Voor virussen die luchtgedragen zijn, zoals bv. SARS-CoV-2, griep, RSV of mazelen, kan deze luchtgedragen-transmissie de prioritaire besmettingsroute zijn. Het Vlaams Binnenmilieubesluit adviseert een CO₂-concentratie lager dan 900 ppm voor private omgevingen.

6.2.1 Koolstofdioxide in Surveillance 2023-2024

6.2.1.1 Overzicht van alle CO₂-metingen

De ventilatiekarakteristieken en aanvullende informatie over verluchten wordt opgelijst in Tabel 5.

Tabel 5 Overzicht van ventilatie- en verluchtingskarakteristieken van de woningen

Woning	Mechanische ventilatie	Extra informatie
W-1	neen	
W-2	neen	Geen extra verluchting, omwille van kilte
W-3	Ja, type D	
W-4	Ja, type C	
W-5	neen	
W-6	neen	
W-7	neen	Geen opengaande ramen
W-8	neen	
W-9	neen	
W-10	neen	Geen extra verluchting, omwille van kilte
W-11	Ja, type C	
W-12	neen	
W-13	Ja, type C	
W-14	neen	Geen extra verluchting, omwille van kilte
W-15	neen	
W-16	neen	
W-17	neen	Geen opengaande ramen
W-18	neen	
W-19	neen	
W-20	neen	
W-21	neen	Geen extra verluchting, omwille van kilte
W-22	neen	

Een overzicht van de CO₂-metingen in de woonkamers en de slaapkamers, wordt getoond in Tabel 6. De groene kleur in de tabel toont concentraties die lager zijn dan 900 ppm, en dus voldoen aan het advies geformuleerd in het Vlaams Binnenmilieubesluit. De daaropvolgende kleurschakering van geel naar rood, illustreert een toenemende CO₂-concentratie, waarbij de kleurschakering de grootteorde van de overschrijding van de 900 ppm advieswaarde toont.

Algemeen kan in Tabel 6 opgemerkt worden dat in zowat elke woning de CO₂-concentraties in de slaapkamers hoger zijn dan in de woonkamers, zelfs als mechanische ventilatie aanwezig is. De reden is dat mensen de neiging hebben om ramen en deuren te sluiten, in het bijzonder 's nachts tijdens de wintermaanden. Ook mechanische ventilatie wordt vaak 's nachts uitgeschakeld of op een lagere stand gezet, hetwelk hogere CO₂-concentraties in de woningen veroorzaakt.

In woning W-7 zijn zowel P75 als maximale CO₂-concentratie hoger dan 1200 ppm, in de woonkamer en in de slaapkamer. Deze woning met 4 bewoners beschikt niet over mechanische ventilatie en heeft geen opengaande ramen in de woonkamer. Van alle bemeeten woonkamers, blijken zowel de maximale concentratie (3981 ppm), de P75 waarde (1524 ppm) als de gemiddelde concentratie (1375 ppm) in deze woonkamer het hoogst.

Tabel 6 CO₂-concentraties in woonkamers, slaapkamers en buiten, in de 22 woningen [ppm]

CO ₂	Woonkamer				Slaapkamer				Tuin			
	Gem.	Min	Max	P75	Gem.	Min	Max	P75	Gem.	Min	Max	P75
W-1	629	464	905	694	565	445	1011	676	397	324	997	411
W-2	804	576	1189	909	1195	493	2404	1556	465	378	574	483
W-3	538	415	928	607	522	415	928	590	479	418	578	491
W-4	607	434	975	671	565	415	1223	614	405	346	473	418
W-5	823	502	1724	970	656	456	1066	741	518	431	622	533
W-6	802	486	1624	947	868	465	2732	1013	434	360	538	450
W-7	1375	518	3981	1524	1043	518	2210	1300	476	413	628	488
W-8	-	-	-	-	1156	583	1792	1267	427	357	561	440
W-9	613	445	935	648	661	484	923	710	436	358	543	452
W-10	501	428	738	522	730	445	1651	965	451	379	668	465
W-11*	659	594	769	680	757	664	893	783	-	-	-	-
W-12*	991	782	1227	1054	825	607	1284	975	-	-	-	-
W-13	841	517	1381	963	785	469	1233	884	429	349	535	444
W-14	640	459	1155	734	666	454	1526	795	428	367	529	439
W-15	685	500	1099	752	760	446	1694	999	454	388	558	465
W-16	621	416	1056	828	-	-	-	-	-	-	-	-
W-17	-	-	-	-	1078	457	2361	1394	-	-	-	-
W-18	691	482	1154	763	872	561	1400	983	426	355	1788	439
W-19	858	459	1331	995	845	448	1295	992	434	374	1327	446
W-20	459	421	983	466	436	403	802	440	440	383	1140	450
W-21	700	450	1985	788	533	436	789	561	436	356	617	448
W-22	644	463	1241	704	1182	451	5069	1315	456	374	564	470

Legende

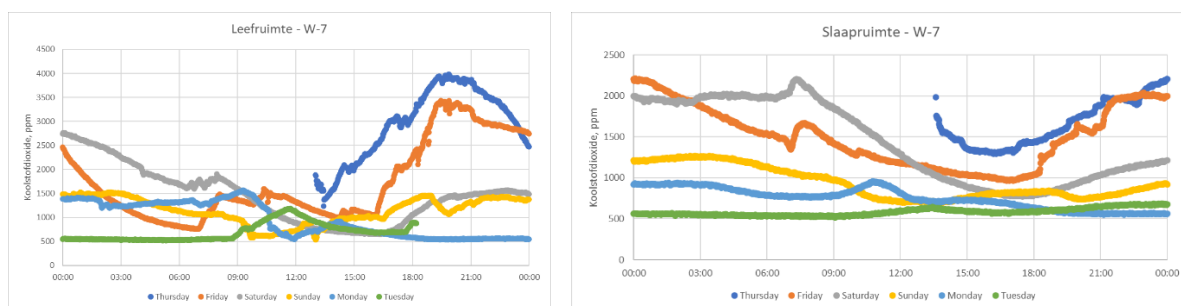
Ventilatie van de woning	
	Mechanische ventilatie
	Geen extra verluchting (enquête)
CO ₂ -concentratie	
	< 900 ppm
	900 ppm < xx < 1200 ppm
	1200 ppm < xx < 2000 ppm
	> 2000 ppm
*	Minder dan 2 dagen gemeten door praktische moeilijkheden bij installatie

Figuur 14 toont een overzicht van de dagelijkse 24h-evoluties van CO₂ in deze woning. In de grafiek van de woonkamer in W-7 is duidelijk te zien hoe vanaf de namiddag de CO₂-concentratie zich opbouwt in de woonkamer tot ongeveer 21u, met een hoogste niveau tot bijna 4000 ppm. Nadien daalt de concentratie zeer traag, ten gevolge van gebrek aan verse buitenlucht, waardoor de binnenconcentratie meestal slechts daalt tot 1000 ppm. Merk op dat de woning vermoedelijk één dag geen bewoners had, namelijk de dinsdag. Dit laatste kan ook opgemerkt worden in de meetresultaten in de slaapkamer. Vanaf 18:00 neemt de concentratie in de slaapkamer toe tot meer dan 2000 ppm, om dan opnieuw heel traag verder te dalen tijdens de dag.

In de andere woonkamers worden, uitgemiddeld over alle meetdagen, geen overschrijdingen van de advieswaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit (900 ppm) waargenomen. Ook de P75-waarden tonen slechts een geringe overschrijding van de 900 ppm advieswaarde. De woonkamers zijn dus doorgaans eerder voldoende geventileerd (merk op dat een concentratie van bv. 920 ppm, rekening houdend met een meetfout van 50 ppm, voldoet aan de advieswaarde). Toch worden in 7 woonkamers ook piekconcentraties hoger dan 1500 ppm gemeten; dit voornamelijk in woningen zonder mechanische ventilatie.

In twee van de vier mechanisch geventileerde woningen (W-3 en W-11) wordt zowel in de woonkamer als in de slaapkamer geen enkele overschrijding van de 900 ppm advieswaarde waargenomen. In de twee andere woningen (W-4 en W-13) zijn enkel de maxima hoger dan 1200 ppm.

Slaapkamers met P75 hoger dan 1200 ppm hebben in deze dataset geen mechanische ventilatie. En slaapkamers met piekconcentraties hoger dan 2000 ppm (5/22 slaapkamers) beschikken eveneens niet over mechanische ventilatie. De hoogst gemeten slaapkamerconcentratie bedroeg 5069 ppm CO₂ in W-22.



Figuur 14 Dagevolutie van CO₂ in de woonkamer en slaapkamer van woning W-7,

6.2.2 Koolstofdioxide Surveillance 2023-2024 t.o.v. 2008-2012

Tabel 7 toont een vergelijking van de CO₂-data van Surveillance 1 (2008-2012) met deze van Surveillance 2 (2023-2024). Hieruit blijkt dat de CO₂-concentraties in de woonkamers van beide studies een zeer sterke overeenkomst te vertonen, ondanks de periode van 12 jaar tussen beide meetcampagnes.

Deze sterke overeenstemming is eerder verrassend, dit omwille van

- Een verschillend aandeel mechanische ventilatie in de twee populaties: in Surveillance 1 was 65% van de bestudeerde woningen niet mechanisch geventileerd, terwijl in Surveillance 2 het aandeel van niet mechanisch geventileerde woningen groter is, nl. 82% van de woningen.
- Verschillende seizoenen waarin de meetcampagnes georganiseerd werden: het mederendeel van de staalnames voor Surveillance 1 werd georganiseerd in de lente/zomer/herfst, terwijl de metingen in Surveillance 2 georganiseerd werden in het verwarmingsseizoen, de periode waarin doorgaans minder verlucht en geventileerd wordt dan tijdens de zomermaanden.

Op basis van deze verschillen zou men in principe hogere concentraties in de woningen van Surveillance 2 verwachten, terwijl dit niet zo blijkt. Hoewel de ventilatie in Surveillance 2 niet perfect blijkt, heeft mogelijk de uitgebreide communicatie i.v.m. woningventilatie in te context van de COVID-19 pandemie, toch een positief effect veroorzaakt op het bewustzijn van gezinnen over het belang van een goede ventilatie.

De ventilatie in de slaapkamers blijkt duidelijk minder efficiënt dan deze in woonkamers. Dit wordt courant vastgesteld. Een vergelijking met Surveillance 1 is hier niet mogelijk, omdat bij de eerste Surveillance niet bemonsterd werd in slaapkamers.

Tabel 7 Overzicht van de CO₂ en binnenklimaat in klachtenvrije woningen uit de nieuwe metingen 2023-2024 en deze van 2008-2012

Component	Surveillance 2023-2024 (Woonkamer)						Surveillance 2023-2024 (Slaapkamer)						Surveillance 2008-2012					
	Aantal	Gemiddelde	Min.	Max.	Bovenste kwartiel	Stdev	Aantal	Gemiddelde	Min.	Max.	Bovenste kwartiel	Stdev	Aantal	Gemiddelde	Min.	Max.	Bovenste kwartiel	Stdev
CO ₂ (ppm)																		
Gemiddelde CO ₂ -concentratie woning	22	724	459	1375	809	201	22	795	436	1195	872	227	441	732	416	1645	841	193
Laagste CO ₂ -concentraties woning	22	491	415	782	506	84	22	482	403	664	493	68	441	483	69	1726	538	138
Maximum CO ₂ -concentratie woning	22	1319	738	3981	1343	701	22	1637	789	5069	1792	969	441	1407	411	3465	1659	521
Temperatuur (°C)																		
Gemiddelde temperatuur woning	22	20,9	16	25,2	22,6	2,8	22	19,4	13,2	24,9	21,5	3,5	444	21	14,8	27,6	22,4	2,2
Minimum temperatuur woning	22	16	9,5	21,7	18,6	3,5	22	15,6	11	21,7	17,5	2,9	444	18,4	10,0	32,6	20,2	2,8
Maximum temperatuur woning	22	23	17,7	28,8	24	3	22	21,6	14,4	27,1	23,6	3,2	444	24,2	16,5	41,7	25,8	3,4
Relatieve vochtigheid (%)																		
Gemiddelde RV woning	22	45	30	62	49	8	22	49	34	73	54	11	441	51	28	74	58	9
Minimum RV woning	22	37	24	56	41	9	22	41	28	68	45	11	441	40	6	70	46	10,2
Maximum RV woning	22	60	43	83	64	9	22	64	43	86	74	12	441	63	32	87	70	10,1
Windsnelheid (m/s)																		
Gemiddelde windsnelheid woning	22	0,012	0,000	0,120	0,020	0,022	22	0,011	0,000	0,100	0,010	0,020	431	0,074	0,0001	0,71	0,084	0,078

6.3 Fysische parameters: temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht

6.3.1 Fysische parameters in Surveillance 2023-2024

Zowel bijzonder hoge, als bijzonder lage binnentemperaturen worden afgeraden. Hoewel beide als oncomfortabel ervaren worden door aanwezigen, hebben zowel te hoge als te lage temperaturen nog andere effecten op het binnenmilieu. Net als een te hoge of te lage relatieve vochtigheid.

Bij te lage binnentemperaturen in combinatie met onvoldoende ventilatie, kan vocht, binnen geproduceerd door bv. koken, douchen of het drogen van de was, maar ook door transpiratie, zich binnen opstapelen en een verhoogd risico op vocht en schimmelschade in de ruimte verhogen. Anderzijds veroorzaakt een te lage relatieve vochtigheid (< 30%) uitdroging van de luchtwegen, waardoor de kans op virustransmissie onder aanwezigen toeneemt. Bij een te hoge binnentemperatuur neemt de uitwaseming van chemicaliën uit binnenmilieumaterialen toe.

6.3.1.1 Temperatuur in Surveillance 2023-2024

Tabel 8 toont een overzicht van de temperaturen, gemeten in woonkamers, slaapkamers en corresponderende buitenlocaties. In minder dan de helft van de woon- en slaapkamers (8/22 woonkamers en 7/22 slaapkamers) voldoet de gemiddelde temperatuur aan de richtwaarden van het Vlaams Binnenmilieubesluit, waarbij de temperatuur zich tussen 20 en 24°C zou moeten bevinden, al voldoet de temperatuur in 12 woonkamers wel 75% van de tijd aan de richtwaarde. In de slaapkamers zijn de temperaturen typisch lager dan in de woonkamers, wat ook in deze meetcampagne blijkt.

In een aantal kamers worden zeer lage temperaturen opgemeten, zoals in de slaapkamers van woningen W-7, W-14, en W-15, en in iets minder mate in W-6. De minimumtemperatuur in deze vier slaapkamers bedragen 11°C, de gemiddelde temperaturen zitten tussen 13-15°C en de hoogst gemeten temperatuur zit tussen 14°C (W-7) en 19°C. In combinatie met een laag ventilatievoud, zoals in W-7 waar hoge CO₂-concentraties gemeten werden, kan dit een negatieve invloed hebben op vocht in de ruimte, en daarom ook op schimmelvorming (ref. naar My Healthy Home).

Daarnaast wordt in een aantal kamers een eerder hoge binnentemperatuur opgemeten. Zo zijn er vier woonkamers en twee slaapkamers waar de gemiddelde kamertemperatuur hoger is dan 24°C, met een hoogst gemeten gemiddelde concentratie van 25,2°C. De hoogst gemeten maximumtemperatuur in een woonkamer van deze studie bedroeg 28,8°C (W-21).

6.3.1.2 Relatieve vochtigheid in Surveillance 2023-2024

Een overzicht van de relatieve vochtigheid, gemeten in de woon- en slaapkamers van deze studie, wordt getoond in Tabel 9. De gemiddelde alsook de P75 van de gemeten relatieve vochtigheid zijn aanvaardbaar het merendeel van de woonkamers, op uitzondering van één woning: W-7. In de slaapkamer is de relatieve vochtigheid duidelijk hoger dan in de woonkamers, net zoals al vastgesteld werd in eerder onderzoek.

W-7 werd in eerdere paragrafen reeds besproken, omwille van de ontoereikende woningventilatie en -verluchting (hogere CO₂-concentraties, zie paragraaf 6.2.2) en de bijzonder lage binnentemperaturen (zie paragraaf 6.3.1.1). De te hoge relatieve vochtigheid die gemeten wordt in deze woning, bedraagt gemiddeld 62% in de woonkamer (P75 64%) en 73% in de slaapkamer (P75 74%) en resulteert uit de onvoldoende ventilatie en verwarming van deze woning. Hierdoor wordt vocht, t.g.v. transpiratie, douchen, koken en andere binnenbronnen, niet voldoende naar buiten geëvacueerd. Dit kan op zijn beurt resulteren in vocht en schimmelschade in deze woning en wordt ook door de bewoner ook aangegeven bij de bevraging: zowel in de keuken als in de woonkamer blijkt een zichtbare schimmel,

groter dan een A4-blad aanwezig. Mogelijk is er nog andere niet zichtbare schimmelschade in de woning, bv. in de slaapkamer, hoewel dit hier niet aangegeven werd door de bewoner.

Algemeen kan in deze dataset ook opgemerkt worden dat in de slaapkamers met de koudste temperaturen (W-6, W-7, W-14 en W-15), de hoogste relatieve vochtigheid wordt opgemeten. Ook kan opgemerkt worden dat in slaapkamers met hoge maximale CO₂-concentraties (1200 ppm en hoger) ook hogere maximale waarden voor relatieve vochtigheid worden gemeten (W-2, W-13, W-17 en W-22).

Tabel 8 Temperatuur in woonkamers, slaapkamers en buiten, in de 22 woningen

T [°C] W-1	Woonkamer				Slaapkamer				Tuin			
	Gem.	Min	Max	P75	Gem.	Min	Max	P75	Gem.	Min	Max	P75
W-1	20,1	18,3	23,8	20,3	18,6	17,1	20,8	19,0	9,0	4,3	17,8	11,2
W-2	20,9	19,4	22,0	21,0	19,2	16,7	22,0	20,7	10,0	6,8	12,9	11,6
W-3	25,2	21,7	26,3	25,6	24,9	21,7	26,3	25,6	6,1	0,1	22,9	7,6
W-4	22,8	15,5	24,8	23,4	24,3	16,7	26,3	25,6	6,8	1,6	13,5	8,5
W-5	19,6	16,8	22,2	20,9	19,2	15,2	21,9	20,3	2,4	-2,3	14,6	4,2
W-6	19,8	9,5	22,9	20,9	15,6	11,4	19,3	17,2	1,5	-3,6	10,6	3,7
W-7	17,5	15,6	18,7	17,8	13,2	11,8	14,4	14,0	7,6	-0,9	12,6	9,7
W-8	-	-	-	-	20,4	18,7	23,6	21,6	7,9	0,3	18,9	10,0
W-9	16,1	10,3	18,5	17,0	18,8	13,3	21,5	19,6	1,8	-5,4	11,7	3,3
W-10	16,5	10,5	17,7	17,0	16,6	13,5	18,8	16,7	-0,8	-7,6	11,2	1,2
W-11*	22,6	15,3	23,3	23,0	21,2	16,0	21,5	21,3	-	-	-	-
W-12*	21,6	16,7	22,0	21,8	21,3	17,5	22,0	21,6	-	-	-	-
W-13	22,4	19,5	23,3	22,6	17,9	14,2	19,6	17,9	11,3	6,0	21,3	12,8
W-14	17,7	12,0	20,0	19,0	13,7	11,3	18,0	14,6	7,7	2,6	16,7	9,7
W-15	19,8	17,2	23,2	20,9	13,8	11,0	16,2	14,6	7,0	0,7	20,4	9,0
W-16	25,2	18,7	27,7	26,7	-	-	-	-	-	-	-	-
W-17	-	-	-	-	20,7	15,6	23,0	21,1	-	-	-	-
W-18	21,3	15,5	23,4	21,7	22,7	17,5	24,0	23,1	11,1	7,1	19,5	12,7
W-19	21,0	18,6	23,3	21,9	21,5	19,3	24,2	22,2	11,0	6,4	22,9	12,8
W-20	24,8	20,6	27,2	26,0	24,8	19,2	27,1	26,3	16,4	10,6	23,7	18,6
W-21	24,4	13,9	28,8	24,6	21,5	15,5	23,4	22,1	10,4	2,0	28,2	13,4
W-22	18,4	15,7	22,3	19,1	17,2	15,1	20,4	18,0	7,3	1,1	14,7	9,4
Algemeen	20,9	9,5	28,8	23,1	19,4	11,0	27,1	22,1	7,5	-7,6	28,2	12,4

Legende

Temperatuur	
	< 20°C
	20°C ≤ XX < 24°C
	≥ 24°C
*	Minder dan 2 dagen gemeten door praktische moeilijkheden bij installatie

Tabel 9 Relatieve vochtigheid in woonkamers, slaapkamers en buiten, in de 22 woningen

RV [%]	Woonkamer				Slaapkamer				Tuin			
	Gem.	Min	Max	P75	Gem.	Min	Max	P75	Gem.	Min	Max	P75
W-1	49	41	55	52	52	45	64	55	91	58	98	96
W-2	58	54	63	60	65	54	78	69	86	71	98	89
W-3	38	33	56	40	38	33	56	40	92	52	99	96
W-4	42	32	68	45	39	33	56	43	87	54	98	93
W-5	47	38	53	49	41	35	65	43	87	67	97	92
W-6	41	29	71	44	49	35	82	55	90	52	98	95
W-7	62	56	74	64	73	68	75	74	90	67	99	96
W-8	-	-	-	-	45	40	54	46	89	47	98	96
W-9	38	24	53	41	36	28	43	38	70	22	83	78
W-10	42	25	47	45	46	30	53	48	82	26	96	90
W-11*	30	29	43	31	34	31	46	35	-	-	-	-
W-12*	37	33	47	37	34	32	48	35	-	-	-	-
W-13	49	42	65	51	61	52	72	63	81	35	96	89
W-14	55	49	83	56	62	55	86	63	80	59	92	87
W-15	49	45	62	50	68	63	74	70	83	46	95	90
W-16	40	35	60	42	-	-	-	-	-	-	-	-
W-17	-	-	-	-	54	45	75	56	-	-	-	-
W-18	48	41	60	50	46	40	59	47	73	40	94	84
W-19	52	37	61	55	52	40	60	54	75	39	97	89
W-20	40	34	58	43	40	35	61	42	64	37	86	74
W-21	37	29	64	39	40	31	57	42	65	18	90	78
W-22	49	35	61	52	53	41	71	55	77	46	96	88
Algemeen	45	24	83	52	49	28	86	56	81	18	99	95

Legende

Temperatuur	
	< 40%
	40% ≤ XX < 60%
	≥ 60%
*	Minder dan 2 dagen gemeten door praktische moeilijkheden bij installatie

6.3.1.3 Tocht (windsnelheid) in Surveillance 2023-2024

Tabel 10 toont een overzicht van tochtmetingen in de woningen; de grijs tint van de woningnummers toont de woningen die uitgerust zijn met mechanische ventilatie en woningen waarin expliciet gemeld werd door de bewoners om niet extra te verluchten tijdens het verwarmingsseizoen. Hoewel de gevoeligheid van de ingezette anemometer groter was dan deze in de eerdere surveillance, blijkt deze momentane meting variabel over de tijd, en moeilijk te interpreteren. De condities van het tijdstip van meten (eventuele geopende deuren, aanwezige personen, activiteiten van de aanwezige personen) hebben een sterke invloed op het meetresultaat. Dit is waarschijnlijk de reden waarom er geen direct verband zichtbaar is tussen de resultaten van deze tochtmetingen enerzijds en de CO₂-metingen en bevraging over verluchting en ventilatie anderzijds.

Tabel 10 Overzicht van tocht in de woningen

	Leefruimte [m/s]			Slaapruimte [m/s]		
	meting 1	meting 2	meting 3	meting 1	meting 2	meting 3
W-1	0	0,03	0,01	0,1	0	0,01
W-2	0,01	0	0	0,01	0	0
W-3	0	0	0	0	0	0
W-4	0	0	0	0	0	0
W-5	0	0,02	0	0	0	0
W-6	0	0	0	0	0	0
W-7	0,02	0,07	0,04	0,03	0,07	0,02
W-8	0	0	0	0	0	0
W-9	0,08	0,03	0,01	0,04	0,01	0
W-10	0	0	0	0	0	0
W-11	0,04	0,02	0,12	0,07	0,02	0,04
W-12	0,02	0	0,07	0,02	0,04	0,03
W-13	0	0	0,01	0,01	0,01	0
W-14	0	0,02	0,01	0,01	0	0
W-15	0,02	0	0	0,01	0,02	0,03
W-16	0	0,01	0,02	0	0	0,02
W-17	0	0,01	0,02	0	0	0,02
W-18	0	0,01	0,02	0	0	0
W-19	0	0	0	0	0,01	0
W-20	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
W-21	0	0	0	0	0	0,06
W-22	0	0	0	0	0	0

Ventilatie van de woning	
	Mechanische ventilatie
	Geen extra verluchting (enquête)

6.3.2 Surveillance 2023-2024 t.o.v. 2008-2012

Een vergelijking tussen de fysische parameters verzameld in deze Surveillance, met de vorige Surveillance (2008-2012) wordt getoond in Tabel 7. In dit overzicht kan opgemerkt worden dat de binnentemperaturen van de huidige Surveillance doorgaans een beetje lager bleken in de hier gerapporteerde Surveillance. Terwijl in Surveillance 2008-2012 een gemiddelde binnentemperatuur van 21°C gemeten werd in de woonkamers, met een gemiddelde maximale temperatuur van 24°C en een gemiddelde laagste temperatuur van 14.8°C, wordt in de huidige Surveillance in de woonkamers 20.9°C gemiddeld gemeten, met een gemiddeld hoogste temperatuur van 23°C en een gemiddeld laagste temperatuur van 16°C. In de slaapkamers is de temperatuur lager, met een gemiddelde van 19.4°C; en een laagste gemiddelde van 13.2°C.

De reden hiervoor is enerzijds het feit, zoals bleek uit de bevragingen, dat slaapkamers vaak niet verwarmd worden. Anderzijds is het belangrijk op te merken dat het merendeel van de metingen in Surveillance 2008-2012 uitgevoerd werd in het voorjaar, de zomer en het najaar, terwijl deze metingen specifiek uitgevoerd werden tijdens het verwarmingsseizoen (de winter).

De relatieve vochtigheid in de woningen uit beide meetcampagnes vertoont uitgemiddeld geen uitgesproken verschillen.

6.4 Vluchtige organische stoffen (VOS)

De gezondheidseffecten van vluchtige organische stoffen zijn verschillend van component tot component, en afhankelijk zowel concentratie als blootstellingsduur. In deze studie wordt de gezondheidkundige interpretatie uitgevoerd aan de hand van de richt- en interventiewaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit voor die componenten die erin opgenomen zijn. Een richtwaarde wordt daarbij gedefinieerd als het kwaliteitsniveau van een binnenmilieu dat zo veel mogelijk moet worden bereikt of gehandhaafd; dit komt dan overeen met het blootstellingsniveau dat geen nadelige gezondheidseffecten veroorzaakt. Bij het bereiken of overschrijden van een interventiewaarde daarentegen is actie vereist, omdat dat blootstellingsniveau een gezondheidsrisico kan inhouden.

Voor de VOS-componenten die momenteel geen deel uitmaken van het Vlaams Binnenmilieubesluit, worden gezondheidkundige advieswaarden (GAW) gehanteerd. De betekenis ervan is vergelijkbaar met deze van de richtwaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit.

Figuur 15 Overzicht van gezondheidkundige advieswaarden voor VOS

Component	Gezondheidkundig advies	
	Vlaams Binnenmilieubesluit	Gezondheidkundige Advieswaarde (GAW)
MTBE		2530 µg/m ³
Benzeen	IW: 0,4 µg/m ³ *	
Trichloorethyleen	RW: 0,2 µg/m ³ ; IW: 2,5 µg/m ³	
Tolueen	RW: 5 mg/m ³ ; IW: 14 mg/m ³	
Tetrachloorethyleen	RW: 4 µg/m ³ ; IW: 38 µg/m ³	
Ethylbenzeen		260 µg/m ³
Styreen	RW: 260 µg/m ³ ; IW: 2500 µg/m ³	
1,2,4-Trimethylbenzeen		60 µg/m ³
1,4-Dichloorbenzeen		60 µg/m ³
VOS (totaal)	RW: 300 µg/m ³ ; IW: 1000 µg/m ³	
Hexaan		700 µg/m ³
Heptaan		400 µg/m ³
Cyclohexaan		6000 µg/m ³
n-Butylacetaat		400 µg/m ³
alfa-Pineen		2500 µg/m ³
3-Careen		1500 µg/m ³
d10-Limoneen		1000 µg/m ³

Waarbij	
RW	Richtwaarde
IW	Interventiewaarde
*	Van toepassing indien de concentratie buitenlucht ≤ 0.4 µg/m ³ ; in elk ander geval geldt de buitenconcentratie als interventiewaarde

6.4.1 VOS Surveillance 2023-2024

Tabel 17 toont een overzicht van alle VOS metingen in de 22 woningen en de corresponderende buitenlocaties.

6.4.1.1 VOS in de buitenomgeving van de 22 woningen

TVOS in de buitenomgeving van deze woningen is eerder laag, met een gemiddelde concentratie van $7,3 \pm 2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een maximale concentratie van $15,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ook de bestanddelen van TVOS zijn eerder laag in de buitenomgevingen. **MTBE** (methyl tertiary-butyl ether), additief aan brandstof, is eerder laag geconcentreerd: op 21 van de 22 locaties is de concentratie lager dan de detectielimiet van $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In de buitenomgeving van woning W-14, gelegen aan een winkelstraat, werd de hoogste concentratie MTBE in deze dataset gemeten ($2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

De buitenbenzeenconcentratie overschrijdt de interventiewaarde van het Vlaams Binnenmilieubesluit ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in 13 van de 22 locaties. De buitenconcentratie is gemiddeld $0,65 \pm 0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, met een 75^{ste} percentiel van $0,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een maximum van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het Vlaams binnenmilieubesluit stelt dan dat de interventiewaarde van $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogd wordt tot de buitenconcentratie, indien de buitenconcentratie hoger is dan $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Afstand tot de weg heeft in deze dataset geen invloed op de buitenconcentraties benzeen of TVOS. Enerzijds is het moeilijk om een effect waar te nemen in deze dataset met een beperkte omvang (22 woningen). Anderzijds verschilden per woning de plaats van staalname ten opzichte van de straat: op een balkon of terras, aan voor- of achterkant van een woning, afhankelijk van de mogelijkheid om te installeren.

Net als bij Surveillance 2008-2012 heeft ook hier groeperen van de woningen volgens de VRIND-classificatie geen invloed op de gemiddelde (verkeegerelateerde) VOS-concentraties in en omheen de woningen, zie Tabel 11. Volgens de criteria van de VRIND-classificatie die destijds gehanteerd werd, was geen enkele van deze 22 woningen gelegen in landelijke achtergrond-locatie, het grootste aandeel (19) was gelegen in 'stedelijke achtergrond', en de overige 3 woningen waren gelegen in 'stedelijk centrum'.

Tabel 11 Verkeers-gerelateerde VOS-componenten i.f.v. de VRIND-classificatie

	binnen				buiten		
	MTBE	Benzeen	TVOS		MTBE	Benzeen	TVOS
stedelijke achtergrond							
gemid± stdev	$1,0 \pm 3,7$	$1,6 \pm 2,1$	114 ± 98		$0,3 \pm 0,7$	$0,6 \pm 0,7$	$7,6 \pm 3,1$
maximum	15,2	8,0	408,0		2,9	1,0	15,9
	binnen				buiten		
stedelijk centrum	MTBE	Benzeen	TVOS		MTBE	Benzeen	TVOS
gemid± stdev	$0,3 \pm 0,5$	$1,6 \pm 1,4$	$79,8 \pm 59,8$		$0,1 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,2$	$6,4 \pm 2,2$
maximum	1,2	3,3	183,0		0,1	0,6	9,3

6.4.1.2 VOS in de 22 woningen

- Impact van een garage in de woning op VOS

De hoogste TVOC-concentratie werd gemeten in woning W-6; met een concentratie van $408 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijdt deze TVOC aanzienlijk de concentraties gemeten in de andere woningen van deze dataset. Ook de richtwaarde voor TVOS uit het Vlaams Binnenmilieubesluit ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt overschreden. Deze woning beschikt niet over mechanische ventilatie en er wordt niet gerapporteerd dat er gerookt wordt in de woning. Deze hoge TVOC-concentratie reflecteert zich in deze woning in de hoogste concentratie MTBE ($15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), de tweede hoogste benzeenconcentratie van de dataset ($5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en verder ook de hoogste toluëen- ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ethylbenzeen- ($9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), m+p-xyleen- ($21,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en o-xyleenconcentratie ($8,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Naast deze hogere BTEX-concentratie (Benzeen, Toluëen, Ethylbenzeen en Xyleenisomeren) komen ook hexaan ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), heptaan ($7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en cyclohexaan

(6.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) het hoogst geconcentreerd voor in deze woning. Een verhoging van deze componenten in een leefruimte, wijst op de aanwezigheid van brandstofemissies. De woning beschikt dan ook over een garage op de gelijkvloerse verdieping, waarin accidentieel bezine gemorst werd. De hier gemeten VOS-concentraties tonen een zeer goede overeenstemming met literatuurgegevens over VOS in woningen met een ingebouwde garage (Batterman et al. 2006); net dezelfde VOS-componenten worden er vergelijkbare concentraties voor.

Ook woningen W-13, W-14 en W-22 beschikken over een garage op de gelijkvloerse verdieping. Dezelfde VOS componenten (MTBE, BTEX, hexaan, heptaan en cyclohexaan) zijn ook in deze woning aanwezig in iets hogere concentraties dan in de andere woningen, al zijn de concentratieniveaus duidelijk lager dan in woning W-6. Toch is het opmerkelijk dat enkel in deze woningen MTBE boven de detectielimiet voorkomt. De oorzaak van de onderlinge concentratieverschillen in woningen met een garage zijn o.a. het gebruiksscenario van de garage (frequentie van inrijden auto/motorfiets, stockage van brandstof, verwarmingsketel, in welke richting de auto binnengereden wordt, hoelang de motor draait, hoe goed de tussendeur afsluit, enz.) maar ook de aanwezigheid van mechanische ventilatie in woning W-13 kan voor een verlaging van de binnenconcentraties gezorgd hebben.

- ***De impact van mechanische ventilatie op VOS***

Omdat er van de 4 woningen met **mechanische ventilatie** in deze dataset, in 2 woningen gerapporteerd wordt dat er rokers aanwezig zijn (in W-4 wordt gerookt aan een geopend raam, in W-11 wordt overal binnen gerookt), kan een effect van ventilatie niet waargenomen worden in deze dataset.

Anderzijds kan wel opgemerkt worden dat in woningen waar expliciet vermeld wordt dat de ramen niet geopend worden tijdens het verwarmingsseizoen (bv. omwille van kilte en warmteverlies), de mediane TVOS-concentratie 115,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is, terwijl deze 68,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt in woningen met mechanische ventilatie, of waar niet expliciet gemeld werd dat ramen niet geopend werden.

- ***De impact van binnenshuis roken op VOS***

Van de 22 woningen, wordt door 12 deelnemers gemeld dat er gerookt wordt. Tabel 12 toont een overzicht van de woningen waarin minstens één persoon aangeeft te roken, met specificatie van het aantal rokers, waar of hoe er gerookt wordt, aangevuld met informatie over het al dan niet ventileren van de woning.

Van deze 12 woningen met rokers, wordt in 5 woningen enkel buitenshuis gerookt. In 2 woningen wordt enkel aan een open raam of voordeur gerookt, en in één woning wordt er gerapporteerd enkel nabij een afzuiging (dampkap, afzuiging sanitaire ruimte) te roken. In de andere 4 woningen wordt overal in de woning gerookt (W-9, W-11, W-12 en W-17), waarbij zowel in W-9 als in W-17 twee personen roken. In W-17 wordt verder ook gemeld dat verluchting in de woning beperkt wordt, omwille van warmteverliezen en kilte.

Hoewel geweten is dat roken verschillende VOS in de binnenlucht verhoogt, is het effect in deze populatie het sterkst te merken in de benzeenconcentratie. De reden is dat vele andere VOS nog andere bronnen dan binnenshuis roken hebben, zowel binnen als buiten. Terwijl benzeen in een woning is echter steeds een weerspiegeling van de buitenconcentratie, tenzij er binnenbronnen zijn.

Tabel 12 Overzicht rookgedrag in woningen

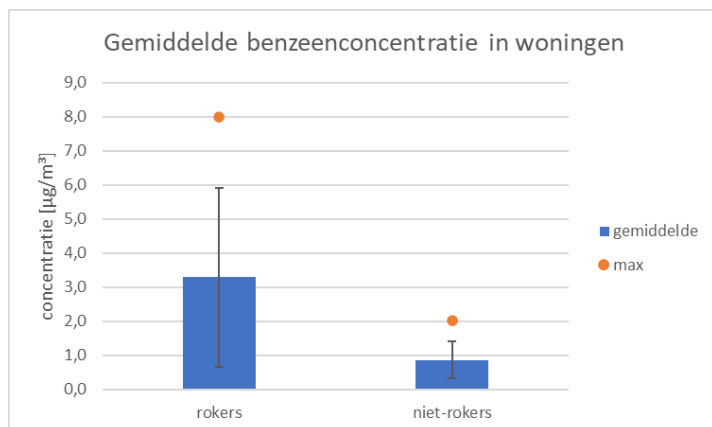
Woning	Aantal rokers	Rookgedrag	Ventilatie/verluchting woonkamer
W-1	1	Roken onder de dampkap	Geen mechanische ventilatie, wel verluchting (indirect)
W-2	1	Roken, maar buiten	Geen mechanische ventilatie, geen extra verluchting *
W-4	1	Roken aan open raam/voor deur	Mechanische ventilatie
W-7	1	Roken, maar buiten	Geen mechanische ventilatie, geen extra verluchting [§]
W-9	2	Roken overal in de woning	Geen mechanische ventilatie, wel verluchting
W-11	1	Roken overal in de woning	Mechanische ventilatie
W-12	1	Roken overal in de woning	Geen mechanische ventilatie, wel verluchting
W-16	1	Roken, maar buiten	Geen mechanische ventilatie, wel verluchting
W-17	2	Roken overal in de woning	Geen mechanische ventilatie, geen extra verluchting *
W-20	1	Roken, maar buiten	Geen mechanische ventilatie, wel verluchting (indirect)
W-21	1	Roken aan open raam/voor deur	Geen mechanische ventilatie, geen extra verluchting [§]
W-22	1	Roken, maar buiten	Geen mechanische ventilatie, wel verluchting

* omwille van kilte en warmteverliezen

[§] ramen kunnen niet geopend worden

Het effect van binnenshuis roken op de benzeenconcentraties in de woningen is duidelijk te merken bij vergelijking van het benzeengemiddelde in woningen waarin overal in huis gerookt wordt, met de groep woningen waar niet, of enkel aan een open raam/deur of buiten gerookt wordt (merk op dat woning W-6 niet meegenomen wordt als 'zonder rokers' in deze analyse, omwille van de hogere benzeenconcentratie die, op basis van de andere verhoogde VOS-componenten, eerder gelinkt wordt aan brandstof uit de garage in de woning).

In woningen met minstens één persoon die rookt in huis, wordt gemiddeld $3.3 \pm 2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzeen gemeten, met een hoogste concentratie van $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzeen in W-17. Volgens de bevraging wonen in W-17 twee rokers, is er geen mechanische ventilatie en wordt er bij voorkeur weinig verlucht via openen van ramen, omwille van warmteverliezen. In de andere woningen waarin niet gerookt wordt (geen rokers, enkel buiten roken of aan de open raam), wordt daarentegen gemiddeld $0.9 \pm 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzeen gemeten, met een maximale concentratie van $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Figuur 16 visualiseert dit. Het verschil tussen de benzeenconcentraties in woningen met en zonder rokers blijkt ook significant tot op het 95% betrouwbaarheidsniveau.



Figuur 16 Vergelijking benzeenconcentratie in woningen met en zonder rokers

Rekening houdend met de buitenconcentratie, wordt bij rokers een indoor/outdoor (I/O) ratio voor benzeen bepaald van $7,1 \pm 8,3$ (max 21,6), terwijl bij niet-rokers de I/O ratio voor benzeen $2,5 \pm 1,7$ (max 6,4) bedraagt.

In absolute concentraties en rekening houdend met het Vlaams Binnenmilieubesluit waarin de buitenconcentratie gelijkgesteld wordt aan de interventiewaarde indien hoger dan $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, worden bij rokers overschrijdingen van de interventiewaarde gemeten van $2,5 \pm 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzeen (max $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in de woningen.

- **De impact van verkeer op VOS**

De impact van de afstand tot de weg is ook in de binnenmetingen van VOS in deze woningen niet zichtbaar. Enerzijds is dit omdat de verdeling van de afstand tot de weg geen selectiecriterium was bij de rekrutering (in tegenstelling tot Surveillance 2008-2012) en er dus geen gelijke verdeling tussen de verschillende groepen is. Anderzijds blijkt ook de sterke invloed van rokersgedrag op benzeen, een typisch verkeers-gerelateerde component indien niet gerookt wordt, waardoor geen impact van de afstand tot de weg waargenomen kan worden in de respectievelijke woonkamers (merk op dat de twee woningen met twee rokers in de woning respectievelijk op 2-5m en > 3 m van de weg gelegen zijn).

Tabel 13 Verdeling afstand tot de weg en rokersgedrag in de 22 woningen

Afstand tot de weg	Aantal woningen	Waarvan gerookt wordt in:
0-2 meter	11	2 woningen (overal roken), 1 woning (onder afzuiging)
2-5 meter	4	1 woning (overal roken, 2 rokers)
5-10 meter	2	
10-30 meter	2	
> 30 meter	3	1 woning (overal roken, 2 rokers)

Ook het verband tussen vluchtige organische stoffen in de woning, met de omgeving van de woning, zoals de bewoners deze zelf beschreven, werd nagegaan: in de bevraging gaven de bewoners aan of de woning (1) nabij een drukke weg of straat gelegen is, (2) in een woonwijk gelegen is, of (3) in een landelijke omgeving gelegen is. Ook voor deze parameter voor verkeersuitstoot kan geen effect waargenomen worden in de benzeenconcentraties in de woonkamers (enkel gemiddelden weergegeven in Tabel 14. Ook hier speelt de invloed van rokers: 1 roker rapporteert 'druk verkeer', 3 rokers 'residentiële wijk', en de 4^e woning waarin gerookt wordt rapporteert 'landelijk'. Voor TVOS kan een klein effect waargenomen worden: de TVOS-concentratie in woonkamers waarbij de bewoners zegt dat er druk verkeer nabij is, is gemiddeld hoger dan deze in woningen waarvan de bewoner 'woonwijk' rapporteert als omgeving, en deze is op zijn beurt hoger dan de gemiddelde TVOS-concentratie in woningen in landelijke omgeving. Het effect is echter niet significant; de grote foutenvlaggen (standaardafwijking) op deze gemiddelde concentratie duiden aan dit aan. Het verband wordt ook niet waargenomen in de mediane concentratie van elke groep.

Tabel 14 Benzeen en TVOS in woonkamers, in functie van omgeving zoals omschreven door bewoners

	Concentratie in de woonkamers [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	Benzeen	TVOS $\pm$ stdev (median)
nabij druk verkeer	1,2	131,0 $\pm$ 94,2 (110)
woonwijk	2,0	99,8 $\pm$ 125 (66.5)
landelijk	1,8	90,9 $\pm$ 46,7 (99,0)

- **De impact van het gebruik van luchtverfrissers op VOS**

Limoneen, pineen en careen zijn moleculen die aangenaam geuren. Net zoals in eerdere binnenmilieustudies, is limoneen – met gekende citrusgeur – de meest abundante en hoogst geconcentreerde molecule van alle gekwantificeerde VOS. De geurmoleculen hebben verschillende bronnen in een woning, zoals schoonmaakproducten, luchtverfrissers, (huis)parfums, wasmiddel, enz. Van deze consumentenproducten zijn luchtverfrissers het type producten dat gekenmerkt wordt door een constante emissie over een langere tijd.

Omwille van deze reden werd het aantal luchtverfrissers, dat de bewoners rapporteerden in de bevraging, gekoppeld aan de limoneen, en gesommeerde limoneen-, pineen- en careen-concentraties. Tabel 15 toont ter illustratie de limoneenconcentraties in de woonkamers, in functie van het aantal gerapporteerde luchtverfrissers in de bevraging van bewoners.

Tabel 15 Overzicht van limoneen in woonkamers, in functie van aantal luchtverfrissers

	Aantal luchtverfrissers gerapporteerd in de bevraging			
	Geen	1	2	3
Limoneenconcentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1,7	27,4	32,0	19,2
	46,0	26,4	18,4	14,3
	40,0	20,1	7,0	16,2
	1,4	14,8		0,6
	8,9	3,1		
	1,1	12,9		
	1,8			
	4,5			
	6,5			
	12,4 $\pm$ 17,6	17,5 $\pm$ 9,2	19,1 $\pm$ 12,5	12,6 $\pm$ 8,2

Zowel voor de limoneenconcentraties als voor de som van de verschillende terpenen, kan geen associatie vastgesteld worden met het aantal luchtverfrissers in de woning. De reden hiervoor is niet dat luchtverfrissers geen bron van terpenen zouden zijn, maar wel dat er zoveel verschillende andere bronnen van terpenen zijn, en de concentratie in de woning sterk beïnvloed wordt door de ventilatie, dat het complex is de associatie vast te stellen door vergelijken van verschillende woningen.

Het dient echter wel opgemerkt te worden dat de 3 hoogste terpeenconcentraties in deze dataset (W-4 met 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ limoneen en 26.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ α -pineen, W-9 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ limoneen, W-1 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ limoneen) aangetroffen worden in woningen waarin gerapporteerd wordt te roken in de woning of aan een open raam. In eerdere studies werd ook opgemerkt dat geurende producten regelmatig gebruikt worden om andere geuren te maskeren.

- **Woningen met hogere TVOS-concentratie, onverklaarbaar door gekwantificeerde VOS.**

In een aantal woningen wordt in de woonkamer een (relatief) hoge TVOS-concentratie gemeten ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), die zich niet weerspiegelt in een verhoogde concentratie van één van de 18 gekwantificeerde VOS-componenten. Dit geldt voor woningen W-2, W-15, W-17 en W-21. Voor deze woningen wordt in Tabel 16 een overzicht getoond van de VOS die bijdroegen tot deze verhoogde TVOS-concentratie, met een semi-kwantitatief bepaalde concentratie, rekening houdend met de opnameconstante van toluen op het radiellopatroon. De hoogste bijdragen tot de TVOS-concentratie worden telkens onderlijnd in de tabel.

Tabel 16 Overzicht van semi-gekwantificeerde VOS, die bijdroegen tot TVOS

Component	W-2	W-15	W-17	W-21	Voorbeelden bron
TVOS	181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Ethanol				8,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Solvent, ontsmetting, alcoholische dranken
Isopropanol				4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ontsmetting, schoonmaak
Ethylacetaat	<u>20,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>			11,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Solvent in nagellak verwijderaar, lijmen, parfum of poetsmiddel
Butylacetaat				<u>20,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>	Solvent in nagellak verwijderaar, lijmen, parfum of poetsmiddel
Aceton			6,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Solvent
Isopreen			<u>32,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>		Roken (sigaret)
Nonaan		<u>20,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>			Solvent, additief brandstof
Decaan		<u>17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>		6,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Additief in benzine
Undecaan		<u>12,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>	3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<u>10,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>	Aerosol sprays
Dodecaan	4,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Poetsmiddel, aerosol sprays
Tridecaan			4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Aerosol spray
Tetradecaan	5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aerosol sprays
Isobombylacetaat	4,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				Geurproduct, bv. luchtverfrisser

Uit deze analyse blijkt hoe specifieke activiteiten in woningen de TVOS kunnen beïnvloeden. Een aantal VOS komt frequent voor bij deze analyse, namelijk de hogere alkanen, die typisch toegevoegd worden als propeller aan aerosolsprayproducten, zoals luchtverfrissers of poetsmiddelen. In woning W-17 komt er naast deze producten ook nog isopreen bij. Isopreen wordt uitgestoten door sigarettenrook; in deze woning roken twee bewoners en wordt er bij voorkeur niet verlucht tijdens de wintermaanden, zoals bleek uit de eerdere analyse van deze woning. In woning W-15 komen twee componenten gelinkt aan brandstof naar voren, hoewel dit niet bleek uit de antwoorden op de bevraging of uit de eerdere analyse.

Tabel 17 Overzicht van VOCs in de 22 woningen en corresponderende buitenlocaties

Gemiddelde concentraties (µg/m³) per locatie en per component																			
	MTBE	Benzeen	Trichloorethyleen	Tolueen	Tetrachloroethyleen	Ethylbenzeen	m-, p-Xyleen	Styreen	o-Xyleen	1,2,4-Trimethylbenzeen	1,4-Dichloorbenzeen	VOS (totaal)	Hexaan	Heptaan	Cyclohexaan	n-Butylacetaat	alfa-Pineen	3-Careen	d10-Limoneen
W1-L	< 0,1	1,15	< 0,1	2,44	< 0,1	0,33	1,12	< 0,175	0,36	0,43	< 0,1	70	< 0,1	0,38	< 0,1	0,268	0,73	0,35	32
W1-Out	< 0,1	0,40	< 0,1	0,77	< 0,1	< 0,1	0,51	< 0,1	< 0,199	0,216	< 0,1	9,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,135	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W2-L	< 0,1	0,77	< 0,1	3,4	< 0,1	0,299	1,22	< 0,1	0,56	0,45	< 0,1	181	0,71	2,14	7,0	3,4	2,30	1,63	18,4
W2-Out	< 0,1	0,51	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,54	< 0,1	< 0,185	0,226	< 0,1	7,1	< 0,1	0,213	< 0,1	< 0,197	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W3-L	< 0,1	0,52	< 0,1	1,87	< 0,1	< 0,1	0,55	< 0,1	0,277	0,85	< 0,1	33	< 0,1	0,251	< 0,1	0,66	0,40	< 0,1	1,65
W3-Out	< 0,1	0,50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,32	< 0,1	< 0,127	< 0,1	< 0,1	3,4	< 0,1	< 0,154	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W4-L	< 0,1	0,73	< 0,1	1,68	< 0,1	0,241	1,03	< 0,1	0,51	0,56	< 0,1	112	< 0,1	0,246	< 0,1	0,79	26,4	21,1	46
W4-Out	< 0,1	0,50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,137	< 0,1	< 0,1	4,0	< 0,1	< 0,148	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W5-L	< 0,1	0,75	< 0,1	1,37	< 0,1	0,33	1,06	< 0,1	0,59	0,33	< 0,1	67	0,45	0,299	< 0,1	0,80	1,24	0,58	27,4
W5-Out	< 0,1	0,83	< 0,1	1,16	< 0,1	0,250	0,68	< 0,1	0,276	0,34	< 0,1	7,8	0,42	0,255	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W6-L	15,2	5,9	< 0,1	65	< 0,1	9,4	21,5	0,272	8,1	25,1	< 0,1	408	10,8	7,6	6,3	1,08	1,65	1,03	26,4
W6-Out	< 0,1	0,95	< 0,1	1,18	< 0,1	0,257	0,71	< 0,1	0,283	0,42	< 0,1	8,4	0,41	0,258	< 0,1	< 0,153	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W7-L	< 0,1	1,69	< 0,1	2,75	< 0,1	0,55	1,51	0,202	0,55	0,85	< 0,1	65	< 0,1	0,45	< 0,1	< 0,1	1,30	0,284	20,1
W7-Out	< 0,1	0,44	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,288	< 0,1	< 0,1	0,290	< 0,1	5,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W8-L	< 0,1	0,65	< 0,1	1,89	0,52	0,275	0,76	< 0,1	0,35	0,47	< 0,1	117	0,73	0,88	1,63	0,97	1,60	0,37	19,2
W8-Out	< 0,1	0,48	< 0,1	0,65	< 0,1	< 0,1	0,36	< 0,1	< 0,161	< 0,1	< 0,1	6,5	< 0,1	< 0,139	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W9-L	< 0,1	1,14	< 0,1	1,44	< 0,1	0,25	0,70	< 0,1	0,257	0,38	< 0,1	66	1,63	0,64	< 0,1	0,66	1,80	0,57	40
W9-Out	< 0,1	1,02	< 0,1	1,07	< 0,1	< 0,192	0,57	< 0,1	0,210	0,241	< 0,1	9,4	0,73	0,273	< 0,1	0,255	< 0,192	< 0,1	0,239
W10-L	< 0,141	0,91	< 0,1	1,09	< 0,1	0,207	0,59	< 0,1	0,236	0,33	< 0,1	23,4	0,60	0,244	< 0,1	1,66	4,2	0,96	1,39
W10-Out	< 0,1	0,92	< 0,1	0,92	< 0,1	< 0,176	0,51	< 0,1	< 0,195	0,240	< 0,1	6,7	0,63	0,218	< 0,1	< 0,184	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W11-L	< 0,1	3,3	< 0,1	6,4	< 0,1	0,92	2,65	0,59	0,73	0,77	< 0,1	56	1,04	0,69	< 0,1	1,59	0,80	< 0,1	8,9
W11-Out	< 0,1	0,62	< 0,1	0,96	< 0,1	0,225	0,66	< 0,1	0,230	0,211	< 0,1	9,3	0,83	0,33	< 0,1	< 0,192	< 0,1	< 0,1	0,208
W12-L	< 0,1	2,84	< 0,1	5,1	< 0,1	0,82	2,24	0,46	0,66	0,67	< 0,1	70	1,22	1,06	1,06	0,74	2,77	2,02	14,3
W12-Out	< 0,1	0,62	< 0,1	0,87	< 0,1	< 0,194	0,56	< 0,1	< 0,199	0,234	< 0,1	7,4	0,89	0,35	< 0,1	< 0,174	< 0,1	< 0,1	0,262
W13-L	0,64	2,02	< 0,1	9,0	0,79	0,82	2,29	< 0,1	0,85	10,1	< 0,1	110	2,26	3,8	1,76	0,84	1,92	0,48	14,8
W13-Out	< 0,1	0,42	< 0,1	0,72	< 0,1	< 0,136	0,42	< 0,1	< 0,148	< 0,1	< 0,1	9,7	0,45	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,31
W14-L	0,43	0,73	< 0,1	0,96	< 0,1	0,285	0,86	< 0,1	0,35	0,76	< 0,1	32	0,78	0,297	0,80	< 0,1	0,44	0,205	1,14
W14-Out	2,92	0,61	< 0,1	2,53	< 0,1	0,243	0,74	< 0,1	0,264	0,56	< 0,1	8,5	0,83	0,283	0,62	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W15-L	< 0,1	1,63	< 0,1	1,86	< 0,1	2,13	11,2	< 0,1	5,4	14,1	< 0,1	266	0,46	0,78	< 0,1	0,54	1,84	0,59	1,82
W15-Out	< 0,1	0,40	< 0,1	0,39	< 0,1	< 0,1	0,208	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,240
W16-L	< 0,1	0,73	< 0,1	2,90	< 0,1	1,11	3,8	< 0,1	1,56	2,29	< 0,1	99	0,99	2,76	1,57	0,283	2,93	1,20	3,1
W16-Out	< 0,1	0,35	< 0,1	0,52	< 0,1	< 0,1	0,32	< 0,1	< 0,1	0,277	< 0,1	15,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,0	3,7	0,44
W17-L	< 0,1	8,0	< 0,1	15,1	< 0,1	2,25	6,9	2,11	1,95	2,77	< 0,1	166	0,97	1,03	< 0,1	0,41	1,60	1,88	16,2
W17-Out	< 0,1	0,37	< 0,1	0,62	< 0,1	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	11,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W18-L	< 0,1	0,33	< 0,1	0,52	< 0,1	< 0,16	0,43	< 0,1	< 0,179	< 0,178	< 0,1	45	< 0,1	0,56	< 0,1	2,66	0,67	< 0,187	12,9
W18-Out	< 0,1	0,35	< 0,1	0,39	< 0,1	< 0,1	0,262	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W19-L	< 0,1	0,38	< 0,1	0,42	< 0,1	< 0,146	0,52	< 0,1	0,232	0,217	< 0,1	75	0,48	1,08	< 0,1	1,10	1,34	0,78	7,0
W19-Out	< 0,1	0,33	< 0,1	0,295	< 0,1	< 0,1	0,209	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W20-L	< 0,1	0,260	< 0,1	0,61	< 0,1	< 0,111	0,35	< 0,1	< 0,165	< 0,1	< 0,1	28,1	< 0,1	< 0,19	< 0,1	< 0,194	0,38	< 0,164	4,5
W20-Out	< 0,1	0,256	< 0,1	0,53	< 0,1	< 0,1	0,298	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W21-L	< 0,1	0,36	< 0,1	0,58	< 0,1	0,218	0,61	< 0,129	0,294	0,76	< 0,1	183	< 0,1	1,51	< 0,1	38	0,48	0,226	6,5

W21-Out	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
W22-L	1,2	1,38	< 0,1	11,8	< 0,1	1,83	5,9	< 0,1	2,22	2,84	< 0,1	62	2,00	1,36	0,96	0,45	0,223	< 0,1	0,62
W22-Out	< 0,1	0,214	< 0,1	0,286	< 0,1	< 0,1	< 0,198	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

6.4.2 VOS Surveillance 2023-2024 t.o.v. Surveillance 2008-2012

Net als in de eerdere Surveillance naar klachtenvrije woningen in Vlaanderen, kan ook in deze Surveillance geen impact van de afstand tot de weg of een andere verkeersdrukke-parameter en de VOS componenten vastgesteld worden. Verder kan ook in deze nieuwe Surveillance geen rechtstreeks verband tussen terpeenconcentraties in de woningen en het aantal luchtverfrissers vastgesteld worden. De betrouwbaarheid van de bevraging, maar ook andere producten met emissies van terpenen en de impact van ventilatie, beïnvloeden dit verband. In de dataset kan wel opgemerkt worden dat de hoogste concentraties terpenen voorkomen in woningen waar bewoners rapporteren te roken, en waar dit ook vastgesteld werd in de metingen.

De benzeenconcentraties zijn significant hoger in woningen waarin mensen roken. Ook ingebouwde garages blijken benzeenconcentraties in de woningen, en andere verkeersgerelateerde VOS te beïnvloeden. Dit effect kan duidelijk waargenomen worden in de MTBE-concentratie in woningen.

Omwille de grotere vertegenwoordiging van rokers in dezer dataset, is een aantal effecten niet waar te nemen in deze dataset, zoals het effect van ventilatie.

Tabel 18 toont een vergelijking met de data van de eerdere Surveillance. Op het eerste gezicht lijken MTBE-, en tolueenconcentraties in de meest recente Surveillance verlaagd. Een aantal bijzonder hoog geconcentreerde locaties tijdens de eerste Surveillance beïnvloedt echter de gemiddelde concentraties; dit kan gezien worden in de standaardafwijkingen en de maximaal gemeten concentraties en ook in de P75 van de dataset, die wel een overeenstemming met de data van de huidige Surveillance vertoont. Dergelijke bijzonder hoge concentraties werden niet gemeten in de huidige Surveillance.

Tabel 18 Overzicht van de VOS concentraties in klachtenvrije woningen uit de nieuwe metingen 2023-2024 en deze van 2008-2012

	Surveillance 2023-2024					Surveillance 2008-2012				
Component	Aantal	Gemiddelde	Max.	Bovenste kwartiel	Stdev	Aantal	Gemiddelde	Max.	Bovenste kwartiel	Stdev
MTBE	22	0,88	15,2	0,1	3,2	446	1,56	93	0,56	6,3
Benzeen	22	1,64	8,0	1,68	1,92	446	1,65	29,2	1,73	2,56
Trichloroetheen	22	0,1	0,1	0,1	0,00	446	0,31	12,0	0,1	1,10
Tolueen	22	6,3	65	4,7	13,7	446	31	7704	11,1	366
Tetrachloroetheen	22	0,150	0,79	0,1	0,169	446	1,24	195	0,223	10,0
Ethylbenzeen	22	1,04	9,4	0,90	1,98	446	1,30	30	1,22	2,26
m- + p-Xyleen	22	3,1	21,5	2,56	4,9	446	3,7	78	3,3	7,0
Styreen	22	0,25	2,11	0,164	0,44	446	0,25	28,0	0,1	1,37
o-Xyleen	22	1,20	8,1	0,82	1,93	446	1,24	14,5	1,20	2,02
1,2,4-Trimethylbenzeen	22	2,20	25,10	0,81	5,19	446	3,5	138	2,90	9,1
1,4-Dichlorobenzeen	22	0,1	0,1	0,1	0,00	446	0,18	6,9	0,1	0,48
TVOS*	22	106	408	116	89	446	437	7517	463	550

6.4.3 VOS en het Vlaams Binnenmilieubesluit

Het Vlaams Binnenmilieubesluit stelt voor benzeen een interventiewaarde van $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vast (indien de buitenconcentratie hoger is dan $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wordt de interventiewaarde binnenshuis gelijk aan de gemeten buitenconcentratie). In 9 van de 22 woningen was de buitenconcentratie benzeen gelijk of lager dan $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In de 13 andere woningen was de buitenconcentratie gemiddeld $0,65 \pm 0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, met een 75^{ste} percentiel van $0,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een maximum van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Andere VOS die deel uitmaken van het Vlaams Binnenmilieubesluit zijn trichloorethyleen, tetrachloorethyleen, styreen en toluen. Trichloorethyleen was in alle woonkamers lager dan de detectielimiet van de meetmethode ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), terwijl tetrachloorethyleen in slechts twee woningen boven de detectielimiet was. De concentraties waren echter nog steeds lager dan de richtwaarde van $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De richtwaarden voor styreen en toluen (respectievelijk 260 en $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) werden in geen van de woonkamers overschreden.

W6 overschreed de richtwaarde voor de TVOS ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$), maar de interventiewaarde ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) werd niet overschreden.

6.5 Aldehyden

De gezondheidseffecten van aldehyden zijn verschillend van component tot component, en afhankelijk zowel concentratie als blootstellingsduur. In deze studie wordt de gezondheidkundige interpretatie van aldehyden-blootstelling uitgevoerd aan de hand van de richt- en interventiewaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit. Formaldehyde kan de ademhalingsgezondheid beïnvloeden, maar is ook een carcinogene stof, et als acetaldehyde.

Figuur 17 Overzicht van gezondheidkundige advieswaarden voor aldehyden

Component	Vlaams Binnenmilieubesluit
formadehyde	IW: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
acetaldehyde	RW: $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$; IW: $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Totaal andere aldehyden (C4-C11 aldehyden)	RW: $650 \mu\text{g}/\text{m}^3$; IW: $1600 \mu\text{g}/\text{m}^3$

6.5.1 Aldehyden Surveillance 2023-2024

Tabel 19 toont een overzicht van alle aldehydemetingen in de woonkamers van de 22 woningen uit de huidige Surveillance. De gemiddelde formaldehydeconcentratie bedraagt $22 \pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, met een hoogst gemeten concentratie van $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in woning W-21.

In woning W-21 wordt tevens de hoogste acetaldehyde- ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), totaal andere aldehyden- ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en totaal aldehyde-concentratie ($95 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemeten. De bewoners van deze woning rapporteren dat de ramen van de woonkamer niet geopend kunnen worden. De woning werd niet recent gerenoveerd of recent verfraaid. Het gebruik van luchtverfrissers wordt ook niet bevestigd in de vragenlijst. De analyse van VOS en TVOS (met $183 \mu\text{g}/\text{m}^3$ had deze woning de tweede hoogste TVOS-concentratie van deze dataset) wees in de richting van ontsmettings- en schoonmaakmiddelen in sprayvorm. Die kunnen ook aldehyden bevatten en dus de oorzaak zijn van de hogere concentraties.

Op basis van deze dataset kan geen duidelijk effect van mechanisch ventileren, verluchten of ondermaats verluchten op de aldehydeconcentraties vastgesteld worden. Een eenvoudige T-test leert

dan ook dat er geen statistisch significant verschil is tussen de formaldehydeconcentraties van de groep woningen die mechanisch geventileerd of voldoende verlucht wordt (gemiddeld $21,3 \pm 8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en de groep woningen waarbij expliciet vermeld werd bij voorkeur niet te verluchten tijdens het verwarmingsseizoen (gemiddeld $24 \pm 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Voor geen enkele woning werden recente renovatie of verfraaiingswerken gemeld.

Roken (inclusief vaperen, hoewel niet beschouwd in deze studie) kan ook een impact hebben op de formaldehydeconcentraties in een woning. In deze dataset wordt slechts een klein, niet significant verschil gevonden tussen formaldehyde in woningen met rokers (gemiddeld $22,3 \pm 11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en deze zonder rokers (gemiddeld $21,9 \pm 10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De reden hiervoor is de invloed van een diverse groep van bronnen, zoals bv. meubels, lijmen, onderhoudsproducten, op de aldehydeconcentraties in een woning.

Tabel 19 Overzicht van aldehyden in de 22 woningen

<i>Gemiddelde concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per locatie en per component</i>				
Locatie	Formaldehyde	Acetaldehyde	Totaal aldehyde	Andere aldehyden (totaal)
W-1	29,0	6,9	42	5,8
W-2	21,1	5,1	34	7,4
W-3	21,8	2,09	29,1	5,2
W-4	14,1	2,85	25,2	8,3
W-5	19,2	2,68	27,3	5,4
W-6	15,6	6,2	28,0	6,2
W-7	23,1	6,3	40	10,5
W-8	34	7,3	52	11,1
W-9	7,6	8,2	26,1	10,2
W-10	7,2	1,68	15,3	6,3
W-11	14,1	14,2	37	8,6
W-12	25,0	9,3	50	15,5
W-13	30	2,26	50	17,6
W-14	9,3	1,33	14,7	4,0
W-15	23,8	5,1	40	10,9
W-16	37	2,03	54	14,5
W-17	36	7,7	66	22,1
W-18	25,8	4,4	51,0	20,4
W-19	18,8	4,2	55,0	32,0
W-20	13,7	6,4	26,5	6
W-21	47	17,0	95,0	31
W-22	11,4	12,80	34,0	10
Gemiddelde	22,0	6,2	40,6	12,3
mediaan	21,5	5,7	38,5	10,3
SD	10,4	4,2	18,2	8,0
RSD	47%	68%	45%	65%
Minimum	7,200	1,3	14,7	4,0
Maximum	47,0	17,0	95,0	32,0
P25 (Q1)	14,1	2,7	27,5	6
P75 (Q3)	28	7,6	50,8	15

6.5.1.1 Aldehyden en het Vlaams Binnenmilieubesluit

Het Vlaams Binnenmilieubesluit stelt een richtwaarde vast van 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor acetaldehyde (interventiewaarde: 480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en een interventiewaarde van 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor formaldehyde (voor formaldehyde is geen streefwaarde vastgelegd). Geen van deze werd in de 22 woonkamers overschreden. Het Vlaams Binnenmilieubesluit legt ook adviezen vast voor het totaal C4-C11-aldehyde: de richtwaarde bedraagt van 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en de interventiewaarde van 1600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; deze werden in geen enkele woonkamer overschreden.

6.5.2 Aldehyden Surveillance 2023-2024 t.o.v. Surveillance 2008-2012

Bij het vergelijken van de resultaten van de huidige Surveillance met deze van de vorige Surveillance (zie Tabel 20), kan opgemerkt worden dat zowel gemiddelde concentraties als P75 van dezelfde grootteorde zijn, maar toch iets lager zijn dan deze van de eerste Surveillance.

Één of meerdere outliers zorgden tijdens Surveillance 2008-2012 voor bijzonder hoge maximale concentraties van de aldehyde-componenten en hebben hoe dan ook de gemiddelden en P75 van de dataset beïnvloed. Verder werd in de eerste Surveillance een significante associatie bepaald tussen recente verbouwings- of verfraaiingswerken en de somparameter 'totaal aldehyden'. Hierbij werd destijds in woningen met recente werken gemiddeld $53.1 \pm 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aangetroffen, terwijl in woningen zonder recente werken $45.5 \pm 33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werd gemeten. In de huidige Surveillance vonden geen recente renovaties of verfraaiingswerken plaats. De gemiddelde totaal aldehydeconcentratie van de huidige Surveillance (41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ligt dan ook zeer dicht bij deze gemeten in de woningen zonder recente renovaties en verfraaiingen van de vorige Surveillance.

Het dient ook opgemerkt te worden dat de formaldehyde emissies uit producten in principe in deze periode van 12 jaar gedaald zouden moeten zijn, als gevolg van reglementering en productnormering.

Tabel 20 Overzicht van de aldehyden concentraties in klachtenvrije woningen uit de nieuwe metingen 2023-2024 en deze van 2008-2012

	Surveillance 2023-2024					Surveillance 2008-2012				
Component	Aantal	Gem.	Max.	P75	Stdev	Aantal	Gem.	Max.	P75	Stdev
Formaldehyde	22	22,0	47	28,2	10,4	450	26,1	180	31	16,4
Acetaldehyde	22	6,2	17,0	7,6	4,2	450	8,5	264	9,3	16,0
Totaal aldehyden	22	41	95	51	18,2	450	48	252	54	24,6
Andere aldehyden (totaal)	22	12,3	32	15,3	8,0	450	13,5	120	16,7	9,4

6.6 Koolstofmonoxide

Koolstofmonoxide (CO) in het binnenmilieu wordt veroorzaakt door slecht functionerende verbrandingstoestellen, zoals een hout- of gaskachel, een openhaard, of verwarmingstoestellen met een waakvlam (zoals een warmwaterboiler). CO veroorzaakt acute gezondheidseffecten: de molecule hecht zich op hemoglobine in het bloed, in plaats van zuurstof. Fatale dosis kan in enkele minuten bereikt worden. Symptomen zoals hoofdpijn, vermoeidheid, misselijkheid, draaierigheid, en verwarring zijn veel voorkomende symptomen.

In het Vlaams Binnenmilieubesluit werd in 2019 een interventiewaarde van 8 mg/m³ voorgesteld, voor een blootstelling van 24-h. De Wereldgezondheidsorganisatie stelde in 2010 in haar Indoor Guideline Values een richtwaarde van 100 mg/m³ voor een blootstelling van 15 minuten, van 35 mg/m³ voor een blootstelling van 1 uur, van 10 mg/m³ voor een blootstelling van 8 uur, en 7 mg/m³ voor een blootstelling van 24h. Meer recent stelde de Wereldgezondheidsorganisatie een richtwaarde van 4 mg/m³ voor, bij blootstellingen van 24h, in alle omgevingen (zowel in buitenomgeving als in binnenomgeving).

6.6.1 Koolstofmonoxide in de 22 woningen

Tabel 21 toont een overzicht van de gemiddelde, laagste en hoogste concentraties en het 75ste percentiel van de metingen uitgevoerd in de woon- en slaapkamers. Merk op dat niet in alle woningen gemeten is gedurende de volle 7 dagen, omwille van moeilijkheden bij de installatie. Het gedetailleerde overzicht van alle meetdagen is terug te vinden in Bijlage C: Bemonsteringsdagen monitoren, per woning.

In een beperkt aantal woningen is de gemiddelde CO-concentratie over de meetperiode hoger dan 1 mg/m³, en ook de maximale concentraties bereiken soms pieken hoger dan 10 µg/m³. In slechts twee van deze woningen is een warmwaterboiler op gas aanwezig. Voor de andere woningen kan op basis van de bevraging geen oorzaak aangeduid worden.

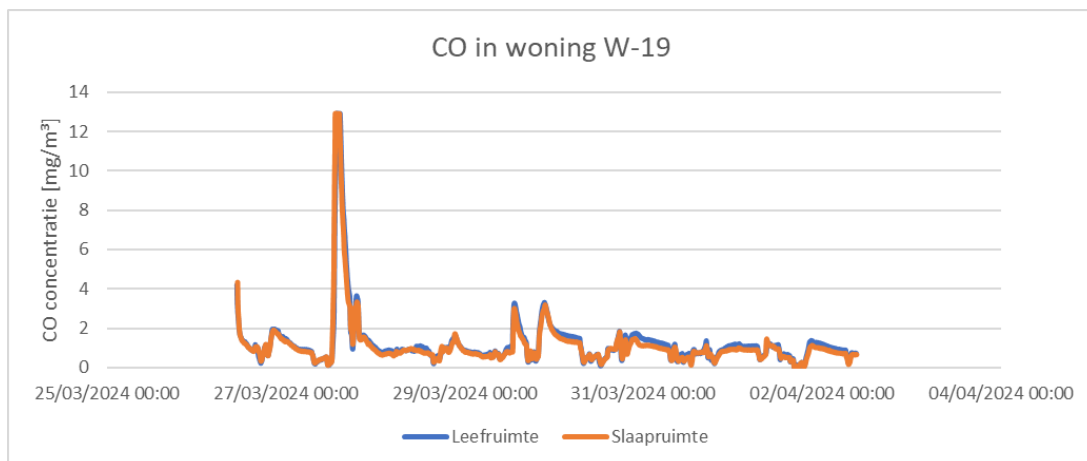
Tabel 21 Koolstofmonoxide in de 22 woningen, in de leefruimte en een slaapkamer [mg/m³]

		Gemiddelde	Min	Max	P75
W-1	Woonkamer	0,49	0,10	3,78	0,64
	Slaapkamer	0,21	0,00	3,37	0,25
W-2	Woonkamer	0,64	0,36	4,29	0,68
	Slaapkamer	0,64	0,36	3,88	0,68
W-3	Woonkamer	0,15	0,00	4,73	0,19
	Slaapkamer	0,15	0,00	3,63	0,19
W-4	Woonkamer	0,22	0,00	4,42	0,30
	Slaapkamer	0,15	0,00	4,73	0,19
W-5	Woonkamer	0,28	0,10	1,99	0,30
	Slaapkamer	0,18	0,01	4,24	0,23
W-6	Woonkamer	0,63	0,06	5,59	0,87
	Slaapkamer	0,84	0,01	12,81	0,90
W-7	Woonkamer	1,35	0,01	4,92	2,10

Vervolg Tabel 21		Gemiddelde	Min	Max	P75
W-7	Woonkamer	<u>1,35</u>	0,01	4,92	2,10
	Slaapkamer	0,44	0,00	2,22	0,61
W-8	Woonkamer	-	-	-	-
	Slaapkamer	0,74	0,17	3,78	0,92
W-9	Woonkamer	0,53	0,07	3,55	0,63
	Slaapkamer	0,37	0,00	3,60	0,46
W-10	Woonkamer	0,25	0,00	3,51	0,29
	Slaapkamer	0,22	0,00	3,21	0,29
W-11*	Woonkamer	<u>1,45</u>	0,81	4,30	1,62
	Slaapkamer	<u>1,30</u>	0,60	5,40	1,65
W-12*	Woonkamer	<u>1,30</u>	0,31	5,67	1,70
	Slaapkamer	0,97	0,29	5,31	1,10
W-13	Woonkamer	0,55	0,04	3,26	0,77
	Slaapkamer	0,73	0,05	3,72	0,96
W-14	Woonkamer	0,16	0,00	4,29	0,18
	Slaapkamer	0,15	0,00	4,53	0,17
W-15	Woonkamer	0,68	0,00	8,83	1,04
	Slaapkamer	0,12	0,00	3,26	0,14
W-16	Woonkamer	0,16	0,00	5,05	0,20
	Slaapkamer	-	-	-	-
W-17	Woonkamer	-	-	-	-
	Slaapkamer	<u>1,52</u>	0,03	<u>8,09</u>	1,95
W-18	Woonkamer	0,36	0,00	3,31	0,42
	Slaapkamer	0,55	0,16	3,13	0,65
W-19	Woonkamer	<u>1,23</u>	0,00	<u>12,92</u>	1,32
	Slaapkamer	<u>1,13</u>	0,00	<u>12,92</u>	1,13
W-20	Woonkamer	0,07	0,00	3,55	0,07
	Slaapkamer	0,06	0,00	3,55	0,05
W-21	Woonkamer	0,81	0,00	<u>11,99</u>	0,68
	Slaapkamer	0,47	0,02	4,18	0,53
W-22	Woonkamer	0,19	0,00	3,76	0,20
	Slaapkamer	0,27	0,00	2,95	0,40

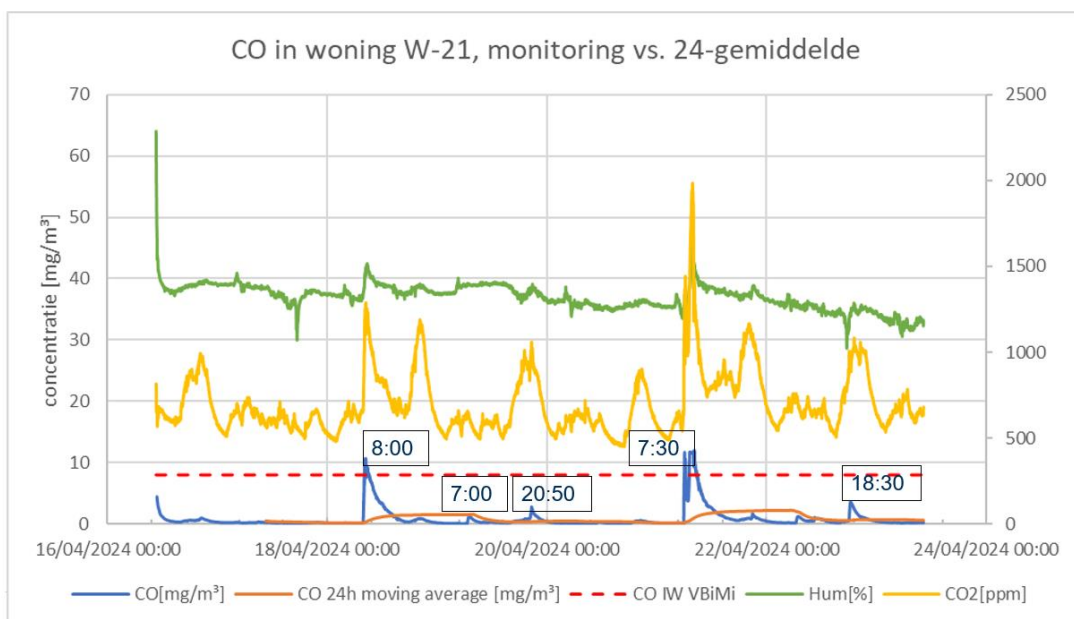
* Minder dan 2 dagen gemeten door praktische moeilijkheden bij installatie

Enkel in woning W-19 werd in zowel slaapkamer als woonkamer een gemiddelde CO-concentratie hoger dan 1 mg/m³ en een piekconcentratie van ± 12 mg/m³ gemeten. De CO-concentraties over de tijd in woonkamer en slaapkamer van W-19 worden weergegeven in Figuur 18; het betreft hier een woonunit met een beperkt bewoonbaar oppervlak. Het is daarom te verwachten dat woon- en slaapkamer nabij elkaar gelegen zijn en de CO-concentraties een goede overeenstemming vertonen. Mogelijk is de schommeling over de tijd te wijten aan een verwarmingsketel op gas; dit kan echter niet bevestigd worden op basis van de bevraging (omdat het type brandstof voor verwarming niet bevestigd werd).



Figuur 18 Tijdsevolutie van CO in woning W-19

Figuur 19 toont de tijdsevolutie van CO in woning W-21. In deze woning kan een duidelijk verschil opgemerkt worden tussen de concentraties CO in de slaapkamer en de woonkamer. Woning W-21 is één van de drie woningen die beschikt over een gasfornuis. De pieken in de woonkamer zijn mogelijk verbonden aan het gebruik van een warmwaterboiler op gas, aangezien de grootste CO-pieken telkens 's ochtends voorkomen. Ook de CO₂-concentratie neemt op die momenten toe; enerzijds kan dit ook zijn ten gevolge van het gebruik van een warmwaterboiler, maar het kan ook verband houden met de aanwezigheid van personen in de ruimte op die momenten. Het voortschrijdend 24h-gemiddelde, dat getoond wordt in de figuur, is het 24h-gemiddelde op elk moment van de metingen (verder besproken in paragraaf 6.6.2).



Figuur 19 Tijdsevolutie van CO, CO₂ en het voortschrijdend 24h-gemiddelde CO in woning W-21

6.6.2 Koolstofmonoxide en het Vlaams Binnenmilieubesluit

Uit de metingen blijkt CO in de meeste woningen beperkt te fluctueren. Dit is ook de reden waarom de interventiewaarde van CO in het Vlaams Binnenmilieubesluit uitgedrukt wordt als 24h gemiddelde. De P75 waarde (uit Tabel 21) bevestigt dat deze fluctuaties doorgaans beperkt is.

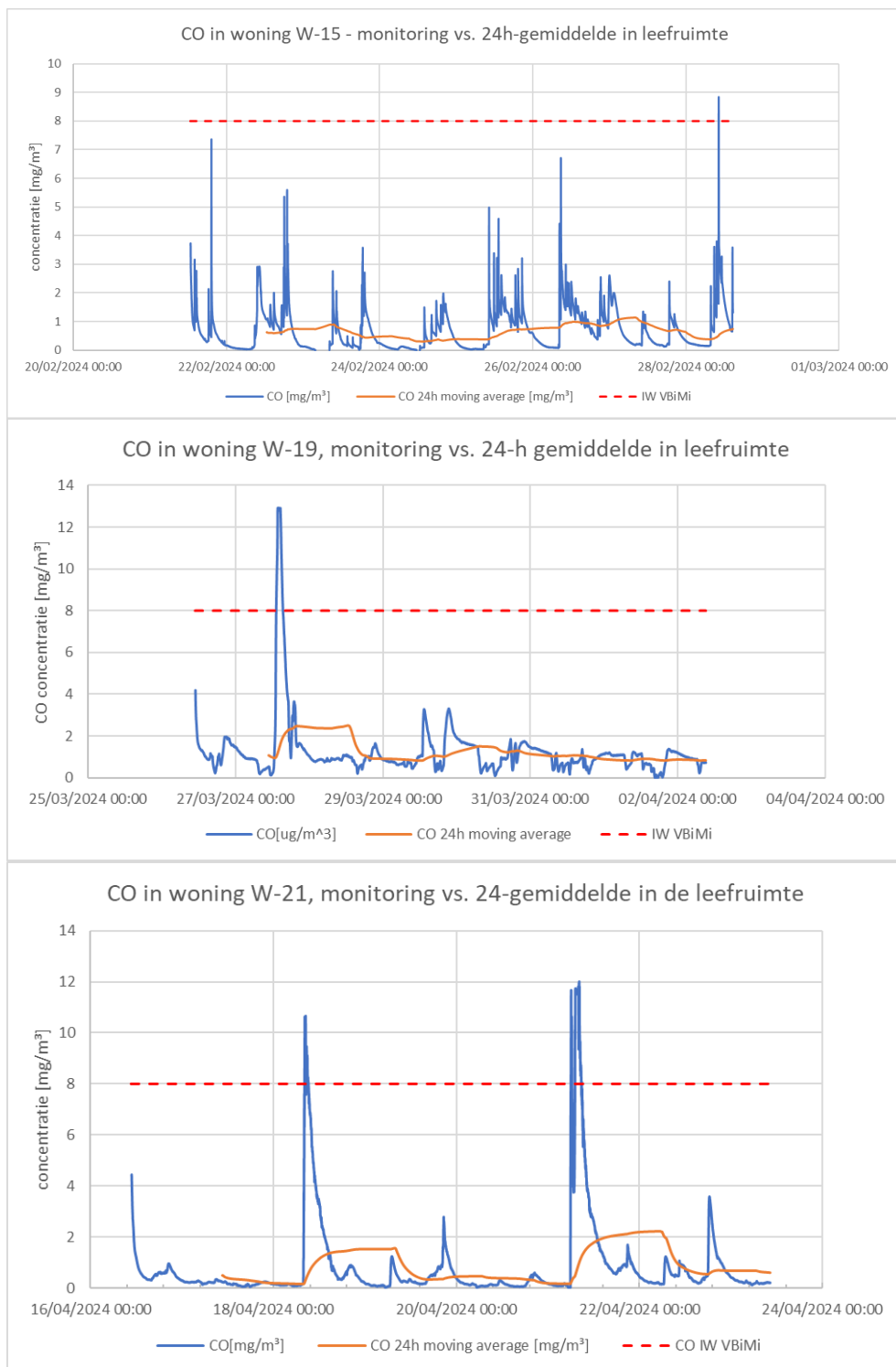
Het Vlaams Binnenmilieubesluit adviseert als interventiewaarde een 24h-gemiddelde CO-concentratie van 8 mg/m³. Daarom werd voor elke meting in de woningen het voortschrijdend 24h-gemiddelde berekend; een overzicht van de gemiddelde en maximale 24h-gemiddelde concentratie voor elke woonkamer en slaapkamer in deze dataset, wordt getoond in Tabel 22. Op basis van deze tabel is het duidelijk dat in geen enkele woning de CO-interventiewaarde overschreden wordt.

Tabel 22 Overzicht voortschrijdend 24h-gemiddelde CO-concentraties in de 22 woningen

Location	Voorschrijdend 24h-gemiddelde CO-concentratie [mg/m ³]			
	Woonkamer		Slaapkamer	
	Gemiddelde	Max	Gemiddelde	Max
W-1	0,48 ± 0,07	0,59	0,18 ± 0,06	0,35
W-2	0,55 ± 0,05	0,73	0,56 ± 0,04	0,72
W-3	0,09 ± 0,06	0,34	0,09 ± 0,06	0,33
W-4	0,19 ± 0,08	0,37	0,09 ± 0,06	0,34
W-5	0,29 ± 0,12	0,55	0,16 ± 0,09	0,40
W-6	0,59 ± 0,19	0,87	0,76 ± 0,57	2,05
W-7	1,49 ± 0,56	2,11	0,41 ± 0,23	0,76
W-8	-	-	1,68 ± 0,50	2,74
W-9	0,51 ± 0,09	0,66	0,35 ± 0,07	0,46
W-10	0,24 ± 0,08	0,35	0,23 ± 0,09	0,35
W-11	-	-	-	-
W-12	-	-	-	-
W-13	0,54 ± 0,26	1,07	0,76 ± 0,34	1,63
W-14	0,12 ± 0,06	0,44	0,06 ± 0,07	0,30
W-15	0,65 ± 0,22	1,14	0,09 ± 0,04	0,20
W-16	0,12 ± 0,05	0,41	-	-
W-17	-	-	1,45 ± 0,37	2,24
W-18	0,37 ± 0,18	0,81	0,50 ± 0,06	0,66
W-19	1,26 ± 0,53	2,50	1,16 ± 0,55	2,44
W-20	0,04 ± 0,02	0,13	0,03 ± 0,02	0,13
W-21	0,86 ± 0,65	2,22	0,47 ± 0,19	0,85
W-22	0,12 ± 0,11	0,44	0,23 ± 0,20	0,63

De schommeling van piekconcentraties en 24h-gemiddelde concentraties over de tijd, worden geïllustreerd in Figuur 20 De 24h-voortschrijdend gemiddelde CO-concentraties t.o.v. de monitoring data. Figuur 20, voor woningen W-15, W-19 en W-21; omdat voor deze woningen de een standaardafwijking groter dan 0,2 mg/m³ gerapporteerd wordt in Tabel 22. Ook in deze grafieken kan opgemerkt worden hoe de 24h-gemiddelde concentratie duidelijk lager bleef dan de interventiewaarde tijdens de meetcampagne.

Op geen enkel tijdstip wordt in geen enkele woning, één van de Indoor Guide Values voorgesteld door de WHO (op 15 minuten, 1 uur, 8 uur of 24 uur) overschreden in deze woningen.



Figuur 20 De 24h-voortschrijdend gemiddelde CO-concentraties t.o.v. de monitoring data.

6.7 Fijn stof: PM1, PM2.5, PM10

Er zijn tegenwoordig uitgebreide wetenschappelijke gegevens die blootstelling aan fijnstof (PM) koppelen aan een groot aantal gezondheidsproblemen, zoals ademhalings- en cardiovasculaire effecten (EPA, 2024). De gezondheid van de luchtwegen van kinderen is bijzonder kwetsbaar voor PM (WHO, 2005). Veel studies hebben melding gemaakt van de korte termijnrelatie tussen blootstelling aan PM en longontsteking, één van de belangrijkste doodsoorzaken bij kinderen wereldwijd (Li et al., 2018; Nhung et al., 2017; Walker et al., 2013). Bovendien is langdurige blootstelling aan PM2.5 in verband gebracht met een verminderde longfunctie bij kinderen (Guo et al. 2019).

De verschillende PM-groottefracties zijn belangrijk voor de gezondheid van de mens. Vergelijken met PM2.5 en PM10, zorgen de kleinere afmetingen van PM1 er echter voor dat het dieper doordringt in de longen, wat mogelijk meer schade aan de luchtwegen veroorzaakt (Wang et al., 2021). Toxicologisch bewijs suggereert dat PM1 gevaarlijker is dan PM2.5 wat betreft cytotoxische effecten en ontstekingen (Jalava et al. 2015), hoewel epidemiologisch bewijs in verschillende studies toe soortgelijke negatieve gezondheidsassociaties aangeeft voor PM1 en PM2.5 met cardiovasculaire uitkomsten, beroerte en respiratoire eindpunten (Hu et al. 2018; Yang et al., 2020). In het Vlaams Binnenmilieubesluit wordt een richtwaarde van 10 µg/m³ voorgesteld voor PM2.5. De Wereldgezondheidsorganisatie stelde op basis van recente inzichten in verband met blootstelling en gezondheidseffecten een strengere richtwaarde voor, namelijk 5 µg/m³ voor. Ook deze strengere richtwaarde wordt getoetst aan de metingen uitgevoerd in de huidige studie.

6.7.1 Fijn stof in de 22 woningen

Tabel 25 toont een overzicht van de PMx metingen in de slaapkamers en de woonkamers. Algemeen kan opgemerkt worden dat de slaapkamerconcentraties doorgaans lager zijn dan deze in de woonkamers. De reden hiervoor is dat een woonkamer doorgaans bezet is door meer bewoners en er meer beweging is. Aanwezigheid en beweging zorgt voor resuspensie van stof, wat op zijn beurt voor een verhoging van de PMx concentratie zorgt.

Tabel 23 Beïnvloedende factoren voor PMx in deze set woningen

		Gemiddelde	P75	max
PM1	Rokers	7,7 ± 2,0 µg/m ³	10,2 µg/m ³	96,5 µg/m ³
	Niet-rokers	2,0 ± 3,8 µg/m ³	1,9 µg/m ³	127 µg/m ³
PM2.5	Rokers	12,7 ± 32,7 µg/m ³	13,8 µg/m ³	600 µg/m ³
	Niet-rokers	3,8 ± 9,1 µg/m ³	3,6 µg/m ³	388 µg/m ³
PM10	Rokers	42,7 ± 187 µg/m ³	38,8 µg/m ³	4990 µg/m ³
	Niet-rokers	20,0 ± 54,6 µg/m ³	19,4 µg/m ³	2800 µg/m ³

Het effect van roken is duidelijk zichtbaar in de PMx concentraties; bij rokers is zowel de gemiddelde als de P75-waarde hoger dan de richtwaarde van 10 µg/m³ uit het Vlaams Binnenmilieubesluit. De richtwaarde voorgesteld door de Wereldgezondheidsorganisatie (5 µg/m³) wordt gemiddeld niet overschreden in de woningen waarin niet gerookt wordt, ook de P75 van deze woningen is lager dan 5 µg/m³. De gezondheidsimpact van de PM2.5-concentraties in de woningen waarin binnen gerookt wordt is significant, aangezien geweten is dat dit fijn stof bestaat uit roetdeeltjes en andere organische verbindingen zoals polycyclische aromatische koolwaterstoffen, die carcinogene effecten kunnen veroorzaken. Tabel 23 toont een overzicht van de verschillen; zo is PM1 in woningen met rokers gemiddeld dubbel zo hoog dan in woningen zonder rokers, en 75% van de tijd is PM1 doorgaans 5

keer hoger in woningen met rokers. Voor PM_{2.5} is de concentratie 75% van de tijd bijna 4x hoger bij rokers, terwijl PM₁₀ 75% van de tijd dubbel zo hoog is bij rokers dan bij niet-rokers. Roken is een verbrandingsproces, dus PM van de kleinste grootteorde worden gevormd (nucleï-mode). Hierdoor is de impact van roken het grootste op de kleinste deeltjesfractie.

Tabel 24 PM_x en mechanisch ventileren in de 22 woningen

		Alle data, incl.rokers		Alle data, excl.rokers	
		Gemiddelde	P75	Gemiddelde	P75
PM1	Mech. vent	2,0 ± 5,1 µg/m ³	1,4 µg/m ³	1,1 ± 0,9 µg/m ³	1,3 µg/m ³
	Geen mech. vent	2,6 ± 5,2 µg/m ³	2,5 µg/m ³	2,2 ± 4,3 µg/m ³	2,0 µg/m ³
PM2.5	Mech. vent	2,97 ± 6,66 µg/m ³	2,30 µg/m ³	1,70 ± 1,43 µg/m ³	2,13 µg/m ³
	Geen mech. vent	5,15 ± 15,1 µg/m ³	4,43 µg/m ³	4,33 ± 10,3 µg/m ³	3,90 µg/m ³
PM10	Mech. vent	10,2 ± 20,1 µg/m ³	9,94 µg/m ³	7,05 ± 13,6 µg/m ³	7,64 µg/m ³
	Geen mech. vent	25,0 ± 88,4 µg/m ³	24,0 µg/m ³	22,9 ± 60,9 µg/m ³	22,5 µg/m ³

Het effect van mechanisch ventileren is beperkt zichtbaar in de PM_x-concentraties, maar als de woningen waarin gerookt worden niet meegenomen worden in de analyse, dan wordt dat effect van betere ventilatie duidelijk zichtbaar. Dit wordt getoond in Tabel 24. In de gehele dataset (incl. rokers) is slechts een klein verschil op de merken tussen de gemiddelde PM_x concentraties in de woningen met en zonder mechanische ventilatie. Het verschil wordt echter groter wanneer rokers niet meegenomen worden. De reden hiervoor is dat de gestuurde luchtverversing zorgt voor een betere afvoer van binnenpolluenten naar buiten toe, en dus een verlaging van de PM_x concentraties.

6.7.2 Fijn stof en het Vlaams Binnenmilieubesluit

Het Vlaams Binnenmilieubesluit adviseert een richtwaarde van 10 µg/m³ voor PM_{2.5}. De gemiddelde PM_{2.5} overschreed deze richtwaarde in 4 woningen, telkens in de woonkamer en in 3 slaapkamers en meestal in woningen waarin gerookt wordt. De Wereldgezondheidsorganisatie adviseert voor PM_{2.5} een jaargemiddelde concentratie van 5 µg/m³ (WHO, Air Quality Guidelines, 2021).

Het effect van roken op PM_x in het binnenmilieu komt duidelijk tot uiting in deze metingen.

Tabel 25 Overzicht van de PMx in de 22 woningen

	PM1 (µg/m³)								PM2,5 (µg/m³)								PM10 (µg/m³)							
	Woonkamer				Slaapkamer				Woonkamer				Slaapkamer				Woonkamer				Slaapkamer			
	Gemid.	Min	Max	P75	Gemid.	Min	Max	P75	Gemid.	Min	Max	P75	Gemid.	Min	Max	P75	Gemid.	Min	Max	P75	Gemid.	Min	Max	P75
W-1	6,5	0,5	25,8	10,0	2,5	0,3	40,4	2,6	9,0	0,7	36,4	13,2	5,0	0,2	57,7	5,7	22,5	0,0	145,8	33,1	14,1	0,0	392,2	16,6
W-2	2,3	0,7	28,9	2,1	2,3	0,7	28,9	2,1	4,5	1,2	37,9	5,1	4,5	1,2	37,9	5,1	19,0	0,8	307,6	25,0	19,0	0,8	307,6	25,0
W-3	0,8	0,3	3,9	1,1	0,8	0,3	3,9	1,1	1,3	0,3	28,0	1,6	1,3	0,3	28,0	1,6	7,2	0,0	404,4	7,1	7,2	0,0	404,4	7,1
W-4	1,8	0,3	18,0	2,3	0,8	0,3	3,9	1,1	2,7	0,3	23,1	3,3	1,3	0,3	28,0	1,6	6,8	0,0	116,0	8,1	7,2	0,0	404,4	7,1
W-5	2,5	0,4	42,7	2,3	2,1	0,4	17,2	2,5	5,2	0,3	162,7	3,5	3,5	0,5	44,8	3,6	25,4	0,0	781,3	24,3	14,7	0,0	352,8	14,9
W-6	3,1	0,4	44,0	3,5	3,0	0,6	39,1	3,9	6,4	0,6	234,6	5,5	6,0	0,7	235,1	5,8	28,9	0,0	2067,5	25,6	27,0	0,0	2778,2	19,2
W-7	5,4	0,9	27,7	6,7	3,9	1,2	11,5	4,6	10,1	2,0	42,4	11,8	6,7	2,3	15,6	8,2	50,1	3,1	946,6	54,4	18,7	3,0	120,8	22,7
W-8	-	-	-	-	1,7	0,4	22,1	2,0	-	-	-	-	4,1	0,3	107,5	4,1	-	-	-	-	14,4	0,0	1056,2	12,2
W-9	5,2	0,3	96,5	3,3	4,6	0,8	37,5	5,2	13,0	0,3	599,0	5,3	7,5	0,9	96,3	8,3	62,6	0,0	4986,7	25,5	25,9	0,0	573,3	26,5
W-10	1,9	0,7	3,9	2,6	1,5	0,6	3,0	2,0	2,9	0,7	14,7	3,9	2,1	0,6	4,9	2,9	6,6	0,0	505,9	8,7	4,5	0,1	75,4	5,6
W-11*	24,5	8,4	39,6	31,7	22,2	2,6	46,6	34,9	31,9	11,0	54,7	41,9	28,6	3,0	68,6	45,8	70,1	24,0	147,9	93,3	59,9	4,4	157,1	95,9
W-12*	13,7	1,0	32,2	18,8	6,9	0,9	13,2	9,7	17,7	1,4	42,6	24,4	8,3	1,0	15,9	11,8	39,7	0,6	154,4	53,3	17,8	1,1	109,2	24,7
W-13	0,7	0,4	2,8	0,8	0,7	0,3	1,9	0,9	1,3	0,4	4,9	1,5	1,4	0,2	8,1	1,8	7,2	0,0	335,5	7,0	7,7	0,0	290,3	9,8
W-14	0,8	0,3	15,5	0,8	0,9	0,3	3,4	1,0	1,6	0,2	29,9	1,9	1,8	0,3	12,6	2,4	11,7	0,0	259,1	16,0	11,5	0,0	758,0	10,3
W-15	4,7	0,2	99,3	4,0	1,5	0,4	5,7	1,7	9,3	0,1	388,2	8,3	2,8	0,5	26,7	3,4	52,1	0,0	2802,9	51,3	12,4	0,0	487,0	14,6
W-16	1,7	0,5	6,7	2,4	-	-	-	-	3,6	0,7	35,1	4,8	-	-	-	-	15,7	0,0	391,7	18,1	-	-	-	-
W-17	-	-	-	-	15,2	0,8	69,4	22,9	-	-	-	-	19,8	1,0	113,8	28,1	-	-	-	-	42,2	1,0	766,0	60,2
W-18	0,9	0,4	11,8	1,0	0,6	0,4	1,2	0,7	2,1	0,4	16,8	2,5	1,3	0,4	4,2	1,6	11,2	0,0	263,2	14,7	9,7	0,0	86,5	12,6
W-19	1,0	0,4	13,0	1,1	1,1	0,3	14,4	1,2	2,6	0,5	38,8	2,8	2,8	0,3	44,2	2,9	26,9	0,0	1799,8	29,9	26,4	0,0	1900,6	26,0
W-20	0,9	0,4	5,1	1,1	0,8	0,4	2,1	1,0	2,0	0,6	7,3	2,5	1,8	0,4	5,6	2,3	5,4	0,0	224,6	6,4	4,2	0,0	69,1	5,3
W-21	1,2	0,3	12,8	1,0	8,3	0,3	78,4	9,8	2,4	0,3	39,1	1,9	21,4	0,3	666,3	12,6	8,8	0,0	1040,3	8,1	103,0	0,0	5537,8	29,7
W-22	2,2	0,4	127,3	1,6	1,7	0,4	68,2	1,2	4,7	0,5	245,7	4,3	4,0	0,4	112,3	3,8	26,8	0,0	591,9	28,6	22,4	0,0	725,7	24,3
Algemeen	4,2	0,2	99	4	4,1	0,3	78	5	6,8	0,1	599	7	6,6	0,2	666	8	25,2	0,0	4987	31	22,4	0,0	5538	25

* <2 dagen monitoring

7 CONCLUSIE

Het doel van deze studie was om de binnenluchtkwaliteit van 22 woningen in Vlaanderen in kaart brengen en de eerder uitgevoerde analyseresultaten van de surveillance 2008-2012 (uitgevoerd in 450 woningen) te updaten. Er werd bij deze nieuwe studie prioritair gekeken naar de sociaaleconomische status van de deelnemers. Zodoende lag de focus bij rekruteren voor Surveillance 2023-2024 hier op het bereiken van de doelgroep die niet bereikt werd bij Surveillance 2008-2012, zijnde mensen die leven in maatschappelijk kwetsbare posities.

Het rekruteren van deelnemers via verenigingen waarin mensen die leven in maatschappelijk kwetsbare posities het woord nemen, bleek een succesvolle manier van rekruteren binnen de beoogde doelgroep. De 22 deelnemers werden vlot bereikt.

De meest doeltreffende ventilatie (laagste CO₂-concentraties) werd vastgesteld in woningen met mechanische ventilatie. Anderzijds werden de hoogste CO₂-concentraties gemeten in woningen, waarin bewoners rapporteerden bewust niet of zo beperkt mogelijk te verluchten tijdens het verwarmingsseizoen; dit met als doel warmteverliezen te beperken.

In binnenruimtes die ondermaats verlucht (hoogste CO₂-concentraties) en ook niet verwarmd werden (laagste temperaturen), werd de hoogste relatieve vochtigheid gemeten. Deze hoge relatieve vochtigheid, gevolg van ophoping van vocht gegenereerd in de woning (transpiratie, douchen, koken, ...) geeft meer kans op vocht- en schimmelproblemen in de binnenruimtes.

Hoewel CO bleek te fluctueren, zijn bepaalde activiteiten zoals het gebruik van een gasboiler zichtbaar in de data. De interventiewaarden van het Vlaams Binnenmilieubesluit werden echter in geen enkele woning overschreden.

Met betrekking tot vluchtige organische stoffen (VOS) blijkt uit deze metingen dat binnenshuis roken – in bijna de helft van de deelnemende woningen woonde minstens één roker – aanleiding geeft tot benzeenconcentraties die beperkt tot sterk verhoogd zijn t.o.v. de buitenconcentraties. De sterkste verhogingen worden aangetroffen bij binnenshuis roken, meerdere rokers in een woning, in combinatie met ondermaats ventileren. Maar ook de aanwezigheid van een garage in de woning kan een sterke invloed hebben op de vluchtige organische stoffen in een woning; ook hier wordt de impact bepaald door het gebruiksscenario van de garage. Gebruik van aerosolproducten, zoals luchtverfrissers of poetsproducten niet enkel zichtbaar in de aanwezigheid van geurmoleculen (zoals bv. limoneen en pineen); ook hogere alkanen (in producten om aerosolen te vormen) komen dan voor in de binnenlucht. Impact van buitenomgeving bleek niet expliciet zichtbaar in de dataset; mogelijk wordt de invloed ‘verstoord’ door de impact van binnenshuis roken in 10 van de 22 woningen.

De invloed van renovatie- of verfraaiingswerken op aldehyden was niet zichtbaar in deze dataset, omdat geen van de deelnemer recent verbouwingswerken uitvoerde. In de woning met de hoogste aldehyde-concentraties van deze dataset is de bron ervan waarschijnlijk ontsmettingsmiddel (of een reinigingsmiddel met ontsmettingsmiddel).

Fijn stof (PM_x) blijkt hoofdzakelijk beïnvloed door roken in huis, waarbij het grootste effect wordt waargenomen op de kleinste deeltjesfracties. Mechanische ventilatie verlaagde de PM_x-concentraties in woningen, ook bij rokers.

BIJLAGE A: VRAGENLIJST VOOR DEELNEMERS

Deze woning en de ligging ervan

1. Welke is de code van deze woning? *

Enter your answer

2. Wat is het bouwtype van deze woning? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ Appartement gelijkvloers
- ☐ Appartement - 1e verdieping
- ☐ Appartement 2e verdieping of hoger
- ☐ Gesloten bebouwing
- ☐ Halfopen bebouwing
- ☐ Alleenstaande woning

3. Wat is de ouderdom van het gebouw? *

- ☐ Minder dan 0,5 jaar
- ☐ Tussen 0,5 en 2 jaar
- ☐ Tussen 2 en 10 jaar
- ☐ Tussen 10 en 20 jaar
- ☐ Ouder dan 20 jaar

4. Welk type beglazing hebben de ramen? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ Enkel glas
- ☐ Dubbel glas of meer

5. Werden er recente renovaties uitgevoerd? (bv. vervangen van ramen, installatie ventilatiesysteem, schilderwerken, ...) *

- ☐ Ja, minder dan een jaar geleden
- ☐ Ja, tussen 1 en 5 jaar geleden
- ☐ Ja, meer dan 5 jaar geleden
- ☐ Neen

6. Indien recente renovaties uitgevoerd werden, beschrijf beknopt welke *

Enter your answer

7. Over hoeveel slaapkamers beschikt de woning? *

The value must be a number

8. Welke is de afstand van de voordeur tot de straat? *

- ☐ tussen 0 en 2 meter
- ☐ tussen 2 en 5 meter
- ☐ tussen 5 en 10 meter
- ☐ tussen 10 en 30 meter
- ☐ meer dan 30 meter

Bijlage A: Vragenlijst voor deelnemers

9. Welke is een goede beschrijving van de omgeving van de woning (volgens de bewoner) - meerdere antwoorden mogelijk *

- ☐ De woning ligt in de buurt van druk verkeer (drukke straat of weg)
- ☐ De woning ligt in de buurt van een tankstation (minder dan 50 meter vogelvucht)
- ☐ De woning ligt in de buurt van chemische industrie
- ☐ In de buurt van de woning worden bouwwerkzaamheden uitgevoerd
- ☐ De woning ligt in een woonwijk
- ☐ De woning ligt in een landelijke omgeving
- ☐ geen van deze

10. Hoe wordt er gekookt? *

- ☐ op een elektrisch/inductie fornuis
- ☐ op een gasfornuis
- ☐ op een fornuis met propaan/butaan
- ☐ andere

11. Is er een dampkap aanwezig boven het fornuis? *

- ☐ Ja, maar ze wordt niet vaak gebruikt (bv. omwille van geluidshinder)
- ☐ Ja, deze wordt altijd, of toch meestal gebruikt tijdens het koken
- ☐ Neen, is niet aanwezig

12. Hoe wordt de woonkamer verwarmd? *

- ☐ Centrale verwarming met radiatoren
- ☐ Centrale verwarming met vloerverwarming
- ☐ Vrijstaande kachel(s) met hout
- ☐ Vrijstaande kachel met houtpellets
- ☐ Vrijstaande petroleumradiator (of olieradiator)
- ☐ Vrijstaande elektrische radiator
- ☐ Een open haard
- ☐ Andere

13. Hoe worden slaapkamers (in gebruik) verwarmd? *

- ☐ Slaapkamers worden niet verwarmd
- ☐ Centrale verwarming met radiatoren
- ☐ Centrale verwarming met vloerverwarming
- ☐ Vrijstaande kachel(s) met hout
- ☐ Vrijstaande kachel met houtpellets
- ☐ Vrijstaande petroleumradiator (of olieradiator)
- ☐ Vrijstaande elektrische radiator
- ☐ Een open haard
- ☐ Andere

14. Is er in de woning steeds een waakvlam brandende? (bv. van een warmwaterboiler) *

- ☐ Ja
- ☐ Neen

15. Is er een mechanisch ventilatiesysteem in de woning? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ Neen, als ik verlucht en ventileer dan doe ik dat via openen van ramen
- ☐ Ja, een type C: "Ik zie ventilatieroosters boven de ramen in alle kamers en er zijn ventilatiemonden voor luchtafvoer in de kamers, welke gebeurt via een pomp"
- ☐ Ja, een type D: "Ik zie ventilatiemonden aan muren of plafond in alle kamers, waarlangs lucht aan- en afgevoerd wordt via een pomp. Regelmatig moeten er filters van de ventilatie vervangen worden"
- ☐ Ja, ik heb een mechanisch ventilatiesysteem, maar ik verlucht daarbij ook via openen van ramen
- ☐ Ja, maar ik weet niet welk type

De bewoners van de woning

16. Tot welke leeftijdscategorie behoort u? *

- ☐ Jonger dan 30 jaar
- ☐ Tussen 30 en 60 jaar
- ☐ Ouder dan 60 jaar

17. Wat is het hoogste diploma, behaald door 1 van de bewoners van deze woning? *

- ☐ Lager onderwijs
- ☐ Lager secundair onderwijs
- ☐ Hoger secundair onderwijs
- ☐ Hoger onderwijs niet-universitair
- ☐ Hoger onderwijs universitair

18. Hoeveel mensen wonen in deze woning? *

Enter your answer

19. Hoeveel bewoners zijn jonger dan 18? *

The value must be a number

20. Hoeveel bewoners roken? *

Enter your answer

21. Wordt er in huis gerookt? *

- ☐ Neen, niemand rookt
- ☐ Neen, er wordt enkel buitenshuis gerookt (bv. op een balkon)
- ☐ Ja, overal
- ☐ Ja, onder de dampkap
- ☐ Ja, aan een geopend raam of geopende voordeur
- ☐ Ja, maar in een ruimte met afzuiging, zoals bv. het toilet of badkamer

22. Zijn er huisdieren in de woning? *

- ☐ Hond
- ☐ Kat
- ☐ Andere
- ☐ Neen

23. Wat is de situatie van de woning? *

- ☐ het is mijn eigendom
- ☐ het is een huurwoning (privaat)
- ☐ het is een huurwoning van de sociale huisvesting
- ☐ andere arrangementen

Het gebruik van de woning

24. Indien de woning over mechanische ventilatiebeschikt, hoe wordt deze gebruikt? *

- ☐ De werking is geprogrammeerd door de huisbaas, ik hoef zelf niets te doen
- ☐ Ik respecteer de instructies over mechanische ventilatie die ik ontvangen heb van de installateur of huisbaas
- ☐ Ik bedien het ventilatiesysteem zelf naar eigen goeddunken (eventueel met enkele kleine aanpassingen zoals aanpassen van de stand of installatie van een tochtrol)
- ☐ Ik ervaar hinder van de mechanische ventilatie en schakel deze liever (tijdelijk) uit
- ☐ niet van toepassing

25. Wanneer wordt de woonkamer verwarmd tijdens een winterdag? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ 's ochtends
- ☐ tijdens de dag
- ☐ 's avonds
- ☐ 's nachts
- ☐ niet of zo weinig mogelijk

26. Wanneer wordt de slaapkamer verwarmd tijdens een winterdag? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ 's ochtends
- ☐ tijdens de dag
- ☐ 's avonds
- ☐ 's nachts
- ☐ niet of zo weinig mogelijk

27. Wordt de woonkamer verlucht via geopende ramen tijdens de winter? *

- ☐ Neen, want ik heb mechanische ventilatie
- ☐ Neen, want dan wordt het te kil of koud binnen
- ☐ Neen, want de ramen kunnen niet geopend worden
- ☐ Ja, dagelijks kortstondig
- ☐ Ja, dagelijks voor een lagere tijd (eventueel via een geopend kieptraam)
- ☐ Ja, maar niet rechtstreeks in de kamer (wel via nabijgelegen kamer)

28. Worden slaapkamers verlucht via geopende ramen tijdens de winter? *

- ☐ Neen, want ik heb mechanische ventilatie
- ☐ Neen, want dan wordt het te kil of koud binnen
- ☐ Neen, want de ramen kunnen niet geopend worden
- ☐ Ja, dagelijks kortstondig, bv elke ochtend na het opstaan
- ☐ Ja, dagelijks voor een lagere tijd (eventueel via een geopend kieptraam)

29. Is er een ruimte in uw woning met zichtbare schimmel op een muur, groter dan 1 A4-blad? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ Badkamer
- ☐ Slaapkamer
- ☐ Keuken
- ☐ Woonkamer
- ☐ niet van toepassing

Bijlage A: Vragenlijst voor deelnemers

30. Is er een ruimte in uw woning met zichtbare vochtschade op een muur? (meerdere antwoorden mogelijk) *

- ☐ Badkamer
- ☐ 1 of meerdere slaapkamer(s)
- ☐ Keuken
- ☐ Woonkamer
- ☐ Niet van toepassing

31. Wordt de badkamer verlucht na het nemen van een douche of bad? *

- ☐ Ja
- ☐ Neen
- ☐ Neen, omdat ik mechanische ventilatie heb in mijn woning

32. Wordt er extra verlucht of geventileerd wanneer de was binnenshuis gedroogd wordt (op een wasrekje)? *

- ☐ Ja
- ☐ Neen

33. Gebruikt u luchtverfrissers in onderstaande ruimtes? (geurende producten zoals gels, kaarsen, spuitbussen of elektrische luchtverfrissers) - meerdere antwoorden mogelijk *

- ☐ Ja, in de woonkamer
- ☐ Ja, in het toilet
- ☐ Ja, in 1 of meerdere slaapkamers
- ☐ Ja, in de badkamer
- ☐ Ja, in een andere kamer of ruimte (bv. de hal)
- ☐ Neen, nergens

Hoe ervaart u zelf de luchtkwaliteit in uw woning?

34. Wat komt het beste overeen hoe jij en/of je gezin de woonkwaliteit ervaart? *

- ☐ Mijn woning is steeds voorzien van voldoende frisse, aangename lucht
- ☐ In mijn woning hangt een muffe geur, die ik vooral ervaar als ik er binnenkom
- ☐ In mijn woning ervaar ik (soms) geluidshinder van de omgeving (buren, straat, verkeer, ...)
- ☐ In mijn woning ervaar ik (soms) geluidshinder van de mechanische ventilatie
- ☐ In mijn woning is de lucht meestal droog (je krijgt er een droge neus of keel van)
- ☐ In mijn woning ervaar ik vooral vochtige lucht
- ☐ Geen van deze

35. Noteer hier rekeningnummer en naam van de eigenaar van de rekening, waarop wij een vergoeding van 25€ kunnen storten *

Enter your answer

36. Aanvullende opmerking van Tomas of Anita over deze woning of deze bevraging:

Enter your answer

BIJLAGE B: ANTWOORDEN DEELNEMERS

1. Welke is de code van deze woning?	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-12	W-13	W-14	W-15	W-16	W-17	W-18	W-19	W-20	W-21	W-22
2. Wat is het gebouwtype van deze woning?																						
Appartement gelijkvloers		x				x																
Appartement - 1e verdieping				x		x						x										
Appartement 2e verdieping of hoger	x		x			x				x	x							x		x		
Gesloten bebouwing						x				x		x									x	x
Halfopen bebouwing					x		x	x						x					x			
Alleenstaande woning									x						x	x	x					
3. Wat is de ouderdom van het gebouw?																						
Minder dan 0,5 jaar																						
Tussen 0,5 en 2 jaar																						
Tussen 2 en 10 jaar	x										x											
Tussen 10 en 20 jaar			x										x									
Ouder dan 20 jaar		x		x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Welk type beglazing hebben de ramen?																						
Enkel glas							x		x								x				x	x
Dubbel glas of meer	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
5. Werden er recente renovaties uitgevoerd?																						
Ja, minder dan een jaar geleden																						
Ja, tussen 1 en 5 jaar geleden								x		x		x					x					x
Ja, meer dan 5 jaar geleden		x												x	x	x						x
Neen	x		x	x	x	x	x		x		x	x						x	x	x	x	
7. Over hoeveel slaapkamers beschikt de woning?																						
	1	2	1	1	4	2	2	1	4	3	2	3	3	3	5	2	3	2	1	2	1	3
23. Wat is de situatie van de woning?																						
het is mijn eigendom												x	x	x	x		x					
het is een huurwoning (privaat)	x	x	x	x	x	x	x									x		x				x
het is een huurwoning van de sociale huisvesting								x	x	x	x								x	x	x	
andere arrangementen																						

1. Welke is de code van deze woning?	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11	W-12	W-13	W-14	W-15	W-16	W-17	W-18	W-19	W-20	W-21	W-22
15. Is er een mechanisch ventilatiesysteem in de woning?																						

Bijlage B: Antwoorden deelnemers

Neen, als ik verlucht en ventileer dan doe ik dat via openen van ramen	x	x				x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ja, een type C: "ik zie ventilatieroosters boven de ramen in alle kamers en er zijn ventilatiemonden voor luchtafvoer in de kamers, welke gebeurt via een pomp"					x	x			x			x											
Ja, een type D: "ik zie ventilatiemonden aan muren of plafond in alle kamers, waarlangs lucht aan- en afgevoerd wordt via een pomp. Regelmatig moeten er filters van de ventilatie vervangen worden"					x																		
Ja, ik heb een mechanisch ventilatiesysteem, maar ik verlucht daarbij ook via openen van ramen				x			x																
Ja, maar ik weet niet welk type																							
27. Wordt de woonkamer verlucht via geopende ramen tijdens de winter?																							
Neen, want ik heb mechanische ventilatie																							
Neen, want dan wordt het te kil of koud binnen		x								x					x							x	
Neen, want de ramen kunnen niet geopend worden								x									x						
Ja, dagelijks kortstondig				x	x					x	x			x	x		x			x			x
Ja, dagelijks voor een lagere tijd (eventueel via een geopend kiepraam)						x	x					x					x			x			
Ja, maar niet rechtstreeks in de kamer (wel via nabijgelegen kamer)	x																				x		
28. Worden slaapkamers verlucht via geopende ramen tijdens de winter?																							
Neen, want ik heb mechanische ventilatie												x											
Neen, want dan wordt het te kil of koud binnen		x									x												
Neen, want de ramen kunnen niet geopend worden								x															
Ja, dagelijks kortstondig, bv elke ochtend na het opstaan				x						x				x	x		x		x	x		x	x
Ja, dagelijks voor een lagere tijd (eventueel via een geopend kiepraam)	x				x	x	x		x					x			x			x		x	
31. Wordt de badkamer verlucht na het nemen van een douche of bad?																							
Ja		x			x	x	x		x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Neen								x		x													

[illegible][illegible]

Vrijstaande kachel met houtpellets																				
Vrijstaande petroleumradiator (of olieradiator)																				
Vrijstaande elektrische radiator																				
Een open haard																				
Andere																				

14.Is er in de woning steeds een waakvlam brandende?

Ja		x		x	x							x	x					x			x	
Nee	x		x			x	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x	x		x

33.Gebruikt u luchtverfrissers in onderstaande ruimtes?

Ja, in de woonkamer	x						x	x				x				x	x		x			x
Ja, in het toilet		x			x	x		x				x	x			x	x	x				
Ja, in 1 of meerdere slaapkamers																						
Ja, in de badkamer	x							x				x										
Ja, in een andere kamer of ruimte (bv. de hal)																	x					x
Nee, nergens			x	x					x	x	x				x	x				x	x	

[illegible]

	Ja, aan een geopend raam of geopende voordeur				x																	x	
	Ja, maar in een ruimte met afzuiging, zoals bv. het toilet of badkamer																						

*of 3: kinderen om de twee weken
°3 in het weekend

BIJLAGE C MEETRESULTATEN

BIJLAGE C: BEMONSTERINGSDAGEN MONITOREN, PER WONING

	Bemonsteringsdagen sensorbox	
	Woonkamer [dagen]	Slaapkamer [dagen]
W-1	4,7	5,9
W-2	2,0	5,7
W-3	4,8	5,8
W-4	4,8	5,7
W-5	5,0	6,0
W-6	5,0	6,2
W-7	5,2	7,0
W-8	-	6,2
W-9	3,9	4,5
W-10	4,1	4,6
W-11	0,7	1,0
W-12	0,7	0,6
W-13	5,9	6,8
W-14	7,0	7,0
W-15	7,1	7,1
W-16	7,0	-
W-17	-	7,0
W-18	7,0	1,7
W-19	7,0	7,0
W-20	6,6	7,0
W-21	7,0	7,0
W-22	6,9	6,9

**vision on technology
for a better world**

