Surveillance naar klachtenvrije woningen

2008-2012 en 2023-2024

MARIANNE STRANGER, SARAH LIMA PARALOVO, FRANÇOISE GEYSKENS, LOT VERBEKE, WENDY SWAANS, MAARTEN SPRUYT

September 2025

Studie uitgevoerd door VITO in het kader van de PartnerOrganisatie MilieuGezondheidsZorg
(in opdracht van Departement Zorg)

SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft de binnenmilieukwaliteit van de gemiddelde Vlaamse woning op basis van twee datasets: de Surveillance van klachtenvrije woningen 2008-2012 en 2023-2024. De eerste Surveillance omvatte luchtkwaliteitsmetingen in 450 woningen in Vlaanderen, met als doel de resultaten aan het Vlaams Binnenmilieubesluit te toetsen en een representatief beeld van de binnenluchtkwaliteit te schetsen. Hoewel ernaar werd gestreefd om een representatieve verdeling van woningen over Vlaanderen te realiseren, waren er tekortkomingen zoals een niet-representatieve scholingsgraad, beperkte wintermetingen en een gebrek aan moderne of sociale woningen. De tweede Surveillance (2023-2024) breidde de dataset daarom uit met 22 woningen van mensen die leven in maatschappelijk kwetsbare posities, waarbij enkel in de winter werd gemeten. Beide datasets worden beschreven in afzonderlijk VITO-rapporten (2013 en 2024). Het doel van dit rapport is om beide datsets te vergelijken en, waar mogelijk, te integreren, om een actueel beeld van de binnenmilieukwaliteit in Vlaamse woningen te verkrijgen.

In Surveillance 2 is het aandeel bewoners met een lager opleidingsniveau groter dan in Surveillance 1, terwijl in de gecombineerde populatie 66% hoger onderwijs heeft genoten. De woningen in Surveillance 2 zijn vaker appartementen en liggen gemiddeld dichter bij druk verkeer, terwijl nieuwbouw niet voorkomt. Ventilatie gebeurt in beide surveillances vooral door het openen van ramen; mechanische ventilatie is slechts in een minderheid van de woningen aanwezig (10% in Surveillance 1 en 18% in Surveillance 2). Verwarming gebeurt meestal met centrale systemen, maar houtkachels en elektrische toestellen komen ook voor; koken gebeurt vooral elektrisch. Mogelijke vervuilingsbronnen binnenshuis, zoals luchtverfrissers (59% in Surveillance 2), inpandige garages, renovaties en binnenshuis roken (vooral in Surveillance 2) worden eveneens opgenomen.

Nieuwe regelgeving zoals Europese initiatieven rond emissiereductie, REACH, het Belgische vloerbedekkingsdecreet en EPB-normen, heeft geleid tot lagere concentraties van bepaalde vluchtige organische stoffen (VOS), waaronder benzeen, tolueen, trichlooretheen en 1,4-dichloorbenzeen in Surveillance 2. Hierdoor kunnen voor deze componenten de meetdata van beide Surveillances niet samengevoegd worden tot één integrale dataset over de periode 2008-2024. Ten gevolge van het grotere aandeel aan binnenhuis roken in Surveillance 2, is de algemene daling van benzeen buitenshuis niet vast te stellen in de gemiddelde benzeenconcentratie in de woningen van Surveillance 2. Voor de andere VOS-componenten, waarop geen specifieke nieuwe regelgeving van toepassing is, kunnen de data wel geïntegreerd worden in één dataset. De aldehyden (formaldehyde, acetaldehyde) vertoonden licht lagere waarden in Surveillance 2, een uitgesproken effect van nieuwe regelgeving kan niet vastgesteld worden in deze dataset, dus de data worden eveneens samengevoegd tot één dataset. CO_2-concentraties bleven opmerkelijk stabiel ondanks strengere ventilatieregels; ook temperatuur en relatieve vochtigheid bleven vergelijkbaar. NO_2 werd enkel in Surveillance 1 gemeten, maar op basis van dalende buitenniveaus wordt aangenomen dat ook binnenshuis een sterke daling optrad sinds 2008.

De belangrijkste conclusies uit deze analyse zijn:

1. **Beleidsimpact op VOS**: Nieuwe regelgeving (EU-initiatieven rond emissiereductie, REACH, vloerbedekkingsdecreet) heeft geleid tot duidelijke dalingen in concentraties van benzeen, trichlooretheen, 1,4-dichloorbenzeen en tolueen. Voor deze stoffen kunnen de datasets niet samengevoegd worden.
2. **Benzeen en roken**: De daling van de benzeenconcentratie in de buitenomgeving, kan niet vastgesteld worden in de gemiddelde binnenconcentratie die gemeten werd in Surveillance 2 door het grotere aandeel aan woningen waarin binnenshuis gerookt wordt. Dit maakt integratie van benzeendata onmogelijk.

3. **TVOS niet vergelijkbaar**: De totale VOS-concentratie daalde sterk, maar door een gewijzigde analysemethode zijn de resultaten niet rechtstreeks vergelijkbaar.
4. **Aldehyden stabiel en samenvoegbaar**: Formaldehyde en acetaldehyde zijn iets lager in Surveillance 2, maar van dezelfde grootteorde, waardoor deze datasets wel gecombineerd kunnen worden.
5. **CO_2, temperatuur en vochtigheid blijven stabiel**: Ondanks EPB-regelgeving en meer mechanische ventilatie, blijven CO_2-waarden vergelijkbaar. Deze data zijn samengevoegd.
6. **NO_2 niet opnieuw gemeten**: Op basis van dalende buitenniveaus wordt aangenomen dat ook binnenshuis een sterke daling optrad sinds 2008.

INHOUDSTAFEL

HOOFDSTUK 1: INLEIDING 7

1.1 SURVEILLANCE VAN KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2012 (SURVEILLANCE 1) 7
1.2 SURVEILLANCE VAN KLACHTENVRIJE WONINGEN 2023-2024 (SURVEILLANCE 2) 8

HOOFDSTUK 2: GLOBALE BESCHRIJVING STUDIEPOPULATIE 9

2.1 OPLEIDINGSNIVEAU BEWONERS 9
2.2 DE WONINGEN 10
2.2.1 GEBOUWTYPES 10
2.2.2 LIGGING VAN DE WONINGEN 11
2.2.3 VENTILATIE EN VERLUCHTING VAN DE WONINGEN 13
2.2.4 LUCHTDICHTHEID VAN DE WONINGEN 14
2.3 MOGELIJKE VERVUILINGSBRONNEN AANWEZIG BINNEN DE WONING 14
2.3.1 GEBRUIK VAN BRANDSTOFFEN VOOR VERWARMING EN KOKEN 15
2.3.1 INPANDIGE GARAGES 16
2.3.2 RENOVATIES, BOUWMATERIALEN EN NIEUWE MEUBELS, LUCHTVERFRISSERS 16
2.3.3 BINNENSHUIS ROKEN 18

HOOFDSTUK 3: BINNENMILIEU IN KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2024 19

3.1 INLEIDING 19
3.2 VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN 20
3.2.1 IN HET LICHT VAN EEN EVOLUEREND BELEIDSKADER M.B.T. BINNENMILIEU 20
3.2.2 IN HET LICHT VAN DE EVOLUTIE VAN DE BUITENLUCHTKWALITEIT 23
3.2.3 IN HET LICHT VAN BINNENBRONNEN 25
3.2.4 VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN IN SURVEILLANCE 1 + 2 26
3.3 ALDEHYDEN 28
3.3.1 IN HET LICHT VAN EEN EVOLUEREND BELEIDSKADER M.B.T. BINNENMILIEU 28
3.3.2 IN HET LICHT VAN RENOVATIES 28
3.3.3 ALDEHYDEN IN SURVEILLANCE 1 + 2 29
3.4 STIKSTOFDIOXIDE 29
3.5 KOOLSTOFDIOXIDE 31
3.5.1 IN HET LICHT VAN VENTILATIESYSTEMEN EN SEIZOENSEFFECTEN 31
3.5.2 CO_2, TEMPERATUUR EN RELATIEVE VOCHTIGHEID IN SURVEILLANCE 1 + 2 34

HOOFDSTUK 4: CONCLUSIE, DE INTEGRALE DATASET SURVEILLANCE 2008-2024 36

4.1.1 VOLLEDIGE DATASET VAN DE SURVEILLANCE NAAR KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2024 36
4.1.2 SURVEILLANCE NAAR KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2024 IN HET LICHT VAN HET VLAAMS BINNENMILIEUBESLUIT 38

4.1.3 CONCLUSIE **FOUT! BLADWIJZER NIET GEDEFINIEERD.**

No index entries found.

Lijst van figuren

Figuur 1 Opleidingsniveau deelnemers aan Surveillance 1 en Surveillance 2 9
Figuur 2 Opleidingsniveau deelnemers van Surveillance 1+2 10
Figuur 3 Gebouwtypes woningen Surveillance 1 en Surveillance 2 10
Figuur 4 Gebouwtype woningen Surveillance 1+2 11
Figuur 5 Ouderdom woningen Surveillance 1 en 2 11
Figuur 6 Ligging woningen volgens VRIND-classificatie 12
Figuur 7 Potentiële bronnen in de woonomgeving, op basis van bevraging in Surveillance 1 en 2 12
Figuur 8 Afstand tot de weg woningen Surveillance 1 en 2 13
Figuur 9 type ventilatiesysteem in Surveillance 1 en 2 14
Figuur 10 Verwarming woningen Surveillance 1 en 2 15
Figuur 11 Type fornuis Surveillance 1 en 2 16
Figuur 12 Gerapporteerd gebruik dampkap Surveillance 2 16
Figuur 13 Recente renovaties/herbemeubeling in Surveillance 1 en 2 17
Figuur 14 Overzicht vloer- en muurbekleding in Surveillance 1 17
Figuur 15 Gebruik van luchtverfrissers in Surveillance 2 18
Figuur 16 Woningen met rokers in Surveillance 1 en 2 18
Figuur 17 Evoluties van gasvormige polluenten in Vlaanderen in 2018 en 2023. Bron: VMM 23
Figuur 18 Evolutie van de jaargemiddelde benzeenconcentratie (tussen 2005 en 2023). 24
Figuur 19 Jaargemiddelde benzeenconcentratie buiten per locatie (2023). 25

Lijst van tabellen

Tabel 1 Overzicht van beleid met betrekking tot emissies en luchtkwaliteit, dat mogelijk de gemeten luchtconcentraties beïnvloed heeft tussen de uitvoering van Surveillance 1 en Surveillance 2 20
Tabel 2 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten tijdens Surveillance 2 en Surveillance 1 21
Tabel 3 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024 27
Tabel 4 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024; niet samen te voegen tot een integrale dataset 27
Tabel 5 Aldehyden, gemeten tijdens Surveillance 2 en Surveillance 1 28
Tabel 6 Aldehyden, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024 29
Tabel 7 NO_2, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2012 31
Tabel 8 Overzicht van CO_2, temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht in Surveillance 1 en 2 33
Tabel 9 CO_2, temperatuur en relatieve vochtigheid, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024 35
Tabel 10 Overzicht volledige dataset Surveillance van klachtenvrije woningen, 2008-2024 36
Tabel 11 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024; niet samen te voegen tot een integrale dataset 37
Tabel 12 Surveillance 2008-2024 ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit 39
Tabel 13 Surveillance 2023-2024 ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit 40

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

Dit rapport heeft tot doel om de binnenmilieukwaliteit van de gemiddelde Vlaamse woning te beschrijven. Het betreft de vergelijking en integratie van twee bestaande datasets, namelijk (1) de Surveillance van klachtenvrije woningen 2008-2012 en (2) de Surveillance van klachtenvrije woningen 2023-2024. In dit hoofdstuk worden beide datasets beschreven.

1.1 SURVEILLANCE VAN KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2012 (SURVEILLANCE 1)

Tussen 2008 en 2012 werden in het kader van de Surveillance van klachtenvrije woningen luchtkwaliteitsmetingen uitgevoerd in 450 Vlaamse woningen. De Surveillance had in eerste instantie tot doel om het binnenklimaat in de woningen te toetsen aan de richt- en interventiewaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit (versie 2004). Verder werd ook een representatief beeld van de luchtkwaliteit in het bestaande woningenpatrimonium van Vlaanderen gecreëerd en kon de luchtkwaliteit van 'de gemiddelde Vlaamse woning' beschreven worden.

De Surveillance liep over een periode van 5 kalenderjaren. Om hierbij een zo representatief mogelijk beeld van Vlaanderen te verkrijgen, werd een gelijke verdeling van de woningen over de verschillende provincies vooropgesteld. Verder werd de VRIND-classificatie gehanteerd om een gelijke verdeling van de woningen over landelijke achtergrond, stedelijke achtergrond en stedelijk centrum te verkrijgen. Er werd eveneens vooropgesteld een representatief beeld van de maatschappij te weerspiegelen in de 450 woningen, en om de metingen te verspreiden over een gans jaar, met als doel de gemiddelde jaarlijkse blootstelling in kaart te brengen.

Ondanks de wetenschappelijke en beleidsondersteunende waarde van de verzamelde database over de binnenluchtkwaliteit in Vlaamse woningen, bleek de database ook tekortkomingen te hebben, waardoor deze niet helemaal een representatieve weerspiegeling van de maatschappij, of een representatief beeld voor de jaarlijkse blootstelling leverde.

- De scholingsgraad van de deelnemers aan de Surveillance 2008-2012 bleek geen representatieve weerspiegeling van de maatschappij (slechts 1,2% deelnemers beschikte over een diploma lager onderwijs of had geen diploma); mensen in maatschappelijk kwetsbare posities bleken onvoldoende vertegenwoordigd.
- Hoewel het doel was om te meten tijdens alle seizoenen van het jaar, werden duidelijk minder metingen georganiseerd in de winterperiode ten gevolge van administratieve redenen tijdens de projectuitvoering (tijdens de die periode werden contracten hernieuwd en onderhandeld).
- De grote meerderheid van de woningen beschikte niet over mechanische ventilatie (90%). Lage-energiewoningen of passief woningen, recent gerenoveerde of sociale woningen maakten geen deel uit van de deelnemende 450 woningen.

De volledige dataset wordt beschreven in 'Surveillance van klachtenvrije woningen; Samenvattende rapportering 2008-2012 (VITO-rapport 2013/MRG/R/022).

1.2 SURVEILLANCE VAN KLACHTENVRIJE WONINGEN 2023-2024 (SURVEILLANCE 2)

De Surveillance 2023-2024 had in eerste instantie tot doel om de 450 woningen van de Surveillance 2008-2012 uit te breiden met 22 woningen van mensen die leven in maatschappelijk kwetsbare posities. Daarnaast werd er in deze 22 woningen enkel in de winterperiode gemeten.

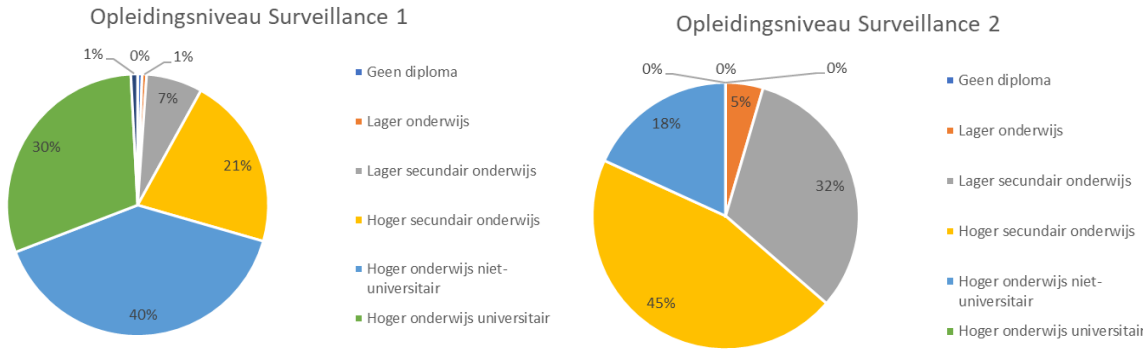
De volledige dataset wordt beschreven in ‘Surveillance van klachtenvrije woningen; aandacht voor mensen in kwetsbare posities (VITO-rapport 2024/EI/R/3316).

HOOFDSTUK 2: GLOBALE BESCHRIJVING STUDIEPOPULATIE

Dit hoofdstuk heeft tot doel de bestudeerde populatie van beide studies te beschrijven. Hiertoe behoort een beschrijving van het opleidingsniveau van de bewoners en hun levensstijl, alsook een beschrijving van de woonplaatsen. In de drie onderstaande paragrafen worden de dataset en de relevante karakteristieken ervan opgelijst.

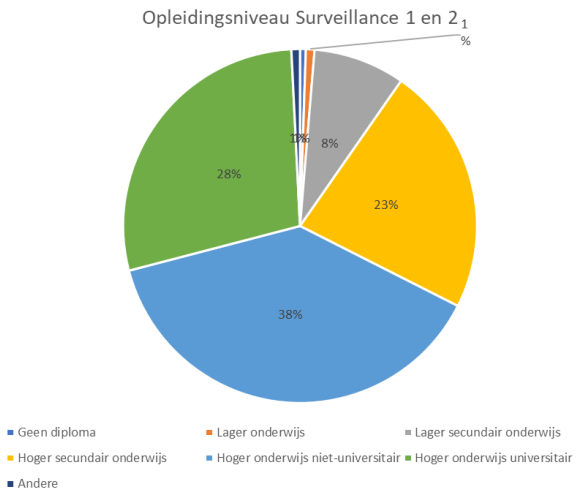
2.1 OPLEIDINGSNIVEAU BEWONERS

In Surveillance 2 beschikt 36.4% van de deelnemers als hoogst behaalde opleidingsniveau over een diploma lager secundair onderwijs, terwijl dit in Surveillance 1 slechts 8,1% is. Verder beschikt in Surveillance 2, 18% van de deelnemers als hoogst behaalde opleidingsniveau over een diploma universitair/niet-universitair hoger onderwijs (waarvan 0% universitair), terwijl dit in de Surveillance 1, 70% bedraagt. Een vergelijking van Surveillance 1 en 2 wordt getoond in Figuur 1.



Figuur 1 Opleidingsniveau deelnemers aan Surveillance 1 en Surveillance 2

In de gehele Surveillance populatie van 472 klachtenvrije woningen, bestudeerd tussen 2008 en 2024, blijft de grote meerderheid van de deelnemers, namelijk 66% te beschikken over een diploma hoger onderwijs (waarvan 28% beschikt over een diploma universitair hoger onderwijs en 38% beschikt over een niet-universitair diploma hoger onderwijs). De groep zonder diploma, of met als hoogst opleidingsniveau lager onderwijs, wordt vertegenwoordigd door 2% van de studiepopulatie (zie Figuur 2).



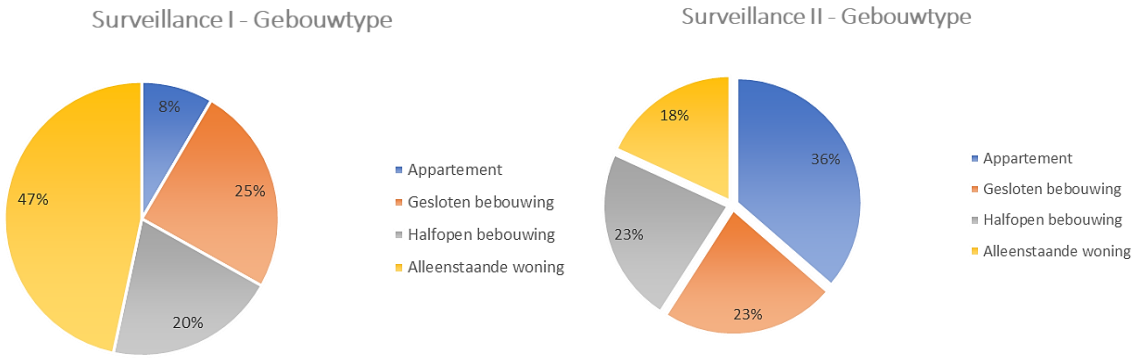
Figuur 2 Opleidingsniveau deelnemers van Surveillance 1+2

In beide populaties heeft ongeveer de helft van de bewoners een huisdier: 47% van de gezinnen uit Surveillance 1 had een huisdier, in Surveillance 2 was dit 45%.

2.2 DE WONINGEN

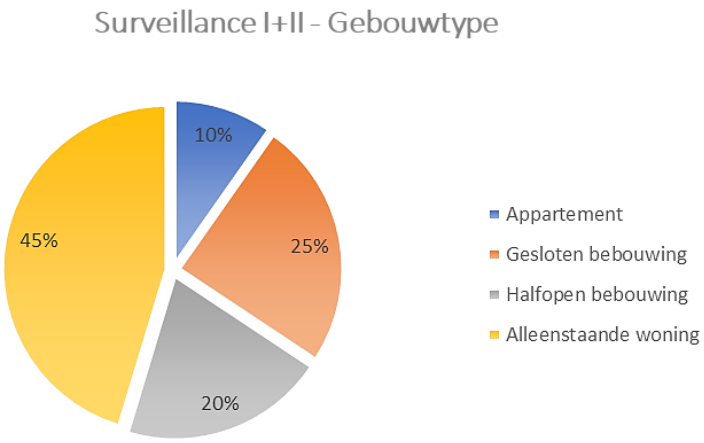
2.2.1 Gebouwtypes

Het merendeel van de bestudeerde woningen in Surveillance 1 is van het alleenstaande type (47%). Verder vertegenwoordigen halfopen en gesloten bebouwingen samen een vergelijkbaar aandeel in deze dataset. Slechts 9% van de woningen bevindt zich in appartementsgebouwen. In Surveillance 2 bevindt 36% van de 22 deelnemende wooneenheden zich in een appartementsgebouw, en woont slechts 18% van de populatie in een alleenstaande woning (Figuur 3).

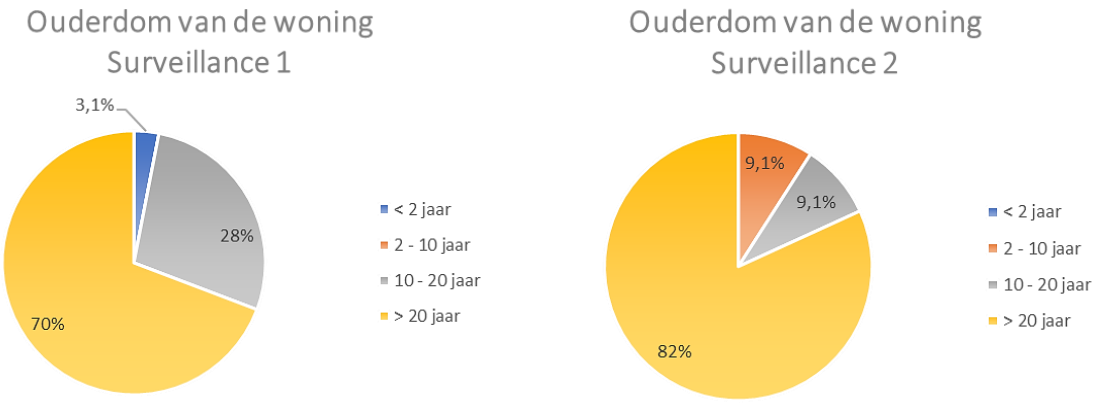


Figuur 3 Gebouwtypes woningen Surveillance 1 en Surveillance 2

In de gehele populatie van 472 deelnemers zijn alleenstaande woningen nog steeds het sterkst vertegenwoordigd (45%) ten gevolge van de aanzienlijk kleine studiepopulatie van Surveillance 2. De vertegenwoordiging van appartementen steeg van 8 naar 10% (zie Figuur 4).



Figuur 4 Gebouwtype woningen Surveillance 1+2



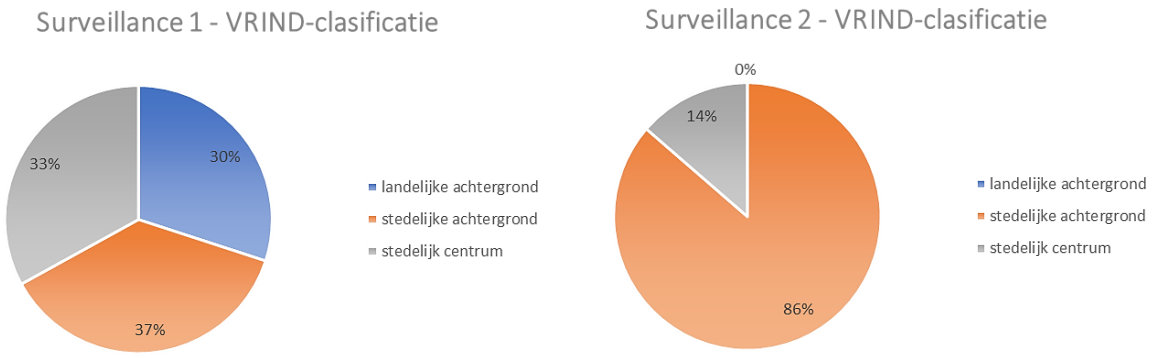
Figuur 5 Ouderdom woningen Surveillance 1 en 2

Het aandeel gebouwen ouder dan 20 jaar in Surveillance 2 (82%) is groter dan in Surveillance 1 (70%) (Figuur 5). Dit weerspiegelt zich in 22,7% van de woningen in Surveillance 2 die over enkele beglazing of een combinatie van enkele en dubbele beglazing beschikt tegenover 8% in Surveillance 1.

Nieuwbouw (< 2 jaar oud) komt niet voor in Surveillance 2, maar 9% van de woningen werd 2-10 jaar geleden gebouwd. Deze woningen, gebouwd na 2006, zijn onderhevig aan de EPB-regelgeving.

2.2.2 Ligging van de woningen

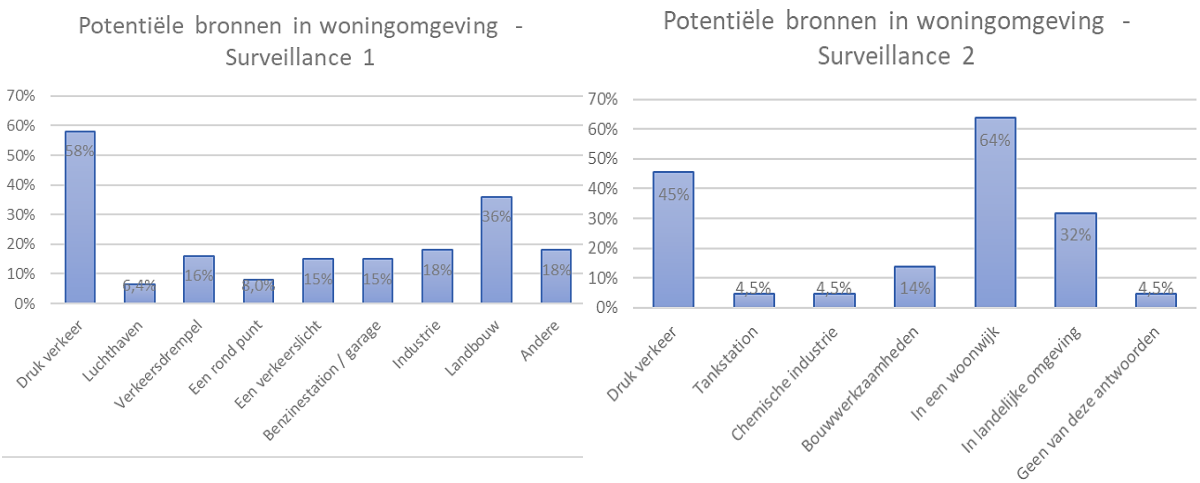
Volgens de VRIND-classificatie die toegepast werd bij Surveillance 1 (2008-2012), blijkt de overgrote meerderheid van de deelnemende woningen in Surveillance 2 zich in stedelijke achtergrond te situeren, en liggen slechts drie woningen in stedelijk centrum (zie Figuur 6). Omdat het doel, in tegenstelling tot Surveillance 1, was om in Surveillance 2 enkel in woningen van mensen in een sociaal kwetsbare positie te meten, was een evenredige verdeling van de woningen over de verschillende omgevingen niet prioritair bij het rekruteren van deelnemers.



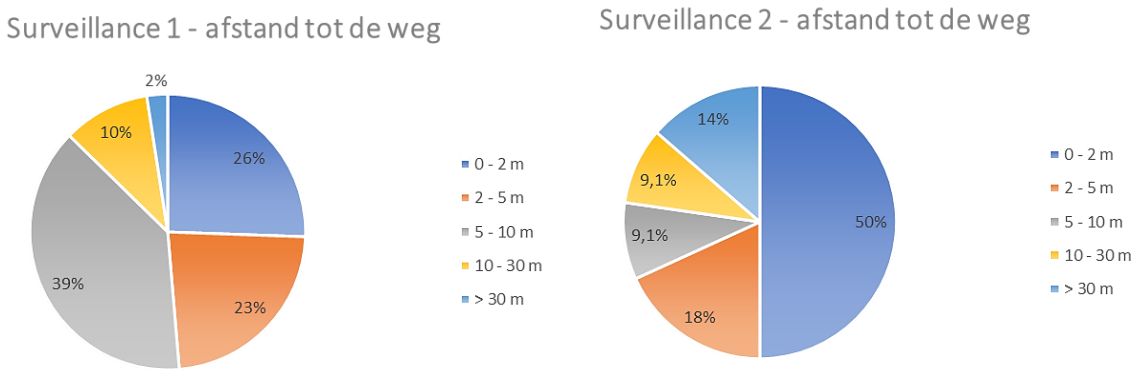
Figuur 6 Ligging woningen volgens VRIND-classificatie

Bijna de helft van de bevraagde bewoners in Surveillance 2 oordeelt dat de woning nabij druk verkeer gelegen is (Figuur 7). In Surveillance 1 is dat voor bijna 60% van de ondervraagde bewoners het geval. Slechts één Surveillance 2 woning bevindt zich op < 50 meter van een tankstation, en een andere woning bevindt zich nabij chemische industrie. In Surveillance 1 bevond 15% van de 450 woningen zich nabij een benzinestation of garage, en 18% nabij industrie (type niet gespecificeerd). Ondanks de nabijheid van verkeer, oordeelt het merendeel van de bewoners van Surveillance 2 dat de woning gelegen is in een woonwijk (residentiële wijk). Hoewel volgens de VRIND-classificatie geen woning zich in landelijke omgeving bevindt, oordelen 7 van de Surveillance-2-bewoners in een landelijke omgeving te wonen.

Figuur 7 Potentiële bronnen in de woonomgeving, op basis van bevraging in Surveillance 1 en 2



De woningen bestudeerd in Surveillance 2 bevinden zich gemiddeld dichter bij de weg dan deze in Surveillance 1. Terwijl de afstand van de voordeur tot de straat in Surveillance 2 voor 68% van de deelnemende woningen kleiner dan <5 m is (in de helft ervan is de afstand < 2m), was dit in Surveillance 1 slechts zo voor 49% van de deelnemende woningen (met slechts 26% woningen op < 2m van de weg). Tegelijk is het aandeel woningen op > 5 m van de weg aanzienlijk kleiner in Surveillance 2 dan in Surveillance 1. Dit wordt getoond in Figuur 8 Mogelijk houdt deze vaststelling verband met het kleinere aandeel alleenstaande woningen (bv. geen voortuin) en grotere aandeel aan appartementen in Surveillance 2.



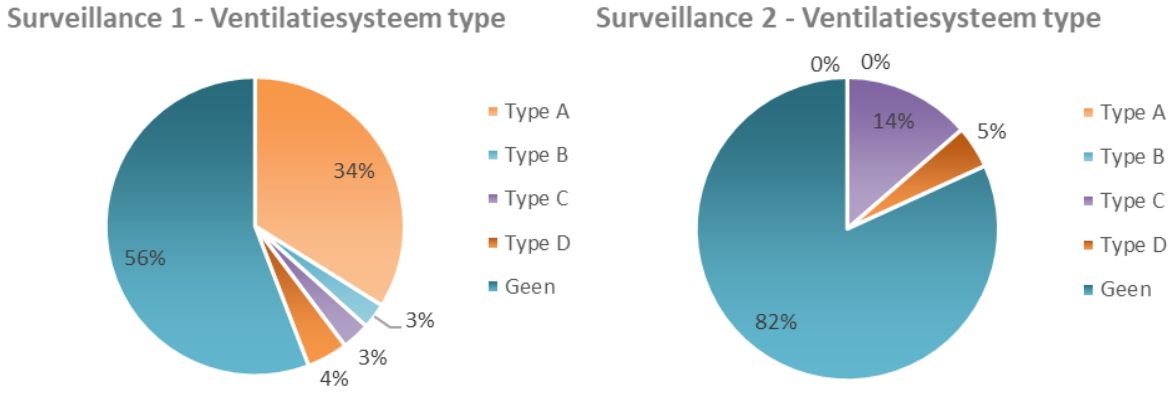
Figuur 8 Afstand tot de weg woningen Surveillance 1 en 2

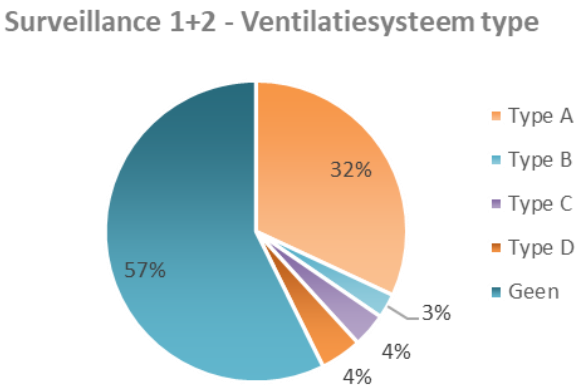
2.2.3 Ventilatie en verluchting van de woningen

De overgrote meerderheid van de woningen (96%) die deelnamen aan Surveillance 1 verluchtte de woning via openen van ramen en/of deuren. Slechts 21% van de 450 woningen beschikte over ventilatieroosters en 10% van de bestudeerde woningen had een mechanisch ventilatiesysteem.

In dezelfde Surveillance werd bewoners de vraag gesteld of de woning al dan niet beschikt over een mechanisch ventilatiesysteem, en meer specifiek welk ventilatiesysteem-type aanwezig was. Slechts 360 van de 450 deelnemers beantwoordde deze vraag. Bij de personen die een ventilatietype aanduidden, bleek systeem B, systeem C en systeem D equivalent vertegenwoordigd (elk <5%). 34% duidde systeem A aan, in Surveillance 1 gedefinieerd als 'ventilatieroosters geïntegreerd in de ramen en deuren)

De meerderheid van respondenten van deze vraag (56%) rapporteerde geen ventilatiesysteem te hebben. De antwoorden worden getoond in Figuur 9. De aanwezigheid van ventilatiesystemen in deze dataset hing rechtstreeks samen met de ouderdom van de woningen.





Figuur 9 type ventilatiesysteem in Surveillance 1 en 2

Wat betreft het verluchtingsgedrag gaf de overgrote meerderheid van de deelnemers van Surveillance 1 (96%) aan de woonkamer te verluchten door ramen en/of deuren te openen. Slechts 21% beschikte over ventilatieroosters in muren of ramen.

In Surveillance 2 werd specifiek gevraagd naar het openen van ramen tijdens de winter. De meerderheid van de respondenten geeft aan dagelijks de ramen te openen in de woonkamer (73%) en in de slaapkamer (82%). Onder de respondenten die aangeven de ramen de laatste tijd niet te openen, is de meest voorkomende reden “want dan wordt het te kil of koud binnen” (18% voor de woonkamer en 9% voor de slaapkamers). Daarnaast melden sommige respondenten dat hun ramen niet open kunnen (9% voor de woonkamer en 5% voor de slaapkamers).

In Surveillance 2 heeft 4 van de 22 woningen een ventilatiesysteem, dus 82% van de deelnemende woningen beschikt niet over een systeem. Eén woning heeft een ventilatiesysteem type D, terwijl drie woningen een ventilatiesysteem type C melden. Ventilatietypes A en B komen in de onderzochte woningen van Surveillance 2 niet voor (Figuur 9).

2.2.4 Luchtdichtheid van de woningen

In Surveillance 1 was 92% van de woningen uitgerust met dubbele beglazing. Op de vraag of de woning goed afgedicht was (met betrekking tot passieve ventilatie), antwoordde 77% van de respondenten positief. Slechts 15% antwoordde dat hun woning duidelijk slecht afgedicht is.

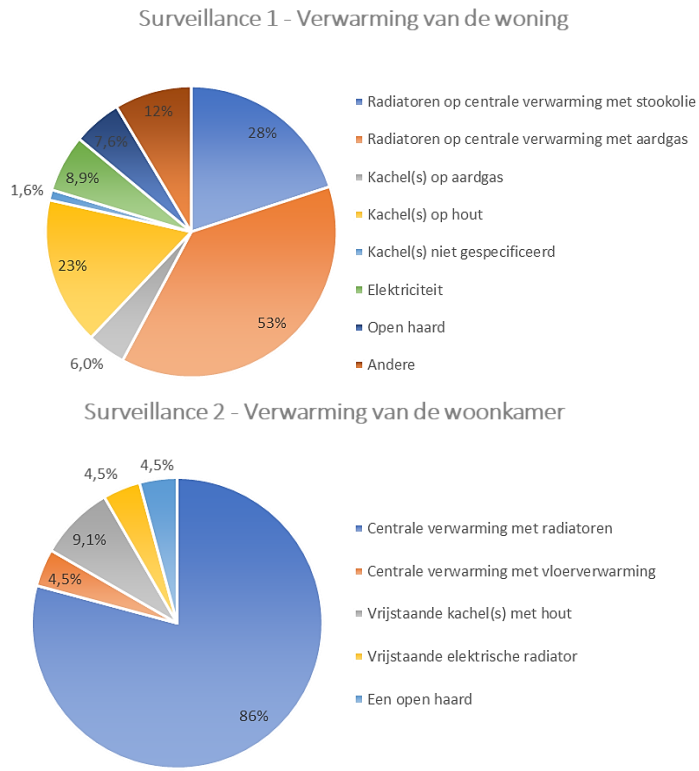
In Surveillance 2 gaf een kleinere groep, namelijk 77% van de woningen, aan te beschikken over “dubbel glas of meer”. Van de 22 woningen rapporteren er 3 (14%) een combinatie van “dubbel glas of meer” en enkel glas, terwijl de overige 2 woningen (9%) uitsluitend enkel glas meldden.

2.3 MOGELIJKE VERVUILINGSBRONNEN AANWEZIG BINNEN DE WONING

2.3.1 Gebruik van brandstoffen voor verwarming en koken

In beide surveillances gaf meer dan 80% van de bevraagde woningen aan te beschikken over centrale verwarming met radiatoren.

In Surveillance 1 gebruikt 53% van de woningen met een centraal verwarmingssysteem met aardgas en 28% stookolie gebruikt. 23% van de woningen wordt verwarmd met houtkachels. Een overzicht van het type verwarming wordt getoond in Figuur 10.

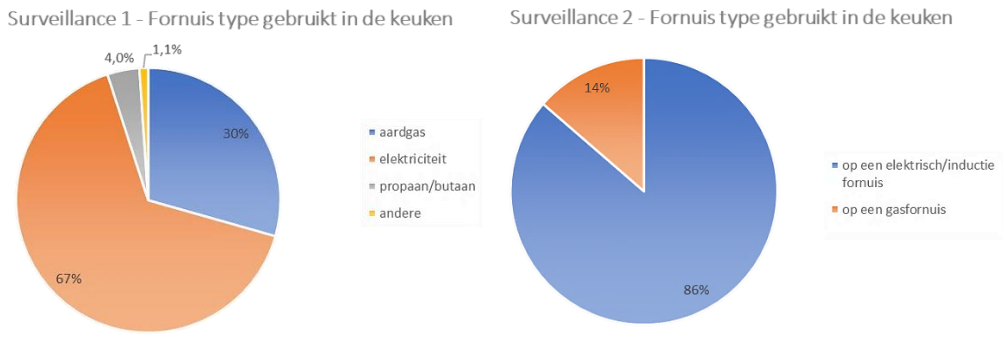


Figuur 10 Verwarming woningen Surveillance 1 en 2

In Surveillance 2 werd de aard van de brandstof niet bevraagd. Eén woning beschikt over centrale vloerverwarming, één woonkamer wordt verwarmd met een vrijstaande elektrische radiatoren en een andere met een open haard (elk overeenstemmend met 4,5% van alle woningen). In twee woningen gebeurt de verwarming van de woonkamer met houtkachels (9%).

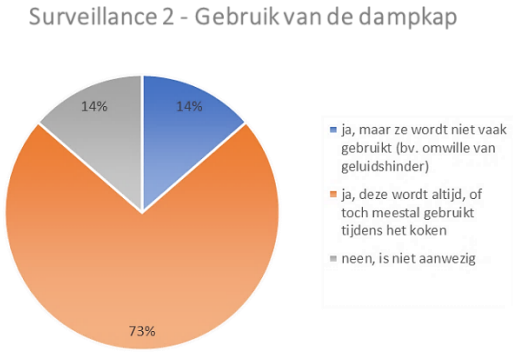
In Surveillance 1 gaf 29% van de respondenten aan steeds een open waakvlam brandende te hebben (bv. van een gasgeiser, cv-ketel, …). Dit aandeel is wat hoger in Surveillance 2 (32%).

De meerderheid in beide surveillances kookt elektrisch (67% in Surveillance 1 en 86% in Surveillance 2), zie Figuur 11. Het aandeel woningen met een aardgasfornuis ligt aanzienlijk hoger in Surveillance 1 (30%) dan in Surveillance 2 (14%, overeenstemmend met slechts 3 woningen). Slechts 4% van de woningen in Surveillance 1 gebruikt butaan- of propaangas als kookbrandstof; in Surveillance 2 wordt dit in geen enkele woning gerapporteerd.



Figuur 11 Type fornuis Surveillance 1 en 2

In de meerderheid van de woningen in Surveillance 2 (73%) werd de afzuigkap/dampkap steeds of meestal gebruikt tijdens het koken (zie Figuur 12). In 3 woningen (14%) was er wel een dampkap aanwezig, maar werd die zelden gebruikt omwille van geluidsoverlast, en in 3 andere woningen (14%) was er helemaal geen dampkap boven het fornuis. In Surveillance 1 waren in 4% van de woningen niet uitgerust met een dampkap.



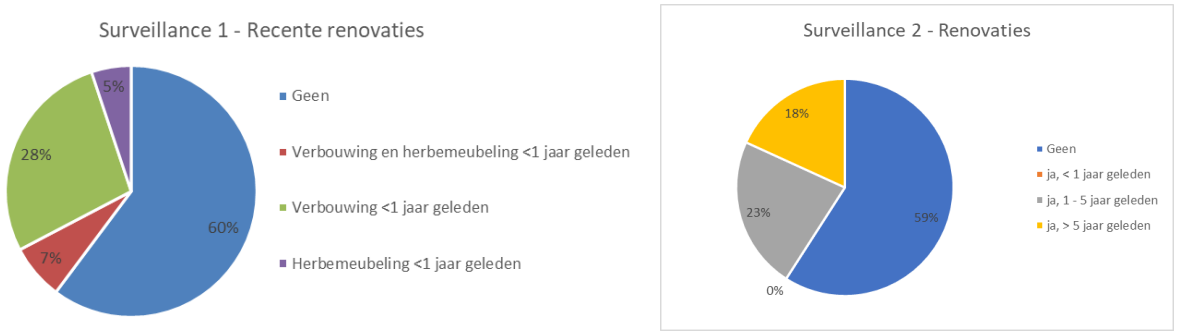
Figuur 12 Gerapporteerd gebruik dampkap Surveillance 2

2.3.1 Inpandige garages

Bijna de helft (42%) van de woningen in Surveillance 1 beschikte over een garage met een directe verbindingsdeur naar de rest van de woning. In een derde van deze woningen werd de wagen effectief in de garage geparkeerd. In Surveillance 2 hadden 4 woningen (18%) een garage op het gelijkvloers.

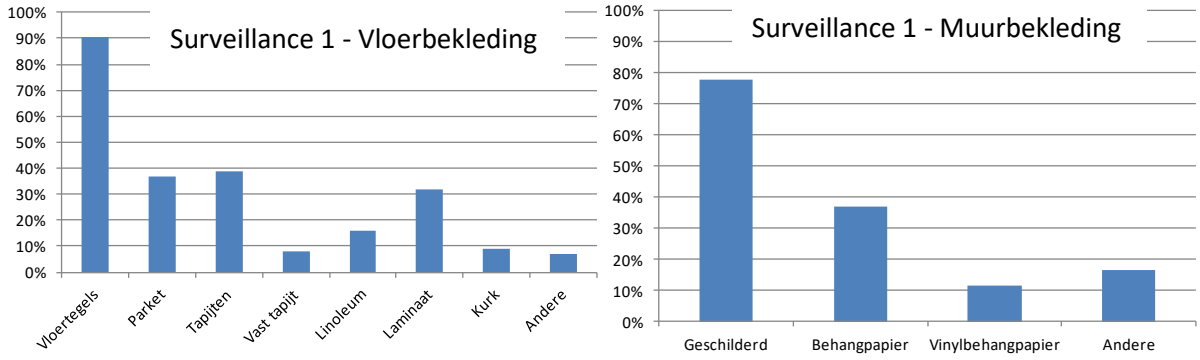
2.3.2 Renovaties, bouwmaterialen en nieuwe meubels, luchtverfrissers

In Surveillance 1 had 40% van de woningen in het jaar voorafgaand aan de metingen een renovatie ondergaan (verbouwing of herbemeubeling, of beide). In Surveillance 2 onderging geen enkele woning in het jaar voorafgaand aan de steekproef een renovatie, maar 41% wel langer geleden. De vergelijking wordt getoond in Figuur 13; hierbij dient opgemerkt te worden dat de vraag anders geformuleerd werd in Surveillance 1 en 2 (omwille van die reden hebben beide taartdiagrammen een andere kleurencode).



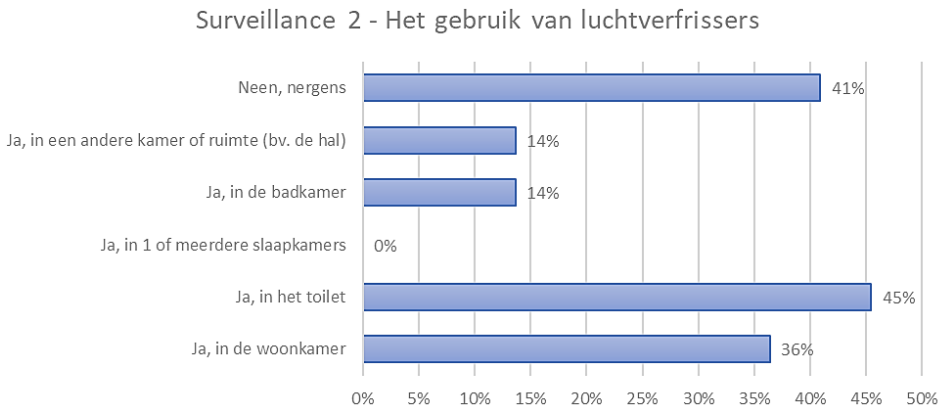
Figuur 13 Recente renovaties/herbemeubeling in Surveillance 1 en 2

Daarnaast werd tijdens Surveillance 1 informatie verzameld over bouwmaterialen m.b.t. muur- en vloerbekleding binnenshuis, getoond in Figuur 14. Er werden verschillende soorten vloeren en muurbekleding voor de woonkamers gerapporteerd. Keramische vloertegels waren het meest voorkomend (90%), gevolgd door tapijt, parket en laminaat. In bijna 80% van de woningen waren de muren geschilderd, in bijna 40% behangen en in slechts 12% vinylbehangen. Bovendien had 78% van de woningen gordijnen.



Figuur 14 Overzicht vloer- en muurbekleding in Surveillance 1

In Surveillance 1 werden producten die mogelijk schadelijke stoffen kunnen uitstoten, zoals verven, regelmatig gebruikt in 25% van de woningen. 13% van de respondenten gaf aan boenmiddelen te gebruiken. Andere producten, zoals vernissen, kleefmiddelen en beitsmiddelen, werden slechts door een zeer kleine groep gebruikt. De meeste woningen (88%) beschikten over minstens één computer (bij bijna 60% stond deze in de woonkamer) en minstens één printer (75%). In Surveillance 2 werd de aanwezigheid van deze potentiële bronnen van vervuiling niet bevraagd. De voornaamste reden hiervoor was om de tijdinvestering van de deelnemers, nodig voor het beantwoorden van de enquête, zo beperkt mogelijk te houden. In plaats daarvan werd het gebruik van luchtverfrissers bevraagd (niet opgenomen in Surveillance 1), zie Figuur 15.



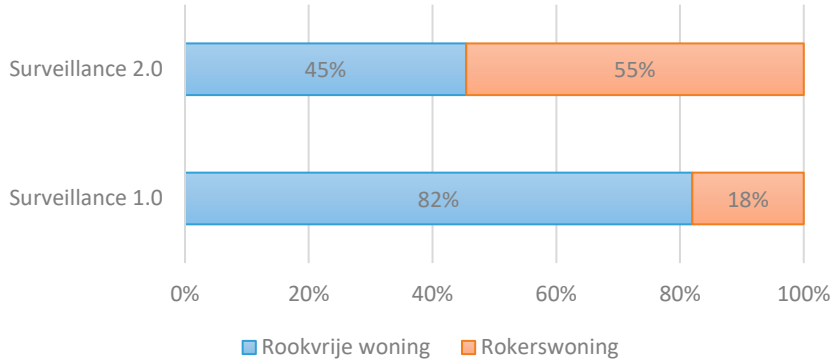
Figuur 15 Gebruik van luchtverfrissers in Surveillance 2

Volgens de Surveillance 2-bevraging wordt in 59% van de woningen een luchtverfrisser gebruikt. In deze woningen is voornamelijk het toilet uitgerust met een luchtverfrisser (45%), maar ook in de woonkamer (36%) en in de badkamer (14%) komen luchtverfrissers voor. In drie woningen (14%) worden luchtverfrissers in minstens 3 ruimtes van de woning gebruikt (toilet, woonkamer, slaapkamer).

2.3.3 Binnenshuis roken

In Surveillance 1 meldde slechts een klein deel van de beoordeelde woningen (18%) dat er gerookt werd. In Surveillance 2, was er minstens één roker in 12 van de 22 deelnemende woningen. In 10 woningen daarvan werd gemeld dat één bewoner rookt, en in twee woningen rookten 2 bewoners. Van de 12 woningen waarin minstens één roker woont, gaven er 4 aan dat er overal in huis gerookt werd. Eén bewoner gaf aan alleen onder de afzuigkap in de keuken of in de badkamer te roken. In twee woningen werd enkel gerookt aan een open raam of voordeur, en in de overige 5 woningen werd volgens de bevraging enkel buitenshuis gerookt, bijvoorbeeld op een balkon.

Figuur 16 toont een overzicht van het rokersgedrag in Surveillance 1 en 2.



Figuur 16 Woningen met rokers in Surveillance 1 en 2

HOOFDSTUK 3: BINNENMILIEU IN KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2024

3.1 INLEIDING

De tijdsspanne tussen beide meetcampagnes varieert tussen 12 en 16 jaar. Daarom gaan we na welke omgevingsparameters in deze periode veranderd zijn en of deze al dan niet een impact op de binnenluchtkwaliteit hebben gehad. Gedragswijzigingen van bewoners zijn moeilijk of niet in kaart te brengen, maar omgevingsparameters, geïntroduceerd door beleid of maatschappelijke tendensen, kunnen mogelijk een meetbaar effect op de binnenluchtkwaliteit hebben. Daarom worden deze besproken in volgende analyse.

De uitbreiding van de REACH regelgeving na 2012 (einde van Surveillance 1), waarin het gebruik van specifieke risicovolle bestanddelen in producten verboden of beperkt wordt in de EU, kan een invloed hebben op de binnenconcentraties van bepaalde moleculen. Daarnaast is er ook het Belgische Vloerbedekkingsdecreet (KB 8 mei 2014 betreffende de emissies van gevaarlijke stoffen uit vloerbekledingen en hun hechtingsmiddelen), dat ook in voege trad na afloop van Surveillance 1 en beperkingen oplegde op de uitstoot van alle vloerkleding en hechtingsmiddelen die op de Belgische markt komen. Ook de EPB-regelgeving voor nieuwbouw en renovaties kan een impact hebben op bijvoorbeeld CO_2 in de woningen. Daarnaast zijn er ook vrijwillige productlabels, zoals onder andere het Ecolabel, waarvan de impact waarschijnlijk geen meetbaar effect oplevert in deze dataset, omdat dit effect beperkt blijft tot woningen van die personen die bewust producten met een productlabel aankopen.

Daarnaast evolueerde ook de wetgeving voor de buitenlucht. De Europese luchtkwaliteitsrichtlijn (EU Richtlijn 2008/50/EG) stelde grenswaarden vast voor onder andere PM10, NO_2, SO_2, CO, benzeen en ozon. De Lidstaten stelden daarop luchtkwaliteitsplannen op bij overschrijding van deze normen. België implementeerde de richtlijnen in 2010 via regionale milieuwetgeving (waarbij Vlaanderen, Wallonië en Brussel eigen meetnetten en actieplannen ontwikkelden). In 2014 werd het meetnet in Vlaanderen verder uitgebreid. In 2020 publiceerde de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) strengere richtlijnen voor luchtkwaliteit. Hoewel België deze gebruikt als referentiekader, zijn ze niet juridisch bindend. De impact van dit evoluerend beleid voor de buitenluchtkwaliteit kan opgevolgd worden door middel van het meetnet in Vlaanderen (Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL) — Nederlands).

Onderstaande Tabel 1 toont een overzicht van het beleid m.b.t. emissies en luchtkwaliteit dat wijzigde tussen de uitvoering van Surveillance 1 en Surveillance 2 en mogelijk een invloed kan hebben op de meetresultaten.

Tabel 1 Overzicht van beleid met betrekking tot emissies en luchtkwaliteit, dat mogelijk de gemeten luchtconcentraties beïnvloed heeft tussen de uitvoering van Surveillance 1 en Surveillance 2

Component	Opgenomen in bijlage XVII REACH	FOD Decreet vloerbedekkingsmateriaal	EU-richtlijn 2008/50/EG	Referentie
MTBE	-	-		
Benzeen	Ja, sinds 2009	Ja, 2014	Ja, 2010	
Trichloroetheen	Ja, sinds 2006	Ja, 2014	-	Verordening nr. 1907/2006 Bijlage XVII, Entry 28
Tolueen	Ja, sinds 2009	Ja, 2014	-	Verordening (EU) nr. 552/2009
Tetrachloroetheen	-	-	-	
Ethylbenzeen	-	-	-	
m- + p-Xyleen	-	-	-	
Styreen	-	-	-	
o-Xyleen	-	-		
1,2,4-Trimethylbenzeen	-	-	-	
1,4-Dichlorobenzeen	Ja, sinds 2015	-	-	Verordening nr.474/2014, Bijlage XVII REACH
TVOS		Ja, 2014	-	
Hexaan	-	-	-	
Heptaan	-	-	-	
Cyclohexaan	-	-	-	
n-Butylacetaat	-	-	-	
α-Pineen	-	-	-	
3-Careen	-	-	-	
d10-Limoneen	-	-	-	

Naast beleid inzake emissies en luchtkwaliteit, kan ook een ‘significant verschillend bewonersgedrag’ een impact hebben op de gemeten binnenconcentraties in Surveillance 1 en 2. Een voorbeeld is ‘binnenshuis roken’, dat duidelijk verschillend is in beide populaties (zie paragraaf 2.3.3).

3.2 VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN

3.2.1 In het licht van een evoluerend beleidskader m.b.t. binnenmilieu

Zoals blijkt uit de onderstaande tabel, nam geen van de gemeten vluchtige organische stoffen (VOS) toe tussen Surveillance 1 en Surveillance 2. Ze kwamen ofwel op vergelijkbare gemiddelde concentratieniveaus voor, of vertoonden een concentratiedaling (cellen gemarkeerd in roze kleur). In de volgende analyse wordt nagegaan voor welke componenten een concentratiedaling waargenomen wordt, en of deze te verklaren is door een evoluerend beleidskader.

Tabel 2 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten tijdens Surveillance 2 en Surveillance 1

	Surveillance 2 - 2023-2024						Surveillance 1 - 2008-2012					
	Eenheid: µg/m³						Eenheid: µg/m³					
Component	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
MTBE	22	0,88	15,2	**0,1**	1,17	3,2	446	1,56	93	0,56	6,47	6,3
Benzeen	22	1,64	8,0	1,68	5,77	1,92	446	1,65	29,2	1,73	4,70	2,56
Trichloroetheen	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	446	0,31	12,0	**0,1**	0,72	1,10
Tolueen	22	6,3	65	4,7	14,9	13,7	446	31	7704	11,1	57,3	366
Tetrachloroetheen	22	0,150	0,79	**0,1**	0,50	0,169	446	1,24	195	0,223	2,63	10,0
Ethylbenzeen	22	1,04	9,4	0,90	2,24	1,98	446	1,30	30	1,22	4,87	2,26
m- + p-Xyleen	22	3,1	21,5	2,56	11,0	4,9	446	3,7	78	3,3	13,1	7,0
Styreen	22	0,25	2,11	0,164	0,58	0,44	446	0,25	28,0	**0,1**	0,46	1,37
o-Xyleen	22	1,20	8,1	0,82	5,24	1,93	446	1,24	14,5	1,20	4,92	2,02
1,2,4-Trimethylbenzeen	22	2,20	25,10	0,81	13,9	5,19	446	3,5	138	2,90	13,5	9,1
1,4-Dichlorobenzeen	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	446	0,18	6,9	**0,1**	0,30	0,48
TVOS*	22	106	408	116	262	89	446	437	7517	463	933	550
Hexaan	22	1,17	10,8	1,03	2,25	2,24	270	2,27	74,0	1,80	8,51	5,34
Heptaan	22	1,28	7,60	1,29	3,75	1,68	270	2,79	54,0	2,14	9,80	6,65
Cyclohexaan	22	1,02	7,00	1,04	6,07	1,91	270	2,32	58,0	1,74	8,11	5,61
n-Butylacetaat	22	2,60	38,0	1,10	3,36	7,95	193	2,75	31,0	2,81	10,1	4,23
α-Pineen	22	2,59	26,4	1,90	4,14	5,41	193	9,29	164,0	8,20	32,3	20,7
3-Careen	22	1,59	21,1	1,01	2,01	4,40	193	3,01	60,0	2,79	11,0	6,09
d10-Limoneen	22	14,7	46,0	19,9	39,6	13,1	193	31,0	500	29,7	114	55,1

*De TVOC-analysemethode is tussen de Surveillances gewijzigd. Daarom is het belangrijk om beide datasets zorgvuldig te vergelijken.

Benzeen is beperkt onder REACH sinds de inwerkingtreding van de REACH-verordening op 1 juni 2009 (Bijlage XVII, Entry 5 van REACH), bij de aanvang van de metingen voor Surveillance 1. De impact van REACH kan daarom beschouwd worden als beperkt. Het Belgisch Vloerbedekkingsdecreet kwam wel in voege tussen de twee meetcampagnes en zou mogelijk een impact kunnen hebben op de meetresultaten. Het effect van deze beleidsmaatregel beperkt zich echter tot die woningen waarin minder dan een jaar voor de metingen nieuwe vloeren geïnstalleerd werden; deze groep is zeer beperkt in zowel Surveillance 1 als 2. Ook de EU-richtlijn 2008/50/EG werd geïnitieerd tijdens Surveillance 1 en daarom is het te verwachten effect moeilijk te kwantificeren. Uit de meetresultaten blijken benzeenconcentraties van dezelfde grootteorde in Surveillance 1 en Surveillance 2 (benzeen in Surveillance 1: P75: 1,73 µg/m³, P95: 4,70 µg/m³; benzeen in Surveillance 2: P75: 1,68 µg/m³, P95: 5,77 µg/m³).

Ethylbeenzeen en m+p-xyleen, beide geen onderdeel van REACH of ander beleid komen in komen in surveillance 1 en 2 in vergelijkbare concentratieniveaus voor.

Trichlooretheen en **1,4-dichloorbenzeen**, die in Surveillance 1 in lage concentraties (doorgaans < 0.5 µg/m³, met een maximale concentratie van 6.9 µg/m³) aanwezig waren, bleken in de luchtstalen van

Surveillance 2 steeds lager dan de detectielimiet van de meetmethode (0.1 µg/m³). Het op de markt brengen en het gebruik van 1,4-dichloorbenzeen als bestanddeel van lucht- en toiletverfrisser is, zowel voor huishoud- als professioneel gebruik, verboden dankzij REACH (Commission Regulation (EU) No 474/2014, Bijlage XVII REACH). Producten die meer dan 1% 1,4-dichloorbenzeen bevatten mogen niet meer verkocht worden in de EU sinds 1 juni 2015, als gevolg van de kankerverwekkende eigenschappen van deze stof (Categorie 2 carcinogeen). Ten tijde van Surveillance 1 was deze regelgeving nog niet van kracht, wat de verschillende binnenluchtconcentraties van Surveillance 1 en Surveillance 2 verklaart. 1,4-dichloorbenzeen is ook één van de VOS die deel uitmaken van het Vloerbedekkingsdecreet (KB 8 mei 2014), hoewel de impact van het vloerbedekkingdecreet in deze populatie zeer laag ingeschat wordt (zie paragraaf 3.1).

Ook trichlooretheen mag niet voorkomen in concentraties > 0.1% gewicht in producten die op de markt gebracht worden (nr. 1907/2006 Bijlage XVII, Entry 28 REACH) al is deze beperking van kracht sinds 2002. De concentraties die gemeten werden in Surveillance 1 zijn mogelijk nog een effect van producten die vervaardigd werden voor de aangepaste regelgeving.

Tolueen en **tetrachlooretheen** zijn eveneens lager geconcentreerd in de woningen van Surveillance 2 t.o.v. deze van Surveillance 1, met een reductiefactor van respectievelijk vijf en acht. Ten gevolge van REACH (Verordening (EU) nr. 552/2009) mag tolueen sinds 2010 niet meer gebruikt worden in lijmen en spuitverven die bestemd zijn voor consumenten (producten die meer dan 0.1% tolueen bevatten mogen niet meer op de markt gebracht worden). Tolueen is daarnaast ook één van de VOS die deel uitmaakt van het Vloerbedekkingsdecreet (KB 8 mei 2014). Voor tolueen daalde de P75-waarde van Surveillance 1 (11,1 µg/m³; maximaal gemeten concentratie 366 µg/m³) naar 4.7 µg/m³ (maximaal gemeten concentratie 13,7 µg/m³) in Surveillance 2. Hoewel tetrachlooretheen (verbonden aan droogkuis) geen beperkingen opgelegd wordt via REACH, zorgen alternatieve producten mogelijk voor de waargenomen lagere concentraties (zowel VLAREM als Europese richtlijnen beperken de emissie van tetrachlooretheen, daarnaast zijn ecologische droogkuisen in opmars).

Hoewel er geen gewijzigd beleidskader voor is voor **α-pineen**, is het gemiddelde concentratieniveau van α-pineen in Surveillance 2 3,5 keer lager dan in Surveillance 1; ook de P75 en P99-concentraties zijn duidelijk lager in Surveillance 2. De andere geurcomponenten echter, **d10-limoneen** en **3-careen** bleven van vergelijkbare grootteorde (waarbij de P75-concentratie voor limoneen in Surveillance 1 29,7 µg/m³ bedroeg en in Surveillance 2 19,9 µg/m³. Deze voor 3-careen bedroeg 2,79 µg/m³ in Surveillance 1, en 1,01 µg/m³ in Surveillance 2). Er kan op basis van deze data niet besloten worden dat er significant minder geurproducten gebruikt worden in woningen.

De P75-waarden van **hexaan, heptaan** en **cyclohexaan**, welke allen verband houden met onverbrande brandstoffen en oplosmiddelen (eerder voor cyclohexaan) bleven van vergelijkbare grootteorde(Surveillance 1: P75 hexaan 1,80 µg/m³, P75 heptaan 2,14 µg/m³, P75 cyclohexaan 1,74 µg/m³; Surveillance 2: P75 hexaan 1,03 µg/m³, P75 heptaan 1,29 µg/m³, P75 cyclohexaan 1,04 µg/m³). Merk op dat in de grotere dataset van Surveillance 1 een aantal outliers een aanzienlijk effect heeft op de gemiddelde concentraties (grote standaardafwijking).

Wat de totale hoeveelheid vluchtige organische stoffen (TVOS) betreft, was het gemiddelde dat tijdens Surveillance 1 werd gemeten ongeveer vier keer hoger dan tijdens Surveillance 2. VITO optimaliseerde intern de methode voor de berekening van TVOS tussen de uitvoering van Surveillance 1 en Surveillance 2. De eerste methode werd manueel uitgevoerd door de operator, terwijl de bepaling met de vernieuwde methode geautomatiseerd verloopt, onafhankelijk van de operator. Hoewel beide methoden evenwaardig zijn, zijn ze niet rechtstreeks vergelijkbaar.

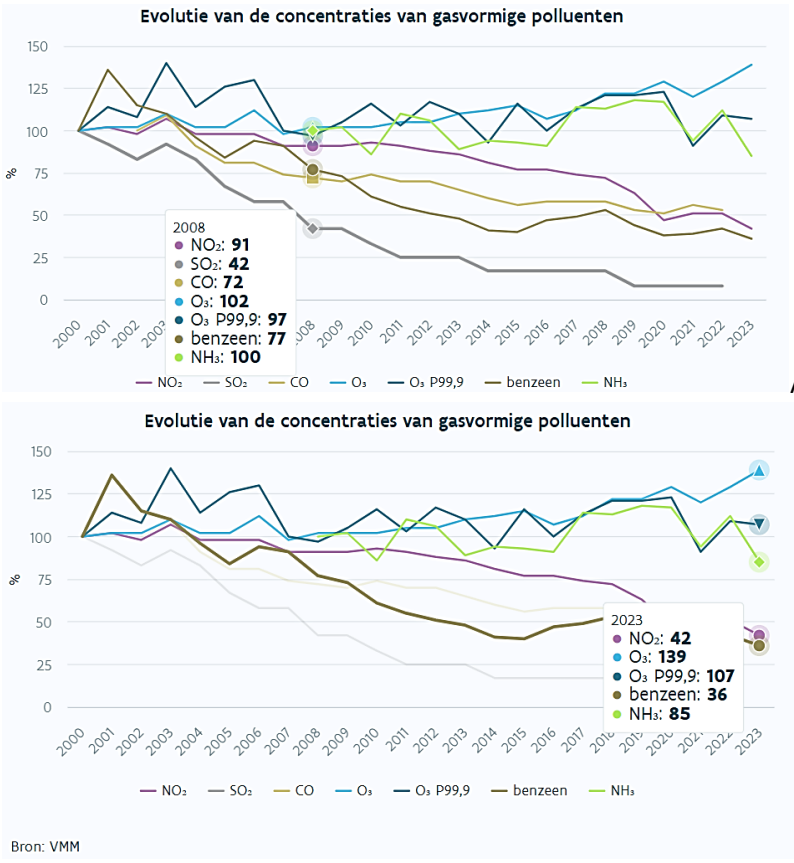
3.2.2 In het licht van de evolutie van de buitenluchtkwaliteit

Sommige VOS, gemeten in de binnenlucht, hebben significante bronnen buitenshuis, zoals uitlaatgassen van verkeer en industriële emissies. Afhankelijk van de kenmerken van het gebouw (zoals de gebouwschil, mechanische ventilatie, geopende ramen en afstand tot de weg) kunnen deze verontreinigende stoffen naar binnen infiltreren.

MTBE (methyl-tert-butylether) in het binnenmilieu wordt veroorzaakt door verkeer; het product wordt toegevoegd aan benzine om de klopvastheid te verhogen. Uit gegevens van de sectororganisatie blijkt dat tussen 2010 en 2024 het benzineverbruik in België met 125% en 48% steeg, respectievelijk voor benzine 95 octaan en benzine 98 octaan (sectororganisatie Energia 2024). De daling van de MTBE-concentraties in de data van Surveillance 2 (P95 daling van 6.47 µg/m³ in Surveillance 1 naar 1,17 µg/m³ in Surveillance 2), is mogelijk toe te schrijven aan het toenemend gebruik van alternatieve brandstofadditieven (zoals bijvoorbeeld ETBE, Ethyl-tert-butylether).

Als resultaat van de EU-richtlijn 2008/50/EG, volgt de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) de evolutie van de emissies van verontreinigende stoffen sinds meer dan 20 jaar op, en analyseert sinds lange tijd de buitenluchtkwaliteit in heel Vlaanderen. Deze wordt getoetst aan de Europese normen en aan de aanbevelingen van de WHO.

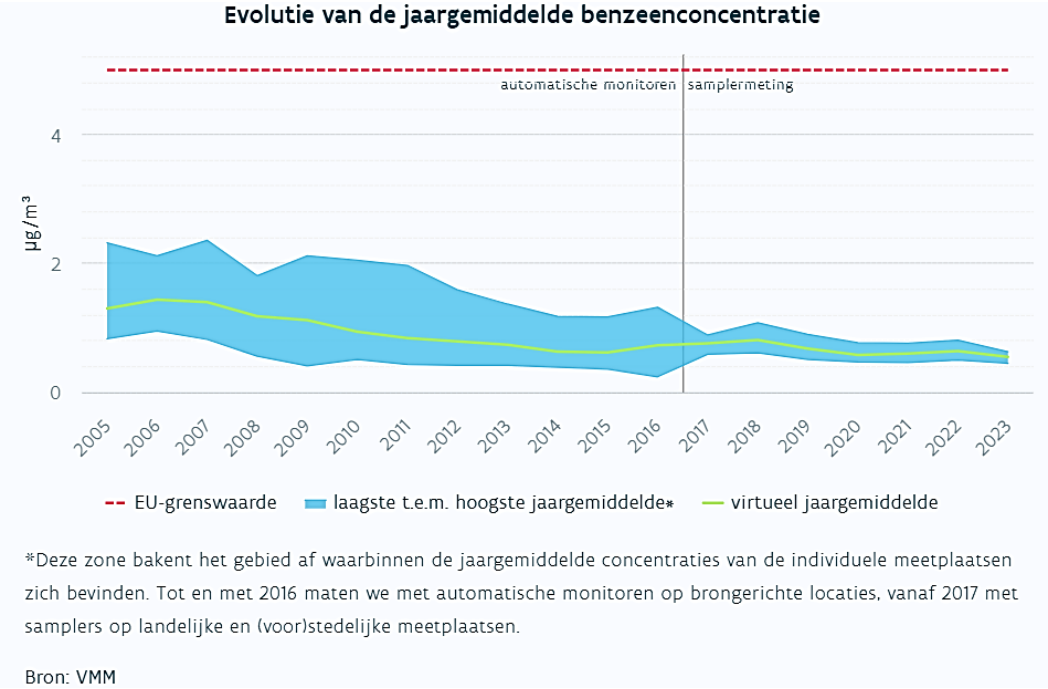
De onderstaande grafiek (Figuur 17), afkomstig van de VMM-website, toont de evolutie van de belangrijkste gasvormige polluenten in de buitenlucht de voorbije 23 jaar, waarbij in Figuur 17A de relatieve daling van de concentraties bij de start van Surveillance 1 toont ten opzichte van deze in 2000. In Figuur 17B toont dezelfde informatie voor de start van Surveillance 2.



Figuur 17 Evoluties van gasvormige polluenten in Vlaanderen in 2018 en 2023. Bron: VMM

De concentratie-evolutie in Figuur 17 toont duidelijk een algemene verbetering van de buitenluchtkwaliteit in Vlaanderen over de afgelopen twee decennia, in het bijzonder voor benzeen. Met uitzondering van ozon zijn de concentraties van alle andere gemonitorde gasvormige polluenten gemiddeld gedaald. De enige polluent die zowel in de grafiek is opgenomen als in beide Surveillance-meetcampagnes, is benzeen. Volgens gegevens van de VMM kende benzeen na SO_2 de grootste daling sinds het jaar 2000. In 2008 bedroegen de benzeenconcentraties in Vlaanderen nog 77% van het niveau in 2000; tegen 2023 was dit verder gedaald tot slechts 36% van de waarde die in 2000 werd gemeten.

Zoals eerder vermeld, werd benzeen in de woningen van beide Surveillances gemeten in zeer vergelijkbare gemiddelde concentraties. Dit komt niet overeen met de dalende trend in de buitenomgeving die door VMM werd vastgesteld. Zoals te zien is in Figuur 18, daalden de jaargemiddelde buitenconcentraties sinds 2005, om vanaf 2020 min of meer constant te blijven rond 0,6 µg/m³.



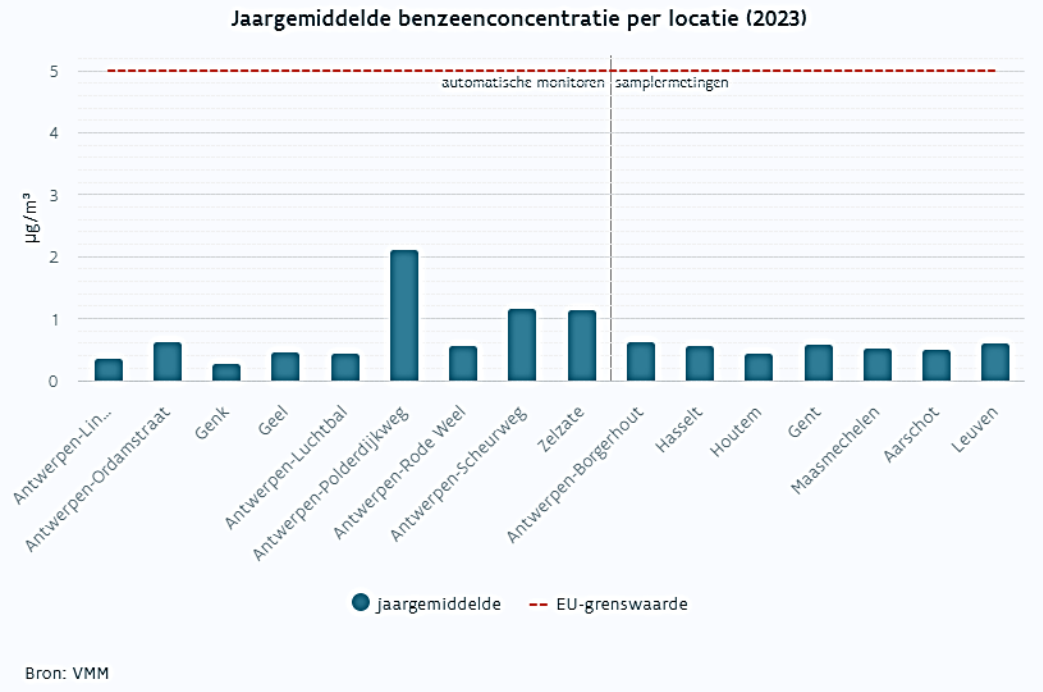
Figuur 18 Evolutie van de jaargemiddelde benzeenconcentratie (tussen 2005 en 2023).

Tijdens Surveillance 2 werd naast de metingen in de binnenlucht, simultaan ook benzeen in de corresponderende buitenomgeving gemeten. De buitenconcentratie is gemiddeld 0,65 ± 0,21 µg/m³, met een 75ste percentiel van 0,83 µg/m³ en een maximum van 1 µg/m³, wat sterk overeenkomt met de door VMM gerapporteerde gemiddelde actuele buitenconcentratie.

Er kan daarom verondersteld worden dat deze dalende trend van de benzeenconcentraties in Vlaanderen, zich inderdaad ook weerspiegelt in de benzeenmetingen van Surveillance 2.

Het is ook belangrijk om daarnaast ook op te merken dat de buitenluchtconcentratie benzeen in Vlaanderen (zie Figuur 19) ook schommelt, afhankelijk van de geografische locatie en lokale bronnen. In 2023 werden de twee hoogste jaargemiddelden voor benzeen bijvoorbeeld gemeten in de haven van Antwerpen, die sterk beïnvloed wordt door de petrochemische industrie. Het derde hoogste jaargemiddelde werd gemeten in een woongebied in Zelzate, een locatie vlak bij een teerraffinaderij.

Surveillance 2 werd georganiseerd in woningen verspreid in Vlaanderen, op een willekeurige afstand van industriële bronnen. De benzeenconcentraties schommelden met een gelijkaardige grootteorde als deze geraporteerd door VMM.



Figuur 19 Jaargemiddelde benzeenconcentratie buiten per locatie (2023).

3.2.3 In het licht van binnenbronnen

Dat de benzeen-binnenconcentraties in Surveillance 1 en Surveillance 2, ondanks de duidelijk dalende trend in de buitenomgeving (zie paragraaf 3.2.2), toch van vergelijkbare grootteorde zijn, heeft een andere oorzaak. De hoge gemiddelde binnen/buiten-verhouding (I/O ratio) voor benzeen in de woningen van Surveillance 2 (die 3,6 bedraagt), duidt op de aanwezigheid van een duidelijke binnenbron van benzeen in deze woningen.

De reden hiervoor is dat in 12 van de 22 woningen uit Surveillance 2 minstens één roker woont. Dit aandeel is aanzienlijk groter dan in Surveillance 1 (zie paragraaf 2.3.3), en heeft een impact op de gemeten binnenconcentraties benzeen.

- *In Surveillance 2:*
  In woningen met minstens één persoon die rookt in huis, werd gemiddeld 3.3 ± 2.6 µg/m³ (maximaal 8 µg/m³) benzeen gemeten. In de woningen waarin niet gerookt werd (geen rokers, enkel buiten roken of aan de open raam), werd daarentegen gemiddeld 0.9 ± 0.5 µg/m³ benzeen gemeten, met een maximale concentratie van 2 µg/m³. Het verschil tussen de benzeenconcentraties in woningen met en zonder rokers blijkt ook significant tot op het 95% betrouwbaarheidsniveau.

- *In Surveillance 1:*
  In Surveillance 1 werd het rookgedrag niet op hetzelfde detailniveau bevraagd. Wel is duidelijk dat de vertegenwoordiging van woningen met rokers lager was dan in Surveillence 2 (18% woningen met rokers in Surveillance 1, t.o.v. 54% rokers in Surveillance 1; ongeacht of er

binnen gerookt wordt). Gemiddeld werd een binnenconcentratie van 1.65 µg/m³ gemeten in Surveillance 1.

Het duidelijk verschillend rokersgedrag in Surveillance 1 en 2 heeft een impact op de gemeten benzeenconcentraties in de woningen; de verwachtte daling van benzeen in de woningen ten gevolge van de daling ervan in de buitenomgeving, wordt op groepsniveau quasi tenietgedaan door het rookgedrag van bewoners.

Het is belangrijk daarbij op te merken dat de populaties die deelnamen aan beide Surveillance-meetcampagnes een ander profiel hadden. Terwijl de deelnemers van Surveillance 1 hoger opgeleide deelnemers waren, met een klein aandeel aan rokers, waren mensen 'mensen in kwetsbare positie' de doelgroep bij Surveillance 2. In deze laatste doelgroep blijkt roken frequenter voor te komen dan in de populatie van Surveillance 1.

Zowel in Surveillance 1 als in Surveillance 2 werd verwacht dat de concentratie van benzeen en andere verkeergerelateerde VOS (zoals BTEX en MTBE) beïnvloed zou worden door de afstand van de voordeur tot de weg of een andere parameter gerelateerd aan verkeersdrukte. Er kon echter in geen van beide Surveillances een dergelijke correlatie worden vastgesteld.

3.2.4 Vluchtige organische stoffen in Surveillance 1 + 2

Hoewel de evolutie van het beleid in de periode van 16 jaar tussen beide Surveillances een meetbare impact heeft op een aantal gemeten polluenten in de woningen, is het relevant op te merken de verscheidenheid van bronnen van binnenmilieu-polluenten in woningen breder dan enkel de aspecten waarop het beleid betrekking heeft. Bovenstaande analyse naar de verschillen tussen VOS in beide Surveillances, met een maximale periode van 16 jaar tussen de meetdata leert volgende:

- **Benzeen** in de buitomgeving daalde in de periode tussen beide meetcampagnes als resultaat van het aangepaste beleid, waardoor verwacht kan worden dat ook in de woningen de blootstelling aan benzeen proportioneel gedaald is (uit eerder onderzoek is immers geweten dat de buitenomgeving de belangrijkste benzeenbron binnen is, indien geen andere significante bronnen, zoals roken, aanwezig zijn in de woning). Het rookgedrag van de deelnemers van Surveillance 2 veroorzaakt echter een verhoging van de binnenconcentratie aan benzeen, tot het gemiddelde concentratieniveau dat in de eerste Surveillance gemeten werd. Omwille van deze vaststelling kunnen de benzeendata van beide Surveillances niet samengevoegd worden tot één integrale dataset.
- Wijzigend beleid, met name de inwerkingtreding van de REACH-verordening, heeft een duidelijk meetbaar effect op de binnenconcentraties van **trichlooretheen, 1,4 dichloorbenzeen** en **tolueen** in Surveillance 2. Ook voor deze VOS-componenten kunnen de meetresultaten van de twee Surveillances niet samengevoegd worden tot één integrale dataset.
- MTBE en tetrachlooretheen vertoonden een lichte daling in de meest recente Surveillance, wat waarschijnlijk toe te schrijven is aan het gebruik van alternatieven.
- Geurmoleculen (α-pineen, d10-limoneen en 3-careen) kwamen in quasi vergelijkbare concentraties voor, net als hexaan, heptaan en cyclohexaan.
- Omwille van de aangepaste analysemethode bevinden de gerapporteerde **TVOS** zich in een andere grootteorde. Daarom wordt voorgesteld om ook deze somparameter van beide Surveillances niet samen te voegen tot één integrale dataset.

Met deze vaststellingen in het achterhoofd, worden de concentraties van de VOS-componenten opgesomd in Tabel 3, gerapporteerd in één integrale dataset, met een gemiddelde VOS-concentraties

op basis van metingen in maximaal 468 Vlaamse woningen. Anderzijds worden de gemeten concentraties voor de componenten opgesomd in Tabel 4 niet samengevoegd tot één integrale dataset.

Tabel 3 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024

	Surveillance 2008-2024						
	Eenheid: µg/m³						
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
MTBE	µg/m³	468	1,53	93,0	0,55	6,46	6,23
Benzeen	µg/m³	468	1,65	29,2	1,72	4,76	2,53
Trichloroetheen	µg/m³	468	0,30	12,0	0,10	0,70	1,07
Tolueen	µg/m³	468	29,82	7704	10,9	57,1	357
Tetrachloroetheen	µg/m³	468	1,19	195	0,22	2,52	9,81
Ethylbenzeen	µg/m³	468	1,29	30,0	1,21	4,86	2,25
m- + p-Xyleen	µg/m³	468	3,64	78,0	3,30	13,0	6,92
Styreen	µg/m³	468	0,25	28,0	0,10	0,52	1,34
o-Xyleen	µg/m³	468	1,24	14,5	1,19	5,00	2,01
1,2,4-Trimethylbenzeen	µg/m³	468	3,50	138	2,81	13,6	9,00
1,4-Dichlorobenzeen	µg/m³	468	0,17	6,90	0,10	0,29	0,47
Hexaan	µg/m³	292	2,18	74,0	1,73	8,44	5,18
Heptaan	µg/m³	292	2,67	54,0	2,06	9,54	6,42
Cyclohexaan	µg/m³	292	2,22	58,0	1,62	7,41	5,43
n-Butylacetaat	µg/m³	215	2,73	38,0	2,68	10,0	4,71
α-Pineen	µg/m³	215	8,60	164	7,70	31,2	19,8
3-Careen	µg/m³	215	2,87	60,0	2,63	10,8	5,9
d10-Limoneen	µg/m³	215	29,4	500	27,4	101	52,6

Tabel 4 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024; niet samen te voegen tot een integrale dataset

	Surveillance 2 - 2023-2024						Surveillance 1 - 2008-2012					
	Eenheid: µg/m³						Eenheid: µg/m³					
Component	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
Benzeen	22	1,64	8,0	1,68	5,77	1,92	446	1,65	29,2	1,73	4,70	2,56
waarvan rokers°	*12*	*3,3*	*8,0*	-	-	*2,6*						
waarvan niet-rokers°	*10*	*0,9*	*2,0*	-	-	*0,5*						
Trichloroetheen	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	446	0,31	12,0	**0,1**	0,72	1,10
Tolueen	22	6,3	65	4,7	14,9	13,7	446	31	7704	11,1	57,3	366
1,4-Dichlorobenzeen	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	446	0,18	6,9	**0,1**	0,30	0,48
TVOS*	22	106	408	116	262	89	446	437	7517	463	933	550

*De TVOC-analysemethode is tussen de Surveillances gewijzigd. Daarom is het belangrijk om beide datasets zorgvuldig te vergelijken.

° Omwille van het relatief hoge aandeel rokers in Surveillance 2, wordt een opdeling gemaakt tussen benzeenconcentraties gemeten in woningen waarin minstens één roker woont en woningen waarin geen rokers wonen.

3.3 ALDEHYDEN

Tabel 5 toont een overzicht van de aldehydeconcentraties, bepaald in Surveillance 1 en Surveillance 2. Uit de tabel blijkt dat zowel de gemiddelde, de P75 als de P95-concentraties van beide Surveillances van dezelfde grootteorde zijn, doch wat lager zijn in Surveillance 2. De maximaal gemeten concentraties in Surveillance 1 overschrijden duidelijk deze van Surveillance 2. Deze vaststelling geldt voor formaldehyde, acetaldehyde en de somparameters.

Tabel 5 Aldehyden, gemeten tijdens Surveillance 2 en Surveillance 1

		Surveillance 2 2						Surveillance 1 1					
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gem.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gem.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
Formaldehyde	µg/m³	22	22,0	47	28,2	45,5	10,4	450	26,1	180	31	59,0	16,4
Acetaldehyde	µg/m³	22	6,2	17,0	7,6	16,6	4,2	450	8,5	264	9,3	18,4	16,0
Totaal aldehyden	µg/m³	22	41	95	51	90,6	18,2	450	48	252	54	92,4	24,6
Andere aldehyden (totaal)	µg/m³	22	12,3	32	15,3	31,9	8,0	450	13,5	120	16,7	29,9	9,4

3.3.1 In het licht van een evoluerend beleidskader m.b.t. binnenmilieu

Ten gevolge van de gezondheidseffecten die ze kunnen veroorzaken, zijn zowel formaldehyde als acetaldehyde onderdeel van beleidsinitiatieven met als doel de blootstelling van burgers te beperken. Beide componenten worden daarom expliciet vermeld in het Belgische Vloerbedekkingsdecreet (KB 8 mei 2014 betreffende de emissies van gevaarlijke stoffen uit vloerbekledingen en hun hechtingsmiddelen), waarbij de uitstoot ervan uit vloerbedekkingsmateriaal geplafonneerd is in producten die op de markt mogen komen. Dit beleid kwam in voege na afloop van Surveillance 1, en kan dus een invloed hebben in woningen waarin recente renovaties van vloeren plaatsvonden. In Surveillance 2 werd echter geen recente renovatie of verfraaiing gemeld door de deelnemers, waardoor een impact van dit beleid niet verwacht wordt op deze dataset.

Formaldehyde maakt sinds kort ook deel uit van de REACH-regelgeving (Verordening 2023/1464, 2023, Annex XVII No. 1907/2006, entry 77), waarbij producten met een uitstoot hoger dan (a) 0,062 mg/m³ voor meubels en hout-gebaseerde producten, en (b) 0,080 mg/m³ voor andere producten dan meubels en hout-gebaseerde producten, niet op de markt mogen komen vanaf 1 augustus 2026. Omwille van de tijdslijn, kan deze wetgeving geen impact hebben op de hier gerapporteerde data.

3.3.2 In het licht van renovaties

De impact van renovaties had een meetbaar effect op de meetresultaten van Surveillance 1, waarbij een significante associatie vastgesteld werd tussen recente renovatiewerken in de woning en de somparameter totaal aldehyden. In woningen met recente renovaties werd toen een gemiddelde concentratie van 53,1 ± 18 µg/m³ gemeten, terwijl dit in woningen zonder renovaties 45,5 ± 33 µg/m³ bedroeg. In de woningen die deel uitmaakten van Surveillance 2 werden geen recente renovaties gerapporteerd. De gemiddelde totaal aldehyden-concentratie in Surveillance 2 (41 µg/m³) ligt

bijgevolg zeer dicht bij de waarde die in Surveillance 1 werd vastgesteld in woningen zonder recente renovaties.

3.3.3 Aldehyden in Surveillance 1 + 2

Op basis van deze analyse en vaststellingen met betrekking tot de aldehydeconcentraties gemeten in Surveillance 1 en 2, worden de data samengevoegd tot één volledige dataset, zoals weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Aldehyden, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024

		Surveillance 2008-2012 en 2023-2024 gecombineerd					
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gem.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
Formaldehyde	µg/m³	472	26,0	180	31,0	58,3	16,2
Acetaldehyde	µg/m³	472	8,43	264	9,10	18,0	15,7
Totaal aldehyden	µg/m³	472	47,8	252	54,0	92,3	24,4
Andere aldehyden (totaal)	µg/m³	472	13,4	120	16,7	30,1	9,4

3.4 STIKSTOFDIOXIDE

Naast benzeen kende ook NO_2 sinds 2000 een aanzienlijke daling in de buitenlucht, zoals getoond werd in Figuur 17 (in 2008 daalde de gemiddelde concentratie tot 91% van de concentratie gemeten in 2000, in 2023 zette deze daling zich verder tot 42% van de jaargemiddelde NO_2-concentratie in 2000). Deze afnames zijn het resultaat van de succesvolle implementatie van maatregelen om de emissies van verontreinigende stoffen in de buitenomgeving te beperken, zoals de invoering van de EUO-norm die de uitstoot van NOx door dieselwagens sterk beperken (De luchtkwaliteit in 2024: voorlopige balans — Nederlands), de afnemende populariteit van dieselwagens, en de algemene NOx-daling in alle sectoren, alsook Europese regelgeving (zoals de Industrial Emission Directive en de Large Combustion Plant Directive).

NO_2 werd enkel gemeten tijdens Surveillance 1. De resultaten toonden dat NO_2 binnenshuis zeer sterk bepaald wordt door (1) de afstand van de woning tot de weg, en (2) het al dan niet aanwezig zijn van installaties met een open verbranding van aardgas in de woning (zoals een gasfornuis of een open gaskachel). Beide parameters bleken een statistisch significant effect te hebben op de NO_2-concentratie in Vlaamse woningen (Surveillance van klachtenvrije woningen, Samenvattende rapportering 2008-2012, 2013/MRG/R/022).

Koken op een gasformuis is, naast de buitenomgeving, een gekende binnenbron van NO_2. In Surveillance 2 werd echter voornamelijk elektrisch gekookt. Daarom werd deze parameter niet opgenomen in het meetplan van Surveillance 2. Verwacht wordt, dat de gemiddelde NO_2-concentraties binnenshuis in Vlaanderen eenzelfde dalende trend vertonen als de buitenconcentraties (zie Figuur 17).

Rekening houdend met de aanzienlijke daling in de buitenniveaus van NO_2 die de voorbije twee decennia in Vlaanderen werd waargenomen, mag worden aangenomen dat ook de gemiddelde binnenshuisconcentraties van NO_2 in vergelijkbare mate zijn afgenomen (met uitzondering van

woningen waar gekookt wordt op een gasfornuis zonder gebruik van een dampkap) en dat de NO_2-data getoond in Tabel 7 de actuele NO_2-concentraties in Vlaamse woningen overschrijden.

Tabel 7 NO_2, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2012

	Surveillance 1						
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gem.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
NO_2	µg/m³	449	15,8	93	19,0	33,0	9,6

3.5 KOOLSTOFDIOXIDE

3.5.1 In het licht van ventilatiesystemen en seizoenseffecten

De CO_2-concentraties in de woonkamers tijdens beide campagnes vertonen een zeer sterke overeenkomst, ondanks de periode van 12 tot 16 jaar tussen de twee meetcampagnes (Tabel 8). Terwijl de gemiddelde CO_2-concentratie in de woningen van Surveillance 1 731 ± 193 ppm (maximum 1645 ppm) bedroeg, was deze in de woningen van Surveillance 2 724 ± 201 ppm (maximum 1375 ppm).

Deze sterke overeenkomst is opmerkelijk, gelet op de maatschappelijke evolutie naar duurzaam bouwen en de EPB-regelgeving in het kader van de EU-doelstellingen om alle gebouwen tegen 2050 CO_2-neutraal te maken; waarbij een ventilatiesysteem een verplichting is. In Surveillance 1 beschikte slechts 10% van de onderzochte woningen over een mechanisch ventilatiesysteem (al gaf 96% van de deelnemers ook aan hoofdzakelijk te verluchten via openen van ramen), terwijl in Surveillance 2 18% beschikte over mechanische ventilatie. Op basis hiervan zouden gemiddeld lagere CO_2-concentraties in de woningen van Surveillance 2 verwacht worden.

Anderzijds werden beide meetcampagnes in verschillende seizoenen uitgevoerd: terwijl het merendeel van de metingen in Surveillance 1 plaats vond in de lente, zomer of herfst, werden de metingen in Surveillance 2 specifiek uitgevoerd tijdens het verwarmingsseizoen; de periode waarin bewoners doorgaans minder gaan verluchten met als doel warmteverliezen (en dus ook energiefactuur)te beperken. gemiddelde relatieve vochtigheid 51 ± 9 %, en in Surveillance 2 45 ± 8 %.

De meetresultaten van Surveillance 2 tonen dat beide effecten elkaar opheffen in deze dataset: hoewel in Surveillance 2 het aandeel mechanisch geventileerde woningen hoger is (waarin lagere CO_2-concentraties), bleek een aantal bewoners van woningen zonder mechanische ventilatie in Surveillance 2 bewust minder te verluchten tijdens het verwarmingsseizoen om energiekosten te beperken (zo bleek uit de bewonersbevraging). Hierdoor wordt in de dataset van Surveillance 2 gemiddeld een CO_2-concentratie gemeten die bijna gelijk is aan deze die van in Surveillance 1.

In Surveillance 1 werden geen metingen uitgevoerd in slaapkamers. Uit de hogere CO_2-niveaus die in de slaapkamers van Surveillance 2 werden gemeten, blijkt dat de ventilatie daar aanzienlijk minder efficiënt verloopt dan in de woonkamers. Deze tendens wordt frequent in woningen waargenomen: ventilatiesystemen werken soms in een lagere stand of worden uitgeschakeld tijdens de nacht, ramen en deuren worden vaak gesloten om geluidshinder te beperken, waardoor CO_2 zich ophoopt tijdens de nacht.

Bij vergelijking van de fysische parameters, blijkt dat de binnentemperaturen in beide meetcampagnes zeer vergelijkbaar zijn, ondanks de verschillende seizoenen waarin beide campagnes uitgevoerd werden.

- In Surveillance 1 werd in de woonkamers een gemiddelde binnentemperatuur van 21 °C vastgesteld, met een gemiddelde maximumwaarde (i.e. hoogst gemeten temperatuur tijdens de metingen van 1 week in een woning) van 24 °C en een gemiddelde minimumwaarde van 14,8 °C (i.e. laagst gemeten temperatuur tijdens de metingen van 1 week in een woning).
- In Surveillance 2 bedroeg de gemiddelde waarde 20,9 °C, met een gemiddelde maximum van 23 °C en een gemiddelde minimum van 16 °C.

De temperatuur in de slaapkamers (uitsluitend gemonitord tijdens Surveillance 2) was lager dan deze in de woonkamers, met een gemiddelde van 19,4 °C en een gemiddelde minimumwaarde van 13,2 °C. Dit kan toegeschreven worden aan het feit dat, zoals uit de bevragingen bleek, slaapkamers vaak niet worden verwarmd.

De relatieve vochtigheid in de woningen vertoonde geen significante verschillen tussen beide Surveillances; in Surveillance 1 was de gemiddelde relatieve vochtigheid 51 ± 9 %, en in Surveillance 2 45 ± 8 %.

Tabel 8 Overzicht van CO_2, temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht in Surveillance 1 en 2

	Surveillance 2 (Woonkamer)							Surveillance 2 (Slaapkamer)							Surveillance 1						
Component	**Aantal**	**Gemid.**	**Min.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Min.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Min.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
	CO_2 (ppm)																				
Gemiddelde CO_2-concentratie woning	20	724	459	1375	809	1355	201	21	795	436	1195	872	1194	227	441	732	416	1645	841	1100	193
Laagste CO_2-concentraties woning	20	491	415	782	506	773	84	21	482	403	664	493	658	68	441	483	69	1726	538	650	138
Maximum CO_2-concentratie woning	20	1319	738	3981	1343	3881	701	21	1637	789	5069	1792	4836	969	441	1407	411	3465	1659	2478	521
	Temperatuur (°C)																				
Gemiddelde temperatuur woning	20	20,9	16	25,2	22,6	25,2	2,8	21	19,4	13,2	24,9	21,5	24,9	3,5	444	21	14,8	27,6	22,4	24,8	2,2
Minimum temperatuur woning	20	16	9,5	21,7	18,6	21,7	3,5	21	15,6	11	21,7	17,5	21,5	2,9	444	18,4	10,0	32,6	20,2	22,9	2,8
Maximum temperatuur woning	20	23	17,7	28,8	24	28,7	3	21	21,6	14,4	27,1	23,6	27,1	3,2	444	24,2	16,5	41,7	25,8	30,0	3,4
	Relatieve vochtigheid (%)																				
Gemiddelde RV woning	20	45	30	62	49	62	8	21	49	34	73	54	72	11	441	51	28	74	58	67	9
Minimum RV woning	20	37	24	56	41	56	9	21	41	28	68	45	68	11	441	40	6	70	46	58	10,2
Maximum RV woning	20	60	43	83	64	83	9	21	64	43	86	74	85	12	441	63	32	87	70	79	10,1
	Windsnelheid (m/s)																				
Gemiddelde windsnelheid woning	22	0,012	0,000	0,120	0,020	0,070	0,022	22	0,011	0,000	0,100	0,010	0,067	0,020	431	0,074	0,0001	0,71	0,084	0,199	0,078

Wat betreft de tochtmetingen in de woningen geldt dat de meetwaarden in de tijd sterk variabel zijn en bijgevolg moeilijk te interpreteren zijn. De specifieke omstandigheden op het moment van de meting (zoals openstaande ramen of deuren, plaats ten opzichte van lucht toe- of afvoer, aanwezige personen en hun activiteiten) hebben een aanzienlijke invloed op het meetresultaat. Dit verklaart waarschijnlijk waarom er geen directe correlatie werd vastgesteld tussen de tochtmetingen enerzijds en de CO_2-metingen of de bevragingen over ventilatie anderzijds. Daarnaast werd in Surveillance 2 gemeten met een gevoeliger meettoestel dan in Surveillance 1. Ook hierdoor zijn de datasets niet rechtstreeks met elkaar te vergelijken.

Daarom wordt er voorgesteld deze data uit de tochtmetingen niet op te nemen in de samengevoegde dataset van Surveillance 1 en Surveillance 2.

3.5.2 CO_2, temperatuur en relatieve vochtigheid in Surveillance 1 + 2

De datasets van Surveillance 1 en 2 worden samengevoegd tot één volledige dataset, zoals weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 CO_2, temperatuur en relatieve vochtigheid, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024

	Surveillance 2008-2012 en 2023-2024 gecombineerd																				
	Enkel woonkamers							Enkel slaapkamers (alleen in Surv. 2)							Woonkamers en slaapkamers						
Component	**Aantal**	**Gemid.**	**Min.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Min.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Min.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
	CO_2 (ppm)																				
Gemiddelde CO_2-concentratie woning	461	731	416	1645	840	1100	193	21	795	436	1195	872	1194	227	482	734	416	1645	841	1118	195
Laagste CO_2-concentraties woning	461	484	69*	1726	537	650	136	21	482	403	664	493	658	68	482	484	69*	1726	537	650	134
Maximum CO_2-concentratie woning	461	1403	411	3981	1641	2478	530	21	1637	789	5069	1792	4836	969	482	1413	411	5069	1657	2485	556
	Temperatuur (°C)																				
Gemiddelde temperatuur woning	464	21,0	14,8	27,6	22,4	24,9	2,2	21	19,4	13,2	24,9	21,5	24,9	3,5	485	20,9	13,2	27,6	22,4	24,9	2,3
Minimum temperatuur woning	464	18,3	9,5	32,6	20,1	22,9	2,9	21	15,6	11	21,7	17,5	21,5	2,9	485	18,2	9,5	32,6	20,1	22,7	3,0
Maximum temperatuur woning	464	24,2	16,5	41,7	25,7	30,0	3,4	21	21,6	14,4	27,1	23,6	27,1	3,2	485	24,0	14,4	41,7	25,7	30,0	3,4
	Relatieve vochtigheid (%)																				
Gemiddelde RV woning	461	51,1	27,7	74	57,5	67	9,0	21	49	34	73	54	72	11	482	51,0	27,7	74	57,5	67	9,2
Minimum RV woning	461	39,8	6,4	70	46,0	58	10,1	21	41	28	68	45	68	11	482	39,8	6,4	70	46,0	58	10,2
Maximum RV woning	461	62,7	22,7	87	70,0	79	10,2	21	64	43	86	74	85	12	482	62,9	31,7	87	70,3	80	10,2

*Waarschijnlijk te wijten aan een technisch defect van de sensor.

HOOFDSTUK 4: CONCLUSIE, DE INTEGRALE DATASET SURVEILLANCE 2008-2024

4.1.1 Volledige dataset van de Surveillance naar klachtenvrije woningen 2008-2024

Tabel 10 toont een overzicht van de data, verzameld in maximaal 472 Vlaamse woningen van de Surveillance naar klachtenvrije woningen in de periode tussen 2008 en 2024.

Tabel 10 Overzicht volledige dataset Surveillance van klachtenvrije woningen, 2008-2024

		Surveillance 2008-2024					
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
MTBE	µg/m³	468	1,53	93,0	0,55	6,46	6,23
Tetrachloroetheen	µg/m³	468	1,19	195	0,22	2,52	9,81
Ethylbenzeen	µg/m³	468	1,29	30,0	1,21	4,86	2,25
m- + p-Xyleen	µg/m³	468	3,64	78,0	3,30	13,0	6,92
Styreen	µg/m³	468	0,25	28,0	0,10	0,52	1,34
o-Xyleen	µg/m³	468	1,24	14,5	1,19	5,00	2,01
1,2,4-Trimethylbenzeen	µg/m³	468	3,50	138	2,81	13,6	9,00
Hexaan	µg/m³	292	2,18	74,0	1,73	8,44	5,18
Heptaan	µg/m³	292	2,67	54,0	2,06	9,54	6,42
Cyclohexaan	µg/m³	292	2,22	58,0	1,62	7,41	5,43
n-Butylacetaat	µg/m³	215	2,73	38,0	2,68	10,0	4,71
α-Pineen	µg/m³	215	8,60	164	7,70	31,2	19,8
3-Careen	µg/m³	215	2,87	60,0	2,63	10,8	5,9
d10-Limoneen	µg/m³	215	29,4	500	27,4	101	52,6
Formaldehyde	µg/m³	472	26,0	180	31,0	58,3	16,2
Acetaldehyde	µg/m³	472	8,43	264	9,10	18,0	15,7
Totaal aldehyden	µg/m³	472	47,8	252	54,0	92,3	24,4
Tot. andere aldehyden	µg/m³	472	13,4	120	16,7	30,1	9,4
NO_2	µg/m³	449	15,8	93	19,0	33,0	9,6
Gemiddelde CO_2	ppm	461	731	1645	840	1100	193
Laagste CO_2	ppm	461	484	1726	537	650	136
Maximum CO_2	ppm	461	1403	3981	1641	2478	530
Gemiddelde T	°C	464	21	27,6	22,4	24,9	2,2
Minimum T	°C	464	18,3	32,6	20,1	22,9	2,9
Maximum T	°C	464	24,2	41,7	25,7	30,0	3,4
Gemiddelde RV	%	461	51	74	57,5	67	9,0
Minimum RV	%	461	40	70	46	58	10,1
Maximum RV	%	461	63	87	70	79	10,2

Componenten waarvan de resultaten van beide Surveillances, tengevolge van de evolutie van het milieubeleid of evoluties in analytische mogelijkheden voor chemische analyse, niet samengevoegd kunnen worden, worden opgelijst in Tabel 11.

Tabel 11 Vluchtige Organische Stoffen, gemeten in klachtenvrije woningen tussen 2008 en 2024; niet samen te voegen tot een integrale dataset

	Surveillance 2 - 2023-2024						**Surveillance 1 - 2008-2012**					
	Eenheid: µg/m³						Eenheid: µg/m³					
Component	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**
Benzeen	22	1,64	8,0	1,68	5,77	1,92	446	1,65	29,2	1,73	4,70	2,56
waarvan rokers°	*12*	*3,3*	*8,0*	*-*	*-*	*2,6*						
waarvan niet-rokers°	*10*	*0,9*	*2,0*	*-*	*-*	*0,5*						
Trichloroetheen	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	446	0,31	12,0	**0,1**	0,72	1,10
Tolueen	22	6,3	65	4,7	14,9	13,7	446	31	7704	11,1	57,3	366
1,4-Dichlorobenzeen	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	446	0,18	6,9	**0,1**	0,30	0,48
TVOS	22	106	408	116	262	89	446	437	7517	463	933	550

° Omwille van het relatief hoge aandeel rokers in Surveillance 2, wordt een opdeling gemaakt tussen benzeenconcentraties gemeten in woningen waarin minstens één roker woont en woningen waarin geen rokers wonen.

Hierbij dienen volgende opmerkingen gemaakt te worden:

- **TVOS** van beide Surveillances worden niet samengevoegd: ten gevolge van vernieuwde softwaremogelijkheden werd de analysemethode doorheen de jaren geoptimaliseerd van een manuele naar een geautomatiseerde methode. Hierdoor zijn de gerapporteerde data van een andere grootteorde, en niet te integreren in deze integrale dataset
- **Tocht** werd in Surveillance 2 gemeten met een gevoeliger meettoestel dan in Surveillance 1, maar ook omwille van de significante invloed van de meetomstandigheden is het complex om deze data samen te integreren in deze integrale dataset
- **Benzeen** in de buitenomgeving in Vlaanderen duidelijk daalde in de periode tussen de uitvoering van Surveillance 1 en 2 dankzij evoluties in het milieubeleid, wat een daling van de binnenconcentraties tot gevolg heeft. Echter, het rokersgedrag van deelnemers aan Surveillance 2 compenseerde deze concentratiedaling, waardoor de gemiddelde binnenconcentratie in beide datasets gelijk blijken. Binnenshuis roken is niet representatief voor de gemiddelde woning in Vlaanderen, en daarom worden beide datasets voor benzeen niet samengevoegd.
- -De concentraties **trichlooretheen, 1,4 dichloorbenzeen en tolueen** waren tijdens Surveillance 2 lager dan tijdens Surveillance 1. Dit ten gevolge van een gewijzigd beleid en/of omwille van veranderend productgebruik in de omgeving.

- De gerapporteerde **NO_2** moet beschouwd worden als een overschatting van de actuele binnenluchtkwaliteit.

4.1.2 Surveillance naar klachtenvrije woningen 2008-2024 in het licht van het Vlaams Binnenmilieubesluit

In Tabel 12 wordt het profiel van 'de gemiddelde' klachtenvrije Vlaamse woning, op basis van data verzameld tussen 2008-2024 vergeleken met de richt- en interventiewaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit.

Daarbij dient opgemerkt te worden dat tot voor 2018 de interventiewaarde van benzeen uit het Vlaams Binnenmilieubesluit onafhankelijk was van de buitenconcentratie. Benzeen in de corresponderende buitenlucht werd daarom niet gemeten in Surveillance 1. Daarom worden in Tabel 13 enkel de data van Surveillance 2 in rekening gebracht voor vergelijking met de Interventiewaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit; net zoals trichlooretheen, tolueen, 1,4-dichloorbenzeen en TVOS, waarvan de concentratieniveaus tussen Surveillance 1 en Surveillance 2 niet vergelijkbaar zijn (zie paragraaf 4.1.1).

Doorgaans is het aandeel overschrijdingen van het Vlaams Binnenmilieubesluit laag. Het hoogste aandeel overschrijdingen wordt gezien voor benzeen. Specifiek voor benzeen, dient opgemerkt te worden dat de buitenconcentratie in 13 van de 22 meetlocaties hoger was dan de interventiewaarde 0.4 µg/m³. In deze 13 locaties wordt de interventiewaarde gelijkgesteld aan de buitenconcentratie; waarna in 16 van de 22 woningen de inteventiewaarde overschreden werd. Dit hoge overschrijdingspercentage (73%) is voornamelijk gevolg van het hogere aandeel aan rokers in de studiepopulatie van Surveillace 2.

Tabel 12 Surveillance 2008-2024 ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit

	Surveillance 2008-2024							Vlaams Binnenmilieu Besluit		Surveillance woningen – overschrijdingen RW	Surveillance woningen – overschrijdingen IW
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P95**	**P75**	**Stdev**	**Richtwaarden**	**Interventiewaarden**	**Aantal (%)**	**Aantal (%)**
MTBE	µg/m³	468	**1,53**	93,0	6,46	0,55	6,23	-	-		
Tetrachloroetheen	µg/m³	468	**1,19**	195	2,52	0,22	9,81	4 µg/m³	38 µg/m³	16 (3%)	2 (0,4%)
Ethylbenzeen	µg/m³	468	**1,29**	30,0	4,86	1,21	2,25	-	-		
m- + p-Xyleen	µg/m³	468	**3,64**	78,0	13,0	3,30	6,92	-	-		
Styreen	µg/m³	468	**0,25**	28,0	0,52	0,10	1,34	260 µg/m³	2500 µg/m³	0 (0%)	0 (0%)
o-Xyleen	µg/m³	468	**1,24**	14,5	5,00	1,19	2,01	-	-		
1,2,4-Trimethylbenzeen	µg/m³	468	**3,50**	138	13,6	2,81	9,00	-	-		
Hexaan	µg/m³	292	**2,18**	74,0	8,44	1,73	5,18	-	-		
Heptaan	µg/m³	292	**2,67**	54,0	9,54	2,06	6,42	-	-		
Cyclohexaan	µg/m³	292	**2,22**	58,0	7,41	1,62	5,43	-	-		
n-Butylacetaat	µg/m³	215	**2,73**	38,0	10,0	2,68	4,71	-	-		
α-Pineen	µg/m³	215	**8,60**	164	31,2	7,70	19,8	-	-		
3-Careen	µg/m³	215	**2,87**	60,0	10,8	2,63	5,9	-	-		
d10-Limoneen	µg/m³	215	**29,4**	500	101	27,4	52,6	-	-		
Formaldehyde	µg/m³	472	**26,0**	180	58,3	31,0	16,2	-	100 µg/m³		2 (0,4%)
Acetaldehyde	µg/m³	472	**8,43**	264	18,0	9,10	15,7	160 µg/m³	480 µg/m³	2 (0,4%)	0 (0%)

Totaal aldehyden	µg/m³	472	**47,8**	252	92,3	54,0	24,4	-	-		
Tot. andere aldehyden	µg/m³	472	**13,4**	120	30,1	16,7	9,4	-	-		

	Surveillance 2008-2024							Vlaams Binnenmilieu Besluit		Surveillance woningen – overschrijdingen RW BiMi	Surveillance woningen – overschrijdingen IW BiMi
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P75**	**P95**	**Stdev**	**Richtwaarden**	**Interventiewaarden**		
Gemiddelde CO_2	ppm	461	**731**	1645	840	1100	193	< 500 ppm boven buitenconcentratie*	-	80 (17%)	-
Maximum CO_2	ppm	461	**1403**	3981	1641	2478	530	-	-	-	-
Gemiddelde T	°C	464	**21,0**	27,6	22,4	24,9	2,2	20°C ≤ T ≤ 24°C (koude jaarhelft) 22°C ≤ T ≤ 26°C (warme jaarhelft)	-	Koude.: 70 van 130 (54%) < 20°C 6 van 130 (5%) ≥ 24°C Warmte.: 44 van 107 (41%) < 22°C 7 van 107 (7%) ≥ 26°C	-
Gemiddelde RV	%	461	**51,1**	74	57,5	67	9,0	40% ≤ RV < 60% (koude jaarhelft) 30% ≤ RV < 70% (warme jaarhelft)	-	Koude.: 27 van 132 (20%) < 40% 2 van 132 (2%) > 60% Warmte.: 0 van 107 (0%) < 30% 4 van 107 (4%) >70%	-

*Voor beide surveillances is een gemiddelde buitenconcentratie van 400 ppm aangehouden.

Tabel 13 Surveillance 2023-2024 ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit

	Surveillance 2023-2024							Vlaams Binnenmilieu Besluit		Surveillance woningen – overschrijdingen richtwaarden	Surveillance woningen – overschrijdingen interventiewaarden
Component	**Eenh.**	**Aantal**	**Gemid.**	**Max.**	**P95**	**P75**	**Stdev**	**Richtwaarden**	**Interventiewaarden**	**Aantal (%)**	**Aantal (%)**
Benzeen*	µg/m³	22	1,64	8,0	1,68	5,77	1,92	0,4 µg/m³ *		16 (73%)	
Trichloroetheen	µg/m³	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	0,2 µg/m³	2,5 µg/m³	0	0
Tolueen	µg/m³	22	6,3	65	4,7	14,9	13,7	5 mg/m³	14 mg/m³	0	0
1,4-Dichlorobenzeen	µg/m³	22	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	0,00	-	-	0	0
TVOS	µg/m³	22	106	408	116	262	89	300 µg/m³	1000 µg/m³	1 (4,5%)	0

* Volgens het Binnenmilieubesluit: *"van toepassing als concentratie buitenlucht < 0,4 µg/m³ is, in elk ander geval geldt de buitenluchtconcentratie als interventiewaarde".*

4.1.3 Conclusie

Samenvattend, kunnen volgende conclusies geformuleerd worden op basis van de hier voorliggende analyse van Surveillance 1 en 2:

1. **Beleidsimpact op VOS**: Nieuwe regelgeving (EU-initiatieven rond emissiereductie, REACH, vloerbedekkingsdecreet) heeft geleid tot duidelijke dalingen in concentraties van benzeen, trichlooretheen, 1,4-dichloorbenzeen en tolueen. Voor deze stoffen kunnen de datasets niet samengevoegd worden.
2. **Benzeen en roken**: De daling van de benzeenconcentratie in de buitenomgeving, kan niet vastgesteld worden in de gemiddelde binnenconcentratie die gemeten werd in Surveillance 2 door het grotere aandeel aan woningen waarin binnenshuis gerookt wordt. Dit maakt integratie van benzeendata onmogelijk.
3. **TVOS niet vergelijkbaar**: De totale VOS-concentratie daalde sterk, maar door een gewijzigde analysemethode zijn de resultaten niet rechtstreeks vergelijkbaar.
4. **Aldehyden stabiel en samenvoegbaar**: Formaldehyde en acetaldehyde zijn iets lager in Surveillance 2, maar van dezelfde grootteorde, waardoor deze datasets wel gecombineerd kunnen worden.
5. **CO_2, temperatuur en vochtigheid blijven stabiel**: Ondanks EPB-regelgeving en meer mechanische ventilatie, blijven CO_2-waarden vergelijkbaar. Deze data zijn samengevoegd.
6. **NO_2 niet opnieuw gemeten**: Op basis van dalende buitenniveaus wordt aangenomen dat ook binnenshuis een sterke daling optrad sinds 2008.

BIBLIOGRAFIE

Surveillance van klachtenvrije woningen, Samenvattende rapportering 2008-2012. Studie uitgevoerd in opdracht van team Milieugezondheidszorg van het Agentschap Zorg en Gezondheid en het departement Leefmilieu, Natuur en Energie, LNE. Rapportnummer 2013/MRG/R/022, 2012.

Surveillance naar klachtenvrije woningen; aandacht voor mensen in maatschappelijk kwetsbare posities. Studie uitgevoerd in opdracht van departement Zorg van de Vlaamse Overheid. Rapportnummer 2024/EI/R/2024.