

Goede binnenluchtkwaliteit voor onze gezondheid

Position paper TNO

Auteurs: Dr. Roberto Traversari en Ir. Piet Jacobs

Inleiding

Met dit document beoogt TNO beleidsmakers te informeren over de noodzaak om maatregelen te nemen om de luchtkwaliteit in huizen en bedrijfsgebouwen in Nederland te verbeteren. Slechte luchtkwaliteit leidt tot aandoeningen zoals astma, chronische bronchitis en COPD. Dit brengt forse kosten met zich mee voor het zorgsysteem. Op basis van gegevens uit meerdere onderzoeken heeft TNO vastgesteld dat de maatschappelijke kosten door de ziektelast oplopen tot **EUR 7,8 miljard per jaar**. Het reduceren van deze ziektelast met slechts enkele procenten zou dus al tot forse besparingen kunnen leiden.

Oproep aan beleidsmakers

Slechte kwaliteit van de binnenlucht leidt tot een ziektelast van EUR 7,8 miljard per jaar. Toch is er in Nederland op dit moment nauwelijks aandacht voor het onderwerp. Want wat je niet ziet, dat is er niet, zo lijkt de perceptie. Er is een grote kans om de gezondheid in Nederland te verbeteren en zorgkosten omlaag te brengen. De volgende maatregelen kunnen hieraan bijdragen:

- 1) Voeg binnenlucht toe aan het preventieakkoord;
- 2) Start een bewustwordingscampagne;
- 3) Voor nieuwbouwwoningen: stel kaders voor gezondere binnenlucht;
- 4) Voor bestaande woningen: ondersteun aanpassing en installatie van ventilatiesystemen;
- 5) Voer een monitoringsprogramma binnenluchtkwaliteit uit;
- 6) Bereid onderzoeksprogramma's naar pandemische paraatheid en ventilatie uit naar binnenluchtkwaliteit in algemene zin;
- 7) Beleg het onderwerp bij een coördinerend ministerie.

Hoe kom je tot de € 7,8 miljard per jaar?

De ziektelast uitgedrukt in DALYs maakt het mogelijk gezondheidsschade door verschillende stoffen te kwantificeren.¹ DALY staat voor *Disability Adjusted Life Years*. Dit is een veel gebruikte en breed geaccepteerde maat om de ziektelast te kwantificeren. De DALY is de som van verloren levensjaren door vroegtijdige sterfte en het aantal jaren dat mensen met beperkingen leven ten gevolge van ziekte.

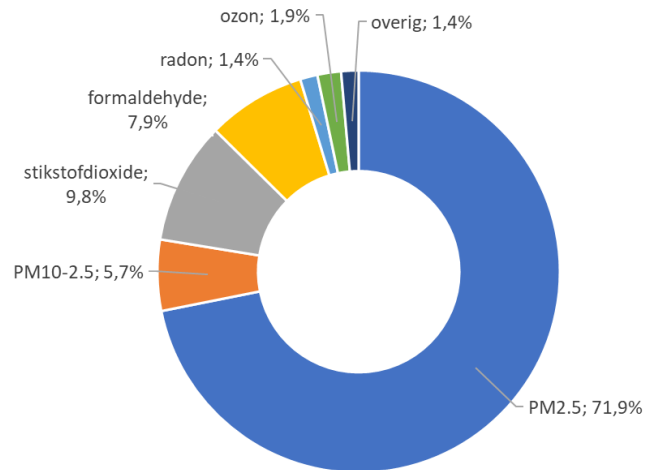
TNO heeft berekend dat in Nederland de binnenmilieu-gerelateerde ziektelast rond de 685 DALYs per 100.000 personen per jaar ligt. De uitgangspunten voor de berekening zijn toegevoegd in de bijlage. Uitgaande van een monetaire waarde voor een gezond levensjaar van € 80.000, een bevolkingsomvang van 18 miljoen mensen en de inschatting dat we gemiddeld 80% van de tijd in een gebouw verblijven, resulteert dit in een maatschappelijke kostenpost van € 7,8 miljard per jaar.²⁻⁶

Wat zijn de meest gevaarlijke stoffen?

Uit internationaal onderzoek blijkt dat slechts zes verontreinigingen in de binnenlucht verantwoordelijk zijn voor 99% van de ziektelast door verontreinigingen in de binnenlucht.⁷ Voor Nederland levert fijnstof (PM10 en PM2.5) de grootste bijdrage (ca. 78%) aan verloren gezonde levensjaren. Stikstofdioxide (9,8%), formaldehyde (7,9%) ozon (1,9%) en radon (1,4%) volgen op afstand. Deze stoffen zijn een belangrijke bron van aandoeningen zoals COPD, astma, chronische bronchitis en respiratoire allergieën.

Fijnstof zoals PM2.5 en PM10-2.5 komt vanuit buiten door verkeer, industrie en landbouw.⁸⁻¹⁰

Fijnstof wordt echter ook in woningen zelf geproduceerd door koken en branden van kaarsen, wierrook, etc.. Stikstofoxide emissie komt onder andere vrij door uitlaatgassen van verkeer maar ook bij het verbranden van aardgas, bijvoorbeeld bij koken.



Figuur 1. Procentuele bijdrage van verontreinigingen in de binnenlucht aan de ziektelast in Nederland.

Wat kunnen huishoudens en bedrijven zelf doen?

In woningen en andere gebouwen kan je zelf ook al de concentraties van schadelijke stoffen reduceren door:

1. **Goed te ventileren.** Ventileer goed door de aanwezige ventilatievoorzieningen op juiste wijze te gebruiken, zie bijvoorbeeld www.ventilerenzogedaan.nl en hou rekening met ventilatie bij verbouwingen en renovaties.
2. **Goede luchtfilters.** Gebruik goede luchtfilters in het luchttoevoerkanaal (en onderhoud deze goed).
3. **Kookafzuiging.** Pas goede kookafzuiging (afzuigkap) toe en gebruik die op juiste wijze.
4. **Ramen.** Hou ramen in gebouwen in de buurt van drukke wegen gesloten.
5. **Reduceer emissie binnen het gebouw.** Vermijd zo veel mogelijk het brandende van kaarsen, geurkaarsen, wierrook etc. en stap indien mogelijk over naar koken op elektriciteit.
6. **Luchtreinigers.** Luchtreinigers kunnen de concentratie fijnstof reduceren. Let hierbij wel op het feit dat sommige typen luchtreinigers ook schadelijke stoffen produceren zoals ozon (O₃) en uitsluitend de fijnstof concentratie reduceren.

Wat kan de overheid doen?

Hieronder zijn een aantal kernpunten aangegeven die de basis kunnen vormen voor overheidsbeleid op het gebied van de binnenluchtkwaliteit:

1. **Preventiemaatregel.** Maak goede binnenluchtkwaliteit een preventiemaatregel als onderdeel van het preventieakkoord en diens opvolgers bijvoorbeeld onder het thema “Gezonde omgeving en zorg”.^{8,9}
2. **Bewustwording.** Creëer bewustwording bijvoorbeeld door een bewustwordingscampagne^a waarbij wordt geadviseerd hoe met aanwezige voorzieningen zou moeten worden omgegaan en hoe je het ventilatiesysteem het beste kunt verbeteren bij aanpassingen en renovaties.
3. **Nieuwbouwwoningen.** Zorg voor voorzieningen in nieuwbouwwoningen die voorkomen dat schadelijke stoffen (met name fijnstof) vanuit de buitenlucht naar binnen komen en zorg er voor dat voorzieningen voor kookafzuiging worden aangebracht zodat schadelijke stoffen en vocht effectief uit een woning worden afgevoerd.
4. **Bestaande woningen.** Laat voor bestaande woningen de aanpassing van ventilatiesystemen door particulieren en verhuurders ook binnen (subsidie) regelingen vallen.

^a Bijvoorbeeld op basis van www.ventilerenzogedaan.nl

5. **Monitoring.** Zorg voor een monitoringsprogramma van de binnenluchtkwaliteit in woningen onderverdeeld naar type woning, bouwjaar locatie, voorzieningen etc. Maak de aanschaf van “binnenklimaat sensoren” om daarmee verontreinigingen zichtbaar te maken door bewoners aantrekkelijk en adviseer hoe hiermee om moet worden gegaan. Hiermee kan de concentratie van de meest schadelijke stoffen in een woning door de bewoners zelf gemeten en gemonitord worden en kan actie worden ondernomen of zelf of via de verhuurders.
6. Bereid **onderzoeksprogramma’s** met betrekking tot pandemische paraatheid en ventilatie uit naar de binnenluchtkwaliteit in algemene zin en specifiek op het monitoren van de binnenluchtkwaliteit in gebouwen (ten minste voor de concentratie aan fijnstof PM2.5 en PM10, stikstofdioxide en formaldehyde). Monitoring van de binnenluchtkwaliteit sluit ook aan bij artikel 13 lid 4 en lid 10d van de EPBD IV¹⁰. Bij een aantal programma’s op het gebied van pandemische paraatheid wordt veel onderzoek gedaan naar het mogelijke effect van ventilatie op het voorkomen van blootstelling en besmettingen veelal op basis van deeltjes. Deze programma’s verbreden naar binnenluchtkwaliteit is een effectieve route omdat het benodigde kennisnetwerk reeds aanwezig.
7. **Coördinerend ministerie.** Om deze punten effectief in beleid om te zetten is het verstandig om het onderwerp binnenluchtkwaliteit bij een coördinerend ministerie te beleggen. Op dit moment valt wet- en regelgeving over het onderwerp onder ten minste vijf ministeries. Zie de tabel in de bijlage voor een uitsplitsing van relevante wet- en regelgeving per departement.

Bijlage 1: Uitgangspunten berekening ziektelast

De volgende concentratiegegevens uit Nederlandse monitoringsstudies zijn gebruikt om de ziektelast in Nederland te berekenen. Hierbij is gebruik gemaakt van de modellen van Gioberti Morantes, wetenschapper aan de Universiteit van Nottingham, die onderzoeken heeft uitgevoerd naar 44 verschillende verontreinigingen in woningen.⁷

- PM2.5^b: Het Be Aware-project (2017-2018) mat PM2.5 in 100 woningen. De gemiddelde concentratie was 8,2 µg/m³.¹¹ Ook roken draagt bij aan een hoge concentratie fijnstof in woningen. Volgens het Trimbos Instituut rookte in 2023 19% van de volwassenen.¹² Van de mensen die niet zelf roken wordt 8,1% minimaal 1 keer per week en 2,7% zelfs elke dag in een binnenruimte blootgesteld aan tabaksrook.
- PM10^c: Gegevens uit een onderzoek in 10 woningen in Groningen in 2009 toonden aan dat de PM10-concentratie binnenshuis gemiddeld 18,5 µg/m³ bedroeg. Uitgaande van de Be Aware PM2.5 concentratie bedroeg de PM10-2,5^d fractie in Groningen 10,3 µg/m³.¹³
- Stikstofdioxide (NO₂): Op basis van meetdata uit het CLASP-project in 40 Nederlandse woningen (2023), de gemiddelde NO₂ buitenluchtconcentratie in 2021 en het percentage woningen waarin op gas wordt gekookt wordt in Nederlandse woningen een jaargemiddelde NO₂-concentratie van gemiddeld 11,8 µg/m³ voorspeld.¹⁴⁻¹⁶
- Formaldehyde: Metingen uit 2004/2005 rapporteerden een gemiddelde binnenluchtconcentratie in woningen van 12,6 µg/m³.¹⁷
- Vluchtige Organische componenten (VOC): Van de 37 vluchtige organische koolwaterstoffen (VOC) waarvan een HI (Harm Intensity) bekend is, zijn van 10 VOC's de concentraties in woningen gerapporteerd.¹³ Voor de overige 27 VOC met HI zijn internationale waarden aangehouden.⁷
- Radon: De gemiddelde concentratie in 2023 was 21,7 Bq/m³, tegenover 15,7 Bq/m³ in 2013/2014. Mogelijke oorzaak van de toename is verminderde ventilatie tijdens de energiecrisis.¹⁸
- Ozon: Er zijn geen directe metingen binnenshuis beschikbaar. Een schatting van 25% van de buitenluchtconcentratie (48 µg/m³) resulteert in een binnenshuisconcentratie van 12 µg/m³.^{19,20} Sommige luchtreinigers in huis veroorzaken zelf verontreiniging van ozon. Volgens een literatuurstudie uitgevoerd door het Bureau Risicoboordeling & onderzoek (NVWA) genereren de meeste luchtreinigers die op basis van ozon werken een ozonconcentratie die de grenswaarde van 40 µg/m³ (WHO) ruimschoots overschrijdt.²¹

^b PM staat voor particulate matter vrij vertaald fijnstof. Bij PM2.5 is dat de concentratie deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer in microgram per m³ lucht.

^c PM staat voor particulate matter vrij vertaald fijnstof. Bij PM10 is dat de concentratie deeltjes kleiner dan 10 micrometer in microgram per m³ lucht.

^d PM staat voor particulate matter vrij vertaald fijnstof. De fractie PM10-2.5 is de concentratie deeltjes kleiner dan 10 micrometer maar groter of gelijk aan 2,5 micrometer in microgram per m³ lucht.

Bijlage 2: Uitsplitsing wet- en regelgeving per departement

Tabel 1. Wet- en regelgeving en verantwoordelijke departementen.

Onderwerp	Wet- en regelgeving	Departement
Ventilatiecapaciteit in gebouwen zoals woningen, kantoren en scholen	Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)	Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening
Arbeidsomstandigheden; de werkgever draagt zorg voor een veilige en gezonde werkomgeving	Arbeidsomstandighedenwet	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
Publieke gezondheid via lucht besmettelijke infectieziekten zoals COVID	Volksgesondheidsbeleid / advisering via RIVM en GGD-richtlijnen	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
Maximaal toelaatbare concentraties verontreinigende stoffen in de buitenlucht	Besluit kwaliteit leefomgeving	Minister van Infrastructuur en Milieu
Verplichte CO ₂ -sensor in elk klaslokaal om de luchtkwaliteit in scholen te duiden	Wet Primair Onderwijs & Programma Frisse Scholen	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

Bijlage 3: Onderzoekshiaten

Slechte binnenlucht is in Nederland een belangrijke bron van verschillende aandoeningen maar is nog maar beperkt in beeld gebracht. De volgende onderwerpen vereisen nader onderzoek:

- › Om een nog beter beeld te krijgen van de situatie in Nederland is het belangrijke de ontbrekende gegevens voor Nederlandse woningen betreffen de PM_{10-2.5} fractie en ozonconcentraties grootschalig te monitoren.
- › De concentraties aan schimmels in gebouwen is voor Nederland niet bekend. Eerdere schattingen uit het buitenland komen op een bijdrage van 11% aan de ziektelast door vocht en schimmel.²² In de studie van Morantes was de bijdrage van schimmels echter marginaal. Dit is onder andere het gevolg omdat momenteel nog maar slechts één (*Cladosporium*) van de in het binnenmilieu voorkomende schimmelsoorten in de DALY berekening is opgenomen. Uit een recent onderzoek blijkt daarnaast dat 20% van de huishoudens last heeft van vocht en schimmels.²³ Dit percentage is met 5% punten toegenomen ten opzichte van 2021. De oorzaak hiervoor is niet expliciet onderzocht maar dit kan een relatie hebben met energiearmoede (lagere temperatuur instellingen en minder ventileren i.v.m. de energiekosten) en energetische renovatie van woningen (o.a. na isolatie en kierdichting) zonder aanpassing van het ventilatiesysteem waardoor er minder verse lucht toevoer plaatsvindt. Het effect hiervan op de ziektelast is nog onduidelijk.
- › Het gebruik van ozon-emitterende apparaten (bijvoorbeeld sommige typen luchtreinigers) vereist nader onderzoek. Studies van de NVWA tonen aan dat veel van deze apparaten de WHO-limiet voor ozon overschrijden.^{21,24}

Referenties

1. Gao T, Wang XC, Chen R, Ngo HH, Guo W. Disability adjusted life year (DALY): A useful tool for quantitative assessment of environmental pollution. *Sci Total Environ*. 2015;511:268-287. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.11.048
2. Enzing J, Knies S, Zwaap J. *Beoordelingskader Kosteneffectiviteit van Zorg: Afweging van Effecten En Kosten*; 2024.
3. Schweizer C, Edwards RD, Bayer-Oglesby L, et al. Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2007;17(2):170-181. doi:10.1038/sj.jes.7500490
4. Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2001;11(3):231-252. doi:10.1038/sj.jea.7500165
5. Kecorius S, Tamayo EG, Galvez MC, et al. Activity pattern of school/university tenants and their family members in metro Manila – Philippines. *Aerosol Air Qual Res*. 2018;18(9):2412-2419. doi:10.4209/aaqr.2018.02.0069
6. Klous G, Smit LAM, Borlée F, et al. Mobility assessment of a rural population in the Netherlands using GPS measurements. *Int J Health Geogr*. 2017;16(1). doi:10.1186/s12942-017-0103-y
7. Morantes G, Jones B, Molina C, Sherman MH. Harm from Residential Indoor Air Contaminants. *Environ Sci Technol*. 2024;58(1):242-257. doi:10.1021/acs.est.3c07374
8. ministerie van Volksgezondheid W en S (VWS). *Nationaal - Naar Een Gezonder Nederland*; 2018. Accessed February 26, 2025. www.nationaalpreventieakkoord.nl
9. Suijkerbuijk AWM, De Wit GA, Wijga AH, et al. Societal costs of asthma, COPD and respiratory allergy. *Ned Tijdschr Geneesk*. 2013;157(50). <http://www.ntvg.nl/publicatie/maatschappelijke-kosten-van-astma-copd-en-respiratoire-allergie>
10. Het Europees Parlement. Energy Performance Directive Building IV (NL). 2024;1275:1-68.
11. Jacobs P, Hoes-van Oeffelen ECM, Vijlbrief O, Kornaat W. Openbaar eindrapport TKI Be Aware Bewustwording van binnenluchtkwaliteit in woningen: bronnen en effectieve energie-efficiënte interventie strategieën. Published online 2020:148. <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3A2b40ecf6-f819-4fbb-93a9-514799c27568>
12. van Aerde M, Bommelé J, Walters BH, Willemsen M. *Factsheet Kerncijfers Roken 2023*; 2023. <https://www.trimbos.nl/aanbod/webwinkel/tri-64-010-kerncijfers-roken-2023/>
13. Hall EF, Dusseldorp A, Aries MBC, Knoll B. *Verbindingen in Lucht En Huisstof van Woningen*; 2009.
14. Jacobs P, D. M, Beelen A, Cornelissen HJM, Topal A, Vijlbrief O. *Health Effects in EU from Cooking on Gas - Phase II Field Study*; 2023. <https://publications.tno.nl/publication/34641471/zD0Xiz/TNO-2023-R11809.pdf>
15. Delgado. *Assessment of the Health Impacts and Costs Associated with Indoor Nitrogen Dioxide Exposure Related to Gas Cooking in the European Union and the United Kingdom*; 2024. <https://repositori.uji.es/items/156fbd65-070d-4ca4-9856-9415513d505f>
16. Eurostat. *Energy Consumption in Households /11zs -- Energy Consumption in Households, 2008-2020*; 2022. https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__asen/statfin_asen_pxt_11zs.px/table/tableViewLayout1/
17. Dongen J Van, Vos H. *Gezondheidsaspecten van Woningen in Nederland*; 2007.
18. Velsma V, Verbeek-Spijkerman J, Dekkers F, Hengeveld A, Jansen T, Claassen L. *Radon in Nederlandse Woningen, Op Reguliere Werkplekken En Voor Het Publiek Toegankelijke Gebouwen*; 2024. doi:DOI 10.21945/RIVM-2024-0126
19. Nazaroff WW, Weschler CJ. Indoor ozone: concentrations and influencing factors. *Indoor Air*. 2022;32:12942. doi:https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ina.12942
20. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Ozon (O3). <https://www.samenmeten.nl/ozon-o3>
21. Bureau Risicobeoordeling & onderzoek. *De Gezondheidsrisico's van Ozonemissie Uit Luchtreinigers*; 2023. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18566877>
22. Jantunen M, Oliveira EF, Carrer P, Kephelopoulous S. *Promoting Actions for Healthy Indoor Air (IAIAQ)*; 2011. https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/healthy_environments/docs/env_iaiaq.pdf
23. 1 op de 5 huishoudens heeft last van vocht of schimmel in de woning | CBS. Accessed April 14, 2025. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2025/15/1-op-de-5-huishoudens-heeft-last-van-vocht-of-schimmel-in-de-woning>
24. WHO. *WHO Global Air Quality Guidelines*; 2021.