



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

# Gezondheidsgevolgen van **houtrook**: een update van een verkennend literatuuronderzoek



# **Gezondheidsgevolgen van houtrook: een update van een verkennend literatuuronderzoek**

RIVM-briefrapport 2023-0335

## Colofon

© RIVM 2023

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook [www.rivm.nl/toegankelijkheid](http://www.rivm.nl/toegankelijkheid).

DOI 10.21945/RIVM-2023-0335

K.J. Rijs (auteur), RIVM  
J. van Triel (auteur), RIVM  
S. Simon (auteur), RIVM  
J. Ridder (auteur), RIVM  
R.P. Bogers (auteur), RIVM  
F. Borlée (auteur), RIVM  
M.E. Gerlofs-Nijland (auteur), RIVM

Contact:

[info@rivm.nl](mailto:info@rivm.nl)

Dit onderzoek is verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, directie Duurzame Leefomgeving en Circulaire Economie in het kader van de opdracht DLO.21 Houtstook van Programma 24 Duurzame Leefomgeving.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Gevolgen van houtrook voor de gezondheid: een update van verkennend literatuuronderzoek**

Het is bekend dat er stoffen in de rook van brandend hout zitten die schadelijk zijn voor de gezondheid. Er is alleen geen eenduidig bewijs wat voor gevolgen het voor de gezondheid kan hebben als mensen in en buiten hun huis blootstaan aan houtrook. De resultaten in de internationale wetenschappelijke literatuur zijn daarvoor te verschillend.

Zo blijkt uit een onderzoek in Nederland uit 2021 dat meer mensen last hebben van kortademigheid op dagen dat er meer houtrook in de buitenlucht zit. Ook gebruiken zij vaker medicijnen voor luchtwegklachten. Ook in enkele internationale onderzoeken zijn gezondheidseffecten gevonden bij volwassenen en kinderen. Voorbeelden zijn COPD, slechtere longfunctie, longontsteking, longkanker, oorontsteking bij kinderen en een lager geboortegewicht. Maar in andere studies zijn deze effecten niet gevonden.

Een van de problemen voor de bewijsvoering is dat de blootstelling aan vervuilende stoffen van houtrook nog niet goed in kaart is gebracht. In veel onderzoeken wordt deze niet gemeten maar door mensen zelf benoemd. Dit gebeurt aan de hand van vragen over het hebben van een houtkachel en hoe vaak en wanneer mensen die gebruiken. Een nauwkeurige schatting van de blootstelling is op deze manier niet mogelijk. Daarnaast bepalen veel meer eigenschappen in een woning aan hoeveel rook mensen in of buiten een woning blootstaan. Denk aan de hoeveelheid ventilatie of het type houtkachel of open haard. Niet alle onderzoeken houden hiermee rekening.

Onderzoeken waarin wel vervuilende stoffen zijn gemeten, hebben dat meestal buiten gedaan en niet binnen. En dat terwijl de meeste mensen het grootste gedeelte van hun tijd binnen doorbrengen.

Ook is nog weinig onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten van houtstook van anderen dan de stoker zelf. Denk aan burens en kwetsbare groepen, zoals zwangere vrouwen of personen met een chronische ziekte. Het RIVM vindt daarom dat beter en uitgebreider onderzoek nodig is om gezondheidseffecten van houtrook voor stokers en niet-stokers preciezer in te kunnen schatten.

Dit blijkt uit een verkennend literatuuronderzoek van het RIVM. Deze conclusie is in lijn met twee eerdere literatuuronderzoeken van het RIVM uit 2011 en 2019.

**Kernwoorden:** houtrook, houtstook, binnenmilieu, buitenmilieu, stokers, gezondheid, houtkachel, open haard



## Synopsis

### **Effects of woodsmoke on health: an update following an exploratory literature review**

It is known that the smoke from burning wood can contain substances that are harmful to health. However, there is no conclusive evidence as to the possible health effects of people being exposed to woodsmoke inside and outside their homes. The results in the international scientific literature are too varied to draw any definite conclusions.

For example, a study in the Netherlands in 2021 revealed that more people experience shortness of breath on days when there is more woodsmoke in the air. They are also more likely to use medication for respiratory symptoms. Several international studies have also identified health effects in adults and children. Examples include COPD, reduced lung function, pneumonia, lung cancer, ear infections in children and lower birth weight. However, these effects were not found in other studies.

One of the problems when it comes to gathering evidence is that exposure to pollutants from woodsmoke is difficult to quantify. In many studies, exposure is reported rather than measured. To gather these reports, people are asked to complete a questionnaire on whether they have a wood-burning stove and when and how often they use it. An accurate estimate of exposure is not possible with this approach. In addition, there are many more characteristics of a home that determine how much smoke people are exposed to inside or outside of it, such as the rate of ventilation and the type of wood-burning stove or fireplace. Not all studies take these factors into account.

Studies that do measure pollutants usually do so outside and not inside. This is despite the fact that most people spend the majority of their time indoors.

Few studies were performed on the possible health effects of woodsmoke for those other than the person using the stove or fireplace, such as neighbours and vulnerable groups like pregnant women and people with a chronic illness. Better and more comprehensive studies are needed, with better exposure assessment, to get a better into the health effects of woodsmoke.

This is the conclusion of an exploratory literature review by RIVM. This conclusion is in line with two previous literature reviews by RIVM published in 2011 and 2019.

**Keywords:** woodsmoke, wood burning, indoor environment, outdoor environment, health, wood-burning stove, fireplace





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 13**

#### **2 Werkwijze — 15**

#### **3 Resultaten — 17**

- 3.1 Longen en luchtwegen — 18
  - 3.1.1 Reviews — 19
    - 3.1.1.1 Reviews RIVM (2011 en 2019) — 19
    - 3.1.1.2 Review van Guercio et al. (2022) — 19
    - 3.1.1.3 Review van Guercio et al. (2021) — 21
    - 3.1.1.4 Review van Karanasiou et al. (2021) — 22
  - 3.1.2 Primaire onderzoeken — 23
  - 3.1.3 Conclusie — 25
- 3.2 Hart- en vaatziekten — 27
  - 3.2.1 Reviews — 28
  - 3.2.2 Primaire onderzoeken — 29
  - 3.2.3 Conclusie — 29
- 3.3 Kanker — 30
  - 3.3.1 Reviews — 30
  - 3.3.2 Primaire onderzoeken — 31
  - 3.3.3 Conclusie — 31
- 3.4 Neurologische effecten — 31
  - 3.4.1 Reviews — 32
  - 3.4.2 Conclusie — 32
- 3.5 Middenoorontsteking — 33
  - 3.5.1 Reviews — 33
  - 3.5.2 Primair onderzoek — 34
  - 3.5.3 Conclusie — 34
- 3.6 Geurhinder en slaapverstoring — 34
  - 3.6.1 Conclusie — 35
- 3.7 Overige gezondheidsgevolgen — 35
  - 3.7.1 Primaire onderzoeken — 36
  - 3.7.2 Conclusie — 37

#### **4 Conclusies — 39**

- 4.1 Gezondheidsgevolgen van houtrook in het algemeen — 39
- 4.2 Gezondheidsgevolgen van houtrook bij stokers en niet-stokers — 40
- 4.3 Gezondheidsgevolgen van houtrook bij kwetsbare groepen — 41
- 4.4 Samenvatting — 42

### **Bijlage 1 de zoekstrategie — 43**

### **Literatuurlijst — 47**



## Samenvatting

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft het RIVM gevraagd na te gaan wat de mogelijke gezondheidsgevolgen zijn van blootstelling aan houtrook binnen en buiten een woning. Er is specifiek gevraagd om na te gaan wat de mogelijke gevolgen zijn van blootstelling aan houtrook op de gezondheid voor de stoker, voor niet-stokers en gevoelige groepen (zoals zwangere vrouwen, kinderen of personen met een chronische ziekte). Om deze vragen te beantwoorden, is een verkennend literatuuronderzoek uitgevoerd.

Dit verkennend literatuuronderzoek is een update van het literatuuronderzoek van Hagens et al. (2011) en het daaropvolgende literatuuronderzoek van Mathijssen et al. (2019). Reviews en primaire onderzoeken die al in die rapporten zijn samengevat, worden hier niet nogmaals samengevat. Voor dit verkennend literatuuronderzoek naar de gezondheidsgevolgen van houtrook zijn de wetenschappelijke literatuurdatabases Embase en Scopus tot en met juli 2023 doorzocht en de grijze literatuur. Voor de periode tot aan 2019 is gebruikgemaakt van systematische reviews, omdat die voldoende beschikbaar waren. Vanaf 2019 is als aanvulling de literatuur volledig doorzocht.

Dit rapport kijkt alleen naar relevante blootstellingen voor de gebruikelijke situatie in Nederland en andere westerse landen. De volgende onderzoeken zijn uitgesloten, omdat de blootstelling onvergelijkbaar is met de Nederlandse situatie: toxicologisch onderzoek met dieren of cellen, in ontwikkelingslanden uitgevoerd onderzoek, onderzoek naar de effecten van houtrook die vrijkomt bij koken op hout, en de effecten van bosbranden.

### **Gezondheidsgevolgen van houtrook in het algemeen**

Het meeste onderzoek is uitgevoerd naar gevolgen voor de longen en luchtwegen. Blootstelling aan houtrook wordt in meerdere internationale onderzoeken geassocieerd met onder andere COPD, verslechterde longfunctie en longontsteking. Uit Nederlands onderzoek blijkt dat blootstelling aan houtrook geurhinder en slaapverstoring veroorzaakt. Recent werd in een onderzoek in Nederland een verband gevonden met kortademigheid in rust en toegenomen medicijngebruik voor luchtwegklachten (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). Er zijn echter ook meerdere onderzoeken die geen verband vinden. Er is nog te weinig onderzoek uitgevoerd naar andere effecten dan longen en luchtwegen, zoals geboortegewicht en dementie, om conclusies te kunnen trekken.

De onderzoeken naar het verband tussen blootstelling aan houtrook en gezondheid laten dus wisselende resultaten zien. Het is echter bekend dat houtrook schadelijk is voor de gezondheid. Houtrook bevat namelijk altijd schadelijke stoffen waarvan de effecten bekend zijn, zoals fijnstof en roet. De mate van blootstelling aan deze schadelijke stoffen zal bepalen of en hoe vaak er gevolgen voor de gezondheid zijn. Zoals ook geconcludeerd is in Hagens et al. (2011) en Mathijssen et al. (2019) en

later weer in Guercio et al. (2021; 2022), zijn er kwalitatief betere epidemiologische studies nodig om de gezondheidsgevolgen van houtrook beter te kwantificeren. Een belangrijke beperking in de beschikbare studies is de bepaling van blootstelling aan houtrook. Deze is vaak niet precies bekend.

### **Gezondheidsgevolgen van houtrook bij stokers en niet-stokers**

Wanneer alleen het onderzoek bij stokers wordt bekeken, veranderen de conclusies niet. Er is relatief veel onderzoek uitgevoerd bij stokers. Er worden wisselende resultaten gevonden wat het verband met de gezondheid betreft. Een beperking van het onderzoek bij stokers is dat de blootstelling vaak gebaseerd wordt op zelfrapportage.

Er is te weinig onderzoek naar de blootstelling van stokers aan houtrook van barbecues of vuurkorven en het verband met gezondheid om conclusies te kunnen trekken: er is slechts één onderzoek gevonden waarin de blootstelling aan van een barbecue afkomstige rook is onderzocht.

Onderzoek gericht op niet-stokers (oftewel omwonenden) is nog weinig uitgevoerd. Er zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd naar het verband tussen gemeten aanwezigheid van stoffen afkomstig van houtrook in de buitenlucht en gezondheid. Het is daarbij meestal onbekend wie van de onderzochte personen een houtkachel of open haard gebruikten.

Daardoor kunnen de studies niet gebruikt worden om het risico voor niet-stokers te bepalen. Er zijn drie onderzoeken gevonden waarin niet-stokers apart zijn onderzocht (Samenwerking Houtrookonderzoek 2022; Noonan et al., 2012; Bennet et al., 2010). Twee daarvan vonden een verband tussen houtrook in de buitenlucht en de gezondheid van de niet-stokers. In het Samenwerking Houtrookonderzoek (2022) wordt een verband gevonden tussen meer houtrook in de buitenlucht en kortademigheid in rust en toegenomen medicijngebruik voor luchtwegklachten bij niet-stokers. Noonan et al. (2012) vond een verband tussen een afname in fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) in de buitenlucht en een afname in het voorkomen van een piepende adem, luchtweginfecties (verkoudheid, bronchitis, influenza) en keel ontsteking bij niet-stokers. Bij stokers werd hetzelfde verband gevonden. Dit verband verschilde dus niet tussen stokers en niet-stokers. Tot slot is er nog een derde onderzoek uitgevoerd bij niet-stokers. Er werd daarin geen verband gevonden tussen het voorkomen van luchtwegklachten en het wonen in een gebied waar veel gestookt wordt, ongeacht of de personen zelf stookten of niet (Bennet et al., 2010). Bij veel van het onderzoek waarin de blootstelling buiten wordt gemeten is dus niet bekend of de onderzochte personen zelf hout stookten of niet. Wat het verband met gezondheid betreft lieten ook deze onderzoeken wisselende resultaten zien (Guercio et al., 2022; Guercio et al., 2021).

### **Gezondheidsgevolgen van houtrook bij kwetsbare groepen**

Er is relatief veel onderzoek uitgevoerd bij kinderen. In meerdere onderzoeken wordt een verband gevonden tussen blootstelling aan houtrook en gezondheidsgevolgen bij kinderen, maar er zijn ook onderzoeken die geen verband vinden. De onderzoeken hebben dezelfde beperkingen als hierboven genoemd. Voor overige kwetsbare subgroepen is nog te weinig onderzoek uitgevoerd.

## **Conclusie**

De in het huidige literatuuronderzoek samengevatte onderzoeken geven aanwijzingen dat houtrookblootstelling zoals die zich in de Nederlandse situatie kan voordoen, nadelige effecten heeft voor de gezondheid. Er zijn echter ook onderzoeken die geen verband vinden met gezondheid en veel onderzoeken hebben nog beperkingen.

Epidemiologische onderzoeken van betere kwaliteit zijn nodig om gezondheidsgevolgen van houtrook beter te kwantificeren. Ook in eerder gepubliceerde RIVM rapporten (Hagens et al., 2011; Mathijssen et al., 2019) werd geconcludeerd dat de blootstellingsbepaling verbeterd dient te worden. Ondanks dat bekend is dat houtrook altijd stoffen bevat die schadelijk zijn voor de gezondheid, komt uit het epidemiologisch onderzoek geen eenduidig bewijs voor een verband met gezondheid. Een belangrijke, terugkerende beperking van het epidemiologisch onderzoek is de blootstellingsbepaling. Er zijn objectieve en kwantitatieve metingen nodig. Verder zijn andere uitkomsten dan longen en luchtwegen nog weinig onderzocht en is meer onderzoek nodig gericht op niet-stokers (omwonenden) en bepaalde kwetsbare groepen. Er is daarom beter en uitgebreider onderzoek nodig, vooral wat betreft de blootstelling, om de gezondheidseffecten van houtrook preciezer in te kunnen schatten.



## 1 Inleiding

Er is gebrek aan kennis over het effect op de gezondheid van blootstelling aan houtrook in concentraties die in de praktijk vrijkomen bij het stoken van hout in bijvoorbeeld houtkachels, open haarden en vuurkorven. Bij houtverbranding komt een mengsel aan stoffen vrij. Van een aantal stoffen is bekend dat ze nadelig voor de gezondheid kunnen zijn. Houtrook bestaat onder meer uit koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), water, fijnstof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>), anorganische gassen zoals koolmonoxide (CO) en stikstofoxiden (NO), vluchtige organische stoffen (VOS; onder andere benzeen, styreen, 1,3 butadieen), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's; onder meer benzo(a)pyreen), aldehyden, fenolen en quinonen (onder andere formaldehyde) en organische zuren (Hagens et al., 2011; Mathijssen et al., 2019; Naeher et al., 2007).

Mensen kunnen zowel binnenshuis als buitenshuis met houtrook in aanraking komen. Bij gebruik van open haarden, maar ook bij houtkachels binnenshuis, komt een deel van de verbrandingsrook direct in het binnenmilieu terecht. De stoker zal hierdoor blootgesteld worden aan houtrook. Het grootste deel van de houtrook wordt via de schoorsteen in de omgeving uitgestoten. Door ventilatie en infiltratie van de buitenlucht komt echter een deel hiervan weer in het huis van de stoker maar ook van de niet-stoker (oftewel de omwonenden) (Hagens et al., 2011). Verschillende factoren bepalen de samenstelling van het mengsel van stoffen dat bij houtverbranding wordt uitgestoten (Hagens et al., 2011). Bijvoorbeeld meteorologische omstandigheden, het type hout dat verbrand wordt (vochtgehalte en behandeling van het hout), het type kachel of het stookgedrag (goede ventilatie, schoonmaken schoorsteen). Recente metingen binnenshuis laten aanzienlijke verhogingen zien van fijnstof en ultrafijnstof in woningen wanneer de houtkachel wordt gebruikt. De toename verschilt echter sterk tussen de woningen, ook bij kachels van dezelfde soort (Charred, 2023).

In 2011 en 2018 heeft het RIVM een literatuurstudie naar de gezondheidsgevolgen van houtrook gepubliceerd. Sindsdien zijn er meer publicaties verschenen van studies die vaak gaan over situaties in het buitenland. Er is dan ook een update gewenst van de stand van zaken inclusief over wat dit voor de situatie in Nederland betekent.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft het RIVM gevraagd na te gaan wat de mogelijke gevolgen zijn van blootstelling aan houtrook binnen en buiten een woning op de gezondheid. Dit rapport gaat alleen in op de situatie in Nederland en andere westerse landen. Het RIVM is gevraagd om, als dat mogelijk is, deze vraag apart te beantwoorden voor:

- de stoker zelf versus niet-stokers (oftewel omwonenden);
- gevoelige groepen (zoals zwangere vrouwen, kinderen of personen met een chronische ziekte).

Om deze vragen te beantwoorden, heeft het RIVM een verkennend literatuuronderzoek uitgevoerd. Dit rapport beschrijft de resultaten daarvan.





## 2 Werkwijze

Dit verkennend literatuuronderzoek is een update van het literatuuronderzoek van Hagens et al. (2011) (gericht op onderzoek naar houtverbranding in houtkachels; houtvuren in de buitenlucht, zoals vuurkorven en barbecues zijn buiten beschouwing gelaten) en het daarop volgende literatuuronderzoek van Matthijsen et al. (2019) (gericht op blootstelling aan houtrook binnenshuis). De resultaten van deze eerdere literatuuronderzoeken worden hier kort samengevat; de onderliggende reviews en primaire onderzoeken worden hier niet nogmaals samengevat.

Voor dit verkennend literatuuronderzoek naar de gezondheidsgevolgen van houtrook zijn de wetenschappelijke literatuurdatabases Embase en Scopus doorzocht tot en met juli 2023. Systematische reviews waren voldoende beschikbaar tot aan 2019. Vanaf 2019 is als aanvulling de literatuur volledig doorzocht. Bijlage 1 beschrijft de zoektermen.

Dit is een verkenning omdat er gebruik is gemaakt van een gelimiteerde zoekstrategie die zo efficiënt mogelijk zoekt. Hierdoor blijft het aantal referenties dat doorzocht moet worden enigszins beperkt, maar is de kans dat er publicaties zijn gemist wat groter. Ook is zoveel mogelijk uitgegaan van systematische reviews. Er is geen uitgebreide kwaliteitsanalyse van de primaire onderzoeken uitgevoerd. Wel is altijd gelet op kwaliteitsaspecten en dan met name de blootstellingsbepaling, omdat dit een veelvoorkomende beperking is van onderzoek naar het verband tussen houtrook en gezondheid.

Aanvullend hebben we begin 2023 op het internet gezocht naar rapporten en dissertaties (ook wel grijze literatuur genoemd) over gezondheidsgevolgen van houtrook gepubliceerd door:

- instituten in Europa en Noord-Amerika, werkzaam op het gebied van gezondheid/milieu;
- organisaties waar auteurs van geselecteerde artikelen werken.

Hiervoor zijn de websites van diverse organisaties met de zoekmachine Google doorzocht op de termen "wood", "wood smoke", "holz", "holzrauch", "holzofen", of combinaties daarvan.

Het DART-Europe E-theses Portal (<https://www.dart-europe.org/>) is gericht doorzocht met een combinatie van de termen "wood AND health" en "wood AND combustion".

Ook is het persoonlijke archief van de onderzoekers geraadpleegd op relevante publicaties.

Aan de hand van titel en abstract zijn publicaties geselecteerd op basis van de volgende inclusie- en exclusiecriteria.

Inclusiecriteria:

- effecten van houtrook zijn onderzocht op de gezondheid in brede zin, zoals sterfte, ziekte, klachten, geurhinder;
- gezondheidsgevolgen op korte of lange termijn;

- houtrook afkomstig van diverse bronnen, zowel in huis als buiten;
- in westerse landen uitgevoerd onderzoek.

Exclusiecriteria:

- toxicologisch onderzoek met dieren of cellen is niet samengevat, omdat daarin blootstellingen worden onderzocht die niet vergelijkbaar zijn met blootstellingen die voorkomen in een normale thuissituatie;
- onderzoek waarin het effect niet wordt gemeten maar geschat (waaronder risicobeoordelingen);
- onderzoek uitgevoerd in ontwikkelingslanden (waar hout dient als primaire verwarmingsbron en als brandstof om mee te koken);
- onderzoek naar de effecten van houtrook afkomstig van koken op hout;
- onderzoek naar de effecten van houtrook afkomstig van bosbranden;
- onderzoek naar de methode om de samenstelling van houtrook te analyseren;
- onderzoek naar de uitstoot van kachels, open haarden, barbecues zonder relatie met gezondheid, et cetera;
- het effect op gedrag.

### 3 Resultaten

Vijf reviewartikelen en vijftien primaire artikelen voldeden aan de inclusiecriteria. De zoekactie naar grijze literatuur leverde alleen wetenschappelijke artikelen op, die ook al in de literatuursearch waren gevonden. Er zijn geen recente rapporten getraceerd.

Personen kunnen binnen (meestal in hun eigen huis) of buiten worden blootgesteld aan houtrook. Zij kunnen die rook zelf zowel binnen (houtkachel) als buiten (vuurkorf, BBQ) hebben veroorzaakt, of het kan zijn dat anderen binnen of buiten stoken. In epidemiologisch onderzoek naar het verband tussen houtrookblootstelling en gezondheid wordt de houtrookbepaling binnen of buiten uitgevoerd. De bepaling gebeurt door zelfrapportage of door metingen of modelleringen van stoffen waarvan bekend is dat ze in houtrook voorkomen. In veel onderzoek is gekeken naar verschillen in gezondheid tussen mensen met een houtkachel in huis (stokers) en zonder houtkachel (niet-stokers, oftewel omwonenden) of mensen die de houtkachel minder vaak gebruiken. Dit is door middel van zelfrapportage bepaald. Ook zijn er enkele onderzoeken waarbij de effecten van vervuilende stoffen afkomstig van houtrook in huis is gemeten bij kinderen van stokers.

Verskillende onderzoeken hebben gekeken naar de effecten van houtrook in de buitenlucht. De houtrookblootstelling wordt daarbij meestal geschat op basis van metingen in de buitenlucht op een centraal punt. Stoffen die worden gemeten om de aanwezigheid van houtrook te bepalen zijn onder meer fijnstof (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>), Delta-C, levoglucosan en kalium. Levoglucosan is de meest specifieke marker voor houtrook. Roet kan ook een specifieke indicator zijn voor houtrook maar alleen als er bepaalde meetapparatuur gebruikt wordt (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). De concentratie van andere stoffen die in epidemiologisch onderzoek vaak worden gemeten zoals PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> worden door houtrook beïnvloed, maar ook door andere stoffen. Deze stoffen geven dus hooguit een indicatie van de aanwezigheid van houtrook.

In deze onderzoeken is meestal niet bekend of in huis van de deelnemers hout gestookt wordt. Wanneer dat wel bekend is, kan er specifiek gekeken worden naar de gevolgen voor niet-stokers (oftewel omwonenden). Niet-stokers zijn in dat geval mensen die worden blootgesteld aan houtrook in de buitenlucht die géén houtrookbron in huis hebben.

Er zijn reviews en primaire onderzoeken gevonden over het verband tussen houtrookblootstelling en effecten op de longen en luchtwegen, hart- en vaatziekten, kanker, neurologische effecten, middenoorontsteking, hindereffecten door ervaren geuroverlast en overige gezondheidsgevolgen. Hieronder bespreken we kort de resultaten daarvan.

### 3.1 Longen en luchtwegen

Het RIVM heeft twee reviews gepubliceerd waarin literatuur werd samengevat over houtrookblootstelling en aandoeningen aan longen en luchtwegen (Hagens et al., 2011; Matthijsen et al., 2019). Recent zijn drie relevante reviews gepubliceerd (Guercio et al., 2022; Guercio et al., 2021; Karanasiou et al., 2021).

Er zijn vijf primaire onderzoeken (Leng et al., 2022; Lenssen et al., 2022; Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022; Walker et al., 2022; White et al., 2022) gepubliceerd die een verband onderzochten tussen houtrookblootstelling en de effecten op de longen en luchtwegen.

Hieronder staat een samenvatting van deze reviews en de primaire onderzoeken.

Tabel 1 vat kort de reviews en primaire onderzoeken over aandoeningen aan longen en luchtwegen samen.

*Tabel 1 Gezondheidsuitkomsten en methode gebruikt om de aanwezigheid van houtrook te bepalen in de onderzoeken over het verband met longen en luchtwegen.*

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheidsuitkomst</b>	<b>Bepaling van houtrook</b>	<b>Stoker/niet-stoker?</b>
Guercio 2022 (review)	Wisselende uitkomsten (+/-)	Binnenshuis, zelfgerapporteerd Buitenshuis, centraal meetpunt en modelleren (PM2,5, PM10 en kalium) en in 1 onderzoek zelfrapportage.	Stokers, niet-stokers en onbekend
Guercio 2021 (review bij alleen kinderen)	Wisselende resultaten (+/-)	Binnenshuis, zelfgerapporteerd of binnenmeting Buitenshuis, centraal meetpunt en modelleren (PM2,5, PM10 en kalium).	Stokers, niet-stokers en onbekend
Karanasoui 2021 (review met slechts 2 relevante onderzoeken)	Wisselende resultaten (+/-)	Buitenshuis, centraal meetpunt (PM2,5 en kalium)	Onbekend
Samenwerking Houtrookonderzoek 2022	Longfunctie (0), cortisol (0), luchtwegklachten (+) en medicijngebruik (+) bij gezonde personen en personen met astma of COPD	Buitenshuis, centraal meetpunt (verschillende stoffen, waaronder levoglucosan en roet)	Stoker

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheids-uitkomst</b>	<b>Bepaling van houtrook</b>	<b>Stoker/ niet-stoker?</b>
Leng 2022	Longfunctie (-)	Onbekend of binnen- of buitenshuis, zelfgerapporteerd	Onbekend
White 2022	Longfunctie (0) totale groep Longfunctie (-) astma patiënten FeNo (+)	Binnenshuis, zelfgerapporteerd	Stoker (vs. niet-stoker)
Lenssen 2022	Longklachten (0), longfunctie (0)	Buitenshuis, gezonde vrijwilligers stonden vlak bij een houtskool barbecue, geen metingen	Stoker
Walker 2022 (kinderen)	Infecties lagere luchtwegen (+)	Binnenshuis, gemeten fijnstof (PM <sub>2,5</sub> ) naast de houtkachel	Stoker

+/-=wisselende resultaten

+ =wel een verband: hoger/vaker

- =wel een verband: lager/minder vaak

0=geen verband

### 3.1.1 *Reviews*

#### 3.1.1.1 *Reviews RIVM (2011 en 2019)*

De literatuurreview van het RIVM uit 2019 onderzoekt de vraag of het stoken van hout van invloed is op het binnenmilieu en de gezondheid van de stoker (Matthijssen et al., 2019). Deze review bevat zestien artikelen (waaronder twee reviews) die het verband onderzochten tussen gebruik of aanwezigheid van een houtkachel of open haard en allergieën, ademhalingsklachten, en aandoeningen aan de luchtwegen en longen. Uit deze artikelen kwam geen consistent beeld naar voren. In de meeste van de geselecteerde onderzoeken was er beperkte of geen (betrouwbare) informatie over de blootstelling aan houtrook. In de meeste onderzoeken was de intensiteit van het gebruik, het type hout, het type houtkachel/open haard, hoe dicht men bij de verwarmingsbron was en hoe goed de ruimte geventileerd was, niet bekend.

De conclusie van Matthijssen et al. (2019) sluit aan bij wat het RIVM in een review uit 2011 (Hagens et al., 2011) concludeerde, namelijk dat verschillende buitenlandse epidemiologische en toxicologische studies naar de gezondheidsgevolgen van houtrook geen eenduidig beeld geven. Er waren weliswaar enkele studies waarin een verband was gevonden tussen houtkachelgebruik en gevolgen voor de luchtwegen, maar ook studies waaruit dit verband niet bleek.

#### 3.1.1.2 *Review van Guercio et al. (2022)*

Guercio et al. (2022) hebben een systematische review uitgevoerd van epidemiologische studies waarin de relatie werd onderzocht tussen blootstelling aan rook afkomstig van verbranding van vaste brandstoffen (biomassa en kolen) en gevolgen voor de luchtwegen van volwassenen in westerse landen (Europa, Noord-Amerika, Nieuw-Zeeland en

Australië). Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen houtrook bepaald binnen en buiten een woning. In het algemeen concluderen de auteurs dat het epidemiologische bewijs voor een verband tussen rookblootstelling die afkomstig is van verbranding van vaste brandstoffen en gevolgen voor de luchtwegen beperkt is.

Guercio et al. (2022) rapporteren onderzoek waarin verbanden zijn gevonden met effecten op de longen en luchtwegen, zoals COPD, verslechterde longfunctie, longontsteking en longkanker. Maar andere onderzoeken vonden geen verband. Zij concluderen daarom dat er wisselende resultaten zijn gevonden voor een verband tussen blootstelling binnenshuis en astma, luchtwegklachten, infecties en andere aandoeningen van de bovenste en onderste luchtwegen. Guercio et al. (2022) concluderen dat, ook wanneer metingen zijn gedaan van vervuilende stoffen in houtrook, de onderzochte verbanden met astma, COPD, luchtwegklachten en sterfte veroorzaakt door aandoeningen aan luchtwegen een inconsistent beeld laten zien.

Guercio et al. (2022) hebben niet het verband tussen houtrookblootstelling en gezondheid apart onderzocht voor kwetsbare groepen. Wel beschrijven zij een aantal onderzoeken bij astma en COPD-patiënten. Ze hebben geen verband gevonden met het hebben van een astma-aanval (Bennett et al., 2010), met ziekenhuisopnames door COPD (Mészáros et al., 2015; Yap en Garcia, 2015) of sterfte door COPD (Gan et al., 2013). In Gan et al. (2013) is wel een verband gevonden met ziekenhuisopname door COPD. Ook is er wel een verband gevonden tussen blootstelling aan houtrook en de ernst van astma (Bui et al., 2013).

In de door Guercio et al. (2022) samengevatte onderzoeken wordt houtrook niet altijd separaat onderzocht, maar in combinatie met andere brandstoffen (zoals kolen). Hierdoor is het eventuele effect van houtrook niet te onderscheiden.

Zoals hierboven genoemd, maken Guercio et al. (2022) een onderscheid tussen houtrook bepaald binnen en buiten een woning. Er zijn in totaal tien onderzoeken samengevat waarin houtrook binnenshuis is bepaald. Het ging daarbij altijd om zelfgerapporteerde blootstelling aan houtrook of zelfgerapporteerde gebruik van een houtkachel of open haard binnenshuis. Verder hebben Guercio et al. (2022) dertien onderzoeken samengevat waarin houtrook buitenshuis is bepaald. Guercio et al. (2022) rapporteren dat deze onderzoeken zijn uitgevoerd in gebieden waar verbranding van vaste brandstoffen binnenshuis veel voorkomt en zelfs de voornaamste bron is van luchtvervuiling buiten. In twee onderzoeken is het effect op de gezondheid onderzocht van een interventie om hout- of kolenverbranding te verminderen. Eén onderzoek heeft de zorgen van deelnemers aan het onderzoek onderzocht over blootstelling aan houtrook uit de omgeving. In de overige tien onderzoeken is de blootstelling aan houtrook bepaald door buiten de blootstelling aan stoffen te meten: fijnstof (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>) en kalium (K) niveaus.

In één onderzoek samengevat door Guercio et al. (2022) zijn niet-stokers. Er werd geen verband gevonden tussen het voorkomen van

luchtwegklachten en het wonen in een gebied waar relatief veel gestookt wordt versus in een gebied waar relatief weinig gestookt wordt in Tasmanië (Bennet et al., 2010). Wanneer die gebieden werden vergeleken met elkaar onder alleen stokers of alleen stokers, werd ook geen verband gevonden.

Guercio et al. (2022) rapporteren dat een belangrijke beperking was dat onderzoeken vaak gebruikmaakten van een vragenlijst om de blootstelling te bepalen. Er is daarbij veelal niet onderzocht of gezondheidsgevolgen toenemen bij hogere houtrookconcentraties, omdat informatie over intensiteit en frequentie van blootstelling ontbrak. In tien onderzoeken is wel de blootstelling gemeten. Hoewel metingen een objectiever inzicht in de blootstelling kunnen geven, waren er nog veel beperkingen. Zo werd de blootstelling altijd aan personen toegewezen aan de hand van hun adres, niet aan de hand van persoonlijke metingen. Ook werd vaak geen rekening gehouden met andere bronnen (zoals verkeer) of de invloed van andere vervuilende stoffen. Dit kan tot vertekening leiden van de resultaten. Andere beperkingen van de onderzoeken zijn bijvoorbeeld dat de gezondheid vaak door middel van zelfrapportage is bepaald en de invloed van vertekende factoren (bijvoorbeeld rookgedrag of sociaal economische status) niet valt uit te sluiten.

### 3.1.1.3 Review van Guercio et al. (2021)

Ook in een eerdere review en meta-analyse van Guercio et al. (2021) is er geen eenduidig verband gevonden tussen blootstelling binnenshuis door houtverbranding en het risico op astma, piepende ademhaling en hoesten. In deze review van onderzoeken uit Europa, Noord-Amerika, Nieuw-Zeeland en Australië onderzochten zij alleen kinderen. Wel is een geringe, niet-statistisch significante toename van het risico op infecties van de bovenste en onderste luchtwegen gevonden. Deze verbanden verdwenen echter als alleen onderzoeken werden samengenomen waarin correcties voor vertekende factoren waren uitgevoerd. In 48 onderzoeken werd houtrook binnenshuis onderzocht. De meeste van die onderzoeken specificeerden dat middels zelfrapportage van de aan- of afwezigheid van een houtkachel of open haard. In vier onderzoeken betrof het de houtverbranding voor koken. In twee onderzoeken zijn vervuilende stoffen (PM10 en PM2,5) binnenshuis gemeten. In deze onderzoeken gebruikten de meeste onderzochte personen (Robin et al., 1996) of alle onderzochte personen (Noonan et al., 2017) hout als primaire of enige verwarmingsbron. Er zijn geen verbeteringen gevonden in de kwaliteit van leven voor astmapatiënten (bepaald met een vragenlijst). Of een maat voor de snelheid van uitademen (de "Peak Expiratory Flow Rate"; PEF) na het vervangen van de houtkachel of het introduceren van een luchtfilteringsysteem bij astmatische kinderen. Wel is een verbetering waargenomen in de variabiliteit van een indicator voor luchtweghyperactiviteit (de "diurnal peak flow"; dPFV) en een afname van gemeten fijnstof (PM2,5) na introductie van luchtfilteringapparatuur (Noonan et al., 2017). Een verhoogd, maar niet statistisch significant, verband met infecties aan de lage luchtwegen (zoals broncholitis en longontsteking), is gevonden in Robin et al. (1996). De fijnstofmonitor werd in de kamer geplaatst waar volgens de ouders het kind het vaakst was (Robin et al. 1996).

Guercio et al. (2021) concluderen verder dat er te weinig epidemiologische onderzoeken beschikbaar waren om een uitspraak te doen over het verband tussen houtrook in de buitenlucht en de effecten op de luchtwegen bij kinderen. Twaalf onderzoeken hebben buitenshuis houtrook onderzocht. Verschillende stoffen zijn gemeten (PM10, PM2,5, levoglucosan, kalium). Eén onderzoek heeft de zorgen van personen over het voorkomen van houtrook buitenshuis onderzocht.

Bij kinderen werd geen verband met astmagerelateerde ziekenhuisopnames gevonden (Guercio et al., 2021), gebaseerd op twee primaire onderzoeken. Bij deze studies is houtrook in de buitenlucht gemodelleerd. Het is niet bekend of in huis bij de kinderen een houtkachel aanwezig was.

Eén onderzoek is opgenomen in de review die is uitgevoerd onder niet-stokers (Noonan et al., 2012). Uit deze interventie studie bleek dat de fijnstof (PM2,5) in de buitenlucht af nam met 27,6% na het vervangen van 1.100 kachels. Een verband werd gevonden tussen de afname in fijnstof en een afname in het voorkomen van een piepende adem, luchtweginfecties (verkoudheid, bronchitis, influenza) en keelontsteking. Dit verband was niet anders bij personen met een houtkachel (stokers) vergeleken met personen zonder houtkachel.

Guercio et al. (2021) beschrijven vergelijkbare beperkingen voor de onderzoeken die bij kinderen zijn uitgevoerd, zoals ook genoemd voor het onderzoek bij volwassenen Guercio et al. (2022). Er wordt niet altijd onderscheid gemaakt in het soort vaste brandstof dat is gebruikt. Er ontbreekt informatie over het huis (zoals ventilatie, gebruikte apparaat, de aanwezigheid van een schoorsteen) en de blootstelling is vaak zelfgerapporteerd. Verder blijken de uitgevoerde metingen van vervuilende stoffen binnenshuis vaak maar kort uitgevoerd (bijvoorbeeld 48 uur, Guercio et al., 2021).

#### 3.1.1.4

Review van Karanasiou et al. (2021)

Karanasiou et al. (2021) hebben een systematische review uitgevoerd van onderzoeken die de gezondheidsgevolgen van kortetermijnblootstelling aan biomassaverbranding buitenshuis onderzoeken. De meerderheid van de onderzoeken concentreerden zich op de impact van bosbranden. Zij concluderen dat in het algemeen het epidemiologische bewijs voor een verband tussen blootstelling buitenshuis aan biomassaverbranding (onder meer houtverbranding voor verwarming, maar ook bosbranden en verbranding van agrarisch afval en gras) en effecten op longen en luchtwegen beperkt is. Er worden geen aparte conclusies getrokken voor houtrook.

Karanasiou et al. (2021) hebben twee onderzoeken naar een verband tussen blootstelling aan houtrook die buitenshuis is gemeten en gezondheid samengevat (Pope et al., 2017; Sarnat et al., 2008). Deze laten wisselende resultaten zien. In een onderzoek is fijnstof buitenshuis gemeten in Atlanta, Georgia. Daarin werd aangenomen dat houtrook een hoge bijdrage levert aan de concentratie fijnstof in de winter (Sarnat et al., 2008). Ook is de aanwezigheid van kalium (een marker voor biomassa verbranding, waaronder hout) gemeten. Dit onderzoek is ook samengevat door Hagens et al. (2011). Sarnat et al. (2008) hebben



geen verband gevonden tussen fijnstof of kalium en ziekhuisopname op de eerste hulp voor respiratoire aandoeningen. Pope et al. (2017) onderzochten personen die woonden in een straal van 8 kilometer rond een fijnstofmonitor (PM<sub>2,5</sub>) in Phoenix gedurende het stookseizoen (oktober tot en met februari). Er was geen verband wanneer fijnstof als een continue maat (dat wil zeggen zonder de fijnstofconcentraties in categorieën te verdelen) werd onderzocht. Astmagerelateerde ziekenhuisopnames kwamen wel vaker voor wanneer twee en drie dagen daarvoor een 24-uurs-fijnstofmeting boven de 35 µg/m<sup>3</sup> uitkwam, niet op dezelfde dag of één dag later. Hierbij wordt aangenomen dat in dit gebied houtverbranding de grootste bron van fijnstof is. Bij kinderen werd geen verband gevonden.

### 3.1.2 *Primaire onderzoeken*

In 2022 is onderzoek gepubliceerd waarin de relatie onderzocht is tussen houtrook (onder meer levoglucosan) en longfunctie en luchtwegklachten. De indicatoren voor houtrook zijn op vier locaties in Nederland buitenshuis gemeten (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). Op dagen dat er relatief meer houtrook aanwezig was, waren mensen meer kortademig in rust en was het medicijngebruik voor luchtwegklachten hoger (bij zowel gezonde volwassenen als personen met astma en/of COPD). Het verschil werd onderzocht tussen een dag met relatief lage concentratie en een relatief hoge concentratie. Ook zijn er (zwakke) aanwijzingen voor een relatie van houtrook met neusklachten. Alle verbanden zijn gecorrigeerd voor temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, pollentelling en duur van de onderzoeksdeelname. Correctie voor zelfgerapporteerde luchtweginfectie veranderde de verbanden niet. Alle verbanden werden ook gevonden wanneer er voor fijnstof werd gecorrigeerd. Er is geen consistent verband gevonden met longfunctie en veranderingen in cortisol, een stressmarker. Geurhinder bleek een slechte voorspeller te zijn voor daadwerkelijke aanwezigheid van houtrook in de lucht. Tijdens het onderzoek is de gezondheid van gezonde volwassenen en volwassenen met astma en/of COPD dagelijks gevolgd. Zo hebben de vrijwilligers zelf de longfunctie gemeten, ademhalings symptomen en het gebruik van extra luchtwegmedicatie bijgehouden in een dagboek en speeksel verzameld voor cortisolmetingen. Blootstelling aan houtrook werd in kaart gebracht door luchtkwaliteitsmetingen (onder meer levoglucosan) op een centrale locatie in elk onderzoeksgebied en waargenomen houtrook (subjectief via geur, bijgehouden door elke deelnemer in een dagboek). Er is gemeten in de periode februari tot mei 2021. Personen die zelf houtkachels hadden, werden uitgesloten van het onderzoek met als doel alleen de blootstelling aan houtrook afkomstig van buiten te onderzoeken. Of de bron van houtrook binnen of buiten de woning was, is niet bekend. Hoewel houtrook buitenshuis is gemeten (levoglucosan) is het in dit onderzoek aannemelijk dat de blootstelling voor een groot deel binnen plaatsvond, aangezien de meeste personen het grootste gedeelte van de dag binnen besteden. Door gebruik te maken van luchtmetingen op een centrale locatie kon geen rekening gehouden worden met mogelijk hogere lokale houtrookconcentraties, bijvoorbeeld door het stoken door directe burens.

Leng et al. (2022) vonden een verband met een afname in longfunctie gemeten met de éénsecondewaarde (meestal afgekort als FEV1, forced expiratory volume in 1s) en de FEV1/FVC ratio, maar niet met de geforceerde vitale capaciteit (FVC, forced vital capacity). De bepaling van de houtrookblootstelling is gebaseerd op de vraag: "Bent u blootgesteld geweest aan houtrook gedurende twaalf maanden of langer?". Deze vraag geeft een beperkt beeld van de blootstelling aan houtrook, onder meer omdat het zelfgerapporteerd is, niet bekend is of de bron binnen of buiten is, de hoogte, duur en frequentie van blootstelling onbekend is en de bron van houtrook (bijvoorbeeld houtkachel of open haard) niet is gedefinieerd. Ook kunnen respondenten deze vraag op verschillende manieren interpreteren (wat wordt bijvoorbeeld verstaan onder "blootstelling"?).

In het onderzoek van White et al. (2022) is geen verband gevonden tussen frequent of af en toe gebruik van een houtkachel of open haard en longfunctie (FEV1, FVC, FEV1/FVC), vergeleken met personen die nooit een houtkachel of open haard gebruikten. Dit verband is ook niet gevonden wanneer rokers en niet-rokers apart werden onderzocht. Werden de resultaten echter opgesplitst naar personen met en zonder astma, dan werd wel een verband gevonden bij personen met astma: personen met astma die frequent hout stookten, hadden een lagere FEV1, FVC en FEV1/FVC vergeleken met personen die geen hout stookten. Verder werd een significant verband gevonden tussen frequent of af en toe hout stoken en "fractional exhaled nitric oxide" (FeNO) (een maat om ontsteking van de longen te onderzoeken), vergeleken met personen die geen hout stookten in een houtkachel of open haard. Deze associatie verschilde niet wanneer rokers/niet-rokers en personen met/zonder astma apart zijn onderzocht. Ook in dit onderzoek is een zelfgerapporteerde vraag gebruikt om de blootstelling te bepalen. Tijdens een telefonisch interview met personen in Iowa en North Carolina werd gevraagd of zij hout gebruikten voor verwarming en hoe frequent ze dat deden: frequent (personen die een houtkachel of open haard frequent gebruikten/op de meeste dagen en nachten in de winter gebruikten), af en toe (personen die de houtkachel of open haard af en toe of zeldzaam gebruikten), of nooit.

Lenssen et al. (2022) hebben het verband onderzocht tussen kortetermijnblootstelling aan rook van een barbecue buitenshuis en de effecten op de longen. Er zijn zestien gezonde, volwassen vrijwilligers gedurende 90 minuten blootgesteld aan rook van een barbecue. Zij waren 2 tot 2,5 meter van deze barbecue verwijderd. In de barbecue werd houtskool verbrand. De deelnemers hebben een vragenlijst ingevuld waarin onder meer longklachten zijn uitgevraagd: hoesten, loopneus, oog- en keelirritaties. Ook werd de longfunctie onderzocht: FEV1, FVC, PEF en MMEF (Maximal Mid-Expiratory Flow). De auteurs vonden geen verband tussen blootstelling aan van de barbecue afkomstig vervuilende stoffen en longfunctie en luchtwegklachten. De meeste personen rapporteerden überhaupt geen luchtwegklachten. Ook werd geen verband gevonden in de ontstekingsmarkers IL6 en TNF $\alpha$  in neusuitstrijkjes. Wel vonden de auteurs een verband met een toename in de ontstekingsmarker IL8 in neusuitstrijkjes, ook 18 uur na blootstelling.

In een onderzoek bij 284 kinderen die in Amerika woonden (Alaska, Montana en Navajo Nation) waren concentraties fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) in woningen met houtkachels geassocieerd met een hoger risico op infecties aan de lage luchtwegen bij kinderen (Walker et al., 2022). Er bleek echter geen relevant verschil in concentratie fijnstof of het aantal infecties aan de lage luchtwegen bij kinderen voor en na een educatieve interventie of luchtfilteringsinterventie. De resultaten veranderden niet wanneer analyses apart werden uitgevoerd voor geslacht en leeftijd van het kind en roken binnenshuis. De auteurs rapporteren dat het verband niet veranderde (hoewel het verband in sommige gevallen niet significant meer was) wanneer de analyse werd beperkt tot de metingen wanneer het kind thuis was. Ook niet wanneer alleen data werden gebruikt van de eerste winter, of wanneer er gecorrigeerd werd voor hoe vaak de kachel vergeleken met andere winters werd gebruikt, de grootte van de woning of kwaliteit van de houtkachel.

Een arts bepaalde de lage luchtweginfecties door gebruik te maken van medische dossiers, door ouders gerapporteerde symptomen en door gezondheidsbeoordelingen van studietoelators tijdens bezoeken aan huishoudens. Er zijn alleen huishoudens onderzocht waar de houtkachel de belangrijkste verwarmingsbron was. De meetapparatuur stond 1 tot 1,5 meter boven de grond, vlakbij de houtkachel, en heeft gedurende zes dagen fijnstof binnenshuis gemeten. De ouders schreven op wanneer zij rookten, ramen openen en schoonmaakten. Dat kan de concentratie fijnstof beïnvloeden.

De auteurs rapporteren een aantal beperkingen. Hoewel de auteurs verwachten dat de impact laag zou zijn, is van de gebruikte monitor bekend dat deze niet goed functioneert bij veranderingen in de luchtvochtigheid. Daarmee is geen rekening gehouden. Daarnaast geven de gemeten concentraties fijnstof door de plek van de monitor mogelijk geen exact beeld van de persoonlijke blootstelling van de onderzocht kinderen. De invloed van andere vervuilende stoffen op het verband in het binnenmilieu is niet onderzocht.

### 3.1.3

#### *Conclusie*

Er zijn meerdere internationale onderzoeken gepubliceerd die een verband laten zien tussen blootstelling aan houtrook en effecten op de longen en luchtwegen, waaronder COPD, verslechterde longfunctie en longontsteking. Uit een recent Nederlands onderzoek naar de gezondheidsgevolgen van houtrook bleek dat op dagen met relatief meer houtrook in de buitenlucht, mensen vaker kortademig waren in rust, het medicijngebruik voor luchtwegklachten hoger was en neusklachten vaker voorkwamen (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). Maar andere onderzoeken laten geen verband zien. Recente overzichtsartikelen (Guercio et al 2021;2022) waarin onderzoek naar de effecten van houtrook op de gezondheid is samengevat, concluderen dat er geen eenduidig verband is tussen houtrook die binnen en buiten een woning is gemeten en de verschillende uitkomstmaten die daarin zijn onderzocht (COPD, astma, luchtwegklachten, infecties en andere aandoeningen van de bovenste en onderste luchtwegen). Deze conclusie komt overeen met de in Hagens et al. (2011) en Matthijsen et al. (2019) getrokken conclusie.

Een mogelijke verklaring voor de wisselende resultaten is de beperkte bepaling van houtrook. Een groot deel van de onderzoeken bepalen de

blootstelling aan houtrook binnenshuis door middel van zelfrapportage. Vaak wordt enkel gevraagd naar de aan- of afwezigheid van een houtkachel (zelfrapportage). Daarbij is vaak niet gevraagd hoe vaak men gebruik maakt van de houtkachel en zijn verschillende eigenschappen van de woning onbekend, zoals ventilatie of het type houtkachel of open haard. Daarmee is de blootstelling aan houtrook niet goed in beeld. Deze onderzoekers vergelijken vaak stokers met niet-stokers maar vergelijken soms ook frequent-stokers met niet frequent stokers. Slechts drie onderzoeken zijn uitgevoerd waarin de houtrook binnenshuis kwantitatief is bepaald. Daarbij is fijnstof gemeten en het verband met aandoeningen aan de longen en luchtwegen bij kinderen onderzocht (Walker et al., 2022; Robin et al., 1996; Noonan et al., 2017). In alle drie de onderzoeken was houtverbranding de belangrijkste verwarmingsbron. Ook deze onderzoeken waarin de blootstelling kwantitatief is bepaald binnenshuis laten wisselende verbanden zien met gevolgen voor de longen en luchtwegen. Bij volwassenen zijn geen onderzoeken gevonden waarin houtrook binnenshuis kwantitatief is bepaald.

De onderzoeken waarin de blootstelling buiten wordt gemeten laten wat het verband met gezondheid betreft ook wisselende resultaten zien (Guercio et al., 2022; Guercio et al., 2021). Het meten van stoffen afkomstig van houtrook in de buitenlucht is een objectieve methode om de blootstelling te bepalen, maar niet zonder beperkingen. Op basis van de houtrookmeting wordt een schatting gemaakt van de blootstelling aan houtrook op het woonadres van de onderzochte personen. In slechts enkele onderzoeken waar stoffen afkomstig van houtrook in de buitenlucht zijn gemeten is onderscheid gemaakt tussen stokers en niet-stokers. In een Nederlands onderzoek wordt een verband gevonden tussen meer houtrook in de buitenlucht en kortademigheid in rust en toegenomen medicijngebruik voor luchtwegklachten bij niet-stokers (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). Twee andere onderzoeken vergeleken effecten op niet-stokers met effecten op stokers en vonden geen verschil (Bennet et al., 2010; Noonan et al., 2012). Er werd geen verband gevonden tussen het voorkomen van luchtwegklachten en het wonen in een gebied waar veel gestookt wordt, ongeacht of de personen zelf stookten of niet (Bennet et al., 2010). Noonan et al. (2012) vond een verband tussen een afname in fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) in de buitenlucht en een afname in het voorkomen van een piepende adem, luchtweginfecties (verkoudheid, bronchitis, influenza) en keelontsteking. Dit verband verschilde niet tussen stokers en niet-stokers. In de onderzoeken waarbij de meting van houtrook buiten plaatsvond is het aannemelijk dat de onderzochte personen grotendeels binnen werden blootgesteld aangezien men in de winter vaak binnen is. Er is slechts één onderzoek gepubliceerd waarin het verband tussen *de blootstelling* aan houtrook buitenshuis is onderzocht. Daarbij is niet alleen de meting buiten uitgevoerd, maar stonden de onderzochte personen ook daadwerkelijk buiten. Hierbij is fijnstof, zwarte en bruine koolstof roet en de concentratie van deeltjes gemeten tijdens een barbecue sessie. De auteurs vonden geen verband tussen blootstelling aan rook die van houtskoolverbranding op de barbecue afkomstig is en de longfunctie (Lenssen et al., 2022).

Wat kwetsbare groepen betreft, is er een overzichtartikel en meta-analyse gepubliceerd van onderzoeken bij kinderen (Guercio et al., 2021). Er werd geen verband gevonden tussen blootstelling door houtverbranding en het risico op astma, piepende ademhaling en hoesten. Wel is er een geringe, niet-statistisch significante toename van het risico op infecties van de bovenste en onderste luchtwegen gevonden. Deze verbanden verdwenen echter wanneer alleen onderzoeken werden samengenomen in de meta-analyse waarin correcties voor vertekende factoren zijn uitgevoerd.

Er zijn geen overzichtartikelen gevonden waarin is onderzocht of de gezondheidsgevolgen verschillen tussen personen met en personen zonder chronische ziekten. Wel zijn meerdere primaire onderzoeken gepubliceerd naar het verband tussen houtrookblootstelling en gezondheid bij personen met astma en/of COPD (Bennett et al., 2010; Gan et al., 2013; Mészáros et al., 2015; Noonan et al., 2017; Pope et al., 2017; White et al., 2022; Yap en Garcia, 2015). In sommige onderzoeken is een verband gevonden (bijvoorbeeld een slechtere longfunctie (White et al., 2022) en in sommige onderzoeken niet (bijvoorbeeld het krijgen van een astma-aanval; Bui et al., 2013). De variatie in onderzochte gezondheidsuitkomsten is gezien het aantal onderzoeken groot (astmagerelateerde ziekenhuisopnames, astma-aanval, ernst van astma, kwaliteit van leven voor astmapatiënten, luchtweg hyperactiviteit, COPD-gerelateerde ziekenhuisopnames en sterfte door COPD). Daarom kan er nog geen conclusie worden getrokken.

### 3.2 Hart- en vaatziekten

In de RIVM-rapportage van 2011 (Hagens et al., 2011, niet het rapport van Matthijsen et al., 2019) is literatuur samengevat over blootstelling aan houtrook en aandoeningen aan het cardiovasculaire systeem. Hierna zijn nog twee relevante reviews gepubliceerd (Karanasiou et al., 2021; Schwartz et al., 2020). Verder zijn twee primaire onderzoeken verschenen in de periode vanaf 2019 over het verband tussen houtrook en hart- en vaatziekten (Okokon et al., 2021; Williamson-Reisdorph et al., 2022).

Tabel 2 vat kort de reviews en primaire onderzoeken over hart- en vaatziekten samen.

*Tabel 2 Gezondheidsuitkomsten en methode gebruikt om de aanwezigheid van houtrook te bepalen in de onderzoeken over het verband met hart- en vaatziekten.*

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheidsuitkomst</b>	<b>Bepaling van houtrook</b>	<b>Stoker of niet-stoker</b>
Karanasoui 2021 (review met slechts 1 relevant onderzoek)	Ziekenhuisopname hart- en vaatziekten (+)	Buitenshuis, centraal meetpunt (PM2,5 en kalium)	Onbekend

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheidsuitkomst</b>	<b>Bepaling van houtrook</b>	<b>Stoker of niet-stoker</b>
Schwartz 2020	Wisselende resultaten (+/-)	Gecontroleerde acute blootstellingen aan fijnstof (PM <sub>2,5</sub> ) afkomstig van houtrook	Stoker (experimenteel onderzoek)
Okokon 2021	Medicijngebruik tegen hypertensie (0)	Buitenshuis, gemodelleerd Binnenshuis, zelfgerapporteerd	Stoker (vs. niet-stoker)
Williamson-Reisdorph 2022	Effecten op het cardiovasculair systeem (0)	Acute blootstelling aan houtrook in een laboratoriumsetting	Stoker (experimenteel onderzoek)

+/-=wisselende resultaten

+=wel een verband: hoger/vaker

0=geen verband

### 3.2.1

#### Reviews

Karanasiou et al. (2021) hebben een systematische review en meta-analyse uitgevoerd naar onderzoeken die de gezondheidsgevolgen van kortetermijnblootstelling aan biomassaverbranding buitenshuis onderzoeken. Zij concluderen dat in het algemeen het epidemiologische bewijs voor een verband tussen blootstelling buitenshuis aan biomassaverbranding (onder meer houtverbranding voor verwarming, maar ook bosbranden en verbranding van agrarisch afval en gras) en het voorkomen van hart- en vaatziekten en sterfte door hart- en vaatziekten beperkt is. In geen van de op sterfte gerichte onderzoeken (totaal of veroorzaakt door hart- en vaatziekten) is een verband onderzocht met blootstelling aan alleen houtverbranding buitenshuis. (wel naar bosbranden maar dat is buiten beschouwing gelaten in het huidige rapport.)

Er is slechts één onderzoek opgenomen waarin houtrook is onderzocht. In dat onderzoek is fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) buitenshuis op een centraal meetpunt gemeten in Atlanta, Georgia, waarvan werd aangenomen dat houtrook een hoge bijdrage levert aan de concentratie fijnstof in de winter (Sarnat et al., 2008). Dit onderzoek is ook samengevat in Hagens et al. (2011). Sarnat et al. (2008) heeft een mogelijk verband gevonden met ziekenhuisopname op de eerste hulp voor hart- en vaatziekten. In aanvullende analyses hebben zij de aanwezigheid van kalium (marker voor biomassa verbranding) onderzocht en vonden ook een verband met meer ziekenhuisopnames op de eerste hulp voor hart- en vaatziekten.

Schwartz et al. (2020) hebben publicaties samengevat over gezondheidsgevolgen, waaronder effecten op hartslag en bloeddruk, van experimentele acute blootstellingen van mensen aan fijnstof afkomstig van houtrook. Sommige onderzoeken vonden een verband en sommige onderzoeken niet. Schwartz et al. (2020) vonden 22 artikelen die gebaseerd zijn op twaalf verschillende onderzoeken. Van deze twaalf onderzoeken gebruikten zeven een gerandomiseerde, dubbelblinde

cross-over opzet. Drie waren niet-gerandomiseerde onderzoeken en twee niet cross-over-onderzoeken. Bij zeven van deze onderzoeken was er sprake van lichamelijk inspanning tijdens blootstelling. Tussen deze zeven waren er verschillen in de mate van fysieke activiteit. Deze verschillen waren van invloed op de fijnstofafzetting in de longen en dus op de effectieve dosis, aangezien lichaamsbeweging de deeltjesafzetting kan verhogen. Er was ook een verschil in de volgende onderdelen van de onderzoekopzet: de duur van blootstelling (1 tot 4 uur), de concentratie waaraan de deelnemers blootgesteld werden (ongeveer 100 tot 1.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en het aantal deelnemers (10 - 48) per onderzoek. Schwartz et al. (2020) rapporteren dat het door de grote variatie in onderzoekopzet niet mogelijk was om een algemene conclusie te trekken. Er was grote heterogeniteit in termen van onderzochte fornuis of houtkachel, brandstof, blootstellingsduur, (mate van) lichaamsbeweging tijdens blootstelling, evenals selectie van eindpunten en timing. Dit zorgt voor verschillen in fysisch-chemische eigenschappen van houtrook, effectieve dosis en tijdstippen voor analyse.

### 3.2.2 *Primaire onderzoeken*

In een cross-sectioneel-onderzoek van Okokon et al. (2021) in Finland is geen verband gevonden tussen blootstelling aan fijnstof afkomstig van houtverbranding binnenshuis en het gebruik van medicijnen tegen hypertensie. De blootstelling aan fijnstof is geschat op basis van modellen buitenshuis. Ook is er geen verband gevonden tussen zelfgerapporteerde houtverbranding en het gebruik van medicijnen tegen hypertensie. De onderzochte personen zijn gevraagd hoe vaak zij gemiddeld thuis hout verbranden tijdens de winter (oktober tot en met april). Zij konden kiezen uit <1 keer per maand, 1-3 keer per maand, 1-2 keer per week, 3-4 keer per week, 5 keer per week of vaker.

Williamson-Reisdorph et al. (2022) hebben de effecten op het cardiovasculaire systeem tijdens lichamelijke inspanning en acute blootstelling aan houtrook in een laboratoriumsetting onderzocht. Er is geen verband gevonden tussen acute blootstelling aan houtrook en de effecten op het cardiovasculaire systeem (harts slagvariabiliteit, pulsgolfsnelheid, bloeddruk in rust, augmentatie-index en bloedmonsters voor oxidatieve stress werden gemeten vóór, onmiddellijk na en 90 minuten na de lichamelijke inspanning). De acute blootstelling gebeurde twee keer tijdens matige intensiteitsoefeningen (70% van  $\text{VO}_2 \text{ max}$ ). De eerste keer werd de deelnemer blootgesteld aan schone lucht zonder fijnstof gedurende 45 minuten, terwijl bij de tweede blootstelling de deelnemer blootgesteld werd aan houtrook gemeten als fijnstof ( $250 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) gedurende 45 minuten. In totaal zijn zeven mannen en drie vrouwen onderzocht. Mogelijke verklaringen voor het ontbreken van een verband kunnen zijn de leeftijdscategorie, het fitnessniveau en de algehele gezondheid van de deelnemers.

### 3.2.3 *Conclusie*

Er is nog weinig onderzoek uitgevoerd naar het verband tussen houtrookblootstelling binnens- en buitenshuis en hart- en vaatziekten. Zowel Hagens et al. (2011) als Karanasiou et al. (2021) beschrijven één onderzoek. Ook Schwartz et al. (2020), gericht op experimentele

onderzoeken, concluderen dat er meer onderzoek nodig is. De twee primaire onderzoeken veranderen deze conclusie niet.

### 3.3 Kanker

In de review van Guercio et al. (2022) is ook het verband onderzocht tussen blootstelling aan houtrook en kanker (Guercio et al., 2022). Na het verschijnen van deze review is nog een primair onderzoek gepubliceerd hierover.

Tabel 3 vat kort de review en het primaire onderzoek over kanker samen.

*Tabel 3 Gezondheidsuitkomsten en methode die zijn gebruikt om de aanwezigheid van houtrook te bepalen in de onderzoeken over het verband met kanker.*

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheidsuitkomst</b>	<b>Blootstellingbepaling</b>	<b>Stoker of niet-stoker</b>
Guercio 2022 (review)	Longkanker (+/-)	Binnenshuis (vaak werd verwarmen en koken samen genomen en hout en kool gebruik samengenomen), zelfgerapporteerd	Stoker (vs. niet-stoker)
Leng 2022	Longkanker (0)	Binnens- of buitenshuis (niet bekend), zelfgerapporteerd	Onbekend

+/-=wisselende resultaten  
0=geen verband

#### 3.3.1

##### *Reviews*

Een eerdere literatuurreview van het RIVM (Mathijssen et al., 2019) kon geen uitspraak doen over een mogelijk verband tussen gebruik van een houtkachel of open haard en kanker, omdat slechts drie artikelen waren gevonden waarvan de resultaten inconsistent waren.

Guercio et al. (2022) concluderen dat het bewijs voor een verband tussen blootstelling aan rook van vaste brandstoffen (waaronder hout) en longkanker beperkt is. Er is een verband met longkanker gevonden, maar dat wordt gebaseerd op een gering aantal onderzoeken dat zelf ook beperkingen heeft. Er zijn twee publicaties samengevat door Guercio et al. (2022) waarin blootstelling aan alleen houtverbranding is onderzocht (Hosgood et al., 2010; Malats et al., 2000) en drie publicaties waarin verbranding van hout en kolen tezamen is onderzocht (Hosgood et al., 2010; Ramanakumar et al., 2007; Sloan et al., 2012). In Hosgood et al. (2010) is een gepoolde analyse uitgevoerd van vier case-controlstudies waarin blootstelling aan houtrook werd onderzocht bij personen die in Noord-Amerika en Europa wonen. Hosgood et al. (2010) rapporteerden dat longkanker vaker voorkomt bij personen waarbij hout de voornaamste brandstof is, vergeleken met personen die voornamelijk gas, olie of elektriciteit gebruiken. Na opsplitsing voor roken werd het verband niet gevonden in personen die nooit gerookt hebben, wel in personen die ooit gerookt hebben (Hosgood et al., 2010). Ook bleek dat het houtgebruik niet geassocieerd was met longkanker in de twee onderzoeken waarin controlepersonen uit de algemene populatie afkomstig waren (uitgevoerd in de Verenigde Staten). Dat was



wel in onderzoeken waarin controlepersonen uit het ziekenhuis zijn geworven (uitgevoerd in Europa). Het is onduidelijk waardoor dit verschil wordt veroorzaakt. De blootstelling aan houtrook was samengenomen voor verwarming en koken binnenshuis en is in alle vier de onderzoeken bepaald aan de hand van een vragenlijst. Daarbij werden respondenten gevraagd welke brandstof zij (het meest) gedurende hun leven gebruikten. De exacte vraag verschilde echter per studie. De case-controlstudie van Malats et al. (2000) met alleen personen die nooit hebben gerookt, vond een verband tussen het vaker voorkomen van longkanker en het zelfgerapporteerde houtgebruik gedurende meer dan 20 jaar vergeleken met minder dan 20 jaar. De onderzoekers van alle drie de publicaties waarin hout en kolen tezamen zijn onderzocht, vonden een verband met het vaker voorkomen van longkanker. In een in Canada uitgevoerde case-controlstudie (Ramanakumar et al., 2007) wordt bij drie groepen een verband gevonden: vrouwen die hout en/of gas hebben gebruikt voor verwarmen en koken, personen die 60 jaar of ouder zijn en blootgesteld zijn aan verwarming door hout of kool, en personen die gemiddeld/veel roken en blootgesteld zijn aan verwarming door hout of kool. Hosgood et al. (2010) vonden dat longkanker vaker voorkwam bij personen die vaste brandstoffen gebruikten (hout en kool) en in Europa en Noord-Amerika wonen, vergeleken met personen die geen vaste brandstoffen gebruikten. Sloan et al. (2012) vonden alleen een verband bij personen die tien winters of meer waren blootgesteld aan hout- en koolverbranding die voor verwarming was gebruikt en vooral bij personen die waren blootgesteld toen ze jonger waren dan achttien jaar. Guercio et al. (2022) hebben geen onderzoeken gevonden die het verband tussen de bepaling van houtrook buitenshuis en longkanker onderzochten.

### 3.3.2 *Primaire onderzoeken*

Leng et al. (2022) rapporteerden een bijna statistisch significant verband tussen zelfgerapporteerde blootstelling aan houtrook en het voorkomen van longkanker bij personen die roken of ooit hebben gerookt en in de staat New Mexico in de US wonen. Zoals hierboven genoemd (ook hoofdstuk 3.1.2 beschrijft Leng et al., 2022), heeft de bepaling van de blootstelling aan houtrook grote beperkingen.

### 3.3.3 *Conclusie*

Er zijn enkele onderzoeken gepubliceerd die een verband vinden tussen longkanker en gebruik van een houtkachel. De gepubliceerde onderzoeken hebben beperkingen, waaronder het gebruik van zelfgerapporteerde blootstellingsmaten. In Matthijsen et al. (2019) en Guercio et al. (2022) werd ook geconcludeerd dat er nog geen conclusie mogelijk is over een verband met kanker. Het onderzoek van Leng et al. (2022) verandert deze conclusie niet.

## 3.4 **Neurologische effecten**

In één review is dementie en houtrook onderzocht, waarin slechts één primair onderzoek is beschreven over het verband tussen houtrook blootstelling en dementie.

Tabel 4 vat de review over dementie kort samen.

Tabel 4 Gezondheidsuitkomsten en methode die gebruikt zijn om de aanwezigheid van houtrook te bepalen in het onderzoek over het verband met dementie.

Eerste auteur, jaartal	Gezondheids-uitkomst	Blootstellingbepaling	Stoker of niet-stoker
Chandra 2022 (review met slechts 1 relevant onderzoek)	Dementie (+)	Buitenshuis, centraal meetpunt en gemodelleerd (PM2,5) en zelfgerapporteerd	Stoker (vs niet-stoker)

+ = wel een verband: hoger/vaker

### 3.4.1

#### Reviews

Chandra et al. (2022) hebben een review gepubliceerd over het verband tussen blootstelling aan luchtvervuiling en dementie. Eén van die onderzoeken was uitgevoerd in Mexico en is dus niet relevant voor het huidige onderzoek. Verder hebben Chandra et al. (2022) één onderzoek samengevat waarin houtverbranding is onderzocht: in Oudin et al. (2018) is de blootstelling aan fijnstof (PM2,5) onderzocht die van houtverbranding afkomstig is. Fijnstof buitenshuis is gemodelleerd en gekoppeld aan informatie over de aanwezigheid van een open haard, houtkachel of houtketel (houtgestookte centrale verwarmingsketel). De aanwezigheid is bepaald door informatie van schoorsteenvegers en registers van houtkachels, open haarden en houtketels. Zij onderzochten 1.806 personen in Zweden. Zij vonden dat het risico op een door een arts vastgestelde dementie diagnose toenam met oplopende concentraties gemeten fijnstof. Zij vonden dat dementie vaker voorkwam bij mensen met een houtkachel of open haard in gebieden met de hoogste concentraties fijnstof (de hoogste kwartiel), vergeleken met mensen in gebieden met de laagste concentraties fijnstof (de drie laagste kwartielen) zonder houtkachel of open haard. Er was geen verschil als personen met en zonder houtkachel of open haard werden vergeleken binnen de gebieden met fijnstofconcentraties in de drie laagste kwartielen. En er was geen verschil wanneer personen zonder houtkachel of open haard in gebieden met fijnstofconcentraties in de drie laagste kwartielen werden vergeleken met personen zonder houtkachel of open haard in het gebied met de hoogste kwartiel fijnstofconcentratie. De analyses zijn gecorrigeerd voor leeftijd, opleidingsniveau, lichamelijke activiteit, roken, geslacht, het hebben van overgewicht, taille-heup-ratio en alcoholgebruik. Een beperking van dit onderzoek is dat fijnstof buitenshuis is gebruikt als maat voor persoonlijke blootstelling aan fijnstof die afkomstig is van houtverbranding binnenshuis. Hoewel het voorkomen van een houtkachel, open haard of houtketel is bepaald, is niet nagegaan of personen deze daadwerkelijk gebruiken. Andere gebruiksgegevens zijn ook onbekend, zoals het soort hout of hoe vaak er gebruik van is gemaakt.

### 3.4.2

#### Conclusie

Er is nog te weinig onderzoek uitgevoerd naar het verband tussen blootstelling aan houtrook en neurologische effecten om conclusies te kunnen trekken. Eén onderzoek is uitgevoerd. In dat onderzoek is een

verband met dementie gevonden. Gezien de beperkingen is bevestiging uit toekomstig onderzoek nodig.

### 3.5 Middenoorontsteking

Twee reviews (Bowatte et al., 2018; Guercio et al., 2021) zijn gepubliceerd, waarin een verband met middenoorontsteking (otitis media) bij kinderen is onderzocht. Sinds 2019 is een primair onderzoek gepubliceerd (Veivers et al., 2022).

Tabel 5 vat kort de reviews en het primaire onderzoek over middenoorontsteking samen.

*Tabel 5 Gezondheidsuitkomsten en methode die gebruikt zijn om de aanwezigheid van houtrook te bepalen in de onderzoeken over het verband met middenoorontsteking.*

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheids-uitkomst</b>	<b>Blootstellingbepaling</b>	<b>Stoker of niet-stoker</b>
Bowatte 2018 (review, slechts 2 relevante onderzoeken)	Middenoorontsteking (+/-)	Buitenshuis, centraal meetpunt / gemodelleerd (PM2,5) Binnenshuis, zelfgerapporteerd	Onbekend en stoker
Guercio 2021 (review bij kinderen)	Middenoorontsteking (+/-)	Binnenshuis, zelfgerapporteerd Buitenshuis, centraal meetpunt	Stokers, niet-stokers en onbekend
Veivers 2022	Middenoorontsteking (-)	Binnenshuis, zelfrapportage	Stoker (vs. niet-stoker)

+/-=wisselende resultaten

-=geen verband: lager/minder vaak

#### 3.5.1 Reviews

Matthijsen et al. (2019) hebben een publicatie samengevat dat geen verband vond tussen het gebruik van een houtkachel of open haard en (terugkerende) middenoorontsteking (otitis media) bij kinderen (Pettigrew et al., 2004). Daarna zijn twee reviews gepubliceerd waarin ook een verband met otitis media is onderzocht bij kinderen (Bowatte et al., 2018; Guercio et al., 2021).

In de systematische review van Bowatte et al. (2018) zijn meerdere mogelijke oorzaken van otitis media bij kinderen onderzocht, waaronder blootstelling aan houtrook. In totaal zijn drie onderzoeken samengevat waarin een verband tussen blootstelling aan houtrook binnenshuis en otitis media is onderzocht in een westers land (Daigler et al., 1991; MacIntyre et al., 2011; Pettigrew et al., 2004). Pettigrew et al. (2004) is al samengevat in Matthijsen et al. (2018), zoals hierboven ook beschreven. Uit het onderzoek van MacIntyre et al. (2011) bleek dat blootstelling aan houtrook binnenshuis geassocieerd was met het vaker voorkomen van otitis media bij kinderen. Kinderen geboren in Canada zijn gedurende hun eerste twee levensjaren gevolgd. Het aantal dagen dat er hout werd gestookt, is geschat door gebruik te maken van een aantal (indirecte) metingen en schattingen, zoals het aantal dagen dat

het koud genoeg was om te stoken en metingen van levoglucosan en fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) in de buitenlucht. In de case-controlstudie van Daigler et al., (1991) werd een verband gevonden tussen het vaker voorkomen van otitis media bij Amerikaanse kinderen en het gebruik van een houtkachel. Er werd geen verband gevonden met het gebruik van open haard. Ouders hebben via een vragenlijst gerapporteerd over het gebruik van een houtkachel of open haard. Het is niet gerapporteerd hoe dit precies gevraagd is.

Guercio et al. (2021) concluderen dat drie onderzoeken geen verband tussen houtverbranding binnenshuis en otitis hebben gevonden bij kinderen (Noonan et al., 2012; Pettigrew et al., 2004; Ware et al., 2014). Eén onderzoek vindt wel een verband tussen zelf-gerapporteerd houtkachel gebruik en otitis (Daigler et al., 1991). MacIntyre et al. (2014) vinden een verband tussen fijnstof in de buitenlucht en otitis.

### 3.5.2 *Primair onderzoek*

In een onderzoek bij 2.872 kinderen (7-11 jaar) die gedurende 2007-2008 in twaalf verschillende Australische steden woonden, werd geen verband gevonden tussen het houtgebruik voor verwarming of koken en het vaker voorkomen van otitis media (Veivers et al., 2022). Wel werd een verband gevonden tussen het gasgebruik voor verwarmen, het gebruik van airconditioning en het hebben van een kat of hond en het vaker voorkomen van otitis media. De ouders is gevraagd of ooit een dokter otitis media bij hun kind heeft bepaald. Informatie over de huidige situatie en het eerste levensjaar voor wat betreft het binnenmilieu (het houtgebruik voor verwarmen of koken binnenshuis, maar ook bijvoorbeeld het gasgebruik, airconditioning, meeroken of het hebben van huisdieren) is ook via een vragenlijst bij de ouders opgehaald. Ook in dit onderzoek was dus sprake van zelfgerapporteerde bepaling van blootstelling.

### 3.5.3 *Conclusie*

Er zijn nog te weinig onderzoeken uitgevoerd om een conclusie te kunnen trekken. De onderzoeken vinden wisselende resultaten voor otitis media bij kinderen.

## 3.6 **Geurhinder en slaapverstoring**

Tabel 6 vat kort de primaire onderzoeken over geurhinder en slaapverstoring samen.

*Tabel 6 Gezondheidsuitkomsten en blootstellingsbepaling van de primaire onderzoeken over geurhinder en slaapverstoring op basis van het Onderzoek Beleving Woonomgeving.*

<b>Eerste auteur, jaartal</b>	<b>Gezondheids-uitkomst</b>	<b>Blootstellingsbepaling</b>	<b>Stoker of niet-stoker</b>
Van Poll 2018	Geurhinder (+) Slaapverstoring (+)	Zelfrapportage (geen onderscheid gemaakt naar binnen- of buitenshuis)	Onbekend
Van Poll 2022	Geurhinder (+)	Zelfrapportage (geen onderscheid gemaakt)	Onbekend

Eerste auteur, jaartal	Gezondheidsuitkomst	Blootstellingbepaling	Stoker of niet-stoker
	Slaapverstoring (+)	naar binnen- of buitenshuis)	

+ =wel een verband: hoger/vaker

Het Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) bevat een vragenlijstonderzoek onder Nederlanders van zestien jaar en ouder. De uitvoering van het OBW vindt vanaf de editie 2019 jaarlijks plaats (van Poll en Simon, 2022). In 2021 vulden 1.990 personen de vragenlijst in. De vragen over geuroverlast van houtrook gaan over open haarden en allesbranders tezamen en barbecue en vuurkorven tezamen. In de vragenlijst van het OBW is niet specifiek gevraagd naar het type barbecue (bijvoorbeeld houtskool of gasbarbecues).

In 2016 was 19,8 procent van de Nederlanders minstens enigszins gehinderd door geur die afkomstig is van barbecue en vuurkorven. 15,3 procent was enigszins gehinderd door de geur van open haarden en allesbranders (van Poll et al., 2018). In 2019 was 17,2 procent van de Nederlanders minstens enigszins gehinderd door geur afkomstig van open haarden en allesbranders. In 2020 was dat 16,6 procent en in 2021 18,2 procent van de Nederlanders. Voor barbecue en vuurkorven bedroeg dit 20,9 procent, 20,7 procent en 21,2 procent voor respectievelijk de jaren 2019, 2020 en 2021 (van Poll en Simon, 2022).

Naast hinder kan geur ook zorgen voor slaapverstoring. Het OBW onderzoekt dit sinds 2016. In 2016 ondervond 5,9 procent van de Nederlanders slaapverstoring veroorzaakt door geur die afkomstig is van open haarden en allesbranders (Van Poll et al., 2018). In 2019 vond 7,1 procent dat hun slaap minstens enigszins was verstoord door geur afkomstig van open haarden en allesbranders. In 2020 was dit 7,5 procent en in 2021 was dit 7,6 procent (van Poll en Simon, 2022). Voor barbecue en vuurkorven bedroeg dit 6,9 procent, 7,3 procent, 7,7 procent en 7,4 procent voor respectievelijk de jaren 2016, 2019, 2020 en 2021 (van Poll et al., 2018; van Poll en Simon, 2022). Geur afkomstig van open haarden en allesbranders, barbecue en vuurkorven was in de laatste drie jaren de allerbelangrijkste slaapverstoringbron.

### 3.6.1 Conclusie

Uit het OBW blijkt dat blootstelling aan houtrook geurhinder en slaapverstoring veroorzaakt.

## 3.7 Overige gezondheidsgevolgen

Er zijn vier primaire onderzoeken gepubliceerd over een verband tussen blootstelling aan houtrook en geboortegewicht (Balidemaj et al., 2022; Fleisch et al., 2020), zwangerschapsuitkomsten (Assibey-Mensah et al., 2020; Fleisch et al., 2020) en zelfgerapporteerde depressie (Allaouat et al., 2021). Er zijn geen reviews gevonden over deze gezondheidssuitkomsten.

Tabel 7 vat kort de primaire onderzoeken samen waarin het verband met de overige gezondheidseffecten is onderzocht.

Tabel 7 Gezondheidsuitkomsten en blootstellingsbepaling van de primaire onderzoeken over overige aandoeningen.

Eerste auteur, jaartal	Gezondheidsuitkomst	Blootstellingsbepaling	Stoker of niet-stoker
Balidema j 2022	Geboortegewicht (+)	Buitenshuis, centraal meetpunt en modellering (PM2,5)	Onbekend
Fleish 2020	Geboortegewicht (+) Zwangerschapsuitkomst (+)	Binnenshuis, zelfgerapporteerd	Stoker (vs. niet-stoker)
Assibey-Mensah 2020	Zwangerschapsuitkomsten (+)	Buitenshuis, centraal meetpunt (PM2,5, black carbon en Delta-C)	Onbekend
Allaouat 2021	Zelf-gerapporteerde depressie (-)	Buitenshuis, gemodelleerd (PM2,5)	Onbekend

+ = wel een verband: hoger/vaker  
 - = geen verband: lager/minder vaak

### 3.7.1 Primaire onderzoeken

Balidemaj et al. (2022) vonden een verband tussen hogere blootstelling aan fijnstof tijdens de zwangerschap en zowel een lager geboortegewicht als het hebben van een geboortegewicht van <2.500 gram. Balidemaj et al. (2022) hebben in het zuiden van Zweden blootstelling aan fijnstof onderzocht die afkomstig is van kleinschalige verwarmingsbronnen (zoals houtkachels). Zij hebben een verspreidingsmodel in combinatie met een emissiedatabase gebruikt om de blootstelling aan fijnstof te berekenen. De emissiedatabase bevat meer dan 40.000 emissiebronnen in Zweden met geografische coderingen van kleinschalige verwarmingsbronnen, maar onder meer ook trein-, lucht- en wegverkeer en industrieën die gebaseerd zijn op meerdere archieven, organisaties en autoriteiten. Zij rapporteren dat fijnstof van kleinschalige verwarmingsbronnen, voornamelijk afkomstig is van houtverbranding. Er wordt echter niet gerapporteerd hoe dit precies is bepaald. De fijnstof in dit onderzoek is echter buiten gemeten, wat mogelijk een beperkt beeld geeft van de daadwerkelijke persoonlijke blootstelling (Balidemaj et al., 2022). Ook is er geen informatie beschikbaar over verschillen in blootstelling tussen zwangerschapstrimesters.

Fleisch et al. (2020) hebben het verband onderzocht tussen het gebruik van een houtkachel tijdens de zwangerschap en maternale abnormale glycemie (verminderde glucosetolerantie en/of zwangerschapsdiabetes) en het geboortegewicht van de baby. Zij vonden een verband tussen vrouwen die houtkachels gebruikten in het eerste trimester (versus degenen die dat niet deden) en het vaker voorkomen van abnormale glycemie tijdens de zwangerschap. Vrouwen die houtkachels gebruikten in het derde trimester bevielden vaker van kleinere baby's dan vrouwen die geen houtkachel gebruikten tijdens de zwangerschap. Er was geen

verschil wanneer blootstelling in de andere trimesters werd onderzocht. Indien nodig werd er gecorrigeerd voor vele factoren, waaronder de leeftijd, het opleidingsniveau, de BMI, het tabak- en alcoholgebruik van de moeder, het percentage dat een houtkachel gebruikte in de buurt en de afstand tot de dichtstbijzijnde grote autoweg.

In totaal zijn 1.223 zwangere vrouwen in de Verenigde Staten onderzocht. De blootstelling aan houtrook tijdens zwangerschap werd bepaald door de vrouwen te vragen of zij tijdens de zwangerschap een houtkachel hebben gebruikt en in welke trimester van de zwangerschap zij dat deden. Vrouwen die een open haard gebruikten of diabetes hadden, waren van het onderzoek uitgesloten. Abnormale glycemie (versus normale glucosetolerantie) is gebaseerd op klinische glucosetolerantietests en artsendiagnose.

Assibey-Mensah et al. (2020) onderzochten het verband tussen fijnstof die afkomstig is van wegverkeer en houtrook tijdens de zwangerschap (gehele, eerste en derde trimester) en pre-eclampsie (totaal, vroege aanvang of late aanvang van pre-eclampsie). In totaal zijn 16.116 geboortes in Monroe County, New York in de Verenigde Staten onderzocht. De blootstelling aan fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) en Delta-C (een marker voor houtrook) in de wintermaanden (1 november–30 april) werd gemodelleerd. De onderzoekers rapporteren dat ongeveer 30 procent van de fijnstofconcentratie in de lucht in de winter van houtverbranding afkomt. Hogere concentraties fijnstof en Delta-C in de lucht werden geassocieerd met een hoger risico op vroege aanvang van pre-eclampsie ( $\leq 34$  weken). Er was geen verband tussen fijnstof die afkomstig was van houtrook tijdens de zevende tot negende zwangerschapsmaand en de kans op late-aanvang pre-eclampsie.

Allaouat et al. (2021) vonden geen verband tussen blootstelling aan fijnstof (PM<sub>2.5</sub>) die afkomstig was van houtverbranding binnenhuis en zelfgerapporteerde depressie bij 5.895 personen in Finland. De concentratie fijnstof is gemodelleerd via buiten uitgevoerde metingen en verspreidingsmodellen. Dat was vervolgens gekoppeld aan het huisadres van de onderzochte personen. Depressie is onderzocht door respondenten te vragen of een arts in de afgelopen twaalf maanden bij hen de diagnose depressie had gesteld of dat een arts hen voor depressie had behandeld (ja/nee).

### 3.7.2 *Conclusie*

In de drie onderzoeken naar effecten op zwangerschap en geboortegewicht zijn verbanden gevonden. De onderzoeken hebben echter beperkingen en er is nog te weinig onderzoek gedaan naar de effecten op zwangerschap, geboortegewicht maar ook depressie om conclusies te trekken. Deze gezondheidsuitkomsten waren niet opgenomen in voorgaande rapporten van het RIVM (Hagens et al., 2011; Matthijsen et al., 2018).





## 4 Conclusies

Dit rapport beschrijft de resultaten van een literatuuronderzoek naar de mogelijke gevolgen van blootstelling aan houtrook binnenshuis en buitenshuis op de gezondheid. Het RIVM is ook gevraagd om na te gaan of er verschillen zijn in effecten bij stokers en niet-stokers en of effecten sterker naar voren komen in gevoelige groepen (zoals zwangere vrouwen, kinderen of personen met een chronische ziekte).

### 4.1 Gezondheidsgevolgen van houtrook in het algemeen

Het meeste onderzoek is uitgevoerd naar gevolgen voor de longen en luchtwegen. Er is nog te weinig onderzoek uitgevoerd naar andere effecten dan longen en luchtwegen, zoals geboortegewicht en dementie, om conclusies te kunnen trekken.

Blootstelling aan houtrook wordt in meerdere internationale onderzoeken geassocieerd met onder andere COPD, verslechterde longfunctie en longontsteking. Ook een Nederlands onderzoek laat een verband zien namelijk kortademigheid in rust en toegenomen medicijngebruik voor luchtwegklachten (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). Uit ander Nederlands onderzoek blijkt dat blootstelling aan houtrook geurhinder en slaapverstoring veroorzaakt. Daarentegen zijn er ook meerdere onderzoeken die geen verband vinden. De epidemiologische onderzoeken naar het verband tussen blootstelling aan houtrook en gezondheid laten dus wisselende resultaten zien. Het is echter bekend dat houtrook schadelijk is voor de gezondheid. Houtrook bevat namelijk altijd schadelijke stoffen, waarvan de effecten bekend zijn, zoals fijnstof en roet.

Een belangrijke beperking is de bepaling van houtrookblootstelling. Er zijn onderzoeken van betere kwaliteit nodig om de gezondheidsgevolgen van houtrook beter te kwantificeren. Dit concludeerden ook al Hagens et al. (2011) en Mathijssen et al. (2019). De recent gepubliceerde overzichtsartikelen van Guercio et al. (2022; 2021) trekken dezelfde conclusie. Het meten van houtrookblootstelling kan op verschillende manieren. Vaak krijgen de te onderzoeken personen de vraag of en hoe vaak zij een houtkachel of open haard gebruiken. Dit betreft dus onderzoek bij stokers, waarbij in sommige gevallen een vergelijking gemaakt wordt met niet-stokers. De uitstoot en blootstelling kan sterk verschillen tussen personen die hout stoken, afhankelijk van bijvoorbeeld het soort hout en de invloed van vervuilende stoffen van buiten. Hier wordt niet altijd rekening mee gehouden in de vragen. Wanneer gevraagd wordt naar het verleden, is het bovendien mogelijk dat personen zich niet altijd nauwkeurig het gebruik van een houtkachel of open haard kunnen herinneren. Een nauwkeurige bepaling van de blootstelling is op deze manier niet mogelijk, wat de wisselende resultaten kan verklaren.

Er zijn objectieve en kwantitatieve metingen nodig. Metingen van vervuilende stoffen die (mogelijk) van houtrook afkomen, gebeuren meestal buiten op een centraal meetpunt. Hierbij wordt de gezondheid

van bewoners in de omgeving van dat meetpunt onderzocht. Dit betreft dan onderzoek bij stokers of niet-stokers, indien bekend is of zij hout stookten of juist niet. Dit is echter vaak niet bekend. Het meten van stoffen afkomstig van houtrook in de buitenlucht is een objectieve methode om de blootstelling te bepalen, maar niet zonder beperkingen. Vaak wordt fijnstof gemeten. Fijnstof kan echter ook van andere bronnen afkomstig zijn, zoals van het wegverkeer. Het meten van levoglucosan, maar ook van roet, in de lucht is een goede indicator van de aanwezigheid van houtrook in de lucht (Samenwerking Houtrookonderzoek, 2022). Ondanks dat houtrook vaak buiten is gemeten, is het aannemelijk dat de blootstelling van personen voornamelijk binnen plaatsvindt. De meeste personen besteden namelijk een groot deel van hun tijd binnen, vooral in de winter (meestal de periode waarin ook het meest gestookt wordt). De daadwerkelijke blootstelling wordt daarom beïnvloed door eigenschappen van het huis, waarmee met deze blootstellingsbepaling geen rekening wordt gehouden. Hierdoor kan het meten van houtrook buitenshuis mogelijk een minder goede maat zijn voor de persoonlijke blootstelling.

Enkele onderzoeken hebben binnenshuis vervuilende stoffen afkomstig van houtrook daadwerkelijk gemeten met behulp van monitoren (Noonan et al., 2017; Robin et al., 1996; Walker et al., 2022). Daarbij staat de monitor in dezelfde ruimte als de houtkachel of open haard. Dit is in potentie een betere maat voor de blootstelling van personen. Het is echter in een beperkt aantal onderzoeken gedaan en is alleen bij kinderen uitgevoerd. Een van de beperkingen is bovendien dat de metingen vaak kortdurend zijn (bijvoorbeeld 48 uur). Ook bevinden personen zich gedurende de onderzoeksperiode niet altijd in dezelfde ruimte als de houtkachel, waardoor het mogelijk niet goed de persoonlijke blootstelling weerspiegelt.

## **4.2 Gezondheidsgevolgen van houtrook bij stokers en niet-stokers**

Het onderzoek dat hierboven is beschreven is bij stokers of bij niet-stokers uitgevoerd en voor een deel bij personen waarvan onbekend is of zij zelf hout stookten. Er is relatief veel onderzoek uitgevoerd bij stokers. In dat onderzoek worden personen onderzocht die zelf een houtkachel of open haard gebruiken en in sommige gevallen wordt hun gezondheid vergeleken met niet-stokers. In dit onderzoek is de blootstelling bijna altijd gebaseerd op zelfrapportage. Voor deze specifieke groep geldt ook dat de onderzoeken wisselende resultaten laten zien wat het verband met de gezondheid betreft. Er is slechts één onderzoek gevonden waarin de stokers van een barbecue zijn onderzocht. De blootstelling aan rook afkomstig van een barbecue is onderzocht bij personen die de barbecue zelf hebben gebruikt (Lenssen et al., 2022). Meer onderzoek is nodig om hier een conclusie over te trekken.

Er is weinig onderzoek gedaan bij niet-stokers (oftewel omwonenden). De onderzoeken waarbij stokers worden vergeleken met niet-stokers, zijn minder geschikt wanneer geïnteresseerd in de gezondheidsgevolgen voor niet-stokers. De vraag is namelijk niet of niet-stokers beter of slechter af zijn dan stokers. Om het effect te onderzoeken dienen de niet-stokers apart van de stokers onderzocht te worden (stratificatie van

de analyse naar het verband tussen houtrook en gezondheid). Er zijn drie onderzoeken (Samenwerking Houtrookonderzoek 2022; Noonan et al., 2012; Bennet et al., 2010) gevonden waarin niet-stokers apart zijn onderzocht. Twee daarvan vonden een verband tussen houtrook in de buitenlucht en de gezondheid van de niet-stokers. In het Samenwerking Houtrookonderzoek (2022) wordt een verband gevonden tussen meer houtrook in de buitenlucht en kortademigheid in rust en toegenomen medicijngebruik voor luchtwegklachten bij niet-stokers. Noonan et al. (2012) vond een verband tussen een afname in fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) in de buitenlucht en een afname in het voorkomen van een piepende adem, luchtweginfecties (verkoudheid, bronchitis, influenza) en keel ontsteking bij niet-stokers. Bij stokers werd hetzelfde verband gevonden. Dit verband verschilde dus niet tussen stokers en niet-stokers. Tot slot is er nog een derde onderzoek uitgevoerd bij niet-stokers waaruit geen verband is gebleken. Er werd geen verband gevonden tussen het voorkomen van luchtwegklachten en het wonen in een gebied waar veel gestookt wordt, ongeacht of de personen zelf stookten of niet (Bennet et al., 2010). Bij veel van het onderzoek waarin de blootstelling buiten wordt gemeten is niet bekend of de onderzochte personen zelf hout stookten of niet. Wat het verband met gezondheid betreft lieten ook deze onderzoeken wisselende resultaten zien (Guercio et al., 2022; Guercio et al., 2021).

#### **4.3 Gezondheidsgevolgen van houtrook bij kwetsbare groepen**

Er is relatief veel onderzoek uitgevoerd bij kinderen. De beschreven conclusies voor onderzoeken die de blootstelling binnenshuis onderzochten, zijn gebaseerd op het beschikbare onderzoek bij zowel kinderen als volwassenen. Dezelfde conclusie is mogelijk wanneer het onderzoek bij kinderen apart bekeken wordt; namelijk dat er in meerdere onderzoeken een verband wordt gevonden maar er ook onderzoeken zijn die geen verband vinden. Guercio et al. (2021) concluderen in hun review dat er bij kinderen geen verband is gevonden tussen blootstelling binnenshuis door houtverbranding en het risico op astma, piepende ademhaling en hoesten. Wel werd een geringe, niet-statistisch significante toename van het risico op infecties van de bovenste en onderste luchtwegen gevonden. Het onderzoek heeft beperkingen, waaronder een weinig nauwkeurige blootstellingsbepaling, vaak gebaseerd op zelfrapportage. Zoals hierboven ook al beschreven zijn bij kinderen enkele onderzoeken uitgevoerd waarbij de blootstelling aan houtrook (met fijnstof als indicator) binnenshuis is *gemeten* (Noonan et al., 2017; Robin et al., 1996; Walker et al., 2022). Deze onderzoeken laten wisselende verbanden zien met effecten op de longen en luchtwegen.

Er zijn geen overzichtsartikelen gevonden waarin het onderzoek voor andere mogelijk kwetsbare groepen (zwangere vrouwen, mensen met chronische ziekten) apart is samengevat. Enkele onderzoeken hebben het verband tussen houtrook en verschillende gezondheidsuitkomsten onderzocht bij personen met astma of COPD. Er is nog relatief weinig onderzoek uitgevoerd naar verbanden in mogelijk kwetsbare groepen. Bovendien is de variatie in uitkomsten groot en wisselen de resultaten. Ook in deze onderzoeken is de kwaliteit van bepaling van blootstelling beperkt.

#### 4.4 **Samenvatting**

De in het huidige literatuuronderzoek samengevatte onderzoeken geven aanwijzingen dat houtrookblootstelling zoals die zich in de Nederlandse situatie kan voordoen, nadelige effecten heeft voor de gezondheid. Er zijn echter ook onderzoeken die geen verband vinden met gezondheid en veel onderzoeken hebben nog beperkingen.

Epidemiologische onderzoeken van betere kwaliteit zijn nodig om gezondheidsgevolgen van houtrook beter te kwantificeren. Ook in eerder gepubliceerde RIVM rapporten (Hagens et al., 2011; Mathijssen et al., 2019) werd geconcludeerd dat de blootstellingsbepaling verbeterd dient te worden. Ondanks dat bekend is dat houtrook altijd stoffen bevat die schadelijk zijn voor de gezondheid komt uit het epidemiologisch onderzoek geen eenduidig bewijs voor een verband met gezondheid. Een belangrijke, terugkerende beperking van het epidemiologisch onderzoek is de blootstellingsbepaling. Er zijn objectieve en kwantitatieve metingen nodig. Verder zijn andere uitkomsten dan longen en luchtwegen nog weinig onderzocht en is meer onderzoek nodig gericht op niet-stokers (omwonenden) en bepaalde kwetsbare groepen. Er is daarom beter en uitgebreider onderzoek nodig, vooral wat betreft de blootstelling, om de gezondheidseffecten van houtrook preciezer in te kunnen schatten.

## Bijlage 1 de zoekstrategie

Hieronder staat eerst de zoekstrategie voor de reviews en daarna de zoekstrategie voor de primaire onderzoeken.

Er is een brede zoekactie naar reviews uitgevoerd op basis van zoektermen in titel, abstract en keywords. De term "black carbon" is ook opgenomen in de Embase search. Deze term is waarschijnlijk weinig relevant voor het huidige rapport, maar is voor de zekerheid toch opgenomen.

Om de primaire literatuur te zoeken, is ook op basis van zoektermen in titel, abstract en keywords gezocht, maar alleen tussen 2009 en 2023, gezien het verschijnen van eerdere reviews. Voor de zekerheid is wel gezocht vóór 2009, maar alleen in titel en keywords. Ook is "black carbon" niet opgenomen in de zoekstrategie.

Tabel 8 Aantal gevonden referenties.

Zoekstrategie	Aantal referenties Embase	Aantal referenties Scopus	Totaal (na ontubbelen)
1. Houtrook reviews	387	141	429
2. Houtrook	1.250	1.155	1857

### 1. Houtrook reviews

#### Embase.com

No.	Query	Results
#28	#27 AND ([cochrane review]/lim OR [systematic review]/lim OR [meta analysis]/lim OR 'review'/it OR 'review':ti,ab)	387
#27	#12 AND #26	4354
#26	#13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 OR #20 OR #21 OR #22 OR #23 OR #24 OR #25	30797168
#25	'black carbon'/exp OR 'black carbon*':ti,ab	4961
#24	'central nervous system'/exp OR 'central nervous system*':ti,ab OR 'brain*':ti,ab	3094148
#23	'nuisanc*':ti,ab OR 'annoy*':ti,ab OR 'annoyance'/exp	11096
#22	'asthma*':ti,ab OR 'copd':ti,ab OR 'bronchitis':ti,ab OR 'cough*':ti,ab OR 'wheezing':ti,ab OR 'inhalation':ti,ab	545386
#21	((('adverse' OR 'health' OR 'respirator*' OR 'negative') NEAR/2 ('effect*' OR 'risk*'))):ti,ab	572789
#20	'toxicol*':ti,ab OR 'toxic':ti,ab OR 'toxicity':ti,ab OR 'genotoxic*':ti,ab OR 'toxicology'/exp	1036863
#19	'epidemiol*':ti,ab OR 'epidemiological data'/exp	4795960
#18	'cardiovasc*':ti,ab OR 'cardiorespirat*':ti,ab	832713
#17	'inflammat*':ti,ab OR 'inflammation'/exp	4954380
#16	'oxidative stress'/exp OR 'oxidative stress*':ti,ab	430510
#15	'respirator*':ti,ab OR 'lung*':ti,ab OR 'airway*':ti,ab OR 'intratracheal*':ti,ab OR 'pulmonar*':ti,ab	2411677

No.	Query	Results
#14	'diseases'/exp OR 'disease*':ti,ab OR 'symptom':ti,ab OR 'symptoms':ti,ab	28271006
#13	'health'/exp OR 'health*':ti,ab	4961725
#12	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11	6265
#11	('biomass*' NEAR/2 ('smoke*' OR 'smoking' OR 'combust*')):ti,ab	2195
#10	'firepit*':ti,ab OR 'fire-pit*':ti,ab OR 'fireplace*':ti,ab OR 'fire-place*':ti,ab OR 'barbecue*':ti,ab	941
#9	('wood' NEAR/3 ('fire*' OR 'heat*' OR 'burn*' OR 'smoke*' OR 'smoking*' OR 'combust*' OR 'stove*')):ti,ab	3195
#8	'woodfire*':ti,ab OR 'wood-fire*':ti,ab	157
#7	'woodheat*':ti,ab OR 'wood-heat*':ti,ab	84
#6	'woodcombust*':ti,ab OR 'wood-combust*':ti,ab	607
#5	'woodburn*':ti,ab OR 'wood-burn*':ti,ab	782
#4	'woodstove*':ti,ab OR 'wood-stove*':ti,ab	355
#3	'woodsmok*':ti,ab OR 'wood-smok*':ti,ab	988
#2	'wood*':ti AND 'heating method*':ti	1
#1	'wood smoke'/exp OR ('wood'/exp AND 'smoke'/exp)	573

### Scopus

((TITLE-ABS("woodsmoke\*" or "wood-smoke\*" or "woodstove\*" or "wood-burn\*" or "woodburn\*" or "wood-burn\*" or "woodcombust\*" or "wood-stove\*" or "woodcombust\*" or "woodheat\*" or "wood-heat\*" or "woodfire\*" or "wood-fire\*" or "firepit\*" or "fire-pit\*" or "fireplace\*" or "fire-place\*" or "barbecue\*") OR TITLE(("wood" or "biomass\*") W/2 ("fire\*" or "burn\*" or "smoke\*" or "smoking" or "combust\*"))) AND TITLE-ABS("health\*" or "disease\*" or "symptom" or "symptoms" or "respirator\*" or "inhalation" or "lung\*" or "airway\*" or "intratracheal\*" or "pulmonar\*" or "oxidative stress\*" or "inflammat\*" or "cardiovasc\*" or "cardiorespirat\*" or "toxicol\*" or "toxic" or "toxicity" or "genotoxic\*" or "asthma\*" or "copd" or "bronchitis" or "cough\*" or "wheezing" or "brain\*" or "neurologic\*" or "central nervous system\*" or "nuisanc\*" or "annoy\*")) AND DOCTYPE(re)

### Houtrookartikelen

### Embase.com

No.	Query	Results
#43	#41 OR #42	1250
#42	#39 AND [<1966-2009]/py	366
#41	#40 AND [2010-2022]/py	884
#40	#12 AND #25	1276
#39	#12 AND #38	1169
#38	#26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR #31 OR #32 OR #33 OR #34 OR #35 OR #36 OR #37	29419091
#37	'central nervous system'/exp OR 'central nervous system*':ti OR 'brain*':ti	2520032

No.	Query	Results
#36	'nuisanc*':ti OR 'annoy*':ti OR 'annoyance'/exp	2995
#35	'asthma*':ti OR 'copd':ti OR 'bronchitis':ti OR 'cough*':ti OR 'wheezing':ti OR 'inhalation':ti	241315
#34	((('adverse' OR 'health' OR 'respirator*' OR 'negative') NEAR/2 ('effect*' OR 'risk*'))):ti	50405
#33	'toxicol*':ti OR 'toxic':ti OR 'toxicity':ti OR 'genotoxic*':ti OR 'toxicology'/exp	275041
#32	'epidemiological data'/exp OR 'epidemiol*':ti	4549267
#31	'cardiovasc*':ti OR 'cardiorespirat*':ti	224115
#30	'inflammat*':ti OR 'inflammation'/exp	4401743
#29	'oxidative stress'/exp OR 'oxidative stress*':ti	379463
#28	'respirator*':ti OR 'lung*':ti OR 'airway*':ti OR 'intratracheal*':ti OR 'pulmonar*':ti	1102821
#27	'diseases'/exp OR 'disease*':ti OR 'symptom':ti OR 'symptoms':ti	27859164
#26	'health'/exp OR 'health*':ti	1741149
#25	#13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 OR #20 OR #21 OR #22 OR #23 OR #24	30794976
#24	'central nervous system'/exp OR 'central nervous system*':ti,ab OR 'brain*':ti,ab	3094148
#23	'nuisanc*':ti,ab OR 'annoy*':ti,ab OR 'annoyance'/exp	11096
#22	'asthma*':ti,ab OR 'copd':ti,ab OR 'bronchitis':ti,ab OR 'cough*':ti,ab OR 'wheezing':ti,ab OR 'inhalation':ti,ab	545386
#21	((('adverse' OR 'health' OR 'respirator*' OR 'negative') NEAR/2 ('effect*' OR 'risk*'))):ti,ab	572789
#20	'toxicol*':ti,ab OR 'toxic':ti,ab OR 'toxicity':ti,ab OR 'genotoxic*':ti,ab OR 'toxicology'/exp	1036863
#19	'epidemiol*':ti,ab OR 'epidemiological data'/exp	4795960
#18	'cardiovasc*':ti,ab OR 'cardiorespirat*':ti,ab	832713
#17	'inflammat*':ti,ab OR 'inflammation'/exp	4954380
#16	'oxidative stress'/exp OR 'oxidative stress*':ti,ab	430510
#15	'respirator*':ti,ab OR 'lung*':ti,ab OR 'airway*':ti,ab OR 'intratracheal*':ti,ab OR 'pulmonar*':ti,ab	2411677
#14	'diseases'/exp OR 'disease*':ti,ab OR 'symptom':ti,ab OR 'symptoms':ti,ab	28271006
#13	'health'/exp OR 'health*':ti,ab	4961725
#12	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11	1890
#11	('biomass*' NEAR/2 ('smoke*' OR 'smoking' OR 'combust*')):ti	470
#10	'firepit*':ti OR 'fire-pit*':ti OR 'fireplace*':ti OR 'fire-place*':ti OR 'barbecue*':ti	197
#9	('wood' NEAR/3 ('fire*' OR 'heat*' OR 'burn*' OR 'smoke*' OR 'smoking*' OR 'combust*' OR 'stove*')):ti	844
#8	'woodfire*':ti OR 'wood-fire*':ti	35
#7	'woodheat*':ti OR 'wood-heat*':ti	15
#6	'woodcombust*':ti OR 'wood-combust*':ti	139

No.	Query	Results
#5	'woodburn*':ti OR 'wood-burn*':ti	165
#4	'woodstove*':ti OR 'wood-stove*':ti	85
#3	'woodsmok*':ti OR 'wood-smok*':ti	403
#2	'wood*':ti AND 'heating method*':ti	1
#1	'wood smoke'/exp OR ('wood'/exp AND 'smoke'/exp)	573

### Scopus

TITLE("woodsmoke\*" or "wood-smoke\*" or "woodstove\*" or "wood-stove\*" or "woodburn\*" or "wood-burn\*" or "woodcombust\*" or "wood-combust\*" or "woodheat\*" or "wood-heat\*" or "woodfire\*" or "wood-fire\*" or "firepit\*" or "fire-pit\*" or "fireplace\*" or "fire-place\*" or "barbecue\*" OR (("wood" or "biomass\*") W/2 ("fire\*" or "burn\*" or "smoke\*" or "smoking" or "combust\*"))) AND ((TITLE-ABS("health\*" or "disease\*" or "symptom" or "symptoms" or "respirator\*" or "inhalation" or "lung\*" or "airway\*" or "intratrachael\*" or "pulmonar\*" or "oxidative stress\*" or "inflammat\*" or "cardiovasc\*" or "cardiorespirat\*" or "toxicol\*" or "toxic" or "toxicity" or "genotoxic\*" or "asthma\*" or "copd" or "bronchitis" or "cough\*" or "wheezing" or "brain\*" or "neurologic\*" or "central nervous system\*" or "nuisanc\*" or "annoy\*")AND PUBYEAR > 2009) OR (TITLE("health\*" or "disease\*" or "symptom" or "symptoms" or "respirator\*" or "inhalation" or "lung\*" or "airway\*" or "intratrachael\*" or "pulmonar\*" or "oxidative stress\*" or "inflammat\*" or "cardiovasc\*" or "cardiorespirat\*" or "toxicol\*" or "toxic" or "toxicity" or "genotoxic\*" or "asthma\*" or "copd" or "bronchitis" or "cough\*" or "wheezing" or "brain\*" or "neurologic\*" or "central nervous system\*" or "nuisanc\*" or "annoy\*")AND PUBYEAR < 2010))



## Literatuurlijst

- Allaouat, S., T. Yli-Tuomi, P. Tiittanen, A.W. Turunen, T. Siponen, J. Kukkonen, L. Kangas, M. Kauhaniemi, M. Aarnio, T. Ngandu, T. Lanki (2021) Long-term exposure to ambient fine particulate matter originating from traffic and residential wood combustion and the prevalence of depression. *J Epidemiol Community Health* 75: 1111-1116.
- Assibey-Mensah, V., J.C. Glantz, P.K. Hopke, T.A. Jusko, K. Thevenet-Morrison, D. Chalupa, D.Q. Rich (2020) Wintertime Wood Smoke, Traffic Particle Pollution, and Preeclampsia. *Hypertension* 75: 851-858.
- Balidemaj, F., E. Flanagan, E. Malmqvist, R. Rittner, K. Källén, D.O. Åström, A. Oudin (2022) Prenatal Exposure to Locally Emitted Air Pollutants Is Associated with Birth Weight: An Administrative Cohort Study from Southern Sweden. *Toxics* 10.
- Bennett, C.M., S.C. Dharmage, M. Matheson, J.L. Gras, J. Markos, D. Mészáros, J. Hopper, E.H. Walters, M.J. Abramson (2010) Ambient wood smoke exposure and respiratory symptoms in Tasmania, Australia. *Sci Total Environ* 409: 294-299.
- Bowatte, G., R. Tham, J.L. Perret, M.S. Bloom, G. Dong, N. Waidyatillake, D. Bui, G.G. Morgan, B. Jalaludin, C.J. Lodge, S.C. Dharmage (2018) Air Pollution and Otitis Media in Children: A Systematic Review of Literature. *Int J Environ Res Public Health* 15.
- Bui, D.S., J.A. Burgess, M.C. Matheson, B. Erbas, J. Perret, S. Morrison, G.G. Giles, J.L. Hopper, P.S. Thomas, J. Markos, M.J. Abramson, E.H. Walters, S.C. Dharmage (2013) Ambient wood smoke, traffic pollution and adult asthma prevalence and severity. *Respirology* 18: 1101-1107.
- Chandra, M., C.B. Rai, N. Kumari, V.K. Sandhu, K. Chandra, M. Krishna, S.H. Kota, K.S. Anand, A. Oudin (2022) Air Pollution and Cognitive Impairment across the Life Course in Humans: A Systematic Review with Specific Focus on Income Level of Study Area. *Int J Environ Res Public Health* 19.
- Charred (2023) Charred rapport: [https://charred.sites.uu.nl/wp-content/uploads/sites/562/2023/02/Stook\\_rapport\\_07022023.pdf](https://charred.sites.uu.nl/wp-content/uploads/sites/562/2023/02/Stook_rapport_07022023.pdf).
- Daigler, G.E., S.J. Markello, K.M. Cummings (1991) The effect of indoor air pollutants on otitis media and asthma in children. *Laryngoscope* 101: 293-296.
- Fleisch, A.F., S.M. Seshasayee, E. Garshick, J.W. Chipman, P. Koutrakis, E.R. Baker, M.R. Karagas (2020) Assessment of Maternal Glycemia and Newborn Size Among Pregnant Women Who Use Wood Stoves in Northern New England. *JAMA Netw Open* 3: e206046.
- Gan, W.Q., J.M. FitzGerald, C. Carlsten, M. Sadatsafavi, M. Brauer (2013) Associations of ambient air pollution with chronic obstructive pulmonary disease hospitalization and mortality. *Am J Respir Crit Care Med* 187: 721-727.

- Guercio, V., A. Doutsis, K.S. Exley (2022) A systematic review on solid fuel combustion exposure and respiratory health in adults in Europe, USA, Canada, Australia and New Zealand. *International journal of hygiene and environmental health* 241: 113926.
- Guercio, V., I.C. Pojum, G.S. Leonardi, C. Shrubsole, A.M. Gowers, S. Dimitroulopoulou, K.S. Exley (2021) Exposure to indoor and outdoor air pollution from solid fuel combustion and respiratory outcomes in children in developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment* 755.
- Hagens, W.I., A.J.P. van Overveld, P.H. Fischer, M.E. Gerlofs-Nijland, F.R. Cassee (2011) Gezondheidseffecten van houtrook. Een literatuurstudie. RIVM rapport 609300027/2011.
- Hosgood, H.D., 3rd, P. Boffetta, S. Greenland, Y.C. Lee, J. McLaughlin, A. Seow, E.J. Duell, A.S. Andrew, D. Zaridze, N. Szeszenia-Dabrowska, P. Rudnai, J. Lissowska, E. Fabiánová, D. Mates, V. Bencko, L. Foretova, V. Janout, H. Morgenstern, N. Rothman, R.J. Hung, P. Brennan, Q. Lan (2010) In-home coal and wood use and lung cancer risk: a pooled analysis of the International Lung Cancer Consortium. *Environ Health Perspect* 118: 1743-1747.
- Karanasiou, A., A. Alastuey, F. Amato, M. Renzi, M. Stafoggia, A. Tobias, C. Reche, F. Forastiere, S. Gumy, P. Mudu, X. Querol (2021) Short-term health effects from outdoor exposure to biomass burning emissions: A review. *Science of the Total Environment* 781.
- Leng, S., M.A. Picchi, P.M. Meek, M. Jiang, S.H. Bayliss, T. Zhai, R.I. Bayliyev, Y. Tesfaigzi, M.J. Campen, H. Kang, Y. Zhu, Q. Lan, A. Sood, S.A. Belinsky (2022) Wood smoke exposure affects lung aging, quality of life, and all-cause mortality in New Mexican smokers. *Respiratory Research* 23.
- Lenssen, E.S., R.H.H. Pieters, S.M. Nijmeijer, M. Oldenwening, K. Meliefste, G. Hoek (2022) Short-term associations between barbecue fumes and respiratory health in young adults. *Environmental Research* 204.
- MacIntyre, E.A., U. Gehring, A. Mölter, E. Fuertes, C. Klümper, U. Krämer, U. Quass, B. Hoffmann, M. Gascon, B. Brunekreef, G.H. Koppelman, R. Beelen, G. Hoek, M. Birk, J.C. de Jongste, H.A. Smit, J. Cyrus, O. Gruzieva, M. Korek, A. Bergström, R.M. Agius, F. de Vocht, A. Simpson, D. Porta, F. Forastiere, C. Badaloni, G. Cesaroni, A. Esplugues, A. Fernández-Somoano, A. Lerxundi, J. Sunyer, M. Cirach, M.J. Nieuwenhuijsen, G. Pershagen, J. Heinrich (2014) Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project. *Environ Health Perspect* 122: 107-113.
- MacIntyre, E.A., C.J. Karr, M. Koehoorn, P.A. Demers, L. Tamburic, C. Lencar, M. Brauer (2011) Residential air pollution and otitis media during the first two years of life. *Epidemiology* 22: 81-89.
- Malats, N., A.M. Camus-Radon, F. Nyberg, W. Ahrens, V. Constantinescu, A. Mukeria, S. Benhamou, H. Batura-Gabryel, I. Bruske-Hohlfeld, L. Simonato, A. Menezes, S. Lea, M. Lang, P. Boffetta (2000) Lung cancer risk in nonsmokers and GSTM1 and GSTT1 genetic polymorphism. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 9: 827-833.

- Mathijssen, E.A.M., R.P. Bogers, K.J. Rijs (2019) Gevolgen van houtstook voor het binnenmilieu: een verkenning van de literatuur. RIVM Rapport 2018-0170. .
- Mészáros, D., J. Markos, D.G. FitzGerald, E.H. Walters, R. Wood-Baker (2015) An observational study of PM<sub>10</sub> and hospital admissions for acute exacerbations of chronic respiratory disease in Tasmania, Australia 1992–2002. *BMJ Open Respiratory Research* 2: e000063.
- Naeher, L.P., M. Brauer, M. Lipsett, J.T. Zelikoff, C.D. Simpson, J.Q. Koenig, K.R. Smith (2007) Woodsmoke health effects: a review. *Inhal Toxicol* 19: 67-106.
- Noonan, C.W., E.O. Semmens, P. Smith, S.W. Harrar, L. Montrose, E. Weiler, M. McNamara, T.J. Ward (2017) Randomized Trial of Interventions to Improve Childhood Asthma in Homes with Wood-burning Stoves. *Environ Health Perspect* 125: 097010.
- Noonan, C.W., T.J. Ward, W. Navidi, L. Sheppard (2012) A rural community intervention targeting biomass combustion sources: effects on air quality and reporting of children's respiratory outcomes. *Occupational and Environmental Medicine* 69: 354.
- Okokon, E.O., T. Yli-Tuomi, T. Siponen, P. Tiittanen, A.W. Turunen, L. Kangas, A. Karppinen, J. Kukkonen, T. Lanki (2021) Heterogeneous urban exposures and prevalent hypertension in the helsinki capital region, Finland. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18: 1-14.
- Oudin, A., D. Segersson, R. Adolfsson, B. Forsberg (2018) Association between air pollution from residential wood burning and dementia incidence in a longitudinal study in Northern Sweden. *PLoS One* 13: e0198283.
- Pettigrew, M.M., J.F. Gent, E.W. Triche, K.D. Belanger, M.B. Bracken, B.P. Leaderer (2004) Infant otitis media and the use of secondary heating sources. *Epidemiology* 15: 13-20.
- Pope, R., K.M. Stanley, I. Domskey, F. Yip, L. Nohre, M.C. Mirabelli (2017) The relationship of high PM<sub>2.5</sub> days and subsequent asthma-related hospital encounters during the fireplace season in Phoenix, AZ, 2008–2012. *Air Quality, Atmosphere & Health* 10: 161-169.
- Ramanakumar, A.V., M.E. Parent, J. Siemiatycki (2007) Risk of lung cancer from residential heating and cooking fuels in Montreal, Canada. *Am J Epidemiol* 165: 634-642.
- Robin, L.F., P.S. Less, M. Winget, M. Steinhoff, L.H. Moulton, M. Santosham, A. Correa (1996) Wood-burning stoves and lower respiratory illnesses in Navajo children. *Pediatr Infect Dis J* 15: 859-865.
- Samenwerking Houtrookonderzoek (2022) <https://www.rivm.nl/houtrook/samenwerking-houtrookonderzoek>.
- Sarnat, J.A., A. Marmur, M. Klein, E. Kim, A.G. Russell, S.E. Sarnat, J.A. Mulholland, P.K. Hopke, P.E. Tolbert (2008) Fine particle sources and cardiorespiratory morbidity: an application of chemical mass balance and factor analytical source-apportionment methods. *Environ Health Perspect* 116: 459-466.

- Schwartz, C., A.K. Bølling, C. Carlsten (2020) Controlled human exposures to wood smoke: A synthesis of the evidence. *Particle and Fibre Toxicology* 17.
- Sloan, C.D., A.S. Andrew, J.F. Gruber, K.M. Mwenda, J.H. Moore, T. Onega, M.R. Karagas, X. Shi, E.J. Duell (2012) Indoor and Outdoor Air Pollution and Lung Cancer in New Hampshire and Vermont. *Toxicol Environ Chem* 94.
- van Poll, R., O. Breugelmans, D. Houthuijs, I. van Kamp (2018) Beleving Woonomgeving in Nederland Inventarisatie Verstoringen 2016 RIVM. Rapport 2018-0084.
- van Poll, R., S. Simon (2022) Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW). Hinder en slaapverstoring, de 2021-cijfers. RIVM-rapport 2022-0083.
- Veivers, D., G.M. Williams, B.G. Toelle, A.M.C. Waterman, Y. Guo, L. Denison, B.Y. Yang, G.H. Dong, B. Jalaludin, G.B. Marks, L.D. Knibbs (2022) The Indoor Environment and Otitis Media among Australian Children: A National Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health* 19.
- Walker, E.S., E.O. Semmens, A. Belcourt, B.B. Boyer, E. Erdei, J. Graham, S.E. Hopkins, J.L. Lewis, P.G. Smith, D. Ware, E. Weiler, T.J. Ward, C.W. Noonan (2022) Efficacy of Air Filtration and Education Interventions on Indoor Fine Particulate Matter and Child Lower Respiratory Tract Infections among Rural U.S. Homes Heated with Wood Stoves: Results from the KidsAIR Randomized Trial. *Environ Health Perspect* 130: 47002.
- Ware, D.N., J. Lewis, S. Hopkins, B. Boyer, L. Montrose, C.W. Noonan, E.O. Semmens, T.J. Ward (2014) Household reporting of childhood respiratory health and air pollution in rural Alaska Native communities. *Int J Circumpolar Health* 73: 1-10.
- White, J.D., A.B. Wyss, T.T. Hoang, M. Lee, M. Richards, C.G. Parks, L.E. Beane-Freeman, J.L. Hankinson, D.M. Umbach, S.J. London (2022) Residential Wood Burning and Pulmonary Function in the Agricultural Lung Health Study. *Environmental Health Perspectives* 130.
- Williamson-Reisdorph, C.M., K.G. Tiemessen, K. Christison, S. Gurney, D. Richmond, K. Wood, T.S. Quindry, C.L. Dumke, J.C. Quindry (2022) Cardiovascular and Blood Oxidative Stress Responses to Exercise and Acute Woodsmoke Exposure in Recreationally Active Individuals. *Wilderness & environmental medicine* 33: 17-24.
- Yap, P.S., C. Garcia (2015) Effectiveness of residential wood-burning regulation on decreasing particulate matter levels and hospitalizations in the San Joaquin Valley Air Basin. *Am J Public Health* 105: 772-778.



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

september 2023

De zorg voor morgen  
begint vandaag