



blauw

**(KOSTEN)EFFECTIVITEIT EN TOEPASBAARHEID MAATREGELEN  
PARTICULIERE HOUTSTOOK**

Onderzoek in opdracht van de provincie en gemeente Utrecht

Rapportnummer: BL2021.10398.01-V01  
April 2021

**(KOSTEN)EFFECTIVITEIT EN TOEPASBAARHEID MAATREGELEN  
PARTICULIERE HOUTSTOOK**

Onderzoek in opdracht van de provincie en gemeente Utrecht

Rapportnummer: BL2021.10398.01-V01  
April 2021

## SAMENVATTING

Buro Blauw heeft in opdracht van de provincie Utrecht en de gemeente Utrecht een literatuuronderzoek en berekeningen uitgevoerd naar de (kosten)effectiviteit en toepasbaarheid van maatregelen voor het verminderen van de effecten van particuliere houtstook op de lokale luchtkwaliteit. Dit onderzoek betreft maatregelen aan houtkachels in huis. Buitenkachels, vuurkorven, buitenovens en vreugdevuren vallen buiten de scope van dit onderzoek.

Het onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van een aangenomen motie in de provinciale staten van Utrecht en het "Uitvoeringsprogramma luchtkwaliteit 2020-2025" van de gemeente Utrecht.

In het onderzoek is de meest recente literatuur over houtstook en best beschikbare technieken gebruikt, onder meer van het CBS, het Vlaamse kennisinstituut VITO, het RIVM, TNO en de RVO.

Uit het WoON onderzoek 2018 van het CBS en uit onderzoek van de Nederlandse branche van kachelproducenten blijkt dat er in Nederland ruim 1 miljoen houtgestookte particuliere toestellen aanwezig zijn. Het merendeel van deze toestellen is "conventioneel". Open haarden en conventionele houtkachels veroorzaken een factor 5 tot 10 hogere emissie van fijnstof, roet en geur dan moderne kachels, die voldoen aan DIN-plus en Ecodesign typekeuring eisen.

Stookgedrag heeft een grote invloed op de emissies en dientengevolge optredende concentraties aan fijnstof en geur in de directe omgeving van een houtkachel. Ook stoken bij windstilte leidt tot hoge concentraties in de buitenlucht. Voorlichting die leidt tot een juiste keuze van een aan te schaffen houtkachel, een goede installatie van die houtkachel en goed stookgedrag van de gebruiker is de meest kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van de negatieve effecten van particuliere houtstook op de luchtkwaliteit. Het effect van voorlichting op de emissies van houtkachels is evenwel onzeker.

Conventionele houtkachels hebben de grootste bijdrage (meer dan 50%) aan de PM<sub>2,5</sub> emissie door particuliere houtstook. Het verbod of afsluiten van conventionele houtkachels – kachels met alleen een CE-keurmerk die niet voldoen aan de DIN-plus en Ecodesign eisen – levert de grootste emissiereductie op en is, na voorlichting, de meest kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van de milieueffecten en overlast door deze toestellen. Vervangen van deze toestellen door moderne houtkachels of pelletkachels is eveneens een kosteneffectieve maatregel.

Open haarden hebben een aandeel van ongeveer 30% in de emissie van PM<sub>2,5</sub> van alle houtgestookte particuliere toestellen. Er zijn geen technische maatregelen (zoals een katalysator of elektrostatisch filter) te treffen voor het verminderen van deze effecten. Bovendien hebben open haarden een zeer lage energie efficiënte en is het doel plezier. Voorlichting om te propageren open haarden niet meer te gebruiken / te ontmantelen is een kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van de milieueffecten en overlast van particuliere houtstook.

Na voorlichting is afsluiting of verbod van open haarden de meest kosteneffectieve maatregel voor open haarden.

Toepassen van een katalysator bij een conventionele en moderne kachel kan in specifieke situaties een kosteneffectieve maatregel zijn voor het verminderen van fijnstofemissies en geuroverlast, zeker als er al een metalen rookgaskanaal aanwezig is. Katalysatoren hebben waarschijnlijk geen invloed op de emissie van condenseerbaar fijnstof door houtkachels.

Elektrostatische filters blijken in langdurige praktijkmetingen minder fijnstof te reduceren dan uit laboratoriumproeven blijkt. Dit wordt toegeschreven aan het achterwege blijven van noodzakelijk onderhoud. Deze filters hebben geen invloed op de emissie van condenseerbaar fijnstof en geur. Deze maatregel is niet kosteneffectief.

Maatregelen aan pelletkachels zijn niet kosteneffectief, omdat deze van alle houtkachels, de laagste emissie hebben van  $PM_{2,5}$ , roet en geur. Verbod van pelletkachels is – gezien hun prijs – de duurste maatregel. Voorlichting en toepassen van katalysatoren en elektrostatische filters hebben geen, of een zeer gering effect op de emissies van pelletkachels.

Het optreden van geurhinder wordt sterk beperkt door voorlichting, verbod of afsluiten van conventionele kachels en open haarden, het vervangen van conventionele kachels door moderne kachels en in specifieke situaties toepassen van een katalysator. Echter ook bij uitsluitend moderne houtkachels en pelletkachels is geurhinder niet uit te sluiten. Dit wordt, naast de bovengenoemde maatregelen, (grotendeels) beperkt door een goede installatie van het toestel en de rookgasafvoer.

In de provincie Utrecht zijn ruim 100.000 houtkachels aanwezig. Het aandeel open haarden en conventionele kachels wijkt naar verwachting niet af van het landelijk gemiddelde. Kleinere gemeentes hebben waarschijnlijk een groter aandeel woningen met houtgestookte toestellen en hier zal het aandeel oudere toestellen ook groter zijn dan in grotere gemeentes en groeikernen. Hieruit kan niet geconcludeerd worden dat de hinder en de fijnstofconcentraties door houtkachels in kleinere gemeentes groter is dan in stedelijk gebied. Dit omdat dit van veel andere factoren afhankelijk is.

Door particuliere houtkachels in de provincie Utrecht wordt 2.100 tot 4.300 ton  $PM_{2,5}$  per jaar geëmitteerd. Hiervan vindt ca. 18% plaats in de gemeente Utrecht. Particuliere houtkachels dragen ca. 25% bij aan de totale  $PM_{2,5}$  emissie in Nederland. Maatregelen ter beperking van de fijnstofemissie door houtkachels dragen dus fors bij aan de afname van de  $PM_{2,5}$  emissie.

De aanwezigheid van meerdere houtkachels in de directe omgeving van een waarnemer, heeft een grote invloed op de fijnstof- en geurconcentratie bij deze waarnemer.

---

**INHOUDSOPGAVE**

Samenvatting .....	2
1. Inleiding .....	5
2. Context onderzoek .....	6
3. Normen voor emissies en immissies van houtkachels .....	8
3.1 Emissienormen houtkachels .....	8
3.2 Immissie eisen Wet milieubeheer .....	9
3.3 Eisen ten aanzien van aanvaardbare (geur)hinder .....	10
4. Emissies van houtstook .....	11
4.1 Componenten van houtrook .....	11
4.2 Factoren die de emissies van houtkachels beïnvloeden .....	12
4.3 Uitgangspunten berekeningen .....	13
5. BBT maatregelen emissies houtstook .....	16
5.1 Type maatregelen .....	16
5.2 Kosten en effectiviteit van toestellen en maatregelen .....	18
5.3 Effectiviteit maatregelen op emissieniveau .....	22
5.4 Effectiviteit maatregelen voor de fijnstofconcentratie op leefniveau .....	28
5.5 Effectiviteit maatregelen op geur, gezond en energieverbruik .....	30
5.6 Samenvattende conclusies effectiviteit maatregelen .....	33
6. Regionale spreiding houtkachels .....	34
7. Conclusies .....	42
8. Literatuurlijst .....	44
Bijlage A. Scenariobestand modelberekeningen .....	46
Bijlage B. Schematische weergave positionering houtkachels .....	52
Verantwoording .....	53

## 1. INLEIDING

Buro Blauw heeft in opdracht van de provincie Utrecht en de gemeente Utrecht een literatuuronderzoek en berekeningen uitgevoerd van de (kosten)effectiviteit en toepasbaarheid van maatregelen voor het verminderen van de effecten van particuliere houtstook op de lokale luchtkwaliteit. Dit onderzoek betreft maatregelen aan houtkachels in huis. Buitenkachels, vuurkorven, buitenovens en vreugdevuren vallen buiten de scope van dit onderzoek.

De provincie Utrecht wil een faciliterende rol spelen bij de informatievoorziening aan gemeenten betreffende het thema houtstook. Daarnaast is er een motie in de Provinciale Staten aangenomen van de SGP. De opdracht aan GS luidt: "Te onderzoeken hoe een provinciale subsidie op filters bij kan dragen aan een schonere lucht en hiertoe een voorstel aan PS voor te leggen bij de kadernota."

In het "Uitvoeringsprogramma luchtkwaliteit 2020-2025" van de gemeente Utrecht wordt een voorlichtingscampagne (Utrechtse stookstandaard) en een subsidieregeling voor schoner stoken voorgesteld. De subsidieregeling betreft het aanbrengen van emissiebeperkende maatregelen, mits uit onafhankelijk onderzoek blijkt dat deze aantoonbaar effectief zijn en daarnaast onderbouwd is dat dit niet leidt tot een toename in stoken die het effect teniet zou doen. In dat kader luidt de onderzoeksopdracht van de gemeente Utrecht het uitvoeren van een onderzoek naar de kosteneffectiviteit van emissiebeperkende maatregelen, zoals bijvoorbeeld nageschakelde technieken, op basis van de meest recente literatuur.

Het doel van het onderzoek is:

- De situatie in de gemeente Utrecht en de regionale situatie in de provincie Utrecht in kaart te brengen;
- Inzicht te krijgen in de effectiviteit, kosteneffectiviteit en toepasbaarheid van de maatregelen, waaronder ook gebiedsgerichte toepasbaarheid;
- De gemeente en de provincie Utrecht te adviseren over mogelijk te nemen maatregelen met speciale aandacht voor nageschakelde technieken zoals katalysatoren en rookgasfilters.

In dit rapport worden de onderzoeksresultaten gepresenteerd. In hoofdstuk 2 wordt de opzet en de context van het onderzoek gegeven. In hoofdstuk 3 wordt het wettelijke kader besproken. Hoofdstuk 4 behandelt de emissies door houtstook en de effecten van deze emissies op de concentraties van fijnstof en andere stoffen in de buitenlucht. In hoofdstuk 5 worden best beschikbare technieken (BBT) en maatregelen besproken voor het verminderen van de emissies van particuliere houtkachels. Ingegaan wordt op de effectiviteit, de toepasbaarheid en de kosten van deze maatregelen. De kosteneffectiviteit van de verschillende maatregelen wordt met elkaar vergeleken. Hierbij wordt gekeken naar effecten op fijnstof, geur, gezondheid en klimaat. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de regionale spreiding van houtkachels in de provincie Utrecht. De conclusies van het onderzoek staan in hoofdstuk 7.

## 2. CONTEXT ONDERZOEK

In dit onderzoek wordt gekeken naar:

- Aantal en type kachels in Utrecht en de geografische verspreiding op basis van het WoON-onderzoek 2018 (1).
- Effectiviteit maatregelen (technisch); Hierbij wordt gekeken naar de componenten roet (elementair koolstof -EC), geur, ultrafijnstof ( $PM_{0,1}$ ),  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_x$ , vluchtige organische stoffen ( $C_xH_y$ ) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Tevens wordt gekeken naar het effect op de lokaal ervaren hinder. Voor fijnstof wordt hierbij, op basis van beschikbare literatuurgegevens, rekening gehouden met de effecten van maatregelen op de emissie van condenseerbaar fijnstof. De technische gegevens over maatregelen en kosten zijn ontnomen van een publicatie van het Vlaamse kennisinstituut VITO (2) en van het Kennisdocument Houtstook in Nederland (3), dat in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland is opgesteld.
- Kosteneffectiviteit houtrookmaatregelen. Hierbij handelt het om de vraag wat een onderzochte maatregel bijdraagt aan de verbetering van de luchtkwaliteit en de beperking van geuroverlast en wat de kosten van deze maatregelen zijn. De kosteneffectiviteit wordt uitgedrukt in de vermeden emissie<sup>1</sup> per bestede Euro;
- Uitvoerbaarheid houtrookmaatregelen; per maatregel wordt een oordeel gegeven over de uitvoerbaarheid en de voorwaarden waaraan voldaan moet worden om tot uitvoering over te kunnen gaan. Dit geldt vooral voor nageschakelde technieken: in welke situatie kan welke techniek toegepast worden? Hierbij zal onderscheid gemaakt worden tussen bestaande en nieuwe situaties voor wat betreft kachel en rookgaskanaal. Op basis hiervan en op basis van de (kosten)effectiviteit wordt een rangorde vastgesteld van meest (kosten)effectieve maatregelen. Opgemerkt wordt dat Buro Blauw gespecialiseerd is in de technische uitvoerbaarheid van maatregelen. Er zal geen oordeel gegeven worden over de bestuurlijke uitvoerbaarheid.
- Effectiviteit gebiedsgericht. Op basis van beschikbare gegevens wordt een inschatting gemaakt van de regionale spreiding van houtkachels, en type houtkachels in de provincie Utrecht.
- Advies: welke maatregelen kan welke bestuurslaag het beste nemen? Dit onderwerp wordt in dit onderzoek niet beschouwd. Hierover is informatie te vinden in een publicatie van het PBL uit 2019 (4) en gemaakte afspraken in het Schone Lucht Akkoord (SLA) (5).

---

<sup>1</sup> De emissie is de hoeveelheid verontreinigende stoffen die uit de bron komt. Deze verspreiden zich via de lucht en belasten zo de woon- en leefomgeving: de immissie.

In dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende houtgestookte “toestellen”:

- Open haarden. Dit zijn strikt genomen geen toestellen, waardoor de CE keuring niet van toepassing is. Het rendement van open haarden is laag (< 20%). Open haarden vallen onder de categorie sfeerverwarming en worden een gering aantal uren per jaar gebruikt (100 uur of minder).
- Inzet- en inbouwhaarden/inzetkachels/inbouwkachels. Dit zijn toestellen met een gesloten verbrandingskamer, die (bijvoorbeeld ter vervanging van de open haard) in het rookgaskanaal worden geplaatst. Dit betreft enerzijds conventionele toestellen met een energierendement van lager dan 50% en anderzijds moderne (DIN-plus en Ecodesign) toestellen met een rendement van meer dan 75%. Nieuwe toestellen met alleen een CE-keuring, die bijvoorbeeld in bouwmarkten worden verkocht, worden als conventionele kachels beschouwd<sup>2</sup>.
- Conventionele, vrijstaande houtkachels (voorzetkachels). Moderne vrijstaande kachels die voldoen aan de Duitse typekeuringseisen (DIN-plus kachels) of aan de Ecodesign richtlijn.

Open haarden, inzethaarden, inbouwhaarden en moderne vrijstaande kachels worden gestookt met stukhout.

- Pellet gestookte kachels. Deze worden gestookt op houtpellets. Houtpellets zijn kleine korrels gemaakt van zaagsel en houtsnippers wat samen geperst wordt tot een houtpellet korrel. Het verbrandingsproces wordt automatisch geregeld.

---

<sup>2</sup> Een inzetkachel of inzethaard is geïntegreerd in een bestaande schoorsteenopening (open haard) of een schoorsteenbehuizing/wand. Bij een inbouwkachel wordt de schouw om het toestel heen gebouwd.



### 3. NORMEN VOOR EMISSIES EN IMMISSIES VAN HOUTKACHELS

#### 3.1 Emissienormen houtkachels

In Nederland moeten houtkachels voldoen aan het CE-keurmerk. De typekeur-eisen hebben betrekking op het energie rendement (30-50%) de veiligheidsaspecten en de koolmonoxide (CO) concentratie in de rookgassen (<1%).

In 2022 wordt de Europese Ecodesign richtlijn van kracht. De eisen uit deze richtlijn worden samengevat in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Emissie-eisen voor verschillende soorten houtkachels volgens de Ecodesign richtlijn

Toestel	Seizoen rendement	Maximale concentratie [mg/Nm <sup>3</sup> ]			
		CO	Totaalstof	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>
Vrijstaande houtkachel	>65%	1500	40	120	200
Inbouw / inzet kachel	>65%	1500	40	120	200
Pelletkachel	>79%	300	20	60	200

Er zijn geen typekeuringseisen voor open haarden. Dit komt omdat dit strikt genomen geen toestellen zijn. De emissie-eis voor stof heeft betrekking op totaalstof, echter vrijwel alle stof behoort tot de categorie fijnstof (deeltjes kleiner dan 10 µm). De stofemissie-eis heeft geen betrekking op het condenseerbaar stof.

Voor het testen of houtkachels voldoen aan deze typekeuringseisen, worden emissiemetingen in een laboratoriumsituatie uitgevoerd. Bij het daadwerkelijke gebruik van de kachel in de praktijksituatie zijn de optredende emissies afhankelijk van de installatie van de kachel en het stookgedrag van de gebruiker. De optredende emissies bij gebruik van de kachels worden besproken in hoofdstuk 4.

### 3.2 Immissie eisen Wet milieubeheer

Blootstelling aan de rookgassen van houtkachels kan tot acute gezondheidsklachten leiden, zoals irritatiereacties, prikkelende ogen, hoesten en hoofdpijn. De stoffen die vrijkomen via de rookgassen van houtkachels komen ook vrij bij andere verbrandingsprocessen, zoals bijvoorbeeld motoren van auto's. Optredende acute gezondheidsklachten kunnen dus niet uitsluitend aan de uitstoot van één of meerdere houtkachels in de omgeving toegeschreven worden. In de GGD-richtlijn medische milieukunde, luchtkwaliteit en gezondheid (6) wordt aangegeven dat ouderen, kinderen, mensen met al bestaande luchtwegaandoeningen en cardiovasculaire aandoeningen en diabetici extra kwetsbaar zijn voor de blootstelling aan luchtverontreiniging. Voor een uitgebreidere omschrijving van gezondheidseffecten van houtkachels wordt verwezen naar de rapportage die Buro Blauw hierover in opdracht van de gemeente Groningen heeft opgesteld (7) en naar het Kennisdocument houtstook (3).

De geldende Europese grenswaarden voor concentraties van stoffen in de buitenlucht zijn in Nederland overgenomen in de Wet milieubeheer (8). De Wereld gezondheidsorganisatie (WHO) heeft gezondheidskundige advieswaarden gepubliceerd (9). De voor houtstook relevante Europese grenswaarden en advieswaarden van de WHO voor PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> en NO<sub>2</sub> worden samengevat in tabel 3.2

Tabel 3.2 Europese grenswaarden en WHO advieswaarden voor buitenluchtconcentraties van PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> en NO<sub>2</sub>

Instantie	Beschouwingsduur	Concentratie [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			Aantal overschrijdingen
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	
Europese Unie	Jaargemiddeld	40	25	40	
WHO		20	10	40	
Europese Unie	Daggemiddeld	50			35
WHO	Daggemiddeld		25		
Europese Unie / WHO	Uurgemiddelde			200	

De provincie Utrecht streeft na te voldoen aan de WHO advieswaarden in 2030. Dit is ook de streefwaarde van het Schone Lucht Akkoord. De stad Utrecht streeft ernaar om vóór 2030 de WHO advieswaarden te halen.

### 3.3 Eisen ten aanzien van aanvaardbare (geur)hinder

In het Bouwbesluit 2012 (10) zijn enkele eisen opgenomen die van toepassing zijn op particuliere houtkachels. Voor de installatie van de rookgasafvoer wordt hierbij verwezen naar de Nederlandse norm NEN 8757. Deze norm regelt, op basis van de zogenaamde verdunningsfactor, op welke wijze rookgassen van verbrandingstoestellen, waaronder houtkachels, op een voor de gebruiker veilige manier naar de buitenlucht afgevoerd moeten worden. Deze norm richt zich nadrukkelijk op de veiligheid voor de gebruiker van een houtkachel, maar niet op de overlast ondervonden door omwonenden.

In artikel 7.22 van de het Bouwbesluit 2012 is opgenomen dat het verboden is om in, op, of aan een bouwwerk of op een open erf of terrein voorwerpen of stoffen te plaatsen, te werpen of te hebben, handelingen te verrichten of na te laten of werktuigen te gebruiken, waardoor:

- a. op voor de omgeving hinderlijke of schadelijke wijze rook, roet, walm of stof wordt verspreid;
- b. overlast wordt of kan worden veroorzaakt voor de gebruikers van het bouwwerk, het open erf of terrein;
- c. op voor de omgeving hinderlijke of schadelijke wijze stank, stof of vocht of irriterend materiaal wordt verspreid of overlast wordt veroorzaakt door geluid en trilling, elektrische trilling daaronder begrepen, of door schadelijk of hinderlijk gedierte, dan wel door verontreiniging van het bouwwerk, open erf of terrein, of instortings-, omval- of ander gevaar wordt veroorzaakt.

Op basis van dit artikel kan in principe door een gemeente handhavend worden opgetreden tegen een eigenaar van een houtkachel die onaanvaardbare hinder in de omgeving veroorzaakt. Uit jurisprudentie blijkt dat handhaving op basis van artikel 7.22 van het Bouwbesluit heel moeilijk is. Voor een overzicht van jurisprudentie over dit onderwerp wordt verwezen naar het StAB kennisdocument 2019 (11).

## 4. EMISSIES VAN HOUTSTOOK

### 4.1 Componenten van houtrook

De verschillende componenten uit biomassaverbranding kunnen op hoofdlijnen worden onderverdeeld in: (1) organische componenten welke ontstaan doordat er tijdens het verbrandingsproces sprake is van **onvolledige verbranding**, en (2) anorganische componenten welke worden gevormd uit overige componenten die in de brandstof aanwezig zijn welke al dan niet na oxidatie in het rookgas worden opgenomen (12). De volgende componenten die vrijkomen bij onvolledige verbranding zijn het meest relevant:

- Fijnstof. Het wordt vaak verder onderverdeeld naar de deeltjesgrootte in  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{0,1}$ ,  $\text{PM}_1$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{PM}_{10}$ ). Daarbij zijn met name de kleinere deeltjes van belang voor de volksgezondheid omdat deze rechtstreeks in het bloed kunnen worden opgenomen via de longblaasjes;
- Stikstofoxiden. Bij alle verbrandingsprocessen, ook bij volledige verbranding, ontstaan stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ). Deze stikstofoxiden worden in de buitenlucht omgezet in stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ). Bij inademen van  $\text{NO}_2$  kan longirritatie optreden en een verminderde weerstand tegen infecties van de luchtwegen. Mensen met astma en bronchitis reageren extra gevoelig.
- Koolmonoxide ( $\text{CO}$ ).  $\text{CO}$  wordt uitgestoten als gasvormig product van onvolledige verbranding. Omdat het de opname van zuurstof in het lichaam beperkt is het schadelijk en zelfs dodelijk in te hoge concentraties. De  $\text{CO}$  concentratie in de rookgasen van een houtkachel is een goede indicator voor het optreden van onvolledige verbranding;
- Vluchtige organische stoffen. Dit is een verzamelnaam voor organische stoffen welke onder rookgascondities nog gasvormig zijn, zoals benzeen, fenolen en aldehyden. Deze organische stoffen zijn schadelijk voor de volksgezondheid in directe vorm of na de omzetting tot secundaire organische aerosolen. Deze stoffen zijn deels ook verantwoordelijk voor de geuruitstoot van houtkachels;
- Een specifieke groep vormen PAK's, organische koolwaterstoffen welke zijn gebaseerd op een benzeenring. Een van de meeste genoemde PAK's is Benzo(A)Pyreen (BaP). PAK's worden als kankerverwekkend beschouwd. PAK's behoren tot de fractie fijnstof;
- Roetdeeltjes, bestaan uit elementair koolstof (EC) en organische koolstof (OC). Roetdeeltjes behoren tot de deeltjesfractie  $\text{PM}_{2,5}$ .

Bij volledige verbranding komen in principe alleen koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ), waterdamp en fijnstofdeeltjes, voornamelijk bestaande uit anorganische zouten vrij. Typische deeltjesgrootteverdelingen van  $\text{PM}_1$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{PM}_{10}$  als onderdeel van totaal stof zijn in tabel 4.1 weergegeven voor verschillende type toestellen.

Tabel 4.1 De massafractie PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> van verschillende typen toestellen (13)

Type toestel	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
Houtkachels	92%	96%	99%
Pelletkachels	93%	95%	99%

Uit de tabel volgt dat het fijnstof in het rookgas van houtkachels voor 92% bestaat uit deeltjes kleiner dan 1 µm. De PM<sub>1</sub> fractie is onderdeel van de PM<sub>2,5</sub> (en PM<sub>10</sub>) fractie. Omdat de wetgeving zich richt op PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> deeltjes, en PM<sub>2,5</sub> deeltjes schadelijker zijn voor de gezondheid, wordt in dit rapport alleen gekeken naar de emissie en immissie van PM<sub>2,5</sub>.

## 4.2 Factoren die de emissies van houtkachels beïnvloeden

De emissies van houtkachels wordt bepaald door de verbrandingskwaliteit. Deze wordt beïnvloed door een groot aantal factoren. Bij kachels die handmatig geregeld worden (stukhout), treedt in grotere mate onvolledige verbranding op dan bij automatisch gestookte (pellet) kachels. Bij het opstarten van de kachel is altijd sprake van onvolledige verbranding.

Factoren die de verbrandingskwaliteit bepalen zijn:

- De brandstofkwaliteit<sup>3</sup> (gekocht voor gedroogd hout / afvalhout);
- Het vochtgehalte van het hout, deze moet tussen de 10% en 20% bedragen;
- De afmetingen van het hout. Dit is afhankelijk van het type houtkachel. In de gebruiksaanwijzing van de kachel worden de juiste afmetingen aangegeven;
- De wijze van aansteken. Onderzoeken waarbij de uitstoot van een typische houtkachel wordt vergeleken bij aansteken volgens traditionele methode (bottom up) en volgens de Zwitserse methode (top-down), laten vrijwel altijd zien dat de uitstoot van fijn stof bij de Zwitserse methode over een verbrandingscyclus met ca. 1/3 afneemt, de uitstoot van gasvormige koolwaterstoffen neemt met ca. 50% af.
- De belasting van het toestel. De uitstoot van de kachel is het laagst als deze vollast gestookt wordt. Van belang hierbij is dat het vermogen van de kachel afgestemd is op (het volume) van de ruimte die verwarmd moet worden. Bij een te groot vermogen, wordt de kachel gesmoord waarbij onvolledige verbranding optreedt.
- De stookduur en stookfrequentie. Bij het aansteken van een kachel zijn de emissies het hoogst. Als een kachel steeds voor korte duur gebruikt wordt, is het aandeel opstarturen in het totaal aantal stookuren het grootst. Dan treden er dus ook meer emissies op dan bij een min of meer continu stookproces. Hierbij speelt de functie van de kachel een belangrijke rol.

<sup>3</sup> hout dat in de praktijk verkocht wordt als gedroogd hout voldoet niet altijd aan het criterium dat bij het volgende aandachtspunt staat.

Een open haard wordt vooral voor de gezelligheid aangestoken, veelal gedurende slechts enkele uren aaneen en voornamelijk in het weekend. Een kachel die dient als hoofdverwarming wordt meer continu gestookt.

- Het ontwerp van de kachel. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek omdat in dit onderzoek gekeken wordt naar de (kosten) effectiviteit van maatregelen aan reeds door huishoudens aangeschafte houtkachels. Dit onderwerp is wel aan de orde bij het vervangen van een oude kachel door een nieuwe kachel.
- Installatie en onderhoud van de kachel. Het spreekt voor zich dat kachels zodanig geïnstalleerd worden dat zij veilig gebruikt kunnen worden, zowel voor de gebruiker als voor de omgeving. Dit aspect valt eveneens buiten de scope van dit onderzoek. Echter bij het aanbrengen van emissiereducerende technieken, zoals een elektrostatisch filter of een katalysator, spelen de kwaliteit en de afmetingen van het rookgaskanaal wel een belangrijke rol. Bij het afwegen van de kosteneffectiviteit van maatregelen wordt daarom onderscheid gemaakt tussen traditionele (gemetselde, lage schoorstenen) en metalen afgaskanalen. Plaatsing van reinigingstechnieken in traditionele (stenen) schoorstenen is niet mogelijk.

### 4.3 Uitgangspunten berekeningen

In dit hoofdstuk worden de emissies door particuliere houtstook inzichtelijk gemaakt. Bij de berekening van de emissies van houtkachels wordt onderscheid gemaakt tussen open haarden, conventionele kachels, moderne kachels en pelletkachels. Emissiegegevens van houtkachels zijn in deze categorieën ingedeeld.

Deze emissies hangen samen met het vermogen van de kachel, de ouderdom van de kachel, de stookduur en het stookgedrag. In dit onderzoek wordt uitgegaan van het TNO parkmodel (14). Tabel 4.2 geeft een overzicht van de gehanteerde aannames voor vollasturen, rendement, vermogens en rookgastemperaturen en rookgasdebieten.

Tabel 4.2 Gehanteerde parameters voor het berekenen van de emissievrachten

Toestel	Vollast uren [uur per jaar]	Rende- ment [%]	Vermogen		Temp [°C]	Rookgas- debiet [Nm <sup>3</sup> /MJ brandstof]
			Nominaal [kW]	Brandstof [kW]		
Open haard	100	10%	1,86	18,6	280	2,60
Conventionele kachel	594	45%	4,50	10,1	460	0,82
Moderne kachel	1.057	80%	4,54	5,7	270	0,54
Pelletkachel	1.039	85%	5,69	6,7	250	0,44

Toelichting: kW: kilo Watt  
 Nm<sup>3</sup> genormaliseerd volume  
 MJ Mega Joule

In tabel 4.3 worden de emissiefactoren vermeld voor PM<sub>2,5</sub> die voor particuliere houtstook gebruikt zijn in de Nederlandse Emissieregistratie (15). Hierbij is rekening gehouden met de hoeveelheid condenseerbaar fijnstof in de rookgassen.

Tabel 4.3 Emissiefactoren voor de emissies van PM<sub>2,5</sub> en NO<sub>x</sub> door houtkachels

Toestel	Emissiefactor [g /GJ]	
	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>
Open haard	637	77
Conventionele kachel	507	129
Conventionele kachel (verbeterd) <sup>1</sup>	221	129
Moderne kachel (DIN-plus)	129	129
Moderne kachel (Ecodesign)	93	129
Pelletkachel	60	185

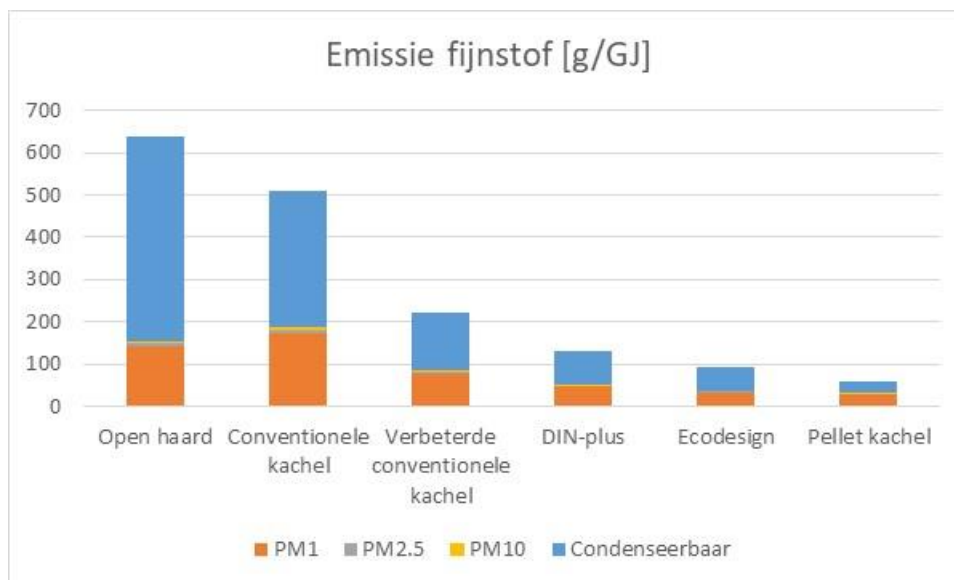
Toelichting 1. Verbeterde conventionele toestellen zijn de eerste generatie “modernere” toestellen. Deze toestellen voldoen niet aan de DIN-plus en Ecodesign richtlijnen.

Uit de tabel volgt dat de PM<sub>2,5</sub> emissie van moderne kachels en pelletkachels een factor 5 à 10 lager zijn dan de emissies van open haarden en conventionele kachels.

De NO<sub>x</sub> emissie van conventionele kachels en moderne Ecodesign houtkachels is gelijk (zie tabel 4.3). De NO<sub>x</sub> emissie van pelletkachels is hoger dan de NO<sub>x</sub> emissie van open haarden en kachels.

In dit rapport wordt gezocht naar verschillen in uitstoot tussen de verschillende type houtkachels en emissiereducerende technieken. Deze verschillen komen het beste tot uiting in de emissie van fijnstof. In dit rapport worden deze verschillen verder onderzocht op basis van de emissie en immissie van PM<sub>2,5</sub>.

De emissiefactoren voor fijn stof (PM) van tabel 4.3 zijn grafisch weergegeven in figuur 4.1. In deze figuur tevens verdeling tussen PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> en condenseerbaar fijnstof gegeven.



Figuur 4.1 Emissies van fijnstof door houtgestookte particuliere toestellen

Op basis van de bovenstaande tabellen wordt in tabel 4.4 de emissievracht voor  $PM_{2,5}$  en de fractie condenseerbaar  $PM_{2,5}$  gegeven<sup>4</sup>. Tevens is een maximale emissie op basis van literatuurgegevens vermeld in het wetenschappelijk artikel "An overview of particulate emissions from residential biomass combustion"(16).

Tabel 4.4 In dit onderzoek gehanteerd  $PM_{2,5}$  emissies van houtkachels

Type kachel	$PM_{2,5}$ emissie [g/uur]		Fractie condenseer aerosol [%]
	Gemiddeld	Maximaal	
Open haard	177	454	76%
Conventionele kachel	50	95	63%
Modern kachel	7	10	61%
Pelletkachel	1,5	3	67%

<sup>4</sup> Het percentage condenseerbaar aerosol is berekend uit de oorspronkelijke emissiefactoren in het TNO-parkmodel (14)– zonder condenseerbaar aerosol en de recente emissiefactoren inclusief condenseerbaar aerosol (15).



## 5. BBT MAATREGELEN EMISSIES HOUTSTOOK

### 5.1 Type maatregelen

In dit onderzoek wordt gekeken naar de (kosten)effectiviteit van diverse maatregelen waarmee de uitstoot door houtkachels verminderd kan worden. Hierbij is sprake van de volgende type maatregelen:

- Voorlichting over de milieueffecten van houtkachels bij de aanschaf van een nieuwe kachel. Dit is in principe de taak van de leverancier van de houtkachel en is geen onderdeel van dit onderzoek. Het onderwerp is wel relevant voor dit onderzoek, omdat bij mitigerende maatregelen ook gekeken wordt naar vervanging van meest vervuilende toestellen door minder vervuilende toestellen.
- Voorlichting over de installatie van houtkachels. De wijze van installatie van een houtkachel heeft een grote invloed op de effecten die deze houtkachel veroorzaakt in de directe omgeving. Dit is in principe de verantwoordelijkheid van de installateur van de houtkachel. In dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen installatie op een traditionele gemetselde schoorsteen en op een stalen schoorsteen. Dit onderscheid is van belang omdat technieken voor het verminderen van de emissie van een toestel alleen op een stalen schoorsteen toegepast kunnen worden.
- Voorlichting over gebruik van de kachel. Dit heeft te maken met stookgedrag. Stookgedrag heeft betrekking op de wijze van stoken (schoon en droog hout, Zwitserse methode) en de momenten van stoken (niet tijdens stookalert en/of als de Stookwijzer dit ontraadt). De wijze van stoken heeft invloed op de uitstoot van een houtkachel. In het vorige hoofdstuk zijn gemiddelde en maximale emissiefactoren voor emissies van houtkachels gegeven (tabel 4.4). Bij verkeerd stookgedrag kunnen de maximale emissies uit tabel 4.4 optreden. Door voorlichting over goed stookgedrag kunnen die verlaagd worden tot de gemiddelde waarden uit tabel 4.4.  
Niet stoken tijdens stookalert heeft te maken met het optreden van hoge concentraties van fijnstof en andere componenten tijdens ongunstige weersomstandigheden (windstil en mistig weer). Dit heeft een groot effect op de mate van hinder en acute gezondheidseffecten door particuliere houtstook. Dit effect is het grootst bij open haarden. Indicatieve berekeningen laten zien dat onder die omstandigheden momentaan zeer hoge uurgemiddelde geurconcentraties van  $80 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  of meer kunnen optreden binnen een straal van enkele tientallen meters van de schoorsteen van de houtkachel.
- Een algeheel stookverbod, resulteert in een emissiereductie van 100% van alle emissies veroorzaakt door particulier houtstook.
- Het buitenbedrijf stellen van een bestaande houtkachel, eventueel in combinatie met het onbruikbaar maken van het rookgaskanaal. Deze maatregel resulteert evident in een emissiereductie van 100% voor alle door deze houtkachel geëmitteerde componenten.

- De vervanging van een vervuilende kachel door een nieuwe schonere kachel. Hiermee worden de emissies in belangrijke mate verlaagd. Tevens wordt hiermee het rendement van het verwarmingstoestel vergroot, waarbij sprake is van een verminderd houtverbruik.
- Het plaatsen van een emissiereducerende techniek in het rookgaskanaal van de houtkachel. Hierbij is momenteel sprake van 2 technieken, te weten elektrostatische filters en katalysatoren. De toepassing van deze technieken is alleen mogelijk als sprake is van een metalen afgaskanaal. In het VITO onderzoek wordt geconcludeerd dat voor open haarden geen technieken (BBT) beschikbaar zijn om het verbrandingsproces te optimaliseren en/of emissies te reduceren, waardoor de emissies zeer hoog zijn en het energetisch rendement laag. Het gebruik van open haarden wordt om deze reden door VITO niet als BBT beschouwd.

In tabel 5.1 wordt aangegeven welke maatregelen bij welke type toestellen in principe toegepast kunnen worden.

Tabel 5.1 Overzicht van maatregelen per type toestel: + van toepassing / - niet van toepassing

Toestel	Schoorsteen	Stookverbod	Afsluiten	Vervangen	Voorlichting	Filter	Katalysator
Open haard		+	+	+	+	-	-
Conventionele kachel	steen	+	+	+	+	-1	-1
	metaal	+	+	+	+	+	+
Moderne kachel (DIN-plus / Ecodesign)	steen	+	+	-	+	-1	-1
	metaal	+	+	-	+	+	+
Pelletkachel	metaal	+	+	-	-2	+3	+3

- Toelichting:
1. Maatregel is wel van toepassing als stenen schoorsteen vervangen wordt door metalen schoorsteen.
  2. Een pelletkachel is automatisch geregeld. De gebruiker heeft geen invloed op de werking van de pelletkachel. Daarom heeft voorlichting geen invloed op de emissie van een houtkachel. Voorlichting heeft wel zin bij de aanschaf en gebruik van de pelletkachel (17). Daarnaast kan voorlichting betrekking hebben op het type pellets (Better Biomass certificaat).
  3. De fijnstofemissie van pelletkachels is lager dan de emissie van andere toestellen. Toepassen van filters en katalysatoren op pelletkachels heeft daardoor het kleinste effect op de fijnstofemissie.

## 5.2 Kosten en effectiviteit van toestellen en maatregelen

Informatie over de kosten en de effectiviteit van de verschillende technische maatregelen is in dit onderzoek ontleend aan het BBT-document opgesteld door VITO (2). Wat betreft technische maatregelen voor de andere installaties handelt het rapport van VITO over de volgende technieken:

- Toepassing van een katalysator. Deze zorgt voor een verdere oxidatie van de verbindingen in de houtrook.

Er zijn weinig metingen beschikbaar van het verwijderingsrendement van katalysatoren. VITO rapporteert een rendement – opgegeven door de leverancier van de katalysator – van 64%.

- Toepassing van een elektrostatistische filter (ESP). Door middelen van een elektrode in het rookgaskanaal wordt een gelijkspanning aangebracht waardoor het fijnstof uit de verbranding negatief geladen wordt. Dit verzamelt zich op de binnenwanden en wordt manueel of automatisch verwijderd.

In het rapport van VITO (2) wordt in tabel 25 een overzicht gegeven van metingen van de efficiëntie van elektrostatische filters. Deze tabel is overgenomen in onderstaande figuur 5.1.

Tabel 25: Overzicht van fijn stof verwijderingsrendementen van een ESP

Naam ESP	Plaatsing	Verbrandingstoestel	Gemiddelde verwijderingsrendement fijn stof	Type en duurtijd van test	Reinigingsmethode	Bron informatie
Residentia ESP	Schouw	Oude houtkachel Oude houtkachel  Multi stoker ketel Moderne stoof Oude stoof	54%-61% 85%-99%  80% 69% 55%	Veld, 61 dagen Lab, 250 min  Lab, duur onbekend Veld, 4.300 uur Veld, 4.300 uur	Manueel	TU Graz
Carola-KIT	Rookgaskanaal	Moderne stoof Houtpelletketel	87% 82%	Lab, duur onbekend	Automatisch	TU Graz
Zumikron	Rookgaskanaal	Houtketel Moderne stoof Oude stoof	41% 17% 11%	Veld, 545 uur	Manueel	TU Graz
OekoTube	Schouw	Moderne pelletketel	97%	Lab, 5 uur	Manueel	TU Graz
Bosch	Rookgaskanaal	Moderne pelletketel	70%	Lab, 860 uur	Automatisch	TU Graz
RuFF-Kat	Schouw	Moderne houtketel	>70%	Lab, duur onbekend	Automatisch	TU Graz
AL-Top – Schröder	Rookgaskanaal	Moderne houtketel	48%-82%	Lab, duur onbekend	Automatisch	TU Graz
SF20 – Spanner	Rookgaskanaal	Moderne ketel Oude houtketel	60% 25% en 80% <sup>8</sup>	Veld, 410 uur Veld, 2.900 uur	Automatisch	TU Graz
Airbox	Boven verbrandingskamer	Houtkachel	60%-80%	Lab, duur onbekend	Manueel	TU Graz
Kamin-Feinstaubkiller	Schouw	Oude houtketel	64%	Lab, 30 uur	Automatisch	TU Graz
OekoTube	Rookgaskanaal	Moderne kachel	34%-55%	Lab, duur onbekend	Manueel	Divi-Divi-VITO
Residential	Schouw	Oude kachel Moderne kachel	55% 69%	Veld, duur onbekend	Manueel	Hartmann (2010)
SF20 Spanner	Rookgaskanaal	Pelletketel	80%	Veld, duur onbekend	Automatisch	Hartmann (2010)

<sup>8</sup> 25% zonder bypass tijdens de startfase, 80% met bypass tijdens de startfase. Voor ketels met een slechte verbranding is een bypass nodig voor de opstartfase. Als er geen bypass is, wordt overmatig roet verzameld op de elektroden en dit kan kortsluitingen veroorzaken.

Figuur 5.1 Overzicht van metingen van het stofverwijderingsrendement van een ESP (overgenomen van (2)).

Uit het overzicht van onderzoeken in figuur 5.1 volgt dat bij kortdurende laboratorium experimenten een beduidend hoger reinigingsrendement voor fijnstof gemeten wordt dan bij metingen in de praktijk. Volgens VITO komt dit door storingen die in de praktijk niet snel verholpen worden. Ook wordt het filter vervuild door hoge stofemissies bij het aansteken van de kachel.

Bij oudere kachels wordt bij langdurige praktijkmetingen een rendement gemeten tussen 11% en 44%. In dit onderzoek is voor conventionele kachels gerekend met een gemiddeld reinigingsrendement voor fijnstof van 30%. Het in de praktijk bij langdurige experimenten gemeten reinigingsrendement voor moderne kachels ligt tussen 17% en 69%. In dit onderzoek is voor moderne kachels gerekend met een gemiddeld reinigingsrendement voor fijnstof van 50%.

ECN heeft in 2017 praktijkmetingen uitgevoerd aan een ESP bij een moderne houtkachel die ca. een jaar in gebruik was (17). Bij de metingen is het filter altemeerend aan en uitgeschakeld. Hierbij is bij een meetduur van 20 – 45 minuten een rendement voor  $PM_{2,5}$  gemeten van 70-79%. Deze waarden komen overeen met de resultaten van de kortdurende metingen in figuur 5.1.

Katalysatoren en elektrostatische filters verwijderen geen condenseerbaar fijnstof. Een katalysator verbrandt vooral kleinere koolwaterstofmoleculen, terwijl condenseerbaar fijnstof bestaat uit grote moleculen. Deze moleculen zijn nog gasvormig als het condenseerbaar fijnstof door een ESP- filter geleid wordt en worden dus ook niet door een ESP verwijderd. Het totale rendement van een katalysator en een ESP is dus lager dan de hierboven vermelde waarden. Hiermee wordt in dit onderzoek rekening gehouden bij het berekenen van de kostenefficiëntie van deze maatregelen.

Alle cijfers in dit rapport gaan – overeenkomstig de onderzoeksopdracht – over de retrofit van een techniek. Dit betreft dus de situatie waarbij een houtkachel is geïnstalleerd en waarbij achteraf een emissiereducerende techniek is geïnstalleerd. In tabel 5.2 is een samenvatting van de karakteristieken van de katalysator en het elektrofilter getoond.

Tabel 5.2 Effectiviteit en kosten van katalysatoren en elektrofilters, volgens VITO.

	katalysator		ESP
	Keramische	Metalen	
<b>Reductie:</b>			
<b>CO</b>	<50%	<66%	Conventioneel: 30% (11-44%) Modern: 50% (17-69%) <sup>3</sup>
<b>OGC</b>	<22%		
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<sup>1</sup>	<66% <sup>2</sup>	
<b>PAK's</b>		<75%	
<b>Koolwaterstoffen</b>		10-50% <sup>4</sup>	
<b>Levensduur</b>	5 - 10 jaar	5 - 10 jaar	
<b>Reiniging</b>	Manueel verwijderen en afspoelen met water 1x/dag tot 1x/ week	Manueel verwijderen en afspoelen met water 1x/dag tot 1x/ week	Automatisch: dagelijks leeggoaien opvangbak Handmatig: 1 à 2 keer/jaar door schoorsteenveger
<b>Prijs</b>	vanaf €700 excl. installatie	vanaf €370 excl. installatie	- €1500 - €2300 incl. installatie - €150 / onderhoud - circa €40/jaar elektriciteit
<b>Beperkingen</b>	Werkt niet bij drukval.	Bij een katalysator van platina en Palladium, kan onder bepaalde omstandigheden, de concentratie van chloorfenol en dioxines worden verhoogd	Kan geluidshinder veroorzaken. Heeft geen effect op geur.

- Toelichting
1. VITO rapporteert geen reinigingsrendement voor PM<sub>2,5</sub> voor keramische katalysatoren.
  2. Voor metalen katalysatoren is het niet bekend of deze ook condenseerbaar aerosol afvangen. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat condenseerbaar aerosol niet afgevangen wordt.
  3. Een elektrofilter vangt geen condenseerbaar aerosol af.
  4. Doordat metalen katalysatoren ook koolwaterstoffen afbreken, zorgen zij ook voor een reductie van de geuruitstoot. Elektro statische filters hebben geen invloed op de geuruitstoot.

VITO geeft aan dat de werking van deze technieken afhankelijk is van het onderhoud. Katalysatoren moeten dagelijks/wekelijks door de gebruiker gereinigd worden. Indien dit niet gebeurt gaat de werking van de katalysator achteruit. VITO geeft aan dat het reinigen van de katalysator moeilijk kan zijn, omdat deze voor het schoonmaken gedemonteerd moet worden en daarna afgespoeld moet worden met water.

Een elektrostatisch filter (ESP) moet een of twee keer per jaar door een schoorsteenveger gereinigd worden. Ook hierbij gaat de werking achteruit als dit niet gebeurt. Bij een ESP met een automatische reiniging moet de opvangbak van het reinigingssysteem dagelijks leeggegooid worden. Dit is een eenvoudige maar noodzakelijke handeling.

Naast deze technische maatregelen worden in tabel 5.1 ook een algeheel stookverbod, afsluiten en vervanging van oude door moderne kachels genoemd. Bij de vervangingsmaatregel worden kosten gemaakt bij de aanschaf van een moderne kachel. De prijsklasse (afgerond op €500) van de moderne verschillende types van houtkachels worden getoond in tabel 5.3 (tabel 1 van VITO onderzoek).

Tabel 5.3 Prijsklasse voor nieuwe kachel installaties

Toestel	Prijsklasse (EURO)
Inzetkachel/cassette	2.000 – 3.000
Inbouwkachel	2.000 – 7.500
Accumulatiekachel	3.500 – 11.000
Houtkachel – gietijzer	1.000 – 3.000
Pelletkachel	6.000 – 11.000

VITO heeft de prijzen in tabel 5.3 vastgesteld op basis van navraag bij fabrikanten, waarbij steeds gevraagd werd hun goedkoopste en duurste model te beschrijven. Hieruit wordt afgeleid dat het hier prijzen betreft van moderne houtkachels, die voldoen aan DIN-plus en Ecodesign. Het betreft dus prijzen voor kachels die in dit onderzoek als “modern” gekwalificeerd zijn, die voldoen aan DIN-plus of Ecodesign eisen. In dit onderzoek is verondersteld dat de aanschafwaarde van houtkachels in Vlaanderen vergelijkbaar is met de aanschafwaarde in Nederland.

Het vervangen van een conventioneel toestel door een modern toestel geeft extra kosten, namelijk het plaatsen van een metalen pijp in het schoorsteen kanaal (gemetseld schoorsteenkanaal). Het plaatsen van de metalen pijp kost circa €1.500. Deze vervanging heeft ook financiële voordelen voor de eigenaar. Door een hoger verbrandingsrendement worden de stookkosten lager.

Bij het afsluiten van toestellen moet de schoorsteen afgesloten of verwijderd worden. De kosten voor het afsluiten van het schoorsteenkanaal worden geraamd op € 1.000. De kosten van het verwijderen van het schoorsteenkanaal is locatie specifiek. De kosten worden geraamd tussen € 3.000 en € 5.000. In dit onderzoek wordt alleen rekening gehouden met de kosten voor het afsluiten van de schoorsteen.

Tot slot is voorlichting een van de maatregelen die ingezet worden voor het verminderen van de kosten van houtstook. De kosten van voorlichting kunnen niet uitgedrukt worden per kachel. De gemeente Utrecht heeft een bedrag van € 80.000 begroot voor de Utrechtse Stookstandaard voor de periode 2020-2025. Op basis van dit bedrag wordt in dit rapport een inschatting gemaakt van de kosteneffectiviteit voor voorlichting.

### 5.3 Effectiviteit maatregelen op emissieniveau

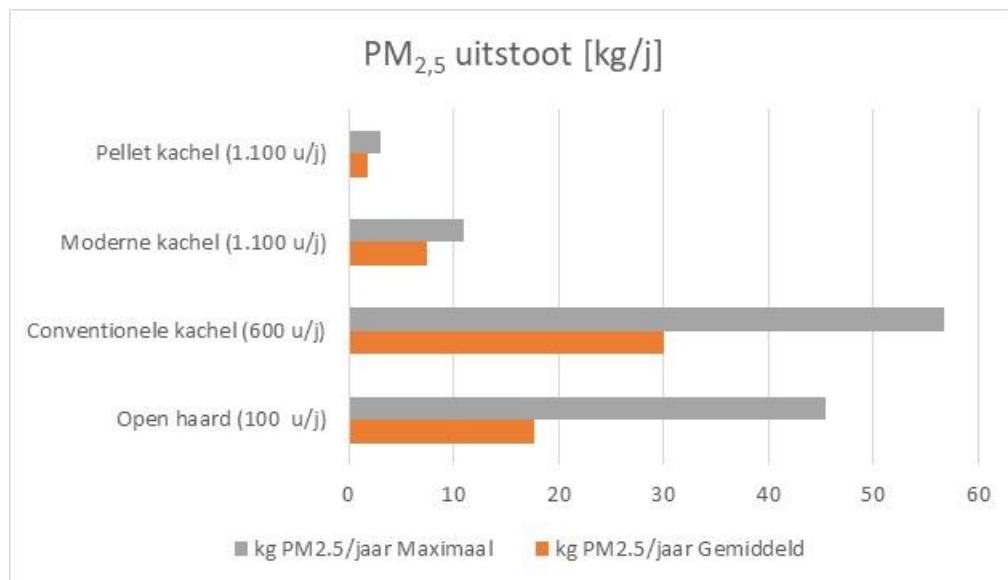
In deze paragraaf wordt de emissiereductie en de kosten per type toestel en per maatregel uitgewerkt. Hieruit volgt de kosteneffectiviteit op basis van vermeden emissie van  $PM_{2,5}$ . In tabel 5.3 staat een overzicht van jaaremmissies van  $PM_{2,5}$  door de verschillende type toestellen. Deze emissies zijn berekend op basis van de emissies beschreven in hoofdstuk 4.

Tabel 5.3 Gemiddelde en maximale jaaremmissies van  $PM_{2,5}$  voor de verschillende type toestellen

Toestel	$PM_{2,5}$ [g/uur]		Stookduur [uur/jaar]	Jaaremmissie [kg/jaar]	
	Gemiddeld	Max		Gemiddeld	Max
Open haard	177	454	100	18	45
Conventionele kachel	50	95	594	30	57
Moderne kachel	7	10	1.057	7	11
Pelletkachel	1,5	3	1.039	2	3

Uit de tabel volgt dat conventionele houtkachels de grootste bijdrage (meer dan 50%) hebben aan de  $PM_{2,5}$  emissie door particuliere houtstook. Open haarden hebben een aandeel van 30% in de emissie van  $PM_{2,5}$  van alle houtgestookte particuliere toestellen.

Deze gegevens zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2



Figuur 5.2 Gemiddelde en maximale uitstoot van  $PM_{2,5}$  van houtgestookte toestellen in kg per jaar.

In tabel 5.4 wordt de jaarlijkse vermijding van PM<sub>2,5</sub> emissie per toestel en per maatregel gegeven. Deze berekeningen worden onder de tabel toegelicht.

Tabel 5.4 Jaarlijkse vermijding van PM<sub>2,5</sub> emissie per toestel en per maatregel.

Maatregel	Effect	Besparing PM <sub>2,5</sub> emissie [kg/jaar]			
		Open haard	Conventionele kachel	Moderne kachel	Pelletkachel
Stookverbod	Gemiddeld	18	30	7	2
	Maximaal	45	57	11	3
Afsluiten	Gemiddeld	18	30	7	2
	Maximaal	45	57	11	3
Vervangen	Gemiddeld	10	23	-	-
	Maximaal	44	55	-	-
Voorlichting	Gemiddeld	4	4	1	-
	Maximaal	17	16	2	-
Katalysator	Gemiddeld	-	7	2	0
	Maximaal	-	14	3	1
EPS	Gemiddeld	-	3	1	0
	Maximaal	-	9	3	1

**Toelichting:**

**Besparing:** In de tabel staan afgeronde getallen. De besparing is berekend met niet afgeronde getallen.

**Stookverbod:** Met deze maatregel worden alle PM<sub>2,5</sub> emissies opgesomd in tabel 5.3 vermeden. Er is uitgegaan van volledige naleving van het verbod. In tabel 5.4 is uitgegaan van de gemiddelde en de maximale jaaremissie.

**Afsluiten:** Hiermee wordt hetzelfde effect bereikt als bij een stookverbod.

**Vervangen:** Bij vervanging van een conventionele houtkachel door een moderner toestel, wordt in de gemiddelde situatie uitgegaan van gemiddelde emissies bij vervanging met een moderne kachel.  
De maximale emissiereductie wordt gerealiseerd door vervanging van een conventionele kachel met een maximale emissie door een pelletkachel met een gemiddelde emissie.

**Voorlichting:** Voorlichting richt zich op goed stookgedrag. Het maximale effect van voorlichting wordt verkregen als door goed stookgedrag de maximale jaaremissie afneemt naar de gemiddelde jaaremissie. In tabel 5.4 is een range opgenomen. Uit tabel 5.3 volgt voor een open haard een maximale emissie (bij slecht stookgedrag) van 45,4 kg/j en een gemiddelde emissie van 17,7 kg/j. Het maximale effect van voorlichting – per gebruiker – is dat deze van slecht stookgedrag door voorlichting goed gaat stoken. De winst per open haard is dan  $45,4 - 17,7 = 27,7$  kg. In tabel 5.4 zijn afgeronde getallen gepresenteerd.  
In onderzoek van Motivaction (18) geeft minimaal 60% van de bezitters van houtkachels aan een goed stookgedrag te hebben.



In dit onderzoek van Buro Blauw is verondersteld dat in werkelijkheid minder dan 60% van de mensen goed stoken. Uitgegaan is van 40%. De doelgroep van voorlichting zijn gebruikers met slecht stookgedrag, dat is dus maximaal 60% van de mensen met een houtkachel. Met voorlichting wordt dus maximaal 60% van de gebruikers bereikt.

Rekenvoorbeeld bij open haard:

$$0,60*(45-18) = 17 \text{ kg/jaar.}$$

Bij de minimale reductie is arbitrair verondersteld dat slechts 25% van de doelgroep het advies opvolgt. Rekenvoorbeeld bij open haard:

$$0,25*17 = 4 \text{ kg/jaar.}$$

**Katalysator:** Met een katalysator wordt de emissie van de aerosol-fractie van de PM<sub>2,5</sub> emissie maximaal met 66% gereduceerd. Verondersteld is dat de condenseerbare fractie niet gereduceerd wordt. Er is uitgegaan van een gemiddelde en een maximale emissiereductie op basis van de gemiddelde en maximale emissies in tabel 5.3 en het percentage condenseerbaar aerosol per type toestel (zie tabel 4.4). Hieronder staat een rekenvoorbeeld voor conventionele kachels:

Gemiddelde jaaremissie:	30 kg/jaar
Maximale jaaremissie:	57 kg/jaar
Reductie katalysator:	66%
Aandeel condenseerbaar stof:	63%
Gemiddelde reductie:	$0,66*(1-0,63)*30 = 7 \text{ kg/jaar}$
Maximale reductie:	$0,66*(1-0,63)*57 = 14 \text{ kg/jaar.}$

**EPS:** Met een EPS wordt voor conventionele kachels de aerosol-fractie van PM<sub>2,5</sub> emissie met gemiddeld 30% en maximaal met 44% gereduceerd. Voor moderne kachels en pelletkachels is de gemiddelde reductie 50% en de maximale reductie 69%. Er is uitgegaan van een gemiddelde en een maximale emissiereductie op basis van de gemiddelde en maximale emissies in tabel 5.4.

Uit tabel 5.4 volgt dat de grootste emissievermijding optreedt bij het afsluiten of verbieden van conventionele kachels. Het vervangen van conventionele kachels door moderne kachels of pelletkachels leidt ook tot een aanzienlijk lagere emissie. Vervanging van een open haard door een moderne kachel of pelletkachel leidt weliswaar ook tot een verminderde PM<sub>2,5</sub> emissie op jaarbasis, maar de stookduur neemt dan aanzienlijk toe (van 100 uur naar ruim 1.000 uur per jaar).

Het effect van voorlichting is onzeker omdat de berekende emissievermijding (sterk) bepaald wordt door de gemaakte aannames. Met deze aannames is de emissievermijding door voorlichting een factor 3 tot 6 lager dan het effect van het vervangen van een conventionele kachel door een moderne kachel of pelletkachel.

Toepassing van retrofit katalysatoren heeft een vergelijkbare emissievermijding tot gevolg als het effect van voorlichting. Het resultaat van een retrofit katalysator is afhankelijk van goed onderhoud.

Een elektrostatische filters heeft een duidelijk lagere PM<sub>2,5</sub> emissievermindering tot gevolg dan de overige maatregelen. Daarbij is het resultaat afhankelijk van goed onderhoud van het filter.

In tabel 5.5 worden de kosten per type toestel en per maatregel gegeven. Deze berekeningen worden onder de tabel toegelicht.

Tabel 5.5 Kosten van maatregelen voor het verminderen van de PM<sub>2,5</sub> emissies van verschillende type toestellen

Toestel	Prijsniveau	Kosten per toestel [€]					
		Stookverbod	Afsluiten	Vervangen	Voorlichting	Katalysator	EPS
Open haard		1000	1000	5625	3-6	-	-
Conventionele kachel	Steen	1000	1000	5625	3-6	1870	3400
	Metaal	1000	1000	4125	3-6	370	1900
Moderne kachel	Steen	4125	4125	-	3-6	1870	3400
	Metaal		5125			370	1900
Pelletkachel		8500	8500	-	-	370	1900

**Toelichting:**

- Stookverbod:** Voor open haarden en conventionele kachels zijn de kosten van een stookverbod gelijkgesteld aan de kosten voor het afsluiten van de schoorsteen. Hierbij is verondersteld dat het aanwezige oude toestel economisch afgeschreven is. Er is ook niet gekeken naar de financiële baten door de (verplichte) overstap naar een meer energie efficiëntere huisverwarming. Voor moderne kachels en pelletkachels is als kostenpost de gemiddelde prijs van deze toestellen in tabel 5.3 genomen. Er is geen rekening gehouden met kosten van communicatie en handhaving voor de decentrale overheid.
- Afsluitkosten:** De afsluitkosten zijn gelijk aan de kosten voor een stookverbod. Bij de afsluitkosten is uitgegaan van het afsluiten van het rookgaskanaal. Kosten voor het verwijderen van het rookgaskanaal zijn niet meegerekend.
- Vervangen:** De kosten voor vervanging van een oud toestel voor een modern toestel zijn gelijk gesteld aan de gemiddelde prijs van een moderne kachel, vermeerderd met de kosten van een metalen pijp als die niet aanwezig is. Er is geen rekening gehouden met de restwaarde van de oude kachel.
- Voorlichting:** De voorlichtingskosten voor houtrook in de gemeente Utrecht bedragen € 80.000 voor een periode van 5 jaar. Het aantal houtgestookte toestellen in de gemeente Utrecht is in hoofdstuk 6 geschat op rond de 19.000. De fictieve prijs van voorlichting per toestel bedragen dan ca. €3.

Uit het onderzoek dat Motivaction in opdracht van de provincie Utrecht heeft uitgevoerd (18) volgt dat ca. 60% van de eigenaren van houtgestookte toestellen zegt regels voor goed stookgedrag op te volgen. In dit onderzoek van Buro Blauw is uitgegaan van 40%. Op basis hiervan zou een voorlichtingscampagne gericht moeten worden op de resterende 60%. De voorlichtingskosten per toestel nemen dan ongeveer met een factor 2 toe.

- Katalysator:** Dit zijn de kosten voor een metalen katalysator (exclusief installatie) volgens tabel 5.2. Voor toestellen met een stenen rookgaskanaal zijn hierbij de kosten voor de vervanging met een metalen pijp opgenomen.
- EPS:** Dit zijn de kosten voor een elektrostatisch filter volgens tabel 5.2. Voor toestellen met een stenen rookgaskanaal zijn hierbij de kosten voor de vervanging met een metalen pijp opgenomen.

Uit tabel 5.5 volgt dat kosten per kachel van maatregelen het duurst zijn voor stookverbod van moderne kachels en pelletkachels. Dit komt door de hoge aanschafwaarde en de kachels die nieuw zijn. De kosten van vervangen van conventionele kachels door moderne kachels of pelletkachels zijn gelijk aan de kosten van een stookverbod op moderne toestellen. De kosten van een katalysator of EPS zijn aanzienlijk lager, zeker als er al een metalen rookgaskanaal aanwezig is. De fictieve kosten per kachel van voorlichting zijn zeer laag.

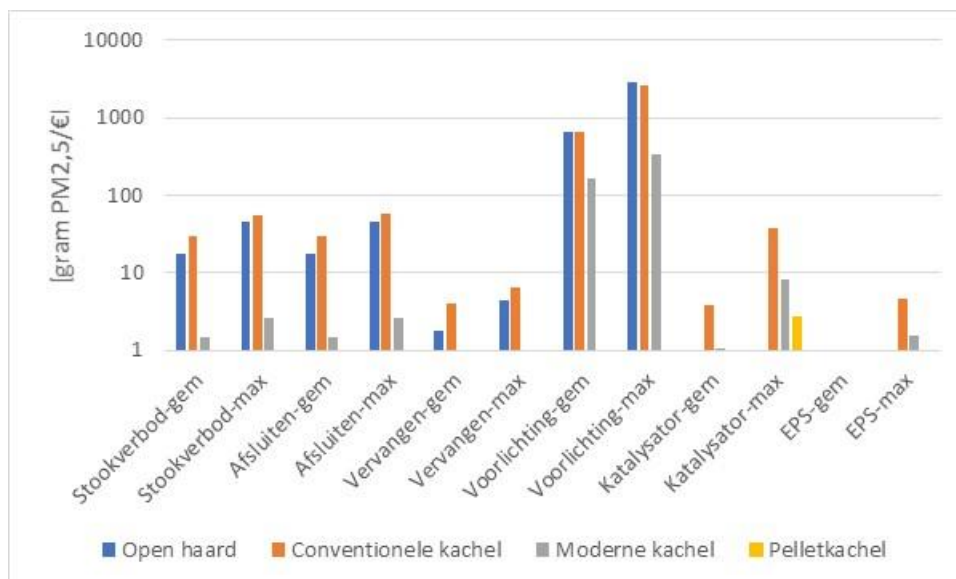
In tabel 5.6 wordt de kosteneffectiviteit van de verschillende maatregelen, uitgedrukt in vermeden gram  $PM_{2,5}$  emissie per geïnvesteerde Euro. Deze kosteneffectiviteit is gelijk aan de waarden in tabel 5.4 (vermenigvuldigd met 1000) te delen door de overeenkomstige waarden in tabel 5.5. Voor het verkrijgen van hele getallen is de emissievermijding bij de berekening van de kosteneffectiviteit uitgedrukt in gram  $PM_{2,5}$  i.p.v. kg  $PM_{2,5}$ .

Tabel 5.6 Kosteneffectiviteit van maatregelen, uitgedrukt in vermeden gram PM<sub>2,5</sub> emissie per geïnvesteerde Euro

Maatregel	Effect	Kosteneffectiviteit [Vermeden gram PM <sub>2,5</sub> emissie per Euro]			
		Open haard	Conventionele kachel	Moderne kachel	Pelletkachel
Stookverbod	Gemiddeld	18	30	1	0
	Maximaal	45	57	3	0
Afsluiten	Gemiddeld	18	30	1	0
	Maximaal	45	57	3	0
Vervangen	Gemiddeld	2	4		
	Maximaal	4	6		
Voorlichting	Gemiddeld	667	667	167	
	Maximaal	2833	2667	333	
Katalysator <sup>1</sup>	Gemiddeld		4	1	0
	Maximaal		38	8	3
EPS <sup>1</sup>	Gemiddeld		1	0	0
	Maximaal		5	2	1

Toelichting 1 De gemiddelde kosteneffectiviteit van een katalysator en een EPS is berekend op basis van de gemiddelde jaarlijkse emissievermindering in tabel 5.4 en de maximale kosten van katalysator en filter, inclusief aanschaf stalenrookgaskanaal. De maximale kosteneffectiviteit is berekend op de maximale jaarlijkse emissievermindering en de kosten exclusief stalenrookgaskanaal.

De gegevens uit tabel 5.6 zijn grafisch weergegeven in figuur 5.3.



Figuur 5.3 Kosteneffectiviteit van maatregelen voor het verminderen van de PM<sub>2,5</sub> emissie van houtgestookte particuliere toestellen, uitgedrukt in vermeden gram PM<sub>2,5</sub> emissie per geïnvesteerde Euro.

Tabel 5.6 kan vertaald worden naar een rangorde naar kosteneffectiviteit van maatregelen. Dit is weergegeven in tabel 5.7.

Tabel 5.7 Rangschikking maatregelen emissiebeperking op basis van kosteneffectiviteit en uitgedrukt in rangnummers

Maatregel	Rangnummer			
	Open haard	Conventionele kachel	Moderne kachel	Pelletkachel
Stookverbod/afsluiten	3	2	8	12
Voorlichting	1			
Vervangen	7	6	-	-
Katalysator	-	4	5	9
EPS	-	6	10	11

Uit de tabel blijkt dat van alle maatregelen voorlichting het meest kosteneffectief is, echter het succes van deze maatregel is onzeker. Van effect zekere maatregelen zijn verbieden of afsluiten van conventionele kachels en open haarden het meest kosteneffectief. Deze maatregelen leveren ook de grootste vermijding van  $PM_{2,5}$  emissie op. Toepassen van een katalysator bij conventionele en moderne kachels (met metalen rookgaskanaal) is de vierde en vijfde meest kosteneffectieve maatregel, gevolgd door vervangen van conventionele kachels en open haarden. Vervanging levert wel een hogere emissiereductie op dan een katalysator, de maatregel is echter ook duurder. Toepassen van elektrostatische filters op moderne kachels en pelletkachels behoort tot de minst kosteneffectieve maatregelen.

#### 5.4 Effectiviteit maatregelen voor de fijnstofconcentratie op leefniveau

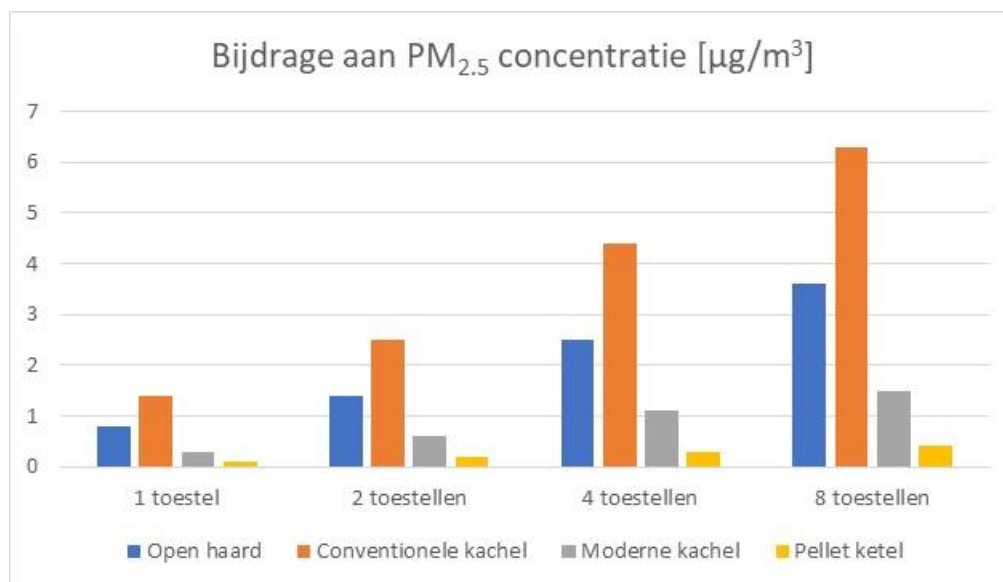
In deze paragraaf wordt de afname van de  $PM_{2,5}$  concentratie (immissiereductie) en de kosten per type toestel en per maatregel uitgewerkt. Hierbij zijn de effecten van condenseerbaar stof op de immissieconcentratie meegenomen. Uit modelberekeningen is gebleken dat de maximale immissieconcentratie optreedt op een afstand van 10 meter van de schoorsteen. Deze afstand verschilt in de praktijk in iedere specifieke situatie, afhankelijk van de specifieke configuratie, zoals dakhoogte, schoorsteenhoogte, diameter schoorsteen etc. Maar t.b.v. de doelstellingen van dit onderzoek is één representatieve standaard situatie doorgerekend van een vrijstaand huis met een nokhoogte van 7m en een schoorsteen van 0,5m boven nokniveau. De gebruikte gegevens staan in bijlage A.

In tabel 5.8 staat een overzicht van de bijdrage aan de jaargemiddelde van  $PM_{2,5}$ , van de verschillende type toestellen. Deze immissies zijn berekend op basis van de emissies beschreven in hoofdstuk 4. De berekeningen zijn uitgevoerd op een positie op een afstand van 10m van een houtkachel. Vervolgens zijn respectievelijk berekeningen uitgevoerd met 2, 4 en 8 houtkachels in 2 vierkanten rondom dit berekeningspunt. Dit is schematisch weergegeven in bijlage B.

Tabel 5.8 Jaargemiddelde PM<sub>2,5</sub> immissieconcentraties

Toestel	Bijdrage aan de jaargemiddelde PM <sub>2,5</sub> concentratie [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
	Aantal toestellen			
	1	2	4	8
Open haard (100 uur/jaar)	0,8	1,4	2,5	3,6
Conventionele kachel (594 uur/jaar)	1,4	2,5	4,4	6,3
Moderne kachel (1057 uur/jaar)	0,3	0,6	1,1	1,5
Pelletkachel (1039 uur/jaar)	0,1	0,2	0,3	0,4

Deze resultaten worden grafisch gepresenteerd in figuur 5.4.



Figuur 5.4 Bijdrage van particuliere houtkachels aan de PM<sub>2,5</sub> achtergrondconcentratie op 10m afstand en effecten van cumulatie.

Uit de tabel en de figuur volgt dat de bijdrage van een open haard of conventionele kachel aan de jaargemiddelde PM<sub>2,5</sub> concentratie 0,8 – 1,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bedraagt. Bij aanwezigheid van 8 toestellen in de omgeving, loopt de bijdrage van open haarden en conventionele kachels op tot 3,6-6,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Bij een moderne kachel of pelletkachel is de bijdrage aan de PM<sub>2,5</sub> achtergrondconcentratie respectievelijk 0,3 en 0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dit loopt op tot 1,5 en 0,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bij aanwezigheid van 8 toestellen.

Op basis van de rekenresultaten in tabel 5.8 wordt in tabel 5.9 de jaarlijkse vermijding van PM<sub>2,5</sub> immissie per toestel en per maatregel gegeven. Deze zijn gebaseerd op de rekenuitkomsten met één toestel. De berekeningen van de effecten van maatregelen op de PM<sub>2,5</sub> immissieconcentratie zijn op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de berekening van de effecten op de PM<sub>2,5</sub> emissie (zie toelichting bij tabel 5.4).

Tabel 5.9 Jaarlijkse vermijding van PM<sub>2,5</sub> immissie per toestel en per maatregel

Toestel	Vermeden PM <sub>2,5</sub> immissie [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] jaargemiddeld					
	Stookverbod	Afsluiten	Vervangen	Voorlichting	Katalysator	EPS
Open haard	0,8	0,8	0,5	0,5	-	-
Conventionele kachel	1,4	1,4	1,1	0,5	0,5	0,0
Moderne kachel	0,3	-	-	0,1	0,2	0,1
Pelletkachel	0,1	-	-	-	0,1	0,1

Uit de tabel volgt dat de meeste PM<sub>2,5</sub> immissie vermeden wordt door maatregelen te treffen bij conventionele kachels en open haarden. Voorlichting heeft vooral effect op de bijdrage van open haarden en conventionele kachels. Toepassing van een katalysator bij een conventionele kachel heeft een half zo groot effect dan het vervangen van de kachel door een moderne kachel. Een EPS heeft het kleinste effect.

## 5.5 Effectiviteit maatregelen op geur, gezond en energieverbruik

### Geur

De effecten van maatregelen op geur zijn moeilijk te kwantificeren. Dit omdat het optreden van geuroverlast sterk afhankelijk is van de individuele situatie, zowel voor wat betreft het type kachel, de installatie van de kachel, als het stookgedrag. Daarnaast zijn er slechts heel beperkt gegevens over geuremissies aanwezig en dit betreft enkele metingen aan conventionele kachels, uitgevoerd door Buro Blauw.

Uit het kennisdocument houtstook (3) volgt dat de geuremissie van open haarden en conventionele kachels een factor 10 hoger is dan de geuremissie van moderne kachels en pelletkachels. Op grond van deze gegevens wordt hieronder aangegeven welke maatregelen effectief zijn voor het verminderen van de geuroverlast door houtstook, dit in rangorde van verwachte effectiviteit (van hoog naar laag).

1. Afsluiten van open haarden en conventionele kachels. Dit zijn de kachels die grotendeels verantwoordelijk zijn voor het veroorzaken van geuroverlast. Het afsluiten van deze kachels zal naar verwachting leiden tot een grote afname van geuroverlast door particuliere houtkachels.
2. Voorlichting. Zoals hierboven aangegeven wordt veel overlast veroorzaakt door de wijze van de rookgasafvoer en door het stookgedrag van de gebruiker. Door voorlichting over installatie en stookgedrag kan de geuremissie gereduceerd worden. De effectiviteit van deze maatregel is evenwel onzeker, omdat niet bekend is in hoeverre houtstokers adviezen opvolgen.

3. Vervanging door moderne toestellen. Moderne, goed geïnstalleerde toestellen, veroorzaken naar verwachting minder geuremissie dan conventionele kachels. Dit is zeker ook het geval in vergelijking met open haarden, echter deze hebben geen (effectieve) verwarmingsfunctie. Als een open haard vervangen wordt door een moderne houtkachel, en de eigenaar deze kachel daardoor meer gaat gebruiken, kan mogelijk sprake zijn van een toename van geuroverlast, omdat de stookduur met een factor 10 toe kan nemen.
4. Toepassen van een katalysator. Deze toepassing is het meest effectief voor conventionele houtkachels die beschikken over een stalen afgaspijp. Ook kan de toepassing van een katalysator op een moderne houtkachel bijdragen aan de vermindering van de geuroverlast.

## Gezondheid

De gezondheidseffecten van houtstook kunnen indicatief afgewogen worden op basis van de effecten van houtstook op de emissie en immis­sie van elementair koolstof (EC). Deze emissies zijn een bestanddeel van de aerosolfractie van PM<sub>2,5</sub>. Maatregelen die de aerosolfractie van PM<sub>2,5</sub> verminderen zijn dus ook effectief in het verminderen van de emissie van elementair koolstof (EC). Hieronder worden deze maatregelen in volgorde van effectiviteit besproken. Een uitgebreide beschrijving van gezondheidseffecten van houtstook is te vinden in het Kennisdocument houtstook (3).

1. Afsluiten / vervangen conventionele kachels. Conventionele kachels dragen, van de houtgestookte toestellen het meest bij aan de emissie van en blootstelling aan EC. Het afsluiten van conventionele kachels is de meest effectieve maatregel voor het verminderen van blootstelling aan EC.
2. Afsluiten / vervangen van open haarden. De meeste elementaire koolstof per toestel wordt uitgestoten door open haarden. Echter, door de beperkte stookduur van open haarden zorgen die in absolute zin voor een lagere totale uitstoot van EC dan conventionele kachels.
3. Vervangen van een conventionele kachel door een pelletkachel heeft een vergelijkbaar effect als afsluiten van de kachel, omdat een pelletkachel een zeer lage emissie van EC veroorzaakt. Een moderne houtkachel heeft een iets grotere EC-emissie dan een pelletkachel.
4. Voorlichting. Emissie van EC treedt vooral op door onvolledige verbranding. Voorlichting over goed stookgedrag, waarbij geen onvolledige verbranding optreedt, heeft dus een positief effect op de emissie en blootstelling aan EC. De effecten van voorlichting zijn evenwel onzeker.



5. Toepassen van een katalysator of EPS. De toepassing van deze end of pipe technieken heeft vooral effect bij conventionele kachels. De maatregel is in veel gevallen echter minder effectief dan afsluiten of vervangen van de kachel.

## Energieverbruik

De effecten van houtstook op klimaat hangen samen met de energie-efficiëntie en de CO<sub>2</sub> uitstoot. Deze effecten zijn in dit onderzoek kwalitatief onderzocht. Maatregelen die het fossiele gebruik van brandstoffen en/of het energieverbruik verminderen dragen bij aan de realisatie van de klimaatdoelstellingen.

De inhoud van deze paragraaf staat los van de discussie of houtstook al dan niet een milieuneutrale / klimaatvriendelijke manier van energieopwekking is. In deze paragraaf wordt alleen gekeken of een bepaalde maatregel leidt tot een lager of een hoger energieverbruik bij de primaire toepassing – verwarmen van het huis. Hierbij wordt opgemerkt dat uit het onderzoek van Motivaction (19) is gebleken dat slechts één op de tien Nederlanders hout stookt als bijverwarming naast warmte via de Cv-ketel. 3% gebruikt houtverwarming naast een warmtepomp.

Hieronder worden deze maatregelen in volgorde van effectiviteit besproken.

1. Afsluiten open haarden. Open haarden hebben geen functie in de huisverwarming en bovendien een negatief of laag energetisch rendement.
2. Vervanging conventionele kachels. Deze kachels hebben een relatief laag energetisch rendement. Vervanging door een modern toestel met een hoger rendement draagt dus bij aan de verlaging van de CO<sub>2</sub>-emissie. Bij afsluiten van het toestel, moet waarschijnlijk een ander toestel gekozen worden, dit staat dus gelijk aan vervanging van het toestel.
3. Voorlichting. Voorlichting is gericht op goed stookgedrag. Goed stookgedrag leidt niet per definitie tot minder houtverbruik (tenzij wordt afgezien van houtstook tijdens ongunstige weersomstandigheden). Voorlichting over houtstook – in relatie tot goed stookgedrag – heeft waarschijnlijk weinig invloed op de CO<sub>2</sub>-emissie.
4. Toepassing end of pipe. Katalysatoren en elektrostatistische filters worden toegepast voor de vermindering van fijnstof en andere componenten in de rookgassen van een houtkachel. Deze technieken gebruiken elektriciteit en leiden dus tot een verhoging van het energieverbruik. Zij dragen hierbij niet bij aan de klimaatdoelstellingen.

## 5.6 Samenvattende conclusies (kosten)effectiviteit maatregelen

Voorlichting is de meest kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van de negatieve gevolgen van particuliere houtstook. Het resultaat van voorlichting op de milieugevolgen van particuliere houtstook is evenwel onzeker

Afsluiten / verbod van open haarden en conventionele houtkachels zijn succes verzekerde maatregelen. Deze maatregelen dragen het meeste bij aan alle in dit onderzoek bekeken factoren: emissie, immissie, geuroverlast, gezondheid en energieverbruik. Vervanging van conventionele kachels door moderne houtkachels heeft een iets minder effect en leidt tot hogere kosten. Vervanging van een open haard door een modern toestel leidt naar verwachting tot een tien keer grotere stookduur. De negatieve effecten nemen wel af als gevolg van een lagere uitstoot.

Toepassing van een katalysator (retrofit) bij een conventionele en moderne kachel kan een (kosten)effectieve maatregel zijn, zeker als er al een metalen rookgaskanaal aanwezig is. Een katalysator vermindert ook de geuremissie. Hierbij moeten de kosten en de continuïteit (onderhoud) van de maatregel per geval afgewogen worden tegen afsluiting of vervanging door een moderne kachel.

Uit de beschikbare literatuurgegevens volgt dat de effectiviteit van een elektrostatisch filter bij een conventionele houtkachel onzeker is. De effectiviteit bij metingen in het laboratorium en kortdurende praktijkmetingen geven een hoog verwijderingsrendement voor aerosolen in de afgassen. Echter duurproeven in praktijksituaties laten een aanzienlijk lager rendement zien. Er is geen effect op de uitstoot van condenseerbaar fijnstof. Ook heeft een elektrostatisch filter geen effect op de geuremissie. De maatregel is niet kosteneffectief.

Maatregelen aan pelletkachels zijn weinig kosteneffectief. Dit komt omdat deze kachels lage emissies hebben, zowel van fijnstof als van geur en elementair koolstof. Voorlichting over de juiste installatie van deze toestellen en goed stookgedrag draagt het meeste bij aan vermindering van overlast.

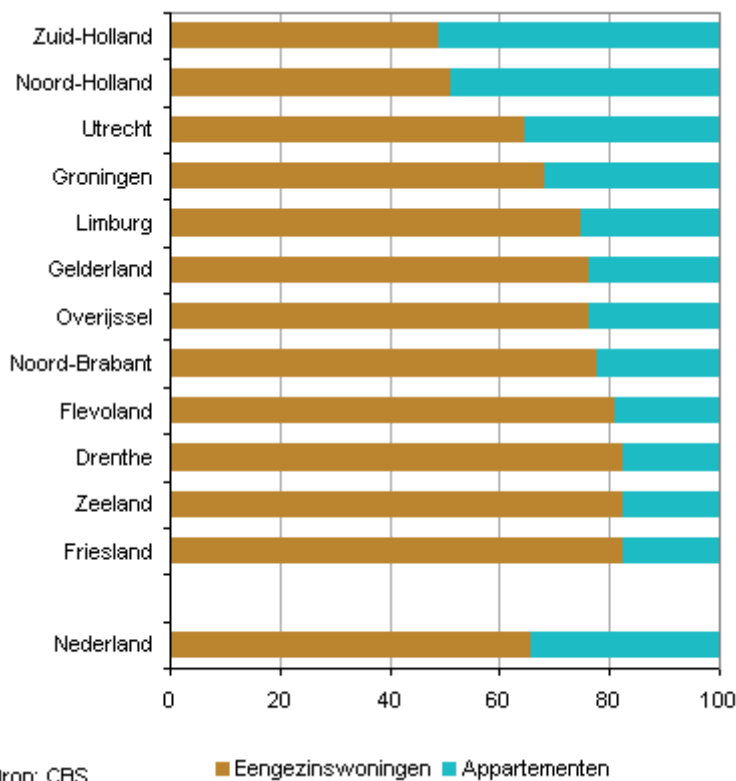
Ten aanzien van de concentraties van  $PM_{2,5}$ , geur en elementair koolstof, speelt cumulatie een grote rol. Als er meerdere houtkachels aanwezig zijn, kan één houtkachel de dominante bron van overlast zijn. Als er bij deze houtkachel geen maatregelen genomen worden, hebben maatregelen bij de overige kachels minder effect op de ondervonden overlast.

## 6. REGIONALE SPREIDING HOUTKACHELS

Gegevens over aantallen per type toestel zijn afkomstig van het WoON-onderzoek 2018 (1). Het WoON-onderzoek wordt iedere drie jaar uitgevoerd door het CBS. Het meest recente onderzoek is van 2018. De resultaten van het gebruik van houtstook uit het WoON-onderzoek worden in dit rapport gebruikt om de aantallen en soorten particuliere houtkachels in de provincie en gemeente Utrecht in beeld te brengen. Volgens het CBS is de onzekerheid van het onderzoek vrij groot (groter dan 30%).

Uit navraag bij het CBS blijkt dat het CBS geen gegevens heeft over het houtverbruik van huishoudens per regio. Deze gegevens kunnen – vanwege de beperkte steekproefomvang – ook niet uit het WoON-onderzoek afgeleid worden. Uit eerdere onderzoeken is – volgens het CBS – al duidelijk geworden dat de graad van stedelijkheid en type woning (appartement/vrijstaand etc.) invloed heeft. In dit onderzoek wordt rekening gehouden met het type woning, waarbij verondersteld wordt dat er alleen houtkachels aanwezig zijn in eengezinswoningen. Er kan geen rekening gehouden worden met de graad van stedelijkheid.

De rapportage is gebaseerd op landelijke gegevens, vertaald naar Utrecht, op basis van het aantal eengezinswoningen. Dit aantal is bekend voor alle gemeenten in Utrecht (20). Van belang hierbij is de verhouding tussen eengezinswoningen en appartementen in de provincie en geheel Nederland. Figuur 6.1 toont het aantal eengezinswoningen in Nederland per provincie voor 2012 volgens het CBS (21).



Figuur 6.1 Aantal appartementen en eengezinswoningen per provincie

Uit de figuur volgt dat in de provincie Utrecht 63% van de woningen eengezinswoningen zijn. Dit komt overeen met het landelijk gemiddelde van 65%. Als verondersteld wordt dat er geen houtkachels aanwezig zijn in appartementen – zowel in de steekproef van het WoON-onderzoek, als in de provincie Utrecht – dan kan het aantal houtkachels in de provincie en per gemeente berekend worden op basis van het aantal eengezinswoningen en het percentage houtkachels volgens het WoON-onderzoek 2018.

In het WoON-onderzoek 2018 bedroeg het percentage houtkachels in woningen 18%. Verondersteld wordt dat deze houtkachels allemaal aanwezig zijn in eengezinswoningen. Bij een landelijk gemiddeld percentage eengezinswoningen van 65%, bedraagt het percentage houtkachels in eengezinswoningen  $18\%/65\% = 28\%$ . Dit leidt mogelijk tot een geringe fout omdat er ook appartementen met houtgestookte installaties zijn.

Op basis van het aantal eengezinswoningen per gemeente in Utrecht en het landelijke percentage houtkachels in deze woningen van 28%, wordt in tabel 6.1 het geschatte aantal houtkachels per gemeente in de provincie Utrecht in 2020 gegeven (22).

Right Onderzoek en Advies BV heeft in 2018, in opdracht van de Stichting Nederlandse Haarden en Kachelbranche (NHK), een onderzoek uitgevoerd naar het aantal hout- en pellet gestookte haarden en kachels die er binnenshuis in Nederland staan en de intensiteit waarmee deze gebruikt worden (22). Uit het onderzoek blijkt dat houtkachels vaker aanwezig zijn in koopwoningen en in woningen gebouwd voor 1950.

In tabel 6.1 wordt tevens per gemeente het percentage woningen ouder dan 50 jaar gegeven. De gemeentes met een percentage hoger dan het provinciaal gemiddelde (29%) hebben mogelijk meer houtkachels dan in de tabel is aangegeven. Deze gemeentes zijn in de tabel vet gemarkeerd. De gemeentes met een lager percentage dan 29% hebben mogelijk minder houtkachels.

Tabel 6.1 Schatting van het aantal houtkachels per gemeente in de provincie Utrecht, op basis van het aantal eengezinswoningen volgens CBS in 2020 en het WoON-onderzoek 2018

Gemeente	Aantal woningen	Aantal een-gezinswoningen	Aantal houtkachels <sup>1</sup>	%-woningen met houtkachel	% woningen > 50 jaar
Renswoude	2134	1854	516	24%	<b>30%</b>
Eemnes	4008	3585	997	25%	<b>31%</b>
Oudewater	4372	3534	983	22%	<b>47%</b>
Woudenberg	5188	4333	1206	23%	<b>43%</b>
Montfoort	5740	4866	1354	24%	<b>42%</b>
Lopik	5741	4941	1375	24%	<b>43%</b>
Bunnik	6392	5364	1492	23%	<b>47%</b>
Rhenen	8225	6544	1821	22%	<b>46%</b>
Bunschoten	8536	6801	1892	22%	<b>41%</b>
Wijk bij Duurstede	10107	8392	2335	23%	25%
Baarn	11679	7759	2159	18%	<b>49%</b>
Leusden	13043	10522	2928	22%	<b>32%</b>
IJsselstein	14407	10004	2784	19%	17%
De Bilt	19577	12660	3523	18%	<b>45%</b>
De Ronde Venen	18517	14828	4126	22%	<b>38%</b>
Soest	20699	13514	3760	18%	<b>35%</b>
Utrechtse Heuvelrug	21821	16447	4576	21%	<b>43%</b>
Houten	20417	15670	4360	21%	8%
Woerden	22106	15855	4412	20%	<b>33%</b>
Vijfheerenlanden	23824	18851	5245	22%	<b>42%</b>
Nieuwegein	28844	17789	4950	17%	16%
Zeist	29245	16122	4486	15%	<b>37%</b>
Stichtse Vecht	28549	21363	5944	21%	29%
Veenendaal	28353	17131	4767	17%	18%
Amersfoort	67722	43091	11990	18%	25%
Utrecht (gemeente)	156678	68037	18931	12%	23%
TOTAL	585924	369857	102909	18%	29%

Toelichting 1: Het aantal houtkachels is gelijk gesteld aan 28% van het aantal eengezinswoningen, gebaseerd op het WoON onderzoek 2018

Uit de tabel volgt dat de 3 grootste gemeentes in de provincie, Utrecht, Amersfoort en Veenendaal, en de groei gemeenten Nieuwegein en Houten, het laagste percentage woningen ouder dan 50 jaar hebben. In de grote steden en de groei gemeenten wordt het aantal houtkachels mogelijk overschat en in de overige gemeenten onderschat. Dit is in overeenstemming met de eerder genoemde bevindingen van het CBS.

In het WoON-onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de volgende typen houtstook door particulieren:

- Open haard;
- Inzet haard;
- Vrijstaande haard;
- Pelletkachel.

De verdeling tussen de verschillende houtgestookte installaties volgend uit het woononderzoek 2018 wordt samengevat in tabel 6.2

Tabel 6.2 Aantallen houtgestookte particuliere installaties volgens het woononderzoek 2018

Type installatie	Aantal*1000	Percentage
Open haard	448	33%
Inzet haard	338	25%
Vrijstaande	508	38%
Pelletkachel	49	4%
Onbekend	11	1%
<b>Totaal</b>	<b>1.354</b>	

Volgens dit overzicht zijn er in Nederland ruim 1,3 miljoen houtkachels, waarbij de stukhout gestookte installaties – open haard – inzet haard en vrijstaande kachel – meer dan 90% van de aantallen bepalen en ieder ongeveer in gelijke aantallen aanwezig zijn. De pelletkachel is in deze cijfers uit 2018 slechts in 4% aanwezig. Het onderzoek is uitgevoerd in 2018. Het aandeel pelletkachels dat blijkt uit het onderzoek is anno 2021 waarschijnlijk een onderschatting. Tussen 2016 en 2019 kon ISDE subsidie verkregen worden bij de aanschaf van een particuliere pelletkachel.

Uit het onderzoek van Right Onderzoek en Advies volgt dat er in Nederland ruim 1 miljoen houtkachels aanwezig zijn. Dit aantal komt overeen met het woononderzoek 2018, hoewel onduidelijk is op welke wijze open haarden in dit onderzoek meegenomen zijn. Uit dit onderzoek blijkt dat bijna 70% van de houtgestookte open haarden in Nederland ouder is dan 25 jaar. Er komen nauwelijks nog open haarden bij in Nederland. Het merendeel van alle houtgestookte toestellen is ouder dan 15 jaar. Alleen pelletkachels wijken hiervan duidelijk af. 69% van deze kachels zijn in de afgelopen 5 jaar aangeschaft.

In het WoON-onderzoek wordt onderscheid gemaakt in de leeftijd van de kachel of haard. Dit wordt weergegeven in tabel 6.3

Tabel 6.3 Ouderdom van houtgestookte installaties bij particulieren in Nederland volgens woononderzoek 2018

Type installatie	Percentage kachels ouder dan: [jaar]				
	<5	5-15	15-25	>25	weet niet
Open haard	5	13	13	60	10
Inzet haard	14	31	19	28	7
Vrijstaande	33	31	18	13	5
Pelletkachel	73	27	0	0	0

In de tabel wordt een tweedeling van de cijfers duidelijk. Enerzijds is er sprake van open haarden en inzet haarden, die ouder zijn dan 15 jaar, en anderzijds zijn vrijstaande kachels en pelletkachels niet ouder dan 15 jaar. Uit de cijfers blijkt ook dat bijna 75% van de pelletkachels een ouderdom heeft van 5 jaar of minder. Dit komt overeen met het onderzoek van Right Onderzoek en Advies BV.

De ouderdom van een installatie is van belang omdat de uitstoot die houtgestookte installaties veroorzaken mede afhankelijk is van de ouderdom van de installatie. Sinds 2010 worden in Duitsland eisen gesteld aan de emissies van particuliere houtkachels (Bundes Immissions Schutz Verordnung (23)). Deze eisen zijn in 2015 nagenoeg twee keer zo streng geworden. Europese fabrikanten van houtkachels hebben het ontwerp van hun kachels afgestemd op deze emissie-eisen. Dit betekent dat houtkachels die ten tijde van het WoON-onderzoek 2018 een ouderdom hadden van 3 jaar, voldeden aan de emissie-eisen uit 2015. In het woononderzoek wordt de ouderdom van kachels ingedeeld in de categorieën < 5 jaar ; 5-15 jaar; 15-25 jaar en ouder dan 25 jaar. De grens tussen moderne en conventionele kachels valt in de categorie 5 tot 15 jaar.

Gezien de aanscherping van de Duitse wetgeving in 2015 worden in dit onderzoek van Buro Blauw kachels tot 5 jaar (anno 2018) beschouwd als "modern" en kachels ouder dan 5 jaar als "oud", verder aangeduid met "conventioneel". Hierbij worden alle pelletkachels beschouwd als modern. Het aantal respondenten dat aangeeft dat zij een moderne houtkachel hebben, terwijl die meer dan 5 jaar oud is, worden in dit onderzoek ingedeeld onder de categorie conventionele kachel. Ook blijkt uit de cijfers dat open haarden vooral ouder zijn dan 25 jaar. Open haarden worden in dit onderzoek beschouwd als oude installaties.

Hierbij wordt opgemerkt dat de laatste jaren veel goedkope houtkachels aangeboden worden door bouwmarkten. Deze kachels hebben een CE-keurmerk, maar voldoen niet aan de (veel) strengere Duitse normen en de gepubliceerde normen in de Europese Ecodesign richtlijn (24). Deze normen gelden vanaf 2022. Deze goedkope houtkachels hebben een hogere emissie dan moderne houtkachels. Daarmee wordt het aandeel moderne kachels in dit onderzoek overschat.

Uit het onderzoek van Right Onderzoek en Advies BV blijkt dat het aantal huishoudens met een percentage hout- of pellet gestookte kachel, in de provincie Utrecht overeenkomt met het landelijke percentage (12% in dat onderzoek). Hieruit volgt dat de landelijke cijfers uit het WoON-onderzoek representatief zijn voor de provincie Utrecht. De verdeling van de verschillende typen kachels en de verdeling naar modern en conventioneel staat in tabel 6.4.

Tabel 6.4 Verdeling van het aantal typen houtkachels en de ouderdom in de provincie en gemeente Utrecht

Type	Totaal %	Modern %	Conventioneel %
Open haard	29	0	100
Inzet haard	22	22	78
Vrijstaande	44	38	62
Pelletkachel	5	100	0

Uit tabel 6.4 volgt dat volgens het WoON-onderzoek 27% van de houtkachels modern is en 73% conventioneel.

In tabel 6.5 wordt op basis van deze cijfers het aantal type toestellen per gemeente berekend.

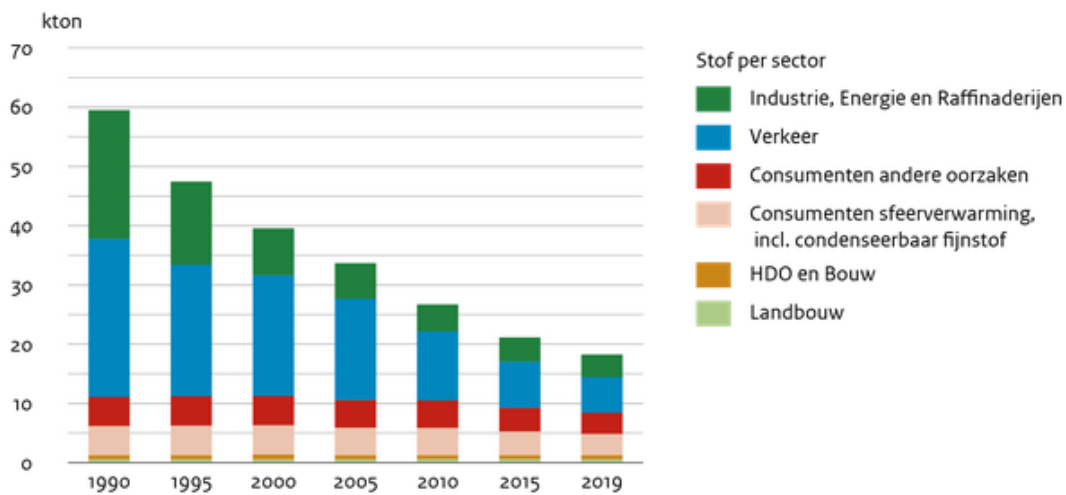


Tabel 6.5 Geschatte aantal houtgestookte toestellen per gemeente.

Gemeente	Aantal kachels	Aantal open haarden	Aantal conventionele kachel	Aantal moderne kachels	Aantal pelletkachels
Renswoude	516	150	229	111	26
Eemnes	997	289	443	215	50
Oudewater	983	285	437	212	49
Woudenberg	1206	350	536	260	60
Montfoort	1354	393	602	292	68
Lopik	1375	399	611	296	69
Bunnik	1492	433	663	322	75
Rhenen	1821	528	809	393	91
Bunschoten	1892	549	841	408	95
Wijk bij Duurstede	2335	677	1038	503	117
Baarn	2159	626	959	465	108
Leusden	2928	849	1301	631	146
IJsselstein	2784	807	1237	600	139
De Bilt	3523	1022	1565	759	176
De Ronde Venen	4126	1196	1833	890	206
Soest	3760	1090	1671	811	188
Utrechtse Heuvelrug	4576	1327	2034	987	229
Houten	4360	1264	1938	940	218
Woerden	4412	1279	1960	951	221
Vijfheerenlanden	5245	1521	2331	1131	262
Nieuwegein	4950	1435	2200	1067	247
Zeist	4486	1301	1993	967	224
Stichtse Vecht	5944	1724	2642	1282	297
Veenendaal	4767	1382	2118	1028	238
Amersfoort	11990	3477	5328	2585	599
Utrecht (gemeente)	18931	5490	8413	4081	947
Totalen	102909	29844	45733	22187	5145

Op basis van de genoemde PM<sub>2,5</sub> emissies in tabel 4.4 en bovenstaande aantallen toestellen, wordt een totale PM<sub>2,5</sub> emissie door particuliere houkachels in de provincie Utrecht berekend van 2.100 tot 4.200 ton per jaar. Hiervan vindt ca. 18% plaats in de gemeente Utrecht. Uit de Nederlandse emissieregistratie (15) blijkt dat particuliere houtkachels ca. 25% bijdragen aan de totale PM<sub>2,5</sub> emissie in Nederland. Dat is weergegeven in figuur 6.2 (overgenomen van de emissieregistratie). Maatregelen ter beperking van de fijnstofemissie door houtkachels dragen dus fors bij aan de afname van de PM<sub>2,5</sub> emissie.

### Nationale PM<sub>2.5</sub> uitstoot



Bron: RIVM/Emissieregistratie

Figuur 6.2 PM<sub>2.5</sub> totaalemissie per sector over 1990-2019, inclusief condenseerbaar fijnstof.

Uit tabel 6.1 is afgeleid dat gemeentes in Utrecht – niet-groei-kernen – met minder dan 20.000 inwoners, relatief gezien de meeste houtkachels bezitten. Uit het Woononderzoek blijkt dat 73% van de houtkachels conventioneel is. Dit aandeel conventionele kachels is in deze kleinere gemeentes naar verwachting groter dan in de grote steden in Utrecht.

## 7. CONCLUSIES

Uit dit onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

1. Voorlichting over de juiste keuze van huis- en sfeerverwarming en goed stookgedrag is de meest kosteneffectieve maatregel om de negatieve effecten van particuliere houtstook te verminderen. De effecten van voorlichting op de luchtkwaliteit zijn evenwel onzeker.
2. Conventionele houtkachels hebben de grootste bijdrage (meer dan 50%) aan de PM<sub>2,5</sub> emissie door particuliere houtstook. Het verbod of afsluiten van conventionele houtkachels – kachels met alleen een CE-keurmerk die niet voldoen aan de DIN-plus en Ecodesign eisen – levert de grootste emissiereductie op en is, na voorlichting, de meest kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van de milieueffecten en overlast door deze toestellen. Vervangen van deze toestellen door moderne houtkachels of pelletkachels is eveneens een kosteneffectieve maatregel.
3. Open haarden hebben een aandeel van ongeveer 30% in de emissie van PM<sub>2,5</sub> van alle houtgestookte particuliere toestellen. Er zijn geen technische maatregelen (zoals een katalysator of elektrostatisch filter) te treffen voor het verminderen van deze effecten. Bovendien hebben open haarden een zeer lage energie efficiëntie en is het doel plezier. Door middel van voorlichting propageren om open haarden niet meer te gebruiken / te ontmantelen is een kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van de milieueffecten en overlast van particuliere houtstook. Na voorlichting is afsluiting of verbod van open haarden de meest kosteneffectieve maatregel voor open haarden.
4. Toepassen van een katalysator bij een conventionele en moderne kachel kan in specifieke situaties een kosteneffectieve maatregel zijn voor het verminderen van fijnstofemissies en geuroverlast, zeker als er al een metalen rookgaskanaal aanwezig is. Katalysatoren hebben waarschijnlijk geen invloed op de emissie van condenseerbaar fijnstof door houtkachels
5. Elektrostatische filters blijken in langdurige praktijkmetingen minder fijnstof te reduceren dan uit laboratoriumproeven blijkt. Dit wordt toegeschreven aan het achterwege blijven van noodzakelijk onderhoud. Deze filters hebben geen invloed op de emissie van condenseerbaar fijnstof en geur. Deze maatregel is niet kosteneffectief.

6. Maatregelen aan pelletkachels zijn niet kosteneffectief, omdat deze van alle houtkachels, de laagste emissie hebben van  $PM_{2,5}$ , EC en geur. Verbod van pelletkachels is – gezien hun prijs – de duurste maatregel. Voorlichting, katalysatoren en elektrostatische filters hebben geen, of een zeer gering effect op de emissies van pelletkachels.
7. Op basis van het WoOn-onderzoek 2018 zijn er in de provincie Utrecht ruim 100.000 houtkachels aanwezig. Het aandeel open haarden en conventionele kachels wijkt naar verwachting niet af van het landelijk gemiddelde. Kleinere gemeentes hebben waarschijnlijk een groter aandeel woningen met houtgestookte toestellen en hier zal het aandeel oudere toestellen ook groter zijn dan in grotere gemeentes en groeikernen. Hieruit kan niet geconcludeerd worden dat de hinder en de fijnstofconcentraties door houtkachels in kleinere gemeentes groter is dan in stedelijk gebied. Dit omdat dit van veel andere factoren afhankelijk is.
8. Door particuliere houtkachels in de provincie Utrecht wordt 2.100 tot 4.300 ton  $PM_{2,5}$  per jaar geëmitteerd. Hiervan vindt ca. 18% plaats in de gemeente Utrecht. Particuliere houtkachels dragen ca. 25% bij aan de totale  $PM_{2,5}$  emissie in Nederland. Maatregelen ter beperking van de fijnstofemissie door houtkachels dragen dus fors bij aan de afname van de  $PM_{2,5}$  emissie.
9. Het optreden van geurhinder wordt sterk beperkt door voorlichting, verbod of afsluiten van conventionele kachels en open haarden, het vervangen van conventionele kachels door moderne kachels en in specifieke situaties toepassen van een katalysator. Echter ook bij uitsluitend moderne houtkachels en pelletkachels is geurhinder niet uit te sluiten. Dit wordt, naast de bovengenoemde maatregelen, (grotendeels) beperkt door een goede installatie van het toestel en de rookgasafvoer.
10. De aanwezigheid van meerdere houtkachels in de directe omgeving van een waarnemer, heeft een grote invloed op de fijnstof- en geurconcentratie bij deze waarnemer.

## 8. LITERATUURLIJST

1. **Segers, Manon van Middelkoop en Reinoud.** *Houtverbruik huishoudens WoON-onderzoek 2018*. Den Haag : CBS , 10 oktober 2019.
2. **Greet Janssens, Kristof Custers en Diane Huybrechts.** *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor huishoudelijke houtverwarming*. sl : VITO, Mei 2020.
3. **Bree, J. Koppejan en F. de.** *Kennisdocument Houtstook in Nederland*. sl : Procede Biomass, September 2018. Project PB201704.
4. **PBL.** *Kosten en effecten van opties voor een nationaal luchtbeleid*. 2019. PBL-publicatienummer: 1949.
5. **Rijksoverheid, provincies en gemeenten.** *Schone Lucht Akkoord*. [Online] 13 januari 2020 . <https://www.schoneluchtakkoord.nl/default.aspx>.
6. **Zee, van der S.C. en Walda, I.C.** *GGD-richtlijn medische milieukunde. Luchtkwaliteit en Gezondheid*. Bilthoven : RIVM, 2018. 2018-0016.
7. **Bree, F.B.H. de.** *Effecten luchtmissies houtkachels sfeerhaarden en vuurkorven*. sl : Buro Blauw, 2009. BL2009.4503.01 Eindversie.
8. **Rijksoverheid.** *Wet milieubeheer*. [Online] 1-1-2021. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2021-01-01#Bijlage2>.
9. **RIVM.** *Europese wetgeving luchtverontreiniging*. [Online] 2021. <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/wet-en-regelgeving-luchtkwaliteit/europese-wetgeving-luchtverontreiniging#:~:text=De%20WHO%20heeft%20een%20gezondheidskundige%20advieswaarde%20van%2010%20%C2%B5g%2Fm,hier%>.
10. **Rijksoverheid.** *Bouwbesluit 2012*. [Online] 2021. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030461/2021-01-01>.
11. *StAB Kennisdocument Houtstook 2019*. **StAB**. sl : StAB, 2019.
12. **Nussbaumer, T.** *Aerosols from Biomass Combustion - Technical report on behalf of the IEA Bioenergy Task 32*. 2017 .
13. *Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luchtreinhaltung*. **Struschka, M., et al.** *Forschungsbericht 205 42 322*, sl : Un. Stuttgart, 2008.
14. **Jansen, B.I.** *Vernieuwd Emissiemodel Houtkachels*. sl : TNO, 2016. Rapport 2016-R10318.
15. **Rijksoverheid.** *Condenseerbaar fijnstof uit houtkachels. Emissieregistratie*. [Online] [Citaat van: 22 3 2021.] <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/condensable.aspx>.
16. *An overview of particulate emissions from residential biomass combustion*. **Vincente, E.D., Alves, C.A.** 199, sl : Atmospheric Research, 2018, pp. 159-185.
17. **milieucentraal.** [Online] <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/pelletkachel-of-biomassaketel/>.
18. **Plomp, A.J.** *Mogelijkheden voor emissiereducties bij houtkachels*. sl : ECN, 2017. ECN-N-17-006.
19. *Houtstook in Nederland. Onderzoek naar maatschappelijke discussie over houtstook in Nederland*. **Motivaction**. 18-9-2019.
20. **CBS.** [Online] 4 9 2016. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/14/vier-op-de-tien-huishoudens-wonen-in-een-rijtjeshuis>.

- 
21. —. Twee derde van alle woningen eengezinswoning. [Online] 21-1-2013 .  
<https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2013/04/twee-derde-van-alle-woningen-eengezinswoning>.
22. —. Voorraad wonigen. *Statline*. [Online] 6 oktober 2020.  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82550NED/table?dl=4D127>.
23. **Right Marktonderzoek en Advies BV**. *Rapportage Installed base van kachels en (open) haarden en hun gebruiksinstensiteit in Nederland 2018*. 2018. Projectnummer: 5022-01.
24. **Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz**. Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV). [Online] 26.01.2010. [https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_1\\_2010/BJNR003800010.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/BJNR003800010.html).
25. **VERORDENING (EU) 2015/1185 VAN DE COMMISSIE**. [Online] 24 april 2015.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R1185&from=EN>.

**BIJLAGE A. SCENARIOBESTAND MODELBEREKENINGEN**

STACKS+ VERSIE 2020.1

Release 2020-05-12

imodus= 1  
n u10= 0  
n u102= 0  
n u103= 0  
n u104= 0

runidentificatie DGMR rekenbestand-PM2.5-2021

Stof-identificatie: PM2.5

start datum/tijd: 4-3-2021 18:17:16

datum/tijd journaal bestand: 4-3-2021 18:17:23

**BEREKENINGRESULTATEN**

Geen percentielen berekend

Berekening uitgevoerd met alle meteo uit Presrm!

Meteo Schiphol en Eindhoven, vertaald naar locatiespecifieke meteo

De locatie waarop de achtergrondconcentratie (en meteo) is bepaald : 132933 454293

opgegeven emissie-bestand

C:\Users\CATARI~1\MIR\AppData\Local\Temp\GEOMILIEU\Calc\CORE\_0\Model\_1104\emis.dat

Bron(nen)-bijdragen PLUS achtergrondconcentraties berekend!

Generieke Concentraties van Nederland (GCN) gebruikt

Deze zijn gelezen met de PreSRM module; versie : 2.003

Opgegeven eigen dubbeltellingscorrectie achtergrondconcentraties 0.0000

Windroos-waarden berekend op opgegeven coördinaten: 132933 454293

GCN-waarden in de BLK file per receptorpunt berekend.

Doorgerekende (meteo)periode

Start datum/tijd: 1-1-2005 1:00 h

Eind datum/tijd: 31-12-2014 24:00 h

Prognostische berekeningen: 2021

Aantal berekenings-uren : 87648

Aantal meteo-uren waarmee gerekend is : 87600

De windroos: frekwentie van voorkomen van de windsectoren(uren, %) op receptor-lokatie

met coördinaten: 132933 454293

gem. windsnelheid, neerslagsom en gem. achtergrondconcentraties (ug/m3)

sektor(van-tot) uren % ws neerslag(mm) PM2.5 windstil

1 (-15- 15):	4106.0	4.7	3.1	319.70	10.97	0
2 ( 15- 45):	5313.0	6.1	3.6	283.95	10.97	0
3 ( 45- 75):	7815.0	8.9	3.5	355.90	10.97	0

4 (75-105): 5095.0 5.8 3.0 275.90 10.97 0  
5 (105-135): 4372.0 5.0 3.0 326.45 10.97 0  
6 (135-165): 6542.0 7.5 3.2 498.55 10.97 0  
7 (165-195): 9476.0 10.8 3.6 1101.34 10.97 0  
8 (195-225): 12407.0 14.2 4.3 1871.52 10.97 0  
9 (225-255): 10282.0 11.7 5.0 1339.35 10.97 0  
10 (255-285): 8840.0 10.1 4.1 1055.29 10.97 0  
11 (285-315): 7038.0 8.0 3.5 755.74 10.97 0  
12 (315-345): 6314.0 7.2 3.3 573.55 10.97 0  
gemiddeld/som: 87600.0 3.8 8757.24 11.0

lengtegraad: : 5.0

breedtegraad: : 52.0

Bodemvochtigheids-index: 1.00

Albedo (bodemweerskaatsingscoëfficiënt): 0.20

Geen percentielen berekend

Aantal receptorpunten 1

Terreinruwheid receptor gebied [m]: 1.0000

Ophoging windprofiel door gesloten obstakels (z0-displacement) : 0.0

Terreinruwheid [m] op meteolokatie windrichtingsafhankelijk genomen

Hoogte berekende concentraties [m]: 1.5

Gemiddelde veldwaarde concentratie [ug/m3]: 11.14580

hoogste gem. concentratiewaarde in het grid: 11.14568

Hoogste uurwaarde concentratie in tijdreeks: 22.33055

Coördinaten (x,y): 132933, 454293

Datum/tijd (yy,mm,dd,hh): 2011, 10, 1, 22

Aantal bronnen : 8

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 1

\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 1, [Schoorsteen 2] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132924

Y-positie van de bron [m]: 454289

langste zijde gebouw [m]: 11.7

kortste zijde gebouw [m]: 6.7

Hoogte van het gebouw [m]: 7.0

Orientatie gebouw [graden] : 114.6

x\_coördinaat van gebouw [m]: 132924

y\_coördinaat van gebouw [m]: 454288

Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5

Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15

Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25

Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100

Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908

Temperatuur rookgassen (K) : 285.00

Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000

\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*

Aantal bedrijfsuren: 10920

(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)

gemiddelde emissie over bedrijfsuren (kg/s) 0.000000240

gemiddelde emissie over alle uren (kg/s) 0.000000030

cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000030 over alle uren ( 87600)



\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 2

\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 2, [Schoorsteen 64229] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132942  
Y-positie van de bron [m]: 454297  
langste zijde gebouw [m]: 11.7  
kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 114.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132942  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454297  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5  
Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000  
\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*  
Aantal bedrijfsuren: 10920  
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)  
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240  
gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030  
cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000060 over alle uren ( 87600)

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 3

\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 3, [Schoorsteen 64238] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132937  
Y-positie van de bron [m]: 454284  
langste zijde gebouw [m]: 11.7  
kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 24.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132937  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454283  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5  
Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000  
\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*  
Aantal bedrijfsuren: 10920  
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)  
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240  
gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030  
cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000090 over alle uren ( 87600)

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 4

\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 4, [Schoorsteen 64240] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132928  
Y-positie van de bron [m]: 454302  
langste zijde gebouw [m]: 11.7

kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 24.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132929  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454302  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5  
Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000  
\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*  
Aantal bedrijfsuren: 10920  
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)  
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240  
gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030  
cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000120 over alle uren ( 87600)

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 5  
\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 5, [Schoorsteen 64254] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132952  
Y-positie van de bron [m]: 454302  
langste zijde gebouw [m]: 11.7  
kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 114.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132952  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454302  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5  
Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000  
\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*  
Aantal bedrijfsuren: 10920  
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)  
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240  
gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030  
cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000150 over alle uren ( 87600)

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 6  
\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 6, [Schoorsteen 64256] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132914  
Y-positie van de bron [m]: 454284  
langste zijde gebouw [m]: 11.7  
kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 114.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132914  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454284  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5

Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000  
\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*  
Aantal bedrijfsuren: 10920  
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)  
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240  
gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030  
cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000179 over alle uren ( 87600)

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 7  
\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 7, [Schoorsteen 64260] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132942  
Y-positie van de bron [m]: 454275  
langste zijde gebouw [m]: 11.7  
kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 24.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132942  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454275  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5  
Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000  
\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*  
Aantal bedrijfsuren: 10920  
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)  
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240  
gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030  
cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000209 over alle uren ( 87600)

\*\*\*\*\* Brongegevens van bron : 8  
\*\* BRON PLUS GEBOUW \*\* 8, [Schoorsteen 64262] "huis"

X-positie van de bron [m]: 132924  
Y-positie van de bron [m]: 454312  
langste zijde gebouw [m]: 11.7  
kortste zijde gebouw [m]: 6.7  
Hoogte van het gebouw [m]: 7.0  
Orientatie gebouw [graden] : 24.6  
x\_coördinaat van gebouw [m]: 132925  
y\_coördinaat van gebouw [m]: 454312  
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m]: 7.5  
Inw. schoorsteendiameter (top): 0.15  
Uitw. schoorsteendiameter (top): 0.25  
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm<sup>3</sup>/s) : 0.00100  
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.05908  
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00  
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.000

\*\*Warmte emissie voor deze bron constante - ingelezen - waarde\*\*

Aantal bedrijfsuren: 10920

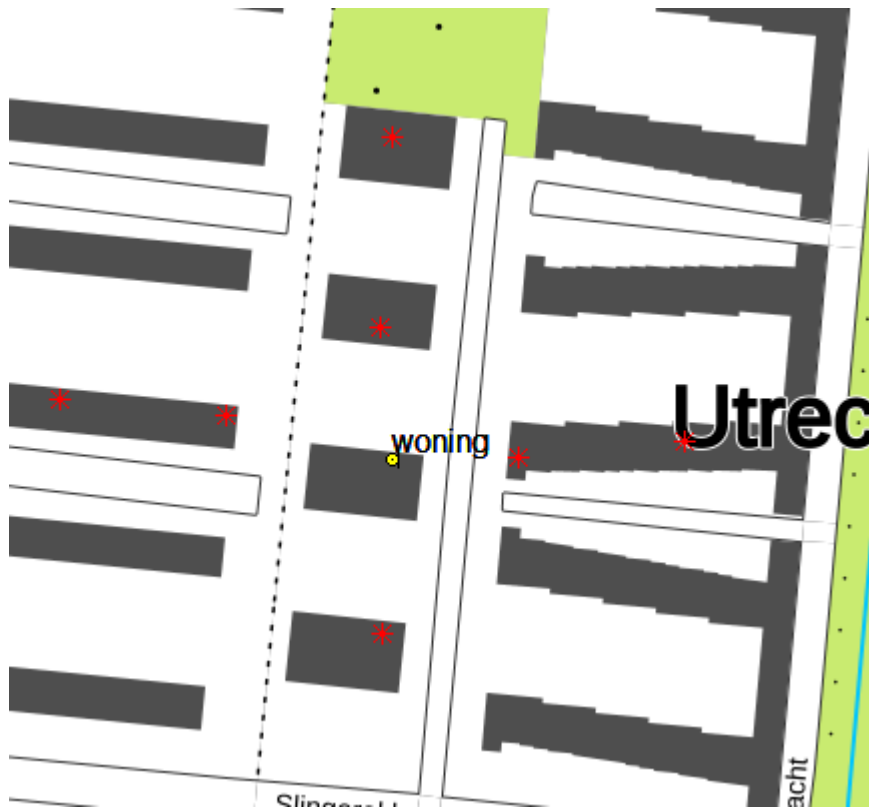
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)

gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.000000240

gemiddelde emissie over alle uren: (kg/s) 0.000000030

cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.000000239 over alle uren ( 87600)

lijst met receptorpunt die ergens een bronafstand van nul gaven:

**BIJLAGE B. SCHEMATISCHE WEERGAVE POSITIONERING HOUTKACHELS**

Toelichting: rode ster = positie houtkachel  
Afstand woning – houtkachel 10m  
Afstand tussen schoorstenen 10m.

**VERANTWOORDING**

Rapporttitel	(KOSTEN)EFFECTIVITEIT EN TOEPASBAARHEID MAATREGELEN PARTICULIERE HOUTSTOOK
Subtitel	Onderzoek in opdracht van de provincie en gemeente Utrecht
Rapportnummer	BL2021.10398.01-V01  Deze versie vervangt eventueel eerder uitgebrachte versies in zijn geheel
Trefwoorden	Houtkachels; emissies; PM <sub>2,5</sub> -emissie; PM <sub>2,5</sub> -immissie; maatregelen; stookverbod; voorlichting; katalysator; elektrostatisch filter; kosten; kosteneffectiviteit; geuroverlast; provincie Utrecht; gemeente Utrecht
Opdrachtgever	Provincie en gemeente Utrecht
Adres	
Contactpersoon	
Uitvoerder(s)	Catarina Miranda, Msc en Ir. Frans de Bree
Auteur	Ir. Frans de Bree
Functie auteur	Senior adviseur
Controleur	Catarina Miranda Msc.
Functie controleur	Adviseur luchtkwaliteit
Datum	April 2021



Nude 54 – 6702 DN Wageningen  
telefoon 0317 466699 – fax 0317 426111  
email [info@buroblauw.nl](mailto:info@buroblauw.nl) – internet [www.buroblauw.nl](http://www.buroblauw.nl)