



Energy research Centre of the Netherlands

Emissies van houtstook door huishoudens

**P. Kroon
H.P.J. de Wilde**

ECN-E--12-011

April 2012

Verantwoording

Dit rapport is in opdracht van het ministerie van VROM in 2009 opgesteld. Bij ECN is dit project bekend onder nummer 50036. In 2011 heeft er op verzoek van het ministerie van I&M in het kader van project 51100 een aanpassing en update van het nog niet gepubliceerde rapport plaatsgevonden

Abstract

On request of the Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, the unit Policy Studies of the Energy research Centre of the Netherlands wrote a report on the emissions of wood combustion installations in households in the Netherlands and emission reduction policies in the surrounding countries. Although most houses in the Netherlands are heated with natural gas, about 20% of the households also have a wood burning installation: about 50% are open fireplaces; 15% are insert installations and 35% are wood stoves. Only a limited number of central heating boilers are fired by wood in the Netherlands. In recent years the number of wood stoves increased. Open fireplaces have a very low efficiency (10%), but they are not only used for temporary heating; they also have a social function. Of the 12 PJ of wood that is burned every year, about 25% is burned in open fire places and 50% in wood stoves. The efficiency of wood stoves has increased from 55% in 1990 to 75% in 2009. New stoves and inserts can realize efficiencies of 74 to 84% and can meet the German DIN*plus* standards. The long life of the applications constitutes a problem. As a result, new emission limits will only penetrate slowly and emissions in 2020 will not be much lower than in 2010.

Wood use in households currently caters for 2% of the heating demand of households equaling only 0.2% of the total energy demand in the Netherlands. Nevertheless, the emissions are substantial: 1.6 kton of PM10 (4.5% of the Dutch emissions); PM2.5 1.5 kton (8%); NO_x 1.4 kton (0.5%); SO₂ 0.15 kton (0.2%); NMHC 8 kton (4.5%); CO 50 kton (7%); CH₄ 3,6 kton (0.4%) which is equivalent to 0.1 Mton CO_{2eq} (0.05%); PAH 49 ton (10-25%); dioxins 6 grams (20%). Due to incomplete combustion condensable hydrocarbons can also condense on the solid particles and increase the emission of the solid particles. The exact amount is uncertain and estimated at about 3 kton.

Today, new applications have to meet the European (EN) standards. There are no special emission limits in the Netherlands. Measurements in a small Dutch village (Schoorl) in February 2009 resulted in PM10 levels of 20 µg/m³ of which at least 4 µg PM10/m³ originated from local wood burning (this indicates a yearly mean contribution of 2 tot 3 µg/m³ from wood burning). On a national level the contribution of wood burning is smaller. Levels in the range of 4 µg PM10/m³ in winter are also common for large cities such as Paris and London.

Every year, the local authorities receive about 1 complaint per 10,000 inhabitants with regard to inconveniences (smell, health effects) resulting from wood burning. They have some legal options to respond to these complaints on the grounds of not allowing such hindrance. The authorities can ask to adjust the chimney and give information about the best practices of wood burning and the health effects of wrong usage (including for the owner). If this does not improve the situation, they could theoretically start a legal procedure. Burning of wood waste or garden waste in open air is not allowed in the Netherlands, but a small campfire is allowed in most areas (and not included in this inventory).

This report also looks at measures taken in other countries. These measures include: providing information about clean burning; national emission limits (in the EU limits are under development within the ECODesign directive); a ban on wood burning during certain weather conditions; a ban on wood as main heating source; yearly inspection of the installation (sometimes including a check of the water content of the wood in the storage); subsidy for replacing old stoves or boilers by certified ones; development of dust filters.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Het belang van de uitstoot door haarden en kachels	8
2.1 Aantal houtkachels en haarden	8
2.2 Houtverbruik door huishoudens	9
2.3 Bijdrage houtstook aan de energievoorziening	11
3. Trends in de uitstoot van haarden en kachels.	13
3.1 Bijdrage van houtstook aan PM10 in buitenlucht	13
3.2 Emissie van houtstook bij huishoudens	14
3.2.1 TNO studie uit 2009	14
3.2.2 TNO houtkachemodel 2011	17
3.2.3 Procede parkmodel	18
3.2.4 Samenvattend van de drie studies	19
3.2.5 Andere literatuurvermeldingen	19
3.3 Nederlandse normstelling	20
3.3.1 Het CE keurmerk en de ECOdesign richtlijn	20
3.3.2 Gemeentelijk beleid	22
3.3.3 Aanpak in Groningen	24
4. Luchtkwaliteitsaspecten	26
4.1 Metingen in Schoorl	26
4.2 Modelberekeningen ECN in 2006	27
4.3 Luchtkwaliteitsonderzoek Groningen	28
4.4 Gezondheids- en milieu-effecten van de luchtverontreiniging	28
5. Informatie uit omliggende landen	31
5.1 Duitsland	31
5.1 België federaal	33
5.1.1 Vlaanderen/Antwerpen	34
5.2 Groot Brittannië	35
5.2.1 Londen	36
5.3 Frankrijk	36
5.3.1 Parijs	37
5.4 Oostenrijk	37
5.1 Zwitserland	38
5.2 Zweden	39
5.3 Normstelling in andere landen	39
5.4 Voorbeelden van beleid buiten Europa	40
5.4.1 Canada kachelvervanging	40
5.4.2 USA Montana kachelvervanging	40
5.4.3 USA Stookverbod	41
6. Mogelijkheden tot emissievermindering	43
7. Conclusies	44
Referenties	47
Bijlage A Energiegegevens CBS houtkachels	52

Lijst van tabellen

Tabel 2.1	<i>Aantal houtgestookte installaties bij huishoudens (in 1000 stuks)</i>	8
Tabel 2.2	<i>Gemiddeld houtverbruik per type installatie en totaal</i>	9
Tabel 2.3	<i>Gemiddeld rendement van houtgestookte installaties bij de huishoudens</i>	11
Tabel 2.4	<i>Energiecijfers Nederland met aandeel hout bij huishoudens</i>	12
Tabel 2.5	<i>Houtverbruik voor verwarming in andere sectoren</i>	12
Tabel 3.1	<i>Emissiefactoren voor houtstook bij huishouden in Nederland</i>	15
Tabel 3.2	<i>Emissie en brandstofverbruik door houtstook bij huishoudens in Nederland</i>	15
Tabel 3.3	<i>Emissie van houtstook vergeleken met totaal huishoudens en totaal Nederland</i>	16
Tabel 3.4	<i>Emissiefactoren TNO 2011</i>	17
Tabel 3.5	<i>Emissies TNO 2009 en TNO 2011 vergeleken</i>	17
Tabel 3.6	<i>Emissies in Nederland en aandeel houtstook</i>	18
Tabel 3.7	<i>Emissie TNO en Procede vergeleken en variant DINplus kachels</i>	18
Tabel 3.8	<i>Fijn stof emissiefactoren uit recente en oude studie vergeleken</i>	20
Tabel 3.9	<i>Emissiefactoren Buro Blauw</i>	20
Tabel 3.10	<i>Europese test methoden voor verbrandingsinstallaties</i>	21
Tabel 3.11	<i>Opties voor gemeentelijk beleid rond houtkachels</i>	24
Tabel 5.1	<i>Emissie-eisen aan houtgestookte installatie in Duitsland (BlmSchV)</i>	32
Tabel 5.2	<i>Nieuwe productnormen voor kleine installaties op vaste brandstof in België</i>	33
Tabel 5.3	<i>Flamme Verte eisen in Frankrijk</i>	37
Tabel 5.4	<i>Oostenrijkse emissie-eisen</i>	38
Tabel 5.5	<i>Emissie-eisen houtkachels in Zwitserland (< 70 kW)</i>	38
Tabel 5.6	<i>Eisen aan de emissie van organische gebonden koolstof in Zweden</i>	39

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Houtverbruik in kachels bij huishoudens</i>	10
Figuur 2.2	<i>Warmteproductie door kachels bij huishoudens</i>	10
Figuur 3.1	<i>Aandeel bevolking in de totale dioxine-uitstoot in Vlaanderen</i>	14
Figuur 3.2	<i>Uitstoot van houtgestookte installaties bij huishoudens in 2007</i>	15
Figuur 3.3	<i>Ontwikkeling van de uitstoot van houtgestookte installaties bij huishoudens</i>	16
Figuur 3.4	<i>Geurhinder per bron</i>	23
Figuur 4.1	<i>Kenmerkende grootte van diverse aerosolen in de buitenlucht</i>	30
Figuur 5.1	<i>PM10-emissie huishoudens in 2005 in diverse Vlaamse steden</i>	34
Figuur 5.2	<i>Opbouw PM10-concentratie in verkeersdrukke Antwerpse straat</i>	35
Figuur 5.3	<i>Bijdrage van houtstook aan de fijn stof-emissies in Canada</i>	40
Figuur 5.4	<i>Effect van kachelvervanging op kwaliteit binnen- en buitenlucht.</i>	41

Samenvatting

Op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft ECN Beleidsstudies een rapportage opgesteld over de emissies van houtgestookte installaties als open haarden, inzethaarden en vrijstaande kachels bij huishoudens. De rapportage is gemaakt op basis van literatuuronderzoek.

Ongeveer 20% van de huishoudens bezit een houtgestookte installatie. Omdat een deel van de mensen deze niet gebruikt, verschilt het aantal per enquête. Volgens de laatste enquête gaat het voor de helft om open haarden, voor 1/6 om inzethaarden en voor 2/6 om vrijstaande kachels. Het aantal vrijstaande kachels lijkt de laatste jaren toe te nemen.

Wat houtverbruik betreft liggen de verhoudingen anders. Omdat vrijstaande kachels een belangrijke verwarmingsfunctie hebben gaat hier de helft van het hout in. De rest is ongeveer evenredig verdeeld over de andere installaties. Totaal gaat het om circa 770 kton hout (12 PJ). Om deze hoeveelheid te vergelijken: jaarlijks wordt 500 kton hout uit de Nederlandse bossen gehaald voor industriële verwerking. Omdat een groot deel van het hout door particulieren zelf verzameld wordt of via een informele markt verkregen wordt, is de hoeveelheid gestookt hout niet goed bekend. De bijdrage aan de energievoorziening is beperkt. Met houtstook wordt naar schatting 2 tot 2,5% van de huishoudelijke warmtevraag gedekt. Bij open haarden ligt het gemiddeld rendement op 10% en verdwijnt 90% van de warmte door de schoorsteen. Moderne houtkachels en inzethaarden kunnen wel een rendement van 80% halen.

De berekening van de luchtverontreiniging van huishoudelijke houtgestookte-installaties kent door diverse factoren een onzekerheid in de orde van $\pm 25\%$. Toch kan geconcludeerd worden dat deze, gezien hun bijdrage aan de Nederlandse energievoorziening van circa 0,2%, onevenredig groot is. Het aandeel in de emissies ligt namelijk op het 5 tot 20 voudige. Houtstook is in Nederland verantwoordelijk voor ruim 5% van de totale fijn stof-emissie. Bij PM_{2.5} is de bijdrage zelfs 8%. Wordt rekening gehouden met het condenseren van koolwaterstoffen op de roetdeeltjes dan is het aandeel in de totale Nederlandse fijn stof emissie nog hoger. Ook bij NMVOS (niet-methaan vluchtige organische stoffen) is er met 4% een substantiële bijdrage. Bij Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) en dioxinen kan de bijdrage in de orde van 20% liggen. Alleen bij de emissie van NO_x en SO₂ ligt het beeld minder extreem met bijdrage aan de nationale emissies van 0,7% respectievelijk 0,3%. De emissies van fijn stof, NMVOS en stoffen als dioxinen lopen aanzienlijk op als er onjuist gestookt wordt. Over het aandeel onjuist stoken is echter nauwelijks wat bekend. De huidige Europese EN-normstelling voor nieuwe kachels en inzethaarden heeft een positief effect op de emissies van kachels en inzethaarden. Tot een substantiële emissiedaling in de toekomst leidt dit echter niet.

Bij het stoken van hout komen ook Ultrafijne deeltjes (UFP) vrij. Hoewel het gewichtaandeel in de totale hoeveelheid fijn stof beperkt is, vormen deze deeltjes kleiner dan 100 nm (PM_{0,1}) wellicht wel een belangrijke bron van de gezondheidseffecten. Vanuit dit oogpunt wordt er in toenemende mate onderzoek aan gedaan. De gezondheidseffecten van houtrook beperken zich echter niet alleen tot de longen. Het RIVM concludeert: "Blootstelling aan houtrook wordt in sommige studies geassocieerd met een toename van (ziekenhuisopnamen voor) luchtweg-, hart- en vaataandoeningen, luchtwegklachten en een verslechterde longfunctie. Andere studies laten geen relatie met gezondheidseffecten zien. Onderzoek met vrijwilligers die enkele uren werden blootgesteld aan houtrook toont aan dat dit kan leiden tot gezondheidsschade en toxicologisch onderzoek laat zien dat fijn stof van houtrook even schadelijk of soms schadelijker is dan fijn stof van andere bronnen" (Hagens, 2011).

Door ECN zijn in februari 2009 metingen uitgevoerd aan de bijdrage van houtstook aan de fijn stof concentratie in de buitenlucht. Hierbij is in een dorp (Schoorl) en op een nabijgelegen platelandslocatie gemeten. Van de in Schoorl gemeten $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bleek minstens $4 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ afkomstig te zijn van lokale houtverbranding. Gemiddeld over het hele jaar draagt houtstook hier 2 tot $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij aan de jaargemiddelde concentratie van PM_{10} . De Europese luchtkwaliteitsnorm ligt op $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daarnaast is er een daggemiddelde norm van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die maximaal 35 keer per jaar mag worden overschreden. Op plekken met een hoge achtergrondconcentratie kan lokale houtstook tot overschrijdingen leiden, zeker bij windstil weer en weinig verticale menging. Ook bij concentraties lager dan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is fijn stof schadelijk voor de gezondheid. Tot slot kan nog opgemerkt worden dat houtstook ook effect heeft op de luchtkwaliteit in de woning van de gebruiker.

In Nederland zijn de problemen van houtstook in veel gemeenten een onderwerp voor de politieke agenda. Met name de geurhinder bij gezonde buurtbewoners en ernstiger wordende longklachten (astmapatiënten) zijn bij burgers reden om de gemeente of de GGD te benaderen. Ook internationaal staat de luchtverontreiniging door houtstook veel op de agenda. Binnen Europa wordt er, zonder hierin volledig te zijn, politieke discussie gevoerd in België (Vlaanderen; Antwerpen), Duitsland, Frankrijk (Parijs), Zweden, Zwitserland (Zurich), Oostenrijk en Noord-Italië. In veel landen wordt houtstook, anders dan in Nederland, gebruikt als hoofdverwarming van de woning. In Nederland zijn er circa 1000 CV-ketels op houtstook.

Emissiereductie opties die internationaal aan de orde komen zijn:

- Voorlichting over schoon stoken.
- Normstelling in het kader van de ECodesign richtlijn.
- Nationale en lokale normstelling.
- Onderzoek naar stoffilters.
- Verbieden van hulpverwarming met hout onder bepaalde weersomstandigheden.
- Eisen dat houtstook geen hinder voor omwonenden mag opleveren.
- Verbieden als hoofdverwarming bij nieuw woningen.
- Vervangingssubsidie voor niet gecertificeerde installaties.
- Jaarlijkse keuring van de installatie.
- Bij de jaarlijkse keuring ook controle van de brandstof (vochtgehalte).

In Nederland wordt onder andere door milieucentraal voorlichting gegeven over schoon stoken. Voor gemeenten zijn er mogelijkheden om via lokale regelgeving de overlast te beperken.

1. Inleiding

In dit rapport is getracht een overzicht te geven van de invloed van houtverbranding bij huishoudens op de luchtkwaliteit. De focus ligt hierbij op fijn stof (PM10 en PM2.5). Allereerst wordt een overzicht gegeven van de emissie van haarden en kachels en lokale luchtkwaliteitsaspecten. Daarnaast is geïnventariseerd op welke manier hiermee in de ons omringende landen wordt omgegaan. Voor dit rapport is op verzoek van de directie K&L van het ministerie van VROM in 2009 een beperkt literatuuronderzoek gedaan. In 2011 is dit onderzoek aangevuld met nieuwe informatie¹.

Het rapport richt zich niet op industriële houtstook. Ook de emissie van bosbranden is niet in kaart gebracht. Wegens gebrek aan gegevens is ook alleen gekeken naar de emissie van installaties in huis en niet naar vuurkorven, barbecues en kampvuren.

In overeenstemming met het projectvoorstel richt dit rapport zich op:

- a) Het belang van de uitstoot door haarden en kachels.
- b) De voorziene trends in deze uitstoot.
- c) Welke informatie buurlanden hebben over deze problematiek?
- d) Welke maatregelen zij hebben genomen?

Voor zover mogelijk wordt ook op de luchtkwaliteitsaspecten worden ingegaan.

Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 gaat het over het aantal installaties en de hoeveelheid hout die verbruikt wordt. In Hoofdstuk 3 worden een drietal publicaties met elkaar vergeleken die de uitstoot door houtstook berekenen. Ook wordt hier stilgestaan bij de normstelling rond dit soort installaties en wat de gemeenten doen om eventuele problemen op te lossen. Hoofdstuk 4 richt zich vooral op de luchtkwaliteitsaspecten, en dan met name fijn stof. In Hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de luchtkwaliteitsinformatie uit andere landen en op de maatregelen die er in deze landen genomen zijn. Na een korte beschouwing over mogelijkheden tot emissievermindering in Hoofdstuk 6 volgen in Hoofdstuk 7 de conclusies. Het rapport wordt afgesloten met de literatuurreferenties en een bijlage met trendcijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

¹ In 2011 is er door het RIVM een studie gedaan naar de gezondheidseffecten van houtrook. Deze is begin 2012 op de website van het RIVM beschikbaar gekomen en behandeld een aantal zaken die ook in dit rapport aan de orde komen (Hagens, 2011).

2. Het belang van de uitstoot door haarden en kachels

2.1 Aantal houtkachels en haarden

Circa 20% van de woningen heeft een houtgestookte installatie

In de meest recente inventarisatie van het CBS is een overzicht opgenomen van het aantal houtgestookte installaties bij huishouden, zie Tabel 2.1 (Segers, 2010). In de tabel worden de studies vergeleken die in de loop van de tijd hebben plaatsgevonden. Het meest recent is het WoON onderzoek (AFB, 2008). De cijfers daarvoor kwamen uit de emissieregistratie (Koppejan, 2005). De oudere studies zijn van (Hulskotte, 1999), (Slob, 1994) en (Okken, 1992). Ook zijn nog cijfers van een VHR-studie van Koppejan uit 2007 toegevoegd (Koppejan, 2010). Omdat de levensduur van houtgestookte installaties onzeker is, is het lastig om via de leveranciers een beeld te krijgen van het aantal installaties. De CBS-inschatting is daarom gebaseerd op een onderzoek naar het aantal aanwezige installaties (enquête bij 5000 woningen) en een telefonisch onderzoek naar het gebruik van installaties (enquête bij 6000 huishoudens). Uiteindelijk werd het aantal uit het eerste onderzoek op basis van de telefonische enquête met 13% opgehoogd. Een reden voor het verschil zou kunnen zijn dat niet alle aanwezige installaties gebruikt worden. Met 1,3 mln. installaties op 7 mln. woningen heeft 20% de huishoudens een houtgestookte installatie. Hiermee liggen de nieuwe cijfers met name wat betreft open haarden en vrijstaande kachels beduidend boven eerdere inventarisaties. CBS denkt dat een deel van het verschil in de enquête methode zit². Hoewel de onzekerheden groot zijn, lijkt het aantal houtkachels wel significant gestegen te zijn.

Tabel 2.1 *Aantal houtgestookte installaties bij huishoudens (in 1000 stuks)*

Onderzoek en Verslagjaar	WoON onderzoek 2006/2007	Koppejan 2007	TNO 2003	Hulskotte 1996	Slob 1992	Okken 1990
Open haard	645	266	285	372	532	600
Inzethaard of ingebouwde afsluitbare haard	213	287	297	325	96	140
Vrijstaande afgesloten kachel	439	199	210	166	269	175
Totaal	1297	753	792	862	897	915

In dit overzicht ontbreken circa 1000³ houtgestookte CV-ketels die samen minder dan 0,1 PJ hout verbruiken (Kroon, 2010). Ook vuurkorven en terrashaarden die in de buitenlucht gebruikt worden, zijn niet opgenomen. Voor een beschrijving van de diverse installaties wordt naar andere studies verwezen zoals bijvoorbeeld (Koppejan, 2010).

Leeftijd installaties onduidelijk, gros ouder dan 15 jaar en ongekeurd.

In het WoON-onderzoek is ook gevraagd naar de leeftijd van inzethaarden en kachels. In 44% van de gevallen is dit niet bekend. Aanwijsbaar jonger dan 5 jaar is 14% en 17% is ouder dan 20 jaar. Als de onbekende installaties ook ouder dan 15 jaar zouden zijn, dan is bijna 70% van de installaties ouder dan 15 jaar. Volgens de enquête zijn kachels gemiddeld wat jonger dan de inzethaarden. Wellicht dat verhuizingen hierbij meespelen: een kachel is makkelijker mee te nemen dan een inzethaard. De nieuwe huiseigenaar weet niet altijd wanneer de vorige eigenaar de haard heeft gekocht. In de winter van 2006/2007 heeft volgens de eigenaar 10% van de inzethaarden en 30% van de kachels een keurmerk.

² Een andere mogelijke oorzaak, die niet door het CBS wordt genoemd, is dat er wellicht bij de geënquêteerde bewoners verwarring is geweest met gasgestookte open haarden en inzethaarden. Ook kan het zijn dat het de geënquêteerde niet altijd duidelijk was wat de verschillen tussen de diverse houtgestookte installaties. In het spraakgebruik wordt met gashaard immers ook wel een vrijstaande kachel bedoeld.

³ Dit cijfers is al enige jaren oud. Gezien de belangstelling voor het stoken van hout zouden het er op dit moment meer kunnen zijn.

2.2 Houtverbruik door huishoudens

In de loop van de tijd zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd naar het houtverbruik. Er zijn diverse mogelijkheden om dit te berekenen. Dit kan via het aantal installaties in combinatie met het houtverbruik per jaar, of het aantal installaties in combinatie met het houtverbruik per uur en het aantal branduren. Tenslotte is ook gekeken naar de houtverkoop aan consumenten. Omdat veel hout buiten het commerciële circuit verkregen wordt levert dit laatste in ieder geval geen goed beeld op.

Houtverbruik van huishoudens nog steeds onzeker

De meest recente gegevens over het gebruik van hout voor verwarming bij huishoudens zijn te vinden in de CBS-publicatie (Segers, 2010). Hier is in het WoON-onderzoek ook naar gevraagd. De spreiding in het houtverbruik per type installatie is groot. Bovendien hebben individuele huishoudens zelf meestal maar een beperkt kwantitatief inzicht in het eigen houtverbruik. Deze bevindingen waren ook al uit eerdere onderzoeken bekend. In Tabel 2.2 is het houtverbruik van de diverse studies vergeleken, bron (Segers, 2010). Het houtverbruik van open haarden is gemiddeld het laagst; dat van kachels het hoogst. Dit beeld komt ook in de andere studies terug. Het houtverbruik per installatie kan ook verschillen doordat sommige studies niet gebruikte installaties niet hebben meegenomen.

Uiteindelijk komt het CBS tot een houtverbruik van ongeveer 800 kton (13 PJ). Eerdere studies kwamen maar tot 600 kton. Alleen een studie van bijna 20 jaar geleden, met een minder representatieve steekproef, kwam tot een hoger houtverbruik.

Tabel 2.2 *Gemiddeld houtverbruik per type installatie en totaal*

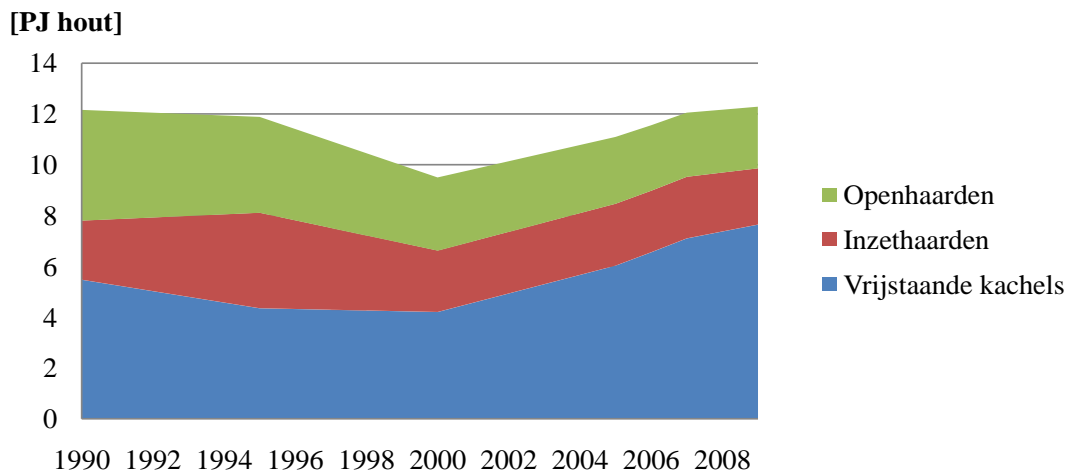
Onderzoek en Verslagjaar	WoON-onderzoek 2006/2007	TNO 2003	Hulskotte 1996	Slob 1992	Okken 1990
<i>Houtverbruik per jaar per installatie (kg)</i>					
Open haard	346	372	245	400	526
Inzethaard of ingebouwde afsluitbare haard	642	746	868	800	1190
Vrijstaande afgesloten kachel	949	1306	1127	1400	1958
<i>Totaal houtverbruik per jaar (kton)</i>					
Open haard	223	106	70	146	278
Inzethaard of ingebouwde afsluitbare haard	137	221	257	254	140
Vrijstaande afgesloten kachel	417	274	248	228	578
Totaal	777	601	575	628	996

Veel hout wordt verzameld in de privésfeer

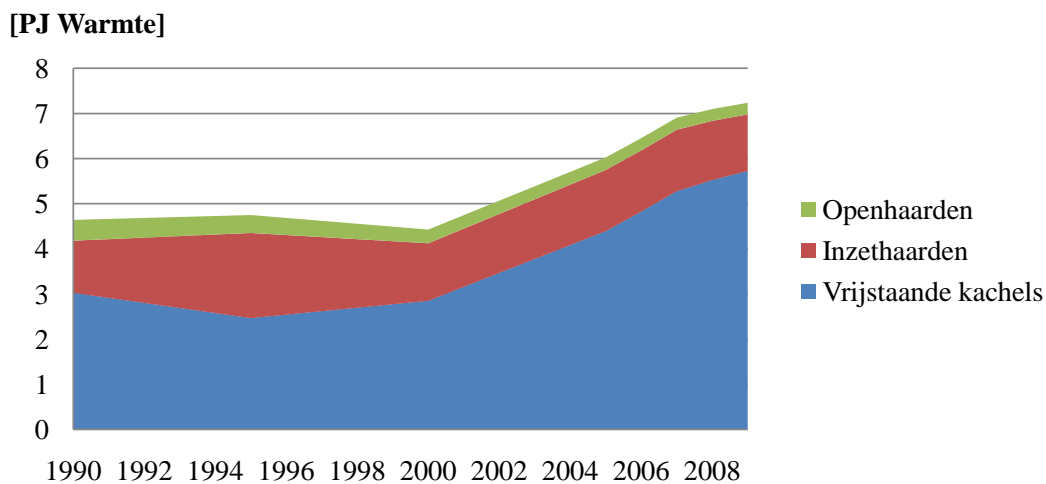
Als de huishoudens jaarlijks 800 kton hout gebruiken moet dit ergens vandaan komen. Om aan te geven hoeveel hout dit is, wordt hier eerst naar de houtkap in bossen gekeken. Volgens de stichting Probos is de houtvoorraad in de Nederlandse bossen 61,7 mln. m³. De bijgroei is jaarlijks 2,2 mln. m³ (Probos, 2010). Van de 1,2 mln. m³ die geveld wordt, is 0,9 mln. m³ industrieel rondhout (exclusief brandhout). Dit industriële hout is uitgedrukt in rondhoutequivalenten. Omgerekend naar brandhout is dit gelijk aan 500 kton (met een verbrandingswaarde van 15,5 GJ/ton). Blijft over 0,3 mln. m³ (160 kton) niet industrieel hout wat veel minder is dan wat bij huishoudens verbruikt wordt.

Naast de eigen houtproductie is er ook veel import en export. Uiteindelijk verbruiken we 6500 kton. De helft hiervan gaat naar papier en karton, 30% naar gezaagde producten, 16% naar plaatmateriaal en 4% overig. Volgens Probos is de inzet voor duurzame energie in 2007: 225 kton vers hout (afkomstig uit bos, landschap en stedelijk groen), 875 kton industrieel resthout en 130 kton (vervuild) A,B,C hout. In deze Probos-cijfers is particuliere houtverbruik niet opgenomen.

Door Segers (2010) wordt een studie aangehaald die tot 230 kton hout voor huishoudens toerekent aanbossen en landschappelijke beplantingen. Deze studie leunt sterk op het verkochte hout van Staatsbosbeheer. Met bijvoorbeeld 150 kton resthout wordt in de studie 400 kton bereikt en geen 800 kton. Uit de studie van Okken komt echter naar voren dat een groot deel van het hout of zelf verzameld of gekapt wordt of verkregen wordt van andere particulieren. Bijna 60% van de geënquêteerden geeft dit als bron aan. Met circa 50% houtaankoop en resthout en 50% particulier hout is een hoeveelheid van 800 kton houtverbranding bij huishoudens niet ondenkbaar.



Figuur 2.1 Houtverbruik in kachels bij huishoudens



Figuur 2.2 Warmteproductie door kachels bij huishoudens

Minder hout inzet bij open haarden en meer bij vrijstaande kachels

De houtinzet in kachels bij huishoudens wordt jaarlijks gepubliceerd in de duurzame energieoverzichten van het CBS (CBS, 2010). In Figuur 2.1 is de ontwikkeling van de laatste 19 jaar zichtbaar. De achterliggende cijfers staan ook in bijlage A. De gebruikte verbrandingswaarde is 15,5 MJ/kg hout. De inzet van hout in open haarden lijkt te zijn gedaald en die in vrijstaande kachels lijkt te zijn toegenomen. Uit het voorgaande in dit hoofdstuk is al duidelijk geworden dat er sprake is van grote onzekerheden omdat het aantal installaties niet zo goed bekend is en omdat de brandstof zelf zich door eigen inzameling grotendeels aan het zicht onttrekt. De daling in de figuur rond 2000, is door de onzekerheden minder significant dan het lijkt. Ondanks deze

onzekerheden lijkt de afname bij open haarden en de toename bij vrijstaande kachels wel een significante ontwikkeling.

2.3 Bijdrage houtstook aan de energievoorziening

Om de bijdrage van hout aan de energievoorziening te bepalen wordt meestal niet gekeken naar de hoeveelheid hout die verbrand is, maar naar de hoeveelheid warmte die via houtverbranding hiermee gemaakt is en nuttig wordt gebruikt.

Rendementen van kachels en inzethaarden verbeterd.

De nuttige warmteproductie die bij de houtinzet hoort staat in Figuur 2.2. Voor open haarden rekent het CBS met een rendement van 11%. Ofwel open haarden leveren naast ‘gezelligheid’ en luchtvervuiling, nauwelijks een bijdrage aan de energievoorziening. Het gemiddelde rendement van inzethaarden is tussen 1990 en 2009 gestegen van 50% in 1990 naar 56% in 2009. Het rendement van vrijstaande kachels is fors toegenomen van 55% in 1990 naar 75% in 2009. In de loop van de tijd zijn de rendementen dus zichtbaar verbeterd, Zowel voor inzethaarden als voor kachels zijn bij nieuwe installaties rendementen haalbaar/gangbaar van 74 tot 84% (Barbas, 2010), (Interfocos, 2010). Het gemiddeld rendement van inzethaarden dat het CBS hanteert, blijft hiermee duidelijk achter bij wat technisch mogelijk is⁴. Het totaal rendement van haarden en kachels ligt inmiddels op 71%, zie Tabel 2.3. Worden de open haarden hier nog bij opgeteld dat daalt dit naar 59%. Ook in een recente studie van TNO (Boersma, 2009) worden vergelijkbare rendementen gehanteerd.

Tabel 2.3 *Gemiddeld rendement van houtgestookte installaties bij de huishoudens*

Rendement	1990 [%]	2009 [%]
Vrijstaande kachels	55	75
Inzethaarden	50	56
subtotaal	54	71
Open haarden	11	11
Totaal	38	59

Bijdrage aan de energievoorziening 0,2%; Bijdrage aan brandstofvraag huishouden 2%.

Het aandeel van duurzame energie in de energievoorziening in 2009 is 3,8%⁵. Het aandeel van houtgebruik bij huishoudens in de energievoorziening is 0,22% (CBS, 2010). Hiermee levert houtverbruik bij huishoudens 5% van alle duurzame energie. Door de groei bij andere duurzame bronnen is dit aandeel aan het afnemen. Uitgezet tegen de brandstofvraag van de huishoudsector is het houtaandeel 2,2%.

De bijdrage op basis van de eindverbruikersdefinitie van 0,6% geeft verkeerd beeld

Recent is besloten om voor de Nederlandse duurzame energiedoelstelling van 20% in 2020 gebaseerd op primaire energie over te schakelen op de Europese definitie gebaseerd op verbruikte energie door eindverbruikers en de lagere doelstelling van 14% in 2020, die binnen de EU voor Nederland is vastgelegd. Op basis van deze definitie is het aandeel duurzame energie in 2009 4,2% met een bijdrage van huishoudelijke houtstook van 14% (CBS, 2011). Dit aandeel is deels hoger doordat in de EU definitie geen rekening wordt gehouden met het nuttig gebruik van de warmte, maar alleen met de verbrande hoeveelheid hout, maar ook omdat het opwekken van

⁴ Dit zou verklaart kunnen worden door een lagere vervangingsnelheid. Een inbouwhaard wordt minder gebruikt dan een kachel en kan daardoor langer meegaan. Daarnaast is er bij inbouwhaarden concurrentie met gashaarden die wel het ‘zelf hout stoken’ gevoel missen, maar in gebruik veel makkelijker zijn. Deze concurrentie speelt bij vrijstaande houtkachels niet.

⁵ Dit is op basis van primaire energie. Op basis van de nieuwe EU-definitie op basis van eindverbruik is het 4,2% in 2009.

duurzame elektriciteit veel lager wordt gewaardeerd. De definitie op basis van primair verbruik geeft een veel beter beeld van de werkelijke bijdrage van duurzame energie aan de energievoorziening en is een bruikbare maat voor de hoeveelheid fossiele brandstof die wordt vermeden. Vandaar dat de definitie op basis van primair verbruik in de nu voorliggende studie is aangehouden.

Tabel 2.4 *Energiecijfers Nederland met aandeel hout bij huishoudens*

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Uitgespaarde brandstof door houtinzet [PJ]	4,6	4,8	4,4	6	6,5	6,9	7,1	7,2
Gas, kolen en olieverbruik huishoudens [PJ]	340	367	337	319	305	281	315	316
Aandeel hout in warmtevraag [%]	1,3	1,3	1,3	1,8	2,1	2,4	2,2	2,2
Totaal energieverbruik Nederland [PJ]	2702	2964	3065	3311	3233	3353	3334	3262
Aandeel hout bij huishoudens [%]	0,17	0,16	0,14	0,18	0,20	0,21	0,21	0,22
Alle duurzame energie [PJ]	31	36	55	94	100	106	125	142
Aandeel duurzame energie [%]	0,6	0,7	1,2	2,4	2,7	2,8	3,3	3,8

Aandeel houtverbruik in andere sectoren stijgt naar 25%

Ook buiten de huishoudens wordt er hout verbruikt voor verwarmingsdoelen. Houtgestookte ketels komen veel voor in de hout-, timmer- en meubelindustrie. In deze installaties wordt het eigen houtafval gestookt dat met name bestaat uit houtmot, massief hout, plaatmateriaal en spaanplaat. De warmte die vrijkomt wordt ingezet voor bedrijfsverwarming of in industriële processen (droogkamers). Daarnaast komen er in de landbouwsector en in de gebouwde omgeving steeds meer grote houtketels bij. Het gaat hier om veel grotere installaties dan bij de huishoudens. De houtinzet voor verwarming buiten de huishoudsector is de afgelopen 4 jaar met 8% per jaar toegenomen. Een overzicht staat in Tabel 2.5. Hierbij is gerekend met een verbrandingswaarde van 16,5 MJ/kg hout; dus iets hoger dan de 15,5 MJ/kg die bij huishoudens wordt gebruikt. Samen met de huishoudens wordt circa 10 PJ fossiele brandstof vermeden⁶. Het aandeel niet-huishoudens is hierbij opgelopen naar 25%.

Tabel 2.5 *Houtverbruik voor verwarming in andere sectoren*

	Opgesteld aantal	Inzet van hout [kton]	Inzet van hout [PJ]	Warmte- productie [PJ]	Vermeden verbruik fossiele primaire energie [PJ]
1990		102	1,7	1,2	1,3
1995		127	2,1	1,5	1,6
2000		130	2,2	1,6	1,8
2005	740	125	2,1	1,7	1,9
2006	1225	140	2,3	1,9	2,1
2007	1635	155	2,6	2,1	2,4
2008	1870	163	2,7	2,3	2,5
2009	1979	169	2,8	2,4	2,6

⁶ Voor zover van toepassing staat hier dan wel extra verbruik voor houtkap, transport, drogen en verkleinen tegenover.

3. Trends in de uitstoot van haarden en kachels.

3.1 Bijdrage van houtstook aan PM10 in buitenlucht

Emissie evenredig met houtverbruik

Bij het stoken van hout ontstaat luchtverontreiniging zoals uitstoot van fijn stof (PM10, PM2.5, PM1), NO_x (stikstofdioxide), CO (koolmonoxide), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), en dioxinen. De uitstoot kan berekend worden via:

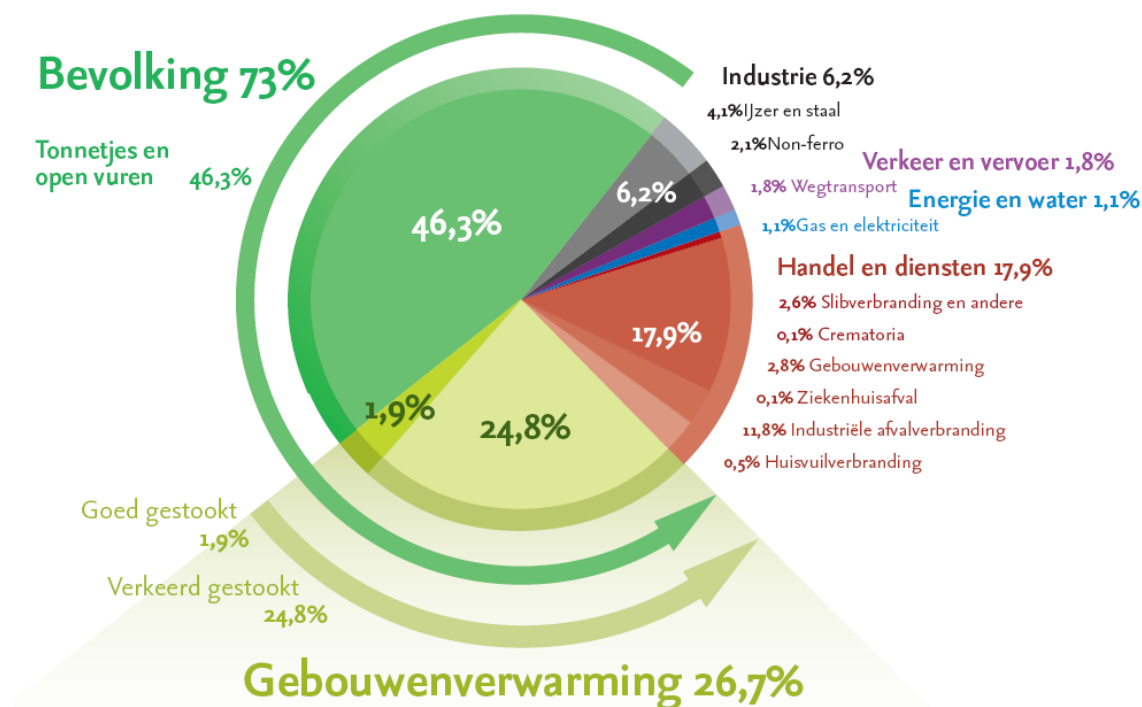
Brandstofverbruik [PJ] x Emissiefactor [g emissie/GJ of ton/PJ] = uitstoot [ton].

Hieruit blijkt dat de hoeveelheid hout die verbrand wordt, direct de omvang van de emissie bepaald. In 2009 was dit bij de huishoudens ongeveer 13 PJ hout verdeeld over drie verschillende typen installaties. De emissiefactor hangt af van zowel het precieze type kachel, de type brandstof en de kwaliteit van de brandstof (vochtigheid; het stoken van vochtig hout leidt tot sterk verhoogde emissies) als van de manier van stoken. Daarnaast, en dat is een belangrijk punt, wordt de emissie ook bepaald door 'onjuist' gebruik van de kachel.

Bij onjuist gebruik veel hogere emissies mogelijk

Dit laatste verdient nadere toelichting. Een houtkachel of inzethaard zal op een zeker moment de ruimte voldoende opgewarmd hebben. Op dat moment kan het vermogen teruggeschakeld worden. Bij gas betekent dit dat de gaskraan een stukje dichtgedraaid wordt of dat de gaskachel tijdelijk uit gaat. Bij hout kan men stoppen met toevoer, maar het aanwezige hout zal nog een tijd doorbranden. Een optie die veel gebruikers kiezen is om in die situatie de luchttoevoer te verminderen. Minder lucht betekent dat er minder hout kan verbranden, maar ook dat er onvoldoende lucht is om de vrijkomende verbrandingsgassen volledig te verbranden. In dit soort situaties kan de PM10 emissie van bijvoorbeeld 75 g/GJ naar 1500 g/GJ toenemen (factor 20) en de CO-emissie van 4000 g/GJ naar 15000 g/GJ, beide uit (Asplind, 2009). Als 10% van het hout in kachels onder deze omstandigheden verbrand wordt, ligt de uitstoot van fijn stof een factor 3 hoger.

Het smoren van het houtvuur door het knijpen van de luchttoevoer, wordt in de hand gewerkt door de aanschaf van een grotere kachel (hoger vermogen) dan bij de ruimte past. Ook kan verkeerd stookgedrag (teveel brandstof ineens) een oorzaak zijn. Uit milieuoogpunt kan men het vuur het beste gewoon uit laten branden (Vlaams-Brabant, 2005). Ook in Nederland wordt er op gewezen dat het belangrijk is om het vermogen goed af te stemmen op de ruimte (Milieu Centraal, 2010). In een andere brochure uit Vlaanderen (Vlaanderen, 2003) wordt duidelijk aangegeven welk effect verkeerd stookgedrag op bijvoorbeeld de dioxine uitstoot heeft, zie Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Aandeel bevolking in de totale dioxine-uitstoot in Vlaanderen

Uit het milieuraapport van Vlaanderen (MIRA) blijkt dat het stoken van tuin- of snoeiafval in tonnetjes ook een forse bijdrage levert (Maene, 2011). Hierbij speelt dat niet alleen hout maar ook plastic en ander afval gestookt wordt. Het verbranden van tuinafval in tonnetjes is in Nederland niet toegestaan. Een hoge emissie wijst op onvolledige verbranding. Dit kan komen door te snelle koeling aan koude vlakken (niet voldoende uitbrand; bijvoorbeeld bij het aansteken van koude kachel of open haard) of door onvoldoende luchttoevoer (te weinig lucht voor volledige verbranding).

3.2 Emissie van houtstook bij huishoudens

Er zijn de afgelopen jaren drie verschillende studies verschenen met emissieberekeningen. In deze paragraaf worden ze na elkaar toegelicht.

3.2.1 TNO studie uit 2009

Hoge emissies en weinig zicht op toekomstige daling

Door TNO zijn in 2009 de emissies van houtstook in kaart gebracht in het kader van het BOLK project (Boersma, 2009). Uit de rapportage kunnen emissiefactoren berekend worden. Deze staan in Tabel 3.1. TNO onderscheidt bij inzethaarden en vrijstaande kachels gekeurde en niet gekeurde (oudere) installaties. Met gekeurd wordt verwezen naar de EN-standaards. Sinds 2006 moeten alle inzethaarden en kachels die in Nederland verkocht worden voldoen aan de Europese standaards EN 13240 en EN 13229. Deze standaards eisen ook een minimum efficiency van 70%. Zowel bij fijn stof als bij niet methaan koolwaterstoffen (NMVOS) is de emissie van gekeurde installaties ongeveer de helft lager. Daarmee blijft de emissiefactor echter nog steeds beduidend boven die van andere verwarmingsinstallaties liggen. Bij NO_x heeft TNO er voor gekozen om overal dezelfde emissiefactor te gebruiken. Dit kan een bruikbare keuze zijn als de onzekerheden groter zijn dan de onderlinge verschillen. In een latere studie uit 2011 is dit niet meer het geval, zie Tabel 3.4 (Jansen, 2011).

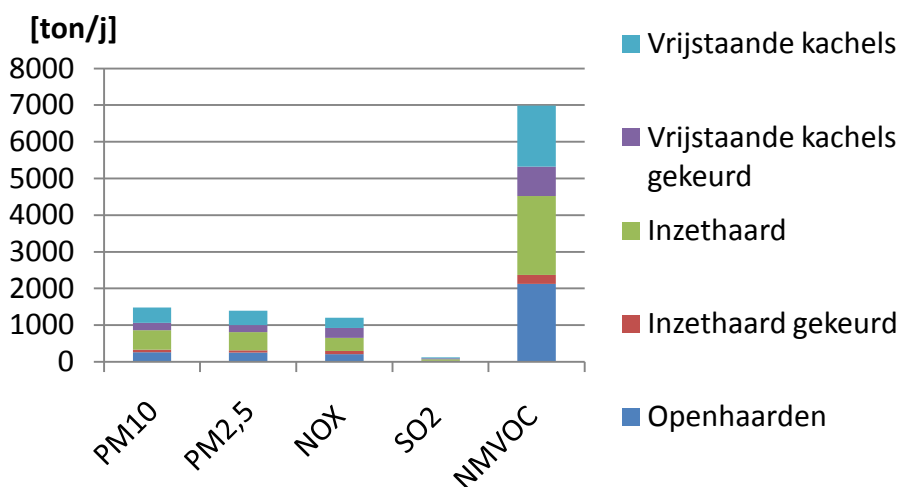
Tabel 3.1 *Emissiefactoren voor houtstook bij huishouden in Nederland*

In g/GJ hout (=ton/PJ)	PM10	PM2,5	NO _x	SO ₂	NMVOS
Open haarden	161	155	129	13	1291
Inzethaard gekeurd	97	90	129	13	387
Inzethaard	193	180	129	13	773
Vrijstaande kachels gekeurd	97	90	129	13	387
Vrijstaande kachels	193	180	129	13	773

In Tabel 3.2 staan de emissies voor 2007 zoals deze op basis van de TNO-cijfers kunnen worden berekend. Ook het brandstofverbruik is toegevoegd. Met name de emissies van niet gekeurde installaties zijn hoog. Dezelfde emissies staan ook grafisch uitgezet in Figuur 2.1. Voor fijn stof, NO_x en NMVOS gaat het om significante hoeveelheden. Door het lage zwavelgehalte van hout is de emissie van SO₂ beperkt.

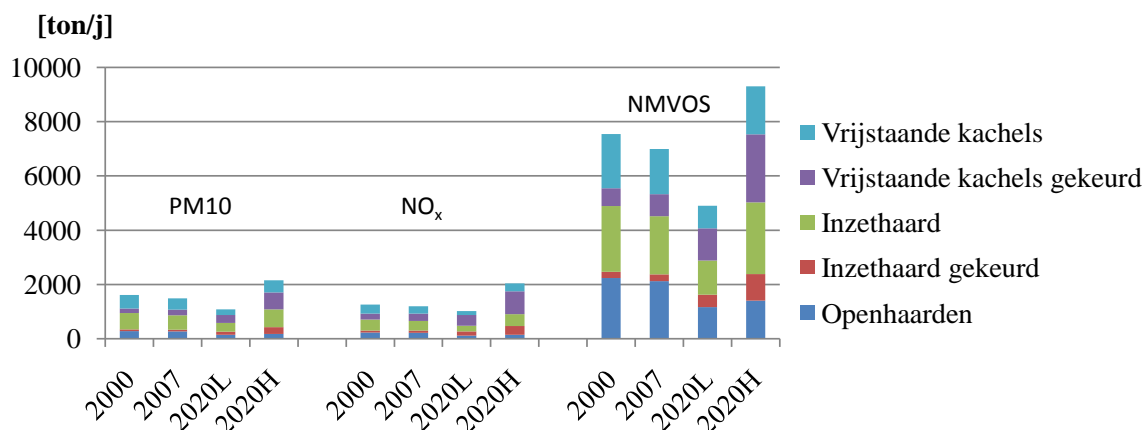
Tabel 3.2 *Emissie en brandstofverbruik door houtstook bij huishoudens in Nederland*

2007	Brandstof verbruik [PJ]	PM10 [ton/j]	PM2,5 [ton/j]	NO _x [ton/j]	SO ₂ [ton/j]	NMVOS [ton/j]
Open haarden	1,6	265	254	212	21	2122
Inzethaard gekeurd	0,7	63	59	84	8	252
Inzethaard	2,8	536	500	357	36	2146
Vrijstaande kachels gekeurd	2,1	201	188	268	27	804
Vrijstaande kachels	2,2	416	389	277	28	1666
Totaal	9,3	1481	1390	1198	121	6989



Figuur 3.2 *Uitstoot van houtgestookte installaties bij huishoudens in 2007*

In Figuur 3.3 is, ook uit de TNO studie, naast 2007 ook de situatie in 2000 en in 2020 geschetst. Voor 2020 is door TNO een hoog (2020H) en een laag verwachtingsbeeld (2020L) gemaakt. Ondanks dat het aandeel gekeurde kachels toeneemt, blijft er sprake van significante emissies. In het hoge beeld van 2020 nemen de emissies zelfs nog verder toe.



Figuur 3.3 Ontwikkeling van de uitstoot van houtgestookte installaties bij huishoudens

Relatief hoge bijdrage aan de nationale fijn stof en NMVOS emissie

In Tabel 3.3 wordt de emissie van houtstook bij huishoudens vergeleken met de totale emissie van de huishoudsector⁷ en met de totale emissie van Nederland. De bijdrage van hout aan de huishoudelijke warmtevraag ligt in de orde van 2 tot 2,5%. Het aandeel in de emissies ligt op het 5 tot 20 voudige. Houtstook draag voor ruim 4% bij aan de totale fijn stof-emissie. Bij PM2.5 is de bijdrage zelfs 8%. Ook bij NMVOS is er met 4% een substantiële bijdrage.

Alleen bij NO_x en SO₂ ligt het beeld minder extreem. Met een bijdrage van 0,2% aan de energievoorziening is de bijdrage aan de emissies 0,4% respectievelijk 0,2%.

Tabel 3.3 Emissie van houtstook vergeleken met totaal huishoudens en totaal Nederland

2007 [kton/j]	PM10	PM2.5	NO _x	SO ₂	NMVOS
Houtstook TNO	1,5	1,4	1,2	0,1	7,0
Huishoudens CBS	3,4	3,2	12,7	0,5	32,0
Nederland totaal	34	18	304	60	165
Houtstook van huishoudens	44%	43%	9%	24%	22%
Houtstook van totaal	4,4%	7,7%	0,4%	0,2%	4,2%

Fijn stof gemeten met of zonder condenseerbare koolwaterstoffen

In de hier gebruikte emissiecijfers van fijn stof is alleen het gewicht van de vaste kern van de stofdeeltjes opgenomen. Bij een slechte verbranding, zoals in veel houtkachels en haarden regelmatig voor komt, ontstaan er ook veel condenseerbare koolwaterstoffen (zoals PAK's), die zich bij het afkoelen van de rook in de buitenlucht op de vaste kern van het fijn stof afzetten. Eenmaal verdunt in buitenlucht kan een deel hiervan weer verdampen. Ook kunnen zich andere stoffen uit de buitenlucht op het geëmitteerde fijn stof afzetten. Bij kleine installaties met een slechte verbranding kan fijn stof door de gecondenseerde koolwaterstoffen wel 5 keer zoveel wegen. De koolwaterstoffen kunnen ook in het meetsysteem condenseren en zo problemen en niet reproduceerbare waarden opleveren. Daarom heeft de gebruikelijkste meetmethode, met 'solid particles' aangeduid, een zodanige verwarming dat condensatie voorkomen wordt. Alleen het 'vaste' fijn stof wordt dan gemeten. Dit geeft dan echter geen goede indruk van de schadelijkheid van dit fijn stof. Er zijn inmiddels wel meetprocedures ontwikkeld, zoals de 'dilluted tunnel' methode, om deze koolwaterstoffen voldoende goed mee te meten (Jansen, 2011). Om tot een betere Europese afstemming te komen werkt Werkgroep 5 in de Europese CEN TC295

⁷ Een andere fijn stof veroorzaker bij huishoudens is roken. Voor 1994 wordt de emissie van roken van tabaksproducten geschat op 1,9 kton fijn stof, 0,1 kton NO_x, 0,5 kton VOS en 2,3 kton CO (Brouwer, 1994). Hoewel de meeste schade bij de roker en de meeroker terecht komt gaat het met 3% van de Nederlandse fijn stof emissie toch om aanzienlijke hoeveelheden (Nijdam, 2007).

momenteel aan een methode die bestaat uit het separaat bemonsteren (in één monsternamen systeem) van ‘solid particles’ (roet, as) en condensables (aerosolen) (Koppejan, 2010).

3.2.2 TNO houtkachelmodel 2011

In 2011 heeft TNO op verzoek van het RIVM een model gemaakt om de emissies van huishoudelijk houtstook te berekenen (Jansen, 2011). Hierin worden wat emissies betreft 4 soorten onderscheiden. Er is één categorie open haarden en voor kachels en inbouwhaarden samen drie categorieën: Conventioneel, Verbeterd en DINplus. Conventioneel sluit aan bij ongekeurd en Verbeterd bij gekeurd. De naam DINplus is gekozen om een categorie kachels aan te duiden die aan de strengste eisen (Duitse DIN norm) voldoen, die een hoog rendement (80%) hebben en die binnen heel Europa verkocht worden. Aan het rekenmodel zijn ook rendementen, levensduren en brandstofverbruikcijfers gekoppeld.

Voor fijn stof wordt in de literatuur een grote range in emissiefactoren aangetroffen, variërend van 10 tot 2000 g/GJ. Daarom is door TNO besloten om de tot nu toe gebruikte waarden te hanteren, zie ook Tabel 3.4. Voor de nieuwe categorie DINplus is gekozen voor 50 g PM10/GJ. De range voor NMVOS is vergelijkbaar met fijn stof. Ook hier zijn de oude cijfers gehandhaafd. Voor DINplus is de factor van 250 g NMVOS/GJ toegevoegd. Een aparte emissiefactor is opgenomen voor condenseerbare koolwaterstoffen (KWScon), die zich op het fijne stof af kunnen zetten. Voor de DINplus kachels is deze geschat op 80 g/GJ.

Tabel 3.4 *Emissiefactoren TNO 2011*

	PM10 [g/GJ]	PM2.5 [g/GJ]	NO _x [g/GJ]	SO ₂ [g/GJ]	NMVOS [g/GJ]	KWScon [g/GJ]	CO [g/GJ]	PAK [mg/GJ]	Dioxine [ng/GJ]
Open haard	160	150	80	13	1290	480	3200	3230	1610
Conventionele kachel	190	180	130	13	770	320	6500	5810	170
Verbeterde kachel	100	90	130	13	390	130	3900	3740	170
DINplus kachel	50	50	130	13	250	80	2900	2970	170

Voor koolmonoxide (CO) liggen de literatuurwaarden in de range van 300 tot 6500 g/GJ (bij de hoge CO-emissiefactor van 6500 komt 5% van het hout als half verbrand CO vrij). Deze hoge waarde is voor de oude kachels gekozen. Voor de DINplus kachels wordt door TNO ongeveer de helft gebruikt. De rapportage bevat verder nog emissiefactoren voor PAK's, dioxinen en zware metalen.

Met een houtverbruik van 12,2 PJ (785 kton) in 2008 ligt het houtverbruik hoger dan de 9,3 PJ uit de andere TNO studie, maar wel weer dicht bij de 13 PJ van het CBS. In Tabel 3.5 worden de emissies van beide TNO studies vergeleken. Het kleine verschil bij PM10 wordt veroorzaakt door de toevoeging van de categorie DINplus. Deze ‘schonere’ kachels compenseren voor een deel het hogere brandstofverbruik. Dit is ook zichtbaar bij NMVOS. De NO_x-emissie laat vooral het hogere brandstofverbruik zien. Bij SO₂ gaat het bij vergelijkbare emissiefactoren om een afrondingsverschil.

Tabel 3.5 *Emissies TNO 2009 en TNO 2011 vergeleken*

2007 [kton/j]	PM10	PM2.5	NO _x	SO ₂	NMVOS
TNO 2009	1,5	1,4	1,2	0,1	7,0
TNO 2011	1,6	1,5	1,4	0,2	8,0

De extra emissiefactoren uit het houtkachelmodel maken het mogelijk om voor meer stoffen een vergelijking met het Nederlandse totaal te maken, zie Tabel 3.6. Voor condenseerbare koolwaterstoffen (KWScon) is er geen totaal om mee te vergelijken. De bijdrage aan de emissies van koolmonoxide (CO) is met 7% erg hoog. Bij Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

(PAK's)⁸ is er in de emissieregistratie geen Nederlands totaal beschikbaar. Op basis van diverse benaderingwijzen is hier door ECN een totaal geschat. Hierbij is aangenomen dat Naftaleen ongeveer de helft van de emissie bepaald, zie bijvoorbeeld ook (Wevers, 2002). De bijdrage van houtstook is substantieel. Dit geldt zeker ook voor dioxinen. Dit laatste is in lijn met bevindingen uit Vlaanderen, zie Figuur 3.1.

Tabel 3.6 *Emissies in Nederland en aandeel houtstook*

	KWScon [kton]	CO [kton]	PAK [ton]	Dioxinen [g]	CH ₄ [kton]
Houtstook in 2009	3	50	49	6	3,6
Totaal Nederland		700	200-500	27	880
Aandeel houtstook		7%	10-25%	20%	0,4%

Voor methaan (CH₄) rekt TNO met een emissiefactor van 300 g/GJ. De totale emissie is vergeleken met heel Nederland relatief beperkt. Omgerekend naar CO₂ komt deze 3,6 kton CH₄ uit op 0,08 Mton CO₂-eq. Vergeleken met de totale CO₂-besparing bij gasstook door het houtgebruik in huishoudens van 0,4 Mton is dit toch 20%. Anders gezegd, 20% van de CO₂-besparing door houtstook bij huishoudens wordt teniet gedaan door de methaan emissie. Bij open haarden veroorzaakt de methaanemissie en het slechte rendement dan ook een emissie van broeikasgassen die vergelijkbaar is met aardgasstook. Deze conclusie leunt wel zwaar op de hoogte van de methaanemissiefactor. Deze emissiefactor heeft een grote onzekerheidsmarge, net als die van bijvoorbeeld fijn stof en NMVOS.

3.2.3 Procédé parkmodel

Ook door Procédé Biomass BV is er een parkmodel gemaakt (Koppejan, 2010). In Tabel 3.7 worden de emissies uit dit model vergeleken met de TNO cijfers uit 2009. De verschillen zijn beperkt; Procédé heeft dan ook bij zijn laatste publicatie gekeken naar de TNO inschattingen (Koppejan, 2010). Interessant is dat Procédé ook gekeken heeft hoe de emissie zou zijn als alle installaties aan de Duitse DINplus eisen (die in zijn gegaan in 2010; zie BImSchV in Tabel 5.1) zouden voldoen. Dit levert fors lagere emissies op. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat Koppejan voor DINplus installaties veel lagere emissiefactoren hanteert dan TNO: 80 versus 250 g C_xH_y/GJ, 600 versus 2900 mg PAK/GJ en 1000 versus 2900 g CO/GJ. Gezien de lange levensduur van de huidige installaties zijn deze emissieniveaus voorlopig nog niet in beeld. Wel geven ze het potentieel aan bij stimulering van vervanging of verplichte uitfasering. Gezien het grote verschil met de TNO cijfers, en de twijfels of dit ook in de praktijk op zal treden is door ECN in de tabel het woordje 'ideale' toegevoegd. Overigens geeft Procédé aan te verwachten dat de PM10 emissie van DINplus kachels in de praktijk lager uit zal vallen.

Tabel 3.7 *Emissie TNO en Procédé vergeleken en variant DINplus kachels*

[kton/j] in 2007	TNO 2009	Procédé	Procédé. Alle kachels 'ideale' DINplus
CO	50	46,0	7,50
Totaal stof	1,5	1,56	0,40
PAK's (10) ⁸	0,050	0,043	0,005
NO _x	1,2	1,20	0,97
C _x H _y	7,0	5,44	0,62

⁸ De emissies zijn gebaseerd op de lijst van 10 PAK's van het ministerie van VROM: 1. Naftaleen, 2. Anthraceen, 3. Fenantreen, 4. Fluorantheen, 5. benzo(a)anthraceen, 6. Chryseen, 7. benzo(k)fluorantheen, 8. benzo(a)pyreen, 9. benzo(ghi)peryleen, 10. indeno(1,2,3 cd)pyreen.

Procede geeft geen informatie over methaanemissies. Er is wel een figuur opgenomen (figuur 3.14 in het betreffende rapport) waarin is aangegeven dat, als condenseerbare koolwaterstoffen worden meegenomen de emissies van fijn stof circa 5 keer hoger uit kunnen vallen. Voor een gemiddelde kachel gaan ze omhoog van circa 170 g PM10 vaste stof/GJ naar ruim 700 g PM 10 inclusief condenseerbare koolwaterstoffen/GJ.

Volgens (Koppejan, 2010) is er een aanzienlijke export van de Nederlandse kachelbouwers naar Duitsland. Veel Nederlandse kachels voldoen dan ook aan de eerste fase (Erste Stufe) eisen die in Duitsland in 2010 van kracht zijn geworden, zie ook Tabel 5.1.

3.2.4 Samenvattend van de drie studies

In de studies wordt voor openhaarden een hogere emissiefactor gebruikt dan voor kachels en inzethaarden. Bij deze laatste speelt vooral de leeftijd mee: of ze al EU-gekeurd moesten zijn of zelfs al aan de nog strengere Duitse eisen voldoen. De marge rond de gebruikte emissiefactoren blijft echter door de grote diversiteit van installaties en onzekerheden rond het stookgedrag groot.

Houtstook levert een relatief grote bijdrage aan de luchtverontreiniging en is in dit opzicht veel meer vervuilend dan het stoken van gas. Hieronder staat hun geschatte emissie, het gaat om significante hoeveelheden, en de bijdrage aan de Nederlandse uitstoot.

- Fijn stof in de vorm van PM10 1,6 kton (4,5%)⁹.
- Fijn stof in de vorm van PM2.5 1,5 kton (8%).
- Stikstofoxiden, NO_x 1,4 kton (0,5%).
- Zwaveldioxide, SO₂ 0,15 kton (0,2%).
- Niet Methaan Vluchtige Organische stoffen, NMVOS 8 kton (4,5%).
- Op fijn stof condenseerbare koolwaterstoffen 3 kton (-).
- Koolmonoxide, CO 50 kton (7%).
- Methaan, CH₄ 3,6 kton (0,4%); Dit is gelijk aan 0,1 Mton CO_{2-eq} (0,05%).
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen, PAK 49 ton (10-25%).
- Dioxinen 6 gram (20%).

De hoeveelheid fijn stof is berekend zonder rekening te houden met de ‘tijdelijke’ afzet van NMVOS (condensables). Wordt dit meegeteld dan gaat het om 3 keer zoveel gewicht. Fijn stof (PM2.5), PAK en dioxinen zijn in deze lijst het meest schadelijk voor de gezondheid. Hun bijdrage in de emissies ligt in de orde van 20%. Dit is 100 keer hoger dan de 0,2% bijdrage aan de Nederlandse energievoorziening.

3.2.5 Andere literatuurvermeldingen

Oude emissiefactoren van Slob

Een inventarisatie uit 1994 (Slob, 1994) levert voor open haarden vergelijkbare emissiefactoren als nu gebruikt worden. Bij fijn stof geeft de literatuur een marge aan die tot 7000 g/GJ loopt. In Tabel 3.8 is naast het gemiddelde dat Slob gebruikt heeft, ook de literatuur marge toegevoegd. Bij (ongekeurde) kachels ligt de waarde van Slob duidelijk boven de door TNO gebruikte waarde (Boersma, 2009). Een apart punt in de inventarisatie betreft de condenseerbare koolwaterstoffen. De waarde die genoemd worden zijn 480 (380-580) g/GJ bij open haarden en 60 (10-900) g/GJ bij kachels. Deze stoffen kunnen zich afzetten op het fijn stof, waardoor de emissie in

⁹ De emissie heeft betrekking op vast fijn stof. Bij een houtkachel kan het gewicht aan fijn stof dat uit de schoorsteen komt veel hoger zijn doordat koolwaterstoffen op het fijn stof zijn gecondenseerd. Hiermee is het beeld echter nog niet compleet. Eenmaal in de lucht kan bij vaste fijn stof de massa door oxidatie toenemen, verder kan door VOS en fotochemie ozon gegenereerd worden en nog verdere oxidatie plaats vinden. Ook kan dan weer nucleatie-aerosol ontstaan. Hierbij zullen dan in eerste instantie ultrafijne deeltjes gevormd worden.

g/GJ toeneemt. Worden deze waarden opgeteld bij de PM10 emissies dan hanteert Slob emissiewaarden die een factor 3 tot 4 hoger liggen dan TNO in 2009. In de nieuwe studie van TNO uit 2011 zijn deze condenseerbare koolwaterstoffen wel apart opgenomen (Jansen, 2011).

Tabel 3.8 *Fijn stof emissiefactoren uit recente en oude studie vergeleken*

PM10-emissie [g/GJ]	(Boersma, 2009) hier	(Slob, 1994) gemiddeld	(Slob, 1994) laag	(Slob, 1994) hoog
Open haarden	161	160	120	7000
Kachels	193	580	10	1800

Emissiefactoren Buro Blauw

Voor modelberekeningen aan de maximumconcentratie van vervuilende stoffen zijn op basis van literatuur door Buro Blauw ook emissiefactoren verzameld. Deze zijn in Tabel 3.9 omgerekend naar g/GJ. Duidelijk wordt aangegeven dat door slecht stookgedrag de emissies van sterk vervuilende kachels (worst case) aanzienlijk hoger kunnen liggen dan gemiddeld. Met name voor fijn stof, maar ook voor PAK's als Benzo(a)pyreen en Benzo(e)Pyreen¹⁰. In de directe omgeving van sterk vervuilende kachels is de kans op overschrijding van luchtkwaliteitsnormen daardoor groter (Blauw, 2009). De emissiefactoren van het Buro zijn ook door het CE bekeken. Het betreffende beoordelingsrapport bevat ook een overzicht van emissiefactoren uit diverse bronnen, die in dit rapport niet zullen worden herhaald (2010, Dönszelmann).

Tabel 3.9 *Emissiefactoren Buro Blauw*

	Doorsnee kachel		Sterke vervuilende kachel	
	mg/kg hout	g/GJ hout	mg/kg hout	g/GJ hout
PM10	1145	75	9000	580
CO	69000	4450	100000	6450
Benzo(a)pyreen	3,4	0,22	28,8	1,86
Benzo(e)pyreen	2,4	0,15	7,5	0,48

Huidige emissiebijdrage lijkt lager dan schatting in 2006

Volgens een publicatie in het blad Lucht uit 2006 zijn particulieren die hout verbranden naar schatting verantwoordelijk voor twaalf procent van het in Nederland uitgestoten fijn stof (PM10) en voor vijftien procent van het in Nederland uitgestoten PM2,5. In vergelijking, het verkeer draagt voor ongeveer 30 procent bij in de achtergrondwaarden van fijn stof (Hiemstra-Holtkamp, 2006).

Met 5% voor PM10 en 8% voor PM2.5 liggen de berekeningsresultaten in dit rapport lager. Wordt rekening gehouden met het condenseren van koolwaterstoffen op de roetdeeltjes dan neemt het aandeel echter bijna een factor 3 toe. Deze cijfers hebben vanuit de emissiefactoren wel een ruime onzekerheidsmarge. Hierbij moet ook opgemerkt worden dat de emissie van vuurkorven en terrashaarden hier niet zijn opgenomen. Ook het verbranden van snoei- en tuinafval en 'kampvuren' ontbreken in het overzicht.

3.3 Nederlandse normstelling

3.3.1 Het CE keurmerk en de ECodesign richtlijn

Huidige norm in Nederland is het CE-keurmerk

In Nederland moeten houtkachels en inzethaarden een CE-keurmerk hebben. Het CE-keurmerk is gekoppeld aan de Europese normen (EN-normen). Welke norm dit precies is hangt af van het

¹⁰ Dit zegt niets over de totale PAK uitstoot omdat de concentraties van naftaleen en fenatreen veel hoger kunnen liggen (Blauw, 2009).

type kachel. De EN-normen (zie Tabel 3.10) beschrijven een testprocedure (EU Task 1, 2009). Daarnaast stellen ze eisen aan de veiligheid, het rendement en de CO-emissie. Een lage CO-emissie duidt op een goede verbranding en lagere emissies van fijn stof en NMVOS (onder de testomstandigheden). De Europese normen voor houtgestookte toestellen EN 13229 en EN 13240 hebben een emissiegrenswaarde van maximaal 1 volume % koolstofmonoxide (VROM, 2004).

De CE-markering heeft in 2005-2006 het keurmerk van de Vereniging Haard en Rookkanaal (VHR), het zogenaamde VHR-keurmerk, vervangen. Het VHR-keurmerk was gezien de normen en milieu eisen te vergelijken met de Duitse DIN-norm en strenger dan de CE-markering. Het gevolg is dat er nu minder goede kachels in Nederland verkocht mogen worden.

Een Nederlandse eis aan de CO-emissie van houtkachels, die wel scherper was, is in 2004 met de komst van de Europese normen ingetrokken (VROM, 2004).

Er is in 2007 ook een rendementslabel voor haarden en kachels ontwikkeld door de sector zelf. De aanduiding A duidt op een rendement van 75% of hoger. Ook zijn er vier CO-klassen variërend van klasse 1 (0,12% CO bij 13% O₂) tot klasse 4 (0,6% CO) ofwel omgerekend 950 tot 4700 g CO/GJ. Het is bij ECN niet bekend of het label ook veel toegepast wordt.

Tabel 3.10 *Europese test methoden voor verbrandingsinstallaties*

EN norm	Eventuele emissie eisen (CO-eis indien niet nader aangegeven in mg/nm ³ bij 13% O ₂)
EN 303-5: Heating boilers for solid fuels, hand and automatically stoked.	Eisen aan CO, VOS en stof verdeeld over 3 klassen en voorstel voor klasse 4 en 5
EN 12809: Residential independent boilers fired by solid fuel	12500 (1% CO)
EN 12815: Residential cookers fired by solid fuel.	12500 (1% CO)
EN 13229: Inset appliances including open fires fired by solid fuels.	Met langzame warmte afgifte 250, inzethaard met (gesloten deuren) 1250 (0,1% CO)
EN 13240: Room-heaters fired by solid fuel.	Klasse 1: 370, Klasse 2: 1250
EN 14785: Residential space heating appliances fired by wood pellets.	Vollast: 500 (0,04% CO), Deelast: 750 (0,06% CO)
EN 15250: Slow heat release appliances fired by solid fuel	3750 (0,3% CO)

Europese ECODESIGN norm in voorbereiding

In het kader van de ECODESIGN richtlijn wordt er binnen de EU gewerkt aan normstelling voor open haarden, fornuizen om op te koken, inzethaarden, kachels en CV-ketels op hout of kolen (ECODESIGN, 2005). Het is de bedoeling dat de ECODESIGN richtlijn niet alleen rendementseisen voor installaties tot 500 kW gaat bevatten maar ook emissie-eisen. Inmiddels is er het nodige voorwerk verricht (BIO Intelligence Service (2009), (EU Task 6, 2009). Er zijn voor zover bij ECN bekend eind 2011 nog geen voorstellen gedaan voor specifieke eisen. De ECODESIGN wetgeving werkt direct door in alle EU-landen en hoeft niet meer in nationale wetgeving omgezet te worden. Apparaten die niet op de aangegeven datum aan de eisen voldoen mogen niet meer verkocht worden. Medio 2011 lijkt de voortgang van de ECODESIGN vertraagd te zijn bij onder andere olie en gas CV-ketels. Het is bij ECN niet bekend hoe dit de regelgeving voor het stoken van vaste brandstof (kolen en hout), die voor 2012 voorzien is (Koppejan, 2010), gaat beïnvloeden.

3.3.2 Gemeentelijk beleid

Twee aangrijpingspunten de Woningwet end e Gemeentewet

Het gemeentelijk beleid ten aanzien van het stoken van hout heeft twee mogelijke aangrijpingspunten: de Woningwet en de Gemeentewet. Beide worden hier toegelicht.

Op grond van de Woningwet (artikel 8) stelt de gemeenteraad een bouwverordening vast. In veel gemeenten is deze vastgesteld op basis van de model-bouwverordening 1992 (en latere aanpassingen) die door het VNG (Vereniging van Nederlandse Gemeenten) wordt gehanteerd. Op basis van Artikel 7.3.2 in het model is het verboden om hinderlijke overlast naar de omgeving te veroorzaken:

“Artikel 7.3.2 Hinder

Het is verboden 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;
- d. instortings-, omval- of ander gevaar wordt veroorzaakt.

Niet van toepassing is het vorenstaande, indien en voor zover het betreft nadelige gevolgen voor het milieu waarop de Wet milieubeheer of enige in deze wet genoemde wet van toepassing is.”
(VNG, 2010)

De algemene plaatselijke verordening (APV) vindt zijn basis in Artikel 149 van de Gemeentewet dat de raad de mogelijkheid geeft om de verordeningen te maken die hij in het belang van de gemeente nodig oordeelt. De APV geeft mogelijkheden voor de regulering van open vuur in tuinen en parken. De invulling kan per gemeente verschillen. Ook voor de APV is er een voorbeeld van de VNG:

“Afdeling 8. Verbod vuur te stoken

Artikel 5:34 Verbod afvalstoffen te verbranden buiten inrichtingen of anderszins vuur te stoken

1. Het is verboden in de openlucht afvalstoffen te verbranden buiten inrichtingen in de zin van de Wet milieubeheer of anderszins vuur aan te leggen, te stoken of te hebben.

2. Het verbod geldt niet voor zover het betreft:

- a. verlichting door middel van kaarsen, fakkels en dergelijke;
- b. sfeervuren zoals terrashaarden en vuurkorven, indien geen afvalstoffen worden verbrand;
- c. vuur voor koken, bakken en braden, voor zover dat geen gevaar, overlast of hinder voor de omgeving oplevert.

3. Het college kan van dit verbod ontheffing verlenen¹¹.

4. Onverminderd het bepaalde in artikel 1:8 kan de ontheffing worden geweigerd ter bescherming van de flora en fauna.

5. Het verbod geldt niet voor zover in het geregelde onderwerp wordt voorzien door artikel 429, aanhef en onder 1 of 3, van het Wetboek van Strafrecht of de Provinciale milieuverordening.”

(VNG, 2008)

Beide verordeningen bieden gemeenten de mogelijkheden om de overlast van houtstook te verminderen en om te handhaven bij klachten. Bij het handhaven moet de gemeente wel criteria

¹¹ Als voorbeeld: De gemeente Bedum geeft in het milieubeleidplan 2009-2012 aandacht aan het stoken van houtafval in de open lucht. Dit moet voorkomen worden. Afvalhout en snoeihout is goed her te gebruiken. Snoeihout en tuinafval wordt binnen de gemeente voornamelijk verwerkt tot compost (Bedum, 2009).

hebben. Gemeenten maken van de mogelijkheden echter nauwelijks gebruik (Hiemstra-Holtkamp, 2006).

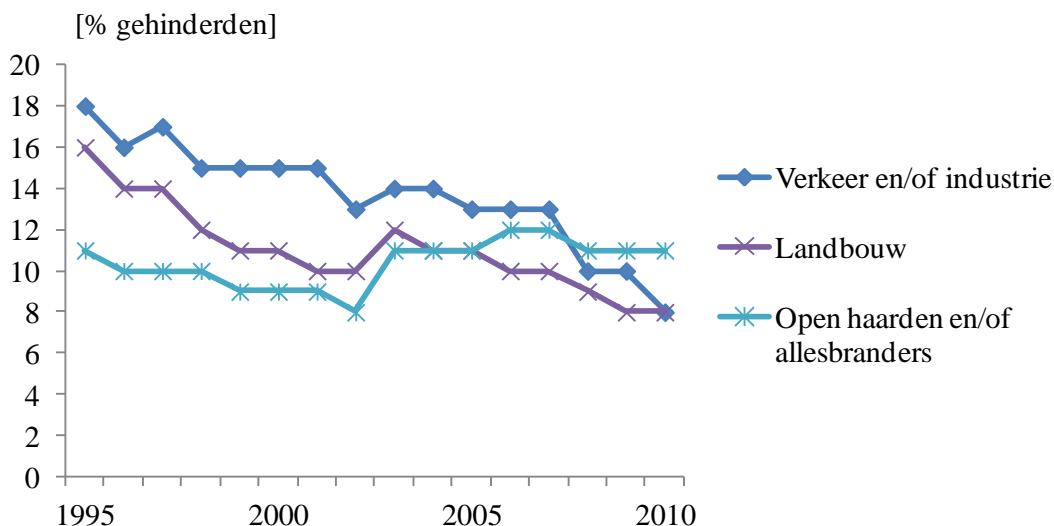
Over het algemeen is een gang naar de rechter over een houtgestookte installatie moeilijk. Bij een inwoner van Beneden-Leeuwen heeft de gemeente uiteindelijk een verbod opgelegd wegens aanhoudende overlast voor de burens. Hiertegen is door de eigenaar beroep gegaan. Uiteindelijk heeft de Raad van State uitgesproken dat een gemeente in individuele gevallen een dergelijk verbod mag opleggen (Raad van State, 2010).

Inventarisatie gemeentelijk beleid door wetenschapswinkel RUG.

In 2006 heeft de wetenschapswinkel biologie van de Rijksuniversiteit Groningen een inventarisatie afgerond van het gemeentelijk beleid rond rookoverlast (Butter, 2006). Voor de inventarisatie is gebruik gemaakt van een enquête die door 117 gemeenten is ingevuld. Ook werden GGD's (Gemeentelijke Gezondheidsdiensten) aangeschreven over het aantal ontvangen klachten en de gehanteerde aanpak. Gemiddeld ontvangen gemeenten 1 klacht per 10.000 inwoners, maar dit varieert wel sterk per gemeente. De meeste klachten (46%) gingen over houtkachels, maar ook het buiten stoken leverde met 30% veel klachten op. Opvallend is dat bij ruim 30% van de klachten gewezen werd op de weersomstandigheden en bij 20% op de slechte kwaliteit van de brandstof. Bij 68% van de klachten ging het om stank. Bij 15% werd gezondheid (kinderen met astma, etc.) genoemd.

De meest gehanteerde actie van de gemeente is om te kijken of de schoorsteen aan de normen van het bouwbesluit voldoet (46%). Ook wordt er gestreefd naar een gesprek tussen veroorzaker en klager (17%). In 12% van de gevallen ging de gemeente zelf kijken en in circa 12% werd een derde ingeschakeld (politie, stadswacht, brandweer). Ongeveer 50% van de gemeente vindt de wetgeving toereikend. Of dat betekent dat er ook goed mee te handhaven is, wordt niet duidelijk. Ook vindt een deel van de gemeenten het optreden bij stookoverlast niet hun taak.

Dat het aantal klachten veel lager is dan het aantal mensen dat hinder ondervindt. Dit blijkt uit de jaarlijkse CBS enquête naar de waardering van de leefomgeving, zie Figuur 3.4 (CBS/PBL/Wageningen UR, 2011).



Figuur 3.4 *Geurhinder per bron*

Het aantal klachten dat bij GGD's is binnengekomen is veel minder dan bij gemeenten. Deze gaan wel vrijwel allemaal over gezondheid. De GGD's vinden de regelgeving om er wat aan te

doen onvoldoende¹². Het Groningse rapport bevat tevens een aantal brieven van bewoners die erg veel last en gezondheidsproblemen hebben van houtrook. Ook worden aan aantal aanbevelingen gedaan zoals:

- Betere informatie over gezondheidseffecten en slecht stookgedrag.
- Europese emissie-eisen.
- Stookverbod op ongeschikte brandstoffen.
- Stookverbod onder sommige weersomstandigheden.
- Stookverbod voor sterk vervuilende installaties of installaties die veel hinder opleveren.

Enquête van Meldpunt Gezondheid en Milieu

Volgens een recente internet enquête van Meldpunt Gezondheid en Milieu (MGM) die door 60, voornamelijk kleinere, gemeenten is ingevuld doet voor de handhaving ongeveer de helft een beroep op de APV. De andere helft maakt gebruik van de Bouwverordening. In een enkel geval wordt verwezen naar het Bouwbesluit. Voor bedrijven kan de Wet Milieubeheer ingezet worden. Twee gemeenten hebben eigen gemeentelijke beleidsregels (MGM, 2010).

Er zijn 14 gemeenten die geen knelpunten hebben bij de handhaving (en weinig klachten ontvangen). De anderen 46 melden knelpunten op het gebied van regelgeving, certificering van de kachels en organisatie. Uit de reacties komt naar voren dat, zelfs als aan alle te controleren ‘regels’ voldaan is, er toch nog overlast op kan treden. Voor een deel schiet de regelgeving en certificering tekort. Daarnaast is overlast lastig aan te tonen (hoe te meten?, ook niet continu aanwezig) en is er bij klachten veelal (ook) sprake van burenruzies (Vusse, 2010).

Uit de enquête komen ook een aantal suggesties naar voren. Een kleine meerderheid voelt wel voor de verplichting van roetfilters¹³, zoals vanaf 2013 in Duitsland geldt. Dit geldt ook voor het maken van een verschil in regelgeving tussen binnen en buiten de bebouwde kom. De suggestie van een verbod op open haarden of allesbranders worden beide maar 1 keer gedaan. Twaalf gemeenten geven aan geen behoefte te hebben aan nieuwe regelgeving.

3.3.3 Aanpak in Groningen

In 2007 is het beleid rond houtvuren in de stad Groningen na een motie veranderd. Voor 2007 was er sprake van de beleving van houtvuren als gezelligheid en dat de stoker en klager er samen maar uit moesten komen. In 2007 is er naar aanleiding van mogelijke gezondheidsrisico's gekozen voor een meer actieve houding. In Tabel 3.11 is een overzicht gegeven van de gemeentelijke opties (Boer, 2010). Hieruit blijkt dat voorlichting een goed uitvoerbare optie is maar met een onzekere effectiviteit. Kansrijk is ook een stookverbod voor windstil weer en wellicht een verbod op hout als hoofdverwarming. Dit zijn punten die ook in het buitenland naar voren komen (zie bijvoorbeeld paragraaf 5.1.1 over Vlaanderen).

Tabel 3.11 *Opties voor gemeentelijk beleid rond houtkachels*

	Uitvoerbaar/ handhaafbaar	Effectiviteit
Voorlichting en gedragsbeïnvloeding	++	??
Handhaving artikel 7.3.2. Bouwverordening over hinder	--	--
Handhaving artikel 3.94 Bouwbesluit: rookafvoerkanaal	-	--
Handhaving verbod stoken afval	--	-
Nieuw: instellen stookverbod bij windstil weer?	+	+
Nieuw: instellen verbod hout als hoofdverwarming?	--	+

¹² Inmiddels wordt bij de GGD gewerkt aan een ‘Stappenplan aanpak houtrook door GGD’en’. In dit kader is door het RIVM een onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten (Hagens, 2011).

¹³ Een overzicht van een aantal roetfilters is te vinden in de presentatie van Ecolink Solutions (Franssens, 2010).

Uiteindelijk heeft de gemeenteraad besloten om geen nieuwe regelgeving in te voeren, maar wel de voorlichting over houtkachels en tuinvuren te intensiveren (zie kader hieronder). Ook wordt gelet op een zorgvuldige afwikkeling van klachten (nu circa 25-30 per jaar). Als er sprake is van een reële blootstelling die de gezondheid kan schaden (bij afstanden kleiner dan 50 meter) kan de gemeente een brief sturen aan de stoker met bijgesloten de regels voor goed stookgedrag. De gemeente legt de nadruk op het gezondheidargument en niet op geurhinder (zie ook paragraaf 4.3). Met name het argument dat de stoker ook zijn eigen gezondheid schaadt trekt de aandacht van de stoker.

Regels voor goed stookgedrag

1. Houd rekening met omwonenden. Voorkom dat zij pal in de rook komen te zitten
 2. Gebruik schoon en droog hout, óók voor uw eigen gezondheid
 3. Stook niet bij windstil of mistig weer
 4. Beperk zo veel mogelijk het smoren van de kachel
 5. Geen gebruik als hoofdverwarming
 6. Voldoende afstand rookkanaal tot burens
 7. Capaciteit kachel moet passen bij de ruimte
- VERBOD op het stoken van afval

De gemeente geeft aan dat juridische procedures beter vermeden kunnen worden. Deze zijn niet effectief want ze vergen veel inzet en leveren weinig of niets op. Ook wordt aangegeven dat er betere regelgeving nodig is die uitgaat van het recht op schone lucht, zoals: opleggen stookverbod, verlicht roetfilter, vergunningplicht.

Acties Groningen:

- **Informatieverstrekking over goed stookgedrag.**
- **Actie ondernemen bij klachten met gezondheidsrelatie (>50 m afstand tussen stoker en klager).**

4. Luchtkwaliteitsaspecten

De gemiddelde fijn stof-concentratie in Nederland is $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oplopend richting $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in steden en bij drukke wegen. Afgezien van enkele industriële locaties en bij enkele drukke wegen voldoet Nederland ruimschoots aan de Europese grenswaarde voor PM10 van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jaargemiddeld.

In het kader van het nationale onderzoeksprogramma voor fijn stof (BOP) is er onderzoek gedaan na de samenstelling en herkomst van fijn stof in de Nederlandse buitenlucht (Schaap, 2010). Op verschillende locaties is daarvoor het opgevangen fijn stof nader geanalyseerd. In het BOP-rapport is aangegeven dat de range in gemiddelde gehalten aan organisch koolstof in PM10 loopt van $1,6$ tot $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (van levende planten en dieren en uit verbranden van biomassa en fossiele brandstoffen) en $1,7$ tot $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pure koolstof (verbranden van biomassa en fossiele brandstoffen). In beide gevallen is het verbranden van hout dus één van de oorzaken. Daarnaast komen bij houtverbranding ook ‘zoutdeeltjes’ vrij.

4.1 Metingen in Schoorl

In de periode van 7 tot 24 februari 2009 zijn door ECN metingen gedaan aan de fijn stof concentratie in de buitenlucht op 2 Noord Hollandse locaties. De concentratie gemeten in Schoorl¹⁴ (aan de oostkant; de westenwind is eerst over het dorp gegaan) wordt in de metingen vergeleken met een iets verderop gelegen plattelandsgebied (het openveld bij Burgervlotbrug). Naast de PM10- en PM2.5-concentraties is ook het levoglucosan-gehalte bepaald. Dit gehalte is een maat voor de aanwezigheid van fijn stof uit houtverbranding¹⁵ en wordt internationaal vaak als indicator meegemeten.

De metingen tonen aan dat er, bij luchtaanvoer uit westelijke richtingen, een significante houtrookbelasting op leefniveau is in woonwijken in Schoorl waar met hout gestookt wordt. Het aandeel van lokale houtrook aan lokaal fijn stof wordt voor de onderzochte periode voor PM10 geschat tussen 9% en 27% en voor PM2.5 tussen 30% en 39%. De metingen zijn gecorrigeerd voor zeezout en hebben betrekking op 12 meetdagen. Ook op de achtergrondlocatie werd (in veel mindere mate) levoglucosan aangetoond, wat er op duidt dat er ook een algemene aanvoer is van houtrook bij westelijke aanvoerrichting vanaf de Noordzee.

Per saldo komt het er op neer dan van de gemiddelde PM10 concentratie in Schoorl van $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tenminste $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ afkomstig is van lokale bronnen (ofwel 20% van het fijn stof)¹⁶. To-

¹⁴ Tussen de Noordzee en Schoorl ligt een breed duingebied met hoge en beboste duinen. Ook in Schoorl zelf staan veel bomen. Voor particuliere ‘hout verzamelaars’ voldoende aanbod.

¹⁵ Tussen het levoglucosangehalte en de fijn stof emissie uit hout is, bij metingen over langere tijd en bij meerdere emissiebronnen, een min of meer vaste verhouding. Deze verhouding is ook zichtbaar in het verschil tussen Schoorl (wel lokale houtstook) en Burgerbrug (open veld). Het verschil in PM10 gehalte tussen beide meetpunten en het verschil in levoglucosan gehalte duidt op een PM10 bijdrage van houtstook die ongeveer 37 keer het gemeten levoglucosangehalte is. Wordt $200 \text{ nanogram}/\text{m}^3$ levoglucosan gemeten dan duidt dit erop dat $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ van de PM10 afkomstig is uit houtstook. Zowel de fijn stof concentratie als de concentratie aan Levoglucosan waren in Schoorl hoger dan in Burgerbrug. In buitenlandse publicaties worden zowel hogere als lagere waarden dan 37 genoemd: bijvoorbeeld 15 tot 25, met een voorkeur voor 25, maar ook 10,5 uit Oostenrijk of 40 tot 50 in Scandinavië (Kos, 2009). Het verschil in verhouding kan ook door de gebruikte houtsoort of het type verbrandingsinstallatie komen (Yttri, 2009). De door ECN gebruikte factor is hoog, maar ligt wel in de range die in de internationale literatuur genoemd wordt. Wordt met een factor van 20 in plaats van 37 gerekend dan halveren de berekende bijdragen. Probleem is dan wel waar de rest van het verschil in fijn stof concentraties tussen beide locaties vandaan komt.

¹⁶ Een lokale bijdrage van $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ laat zich, onder de aanname dat 18% van het hout in februari verstoekt wordt, in een jaargemiddelde bijdrage van $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ omrekenen. Rekening houdend met houtstook elders kan dit tot $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oplopen.

taal zit er gemiddeld $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 van houtstook in de lucht (27%). Dit verschil zou over de Noordzee kunnen zijn aangevoerd, maar wellicht ook deels lokaal kunnen zijn ontstaan.

Nadat hiervan uitstel is verkregen moet Nederland medio 2011 voldoen aan de Europese grenswaarde voor PM10 van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jaargemiddeld. Overigens is fijn stof ook bij concentraties lager dan op $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ schadelijk voor de gezondheid. Als tweede eis mag een daggemiddelde waarde (24 uur) van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maar maximaal 35 dagen per jaar overschreden worden. De metingen laten zien dat houtstook, op locaties waar dit in voldoende mate aanwezig is, met een jaargemiddelde bijdrage in de orde van $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in staat is om 5% van de maximale jaargemiddelde grenswaarde op te vullen. Bovendien kan het bijdragen aan de overschrijding van de daggemiddelde concentraties.

Geconcludeerd kan worden dat houtverbranding een significante bijdrage levert aan de fijn stof concentratie die op kan lopen tot $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jaargemiddeld in woonwijken met veel houtstook. Dit fijn stof is al opgenomen in de metingen en modellen die in Nederland gebruikt worden. Bij een combinatie van slecht stookgedrag en ongunstig weer (mist, weinig wind) kunnen in de directe omgeving hoge concentraties aan fijn stof ontstaan. Het is niet uitgesloten dat dan, als er ook een hoge achtergrondconcentratie is, de Europese norm van maximaal 35 dagen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ daggemiddeld overschreden wordt. Gezien het incidentele en lokale karakter is een dergelijke overschrijding nauwelijks met praktijk metingen aan te tonen.

4.2 Modelberekeningen ECN in 2006

In 2006 is door ECN een studie uitgevoerd naar het effect van een toename van het industriële houtgebruik voor energieopwekking op de emissies (Wilde, 2006). Voor deze studie is met een model berekend wat de aanwijsbare emissies in Nederland en in het buitenland bijdragen aan de concentratie. De totale gemodelleerde PM10-concentratie (primair) in de buitenlucht bedraagt in 2010 ca. $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en in 2020 ca. $4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ten opzichte van een gemiddelde totale PM10-achtergrondconcentratie van ca. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (primair + secundair).

De emissies uit particuliere houtkachels dragen buitenproportioneel bij aan de totale biomassa-gelateerde emissies in Nederland (orde 70 - 90%). De studie laat zien dat in 2004 de PM10-emissie uit de huishoudens bijna 10 maal hoger is dan de totale emissie van houtstook uit de industrie. In 2020 stoten de huishoudens naar verwachting nog steeds ca. 2,5 maal zoveel fijn stof uit als de industrie. Aangezien de filters die in de industrie worden gebruikt selectief de grotere deeltjes afvangen, dient te worden opgemerkt dat industriële installaties veel kleinere deeltjes uitstoten dan particuliere houtkachels die deze filters niet hebben. Uitgedrukt in aantallen deeltjes is de industriële emissie naar verwachting veel groter dan de totale uitstoot uit particuliere kachels. Particuliere kachels zullen in 2020 naar verwachting circa 3% bijdragen aan de totale binnenlandse emissies van antropogene aard. Dit correspondeert met een bijdrage aan de PM10-concentratie in de buitenlucht in de orde van $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In de Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging (GCN) is ook een herkomst berekening van fijn stof opgenomen (Velders, 2010). Van de gemiddelde PM10 concentratie van $22,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ komt 6,0 uit het buitenland, 4,5 van zeezout en 8 van bodemstof en overig. De $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die resteert uit binnenlandse activiteiten komt goed overeen met de ECN modelberekeningen. Van deze 4,3 komt 0,5 van de huishoudens. In steden gaat de bijdrage van huishoudens naar $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toe.

De cijfers in deze modelberekeningen lijken wel een factor 2 tot 4 lager dan de concentraties die uit de metingen in Schoorl naar voren komen. Wellicht dat de houtstookdichtheid in Schoorl relatief hoog is.

4.3 Luchtkwaliteitsonderzoek Groningen

Bij de formulering van beleid voor houtstook heeft de stad Groningen onderzoek gedaan naar de luchtkwaliteitseffecten. Hiervoor zijn er door het Buro Blauw modelberekeningen gedaan aan 1 kachel een cluster van 5 kachels en aan goed en slecht stookgedrag (Blauw, 2009). Bij slecht stookgedrag neemt de geurhinder aanzienlijk toe:

Geurhinder bij één houtkachel:

- 20 –700 meter (*goed stookgedrag*).
- 100 –1.200 meter (*slecht stookgedrag*).

Geurhinder bij cluster van vijf houtkachels:

- tot 300 meter (*goed stookgedrag*).
- tot 3.000 meter (*slecht stookgedrag*).

In 2008 was het aantal bewoners met rookhinder in Groningen 21% (16% soms hinder en 5% vaak hinder). Landelijk ligt het percentage op 11%.

Uit het onderzoek kwam naar voren dat de gezondheidseffecten, uitgedrukt in verhoogde blootstelling, vooral optreden bij afstanden van minder dan 50 m. Bij slecht stookgedrag kan één kachel al tot overschrijding van de gezondheidkundige advieswaarden leiden. Bij 5 kachels en slecht stookgedrag is er kans op overschrijding van de normen¹⁷ van PM10 (zie Paragraaf 4.1), maar ook van Benzo(a)pyrene (BaP), een indicator voor alle PAK's. Voor BaP is er een EU-richtlijn die een streefwaarde geeft voor jaargemiddelde concentratie van 1 ng/m³. Deze norm is vastgelegd in de Nederlandse wetgeving als onderdeel van de Wet Milieubeheer. Per 2013 moet aan de Europese streefwaarde worden voldaan¹⁸ (PBL, 2010). Ten aanzien van BaP geldt, net als voor fijn stof, dat het voldoen aan de grenswaarde niet betekent dat er geen negatieve gezondheidseffecten zijn.

Het Buro Blauw heeft ook gezocht naar informatie over open vuren, vuurkorven en barbecues op houtskool. Kwantitatieve informatie komt in het rapport niet naar voren. Wel wordt opgemerkt dat door de slechtere verbrandingscondities de specifieke emissies hoger liggen dan bij houtkachels. Het aantal branduren is echter aanzienlijk minder. Ook worden ze meestal in de zomer gebruikt en maar een aantal uur. Dan liggende de achtergrondconcentraties van fijn stof en BaP lager, waardoor de kans op een overschrijding van de daggemiddelde normen nihil is. Deze open vuren kunnen echter wel hinder en ernstige geurhinder bij omwonenden veroorzaken, zeker bij windstil weer. Net als bij houtkachels nemen de emissies toe als nat hout of afval verbrand wordt (Blauw, 2009).

4.4 Gezondheids- en milieu-effecten van de luchtverontreiniging

Dit rapport leent zich niet voor een uitgebreide beschrijving van de gezondheidseffecten en beperkt zich tot de nu volgende beknopte literatuurstudie.

Een projectleider gezonde buitenlucht bij het Astma Fonds geeft aan: “Zo zorgt blootstelling aan fijn stof voor vervroegde sterfte, toename in ziekenhuisopnames voor hart- en luchtwegaandoeningen, luchtwegklachten en functiestoornissen. Stikstofdioxide (NO₂) dringt door tot in de kleinste vertakkingen van de luchtwegen en kan dan een lagere longfunctie veroorzaken. Ook

¹⁷ Het achterliggende rapport van het Buro Blauw is door het CE beoordeeld. Het CE vindt onder andere dat de gebruikte stookduur en schoorsteenhoogte bij woonboten te optimistisch zijn aangenomen. Hier zou opnieuw naar gekeken moeten worden (Dönszelmann, 2010).

¹⁸ Het Compendium voor de leefomgeving geeft aan dat de BaP concentraties in de winter hoger zijn dan in de zomer (wat op houtverwarming als oorzaak wijst). Verder zijn de concentraties in straten gemiddeld een factor twee hoger dan in het landelijk gebied. Het jaargemiddelde achtergrondniveau ligt tussen de 0,05 en 0,15 ng/m³.

een toename van astma-aanvallen en ziekenhuisopnamen en een verhoogde gevoeligheid voor infecties komen voor. PAK's zijn kankerverwekkend, NMVOS en koolmonoxide zijn giftig” (Hiemstra-Holtkamp, 2006).

Voor het jaar 2000 wordt door het RIVM geschat dat in Nederland gemiddeld 18.000 mensen vroegtijdig overlijden tengevolge van langdurige blootstelling aan fijn stof (Knol, 2005) en dat door kortdurende blootstelling aan fijn stof jaarlijks tussen de 2300 en 3500 mensen (gemiddelde 3.000) vroegtijdig overlijden (Buijsman, 2005). De uitstoot door open haarden en houtkachels is één van de oorzaken (Hiemstra-Holtkamp, 2006). De huidige fijn stof concentraties liggen circa 15% lager dan in het jaar 2000. De kwantitatieve omvang van de gezondheidseffecten is dan ook momenteel minder dan in de RIVM studie.

In 2011 is door het RIVM een literatuur studie uitgevoerd naar de gezondheidseffecten van houtrook (Hagens, 2011). Centrale conclusie hierin is: “Blootstelling aan houtrook wordt in sommige studies geassocieerd met een toename van (ziekenhuisopnamen voor) luchtweg-, hart- en vaataandoeningen, luchtwegklachten en een verslechterde longfunctie. Andere studies laten geen relatie met gezondheidseffecten zien. Onderzoek met vrijwilligers die enkele uren werden blootgesteld aan houtrook toont aan dat dit kan leiden tot gezondheidsschade en toxicologisch onderzoek laat zien dat fijn stof van houtrook even schadelijk of soms schadelijker is dan fijn stof van andere bronnen”. Naast gezondheidseffecten overlapt deze studie met veel zaken die ook in het nu voorliggende ECN rapport staan. Andere studies spreken ook nog over allergische reacties onder andere door de geur van hout.

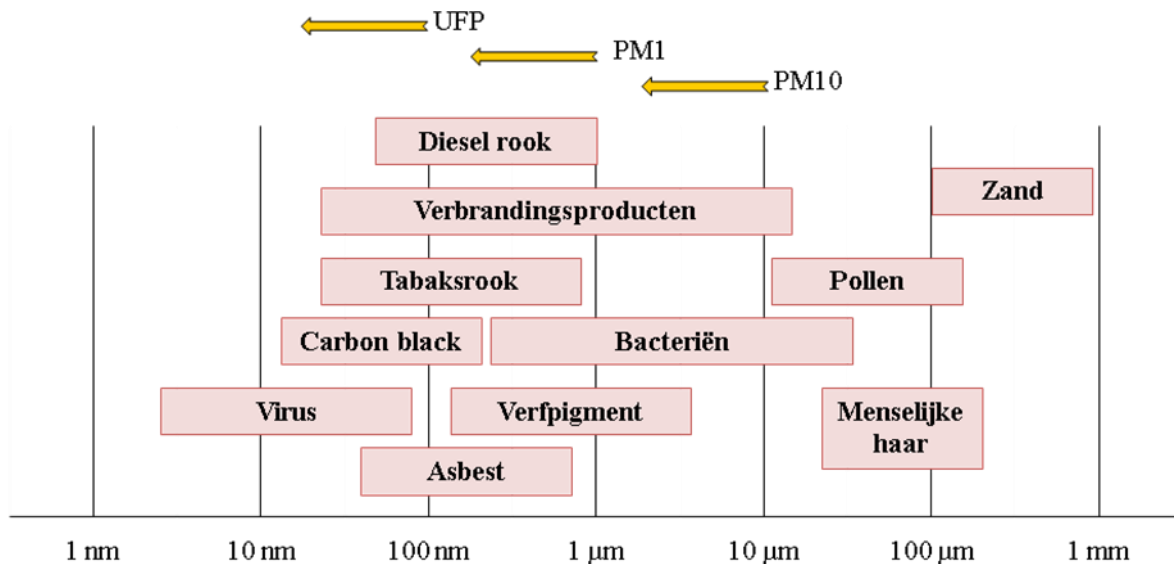
Een Noorse inventarisatie uit 2009 (Bølling, 2009) gaat dieper in op de soorten fijn stof. Deze studie onderscheidt drie soorten fijn stof uit houtstook: kleine zoutdeeltjes, roet en ronde fijn stof deeltjes van organische koolstof verbindingen¹⁹. Roet ontstaat bij hoge temperatuur en onvolledige verbranding in alle soorten installaties. De bolvormige deeltjes ontstaan bij lage temperatuur en onvolledige verbranding, onder andere bij het aansteken, bij onregelmatige houttoevoer en bij verbranding met een luchttekort (smoren). Alle genoemde deeltjes zijn kleiner dan PM1. Fijn stof uit houtstook in de buitenlucht bestaat vooral uit roet en de organisch stof. Fijn stof van onvolledige verbranding wordt het meest schadelijk geacht (Bølling, 2009). Wat gezondheidseffecten betreft, spreekt dit rapport over een directe relatie tussen de blootstelling aan houtrook en ontstekingen aan de luchtwegen, effecten op de bloedstolling en lipide peroxidatie (dit kan een aanwijzing voor DNA beschadiging zijn) en verhoogde oxidatieve stress (kan een rol spelen bij hart- en vaatziekten).

In het zoeken naar de oorzaak van de gezondheidseffecten is er een aparte categorie in de fijn stof emissie die sinds enkele jaren in de belangstelling staat. Dit betreft de ultra fijne deeltjes (ultrafine particles; UFP). Dit zijn deeltjes kleiner dan 0.1 µm (100 nm). Dit is 100 keer kleiner dan de grootste deeltjes in PM10, zie ook Figuur 4.1 (Broekhuizen, 2011). Er zijn studies die aangeven dat de UFP fractie in fijn stof schadelijker is voor de gezondheid dan de fractie met deeltjes rond de 2,5 µm. Het gewichtsaandeel UFP is bij normale PM10 in de buitenlucht circa 3% maar dit komt wel overeen met 88% van het totale aantal deeltjes (en 97% van het oppervlak) (Howard, 2009). In het buitenland is in gebieden met veel houtstook een avondpiek van UFP in de buitenlucht door houtstook gemeten.

In specifieke gevallen kunnen ingeademde UFPs (bijvoorbeeld goud nanodeeltjes) de bloedbaan bereiken (Hankin, 2008) en vervolgens verspreid worden naar andere organen in het lichaam. UFP's zijn wat afmeting betreft kleiner dan bacteriën (waartegen onze cellen zich kunnen beschermen) en hebben meer het formaat van virussen, die relatief makkelijk cellen kunnen bin-

¹⁹ Het rapport onderscheidt de diameter die je ziet onder de elektronenmicroscopie en de ‘mobiliteitsdiameter’ die iets zegt over de afzetting in de longen. De volgende cijfers worden genoemd: zoutdeeltjes 50-125 nm (beide ranges gelijk), Roet 20-50 nm respectievelijk 50-300 nm en ronde fijn stof deeltjes 50-600 nm respectievelijk 100-300 nm.

nen dringen²⁰. In sommige gevallen bereikt maar een beperkt deel van bepaalde specifieke deeltjes de bloedbaan of kon het niet worden aangetoond (Hankin, 2007). Er zijn in deze beperkte literatuurstudie geen publicaties gevonden die aantonen dat UFP's uit houtstook de bloedbaan bereiken. Een deel komt wel terecht in het waterlaagje aan de binnenkant van de longen. De stoffen aan het oppervlak van de deeltjes kunnen echter wel (ontstekings) reacties veroorzaken. Ook kunnen in en op de deeltjes aanwezige oplosbare bestanddelen worden vrijgemaakt.



Figuur 4.1 Kenmerkende grootte van diverse aerosolen in de buitenlucht

Een aantal studies noemt niet alleen de overlast voor de burens maar staan ook stil bij de gezondheidsgevolgen voor de bewoners van het huis met de houtkachel (Tikborghs, 2009) (GGD, 2007). Ook bij moderne kachels kan er vervuiling van de binnenlucht optreden zowel bij het aansteken als door tijdelijke drukverschillen tussen de luchtdruk in huis en erbuiten (Jensen, 2011), zie ook paragraaf 5.4.2.

Verder draagt de emissie van SO₂ en NO_x bij aan het verzuringsprobleem. Op het gebied van klimaatverandering (de CO₂-uitstoot) is er een voordeel. Bij het stoken in een nieuw type kachel of inzethaard is er sprake van een acceptabel energierendement. Dit geldt echter niet voor het gebruik van hout in een open haard. Dit levert vanwege het zeer lage rendement van openhaarden (ca. 10%) nauwelijks gasbesparing en CO_{2eq}-reductie op.

Uit milieuoogpunt heeft het meestoken van hout in een kolencentrale, de productie van groen gas uit hout of het gebruik van hout als grondstof voor papier of vloeibare biobrandstoffen de voorkeur boven kleinschalige houtstook. Ook houtgestookte installaties waar continue hout wordt toegevoerd (bijvoorbeeld houtpellets), met een goed geoptimaliseerde verbranding en een stoffilter scoren aanzienlijk beter dan de huishoudelijke houtgestookte installaties. Daarnaast zijn er in de categorie huishoudelijk installaties ook zelf aanzienlijke verschillen. Zo kan met een warmtebuffer voorkomen worden dat een hout CV-ketel meer dan 1 keer per dag hoeft worden aangestoken.

²⁰ Uit publicaties over nanodeeltjes als mogelijkheid voor diagnose of medicijntoediening blijkt dat de grootte belangrijk is. Gesproken wordt over 12 nm voor de bloed-hersenen barrière en 30 nm voor het passeren van het membraam van cellen via Endocytose. In de Noorse studie is sprake van een mobiliteitsdiameter van 50 nm en groter voor fijnstofdeeltjes uit houtstook (Bølling, 2009).

5. Informatie uit omringende landen

In Nederland zijn de problemen van houtstook in veel gemeenten een onderwerp voor de politieke agenda. Ook internationaal staat het punt veel op de agenda. Binnen Europa wordt er, zonder hierin volledig te zijn, politieke discussie gevoerd in België (Vlaanderen; Antwerpen), Duitsland, Zweden, Zwitserland (Zurich), Oostenrijk en Italië (Noordelijke deel). In veel landen wordt houtstook, anders dan in Nederland, gebruikt als hoofdverwarming van de woning. In Nederland zijn er circa 1000 CV-ketels op houtstook.

Opties die hierbij aan de orde komen zijn:

- Voorlichting over schoon stoken.
- Normstelling in het kader van de ECOdesing richtlijn.
- Lokale normstelling.
- Onderzoek naar stoffilters.
- Verbieden van hulpverwarming met hout onder bepaalde weersomstandigheden.
- Eisen dat houtstook geen hinder voor omwonenden mag opleveren.
- Verbieden als hoofdverwarming bij nieuw woningen.
- Sloopsubsidie voor niet gecertificeerde installaties.
- Jaarlijkse keuring van de installatie.
- Bij de jaarlijkse keuring ook controle van de brandstof (vochtgehalte).

5.1 Duitsland

De uitstoot van fijn stof door houtstook is in Duitsland een behoorlijk probleem. De omvang van de houtstook is vergelijkbaar met die van de verkeerssector (Graaff, 2010) (UBA, 2006). In Duitsland is er dan ook een strenge aanpak van houtkachels (Boer, 2010).

Allereerst zijn er op 22 maart 2010 nieuwe normen ingevoerd die in 2015 nog eens worden aangescherpt, zie Tabel 5.1, overgenomen uit (Koppejan, 2010) en aangevuld met (Behke, 2010). Voor vrijstaande kachels gaat de CO-eis (omgerekend) tussen fase 1 en fase 2 van 1270 g/GJ naar 800 g/GJ en de fijn stof eis van 48 naar 25 g/GJ. Omdat de kachels onder ideale omstandigheden (en met ideale brandstof) worden gecertificeerd, moet er rekening mee worden gehouden dat de praktijkemissies voor fijn stof op het dubbele van de eis liggen. Fijn stof komt daarmee in de range voor DINplus kachels die TNO hanteert (zie ook Tabel 3.4). Voor CO ligt de Duitse eis lager en meer in de lijn met de aanname in het Procede model, zie 3.2.3.

Daarnaast is in de *1. Verordnung zum Bundes-Immissionschutzgesetz (1.BImSchV)* een lijst opgenomen waarin precies is aangegeven welk hout er gestookt mag worden (onder andere: houtskool, houtblokken, houtspaanders en houtpellets; voor zover de fabrikant dit aangegeven heeft). Ook het vochtgehalte (gewicht water/gewicht droog hout) is vastgelegd: maximaal 25%. Dit wordt normaal gesproken bereikt na twee jaar drogen in een van boven afgedekte maar wel goed geventileerde opslag (Behne, 2010). Voor CV-ketels, bedoeld om het hele huis te verwarmen, geldt bovendien de eis dat een warmtebuffer (watervat; minstens 55 liter per kW) geplaatst moet worden. Als het huis warm is, wordt hier de resterende warmte in opgeslagen waardoor de kachel minder vaak aangestoken hoeft te worden (en juist bij het aansteken zijn de emissies erg hoog). Voor pelletsketels, die beter in deellast te regelen zijn, geldt de warmtebuffer-eis niet.

Tabel 5.1 *Emissie-eisen aan houtgestookte installatie in Duitsland (BlmSchV)*

In mg/Nm ³ omgerekend naar droog rookgas en 13% O ₂ ²¹	CO [mg/m ³]		Stof [mg/Nm ³]		Rendement
	Fase 1	Fase II 2015	Fase 1	Fase II 2015	
Eisen voor nieuwe installaties					
• Vrijstaande houtkachel (EN 13240)	2000	1250	75	40	73%
• Inzethaard (EN 13229)	2000	1250	75	40	75%
• Inbouwhaard (EN 13229)	2000	1250	75	40	80%
• Accumulerende toestellen (EN15250)	2000	1250	75	40	75%
• Pellet kachel (EN 14785)	400	250	50	30	85%
• Pellet kachel met ketel (EN 14785)	400	250	30	20	90%
• Open haarden (EN12815)	3000	1500	75	40	70%
Bestaande installatie voor verwarming van 1 kamer	4000		150		
Hout (CV) ketel. Bedoeld voor verwarming van hele woning					
>4-500 KW (hout en houtstukken)	1000	400	100	20	
>4-500 KW (houtpellets)	800	400	60	20	
Bestaande hout CV-ketel	1000		100		

Er is ook een tijdschema voor uitbedrijf name of aanpassing aan nieuwe eisen voor bestaande installaties vastgelegd. Installaties voor kamerverwarming van voor 1975 mogen tot eind 2014 gebruikt worden. Voor installaties tot 1984 geldt een einddatum van 2017; voor 1994 is dit 2020. De laatste groep 1995 tot maart 2010 moet uiterlijk op 31 december 2024 uit bedrijf zijn genomen (of aangepast). De aanpassing kan inhouden dat een roetfilter geplaatst wordt (Behnke, 2010). Voor CV-ketels geldt een scherper tijdschema waarbij alle installaties van 1994 of eerder uiterlijk op 1 januari 2015 aan nieuwe eisen (gelijk aan de fase 1 eisen) moeten voldoen (of vervangen moeten zijn).

Soms zijn er lokaal al strengere eisen van kracht. Zo is er de Stuttgarter Anforderungen die een CO-eis stelt van 0,2%, ofwel 50% van het DIN 18891 niveau (0,2% is omgerekend 2470 mg/nm³ bij 13% O₂) en de Regensburger Anforderungen die op 30% van de CO grenswaarde zit (0,12%; omgerekend 1480 mg/Nm³ bij 13% O₂) (Sinning, 2010).

Bij het handhavingsbeleid heeft de schoorsteenveger (Bezirksschornsteinfegermeister) een belangrijke rol, vastgelegd in het Schornsteinfegerhandwerksgesetz. Een schoorsteenveger moet gediplomeerd zijn en beschikken over een DIN-certificaat²². Een schoorsteenveger krijgt een wijk toegewezen (Bezirk) waarin alleen hij of zij het onderhoud en de controles mag uitvoeren. De tarieven voor zijn taken zijn wettelijk vastgelegd. De kachels moeten jaarlijks worden gecontroleerd. Bij houtketels die voor hoofdverwarming bedoeld zijn moet niet alleen bij ingebruikname (zoals voor 2010 het geval was) maar nu elke 2 jaar de uitstoot gemeten worden. Dit geldt nu ook voor kleine ketels (< 15 kW). Bij een veelgebruikte houtketel kan het aantal keren dat de schoorsteen moet worden geïnspecteerd oplopen naar 4 keer per jaar. Dit soort zaken zijn vastgelegd in de Kehr-und Überprüfungsordnung. Bovendien moet de Bezirkmeister de brandstofopslag controleren. Ook deze moet in orde zijn. Door zijn positie kan hij de eigenaar ook van onafhankelijk advies voorzien.

Een brochure van het Umweltbundesamt (Behnke; 2010) geeft de 4 eisen voor houtstook aan:

- Een lage emissie en efficiënte open haard of kachel.
- Een geschikte droge brandstof die goed wordt opgeslagen.

²¹ Omrekening naar g/GJ hout kan door vermenigvuldiging met 0,64.

²² <http://www.verhuis.de/start/sublevel/schoorsteenveger.html>

- Een juist gebruik van de installatie.
- Regelmatig onderhoud en monitoren van de installatie door experts.

Als laatste kan opgemerkt worden dat er in Duitsland enige tijd een subsidieregeling voor pelletkachels met automatische brandstoftoevoer van kracht is geweest. Deze is in 2006 stopgezet. Ook bij andere landen als Zweden, Frankrijk en Ierland wordt gesproken over stimuleringsbeleid om van het gebruik van fossiele brandstof te verminderen (Verma, 2009).

Acties

- **Jaarlijkse keuring van de kachels.**
- **Regelmatige inspectie door gediplomeerde schoorsteenveger.**
- **Uitfasering oude/slechte kachels of plaatsing van roetfilter.**
- **Twee jaarlijkse emissiemeting van CV-ketels op hout.**
- **Verplichting van warmtebuffer bij hout CV-ketel op blokken of houtchips.**
- **Verbod op stoken afval of bijvoorbeeld geperst papier.**
- **Eis aan maximale vochtigheid van het hout.**
- **Stimulering van schone houtstook uit oogpunt van duurzame energie.**

Volgens (Graaff, 2010) zijn er naast de federale wetten ook aanvullende regels in bondstaten of gemeenten. Deze kunnen een stookbeperking of stookverbod bevatten bij situaties met een hoog stofgehalte in de lucht of bij bepaalde weeromstandigheden.

Acties

- **Lokaal of regionaal stookverbod of stookbeperking bij hoge fijn stofconcentratie of specifieke weersomstandigheden.**

5.1 België federaal

In oktober 2010 zijn in België productnormen gepubliceerd voor kleine installaties die op hout of kolen gestookt worden. De eerste fase van de eisen gaat een jaar na publicatie in en geldt voor nieuwe installaties, zie Tabel 5.2. De normen worden 3 en 6 jaar na de datum van publicatie nogmaals aangescherpt (België, 2010) (Koppejan, 2010). In de wettekst wordt voor de diverse emissies verwezen naar meetmethoden, maar ontbreken helaas de gegevens (zoals zuurstofgehalte) om de eisen om te kunnen rekenen naar bijvoorbeeld g/GJ. De wettekst bevat ook eisen aan de efficiency.

Tabel 5.2 *Nieuwe productnormen voor kleine installaties op vaste brandstof in België*

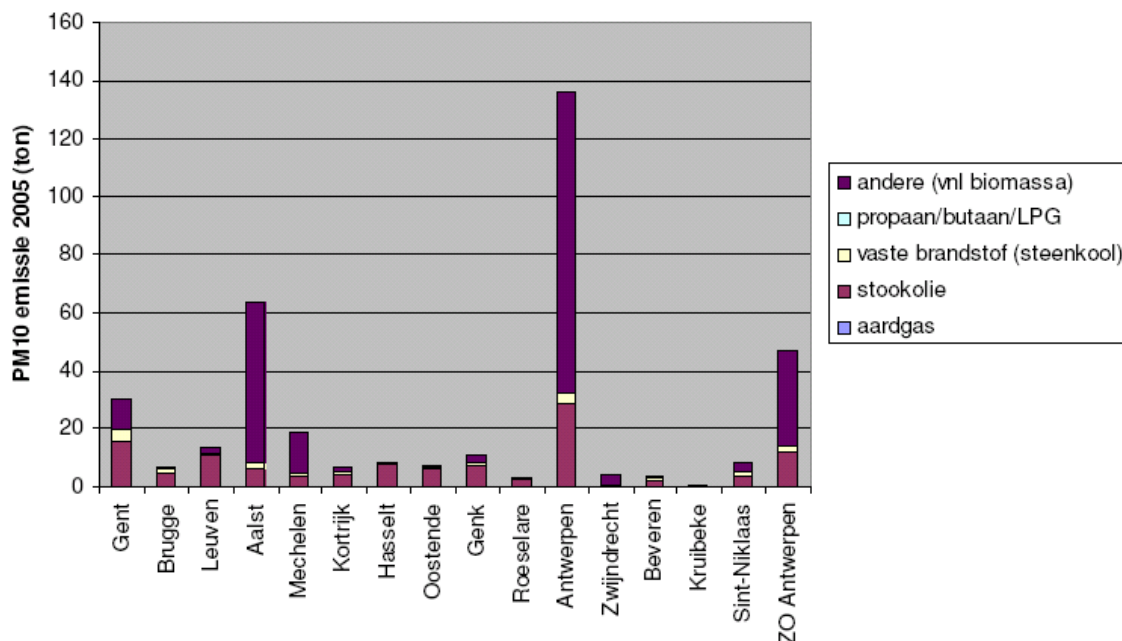
x/y = continu/niet continu Ingaande per 24 oktober 2010	CO-emissie ≤			Deeltjes emissie in mg/Nm ³ ≤		
	2011	2013	2016	2011	2013	2016
Voorzetkachel EN1324	0,8%/0,3%	0,8%/0,12%	0,8%/0,1%	300/100	200/75	150/40
Inzetkachel EN13229	0,8%/0,3%	0,8%/0,12%	0,8%/0,1%	300/100	200/75	150/40
Ketel-kachel EN 12809	0,3%	0,12%	0,1%	300	200	150
Pellettoestel EN 14785	0,04%	0,03%	0,02%	90	50	30
Ketel 303-5	5 g/Nm ³	3 g/Nm ³	1,5 g/Nm ³	180	150	100
Accumulerendtoestel EN15250	0,3%	0,12%	0,1%	100	75	40
Open haard EN 13229	0,8%	0,8%	0,8%	300	300	300

Actie

- **Invoering van productnormen voor ‘kachels’.**

5.1.1 Vlaanderen/Antwerpen

In het Actieplan fijn stof en NO₂ in de Antwerpse haven en de stad Antwerpen komt ook houtstook terug (Antwerpen, 2008). Het havengebied heeft emissies van de scheepvaart en industrie. Op de 3 meetpunten in de stad is echter ook een belangrijke bijdrage berekend van ‘verwarming en ander transport’. De bijdrage variërend tussen 5 en 10%. Van de huishoudelijke verwarming is houtverbranding de belangrijkste bron van fijn stof. Hout wordt in emissie-inventarisaties alleen meegeteld als het om hoofdverwarming gaat. Houtverbranding heeft als brandstof voor hoofdverwarming slechts een klein aandeel in de totale verbranding, maar de stofemissie van deze brandstof is volgens het actieplan dermate hoog dat ze alle andere brandstofsoorten overtreft, zie Figuur 5.1. Uit onderzoek blijkt dat de fijn stof-emissie van huishoudelijke verbranding van Antwerpen in 2005 voor 76% komt van de verbranding van ‘andere brandstoffen’ en dan met name hout. Als energiedrager neemt hout echter slechts 4,9% in van het totale energieverbruik van de stad Antwerpen. De maximale bijdrage van verwarming aan de fijn stof-concentratie in steden is door VITO ingeschat op 8% in de winter (in de zomer lager). Dit is, kijkend naar Figuur 5.2, in de orde van 2 tot 3 µg/m³. Houtstook door huishoudens wordt gezien als van belang in het kader van de fijn stof-problematiek.



Figuur 5.1 *PM10-emissie huishoudens in 2005 in diverse Vlaamse steden*

De Vlaamse overheid is inmiddels bezig met een informatiecampagne over het correct gebruik van kachels. Er is hierover een folder ‘Slimmer Stoken’ (Vlaanderen, 2003) gemaakt die ook via steden en gemeenten wordt verspreid en de Vlaamse overheid heeft een ontwerp politiereglement opgesteld over houtstook bij gemeenten. Beide in het kader van de samenwerkingsovereenkomst 2008-2013 met de gemeenten en steden. Het ontwerp reglement regelt de handhaving van de stookomstandigheden en rookhinder bij ondermeer windstil weer en mist. Het ontwerp bevat onder andere dat houtkachels en open haarden geen geurhinder of hinder van roet en rook mogen veroorzaken. Ook bevat het een verbod op het gebruik van houtkachels bij windstille en mist, met uitzondering van ruimten waarbij houtverbranding de enige vorm van verwarming is.

Verder is er door Vlaanderen bij de federale regering op aangedrongen om met een Koninklijk Besluit over de productnormering voor huishoudelijke stookinstallaties op vaste brandstoffen en op hout pellets te komen.

Als het gaat om CV-ketels op hout (of een andere vaste brandstof) is er met het oog op de luchtverontreiniging in Vlaanderen de verplichting om die voor ingebruikname te laten keuren. Deze

keuring moet daarna elk jaar plaatsvinden, waarbij op een aantal specifieke punten gelet moet worden (Vlaamse Overheid, 2006).

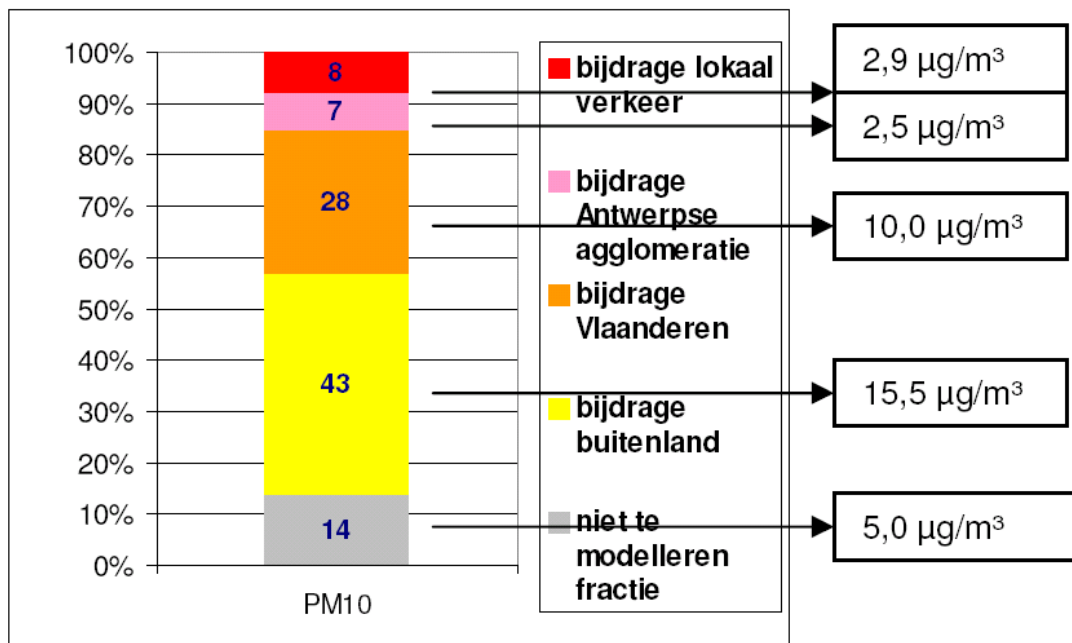
Acties:

- Actieve verspreiding van folder over goed stookgedrag.
- Ontwerp politieverordening met verbod op geur of stofhinder door houtstook.
- Ontwerp politieverordening met verbod op bijverwarming met hout bij windstil weer of mist.
- Aandringen bij Federale overheid om met productnormen voor ‘kachels’ te komen.
- Jaarlijks keuring hout CV-ketels

De eerste drie punten worden ook door de stad Antwerpen onderzocht of overgenomen. Daarnaast start de stad een onderzoek naar de mogelijkheden van een verbod op het installeren van niet-performante (slecht presterende) huishoudelijke verwarmingsinstallaties op vaste brandstof (hout en steenkool) en/of een verbod op het gebruik van vaste brandstof als enige brandstof bij nieuwbouw (via de bouwcode). Dit onderzoek zou volgens het plan in 2009 hebben plaatsgevonden. De uitkomst is bij ECN niet bekend.

Acties:

- Onderzoek verbod op slecht presterende kachels.
- Onderzoek verbod op nieuwbouw met hoofdverwarming op vaste brandstof.



Figuur 5.2 Opbouw PM10-concentratie in verkeersdrukke Antwerpse straat

5.2 Groot Brittannië

In 1993 is een nieuwe versie van de Clean Air Act van kracht geworden. Dit heeft er toe geleid dat de meeste grote steden en industriegebieden aangewezen zijn als ‘smoke control areas’ (Graaff, 2010). De bevoegde lokale autoriteit is verantwoordelijk voor de handhaving van de wetgeving in rook controle gebieden en kan een overtreding constateren als er rook uit een schoorsteen komt of wanneer een niet-toegestane brandstof wordt gestookt. De maximale geldboete is £ 1000 per overtreding.

In smoke control areas is het gebruik van barbecues en vuurkorven op kolen of hout verboden. Voor houtkachels en hout CV-ketels is er een lijst met toegestane apparaten: inclusief wijze van aanleg.

5.2.1 Londen

Een studie uit Londen komt, voor de winterperiode op basis van metingen uit op een fijn stof bijdrage van houtverbranding van $\sim 3\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij een gemiddelde concentratie van PM10 van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het fijn stof van houtverbranding is ook grotendeels PM2.5. Als 1/3 van het fijn stof uit Londen zelf afkomstig is, betekent dit dat de huidige houtverbranding in Londen als behoorlijk bijdraagt aan de PM10 concentratie (Fuller, 2009). De studie van Fuller was mede bedoeld om de huidige situatie vast te leggen met het oog op een mogelijke verslechtering door een toename van houtstook als gevolg van duurzame energie doestellingen. Het buitenland kent volgens Hiemstra-Holtkamp voor metropolen als Londen en Parijs een stookverbod voor open haarden en allesbranders (Hiemstra-Holtkamp, 2006). De Nederlandse Randstad is vergelijkbaar met een metropool

Actie:

- **Meting huidige situatie met oog op verslechtering**

De presentatie van Fuller over Londen meldt dat het probleem van fijn stof uit houtstook een steeds grotere erkenning krijgt:

- Oslo: Houtstook veroorzaakt 25% PM10 winteremissies.

- Seattle: Houtstook veroorzaakt 34% PM10 van de emissies.

- Christchurch (Nieuw Zeeland): Houtstook veroorzaakt ongeveer 90% van de winteremissies van PM10. Ook is hier een direct verband gelegd tussen PM10 concentraties en ziekenhuisopnames (McGowan, 2002), (Allen 2010).

- Parijs: Houtstook veroorzaakt 10–30% van de PM2.5 emissies tijdens de winter (Favez, 2009)

- Alpen regio: Toenemende bezorgdheid over houtstookemissies.

5.3 Frankrijk

In Frankrijk is er een stimuleringsregeling (Flamme Verte = groene vlam) voor houtkachels van kracht die zich zowel richt op schone verbranding als op vermindering van de luchtverontreiniging. In 2009 kon via de belasting 50% van de aanschafkosten van de kachel teruggekregen worden. Ook geldt een verlaagd BTW-tarief voor de werkzaamheden rond de plaatsing. De eisen waaraan de installatie moet voldoen worden jaarlijks aangescherpt. Voor 2009 geldt bij losstaande apparaten een rendementseis van 70% en een maximum CO-emissie van 0,3% (omgerekend circa 2360 g CO/GJ) zie Tabel 5.3. Voor ketels zijn er ook eisen aan vluchtige koolwaterstoffen en fijn stof. De eisen zijn jaarlijks aangescherpt (Flame Verte, 2008). De huidige regeling, die tot 31 december 2012 loopt, geeft over de aankoopkosten (exclusief arbeid) een korting van 36% op de inkomstenbelasting als een oude installatie wordt vervangen en 22% als het om een nieuwe installatie gaat. De installatie moet aan de Flame Verte eisen voor 2009 voldoen, zie Tabel 5.3.

Actie:

- **Financiële stimulering van schonere houtkachels en –ketels.**

Tabel 5.3 *Flamme Verte eisen in Frankrijk*

	Efficiency [%]	CO [PPM]	VOC [PPM]	Fijn stof [mg/m ³]
Kachels				
2008	70	5000		
2009	70	3000		
Handgestookte ketels (50 kW)				
2008	=>70	8000	225	165
2009	=>80	5000	150	150
Automatische ketels (<50 kW)				
2008	=>75	4000	150	165
2009	=>85	3000	100	150

5.3.1 Parijs

Hoewel de stof uitstoot van houtverbranding door huishoudens de laatste jaren steeds meer een onderwerp van wetenschappelijke bezorgdheid is geworden, is er nog weinig bekend over de aanwezigheid van dit soort stof in grote stedelijk agglomeraties. Voldoende reden om in Parijs onderzoek te doen naar de aanwezigheid van fijn stof afkomstig van houtverbranding in de buitenlucht van Parijs. De buitenlucht monsters zijn verzameld in de winter (januari en februari) en de zomer (juli en augustus) van 2005. Uit analyses blijkt de bijdrage aan de PM_{2.5} concentratie van fijn stof uit houtstook op 20% te liggen met een marge van 10% tot 30% (Favez, 2009). Een andere studie laat zien dat de gemiddelde PM_{2.5} concentratie in Parijs rond de 20 tot 25 µg/m³ ligt met weersafhankelijke variaties tussen de 10 en 50 µg/m³ (Favez, 2007)²³. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de houtstook in de winter 4 µg fijn stof/m³ veroorzaakt. Dit fijn stof komt niet alleen uit de stad zelf, maar kan ook met de wind worden aangevoerd. In Parijs is er een stookverbod voor open haarden en allesbranders (Hiemstra-Holtkamp, 2006).

Volgens (Koppejan 2010) is er in Frankrijk een subsidieregeling voor de 1:1 vervanging van slechte houtkachels door goede houtkachels (DINplus). De stimulering is een 15% extra aankoopsubsidie (40% in plaats van 25%). Dit komt gemiddeld overeen met ca 300 Euro per kachel.

5.4 Oostenrijk

In een studie voor de staat New York worden een groot aantal Europese emissie vergeleken (NYSERDA, 2010). Uit deze publicatie zijn de emissie-eisen voor Oostenrijk overgenomen (Vereinbarung Art 15 a B-VG). In Oostenrijk was er ten tijde van de publicatie nog discussie over nieuwe eisen. Ook is er door de Oostenrijkse overheid een milieulabel ingevoerd. Ook deze nieuwe eisen staan in Tabel 5.4. De opgenomen cijfers zijn gegeven bij 12% O₂. Ook in het kader van de Ecodesign richtlijn zijn cijfers gepubliceerd, zie (BIO Intelligence Service, 2009).

Actie:

- **Invoering van emissie-eisen en milieulabel.**

²³ Het onderwerp van deze publicatie heeft niet direct met houtstook te maken maar met het verdampen van half vluchtige stoffen (circa 20% van het gewicht) uit stofmonsters waardoor het meetinstrument de concentratie onderschat.

Tabel 5.4 *Oostenrijkse emissie-eisen*

12% O ₂ ²⁴	CO	NO _x	OGC (VOS)	Stof
Huidige eisen				
- Handgestookt	1840	2510	135	100
- Automatisch (pellets)	8470	2540	70	100
In discussie				
- Hout kachel	1840	250	145/85	100/60
- Hout ketel	850	250/170	85/50	85/50
- Pellets	850	500	50	100/60
Milieulabel eisen				
	Vollast/deelast		Vollast/deelast	
- Hout ketel op pellets	100/230	170	5/5	25
- Houtketel op hout chips	250/495	200	10/15	50
- Hout ketel op houtblokken	420/1250	200	50/-	50
- Kachel op pellets	205/450	170	10/20	35
- Kachel op houtblokken	1170/-	200	85/-	50

5.1 Zwitserland

De luchtkwaliteitsproblemen in Zwitserland rond het stoken van hout zijn aanzienlijk. Bij weinig wind kunnen de rookgassen in de dalen blijven hangen, met oplopende concentraties tot gevolg. Foto's van dit soort situaties laten een licht gele nevel zien die in het dal hangt.

In Tabel 5.5 zijn de emissie-eisen opgenomen uit de Zwitserse Luftreinhalte-Verordnung die per 1 september 2007 zijn ingegaan. De opgenomen eisen gelden niet voor CV-ketels op hout. Voor stof zijn er wel eisen, maar deze gelden pas boven de 70 kW (Dönszelmann, 2010).

Tabel 5.5 *Emissie-eisen houtkachels in Zwitserland (< 70 kW)*

	Emissie in mg/m ³ bij 13% O ₂	Emissie omgerekend naar g/GJ
CO eis bij onbehandeld hout	4000	2500
CO eis bij resthout industrie	1000	640
NO _x eis	250	160

Om de emissie bij CV-ketels op hout te beperken heeft Zwitserland als doel dat elke ketel per dag maar 1 keer aangestoken wordt. Juist bij het aansteken van de houtketel, is door de koude omgeving de emissie het hoogst. Als de woning is opgewarmd en er is nog warmte over, dan kan dit in een warmteopslag worden opgeslagen voor gebruik later op de dag. Het vuur kan hierdoor rustig uitbranden. In sommige steden in Zwitserland wordt er ook met het oog inspecties uitgevoerd op de goede werking van de installatie. Na het aansteken van de ketel mag er na een kwartier geen zichtbare zwarte rook meer uit de schoorsteen komen. Metingen laten een goede relatie zien tussen de zichtbaarheid en de CO-uitstoot. Ook in San Francisco wordt met het oog de rook van de schoorsteen beoordeeld. Als de rook 20 minuten na het aansteken nog achterliggende objecten zoals bomen of gebouwen met meer dan 20% verduisterd, is de eigenaar in overtreding.

Acties:

- **Invoering van emissie-eisen.**
- **Eisen van een warmteopslag.**
- **Controle op zichtbaarheid rook in sommige steden.**

²⁴ Omrekening naar 13% O₂ kan door vermenigvuldiging met 0,888 en naar g/GJ via 0,565.

5.2 Zweden

Volgens (Graaff, 2010) geeft de Zweedse milieuwetgeving de mogelijkheid aan autoriteiten om houtstook in particuliere woningen onder bepaalde omstandigheden te verbieden. In Tabel 5.6 staan de emissie-eisen voor Zweden voor installaties beneden de 300 kW. De eisen hebben betrekking op organisch gebonden koolstof (OGC). Dit laat zich niet direct vertalen naar fijn stof concentraties. Een Amerikaanse studie komt voor fijn stof bij de verbranding van diverse houtsoorten tot OGC gehalten van 45% tot 65%. Het vergelijkbare fijn stofgehalte ligt dus ruwweg 2 keer zo hoog. Daarnaast zijn er ook CO-eisen gesteld van maximaal 0,3% bij 13% O₂ voor kachels en inzethaarden (2400 g/GJ) en maximaal 0,04% bij pelletkachels (315 g/GJ).

Tabel 5.6 *Eisen aan de emissie van organische gebonden koolstof in Zweden*

	OGC-Emissie in mg/m ³ bij 10% O ₂	OGC-Emissie omgerekend naar g/GJ ²⁵
Handgestookt ≤ 50 kW	100	55
Handgestookt > 50 & ≤ 300 kW	100	46
Automatisch ≤ 50 kW	100	46
Automatisch > 50 & ≤ 300 kW	80	37

In Zweden is ook een uitgebreide modelstudie gedaan naar concentraties van fijn stof en houtstook. Door de lage bevolkingsdichtheid blijven de PM10 concentraties ruim beneden de grenswaarde van 40 µg/m³. Bij circa 80% van de bevolking zijn de concentraties lager dan 15 µg/m³. Ongeveer 1% van de bevolking is blootgesteld aan concentraties boven de 25 µg/m³. Het verschil tussen de gemiddelde concentratie van 13,3 µg/m³ en een achtergrondconcentratie van 12 µg/m³ wordt veroorzaakt door lokale bronnen. De bijdrage van lokale houtstook is 0,22 µg/m³. Dit is dus exclusief de bijdrage van houtstook aan de achtergrondconcentratie. Andere lokale veroorzakers zijn de uitlaatgassen van auto's en bandenslijtage (Sjöberg, 2009). De modelresultaten worden ook vergeleken met een andere model dat voor Stockholm op een lokale bijdrage van 0,5 µg/m³ uitkomt.

5.3 Normstelling in andere landen

Er zijn verschillende studies die overzichten geven van de normen in diverse landen. Mede gezien de beperktheid van deze rapportage is besloten om hier geen herhaling van deze studies op te nemen.

- In het kader van de Ecodesign richtlijn, waarin nieuwe normen voor houtkachels en haarden worden ontwikkeld, is een overzicht gemaakt van de huidige eisen in de landen van de Europese Unie (BIO Intelligence Service, 2009).
- In een Belgische publicatie zijn een aantal normen en keurmerken naast elkaar gezet (Verma, 2009). Hierbij is speciaal naar houtpellets gekeken. Veel EU landen blijken nog geen eisen gesteld te hebben. Hier gelden dan alleen de EN normen. Wel zijn er diverse keurmerken die ook buiten de thuismarkt in omliggende landen op kachels worden vermeld. Het gaat dan bijvoorbeeld om Duitse *DINplus* of het Scandinavische Swan label.
- Voor de staat New York is een overzicht gemaakt van de eisen in een groot aantal landen (NYSERDA, 2010).
- In het kader van de revisie van het Gothenborg protocol is door de Expert Group on Techno-Economic Issues een overzicht gemaakt van stofemissie-eisen van houtgestookte installaties (EGTEI, 2010). Voor de kleine installaties zijn de Duitse eisen het scherpst gevolgd door die van Zwitserland.
- Een overzicht met de aanpak in verschillende landen is in 2010 gepresenteerd onder de titel 'stoken bij de burens' (Graaff, 2010).

²⁵ Omrekenen naar mg/nm³ bij 13 O₂% vermenigvuldigen met 0,64.

- In de USA hebben verschillende staten en plaatsen aparte maatregelen voor houtstook. De internetsite van de EPA geeft hiervan een overzicht (EPA, 2011).

5.4 Voorbeelden van beleid buiten Europa

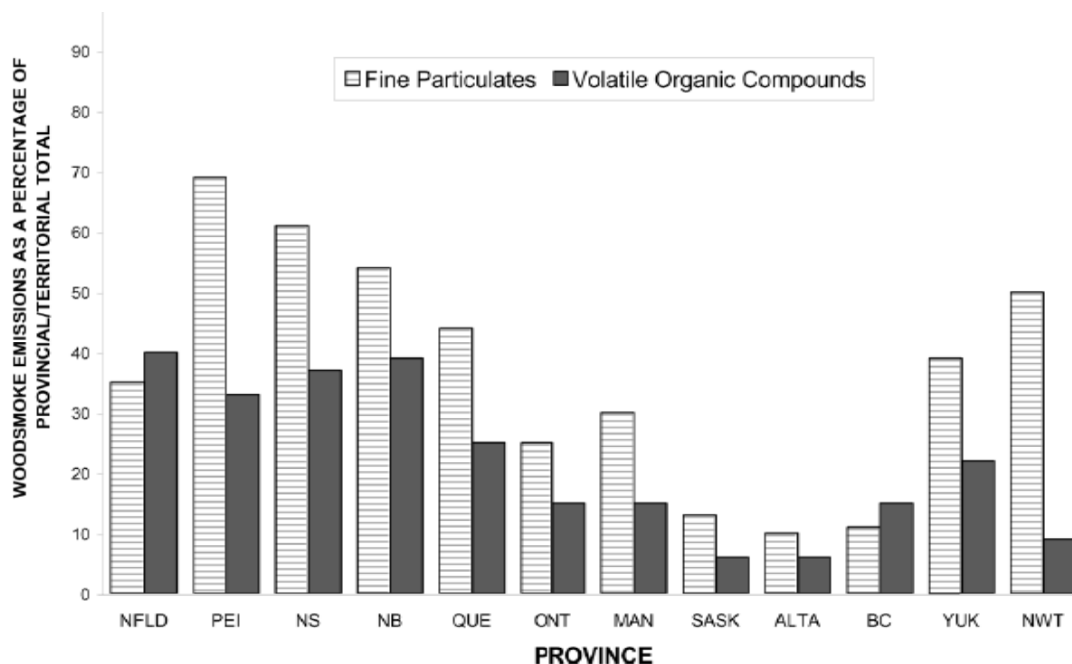
5.4.1 Canada kachelvervanging

In Canada is houtstook onderdeel van de ‘way of life’. In Figuur 5.3 is de bijdrage aan de fijn stof- en de VOS-emissies opgenomen (Allen, 2010). In de wintertijd kan de bijdrage van hout voor ruimteverwarming in kleine dorpjes in bergdalen wel 56% tot 77% bedragen van de PM_{2.5} concentratie. Volgens de presentatie van Allen heeft een EPA gekeurde kachel een 3 keer lager fijn stof-emissie dan een ongekeurde kachel en zelfs 20 keer minder dan een open haard (gerekend per eenheid nuttige warmte).

In Metro Vancouver, in British Columbia aan de Oostkust van Canada tegen de Amerikaanse grens aan, is er een programma om niet gecertificeerde kachels te vervangen, door hetzij een goedgekeurde kachel (bonus \$ 250) of een gasgestookte installatie (bonus \$ 350) (Metrovancouver, 2011). Op de internet site van het ‘wood stove exchange program’ staan ook tips om meer milieuvriendelijk te stoken. Deze gaan onder andere over het gebruik van het juiste hout en het niet smoren van de kachel.

Acties

- **Informatie over zo milieuvriendelijk mogelijk stoken.**
- **Lokale subsidie voor vervanging van niet gecertificeerde kachels.**

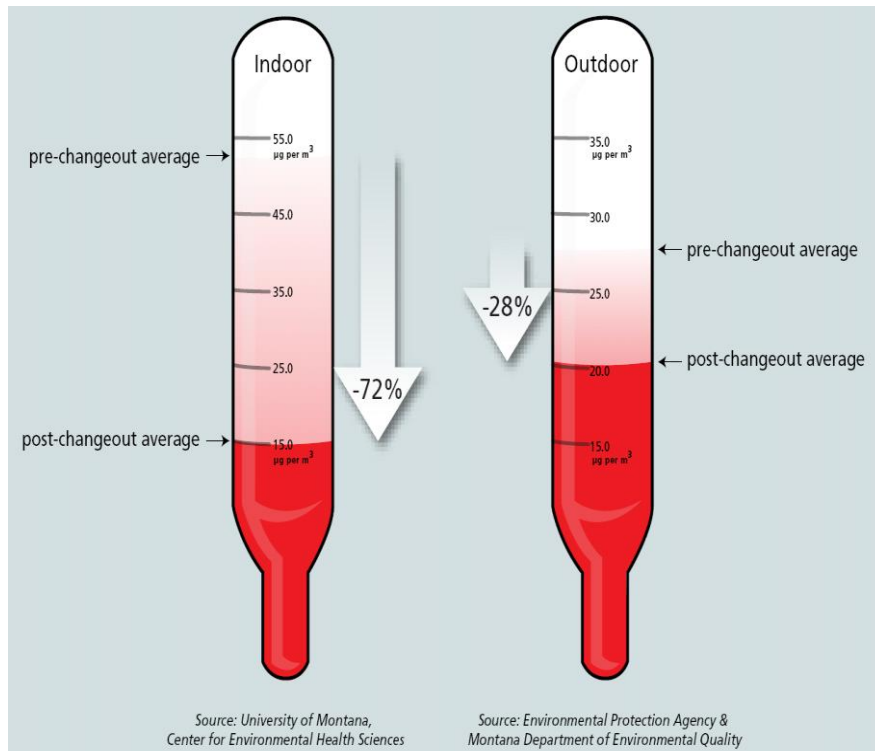


Figuur 5.3 Bijdrage van houtstook aan de fijn stof-emissies in Canada

5.4.2 USA Montana kachelvervanging

Nadat de laatste industriële fijn stof vervuiler gesloten was, bleven de fijn stof-concentraties in Libby, een stadje in een dal tegen de Canadese grens, hoog. Circa 80% van dit fijn stof bleek van houtstook afkomstig. Om dit te verminderen is er tussen 2005 en 2008 een kachel vervangingsproject uitgevoerd (HPBA, 2008). Met een budget van 2,6 mln \$, samengebracht door overheden en industrie, werden 1200 van de 1300 niet gecertificeerde kachels vervangen. Van een oude kachel met van 15 tot 30 g fijn stof /uur naar 2 tot 5 g/uur voor een EPA gecertificeer-

de kachel. Ook werden circa 100 kachels gerepareerd of aangepast. De concentratie van PM_{2.5} in de winter daalde hierdoor met 28% (van 28 naar 20 µg/m³). De levoglucosan concentratie liep gelijktijdig met 50% terug van 3000 ng/m³ naar 1500 ng/m³ (Allan, 2010). De hoge levoglucosan-concentratie betekent dat ruim 6% van het PM_{2.5} gewicht uit levoglucosan bestaat. Opmerkelijk is ook de **significante verbetering in de binnenlucht** in een meetprogramma bij 21 woningen (HPA, 2008), zie Figuur 5.4. Ook op andere plaatsen in de VS, bijvoorbeeld in de staat Washington, zijn er subsidieregelingen voor kachelvervanging aanwezig.



Figuur 5.4 Effect van kachelvervanging op kwaliteit binnen- en buitenlucht.

Overigens is het niet zo dat nieuwe kachels geen binnenluchtvervuiling meer geven. Een recente Deense studie laat met metingen zien dat ook bij nieuwe goedgekeurde kachels hogere concentraties van ultra fijn stof (UFP) kunnen ontstaan (bij het aansteken en branden 2 tot 3 keer zo hoog als buiten). Bijvoorbeeld bij het aansteken van de kachel, maar ook door kleine tijdelijke luchtdrukverschillen tussen binnen en buiten de woning (Jensen, 2011).

Acties:

- Lokale subsidie voor vervanging van niet gecertificeerde kachels.
- Meetprogramma binnenlucht.

5.4.3 USA Stookverbod

In Washington kunnen de autoriteiten onder bepaalde weersomstandigheden het stoken van hout geheel verbieden (Graaff, 2010). Een dergelijke Burn Ban is op veel meer plaatsen in de VS geregeld. Een Burn Ban kan afgekondigd worden als de fijn stof concentraties oplopen doordat de uitwisseling van lucht vlak boven de grond met de hogere luchtlagen dreigt te stagneren. Dit kan bijvoorbeeld als er op leefniveau een 'zware' koude luchtlaag hangt met daarboven een lichtere warme luchtlaag. Er wordt dan wel gesproken over een laag inversieplafond. Dit kan ook in Nederland voorkomen, maar in bergdalen is dit veel sneller het geval. In de koude luchtlaag worden de vrijkomende stofdeeltjes 'opgesloten' waardoor concentraties snel oplopen. Een Burn Ban is een tijdelijk verbod op het buitenhuis of binnenhuis (open haarden) verbranden van hout en het buitenhuis stoken van hout (gecertificeerde houtkachels binnen mogen nog wel). Ook

kunnen in een eerste fase de meest vervuilende installaties of overbodige installaties worden verboden en in een tweede fase, zoveel mogelijk, de rest ²⁶. Overigens kan een Burn Ban ook bij droogte worden afgekondigd in verband met brandgevaar.

In de Bay Area van San Francisco waar 1,4 miljoen houtkachels staan, wordt tijdens dagen met verhoogde luchtverontreiniging een stookverbod opgelegd (open haarden, houtkachels en pelletkachels). Op koude winterdagen wordt namelijk 33% van de PM2.5 concentratie door houtstook veroorzaakt. Overtreding komt de stoker na de eerste keer op een boete van 400 \$ per keer te staan. In de winter 2010-2011 was er 4 keer zo een stookverbod van 24 uur. Het jaar ervoor 7 keer en het jaar daarvoor (winter 2008-2009) 11 keer (BAAQMD, 2011). Een overzicht van beleidsmaatregelen in verschillende staten en regio's en plaatsen is te vinden op de website van de EPA over verstandig houtstoken (EPA, 2011).

Acties:

- **Gefaseerd verbod op houtstook onder bepaalde weersomstandigheden.**

²⁶ <http://www.pscleanair.org/airq/burnban/>

6. Mogelijkheden tot emissievermindering

De beste mogelijkheid om de luchtverontreiniging te beperken is om geen hout te stoken maar aardgas of eventueel, bij afwezigheid van een aardgas aansluiting, propaan.

Indien toch voor een houtketel of -kachel gekozen wordt heeft een installatie met een hoog rendement en die voldoet aan scherpe emissie-eisen, bijvoorbeeld de Duitse *DINplus*, de voorkeur. Van belang is, maar dat zal iedere leverancier ook vertellen, dat het vermogen van de kachel niet te hoog gekozen wordt gezien de ruimte waar hij in komt te staan en de isolatiegraad van de woning. Uitgewerkte tips over voldoende ventilatie, niet teveel hout in de kachel (en niet te grote stukken), het gebruik van goed gedroogd hout (en zeker geen afval) en het niet smoren van de kachel zijn op diverse plekken op internet te vinden. Niet stoken bij windstil en mistig weer en een schoorsteen gebruiken die ruim voldoende hoog is.

Oude ongekeurde kachels en ketels zijn zowel slecht voor de gezondheid van de eigenaar als die van de burens en zouden niet meer gebruikt moeten worden. Dit geldt in een dichtbevolkt land als Nederland eigenlijk ook voor (alle) open haarden. Open haarden en vuurkorven zijn per kg hout veel meer vervuilend dan gekeurde kachels; een zo beperkt mogelijk gebruik komt de luchtkwaliteit ten goede.

Op dit moment wordt er gewerkt aan roetfilters of katalysatoren in Zweden, Duitsland, Zwitserland en Nederland. Deze kunnen de fijn stof emissie aanzienlijk terugdringen. In bepaalde nieuwe haarden worden deze inmiddels ingebouwd. Voor de markt van huishoudelijke toestellen is de grootschalige serieproductie nog niet op gang gekomen. Het plaatsen van filters bij bestaande haarden en kachels is daarom nog geen gangbare optie. Wellicht dat dit de komende 5 jaar verandert.

7. Conclusies

Bijdrage aan de energievoorziening

Volgens het CBS zijn er 1,3 mln installaties houtgestookte installaties. Op 7 mln woningen betekent dit dat 20% van de huishoudens hout kan stoken. Het gaat om 0,65 mln open haarden, 0,2 mln inzethaarden en 0,45 mln vrijstaande kachels. Eerdere onderzoeken komen tot minder dan 1 mln installaties, vooral door minder open haarden. Een reden zou kunnen zijn dat installaties die niet worden gebruikt vaak niet worden opgegeven. Na de opkomst van inzethaarden als vervanging/inbouw van de open haard is er nu een trend zichtbaar van groei van het aantal vrijstaande kachels. Er zijn ook nog CV-ketels op hout. Enkele jaren geleden werd het aantal hiervan op 1000 stuks geschat.

Een open haard levert, door het lage rendement, nauwelijks een bijdrage aan de verwarming. Een inzethaard is makkelijker en in huis ook veel schoner. Bovendien zijn er tegenwoordig inzet haarden te koop met een behoorlijk rendement dat vergelijkbaar is met vrijstaande kachels. Bij vrijstaande kachels is verwarming, vaak met particulier verkregen en goedkope brandstof, een belangrijk motief.

Het aandeel van duurzame energie in de energievoorziening in 2009 is 3,8%²⁷. Het aandeel van houtgebruik bij huishoudens in de energievoorziening is 0,22%. Hiermee levert houtverbruik bij huishoudens 5% van alle duurzame energie. Door de groei bij andere duurzame bronnen is dit aandeel aan het afnemen. Uitgezet tegen de brandstofvraag van de huishoudsector is het aandeel 2,2%.

Relatief hoge bijdrage aan nationale fijn stof emissie

In de drie recente studies wordt voor openhaarden een hogere emissiefactor gebruikt dan voor kachels en inzethaarden. Bij deze laatste speelt vooral de leeftijd mee: of ze al EU-gekeurd moesten zijn of zelfs al aan de nog strengere Duitse eisen voldoen. De marge rond de gebruikte emissiefactoren blijft echter groot vanwege de grote diversiteit van installaties en onzekerheden rond het stookgedrag.

Houtstook levert een relatief grote bijdrage aan de luchtverontreiniging en is in dit opzicht veel meer vervuילend dan het stoken van gas. Hieronder staat de geschatte emissie van houtstook, waarbij het gaat om significante hoeveelheden, en de bijdrage aan de Nederlandse uitstoot.

- Fijn stof in de vorm van PM10 1,6 kton (4,5%).
- Fijn stof in de vorm van PM2.5 1,5 kton (8%).
- Stikstofoxiden, NO_x 1,4 kton (0,5%).
- Zwaveldioxide, SO₂ 0,15 kton (0,2%).
- Niet Methaan Vluchtige Organische stoffen, NMVOS 8 kton (4,5%).
- Op fijn stof condenseerbare koolwaterstoffen 3 kton (-).
- Koolmonoxide, CO 50 kton (7%).
- Methaan, CH₄ 3,6 kton (0,4%); Dit is gelijk aan 0,1 Mton CO_{2-eq} (0,05%).
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen, PAK 49 ton (10-25%).
- Dioxinen 6 gram (20%).

De hoeveelheid fijn stof is berekend zonder rekening te houden met de ‘tijdelijke’ afzet van NMVOS (condensables). Wordt dit meegeteld dan gaat het om 3 keer zoveel gewicht. Fijn stof (PM2.5), PAK en dioxinen zijn in deze lijst het meest schadelijk voor de gezondheid. Hun bijdrage in de emissies ligt in de orde van 20%. Dit is 100 keer hoger dan de 0,2% bijdrage aan de Nederlandse energievoorziening.

²⁷ Dit is op basis van de oude definitie die het hele energiegebruik in Nederland beschouwd.

Hoewel de methaan uitstoot ten opzichte van het nationale totaal relatief laag is, betekent dit toch dat houtstook niet vrij van broeikasgasemissies is. Door het lage rendement is het gebruik van de open haard wat broeikasemissie betreft zelfs vergelijkbaar met een gewone gas-CV-ketel.

Door streng gekeurde kachels en inzethaarden te kopen kan de gemiddelde emissie worden vermindert met gemiddeld een factor 2 (variatie per stof 0 tot 4). De emissie van open haarden zal echter niet veranderen. Bovendien is er sprake van een lange levensduur van de installaties. Bij gelijkblijvend houtverbruik zal door het schoner worden van de nieuwe installaties een langzame daling van de emissie optreden. In 2020 zal de situatie echter niet significant zijn verbeterd.

Onzekerheden

De emissie wordt bepaald door de hoeveelheid verbrand hout maal de emissiefactor. Mede omdat veel van het hout via het particuliere circuit verzameld wordt is er weinig zicht op. De studies van de afgelopen jaren komen in de orde van 9 tot 12 PJ uit. Dit zou op een onzekerheid van 25% kunnen wijzen. Een grote onzekerheid zit er ook in de emissiefactor. Naast de kwaliteit van het hout (vochtgehalte) speelt hierbij ook het stookgedrag van de gebruiker een rol. Met name het smoren van het vuur (als de kamer warm is, maar het hout nog volop brand) levert factoren hogere emissies op van juist die stoffen die voor de gezondheid het schadelijkste zijn. Over beide genoemde factoren ontbreken gegevens voor een goede beoordeling. Wat betreft de emissiefactoren lijkt de kans dat de emissies hoger liggen groter dan dat ze lager liggen. Voor een lokale situatie kan onjuist stookgedrag direct tot overlastproblemen leiden in een zone rond de schoorsteen waar ineens veel meer luchtvervuiling uitkomt.

In de emissieberekeningen is geen rekening gehouden met het gebruik van vuurkorven en kampvuren. Ook de fijn stof emissie van barbecueën is niet in kaart gebracht.

Luchtkwaliteit

Op verschillende plekken in de wereld zijn metingen gedaan aan de fijn stof concentraties in relatie tot houtstook. Fijn stof afkomstig uit houtstook bevat veel levoglucosan. Meting van levoglucosan in fijn stof in de buitenlucht zegt iets over hoeveel fijn stof er van houtstook afkomstig is. Helaas is de precieze verhouding afhankelijk van de manier waarop er in de streek hout verbrand wordt en wat voor soort hout dit betreft.

Metingen in februari in een Noord Hollands dorp Schoorl en een schone polder locatie in de buurt laten zien dat van de PM10 concentratie in Schoorl van 20,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tenminste 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ afkomstig is van lokale houtstook. Ook op de schone locatie werd levoglucosan aangetroffen, wat er op zou wijzen dat ook de achtergrondconcentratie fijn stof emissies van houtstook bevat (circa 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Rekening houdend met een normaal jaarlijks stookpatroon kan hieruit geconcludeerd worden dat houtverbranding een significante bijdrage levert aan de fijn stof concentratie die op kan lopen tot 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jaargemiddeld in woonwijken met veel houtstook. De gemiddelde fijn stof concentratie bedraagt in Nederland 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olopend richting 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in steden en bij drukke wegen. De fijn stof uitstoot is al opgenomen in de metingen en modellen die in Nederland gebruikt worden.

Bij een combinatie van slecht stookgedrag en ongunstig weer (mist, weinig wind) kunnen in de directe omgeving van een woning met houtstook hoge concentraties aan fijn stof ontstaan. Het is niet uitgesloten dat dan, als er ook een hoge achtergrondconcentratie is, de Europese norm van maximaal 35 dagen 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ daggemiddeld overschreden wordt. Gezien het incidentele en lokale karakter is een dergelijke overschrijding nauwelijks met praktijk metingen aan te tonen. Overigens heeft een houtkachel ook effecten op de luchtkwaliteit in de woning van de gebruiker.

Gezondheidseffecten

Bij het stoken van hout komen ook Ultrafijne deeltjes (UFP) vrij. Hoewel het gewichtaandeel in de totale hoeveelheid fijn stof beperkt is, vormen deze deeltjes kleiner dan 100 nm (PM_{0,1}) wellicht wel een belangrijke bron van de gezondheidseffecten. Vanuit dit oogpunt wordt er in toenemende mate onderzoek aan gedaan. De gezondheidseffecten van houtrook beperken zich echter niet alleen tot de longen. Het RIVM concludeert: "Blootstelling aan houtrook wordt in sommige studies geassocieerd met een toename van (ziekenhuisopnamen voor) luchtweg-, hart- en vaataandoeningen, luchtwegklachten en een verslechterde longfunctie. Andere studies laten geen relatie met gezondheidseffecten zien. Onderzoek met vrijwilligers die enkele uren werden blootgesteld aan houtrook toont aan dat dit kan leiden tot gezondheidsschade. Toxicologisch onderzoek laat zien dat fijn stof van houtrook even schadelijk of soms schadelijker is dan fijn stof van andere bronnen" (Hagens, 2011).

Mogelijkheden tot vermindering van hinder in Nederland

De kachels en inzethaarden in Nederland moeten voldoen aan de Europese eisen. Op dit moment wordt er in het kader van de ECODesign richtlijn gewerkt aan een set met strengere milieueisen. Naast een verkennende studie is er eind 2011 echter nog geen informatie over mogelijke eisen.

Gemeentes hebben op basis van de woningwet mogelijkheden om tegen hinder op te treden. Hierbij kan bijvoorbeeld wel naar de schoorsteen gekeken worden, maar onjuist stookgedrag is hiermee nauwelijks aan te pakken. In de algemene plaatselijk verordening kunnen eisen opgenomen worden rond een verbod tot het stoken van een open vuur. De normale toepassing hiervan is het verbieden van de verbranden van (tuin)afval. Om een situatie van hinder op te lossen kan een gemeente informatie geven over schoon stoken, wijzen op de negatieve gezondheidseffecten en klager en eigenaar effecten. Ook een intensieve begeleiding van klager en eigenaar van de houtstookinstallatie kan soms helpen om de hinderproblemen op te lossen.

Keuzes in het buitenland

Ook onze buurlanden kampen met een aanzienlijke bijdrage van houtstook aan de luchtverontreiniging. Bijdrage aan de fijn stof concentratie zoals in Nederland gemeten worden ook op andere plekken gevonden. Van belang is dat met name in gebieden met veel bos, hout ingezet wordt als hoofdbrandstof voor de verwarming. De hout CV-ketel heeft dan een veel prominentere positie dan in Nederland het geval is. Een tweede verschil betreft hoogteverschillen in het landschap. In dalen en kommen kan rook veel lager blijven hangen en zo tot forse ophoping van fijn stof concentraties leiden.

Opties die in het buitenland aan de orde komen zijn:

- Voorlichting over schoon stoken.
- Normstelling in het kader van de ECODesign richtlijn.
- Lokale normstelling.
- Verbod op open haarden en allesbranders in steden.
- Onderzoek naar stoffilters.
- Verbieden van hulpverwarming met hout onder bepaalde weersomstandigheden.
- Eisen dat houtstook geen hinder voor omwonenden mag opleveren.
- Verbieden als hoofdverwarming bij nieuw woningen.
- Lokale subsidie voor vervanging van niet gecertificeerde installaties.
- Metingen aan de binnenlucht ter ondersteuning van een vernieuwingsprogramma.
- Uitsluiting van installaties die niet aan bepaalde eisen voldoen.
- Jaarlijkse keuring van de installatie.
- Bij de jaarlijkse keuring ook controle van de brandstof (vochtgehalte).
- Verplichting tot warmtebuffer bij hout CV-ketel.
- Werking van de installatie controleren door naar de rook te kijken (moet na een kwartier wit zijn).

Referenties

- ABF (2008): *Onderzoeksdocumentatie WoON 2006 Module Energie*. AFB research, Delft, najaar 2008.
- Allen, R. (2010): *Exposure and Health Effects of Residential Woodstove Emissions*. Risques sanitaires des sources de pollution de l'air extérieur, Montreal, QC, 3 June 2010.
http://www.inspq.qc.ca/evenements/atelier_sante_environnementale/documents/risques_environnementaux/exposure_residential_allen.pdf
- Antwerpen (2008): *Actieplan fijn stof en NO₂ in de Antwerpse haven en de stad Antwerpen. Actie in uitvoering van het Vlaams stofplan*. Vlaams ministerie van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur / Gemeentelijk Havenbedrijf / Stad Antwerpen, Antwerpen, november 2008.
http://www.lne.be/themas/luchtverontreiniging/200808actieplan_stad_en_haven_antwerpen_vl_gha_stad.pdf
- Asplind, S. (2009): *Biomass – A Swedish Perspective*. Swedish Environmental Protection Agency. Gepresenteerd tijdens Air Quality – Renewed Planning, Glasgow, 4 November 2009.
- BAAQMD (2011): *Regulation 6, Rule 3: Wood-Burning Devices; The Wood-Burning Rule*. Bay Area Air Quality Management, District, Los Angeles, April 2011.
http://www.baaqmd.gov/?sc_itemid=156191E5-F112-4633-935E-FE9B58272325
- Barbas (2010): *Barbas folder: Houthaarden; Foyers au Bois; Wood Fires; Holzkamine*. Interfocos, Bladel, 2010.
- Bedum (2009): *Milieubeleidsplan 2009-2012*. Gemeente Bedum, mei 2009.
- België (2010): *Koninklijk besluit tot regeling van de minimale eisen van rendement en emissieniveaus van verontreinigende stoffen voor verwarmingsapparaten voor vaste brandstoffen*. BELGISCH STAATSBLAD —MONITEUR BELGE, 72529, 24 oktober 2010.
- Behnke, A. (2010): *Heizen mit Holz. Ein Ratgeber zum richtigen und sauberen Heizen*. Umweltbundesamt (Fachgebiet III 2.3), Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Februar 2010. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3151.pdf>
- BIO Intelligence Service (2009): *Solid fuel small combustion installations, EuP Preparatory Study Lot 15*. Final Stakeholder Meeting, Brussels, BIO Intelligence Service, Parijs, July 13 2009. http://www.ecosolidfuel.org/docs/stakeholder_final_pres.pdf
- Boer, W. de (2010): *Aanpak luchtverontreiniging door houtvuren in de gemeente Groningen*. Symposium MGM, Driebergen, 19 november 2010.
- Boersma, A.R. et. al. (2009): *Air pollutant emissions from stationary installations using bioenergy in the Netherlands; BOLK Phase 2*. ECN-E—09-067, ECN/TNO, Petten, november 2009.
- Bølling, A.K., J. Pagels, K. E. Yttri, L. Barregard, G. Sallsten, P. E. Schwarze1, C. Boman (2009); *Health effects of residential wood smoke particles: the importance of combustion conditions and physicochemical particle properties*. Particle and Fibre Toxicology 2009, 6 November 2009.
<http://www.particleandfibretoxicology.com/content/pdf/1743-8977-6-29.pdf>
- Buijsman, E., J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, R. Thomas, K. Wieringa (2005): *Fijn stof nader bekeken; De stand van zaken in het dossier fijn stof*. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven, augustus 2005.

- Blauw (2009): *Effecten luchtmissies houtkachels sfeerhaarden en vuurkorven*. BL2009.4503, Buro Blauw B.V. , Wageningen, september 2009
- Butter, M.E., M.A. en Keij (2006): *Rookoverlast houtkachels, haarden en vuurkorven: burenruzie of milieuprobleem? Klachten en wijze van afhandeling door gemeenten en GGD-en in Nederland*. Rapport 72, Rijksuniversiteit Groningen, Wetenschapswinkel Biologie, Haren, februari 2006.
- Brauwier (2010): *Exposure and health effects of road transportation emissions*. Risques sanitaires des sources de pollution de l'air extérieur, Montreal, QC, 3 June 3 2010.
- Broekhuizen, F. van, J.C. van Broekhuizen, R.T.M. Cornelissen, J. Terwoert (2011): *Gebruik van nanoprodukten in de Nederlandse bouwnijverheid; Toepassingen, mogelijke risico's en beheersing*. Rapportnummer: 11-154, Stichting Arbouw, Harderwijk, juli 2011
- Brouwer J.G.H., J.H.J. Hulskotte, H. Booij (1994): *Roken van tabaksproducten*. WESP Rapportnr. C4, RIVM-rapportnr. 773009006, RIVM, Bilthoven, april 1994.
- CBS (2010): *Hernieuwbare energie in Nederland 2009*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Voorburg, 2010.
- CBS (2011): *Hernieuwbare energie in Nederland 2010*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Voorburg, 2011.
- CBS/PBL/Wageningen UR (2011): *Geurhinder per bron, 1990-2010*. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen, 6 juli 2011.
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0290-Geurhinder-per-bron.html?i=13-45>.
- Dönszelmann, C.E.P., D. Nelissen (2010): *Beoordeling rapport Luchtemissies houtkachels*. CE, Delft, juli 2010.
- ECODESIGN (2005): *Richtlijn 2005/32/EG van het Europees Parlement en de Raad van 6 juli 2005 betreffende de totstandbrenging van een kader voor het vaststellen van eisen inzake ecologisch ontwerp voor energieverbruikende producten en tot wijziging van Richtlijn 94/42/EEG van de Raad en de Richtlijnen 96/57/EG en 2000/55/EG van het Europees Parlement en de Raad*. Publicatieblad van de Europese Unie L191/58, 22 juli 2005.
- EGTEI (2010): *Options for limit values for emissions of dust from small combustion installations < 50 MWth*. Expert Group on Techno-Economic Issues, CITEPA Paris, June 2010. http://www.citepa.org/forums/egtei/egtei_sci.htm
- EPA (2011): *Agencies – Ordinances and Regulations*. Onderdeel van de Burn Wise website. Environmental Protection Agency, Washington, USA, 2011.
<http://www.epa.gov/burnwise/ordinances.html>
- EU Task 1 (2009): *Lot 15 Solid fuel small combustion installations, task 1: Scope and Definition*. Bio Intelligence Service S.A.S., Paris, April 2009.
http://www.ecosolidfuel.org/docs/BIO_EuP_Lot%2015_Task1_v4_200906.pdf
- EU Task 6 (2009): *Solid fuel small combustion installations, task 6: Technical analysis of BATs, working document, version 1*. Bio Intelligence Service S.A.S. , Paris, June 2009.
- Fine, P.M., G.R. Cass, B.R.T. Simoneit (2004): *Chemical Characterization of Fine Particle Emissions from the Wood Stove Combustion of Prevalent United States Tree Species*. Environmental Engineering Science, volume 21, Number 6, 2004.
- Flamme Verte (2008): *Flamme Verte les adhérents, les produits Bien choisir son appareil de chauffage au bois avec les garanties du label Flamme Verte*. Flamme Verte, Paris,
http://www.flammeverte.org/new/docs/FV_catalogueSIREME_2008_081102G.pdf

- Franssens, N. (2010): *Maatregelen tegen stookhinder*. Symposium MGM, Driebergen, 19 november 2010.
- Fuller, G. A. Tremper, T. Baker, K.E. Yttri, (2009): *Establishing a biomass burning baseline for London –initial results*. Monitoring Ambient Air 2009 Air Quality - The Major Challenges Royal Society of Chemistry, Burlington House, London, 9th & 10th December 2009. <http://rsc-aamg.org/Pages/Presentations/MAA2009.htm>
- GGD (2007): *Handboek Binnenmilieu 2007*. GGD Rotterdam-Rijnmond, Rotterdam, oktober 2007. http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/HB_Binnenmilieu_2007_compleet.pdf
- Graaff, D.J. (2010): *Stokende Buren - welke maatregelen worden in het buitenland genomen*. Symposium MGM, Driebergen, 19 november 2010.
- Hagens, W.I., A.J.P. van Overveld, P.H. Fischer, M.E. Gerlofs-Nijland, F.R. Cassee (2011): *Gezondheidseffecten van houtrook; Een literatuurstudie*. RIVM rapport 609300027/2011, RIVM, Bilthoven, 2011.
- Hankin, S.M., et. Al. (2008): *CELL PEN: A study to identify the physicochemical factors controlling the capacity of nanoparticles to penetrate cells*. Institute of Occupational Medicine (IOM), Edinburgh, 12 August 2008.
- Hiemstra-Holtkamp, I. (2006): *Uw open haard: Oorzaak van luchtverontreiniging; Rook van het stoken van hout geeft in de wijk veel overlast*. Tijdschrift Lucht/nummer 4, oktober 2006.
- Howard C.V. (2009): *Statement of Evidence; Particulate Emissions and Health; Proposed Ringaskiddy Waste-to-Energy Facility*. June 2009
- Hulskotte, J.H.J., W.F. Sulilatu, A.J. Willemsen (1999): *Monitoringsystematiek open haarden en houtkachels*. TNO-MEP R99/170, TNO, Apeldoorn, 1 mei 1999.
- HPBA (2008) *Clearing the Smoke: The Wood Stove Changeout in Libby, Montana, Preliminary Report*. Hearth, Patio & Barbecue Association, Arlington, Va, January 2008. http://woodstovechangeout.org/fileadmin/PDF/Libby_Report-Final.pdf
- Interfocos (2010): *Bedrijfsbezoek Interfocos*. Bladel, 23 september 2010.
- Jansen, B.I., R. Dröge (2011) *Emissiemodel Houtkachels*. TNO-060-UT-2011-00314, TNO Urban Development, Utrecht, februari 2011
- Jensen, O.M., A. Afshari, N. C. Bergsøe, R. L. Carvalho (2011): *Field study of energy performance of wood-burning stoves*. World Renewable Energy Congress 2011, Linköping, Sweden, 8-13 May 2011.
- Koppejan, J. , P.D.M. de Boer-Meulman (2005): *Status warmteproductie 2005*. SenterNovem, Arnhem, 4 november 2005.
- Koppejan, J. (2010) *Statusoverzicht Houtkachels in Nederland*. Procede Biomass BV, Enschede, oktober 2010
- Kos, G.P.A., E.P. Weijers (2009): *De bijdrage van houtverbranding aan PM10 en PM2.5 tijdens een winterperiode in Schoorl*. ECN-E--09-083, ECN, Petten, November 2009.
- Knol, A.B., B.A.M. Staatsen (2005): *Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands 1980 – 2020*. RIVM report 500029001/2005, RIVM, Bilthoven, augustus 2005.
- Kroon (2009): *Inschatting aantal ketels in Nederland < 1 MWth*. Persoonlijke mededeling, ECN 2009.
- Kroon, P., W.G. Roeterdink (2010): *Gas, hout en oliegestookte ketels; NEC en fijn stof emissies van ketels met een vermogen van minder dan 1 MWth*. ECN, Petten, december 2010.

- Maene, S. (2011): *Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2010, Sector Huishoudens*. MIRA, Vlaamse Milieumaatschappij, Mechelen februari 2011. www.milieurapport.be
- Metrovancouver (2011): *Wood Stove Exchange Program*. Internetsite <http://www.metrovancouver.org/services/air/health/Pages/WoodStoveExchangeProgram.aspx>
- McGowan, J., P. Hider, E., Chacko, G. Town (2002): *Particulate air pollution and hospital admissions in Christchurch, New Zealand*. Australian and New Zealand Journal of Public Health, Volume 26, Issue 1, pages 23–29, February 2002.
- Milieu Centraal (2010): Diverse internetpagina's: *Verstandig hout stoken; houtkachels; Open haarden; Overlast van stoken*. <http://www.milieucentraal.nl>
- MGM (2010): *Rapportage betreffende de webenquête*. Meldpunt Gezondheid en Milieu, Bunnik, November 2010.
- Nijdam, D.S., W.W.R. Koch (2007): *Methodenbeschrijvingen Emissieregistratie; Productgebruik, Consumenten, Bouw en HDO; Emissies van de taakgroep WESP, werkvelden 12, 19 en 20*. MNP, Bilthoven, maart 2007.
- NYSERA (2010): *European Wood-Heating Technology Survey: An Overview of Combustion Principles and the Energy and Emissions Performances Characteristics of Commercially Available Systems in Austria, Germany, Denmark, Norway and Sweden*. New York State Energy Research and Development Authority, April 2010.
- Okken, P.A., H.J.A. van den Akker, J.M. Bais, J. van Doorn, A.D. Kant (1992): *Houtkachels in Nederland. Bijdrage aan energievoorziening en milieubelasting*. ECN-C-92-021. ECN, Petten, april 1992.
- Probos (2010): *Kerngegevens bos en hout in Nederland 2010*. Stichting Probos, Wageningen december 2010.
- PBL (2010): *Compendium voor de leefomgeving*. Website van CBS, PBL en Wageningen UR. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/>
- Raad van State (2010): *Hoger beroep een besluit van het college van burgemeester en wethouders van West Maas en Waal, Kamer 3 - Hoger Beroep - Bestuursdwang* Zaaknummer 201001048/1/H1, Datum van Uitspraak woensdag 15 september 2010. <http://www.leefmilieu.nl/frame05>
- Schaap, M., E.P. Weijers, D. Mooibroek, L. Nguyen, R. Hoogerbrugge (2010): *BOP – report Composition and origin of Particulate Matter in the Netherlands. Results from the Dutch Research Programme on Particulate Matter*. PBL Report 500099007/2010, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven, 2010.
- Segers, R. (2010) *Houtverbruik bij huishoudens*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, 4 mei 2010.
- Sinning (2010): *Wissenswertes zu Kaminöfen*. Internetpagina <http://www.sinning-der-ofenbauer.de/kaminofen/technik.htm>
- Sjöberg, K., et.al. (2009): *Quantification of population exposure to PM2.5 and PM10 in Sweden 2005*. IVL Report B 1792. IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd, Stockholm. January 2009.
- Slob, A.F.L., L.S. Steenwinkel, H. Booij, H. (1994): *Procesbeschrijving open haarden hout- en kolenkachels*. Rapport 710401031, RIVM, Bilthoven, januari 1994.
- Tikborghs, G., D. Wildemeersch, K. de Schrijver (2009): *Wonen en gezondheid (4de editie)*. Vlaamse overheid, Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Gezin, Brussel, 2009 http://www.mmk.be/afbeeldingen/File/wonen_en_gezondheid.pdf

- UBA (2006): *Hintergrundpapier: Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen*. Umwelt Bundes Amt. Dessau, 09. März 2006.
<http://www.blauer-engel.de/downloads/publikationen/holzfeuerung.pdf>
- Velders, G.J.M., et.al. (2010): *Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Rapportage 2010*. RIVM rapport 500088006, Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 10 juni 2010.
- Verma, V.K., S. Bram, J. De Ruyck (2009): *Small scale biomass heating systems: Standards, quality labelling and market driving factors – An EU outlook*. Biomass and Bioenergy, 53, 2009, Pag. 1292-1402.
- Vlaams-Brabant (2005): *Verstand Verwarmen*. Folder van de provincie Vlaams Brabant.
- Vlaamse overheid (2006): *Besluit van de Vlaamse Regering betreffende het onderhoud en het nazicht van stooktoestellen voor de verwarming van gebouwen of voor de aanmaak van warm verbruikswater*. N. 2007 — 1695 [C – 2007/35507], 8 december 2006.
- Vlaanderen (2003): *Slimmer stoken; Tips voor een goed gebruik van uw kachel, open haard of terrashaard*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel, 2003.
- Vlaanderen (2007): *53% van de dioxine-uitstoot wordt veroorzaakt door vuurtjes in de tuin! Wie zelf zijn afval verbrandt, is de sigaar*. D/2007/3241/079, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Brussel, 2007.
- VNG (2010): *Voorbeeld Notificatie voor artikel 7.3.2. Bouwverordening volgens de model verordening VNG serie na wijzigingen*. Vereniging van Nederlandse Gemeenten, Den Haag, 2010.
- VNG (2008) *Algemene plaatselijke verordening*. VNG modelverordening, Vereniging van Nederlandse Gemeenten Den Haag, 12 juni 2008.
<http://www.minderregelsmeerservice.nl/smartsite.dws?id=94596>
- Vusse, A. van de (2010): *Wat doen gemeenten aan stookhinder?* Symposium MGM, Driebergen, 19 november 2010.
- Wevers, M., R. De Fré, et.al. (2002): *Meetcampagnes dioxines en PAK's: emissies door open vuren, open tonnetjes, kachels en allesbranders en analyses van roetstalen uit schouwen*. 2002/MIM/R/108, Vito, Mol, September 2002.
<http://www.lne.be/themas/luchtverontreiniging/informatie-studies>
- Yttri, K.E., C. Dye, O.-A. Braathen, D. Simpson, E. Steinnes (2009): *Carbonaceous aerosols in Norwegian urban areas*. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 20 March 2009.

Bijlage A Energiegegevens CBS houtkachels

In Tabel A.1 is een overzicht gegeven van het aantal houtkachels, de brandstofinzet en de vermeden hoeveelheid fossiele brandstof door houtkachels bij huishoudens. De gegevens zijn afkomstig uit de jaarlijkse publicatie van het CBS over duurzame energie (CBS, 2010). De cijfers over 2009 hebben nog een voorlopig karakter.

Tabel A.1 *Energiegegevens van huishoudelijke houtkachels*

	Aantal in gebruik	Inzet biomassa	Inzet biomassa	Warmte-productie	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂
	[1 000]	[kton]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[kton]
Totaal						
1990	928	785	12167	4410	4643	264
1995	950	767	11891	4513	4751	270
2000	962	613	9508	4208	4429	252
2005	956	716	11103	5724	6025	342
2006	952	746	11561	6129	6452	366
2007	947	778	12056	6560	6905	392
2008	943	785	12174	6741	7096	402
2009**	940	793	12292	6873	7234	410
Open haarden						
1990	605	281	4361	436	459	26
1995	541	244	3776	378	397	23
2000	477	186	2881	288	303	17
2005	419	170	2633	263	277	16
2006	411	166	2579	258	271	15
2007	402	163	2526	253	266	15
2008	394	160	2475	248	261	15
2009**	387	157	2428	243	256	14
Inzethaarden						
1990	145	150	2330	1097	1155	66
1995	253	243	3763	1791	1885	107
2000	244	156	2422	1211	1274	72
2005	223	157	2438	1287	1354	77
2006	215	156	2424	1286	1354	77
2007	206	156	2426	1295	1363	77
2008	197	150	2321	1246	1311	74
2009**	188	143	2216	1190	1252	71
Vrijstaande kachels						
1990	178	353	5476	2877	3028	172
1995	156	281	4352	2345	2468	140
2000	241	271	4205	2709	2851	162
2005	313	389	6032	4174	4394	250
2006	326	423	6558	4585	4827	274
2007	339	458	7105	5013	5276	299
2008	352	476	7378	5248	5524	313
2009**	365	493	7649	5440	5727	325