

**TNO-rapport****TNO-060-UT-2011-00314****Emissiemodel Houtkachels****Urban Development**Princetonlaan 6  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

F +31 88 866 20 44

wegwijzer@tno.nl

Datum	16 februari 2011
Auteur(s)	Ing. B.I. Jansen Ir. R. Dröge
Opdrachtgever	RIVM, Centrum voor Milieumonitoring
Projectnummer	034.22207
Aantal pagina's	27 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2011 TNO

## Samenvatting

In dit rapport is de ontwikkeling van een model voor de emissies van luchtverontreiniging uit houtkachels in Nederland beschreven. De reden voor het opzetten van dit model is dat binnen de Nederlandse emissieregistratie sinds 2003 geen update meer is geweest van de emissies veroorzaakt door de kachels in Nederland. Door toepassing van dit model kan weer een verantwoorde en gedocumenteerde jaarlijkse schatting van de emissie uit houtkachels worden uitgevoerd.

De uitkomsten van het nieuwe model zijn vergeleken met verschillende recente studies en het blijkt dat de uitkomsten goed overeenkomen met de waardes uit de studies. Zodoende mag worden aangenomen dat het model een verantwoorde schatting van de emissies geeft gerelateerd aan de meest recente inzichten. Het model berekent voor 2008 het Nederlandse aantal geïnstalleerde aantal kachels en haarden op ongeveer 940.000, waarin 780.000 ton hout wordt verstoekt.

Naast een beschrijving van het model besteed het rapport aandacht aan de emissiefactoren. Hierbij zijn de historisch gebruikte emissiefactoren geëvalueerd en zijn de emissiefactoren voor de nieuwe DINplus kacheltypes toegevoegd. De emissiefactoren voor de metalen cadmium, lood, koper en zink zijn aangepast aan de meest recente inzichten en voor de DINplus kachels zijn emissiefactoren vastgesteld voor fijn stof, koolmonoxide, NMVOS, PAK en condenseerbare koolwaterstoffen.

Tevens geeft dit rapport aan hoe het model onderhouden kan worden op basis van een jaarlijkse invoer van het Nederlandse aantal woningen. Daarnaast zal het model vijfjaarlijks gekalibreerd moeten worden met gegevens over het aantal kachels in Nederland, en de hoeveelheid hout die verstoekt wordt. Deze gegevens kunnen op basis van onderzoeken en enquêtes verzameld worden (bv. het CBS Woononderzoek WoON).

## Summary

For the Dutch Emission Inventory a model is build that calculates the number of wood stoves, inset stoves and indoor fire places (further mentioned as stoves), but also calculates annual wood use and emissions. Within this report it is explained how the model was developed and which assumptions are made. Furthermore it is explained how the output is checked.

Since 2003 the emissions of stoves in the Dutch Emission Inventory could not be updated due to a lack of data. In the beginning of 2010 a new report [4] was released, containing data that could be used to update the emission estimates of stoves. The best way to obtain a consistent method throughout all years was to build a model, which predicts the emissions based on available data for historic years and extrapolating these to the most recent year.

The model uses data of recent studies into the emissions of air pollutants from stoves. Based on a comparison of the model results and recent literature it is concluded that the model yields accurate results from a minimum of input data.

In the model the number of stoves is calculated based on the number of houses in the Netherlands, multiplied by correction factors to predict yearly sales. The yearly sales are corrected for removal of (old) stoves based on median life times (using the weibull distribution). The model predicts a total of about 940.000 wood stoves and fireplaces in 2008 for the Netherlands.

Furthermore the model calculates the total amount of wood use based on wood consumption per hour and the operating hours per year per stove. For the year 2008 it's calculated that about  $780 \cdot 10^6$  kilogram of wood was burned in the stoves and fireplaces in The Netherlands.

This report also describes which emission factors are used in the model, including the factors for the new stove type "DINplus". Furthermore, the emission factors for some metals were updated for the historic stove types.

The model should be updated frequently in order to keep it functional and accurate. The easy accessible data should be updated yearly, this is the case for the number of houses in the Netherlands. In order to calibrate the model, data should be acquired by questionnaires. This is needed for the number of woodstoves in the Netherlands, and the wood consumption

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Modelbeschrijving</b> .....	<b>6</b>
2.1	Inleiding .....	6
2.2	Methode .....	7
2.3	Beschrijving van de model variabelen .....	8
<b>3</b>	<b>Emissiefactoren</b> .....	<b>13</b>
3.1	Inleiding .....	13
3.2	Fijn stof .....	13
3.3	Koolmonoxide .....	14
3.4	NMVOS .....	14
3.5	PAK .....	14
3.6	Condenseerbare koolwaterstoffen.....	15
3.7	Metalen .....	15
<b>4</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>16</b>
4.1	Kachelpark .....	16
4.2	Jaarlijks houtverbruik .....	17
4.3	Emissies .....	18
<b>5</b>	<b>Onderhoud Model</b> .....	<b>22</b>
5.1	Inleiding .....	22
5.2	Woningaantallen .....	22
5.3	Kachelpark updaten .....	22
5.4	Houtverbruik.....	22
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Literatuurgegevens</b> .....	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>Verantwoording</b> .....	<b>25</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A Emissiefactoren	
	B Emissie uit houtkachels	

# 1 Inleiding

Kachels en open haarden worden in huishoudens gebruikt voor verwarming van het huis en voor het creëren van sfeer. Bij het verbranden van hout in kachels en haarden komen emissies vrij, waaronder fijn stof. Deze vorm van ruimteverwarming is verantwoordelijk voor ongeveer 4% van de totale Nederlandse emissie van fijn stof. In het verdere rapport worden kachels en open haarden samengevat onder de noemer kachels, indien deze niet specifiek benoemd zijn.

In 1999 is een monitoringssystematiek opgesteld voor het bepalen van emissies uit houtkachels [3]. Hierin worden enquêteresultaten van de VHR (Vereniging Haard en Rookkanaal) gebruikt om te bepalen hoeveel hout er wordt verstoofd in welk type kachel. Vervolgens zijn hiermee de emissies bepaald. Daarnaast zijn er diverse andere onderzoeken geweest naar type kachels, houtverbruik en rendementen [3], [5] en [6]. Omdat de enquête van de VHR is stopgezet, zijn de emissieschattingen sinds 2003 niet bijgewerkt.

In de winter van 2006-2007 is een nieuwe enquête naar het houtverbruik bij consumenten uitgevoerd binnen het WoON onderzoek. Resultaten van deze enquête zijn door het CBS uitgewerkt [4]. Deze enquête was de aanleiding voor het vernieuwen van de methodiek voor de schatting van emissies door sfeerverwarming van consumenten.

Het doel van dit onderzoek is een verbetering van de methodiek voor de schatting van de emissies door houtverbruik in kachels en open haarden bij consumenten. Een belangrijke randvoorwaarde voor de methodiek is dat een consistente emissiereeks vanaf 1990 kan worden berekend. Ook moet de berekeningsmethodiek geschikt zijn om te gebruiken voor emissieberekeningen over de komende jaren.

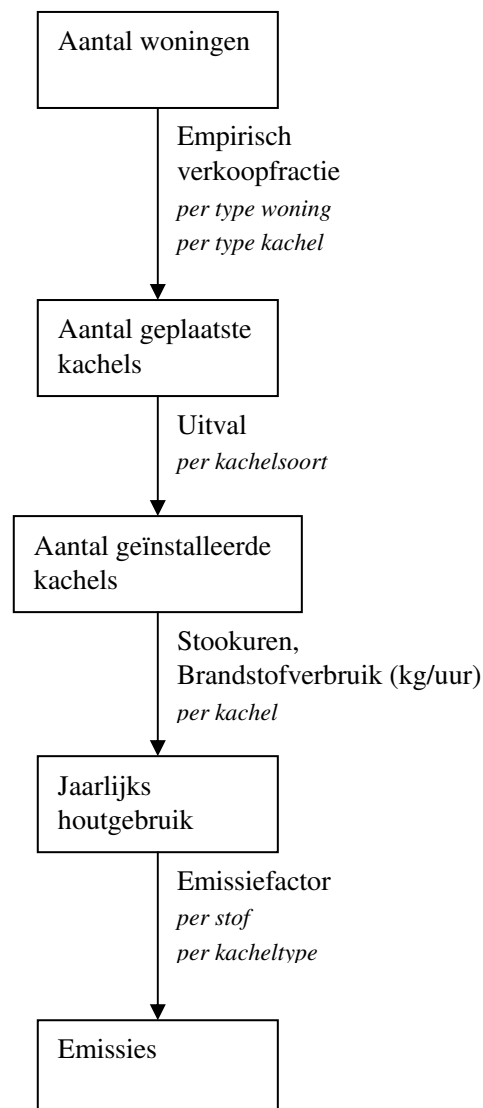
De jaarlijkse emissieberekening is gebaseerd op de berekening van de samenstelling van het kachelpark en het daarbij behorende houtverbruik. In de methodiek worden alleen kachels en open haarden meegenomen die in huishoudens worden gebruikt en waarin hout wordt verbrand. Vuurkorven worden hierin niet meegenomen.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het model waarmee de samenstelling van het kachelpark en het houtverbruik wordt bepaald. In hoofdstuk 3 worden de emissiefactoren per type kachel beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de berekeningen voor het kachelpark, het houtverbruik en de emissies weergegeven. In hoofdstuk 5 worden de beheersaspecten van de methodiek omschreven.

## 2 Modelbeschrijving

### 2.1 Inleiding

De emissies uit houtkachels zijn afhankelijk van de hoeveelheid hout die wordt verbrand en van het type kachel waarin dit gebeurt. Om deze parameters te bepalen, is een parkmodel ontworpen, waarin jaarlijks kan worden vastgesteld welke type kachels er in Nederland gebruikt worden en hoeveel hout hierin wordt verbrand. Bij het maken van het parkmodel voor de houtkachels en haarden in Nederland, is zoveel mogelijk rekening gehouden met resultaten uit enquêtes die in het verleden zijn gebruikt om de emissieschattingen te maken. Uit deze informatie kan het aantal geplaatste en gebruikte kachels in Nederland gehaald worden. Aangezien deze enquêtes niet jaarlijks beschikbaar zijn, is het noodzakelijk op basis van andere parameters de aantallen nieuw geplaatste en afgedankte kachels te berekenen. In onderstaand schema is de basale opbouw van het model weergegeven:



In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het model is opgebouwd. In paragraaf 2.2 wordt een omschrijving gegeven van de stappen die worden doorlopen om tot een kachelpark en houtverbruik te komen. In paragraaf 2.3 wordt omschreven welke variabelen in de berekening worden gebruikt en hoe deze zijn bepaald.

## 2.2 Methode

In het model is een aantal stappen ingebouwd om uiteindelijk tot een houtverbruik per type kachel te komen. De achtereenvolgens genomen stappen zijn;

- Van woningaantallen naar aantal nieuw geplaatste kachels
- Van aantal nieuw geplaatste kachels naar kachelpark
- Van kachelpark naar brandstofverbruik en emissies

Hieronder worden de stappen beschreven. In paragraaf 2.3 wordt uitgelegd hoe de variabelen bepaald zijn, welke karakteristieken ze hebben en van welke literatuurbronnen of aannames gebruik gemaakt is.

### 2.2.1 *Van woningaantallen naar kachelverkoop aantallen.*

Omdat de emissies uit kachels jaarlijks moet worden geschat is het noodzakelijk dat de berekening kan worden gestoeld op data die jaarlijks beschikbaar komen. Omdat kachels in woningen worden geplaatst en er dus een relatie bestaat tussen het aantal woningen en het aantal kachels is als basis van het model het aantal woningen in Nederland genomen. Deze parameter wordt elk jaar uit SYSWOV [2] bepaald, onderverdeeld naar verschillende woningtypen.

De gerapporteerde aantallen woningen worden in het model gebruikt om een schatting te maken van het aantal kachels dat in het afgelopen jaar bij Nederlandse consumenten is (verkocht) geplaatst. Hierbij worden empirische gegevens met betrekking tot het aantal kachels per 1000 woningen gebruikt afhankelijk van type kachel en type woning. Omdat geen jaarlijkse detailinformatie beschikbaar is over het aantal verkochte kachels, geeft deze berekeningsstap de mogelijkheid om jaarlijks een nieuwe schatting te maken van het aantal kachels dat geplaatst wordt. De aantallen geplaatste kachels die uit het model volgen, zijn vergeleken met het rapport van Bio Intelligence service [1], waaruit blijkt dat de aantallen in het model tot ongeveer een factor twee hoger liggen in vergelijking met de aantallen die in het rapport gemeld worden. In [1] wordt als databron de industrie genoemd, het rapport omschrijft het als 'data of schatting afgegeven door producenten of brancheverenigingen door middel van enquêtes of direct contact'. Echter voor het model zijn niet de aantallen verkochte kachels van belang, maar de actuele kachels die in Nederland aanwezig zijn.

### 2.2.2 *Van aantal nieuw geplaatste kachels naar kachelpark*

Naast de plaatsing van nieuwe kachels zullen ook jaarlijks oude kachels worden vervangen of worden afgedankt. In het model wordt uitgegaan van een gemiddelde levensduur van een kachel gemiddeld tussen de 20 en 35 jaar, afhankelijk van het type kachel. De gemiddelde levensduur is omgezet naar een uitvalparameter, waarmee wordt weergegeven na hoeveel jaren welk percentage van de verkochte kachels niet meer in gebruik is. Door deze uitvalparameter te combineren met aantal nieuw geplaatste kachels, bepaald het model hoeveel kachels er nog uit een bepaald jaar in het huidige kachelpark aanwezig is. Deze waarden worden gesommeerd voor alle voorgaande jaren om tot een kachelpark in een bepaald jaar te komen. De uitkomsten van het model zijn gekalibreerd met behulp van de data uit onderzoeken [3], [4] en [6], zodanig dat de modeluitkomsten binnen een redelijke marge van de onderzoeken terecht komt.

### 2.2.3 *Van kachelpark naar brandstofverbruik en emissies*

Het ontwikkelde model veronderstelt dat alle toestellen en haarden die in Nederland aanwezig zijn ook daadwerkelijk gebruikt worden. Bij het gebruik worden per type kachel een bepaald aantal stookuren, brandstofverbruik per uur verondersteld, en op basis hiervan wordt het brandstofgebruik per type kachel in een gegeven jaar berekend. De op deze manier verkregen hoeveelheid brandstof wordt per kacheltipe vermenigvuldigd met specifieke emissiefactoren. Verdere uitleg over de berekening van de emissies wordt gegeven in hoofdstuk 3.

De uitkomsten van het brandstofverbruik is vergeleken met de uitkomsten van de onderzoeken [3], [4], [5] en [6] alsmede met de eerder opgegeven waardes uit de emissieregistratie. Ook hierbij is het model aangepast, indien de waardes niet voldoende overeen kwamen met de uitkomsten van de onderzoeken.

## 2.3 **Beschrijving van de model variabelen**

De verschillende variabelen die in paragraaf 2.2 genoemd zijn, zullen hieronder verder uitgelegd worden.

### 2.3.1 *Woningaantallen*

De woningaantallen voor de jaren 1990-2008 zijn gebaseerd op de woningvoorraadgegevens van het SYSWOV, voor zo ver deze bekend zijn. Enkele data uit deze periode waren niet bekend en zijn op basis van de trend berekend. De SYSWOV woningvoorraad gegevens zijn overgenomen uit de rapporten van ABF Research [2]. De woningvoorraad van voor 1990 is constant verondersteld op een geschatte waarde met als doel het model startpunt te geven. Binnen de SYSWOV data zijn vier typen woningen te onderscheiden. Er wordt onderscheid gemaakt in huur- en koopwoningen, maar ook in één- of meergezinswoningen (onder de laatste categorie vallen appartementen en flats). Deze indeling is gevolgd in het model, omdat uit onderzoeken blijkt dat de verschillende woningtypen niet op dezelfde manier bijdragen aan het kachelpark, zie hiervoor paragraaf 2.3.2.

### 2.3.2 *Nieuw geplaatste kachels per woning*

In het model wordt jaarlijks het aantal nieuw geplaatste kachels bepaald met behulp van een 'plaatsings-fractie' die afhankelijk is van het type woning. Deze factoren zijn zodanig geselecteerd dat ze zorgen (samen met de uitval) voor een gemodelleerd kachelpark, welke overeenkomt met eerdere onderzoeken naar houtkachels in Nederland (zie [3], [4] en [6]). Uit het rapport van Hulskotte [3], blijkt dat in koopwoningen ongeveer 4 maal meer kachels staan opgesteld dan in huurwoningen. In het CBS rapport over houtverbruik bij huishoudens [4] wordt berekend dat er ongeveer 70 duizend kachels beschikbaar zijn in een totaal van 1,3 miljoen meergezinswoningen. Hieruit volgt dat in meergezinswoningen 20 maal minder kachels staan dan in de eengezinswoningen. Als deze verhoudingen aangenomen worden, volgt de in Tabel 1 gegeven verdeling van kachels over de verschillende woningtypen.

Tabel 1 Verdeling van de totale hoeveelheid kachels in Nederland over de verschillende type woningen

Woningtype	fractie
Koop Eengezins	0,76
Koop Meergezins	0,04
Huur Eengezins	0,19
Huur Meergezins	0,01



Bovenstaande fracties worden gebruikt om te bepalen hoeveel nieuwe kachels er jaarlijks aan het bestaande kachelpark worden toegevoegd. Hiermee is per woningtype een 'plaatsingsfractie' bepaald, op zodanige wijze dat de relatieve bijdrage per woningtype gelijk is aan de verhouding in Tabel 1.

Afhankelijk van het jaar wordt (op basis van de tot op heden gehanteerde methodiek) aangenomen dat in meergezins-huurwoningen 2-3 nieuwe kachels per 10.000 woningen werden geplaatst en in eensgezins-koopwoningen 65-110 nieuwe kachels per 10.000 woningen. De waarden voor eensgezins-huurwoningen en de meergezins-koopwoningen vallen binnen de hiervoor genoemde uitersten: 23-60 nieuwe kachels per 10.000 woningen.

Vanaf 2007 wordt in het model aangenomen dat de hoeveelheid nieuw geplaatste kachels per 10.000 woningen (zie Tabel 2) constant blijft. Zodra er een nieuwe enquête wordt uitgevoerd naar aantallen kachels en het stookgedrag kunnen deze waarden worden aangepast.

Tabel 2 Aantal jaarlijks nieuw geplaatste kachels per 10.000 woningen vanaf 2007

Woningtype	Kachels/ 10000 woningen
Koop Eengezins	77
Koop Meergezins	27
Huur Eengezins	43
Huur Meergezins	2,4

### 2.3.3 *Kacheltypes en soorten*

Omdat het ontwerp van de kachel of haard het rendement en het stookgedrag bepalen wordt in het model onderscheid gemaakt in drie verschillende soorten kachels;

- De vrijstaande kachel
- De inzet of inbouw haard
- De open haard

Voor de inbouwkachels en de vrijstaande kachels is een verdere onderverdeling gemaakt;

- Conventioneel
- Verbeterd
- DINplus

De open haard kent geen onderverdeling.

Het type 'conventioneel' is vergelijkbaar met de in de huidige berekeningsmethodiek gebruikte categorie 'ongekeurde kachels' [3]. De in de huidige methodiek genoemde 'gekeurde kachels' worden in het nieuwe emissiemodel als type 'verbeterd' benoemd. De typekeuring voor kachels (die in het huidige model werd gebruikt) is een aantal jaren geleden afgeschaft en zodoende niet meer actueel.

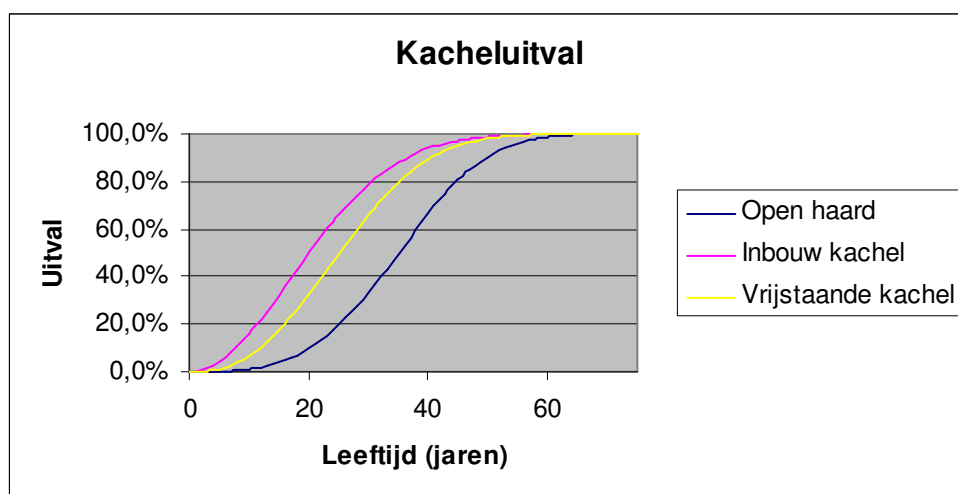
De nieuwste type kachels zijn ontworpen om zo efficiënt mogelijk hout te verbranden. Deze kachels worden in heel Europa verkocht en voldoen aan de strengste normen. Een van de strengste normstellingen in Europa is de DINplus norm, die in Duitsland gebruikt wordt. Daarom is deze norm als naamstelling voor het schoonste type kachel gebruikt.

### 2.3.4 Type verdeling in de nieuw geplaatste kachels

Om een verschil in soorten en typen kachels in het model te brengen, is een differentiatie noodzakelijk van het aantal nieuw geplaatste kachels. Omdat gegevens met betrekking tot de typeverdeling schaars zijn is er in het model voor gekozen de typeverdeling per periode van 5 jaar constant te houden.

### 2.3.5 Uitval

Het kachelpark wordt niet alleen bepaald door de nieuw geplaatste kachels. Elk jaar zullen ook kachels uit het park verdwijnen bijvoorbeeld door technische mankementen of omdat de woning verandert van eigenaar. Deze uitval van kachels is in het model ingebracht doormiddel van Weibull-verdelingen voor de verschillende kacheltypen (zie Figuur 1).



Figuur 1 Weibull verdelingen voor kacheluitval

In Tabel 3 zijn de specifieke parameters voor de verschillende uitvalcurves weergegeven.

Tabel 3 Parameters ten behoeve van uitvalcurves

Kacheltipe	Lambda	Kappa	Mediane levensduur
Open haard	3,9	3,4	35 jaar
Conventionele Inbouwkachel	2,4	2	20 jaar
Verbeterde Inbouwkachel	2,4	2	20 jaar
DINplus Inbouwkachel	2,4	2	20 jaar
Conventionele Vrijstaande kachel	2,9	2,5	25 jaar
Verbeterde Vrijstaande kachel	2,9	2,5	25 jaar
DINplus_Vrijstaande_kachel	2,9	2,5	25 jaar

De in Tabel 3 genoemde levensduur is in vergelijking met de gemiddelde levensduur uit [1] ongeveer 5 tot 10 jaar langer. In het model is toch voor deze langere levensduur gekozen omdat de daarmee de kachelaantallen in het model overeenkomen met eerdere steekproeven.

### 2.3.6 *Kachelrendementen*

Het rendement van de kachel is de fractie van de verbrandingswarmte van hout die effectief wordt afgegeven aan de ruimte waarin de kachel staat opgesteld. In Tabel 4 zijn de rendementen zoals die in het kachelmodel zijn opgenomen weergegeven.

Tabel 4 Kachelrendementen

Kachelnaam	Rendement
Open haard	10%
Conventionele Inbouwkachel	45%
Verbeterde Inbouwkachel	70%
DINplus Inbouwkachel	80%
Conventionele Vrijstaande kachel	50%
Verbeterde Vrijstaande kachel	75%
DINplus_Vrijstaande_kachel	80%

Uitgaande van een stookwaarde van 15,5 MJ/kg verstoekt hout, komt er bij een rendement van 10% dus per kg verstoekt hout 1,55 MJ aan warmte energie vrij in de ruimte, de overige warmte (13,95 MJ) verdwijnt via de schoorsteen. Hoewel vele fabrikanten beweren dat het rendement van de DINplus uitvoeringen kan oplopen tot 90 á 95% is in het model uitgegaan van een rendement van is 80%. De reden hiervoor is dat het optimale rendement maar zelden gehaald wordt door een gebruiker, omdat deze niet de optimale stook condities kent of ze niet kan/wil toepassen. Door het verlaagde rendement wordt als het ware gecorrigeerd voor een sub optimaal stookgedrag bij de gemiddelde gebruiker.

### 2.3.7 *Brandstofverbruik per uur*

In de studies [3], [4] en [5] worden waarden gegeven voor het brandstofverbruik per uur. Deze data zijn gemiddeld per type kachel. In het model is aangenomen dat dit gemiddelde geldig is voor de conventionele kachels en de open haarden. Voor de andere kacheltypes is een correctie uitgevoerd voor het (hogere) rendement. Deze correctie is doorgevoerd, omdat een hoger rendement betekent dat een kachel meer warmte afgeeft bij eenzelfde hoeveelheid hout die verstoekt wordt. Om een vergelijkbaar warmte gevoel te creëren, zal dus minder hout verstoekt hoeven te worden. In Tabel 5 is het houtverbruik per uur per type kachel weergegeven.

Tabel 5 Houtverbruik per uur

Kachelnaam	Brandstofgebruik
Open haard	3 kg/uur
Conventionele Inbouwkachel	1,6 kg/uur
Verbeterde Inbouwkachel	1,03 kg/uur
DINplus Inbouwkachel	0,9 kg/uur
Conventionele Vrijstaande kachel	1,8 kg/uur
Verbeterde Vrijstaande kachel	1,2 kg/uur
DINplus_Vrijstaande_kachel	1,13 kg/uur

### 2.3.8 *Stookuren per jaar*

Het aantal stookuren per jaar zal jaarlijks variëren onder andere afhankelijk van de weersomstandigheden en het imago van hout stoken. Het is daarom in het model ook mogelijk gemaakt om het aantal stookuren per jaar op te geven. Het jaarlijks aantal

stookuren is bepaald op basis van de onderzoeken [3], [4], [5] en [6]. Eventuele ontbrekende jaren zijn geïnterpoleerd. Ook het aantal stookuren per kacheltipe is hierbij gedifferentieerd waarbij de verbeterde en DINplus kachels wederom gecorrigeerd worden voor het rendement. Bij deze correctie is aangenomen dat gebruikers van hoger rendementskachel deze jaarlijks meer uren gebruiken dan gebruikers van conventionele kachels en open haarden. Aangenomen is dat de correcties voor brandstofgebruik per uur en het aantal stookuren elkaar opheffen, hierdoor verschilt het houtgebruik per jaar binnen één kacheltipe niet.

## 3 Emissiefactoren

### 3.1 Inleiding

De emissies door houtverbruik in kachels worden berekend met de volgende formule:

$$Emissie_{stof} = \sum_{kacheltype} Houtverbruik_{kacheltype} \times Emissiefactor_{kacheltype, stof}$$

Dit houdt in dat voor elke gerapporteerde stof een berekening gemaakt wordt per type kachel. Per type kachel wordt het houtverbruik berekend in het model, dit houtverbruik wordt vermenigvuldigd met de emissiefactor voor dit type kachel en de specifieke stof. Vervolgens worden de stofspecifieke emissies van de verschillende kacheltypes bij elkaar opgeteld om de totale emissies van deze stof voor alle kachels in Nederland te bepalen.

In dit hoofdstuk wordt voor verschillende (type) stoffen omschreven welke emissiefactoren gebruikt worden. Indien de emissiefactoren gelijk gehouden zijn aan de in de emissieregistratie gebruikte emissiefactoren zijn deze niet verder toegelicht. Informatie hierover is beschikbaar in [3]. Alle gebruikte emissiefactoren zijn vermeld in bijlage A. De berekende emissies zijn gerapporteerd in paragraaf 4.3.

### 3.2 Fijn stof

Bij de verbranding van hout ontstaat stof in de vorm van vaste (as)deeltjes. Op deze deeltjes kunnen bij afkoeling van de verbrandingsgassen andere verontreinigingen (zoals o.a. Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen PAK) condenseren. De meting van de stofemissie van kachels kan daarom ook op twee manieren worden uitgevoerd: stof bepaald als “solid particles” of stof bepaald volgens de “dilluted tunnel” methode. De eerst genoemde methode meet het stof in de niet afgekoelde afgassen en houdt dus geen rekening met PAK, condenseerbare koolwaterstoffen en andere stoffen die gemakkelijk aan roetdeeltjes condenseren bij afkoeling in het rookkanaal. Bij de tweede meetmethode wordt een deelstroom van het rookgas verdunt met koude lucht zodat deze afkoelt en meet vervolgens alle deeltjes die ook zullen ontstaan als de afgassen in de buitenlucht afkoelen. Alle PAK, koolwaterstoffen en andere stoffen die aan roetdeeltjes condenseren worden in deze meting meegenomen. Het verschil in gemeten stofconcentraties volgens deze twee meetmethoden kan oplopen tot een factor 8 verschil [7].

Aangezien in de huidige methode voor de schatting van de stofemissies uit houtkachels binnen de Nederlandse emissieregistratie de (condenseerbare) koolwaterstoffen niet worden meegenomen is de nieuwe schattingsmethode vooral gebaseerd op de metingen volgens de ‘solid particle’ methode. Daarbij dient vermeld te worden dat niet alle literatuurbronnen aangeven welke meetmethode gebruikt is bij de bepaling van emissiefactoren.

De emissiefactoren in de onderzochte literatuurbronnen variëren van 0,1 g/kg tot 30 g/kg. De laagste waarde is bepaald op basis van de ‘solid particle’ methode onder de best mogelijke omstandigheden. De hoogste waarde is bepaald op basis van een ‘dilluted tunnel’ meting, waarbij de verbrandingscondities niet werden gespecificeerd.

Naast deze variatie in emissiefactoren ontbreekt in vrijwel alle literatuur een specificatie van kacheltype. Vanwege deze ambigue informatie in de literatuur is besloten om de huidige emissiefactoren voor fijn stof voor de conventionele en verbeterde kachels in het nieuwe model te handhaven. Voor de DINplus kachels is besloten om de emissiefactor van 0,8 g PM<sub>10</sub>/kg hout uit [8] over te nemen. Hierbij is aangenomen dat alle stof vanuit deze kachels kan worden gekarakteriseerd als fijn stof (PM<sub>10</sub>). Deze emissiefactor ligt tevens goed in de range van de in de literatuur gevonden waarden voor 'typical practice' en 'best practice' voor 'solid particle' metingen. Voor PM<sub>2,5</sub> is dezelfde fractie van PM<sub>10</sub> aangehouden die ook voor open haarden, conventionele en verbeterde kachels is toegepast. Deze fractie van 0.95 is verkregen uit [9] en levert een PM<sub>2,5</sub> emissiefactor op van 0,76 g PM<sub>2,5</sub>/kg hout.

### 3.3 Koolmonoxide

Koolmonoxide ontstaat bij de onvolledige verbranding van hout. Hoe beter de verbranding hoe minder koolmonoxide. Daarom wordt een grote range van emissiefactoren voor koolmonoxide in de literatuur gevonden [10]. Waarden variëren van 300 g/GJ tot 6500 g/GJ verbrand hout (4,65 g/kg hout tot 101 g/kg hout, 95% betrouwbaarheidsinterval). Aangezien de huidige emissiefactoren van de conventionele (100 g/kg hout) en de verbeterde kachels (60 g/kg hout) goed passen binnen de in de literatuur gevonden waarden worden deze overgenomen in het nieuwe model. Voor de DINplus kachels wordt in het nieuwe model de emissiefactor voor 'advanced stoves' uit [10] gebruikt (3000 g/GJ ≈ 45 g/kg hout). Waarschijnlijk is het in theorie mogelijk om een lagere uitstoot te halen, maar verondersteld is dat het gemiddelde Nederlandse stookgedrag niet altijd optimaal is.

### 3.4 NMVOS

Emissiefactoren voor NMVOS uit houtverbranding zijn schaars in de literatuur. Waarden in een range van 0,02 tot 31 g/kg verbrand hout worden gerapporteerd waarbij meestal geen vermelding van het kacheltype is gegeven. De laagste waarde wordt opgegeven voor een moderne hout boiler. Op basis van voornoemde waarden is besloten om de emissiefactoren in het nieuwe model gelijk te houden aan de factoren die tot op heden werden gebruikt (voor de conventionele en de verbeterde kachels). Voor de DINplus kachels is aan het model een emissiefactor van 250 g/GJ verbrand hout (≈ 3,9 g/kg hout) uit [10] toegevoegd.

### 3.5 PAK

Binnen het huidige schattingsmodel van de emissieregistratie wordt een rekenformule gebruikt om de emissiefactor voor totaal PAK uit houtverbranding te berekenen uit de emissiefactor voor CO. Deze rekenformule wordt in het nieuwe model overgenomen en ook toegepast voor de DINplus kachels:

$$EF_{PAK}^{DIN+} = 10 + \frac{EF_{CO}^{DIN+}}{1,25} = 10 + \frac{45}{1,25} = 46 \text{ g/kg hout}$$

De totaal PAK emissie wordt in het model vervolgens toebedeeld aan 10 individuele PAK volgens de VROM definitie. Voor het vaststellen van de individuele PAK die vrijkomen bij huishoudelijke houtverbranding, wordt een standaard profiel gebruikt,

welke ook gebruikt is voor de PAK emissies bij open haarden en conventionele en verbeterde kachels (zie [3]). Volgens de EPRTR moet ook de emissie van Benzo(b)fluorantheen opgegeven worden, welke niet onder de 10 van VROM valt. Volgens [10] is de uitstoot van Benzo(b)fluorantheen vergelijkbaar met die van Benzo(a)pyreen. Zodoende zijn de emissiefactoren van Benzo(b)fluorantheen berekend door de reeds gebruikte emissiefactoren van Benzo(a)pyreen te vermenigvuldigen met de verhouding tussen beide PAK uit [10].

### 3.6 Condenseerbare koolwaterstoffen

De emissiefactor voor condenseerbare koolwaterstoffen ( $KWS_{cond}$ ) is overgenomen uit [8]. In dit rapport worden de  $KWS_{cond}$  aangegeven als  $C_xH_y$ , en de emissiefactor voor  $KWS_{cond}$  bedraagt 1,24 g/kg hout.

### 3.7 Metalen

De metaal emissies van houtverbranding kunnen worden afgeleid uit de emissies van stof. In [11] wordt een karakterisering van het metaalgehalte van het fijn stof uit houtverbranding gegeven. In het onderzoek zijn de resultaten van de verbranding van verschillende houtsoorten en briketten samengebracht waardoor het gemiddelde metaalgehalte van fijn stof kon worden bepaald. In Tabel 6 is de gemiddelde waarde in gewichtsprocenten van de  $PM_{10}$  fractie weergegeven.

Tabel 6 Gemiddelde gewichtsfractie van verschillende metalen in de  $PM_{10}$  fractie

Metaal	Gewichtspercentage
Cadmium	0,003%
Koper	0,023%
Lood	0,005%
Zink	0,048%

De genoemde gewichtsfracties zijn gecombineerd met de  $PM_{10}$  emissiefactor van de verbeterde kachels (1,5 g/kg) om de emissiefactoren voor zware metalen te bepalen (zie Tabel 7). Hierbij is verondersteld dat de emissie van metalen meer afhangt van de hoeveelheid verbrand hout dan van het type kachel. De berekende emissiefactor is voor alle typen kachels hetzelfde.

Tabel 7 Emissiefactoren voor metalen uit houtverbranding

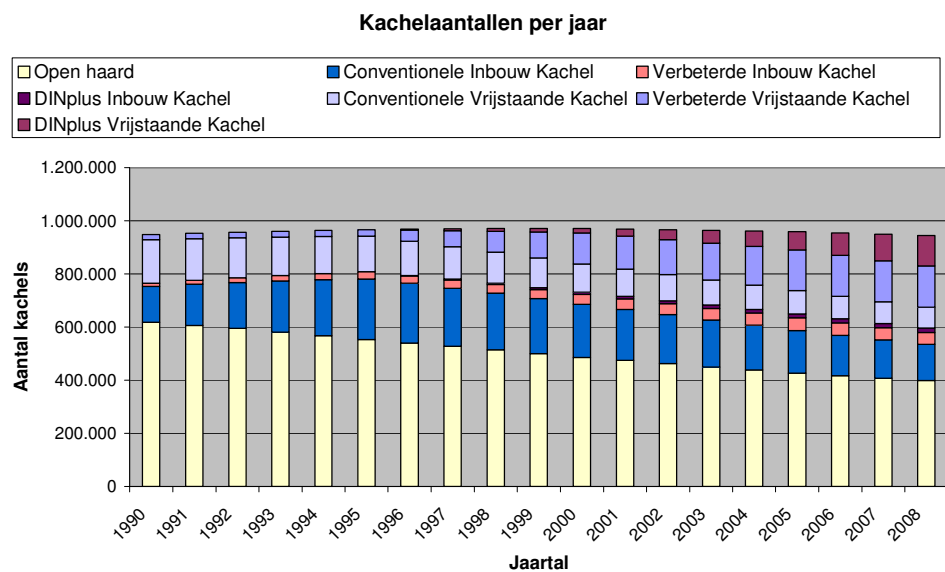
Metaal	Emissiefactor (mg/kg)
Cadmium	0,050
Koper	0,34
Lood	0,073
Zink	0,72

## 4 Resultaten

Op basis van de in de vorige hoofdstukken genoemde parameters en aannames is het nieuwe emissiemodel opgesteld en uitgebreid getest en zijn de resultaten vergeleken met de uitkomsten zoals die in het verleden werden berekend. In de volgende paragrafen zijn de resultaten beschreven.

### 4.1 Kachelpark

De opbouw van het kachelpark volgens het nieuwe model is weergegeven in Figuur 2 voor de jaren 1990 tot en met 2008.



Figuur 2 Kachelaantallen per jaar

Figuur 2 laat een afname van het aantal open haarden zien in de loop van de jaren, hetgeen te verklaren is uit de bewustwording van de nadelen van de open haard die heeft geleid tot de vervanging door gas gestookte haarden (en eventueel door een kachel).

Verder laat Figuur 2 zien dat eerst de 'verbeterde kachels' en daarna de 'DINplus kachels' in aantallen zijn toegenomen. De toename van de 'verbeterde kachels' is voornamelijk toe te schrijven aan het kachelkeurmerk, wat verplicht was voor elke nieuwe kachel tussen 1996 en 2005. Verder worden steeds meer kachels voor de hele Europese markt gemaakt, waardoor deze aan de strengste kwaliteitseisen moeten voldoen.

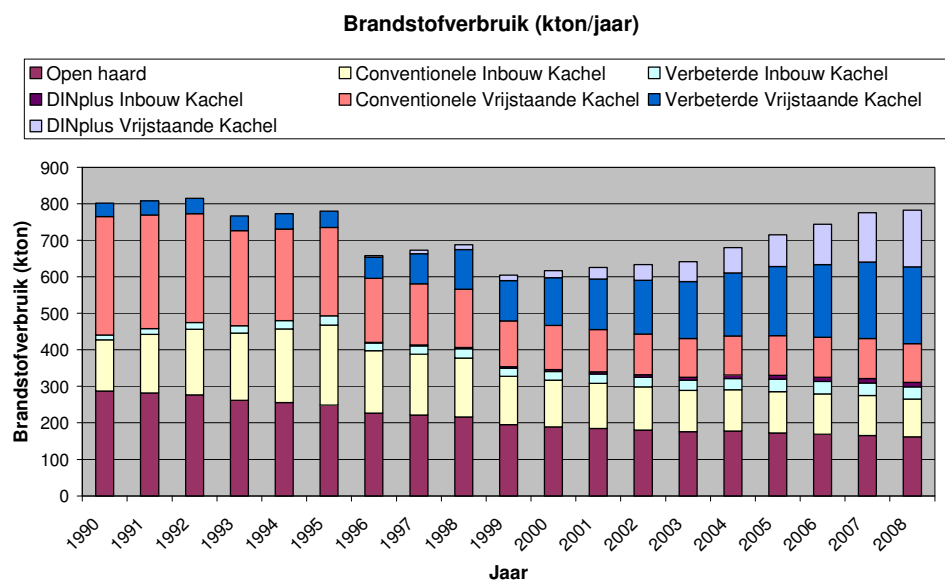
In de eerdere studies ([3], [4], [5] en [6]) werden schattingen gemaakt van het aantal kachels in Nederland tussen de 800.000 en 1.300.000. Een groot deel van deze verschillen heeft te maken met de gehanteerde bepalingsmethode. In sommige studies tellen alle kachels mee, andere tellen alleen de in gebruik zijnde kachels mee. In deze studie zijn alleen de in gebruik zijnde kachels meegenomen in het model.



Bij de bouw van het nieuwe model is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de eerdere studies, zodat de model output voor de historische jaren goed overeenkomt met het tot op heden gehanteerde model. De vergelijking van de kachelaantallen per jaar in de twee modellen laat zien dat (rekeninghoudend met de onnauwkeurigheid en de correctie voor gebruikte kachels) de verschillen binnen de geschatte onnauwkeurigheid (80.000 á 100.000 kachels) volgens [4] vallen.

## 4.2 Jaarlijks houtverbruik

Voor de berekening van het brandstofverbruik is gebruik gemaakt van het aantal stookuren per jaar. Het aantal stookuren per jaar is op basis van periodieke historische onderzoeken vastgesteld. Voor de jaren waarin geen nieuwe waarden voor het aantal stookuren beschikbaar waren, bepaalde de groei van het aantal kachels het houtverbruik. Wanneer in navolgend onderzoek een hoger of lager aantal stookuren werd bepaald is deze waarde aangehouden voor een aantal jaren. Deze werkwijze verklaart het zaagtand verloop in de grafiek.



Figuur 3 Houtverbruik per jaar

Verder valt op in Figuur 3 dat het houtgebruik van de open haarden relatief laag is. Dit vindt zijn oorsprong in de aanname dat open haarden vooral als sfeerverwarming worden gebruikt, terwijl vrijstaande kachels (en inbouw kachels in mindere mate) in belangrijke mate worden gestookt voor ruimteverwarming.

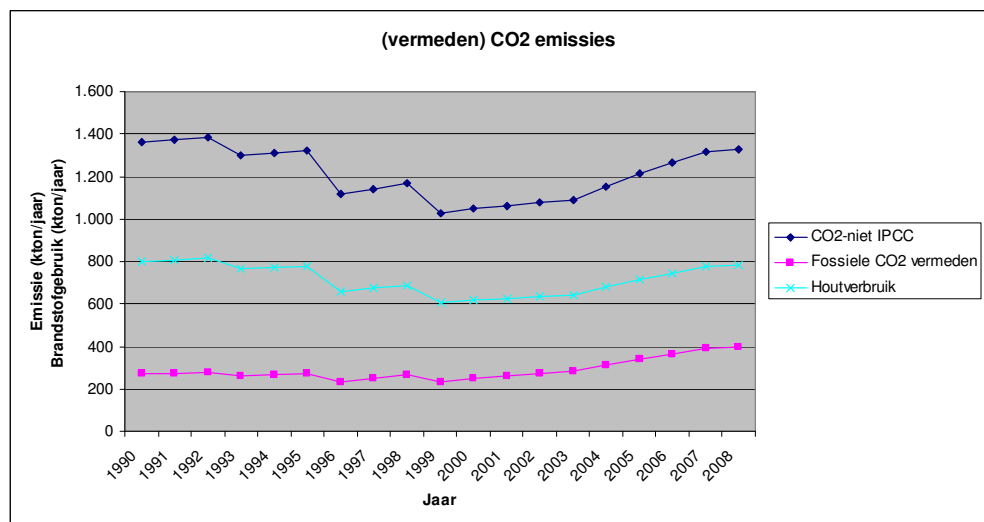
Binnen de Nederlandse emissieregistratie is tot op heden een trend gerapporteerd die min of meer afloopt van 800 kiloton in 1990 tot 600 kiloton in 2003 (na 2003 is een constante waarde gerapporteerd). In de literatuur ([3], [4], [5] en [6]) wordt het houtverbruik geschat tussen de 600 en 1000 kiloton. In de meest recente studie [4] met een berekening van het houtverbruik die geijkt is op de winter van 2006-2007, blijkt dat er ongeveer 800 kiloton per jaar verstoekt wordt. Het, in het model berekende, houtverbruik komt hiermee goed overeen. Tevens komen de resultaten voor de historische jaren ook goed overeen met de resultaten volgens de huidige methodiek.

### 4.3 Emissies

In Bijlage B is een tabel opgenomen met alle emissies uit de steekjaren en 2007 zoals berekend met het nieuwe model. Bij de beschouwing van de emissies die volgen uit het model, is geen complete vergelijking gemaakt van de emissies die eerder in de emissieregistratie is opgenomen, wel is voor de belangrijkste stoffen gecontroleerd of de historische emissies vergelijkbaar zijn met de emissies uit het model.

#### 4.3.1 *CO<sub>2</sub> emissie en CO<sub>2</sub> besparing*

In Figuur 4 wordt een overzicht gegeven van de emissies van CO<sub>2</sub> uit het verbranden van hout. De emissie van CO<sub>2</sub> uit kachels is rechtevenredig met het houtverbruik. Daar hout een hernieuwbare energiebron is (en de CO<sub>2</sub> emissie uit hout niet meetelt voor de verplichtingen onder het Kyoto protocol) draagt de houtverbranding bij aan de reductie van broeikasgassen in Nederland. Inzet van hout in kachels draagt bij aan de afname van de inzet van fossiele brandstoffen. Derhalve is in de figuur ook de hoeveelheid vermeden fossiele CO<sub>2</sub> door de inzet van hout in kachels weergegeven.



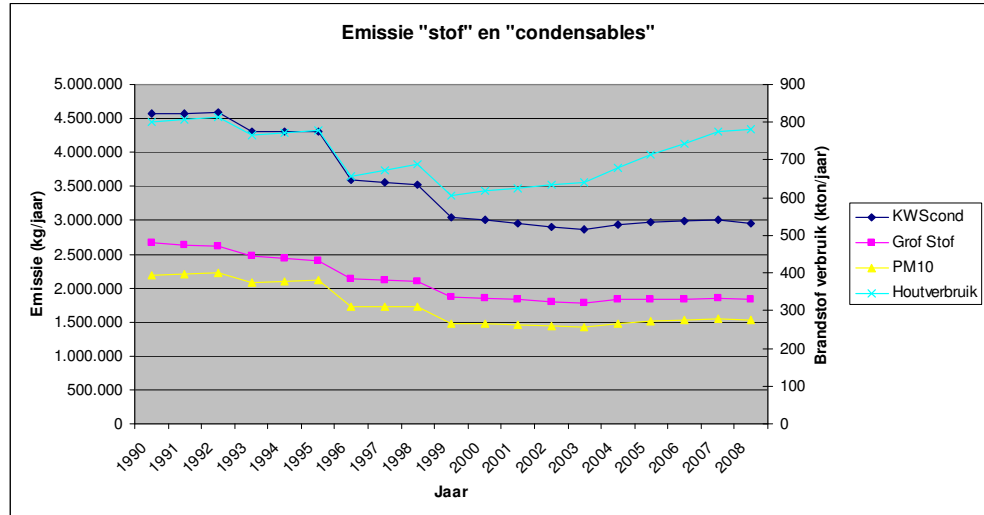
Figuur 4 Emissie van CO<sub>2</sub> en vermeden emissies van CO<sub>2</sub> door uitsparing fossiele energie

De hoeveelheid vermeden fossiele CO<sub>2</sub> is berekend door de nuttige warmte opbrengst van de houtkachels om te rekenen naar de hoeveel aardgas die daarvoor nodig is en de daarmee gepaard gaande CO<sub>2</sub> emissie [12]. Uit de grafiek blijkt dat de hoeveelheid vermeden CO<sub>2</sub> sneller toeneemt dan de hoeveelheid verstoekt hout. Dit is toe te schrijven aan de toename van kachels met een hoog rendement en de afname van de kachels met lage rendementen. Hierdoor wordt er meer warmte uit het verstoekte hout gewonnen. In [12] wordt meer informatie gegeven over de vermeden fossiele CO<sub>2</sub>.

Indien de CO<sub>2</sub> uitstoot volgens het nieuwe model (varierend tussen 1.030 kton en 1.380 kton CO<sub>2</sub> per jaar) vergeleken wordt met de huidige cijfers uit de emissieregistratie (varierend tussen 960 kton en 1.360 kton CO<sub>2</sub> per jaar), dan blijkt dat deze een vergelijkbare trend vertonen. De laagste uitstoot wordt in beide methodes berekend voor het jaar 1999 en ook de emissieverloop over de jaren is eveneens vergelijkbaar.

#### 4.3.2 Emissies van stof en condenseerbare koolwaterstoffen

Ongeveer 4% van de fijn stof emissie in Nederland wordt veroorzaakt door houtkachels. In Figuur 5 wordt de trend weergegeven van de fijn stof uitstoot, alsmede de emissies van grof stof en de condenseerbare koolwaterstoffen ( $KWS_{cond}$ ).

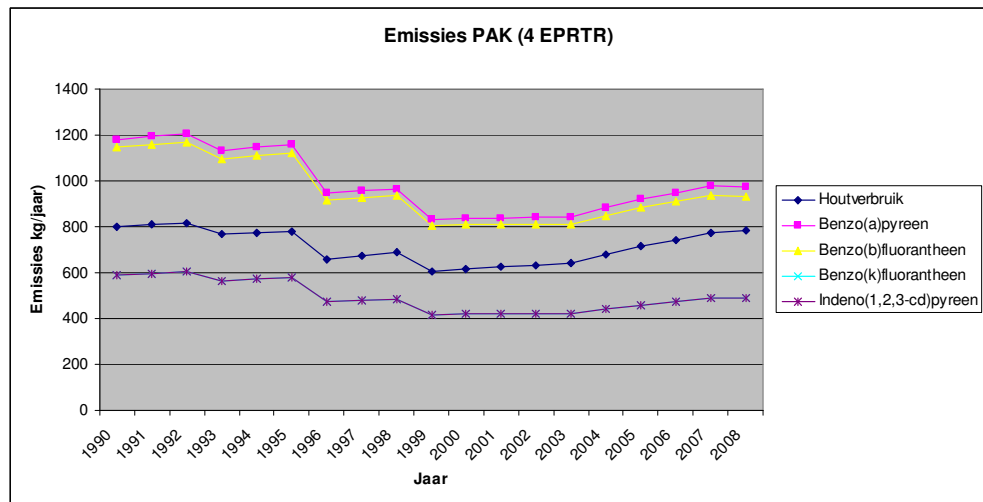


Figuur 5 Emissie van stof en  $KWS_{cond}$

De uitstoot van fijn stof is in de periode 1990 tot 1999 gedaald van 2.200 ton naar 1.500 ton. Daarna stabiliseert de emissie ondanks een stijging in houtgebruik. Dat de toename van houtgebruik niet heeft geleid tot een toename in emissie is te verklaren door de verandering in het kachelpark. Het aandeel “schonere” kachels in het kachelpark is in de loop der jaren steeds groter geworden. Hierdoor wordt de verbranding van hout schoner en dus de uitstoot per kg brandstof minder. Voor grof stof- en de  $KWS_{cond}$  emissies is daarom een zelfde trend te zien. Vergelijking van de nieuwe model resultaten met de emissieregistratie laat zien dat de emissies van houtkachels van beide methoden in dezelfde range liggen.

#### 4.3.3 Emissies van PAK (4 EPTR)

In het model worden de emissies van 11 individuele PAK berekend. Hiervan zijn 4 PAK belangrijk daar deze binnen Europees kader aan de EPTR moeten worden gerapporteerd. Dit zijn; Benzo(a)pyreen, Benzo(k)fluorantheen, Indeno(1,2,3-cd)pyreen en Benzo(b)fluorantheen. In Figuur 6 worden de emissies van PAK gepresenteerd.

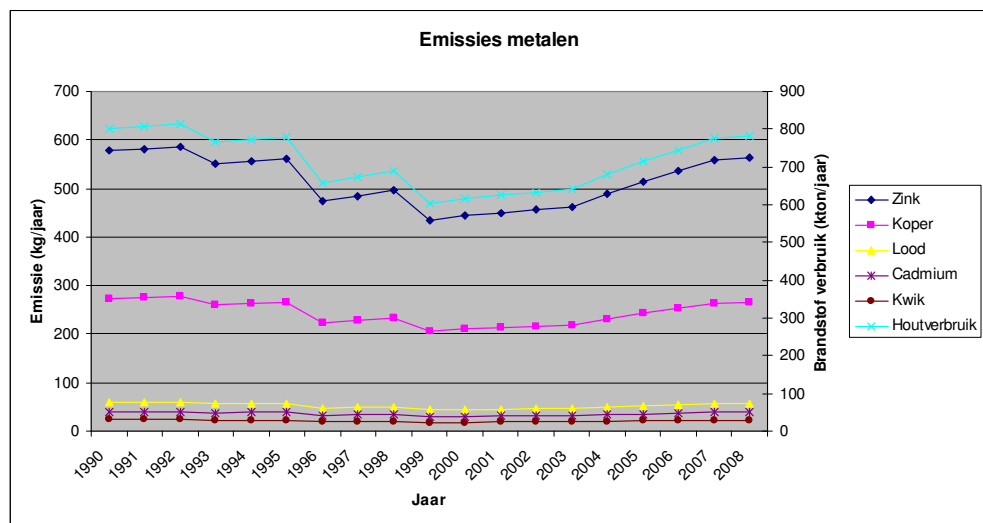


Figuur 6 PAK (4 EPTR) emissies

De emissies van PAK zijn niet direct gerelateerd aan het houtverbruik, naar mate er meer “schonere” kachels in het parkmodel zitten, wordt de gemiddelde emissie minder.

#### 4.3.4 Metaalemissies

De emissies van de metalen die berekend worden in het houtkachelmodel, zijn gepresenteerd in Figuur 7.

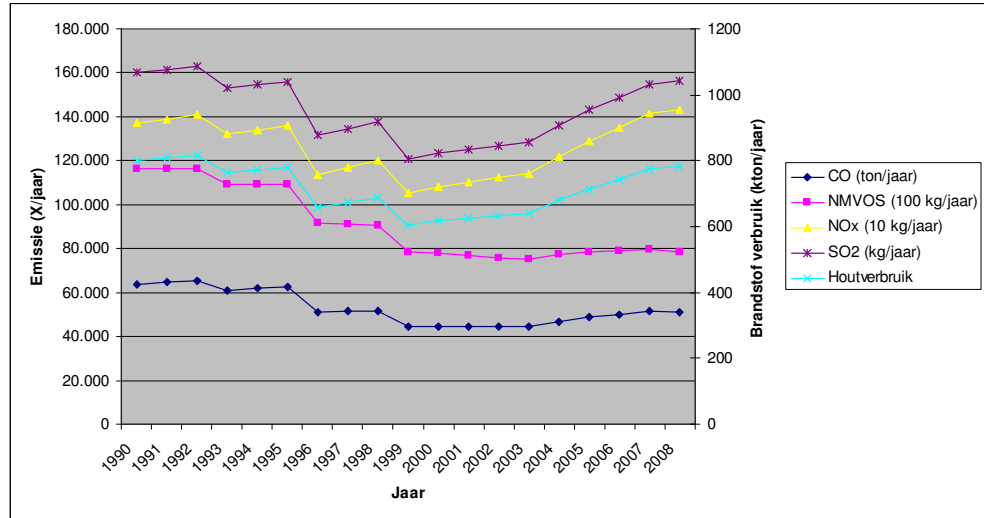


Figuur 7 Emissies van metalen

De emissies van metalen zijn gekoppeld aan het houtverbruik en volgen de trend in het houtgebruik. De emissies berekend in het nieuwe model zijn over het algemeen lager dan in de huidige methodiek. Dit wordt veroorzaakt door de aanpassing (naar beneden) van de emissiefactoren voor de metalen zink, koper, lood en cadmium.

#### 4.3.5 Emissie van CO, NMVOS, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>

In Figuur 8 is de trend in de emissies van de stoffen koolmonoxide (CO), niet-metaan vluchtige organische stoffen (NMVOS), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) weergegeven.



Figuur 8 Emissie van CO, NMVOS, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>

De uitstoot van de stoffen SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> zijn gekoppeld aan het brandstofverbruik en volgen de trend in houtverbruik. Voor CO en NMVOS zorgt de toename van het aantal verbeterde- en de DINplus kachels ervoor dat de emissie minder snel stijgt dan de stijging in brandstof gebruik. Aangezien er geen aanpassingen geweest zijn voor de emissiefactoren van NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> en de emissiefactoren rechtstreeks gekoppeld zijn aan het brandstofgebruik, is er nauwelijks afwijking ten opzichte van de eerdere cijfers die door de emissieregistratie zijn opgegeven. Voor de emissie van CO en NWVOS geldt dat er fluctaties (zowel naar boven als naar beneden) zijn. Deze afwijkingen zijn een gevolg van de manier van modelleren en het feit dat niet exact dezelfde aantallen kachels en hoeveelheid brandstof is meegenomen in de berekening.

## 5 Onderhoud Model

### 5.1 Inleiding

Het nieuw ontwikkelde kachelmodel berekent jaarlijks het aantal kachels in Nederland en het bijbehorend houtverbruik. Op dit moment is het model compleet voor de periode 1990-2008. In de navolgende paragrafen wordt beschreven welke informatie nodig is om nieuwe jaren toe te voegen in het model. Een deel van de informatie komt niet jaarlijks beschikbaar en zal in die gevallen gelijk aan het voorafgaande jaar worden gehouden.

### 5.2 Woningaantallen

De aantallen woningen (van de te onderscheiden typen) worden jaarlijks door het SYSWOV [2] bepaald. Dit is de meest basale jaarlijkse input voor het model. Alleen al op basis van deze variabele kan een inschatting gemaakt worden van het kachelpark en het bijbehorende houtverbruik.

### 5.3 Kachelpark updaten

Om het kachelpark te verbeteren, zullen twee variabelen in het model gewijzigd moeten worden:

- Gemiddeld aantal kachels per woning
- Kacheltype verdeling over de woningtypen

Deze factoren kunnen alleen gewijzigd worden op basis van nieuwe gegevens over de kachel afzet in een specifiek jaar of als er een nieuwe enquête is uitgevoerd naar het totale aantal kachels in Nederland. Deze informatie is niet jaarlijks beschikbaar en wordt constant gehouden totdat er nieuwe informatie is om het model mee bij te werken.

### 5.4 Houtverbruik

Het aanpassen van het houtverbruik kan eigenlijk alleen geschieden als er door middel van een nieuwe enquête gegevens over houtverbruik in huishoudens beschikbaar komen. Met behulp van deze data kan het aantal stookuren per jaar aangepast worden per soort en type houtkachel. Deze informatie is niet jaarlijks beschikbaar en wordt constant gehouden totdat er nieuwe informatie is om het model mee bij te werken. Voorgesteld wordt de enquête naar kachels en houtverbruik blijvend op te nemen in het periodieke WoON onderzoek.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten die uit het model volgen, zijn redelijk tot zeer goed in overeenstemming met de eerdere studies [3], [4], [5] en [6] die uitgevoerd zijn op het gebied van kachelaantallen en houtgebruik in Nederland.

De kachelaantallen in het model zijn de gebruikte kachels in Nederland. De waarden uit het model zijn in overeenstemming met de als referentie gebruikte studies. Wel moet vermeld worden dat voor de studies (en het model) een grote onnauwkeurigheid in kachelaantallen aanwezig is.

Het houtverbruik uit het model is berekend uit het houtverbruik per uur en het aantal stookuren. Beide waarden zijn vergelijkbaar met de waarden uit de eerder genoemde studies. De uiteindelijke uitkomst van het totale houtverbruik in Nederland tot en met 2003 is vergelijkbaar met de waarden die binnen de emissieregistratie gerapporteerd zijn. Het houtverbruik in 2006 en 2007 is vergelijkbaar met de uitkomst van onderzoek [4] en wordt dus verondersteld de waarheid goed te benaderen.

De emissies die berekend worden, zijn tot 2003 goed vergelijkbaar met de emissies uit de emissieregistratie. Voor stoffen waarbij de emissiefactor afhankelijk is van het kacheltype, kan gesteld worden dat de emissie vanaf het jaar 2000 redelijk constant gebleven is, ondanks een verhoogd houtverbruik.

Het model kan jaarlijks bijgewerkt worden met de woningaantallen om een eerste schatting te verkrijgen van het kachelpark en de bijbehorende rendementen, houtverbruiken en emissies.

Om echter het model goed te onderhouden, zal het aangepast moeten worden aan de actuele situatie. Zodoende zal middels terugkerende onderzoeken en enquêtes inzicht verkregen moeten worden in de kachelaantallen en het houtverbruik. Deze waarden moeten dan gebruikt worden om de uitkomsten van het model te toetsen.

## 7 Literatuurgegevens

- [1] S. Mugal e.a., Preparatory studie for eco-design requirements of EuPs (II), Lot 15 Solid fuel small combustion installations, april 2009, Bio Intelligence service
- [2] ABF Research, website <http://www.abfresearch.nl/publicaties.aspx>
- [3] Ir. J.H.J. Hulskotte e.a., Monitoringsystematiek open haarden en houtkachels, mei 1999, TNO Milieu, energie en procesinnovatie
- [4] R. Segers, Houtverbruik bij huishoudens, mei 2010, Centraal bureau statistiek
- [5] A.F.L. Slob e.a., Procesbeschrijving open haarden, hout en kolenkachels, december 1993, CEA Rotterdam
- [6] P.A. Okken e.a., Houtkachels in Nederland. Bijdrage aan energievoorziening en milieubelasting, 1992, ECN Petten
- [7] T. Nussbaumer e.a., Particle emissions from biomass combustion in IEA countries, januari 2008, Verenum Zwitserland
- [8] J. Koppejan, Scenarioanalyse houtkachels 2020, september 2008, Procede biomass BV Enschede
- [9] A.J.H. Visschedijk, Coordinated European Particulate Matter Emission Inventory Program (CEPMEIP) (in P. Diler e.a., proceedings of the PM emission inventories scientific workshop, oktober 2004, Italie), 2004
- [10] EMEP / EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009, NFR source category; 1.A.4 b.i, Fuel; Wood, SNAP; 020205
- [11] C. Schmidl e.a., Chemical characterization of fine particle emissions from wood stove combustion of woods growing in mid-European Alpine regions, 2007, Universiteit van Wenen en andere instituten
- [12] CBS, 2010. Hernieuwbare energie in Nederland 2009. CBS, Den Haag.



## 8 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Wim van der Maas

RIVM, Centrum voor Milieumonitoring (CMM)

Antonie van Leeuwenhoeklaan 9

3721 MA Bilthoven

Postbus 1

3720 BA Bilthoven

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ing. B.I. Jansen

Ir. R. Dröge

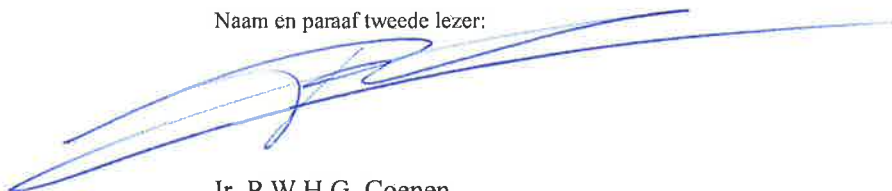
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

-

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

maart – november 2010

Naam en paraaf tweede lezer:



Ir. P.W.H.G. Coenen

Ondertekening:



Ir. R. Dröge  
Projectleider

Autorisatie vrijgave:



Ir. R.A.W. Albers  
Research Manager

## A Emissiefactoren

Tabel 8 Emissiefactoren per stof en kacheltype

Emissiestof	Eenheid	Open haarden	Conventionele kachel	Verbeterde kachel	DINplus kachel
Antraceen	mg/kg	2	3,6	2,32	1,84
Benzo(a)antraceen	mg/kg	1,25	2,25	1,45	1,15
Benzo(a)pyreen	mg/kg	1	1,8	1,16	0,92
Benzo(b)fluorantheen	mg/kg	1	1,73	1,11	0,83
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg	0,75	1,35	0,87	0,69
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg	0,5	0,9	0,58	0,46
Cadmium	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,05
CH4	kg/GJ	0,3	0,3	0,3	0,3
Chryseen	mg/kg	1,25	2,25	1,45	1,15
CO	g/kg	50	100	60	45
CO2-niet IPCC	kg/GJ	109,6	109,6	109,6	109,6
Fenantreen	mg/kg	13,25	23,85	15,37	12,19
Fluorantheen	mg/kg	4,5	8,1	5,22	4,14
Grof Stof	g/kg	7,5	1	1	1
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	mg/kg	0,5	0,9	0,58	0,46
Koper	mg/kg	0,34	0,34	0,34	0,34
Kwik	mg/kg	0,03	0,03	0,03	0,03
KWScond	g/kg	7,5	5	2	1,24
Lood	mg/kg	0,073	0,073	0,073	0,073
N2O	kg/GJ	0,004	0,004	0,004	0,004
Naftaleen	mg/kg	25	45	29	23
NMVOS	g/kg	20	12	6	3,9
NOx	g/kg	1,2	2	2	2
PAK (10)	mg/kg	50	90	58	46
PCDD/F	ng/kg	25	2,7	2,7	2,7
PM10	g/kg	2,5	3	1,5	0,8
PM2,5	g/kg	2,37	2,84	1,42	0,76
SO2	g/kg	0,2	0,2	0,2	0,2
Zink	mg/kg	0,72	0,72	0,72	0,72

## B Emissie uit houtkachels

Tabel 9 Totale emissie uit houtkachels steekjaren in kg/jaar

Emissiestof	1990	1995	2000	2005	2007
CO2-niet IPCC	1.361.734.297	1.324.127.961	1.048.309.094	1.214.348.108	1.316.469.771
CO	63.800.480	62.718.660	44.699.985	48.588.005	51.406.765
NMVOS	11.618.526	10.926.100	7.795.470	7.832.862	7.969.342
CH4	3.727.375	3.624.438	2.869.459	3.323.946	3.603.476
KWScond	4.576.721	4.310.377	3.003.528	2.970.818	3.004.426
Grof Stof	2.669.062	2.396.753	1.849.157	1.836.448	1.848.969
PM10	2.186.372	2.109.485	1.470.647	1.509.896	1.553.572
PM2,5	2.071.299	1.998.459	1.393.245	1.430.428	1.471.805
NOx	1.373.329	1.359.845	1.082.537	1.291.608	1.417.694
SO2	160.317	155.890	123.418	142.965	154.988
PAK (10)	59.056	57.969	41.931	46.019	48.875
N2O	49.698	48.326	38.259	44.319	48.046
Zink	577	561	444	515	558
Koper	273	265	210	243	263
Lood	59	57	45	52	57
Cadmium	40	39	31	36	39
Kwik	24	23	19	21	23
PCDD/F	0,0086	0,0077	0,0059	0,0058	0,0058