



Energy research Centre of the Netherlands

De lokale bijdrage van houtverbranding aan PM_{10} en $PM_{2,5}$

G.P.A. Kos

E.P. Weijers

Gepubliceerd in TIJDSCHRIFT LUCHT, NUMMER 2, 16-19, april 2011

DE LOKALE BIJDRAGE VAN HOUTVERBRANDING AAN PM_{10} EN $PM_{2,5}$

In februari 2009 zijn in Schoorl in Noord-Holland concentraties houtrook bepaald door levoglucosanmetingen (een voor houtrook kenmerkende koolwaterstofverbinding). Lokale houtrook draagt daar significant bij aan de concentratie fijn stof: tussen 9% en 27% voor PM_{10} en tussen 30% en 39% voor $PM_{2,5}$.

GERARD KOS EN ERNIE WEIJERS*

Houtverbranding in Nederland
Houtverbranding, zoals 's winters in de houtkachel en open haard, is een bron van fijn stof. Houtkachels worden steeds populairder, maar als broncategorie zit houtstook alleen generiek in de luchtkwaliteitmodellen. In de winter van 2009 is daarom in Noord-Holland onderzocht wat de lokale bijdrage van houtverbranding aan de PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -concentraties was. In dit artikel worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd.¹

Houtstook neemt toe door stijging van de energieprijzen en het inspelen van de houtkachelbranche hierop. In de studieregio groeit het aantal verkooppunten van houtkachels, vuurkorven en terrashaarden en van haardhout. Het gaat niet alleen om huishoudens. Er zijn voorbeelden van kortgeleden geplaatste houtverbrandingsinstallaties voor verwarming in de tuinbouw bij Wieringerwerf en Marknesse en zelfs flatgebouwen met een dergelijke installatie komen voor. De wens om minder fossiele brandstoffen te gebruiken vanuit klimaatdoelstellingen speelt hierbij een rol.

De enige dwingende norm waar een houtkachel qua emissie aan moet vol-

doen, is het CE-keurmerk^{2,3}. Dit keurmerk verving in 2004 het aanzienlijk strengere keurmerk van de Vereniging Haard en Rookkanaal (VHR-keur). Hierdoor kunnen in Nederland weer minder goede kachels verkocht worden, die meer emissie leveren. De EU komt overigens weer met nieuwe normen op aandringen van landen waar houtrook een substantieel deel van fijn stof vormt (Duitsland, Denemarken, Oostenrijk).

Voor de emissie van houtkachels worden jaarlijks schattingen gemaakt. Deze emissies worden in de bepaling van de grootschalige concentratiekaarten meegenomen. Het mogelijke lokale belang van deze emissies kan op die manier echter niet worden vastgesteld en ook de meetnetten zijn niet in staat de omvang en herkomst van dit soort bronnen te herkennen. In Nederland is dus weinig bekend over de bijdrage van houtrook aan de lokale concentraties fijn stof. Zowel de aantallen houtverbrandingsbronnen als de emissies zijn slecht bekend. De laatste grotere Nederlandse studies dateren van de jaren '90.⁴ Recent is er een inventarisatie geweest door het CBS. Aangenomen wordt dat één op de vijf huishoudens over een houtverbrandingsinrichting beschikt en dat het gebruik toegenomen is.⁵

Een deel van de kachels staat ongebruikt⁶ en in de grote steden is het aandeel relatief het laagste.

Houtkachels worden vaak 's avonds gebruikt, ook tijdens koelere avonden in voorjaar en nazomer in plaats van de CV. Dichte houtkachels worden ook als enige verwarming gebruikt en branden dan de hele winterperiode.

De emissiecijfers van houtkachels lopen zeer uiteen. In recent Nederlands onderzoek naar de impact van houtkachels worden erg rooskleurige emissies voorgesteld van 3 en 0,5 g/kg voor respectievelijk een ongekeurde en gekeurde houtkachel.⁷ In studies uit Duitsland en Denemarken^{8,9} zijn voor de meest gangbare kachels in Nederland emissies van 3 tot 21 g/kg te vinden. Gemiddeld genomen komt de uitstoot voor de onderzochte kachels op ongeveer 12 g/kg. Dit zijn 'totaalstof'-waarden, de PM_{10} -waarden liggen echter marginaal lager. Nader onderzoek naar de voor Nederland representatieve gemiddelde emissies is nodig.

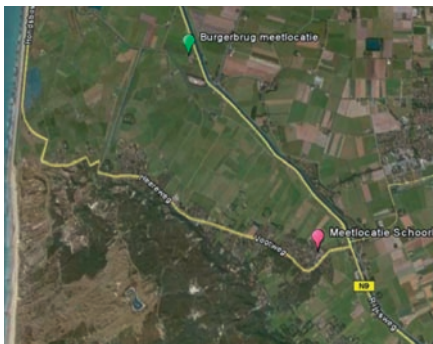
Onderzoek naar houtrook in een woonkern

In Schoorl is op verzoek van het voormalige ministerie van VROM een studie gedaan naar de toename van fijn stof in een woonkern die met houtrook

belast wordt. Hiervoor zijn PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -concentraties gemeten in het gebied waar de emissies plaatsvinden (Schoorl) en ook in een noordelijk achtergrondgebied (open veld te Burgervlotbrug op ca. 6 km). Behalve bepaling van verschil in massaconcentratie is ook gekeken naar verschil in levoglucosangehalten. Met het gevonden verschil aan levoglucosangehalten en de massaconcentraties bij westenwind kon aangetoond worden dat houtstook een relevante bron kan zijn in deze streek.

Schoorl ligt ten noordoosten van een duingebied tot 4 km breedte, dat steeds smaller toeloopt naar het noordwesten, om ten slotte nabij Camperduin over te gaan in de Hondsbossche Zeewering. Het meetpunt lag oostelijk van alle bebouwing. Bij westelijke windrichting wordt de windkracht getemperd door bos en duin (figuur 1). De meetlocatie in de polder bij Burgerbrug wordt bij een windrichting tussen westzuidwest en noordwest niet beïnvloed door plaatselijke emissies.

Figuur 1: Monsternamelocaties. Groen: achtergrondlocatie, roze: woonwijk Schoorl.



Monstername

Fijn stof in de fracties $PM_{2,5}$ en PM_{10} werd apart verzameld op kwartsvezel-filters. De monsters voor $PM_{2,5}$ werden per twee dagen genomen en voor PM_{10} per dag. Levoglucosan (LG) is een voor houtrook kenmerkende koolwaterstof-

verbinding, die ontstaat bij (pyrolyse tijdens) houtverbranding. Door eerst het verschil in de totale massabelading te bepalen (op beide locaties) en dat verschil te vergelijken met de verschillen in levoglucosan (op beide locaties), kan een *conversiefactor* bepaald worden, waarmee van de gevonden concentratie levoglucosan naar een totale massa van houtrook omgerekend kan worden. Bovendien kan de bijdrage van de houtrookmassaconcentratie aan het totaal van PM_{10} of $PM_{2,5}$ bepaald worden. Hierbij moet opgemerkt worden dat de in de literatuur gevonden conversiefactoren nogal verschillend zijn; een variatie die waarschijnlijk voornamelijk bepaald wordt door de type houtkachel, het stookgedrag en de houtsoort.

Resultaten

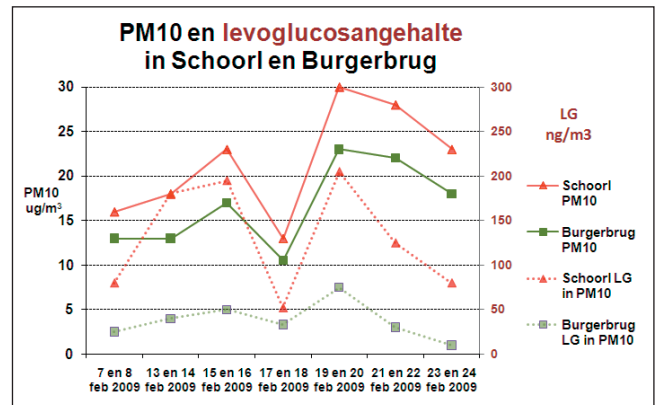
Er is gemonsterd in de periode van 7 tot 24 februari 2009. Het was geen echt winterweer, er is dus geen extra stook-

activiteit geweest. Alleen dagen met westelijke windrichtingen zijn onderzocht. Zowel de PM_{10} als de levoglucosanconcentraties staan in figuur 2.

De levoglucosan-analyses van de $PM_{2,5}$ -filters die parallel aan de PM_{10} -filters verzameld zijn, kennen een goede overeenstemming met de concentraties gevonden op PM_{10} -filters (figuur 3). Alle concentraties in de $PM_{2,5}$ -fractie zijn enigszins lager dan die in de PM_{10} -fractie. De verhouding is 0,8 (st.dev. 0,14; tabel 1).

PM-concentraties en het gehalte aan levoglucosan

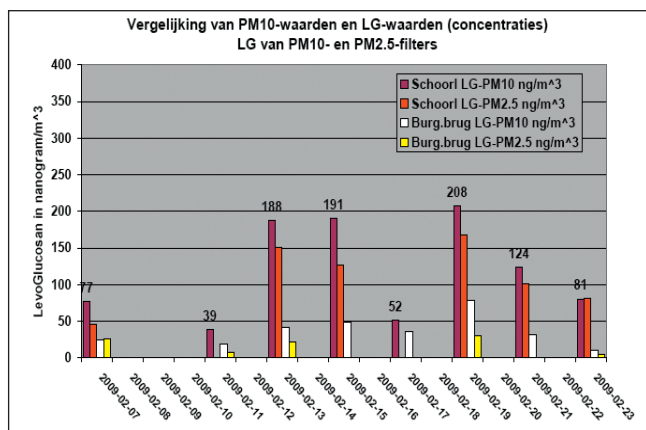
Uit de gemeten PM_{10} -concentraties en de levoglucosanconcentraties zijn verschilconcentraties vastgesteld tussen Schoorl en Burgerbrug voor zowel fijn



Figuur 2: Dagen met overwegend westelijke wind en verhoogde levoglucosanwaarden.

Tabel 1: De levoglucosanconcentraties op PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -filtermonsters (LG-10 respectievelijk LG-2,5) van Schoorl. De PM_{10} -concentraties zijn de sommaties over twee dagen (filter per dag), de $PM_{2,5}$ -concentraties zijn per tweedaags filter.

	Schoorl LG-10 ng/m ³	Schoorl LG-2,5 ng/m ³	Schoorl LG2,5/LG10 ng/m ³
07-08-Feb-2009	77	47	0,60
11-12-Feb-2009			
13-14-Feb-2009	188	150	0,80
15-16-Feb-2009	191	127	0,67
17-18-Feb-2009			
19-20-Feb-2009	208	167	0,80
21-22-Feb-2009	124	101	0,81
23-24-Feb-2009	81	81	1,02
gemiddeld	145	112	0,8
stdev			0,14



Figuur 3: Levoglucosanconcentraties gevonden in de $PM_{2,5}$ - en de PM_{10} -filter.

stof als voor levoglucosan. Het verschil wordt veroorzaakt door de lokale emissie in Schoorl.

In tabel 2 staan de resultaten voor PM_{10} .

De concentratie in Schoorl is gemiddeld ruim $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan de achtergrond. Bij een concentratie van ruim $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zouden lokale bronnen in Schoorl een aandeel van 20% in het fijnstofgehalte veroorzaken. Dit is echter gebaseerd op het verschil in PM_{10} tussen Schoorl en Burgerbrug en dat hoeft niet de absolute hoeveelheid houtrook te zijn. Immers, bij Burgerbrug wordt ook al enige levoglucosan gemeten; een indicatie dat ook in de achtergrond houtrook aanwezig is. Met behulp van de gemiddelden uit tabel 2, waarbij dan de levoglucosanconcentra-

rook in PM_{10} in Schoorl geschat op $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De werkelijke houtrookconcentratie gemeten in Schoorl zal ergens tussen $4,2$ en $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liggen. Dit is 20 en 27% van de totale concentratie PM_{10} en daarmee is houtstook hier, in deze periode, een flinke bron. Zoals te zien in de laatste kolom van de tabel is de spreiding in de conversiefactor aanzienlijk. De hier geschatte bijdragen zijn daarom slechts indicatief en gelden bovendien alleen voor de periode van de meetcampagne.

Opgemerkt moet worden dat er gecorrigeerd is voor verschil in zeezoutgehalte in het fijn stof op beide locaties. Dit is in een aparte meting bepaald. Bij westenwind is de concentratie fijn stof direct achter de beboste duinen duide-

lijk lager dan in het open poldergebied waar de achtergrond gemeten werd. De correctie is $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM_{10} en $0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor $PM_{2,5}$. Deze verhouding van PM_{10} en $PM_{2,5}$ voor zeezout is overgenomen uit het BOP-rapport¹⁰.

Voor de levoglucosanmetingen in $PM_{2,5}$ zijn minder data beschikbaar. De resultaten van zes meetdagen geven een gemiddelde factor van 42 (st.dev. 7.1) voor de verhouding van $PM_{2,5}$ -toename en levoglucosantoename (Schoorl t.o.v. Burgerbrug). Het aandeel van houtrook in $PM_{2,5}$ komt met $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ t.o.v. een gemiddeld totaal aan $PM_{2,5}$ van $12,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op gemiddeld 39% voor de onderzochte periode.

Voor $PM_{2,5}$ wordt minder spreiding in de conversiefactoren gevonden dan bij PM_{10} -waarden. De verhoudingsfactor van LG en PM is niet veel anders dan die voor PM_{10} . Omdat houtrook voor minstens 90% binnen de $PM_{2,5}$ -fractie valt, is de factor PM/LG op basis van $PM_{2,5}$ -monsters wel iets groter: 42 i.p.v. 37.

Tabel 2: De concentraties PM_{10} en LG- PM_{10} gemeten in Schoorl en Burgerbrug (BB).

	PM_{10} Schoorl	PM_{10} B.Brug	PM_{10} verschil (A)	Schoorl LG in PM_{10}	B.brug LG in PM_{10}	LG verschil (B)	PM_{10} -verschil gedeeld door LG-verschil (A/B)
Datum	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$n \text{ g}/\text{m}^3$	$n \text{ g}/\text{m}^3$	$n \text{ g}/\text{m}^3$	PM/LG
7-Feb-09	15,5	13,1	2,4	93,6	25,3	68,3	factor
11-Feb-09	15,8	14,9	0,9	39,0	19,0	20,0	35
13-Feb-09	17,9	12,8	5,1	322,2	42,1	280,1	45
15-Feb-09	22,2	17,1	5,1	308,3	49,4	258,9	18
17-Feb-09	13,0	10,5	2,5	52,1	36,0	16,0	20
19-Feb-09	29,9	23,4	6,5	300,6	79,3	221,2	158
21-Feb-09	28,6	21,7	6,8	53,2	31,8	21,4	29
23-Feb-09	22,5	18,0	4,6	53,9	11,2	42,7	107
Gemiddelde	20,7 ($\pm 6,6$)	16,4 ($\pm 4,8$)	4,2 ($\pm 2,3$)	152,9	36,8	116,1	37 (± 53)

AANGENOMEN WORDT DAT ÉÉN OP DE VIJF HUISHOUDENS OVER EEN HOUTVERBRANDINGS- INRICHTING BESCHIKT EN DAT HET GEBRUIK TOEGENOMEN IS

Metingen in Amsterdam

In het kader van het BeleidsOndersteunend Programma fijn stof (BOP) zijn er steekproefsgewijs filtermonsters uit Amsterdam onderzocht. Die zijn in het eerste halfjaar van 2006 op locatie Overtoom genomen. Het levoglucosangehalte van de filtermonsters werd onderzocht en met de in Schoorl gevonden omrekeningsfactor is berekend hoeveel de houtrook aan fijnstofconcentraties in Amsterdam zou kunnen hebben bijgedragen. Voor PM_{2,5} is vervolgens een inschatting gemaakt door ervan uit te gaan dat 90% van het aandeel houtrook in PM₁₀ in de PM_{2,5}-fractie zit. Eerder is met een conversiefactor gerekend afkomstig uit Amerikaanse literatuur; hiermee zouden de concentraties in tabel 3 ca. viermaal lager uitkomen. Met de in Schoorl gevonden factoren worden bijdragen berekend zoals weergegeven in tabel 3. In de winterperiode lijkt de bijdrage relevant, voor de zomerperiode is deze verwaarloosbaar.

Discussie en conclusies

Op een houtstook belaste locatie (Schoorl) werden hogere PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties gemeten dan op een nabijgelegen achtergrondlocatie (Burgerbrug). Door bepaling van de levoglucosangehalten in de fijnstoffracties kon de oorzaak worden toegeschreven aan houtstook. De houtrookconcentratie is in de winterperiode hoger door de hogere warmtebehoefte. Die periodiciteit is te herkennen aan de meetreeks

in Amsterdam. Met de relatie levoglucosan en houtrook kan echter niet altijd eenvoudig vastgesteld worden wat de totale hoeveelheid houtrook is, omdat de verhouding varieert per houtverbrandingsbron maar ook in de tijd per bron.⁹ De hier bepaalde conversie geldt als een *benadering* om tot de totale hoeveelheid houtrook te komen en pas bij langduriger meten – of bij een veelvoud van bronnen – zal de conversie redelijk betrouwbaar zijn.

Op de hoeveelheid fijn stof tussen 2,5 en 10 µm heeft houtrook vrijwel geen invloed, op de hoeveelheid fijn stof kleiner dan 2,5 µm wel. De relatieve toename in de PM_{2,5}-fractie is dus het grootst. Dit is van belang omdat tussen 2010 en 2020 de concentratie van PM_{2,5} moet gaan dalen met een percentage dat afhangt van de PM_{2,5}-concentratie op een bepaalde peildatum: houtrook bevindt zich voor een groot deel (90%¹¹) in de PM_{2,5}-fractie. Bij houtrook is overigens het voldoen aan fijnstofnormen niet alleen van belang. Er zitten allerlei PAK's in houtrook en de helft daarvan is carcinogeen en/of mutageen. Voor Schoorl werd het aandeel van lokale houtrook aan fijn stof voor de onderzochte periode geschat op minimaal 20% en maximaal 27% voor PM₁₀ en op maximaal 39% voor PM_{2,5}. Voor Amsterdam wordt de bijdrage van houtrook aan PM₁₀ indicatief geschat op 0,5 (Amerikaanse conversie) à 2 (Schoorlconversie) µg/m³. Bij een jaargemiddelde concentratie van ca. 30 µg/m³¹² is dit toch een bijdrage van belang.

Noten

1. Het volledige rapport (ECN-E--09-083 15) is te vinden op de website van ECN.
2. Koninklijk Besluit 716, december 2004, Staatsblad v.h. Koninkrijk der Nederlanden.
3. www.infomil.nl/onderwerpen/hindergezondheid/geur/hinder-houtkachels. 2010.
4. Hulskotte, J.H.J., Sulilatu, W.F. en Willemsen, A.J. (1999). Monitoringsystematiek. Openhaarden en houtkachels. TNO-MEP R99/170.
5. Segers (2010). Houtverbruik bij huishoudens. CBS, april 2010.
6. J. Koppejan (2010). Statusoverzicht houtkachels in Nederland. Enschede; oktober 2010.
7. Eureka (2009). Lokale puntbronnen en luchtkwaliteit; inventarisatie in de Stadsregio Arnhem-Nijmegen.
8. Pregger, T., Kummer, U. en Friedrich, R. (2006). Emissions and data needs. IER, Universitaet Stuttgart. [www.air4eu.nl/PDF/AIR4EU Milestone Report Emissions M1.pdf](http://www.air4eu.nl/PDF/AIR4EU_Milestone_Report_Emissions_M1.pdf).
9. Boll Illerup, J., Capral Henriksen, T., Lundhede, T., Breugel, C. van, Zøllner Jensen, N. (2007). Brændeovne og små kedler-partikelemissioner og reduktionstiltag Miljøprojekt Nr. 1164 2007; Århus Universitet (Deens, samenvatting en conclusies in Engels).
10. Manders, A.M.M., Schaap, M., Jozwicka, M., Arkel, F. van, Weijers, E.P. en Matthijsen, J. (2009). The contribution of sea salt to PM10 and PM2,5 in the Netherlands. PBL Rapport 500099004.
11. Espen Yttri, K. Carbonaceous particulate matter – a great challenge. Norwegian Institute for Air Research.
12. Woudenberg, F., Zee, S. van der, Dijkema, M. (2008). Trends in concentraties PM₁₀ en NO₂ in Amsterdam periode 1999-2007. GGD Amsterdam.

Tabel 3: Levoglucosanconcentraties gevonden bij Amsterdam Overtoom/Vondelpark (met dank aan de GGD Amsterdam) en omgerekend naar PM₁₀-concentratiebijdrage.

Periode in 2006	LG ng/m ³	PM _{2,5} ug/m ³	Houtrook PM ₁₀
Januari-februari	10	3,3	3,7
Maart-april	5	1,7	1,8
Mei-juni	1	0,3	0,4