



blauw

EFFECTEN LUCHTEMISSIES HOUTKACHELS

Vervolgonderzoek op basis van recente meetgegevens

Rapportnummer: BL2011.5359.01-V03
1 september 2011



EFFECTEN LUCHTEMISSIES HOUTKACHELS

Vervolgonderzoek op basis van recente meetgegevens

Rapportnummer: BL2011.5359.01-V03
1 september 2011

SAMENVATTING

Buro Blauw heeft in 2009 in opdracht van de gemeente Groningen een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van houtvuuren op de luchtkwaliteit in de directe woonomgeving van de bron. In dit onderzoek zijn de effecten van houtkachels op de luchtkwaliteit onderzocht in twee situaties, namelijk voor een alleenstaande houtkachel in een woonwijk én voor de Noorderhaven in de stad Groningen waar circa 60 woonboten liggen die voor het merendeel met houtkachels worden verwarmd.

In opdracht van Milieudefensie Groningen heeft het bureau CE een second opinion gegeven op het onderzoek van Buro Blauw uit 2009. Hierin stelt CE, dat Buro Blauw de blootstelling aan PM_{10} aanzienlijk heeft onderschat. Volgens CE is Buro Blauw uitgegaan van een te lage emissiefactor voor PM_{10} en van een te korte stookduur bij de woonboten in de Noorderhaven.

Naar aanleiding van de second opinion van CE heeft de gemeente Groningen aan Buro Blauw opdracht verleend voor een aanvullend onderzoek. De resultaten hiervan worden beschreven in dit rapport. De kritiekpunten van CE worden beoordeeld en aangegeven wordt wat hiervan de eventuele consequenties zijn voor de conclusies uit het eerdere onderzoek van Buro Blauw. Daarnaast worden in dit rapport ook enkele aanvullende onderzoeksvragen van de gemeente Groningen beantwoord.

Alleenstaande houtkachels

Voor alleenstaande houtkachels worden in dit aanvullende onderzoek dezelfde conclusies getrokken als in het eerdere onderzoek van Buro Blauw in 2009. Het is onwaarschijnlijk, dat bij alleenstaande houtkachels wettelijke normen voor PM_{10} worden overschreden. Dit geldt niet alleen in de doorsnee situatie met goed stookgedrag, maar ook in de worstcase situatie met slecht stookgedrag. In de worst case situatie wordt wel de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen in de buitenlucht overschreden. Deze streefwaarde geldt per 2013.

In dit aanvullende onderzoek zijn uurgemiddelde concentraties berekend van PM_{10} , PAK's en CO op verschillende afstanden van de schoorsteen en onder verschillende weersomstandigheden. Onder ongunstige weersomstandigheden (bewolkt weer en weinig wind) treden de hoogste concentraties op tot een afstand van 50 meter vanaf de schoorsteen.

Alleen voor koolmonoxide zijn gezondheidkundige advieswaarden voor uurgemiddelde concentraties vastgesteld. Deze worden benedenwinds van een alleenstaande houtkachel onder ongunstige weersomstandigheden niet overschreden, ook niet in de worstcase situatie.

Noorderhaven

Ook voor de situatie in de Noorderhaven worden in dit aanvullende onderzoek dezelfde conclusies getrokken als in het eerdere onderzoek van Buro Blauw in 2009.

Conclusie in beide onderzoeken is, dat er geen overschrijding wordt verwacht van de wettelijke grenswaarden voor de PM_{10} concentratie als uitgegaan wordt van het doorsnee emissiescenario (ofwel van goed stookgedrag) én een gemiddelde stookduur van 1.045 uur per jaar. Als wordt uitgegaan van een worstcase emissieschatting (ofwel van slecht stookgedrag) dan is het zeker dat de wettelijke normen voor de concentratie van PM_{10} wel zullen worden overschreden.

In dit aanvullende onderzoek wordt vanaf een geschatte gemiddelde stookduur van 1.885 uur per jaar in de doorsnee situatie (met goed stookgedrag) een overschrijding verwacht van de wettelijke dagnorm van PM_{10} . Het verschil met de berekeningen in 2009 (4.140 stookuren per jaar) wordt veroorzaakt, doordat nu is gerekend met een lagere emissiehoogte (1 in plaats van 2 meter) en een hogere emissiefactor voor PM_{10} . Zowel in 2009 als in dit aanvullend onderzoek wordt geconcludeerd dat de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen in de buitenlucht wordt overschreden, zowel in de doorsnee situatie als in de worst case situatie. Deze streefwaarde geldt per 2013.

Maatregelen

Op verzoek van de gemeente Groningen is in dit aanvullende onderzoek ook gekeken naar maatregelen om de negatieve effecten van houtkachels op de luchtkwaliteit te verminderen. In dit rapport worden verschillende maatregelen beschreven die kosteneffectief zijn.

De luchtmissies van een houtkachel zijn recht evenredig met het vermogen van de houtkachel. Daarom is het verlagen van het vermogen van een houtkachel een zeer effectieve maatregel in situaties waarin de kachel een te groot vermogen heeft in relatie tot de ruimte die moet worden verwarmd. Dit kan worden gerealiseerd door het verkleinen van de verbrandingskamer van de bestaande kachel of door de aanschaf van een nieuwe kachel met een kleinere capaciteit.

Voor alleenstaande houtkachels is ook de verhoging en isolatie van de schoorsteen een zeer effectieve maatregel om de geur- en rookoverlast te verminderen. De bijdrage die een houtkachel hieraan levert, wordt globaal gehalveerd per meter schoorsteenverhoging.

Daarnaast is ook het vervangen van oude houtkachels door nieuwe en schonere kachels een kosteneffectieve maatregel.

Aan de Noorderhaven kunnen de effecten van houtkachels op de luchtkwaliteit worden verminderd worden door het verhogen van de schoorsteen tot circa 3 meter boven maaiveld. Door deze maatregel verbetert de luchtkwaliteit op waarnemingshoogte. Op grotere hoogte tegen de gevels van de omliggende gebouwen kan de luchtkwaliteit door zo'n (beperkte) schoorsteenverhoging echter verslechteren.

INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|----|
| SAMENVATTING | 2 |
| 1. INLEIDING | 5 |
| 2. OPZET VAN HET ONDERZOEK | 6 |
| 3. LITERATUUROVERZICHT | 7 |
| 4. EFFECTEN ALLEENSTAANDE HOUTKACHEL | 14 |
| 4.1 Inleiding | 14 |
| 4.2 Lange termijn blootstelling aan PM ₁₀ | 15 |
| 4.3 Korte termijn blootstelling aan PM ₁₀ | 17 |
| 4.4 Blootstelling aan overige componenten | 19 |
| 4.5 Conclusies voor alleenstaande houtkachels | 20 |
| 5. NOORDERHAVEN | 21 |
| 5.1 Inleiding | 21 |
| 5.2 Bijdrage houtkachels aan lokale PM ₁₀ achtergrondconcentratie | 22 |
| 5.3 Korte termijn blootstelling aan PM ₁₀ | 23 |
| 5.4 Blootstelling aan andere componenten | 25 |
| 5.5 Conclusies voor de Noorderhaven | 25 |
| 6. MAATREGELEN | 26 |
| 6.1 Inleiding | 26 |
| 6.2 De capaciteit van de houtkachel | 27 |
| 6.3 De schoorsteenhoogte | 28 |
| 6.4 Kosten van de maatregelen | 31 |
| 6.5 Conclusies | 31 |
| 10. LITERATUURLIJST | 32 |
| COLOFON | 33 |

1. INLEIDING

Buro Blauw heeft in 2009 in opdracht van de gemeente Groningen een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van houtvuren op de luchtkwaliteit in de directe woonomgeving (1). In dit onderzoek zijn de effecten berekend van houtkachels op de luchtkwaliteit in twee situaties: voor een alleenstaande houtkachel in een woonwijk én voor de huidige situatie aan de Noorderhaven in de stad Groningen waar circa 60 woonboten liggen die merendeels worden verwarmd met houtkachels.

In het eerdere onderzoek van 2009 wordt geconcludeerd, dat er in de directe omgeving van een alleenstaande houtkachel bij een doorsnee emissieschatting (die representatief is voor een situatie met goed stookgedrag) geen overschrijding plaatsvindt van de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen en de wettelijke grenswaarden voor de jaargemiddelde en de daggemiddelde PM₁₀ concentratie. Er vindt ook geen overschrijding plaats van de geadviseerde norm voor een acceptabel geurhinderniveau.

Als uitgegaan wordt van een worstcase emissieschatting (die representatief is voor situaties waarin sprake is van slecht stookgedrag), dan wordt een overschrijding gevonden van de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen. Deze streefwaarde geldt per 2013. De grenswaarden voor PM₁₀ worden ook in de worstcase situatie niet overschreden.

In de directe omgeving van de Noorderhaven vindt bij een doorsnee emissieschatting (goed stookgedrag) een overschrijding plaats van de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen die geldt per 2013. In deze situatie is óók een overschrijding te verwachten van de wettelijke grenswaarde voor de daggemiddelde concentratie van PM₁₀ als wordt uitgegaan van een stookduur die per dag 44 minuten per houtkachel langer is dan de gemiddelde stookduur in Nederland. In de worstcase situatie vindt ook bij de gemiddelde stookduur in Nederland een overschrijding plaats van de wettelijke PM₁₀ normen.

In opdracht van Milieudefensie Groningen heeft het bureau CE een second opinion gegeven op het onderzoek van Buro Blauw uit 2009(2). Hierin stelt CE dat Buro Blauw de blootstelling aan PM₁₀ aanzienlijk heeft onderschat. Volgens CE is Buro Blauw uitgegaan van een te lage emissiefactor voor PM₁₀ en van een te korte stookduur bij de woonboten in de Noorderhaven.

Naar aanleiding hiervan heeft de gemeente Groningen aan Buro Blauw opdracht verleend voor de uitvoering van een aanvullend onderzoek. De resultaten hiervan worden beschreven in dit rapport. De kritiekpunten van CE worden beoordeeld en de eventuele consequenties hiervan voor de conclusies van het onderzoek van Buro Blauw uit 2009 worden onderzocht.

2. OPZET VAN HET ONDERZOEK

In het second opinion onderzoek van CE wordt geconcludeerd, dat in de berekeningen van de verspreiding van luchtverontreinigende stoffen vier verkeerde aannames zijn gedaan waardoor – naar de mening van CE – in het onderzoek van Buro Blauw de bijdrage van houtkachels aan de concentraties in de woonomgeving aanzienlijk zijn onderschat. Naar aanleiding van het commentaar van CE heeft de gemeente Groningen de volgende vragen gesteld aan Buro Blauw:

1. Wat is de invloed van de door CE genoemde kritiekpunten op:
 - a) het houtverbruik in verband met de geïsoleerde en niet geïsoleerde boten en warmte overdracht naar het water;
 - b) een schoorsteenhoogte van 1 meter in plaats van 2 meter;
 - c) het rookgasvolume en de emissiefactoren.
2. Wat is de afstand waarop een enkele houtkachel niet of nauwelijks gezondheidsrisico's voor omwonenden met zich meebrengt?
3. Met welke maatregelen aan houtkachels kan de blootstelling aan luchtverontreiniging en geur in de directe woonomgeving van houtkachels worden verminderd?

De onderzoeksvraag is dus of de conclusies van CE juist zijn en zo ja wat hiervan de consequenties zijn voor de berekening van de emissies en concentraties van PM_{10} . Buro Blauw heeft de door CE geciteerde literatuurbronnen beoordeeld. Op basis hiervan zijn nieuwe emissiefactoren vastgesteld voor de emissies van PM_{10} en van de emissieduur van houtkachels. Bij deze beoordeling zijn door Buro Blauw ook nieuwe recente literatuurbronnen gebruikt. De beoordeling van het CE onderzoek en de recente literatuurgegevens worden behandeld in hoofdstuk 3.

Op basis van de resultaten van deze herbeoordeling zijn aanvullende concentratieberekeningen uitgevoerd voor alleenstaande houtkachels én voor de situatie aan de Noorderhaven. Hierbij is de PM_{10} concentratie op verschillende afstanden van de bron berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de doorsnee situatie met goed stookgedrag en voor de worst case situatie met slecht stookgedrag. De resultaten van de modelberekeningen voor de alleenstaande houtkachel worden gepresenteerd in hoofdstuk 4. De resultaten van de modelberekeningen aan de Noorderhaven worden gepresenteerd in hoofdstuk 5.

Om de negatieve effecten van houtkachels op de directe woonomgeving te verminderen, is gekeken naar twee soorten maatregelen, te weten verhoging en isolatie van de schoorsteen en verkleining van de verbrandingskamer (verlaging vermogen kachel). Op basis van modelberekeningen wordt vastgesteld in hoeverre hiermee de concentraties van PM_{10} bij omwonenden kan worden verminderd.

3. LITERATUUROVERZICHT

CE stelt dat in het rapport van Buro Blauw uit 2009 de blootstelling aan PM_{10} is onderschat door een aantal foute aannames:

- Het aandeel fijn stof in het totaal van de stofemissies is geen 50% maar ruim 90%. Ook het aandeel ultra fijn stof, van groot belang voor de gezondheidseffecten, is aanzienlijk (ruim 80%).
- De emissiehoogte vanaf de woonschepen is te hoog ingeschat. De emissiehoogte bedraagt geen 2 meter boven de kade, maar ligt feitelijk op kadeniveau.
- De stookduur van de kachels in de Noorderhaven zal langer zijn dan de gemiddelde stookduur zoals die zich voordoet bij woningen. Dit heeft tot gevolg dat de emissieduur evenredig toeneemt.
- De invloed van de omliggende gebouwen is niet, of niet duidelijk, gemodelleerd. Dit kan leiden tot een ander verspreidingspatroon en daarmee tot hogere concentraties.

Overigens heeft CE geen kritiek geleverd op de door Buro Blauw gehanteerde emissiefactoren voor de andere stoffen.

De kritiekpunten van CE op de berekeningen voor PM_{10} worden hierna besproken. In de hoofdstukken 4 en 5 worden de consequenties hiervan onderzocht op de conclusies van het eerdere onderzoek van Buro Blauw in 2009. Hierna wordt ingegaan op:

1. de emissiefactoren voor PM_{10}
2. het houtverbruik
3. de stookduur
4. de modellering

Ad 1 Emissiefactoren

CE heeft alleen kritiek op de gehanteerde emissiefactoren voor PM_{10} . De stelling van CE is dat Buro Blauw het aandeel fijnstof in het geëmitteerde stof heeft onderschat. De emissiefactor die Buro Blauw in 2009 heeft gehanteerd, is afkomstig van Spitzer (1998). De waarde is een gemiddelde van meerdere goed gedocumenteerde experimenten, waarbij de totaalstof emissie is gemeten. In het onderzoek van Buro Blauw is de PM_{10} fractie in het totaalstof gesteld op 50%. Dit percentage is gebaseerd op Bakkum (1987). CE somt de resultaten op van meerdere recente onderzoeken. Uit een onderzoek van Erlich cs (2007) volgt dat het aandeel fijnstof in het totaalstof zit tussen 92% en 99%. Het verschil met Bakkum valt te verklaren uit het verschil in meetmethoden. In het onderzoek van Erlich is de meetmethode (cascade-impactor) gericht op het meten van de diverse fijnstoffracties (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1). Bij deze methode wordt de totaalstof emissie mogelijk onderschat en daarmee het aandeel fijnstof overschat. Bij het onderzoek van Bakkum en andere oudere onderzoeken is de totaalstof emissie gemeten (isokinetische monsternamen) en het aandeel fijnstof mogelijk onderschat.

In het rapport van Ehrlich worden alleen totaalstof- en fijnstofconcentraties gerapporteerd. Er worden geen emissiewaarden of emissiefactoren gegeven. In het

eerdere rapport van Buro Blauw is uitgegaan van een houtverbruik van 2,8 kg/u en een rookgasvolume van 8,8 m³/kg hout.

Als deze factoren toegepast worden op de door Ehrlich gerapporteerde stofconcentratie, wordt een emissiefactor volgens Ehrlich berekend tussen 520 en 930 mg PM₁₀/kg hout. Deze waarden zijn niet extreem hoog. In het eerdere rapport van Buro Blauw in 2009 is gerekend met een emissiefactor van 1145 mg PM₁₀/kg hout

In tabel 3.1 worden de door CE genoemde emissiefactoren voor PM₁₀ opgesomd.

Tabel 3.1 **Overzicht van gepubliceerde PM₁₀ emissie-onderzoeken geciteerd door CE**

| Publicatie | Type kachel | Emissiefactor houtkachel | |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| | | [g/GJ] | [mg PM10/kg hout] |
| UBA (2006a) | Dauerbrenn öfen | 71 | 1136 |
| | Tegelkachel | 111 | 1776 |
| | Kachel | 113 | 1808 |
| Struschka (2003) | Kachel < 15 kW | 113 | 1808 |
| BUWAL (2005) | Tegelkachel | 100 | 1500 |
| | Stukhout | 50 | 750 |
| | Houtstukjes | 90 | 720 |
| | Gemiddeld | | 1357 |
| Buro Blauw (2009) | Houtkachel | | 1145 |

Uit het overzicht blijkt dat de door CE geciteerde onderzoeken gemiddeld een iets hogere PM₁₀ emissiefactor publiceren dan de door Buro Blauw gehanteerde emissiefactor (1357 versus 1145 mg PM₁₀/kg hout). Hierbij wordt opgemerkt dat de houtkachels op woonboten gedurende lange tijd achtereen gestookt worden. De emissiefactor voor dit typekachels (UBA 2006a = Dauerbrenn öfen) is vrijwel gelijk aan de door Buro Blauw gehanteerde waarde.

ECN (2006) hanteert een emissiefactor van 2400 mg PM₁₀/kg hout. Deze emissiefactor heeft ECN afgeleid uit UBA (2006) en is een schatting van de in de praktijk optredende emissie. In het onderzoek van Buro Blauw zijn de emissies berekend in een doorsnee situatie met goed stookgedrag en in een worstcase situatie met slecht stookgedrag. De praktijkfactor van ECN ligt tussen deze waarden in.

Door Buro Blauw is gerekend met een worstcase emissiefactor van 9000 mg PM₁₀/kg hout. Deze emissiefactor is afkomstig van Slob (1993). In dit aanvullende rapport van Buro Blauw wordt verder gerekend met een waarde van 1808 mg PM₁₀/ kg hout voor de doorsnee situatie met goed stookgedrag. Dit is de hoogste meetwaarde uit tabel 3.1 die bij twee verschillende onderzoeken is gemeten.

De door Buro Blauw omschreven worstcase situatie lijkt op basis van de door CE aangedragen recente onderzoeken inderdaad een (extreme) worstcase te zijn.

Ad 2. Houtverbruik

In het eerdere onderzoek van Buro Blauw in 2009 is gerekend met een gemiddeld houtverbruik van 2,8 kg/u. CE citeert meerdere bronnen, waarbij de volgende waarden genoemd worden:

- woononderzoek (2007): 1,8 kg/u
- Koppejan cs (2005): 2,3 kg/u
- Hulskotte (1999) 1,4 kg/u
- Slob cs (1993) 1,8 kg/u.

Dit komt overeen met een gemiddeld houtverbruik van 1,8 kg/u. Buro Blauw heeft gerekend met een houtverbruik van 2,8 kg/u. CE geeft aan dat het door Buro Blauw gehanteerde houtverbruik aan de hoge kant is, maar stelt dat dit gecompenseerd wordt doordat Buro Blauw is uitgegaan van een te laag aantal stookuren per jaar.

Dit laatste is echter een foutief uitgangspunt. In de berekeningen van Buro Blauw in 2009 is de daggemiddelde PM₁₀ concentratie berekend. Dit op basis van het aantal stookuren per dag en de PM₁₀ emissie per uur. De emissie is berekend uit het product van de emissiefactor (zie ad 1.) en het houtverbruik per uur. Over de invloed van het aantal stookuren per dag en per jaar wordt onder ad 3. ingegaan.

Het houtverbruik wordt bepaald door het volume van de te verwarmen ruimtes, de eventuele aanwezigheid van andere verwarmingsbronnen, de mate van isolatie van de wanden en het totale warmte-uitwisselend oppervlak. Voor houtkachels in woningen kan verondersteld worden dat de gemiddelde situatie (1,8 kg hout/u) uit de door CE geciteerde onderzoeken representatief is. In het onderzoek van Buro Blauw in 2009 is juist gerekend met een hoger houtverbruik.

Bij woonboten is de situatie ingewikkeld. De boten liggen in het water en de warmtebeleving boven water is anders dan boven land. De warmteoverdrachtscoëfficiënt naar (stromend) water is groter dan de overdrachtscoëfficiënt naar lucht. De bepalende factoren voor de warmtebehoefte (volume, oppervlak onder water, warmte-isolatie) zijn gedeeltelijk onbekend en verschillen per situatie. In dit aanvullende onderzoek wordt verondersteld dat het verhoogde houtverbruik op woonboten t.o.v. woonhuizen in voldoende mate is verdisconteert in het door Buro Blauw gehanteerde houtverbruik van 2,8 kg/u. De conclusie is derhalve dat het door Buro Blauw gehanteerde houtverbruik in voldoende mate rekening houdt met de ongunstige stookomstandigheden op woonboten. Dit houtverbruik is echter te hoog voor woonhuizen. Daarom zal er voor alleenstaande houtkachels in dit onderzoek worden gerekend met het door CE gerapporteerde gemiddelde houtverbruik van 1,8 kg/u.

Ad 3. Stookduur

CE stelt dat Buro Blauw in de Noorderhaven heeft gerekend met een te korte stookduur per jaar. Buro Blauw is uitgegaan van een door het CBS (2006) gerapporteerd gemiddeld aantal stookuren per jaar. Dit bedraagt 572 uur. Voor PM_{10} is berekend hoeveel uur extra per dag gestookt moet worden om een overschrijding te krijgen van de wettelijke grenswaarde voor de daggemiddelde waarde. Hieruit is voor alleenstaande houtkachels het volgende geconcludeerd: de dagnorm voor PM_{10} zal door toedoen van een alleenstaande houtkachel niet worden overschreden in de stad Groningen, ongeacht het aantal stookuren per jaar. Aan de Noorderhaven wordt de dagnorm echter al overschreden bij een extra stookduur (gedurende het stookseizoen) van 44 minuten per dag. De opmerking van CE ten aanzien van PM_{10} berust dus op een misverstand. Er is immers niet gerekend met de gemiddelde stookduur, maar er is een minimum stookduur berekend waarbij de dagnorm zal worden overschreden.

In het rapport van CE worden de volgende stookduren genoemd:

- Woononderzoek (2007) 525 u/j
- Koppejan cs (2005) 490 u/j
- Hulskotte (1999) 1032 u/j
- Slobbe (1993) 1088 u/j

Uit deze opsomming blijkt dat de nieuwere publicaties overeenkomen met de door Buro Blauw gehanteerde stookduur. De oudere publicaties zijn een factor 2 hoger. Opvallend is dat CE in de tabel de publicatie van Hulskotte cs uit 1999 opneemt, waarin een stookduur van 1032 u/j verondersteld wordt. Onvermeld blijft de publicatie van Hulskotte cs uit 2002, waarin uitgegaan is van een stookduur voor houtkachels van 567 u/j. Deze publicatie is wel opgenomen in de literatuurlijst van het rapport van CE.

In een onderzoek van CBS (2010) worden bovengenoemde onderzoeken met elkaar vergeleken met als doel de statistisch meest betrouwbare gegevens ten aanzien van houtverbruik en stookduur per jaar door particulieren te verkrijgen. Het CBS stelt hierover het volgende:

"Het maken van statistiek over het houtverbruik bij huishoudens is niet gemakkelijk. Het is lastig om inzicht te krijgen via leveranciers van de installaties of houtleveranciers, omdat de levensduur van de kachels erg onzeker is en omdat veel hout niet via formele verkoopkanalen betrokken wordt. Een alternatief is enquêtering van huishoudens. Echter, slechts 10 tot 15 procent van de huishoudens heeft een houtkachel en de spreiding in het houtverbruik is groot. Dat betekent dat al snel een steekproef van enkele duizenden huishoudens noodzakelijk is om een enigszins betrouwbaar beeld te krijgen. Verder hebben individuele huishoudens zelf meestal een beperkt kwantitatief inzicht in het eigen houtverbruik."

In de publicatie komt CBS tot de conclusie dat de gegevens van het Woononderzoek (2007) het meest betrouwbaar zijn. Ook TNO zal bij verder onderzoek gebruik maken van deze gegevens.

De verschillen met de eerdere onderzoeken worden ten dele als volgt verklaard:

- Het verschil tussen een schatting van het houtverbruik via de aanbodzijde en de verbruikzijde is een factor twee. Het CBS blijft voornamelijk vasthouden aan de schattingen via de verbruikzijde zoals meest recentelijk in het Woononderzoek is aangegeven, omdat de empirische basis sterker lijkt.
- In eerdere onderzoeken is gerekend met een dichtheid van hout van 500 kg/m³, terwijl een waarde van 300 kg/m³ meer realistisch is.
- In de eerdere onderzoeken is alleen gekeken naar sfeerverwarming. Hierdoor lijkt het jaarlijks houtverbruik per houtgestookte installatie uit het Woononderzoek relatief hoog ten opzichte van het eerdere onderzoek van TNO en de branche, zeker als in aanmerking wordt genomen dat in het Woononderzoek ook de niet gebruikte installaties meetellen. Dit komt mogelijk door een toename van de relatief veel gebruikte vrijstaande kachels ten koste van weinig gebruikte open haarden en door het ontbreken van enkele grootverbruikers in het onderzoek van TNO en de branche dat expliciet was gericht op sfeerverwarming.

Uit het voorgaande wordt geconcludeerd dat Buro Blauw voor alleenstaande houtkachels terecht is uitgegaan van de gegevens van het Woononderzoek. Voor de woonboten aan de Noorderhaven, waarbij de houtkachel de enige bron van verwarming is, zal het aantal stookuren per jaar groter zijn. Hierover ontbreken echter betrouwbare cijfers. Uit het Woononderzoek (2007) wordt voor mensen met een vrijstaande houtkachel, een gemiddelde stookduur per jaar gerapporteerd tussen 679 en 786 uur. Een deel van de mensen uit de enquête gebruikte de houtkachel als hoofdverwarming, het andere deel als bijverwarming (het percentage is niet bekend).

In het CBS onderzoek wordt aangegeven dat er geen betrouwbare gegevens over de stookduur en het houtverbruik van particulieren zijn. In het meest recente Woononderzoek uit 2007 concludeert CBS, dat voor een bepaald deel van de steekproef (B: zij die een betrouwbare schatting van het aantal stookuren hebben gegeven) het gemiddeld aantal stookuren met een vrijstaande kachel per jaar 679 bedraagt. Voor een ander deel (C: betrouwbare schatting houtverbruik) bedraagt de gemiddelde stookduur 786 uur per jaar.

In dit onderzoek is voor het schatten van het houtverbruik in de Noorderhaven uitgegaan van het laatste getal: 786 uur/jaar. De steekproef van het Woononderzoek bestaat deels uit mensen die de kachel als bijstook gebruiken en deels uit mensen die de houtkachel als hoofdverwarming gebruiken. Hoe de verdeling is, wordt niet vermeld. Voor het beargumenteerd schatten van het houtverbruik zijn in dit onderzoek de volgende twee uitgangspunten gehanteerd:

- 50% van de steekproef in het Woononderzoek gebruikt de kachel als bijstook en 50% als hoofdverwarming;
- de stookduur van de hoofdverwarming is twee keer de stookduur van de bijstook.

Bij deze uitgangspunten is de stookduur bij hoofdverwarming een factor 1,33 hoger dan de gemiddelde waarde uit het Woononderzoek. In dit onderzoek is voor de Noorderhaven gerekend met een stookduur van $1,33 \times 786$ uur = 1045 uur per jaar.

Ad 4. Modellering

Ten aanzien van de modellering worden door CE de volgende kritiekpunten genoemd:

- De emissiehoogte: Buro Blauw heeft in 2009 voor de woonboten aan de Noorderhaven gerekend met een hoogte van 2 meter. In dit aanvullende onderzoek is gerekend met een hoogte van 1 meter.
- Zeezoutcorrectie: CE stelt dat Buro Blauw de resultaten heeft gecorrigeerd voor het (wettelijke) aandeel zeezout in het fijnstof. Dit berust op een misverstand. In het rapport van Buro Blauw uit 2009 is op meerdere plaatsen aangegeven, dat er niet gecorrigeerd is voor zeezout. Alleen bij de worstcase benadering is bij de PM₁₀ berekeningen aangegeven, dat ook mét zeezoutcorrectie de norm zal worden overschreden.
- Street canyon: CE stelt dat in het rapport van Buro Blauw uit 2009 niet is aangegeven hoe bij de modelberekeningen rekening is gehouden met de ongunstige verspreidingscondities bij de Noorderhaven (street canyon). CE stelt: *"Het feit dat de Noorderhaven aan de noord- en zuidzijde wordt omgeven door hoge gebouwen leidt ertoe dat de verspreiding van luchtverontreinigende stoffen nadelig wordt beïnvloed. Als deze factor niet goed wordt gemodelleerd, dan heeft dit een onderschatting van de optredende concentraties tot gevolg"*.

In het rekenmodel CAR II wordt een street canyon gedefinieerd als:
"3b. beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing (streetcanyon)".

De bebouwing aan de Noorderhaven is circa 10 meter hoog. Door de aanwezigheid van het kanaal tussen de beide rijbanen is de afstand tussen de woningen aan weerszijde van het kanaal echter groot. Dit betekent, dat hier feitelijk geen sprake is van een streetcanyon.

De conclusie is dat er in de berekeningen alleen een correctie nodig is voor de emissiehoogte. Wat de overige kritiekpunten van CE betreft (zeezoutcorrectie, street canyon) is door Buro Blauw correct gerekend en is er geen aanpassing noodzakelijk. Bij de berekeningen met het Nieuw Nationaal Model (NNM) is voor iedere woonboot aan de Noorderhaven een gebouw meegenomen met de afmetingen 218*10*10 meter. Dit gebouw is voor de boten aan de zuidzijde gesitueerd ten zuiden van het kanaal en voor de boten aan de noordzijde ten noorden van het kanaal.

De conclusies van Buro Blauw uit de opmerkingen van CE worden in tabel 3.2 samengevat. Tevens worden de overall – effecten weergegeven.

Tabel 3.2. Samenvatting van voorgestelde gewijzigde invoerparameters bij de herberekeningen in 2011 t.o.v. het rapport van Buro Blauw in 2009

| Effect | Situatie | Buro Blauw (2009) | Herberekening (2011) | Eenheid |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| PM ₁₀ - emissiefactor | Alle | 1145 | 1808 | [mg PM ₁₀ /kg hout] |
| Houtverbruik | Alleenstaande woning | 2,8 | 1,8 | [kg hout / uur] |
| | Noorderhaven | 2,8 | 2,8 | [kg hout / uur] |
| Stookduur | Alleenstaande woning | 572 | 572 | [u/j] |
| | Noorderhaven | 572 | 1045 | [u/j] |
| Emissie per uur | Alleenstaande woning | 3206 | 3254 | [mg PM ₁₀ /u] |
| | Noorderhaven | 3206 | 5062 | [mg PM ₁₀ /u] |
| Emissiehoogte | Alleenstaande woning | 8 | 8 | [m] |
| | Noorderhaven | 2 | 1 | [m] |

Uit de tabel volgt dat de uitgangspunten voor de berekeningen voor de alleenstaande houtkachel in dit rapport weinig veranderen ten opzichte van het rapport uit 2009. In dit aanvullende onderzoek wordt voor de Noorderhaven in de modelberekeningen uitgegaan van een hogere emissie per uur voor PM₁₀.

4. EFFECTEN ALLEENSTAANDE HOUTKACHEL

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van een alleenstaande houtkachel in Groningen herberekend op basis van de bijgestelde uitgangspunten. Voor alleenstaande houtkachels is alleen de emissiefactor voor PM_{10} voor de doorsnee situatie met goed stookgedrag aangepast. De emissiefactor voor de worstcase situatie en de emissiefactoren voor de overige componenten zijn onveranderd t.o.v. het rapport uit 2009. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de volgende berekeningen gepresenteerd:

1. de extra bijdrage van de houtkachel aan de PM_{10} achtergrondconcentratie
2. de effecten van de stookduur op de PM_{10} belasting in de omgeving
3. de invloed van cumulatie door meerdere naast elkaar gelegen houtkachels
4. het concentratieprofiel onder actuele weersomstandigheden

De uitgangspunten voor de berekeningen worden samengevat in tabel 4.1

Tabel 4.1 Gehanteerde uitgangspunten bij de modelberekeningen voor alleenstaande kachels

| Algemene gegevens | Waarde | Eenheid |
|---|----------|-------------------|
| Houtverbruik | 1,8 | kg/u |
| Emissiehoogte | 8 | m |
| Gebouwafmetingen($l*b*h$) | 10*6*7,5 | m |
| Pijpdiameter | 0,15 | m |
| Afgasdebiet | 24,6 | m_0^3/u |
| Rookgastemperatuur | 330 | $^{\circ}C$ |
| Stookduur | 572 | u/j |
| Emissiegegevens | | Worstcase |
| Doorsnee situatie (goed stookgedrag) | 3254 | [mg PM_{10}/u] |
| Worstcase situatie (slecht stookgedrag) | 16.200 | [mg PM_{10}/u] |

In § 4.2 wordt de langjarig gemiddelde blootstelling aan PM_{10} vastgesteld. Hierbij worden berekeningen uitgevoerd met het Nieuw Nationaal Model (NNM) en worden de berekende concentraties getoetst aan de wettelijke grenswaarden. Tevens wordt de invloed van de stookduur op de PM_{10} blootstelling vastgesteld door de berekeningen voor verschillende stookuren per jaar uit te voeren. Tot slot wordt in deze paragraaf de invloed van cumulatie door meerdere naast elkaar gelegen houtkachels berekend.

In § 4.3 worden de resultaten van de berekeningen met het korte termijn Gaussisch pluimmodel besproken. Hierbij wordt nagegaan onder welke condities bij een alleenstaande houtkachel in Groningen de wettelijke grenswaarden en/of gezondheidkundige advieswaarden voor PM_{10} overschreden worden. Tevens wordt het concentratieprofiel onder actuele weersomstandigheden berekend.

4.2 Lange termijn blootstelling aan PM₁₀

De extra bijdrage van een houtkachel aan de lokale PM₁₀ achtergrondconcentratie is berekend met het NNM. Hierbij is zowel gerekend met het doorsnee emissiescenario (goed stookgedrag) als met het worstcase emissiescenario (slecht stookgedrag) voor PM₁₀.

Er zijn diverse situaties doorgerekend, waarbij de stookduur is gevarieerd en waarbij de cumulatie door meerdere houtkachels is onderzocht. De resultaten van de berekeningen worden samengevat in tabel 4.2. Voor de situaties met meerdere houtkachels zijn deze geplaatst in een grid met een onderlinge afstand tussen de kachels van 10m. De berekeningen zijn uitgevoerd op afstanden tussen 2 en 20m van de bron. In de tabel worden de maximaal berekende concentraties vermeld.

Tabel 4.2 Extra bijdrage van alleenstaande houtkachels aan de concentratie van PM₁₀ bovenop de achtergrondconcentratie van 21 µg/m³ en 9 dagen¹ met een overschrijding van de daggemiddelde concentratie van 50 µg/m³

| Scenario | Vermogen [kachel kW] | Aantal kachels | Stook duur [u/j] | PM ₁₀ [µg/m ³] | | # overschrijdingen | |
|-----------|----------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | | | | Bijdrage | Totaal | Bijdrage | Totaal |
| Doorsnee | 7 | 1 | 572 | 0,0 | 21,0 | 0 | 9 |
| | | | 1000 | 0,1 | 21,1 | 0 | 9 |
| | | | 8760 | 0,6 | 21,6 | 0 | 9 |
| | 14 | 1 | 8760 | 1,2 | 22,2 | 0 | 9 |
| | | | 28 | 2,4 | 23,4 | 1 | 10 |
| | | | 7 | 0,9 | 21,9 | 1 | 10 |
| | | | | 1,4 | 22,4 | 1 | 10 |
| | | | | 2,1 | 23,1 | 1 | 10 |
| | | | | 3,3 | 24,3 | 2 | 11 |
| | | | | 16 | 8760 | 3,3 | 24,3 |
| Worstcase | 7 | 1 | 572 | 0,2 | 21,2 | 2 | 11 |
| | | | 1000 | 0,4 | 21,4 | 0 | 9 |
| | | | 2000 | 0,7 | 21,7 | 0 | 9 |
| | 7 | 1 | 4000 | 1,5 | 22,5 | 1 | 10 |
| | | | 8760 | 3,2 | 24,2 | 2 | 11 |
| | | | 8760 | 4,7 | 25,7 | 5 | 14 |
| | | | 8760 | 7,1 | 27,1 | 14 | 23 |
| | | | 8760 | 10,3 | 31,3 | 17 | 26 |
| | | | 8760 | 16,5 | 37,5 | 29 | 38 |
| | | | | 16 | 8760 | 16,5 | 37,5 |

1: Deze waarden gelden voor 2009 en zijn afgeleid van het RIVM meetstation Europaweg

Uit tabel 4.2 volgt dat bij alleenstaande houtkachels in vrijwel geen enkele situatie wettelijke grenswaarden voor PM₁₀ worden overschreden. In de doorsnee situatie (met

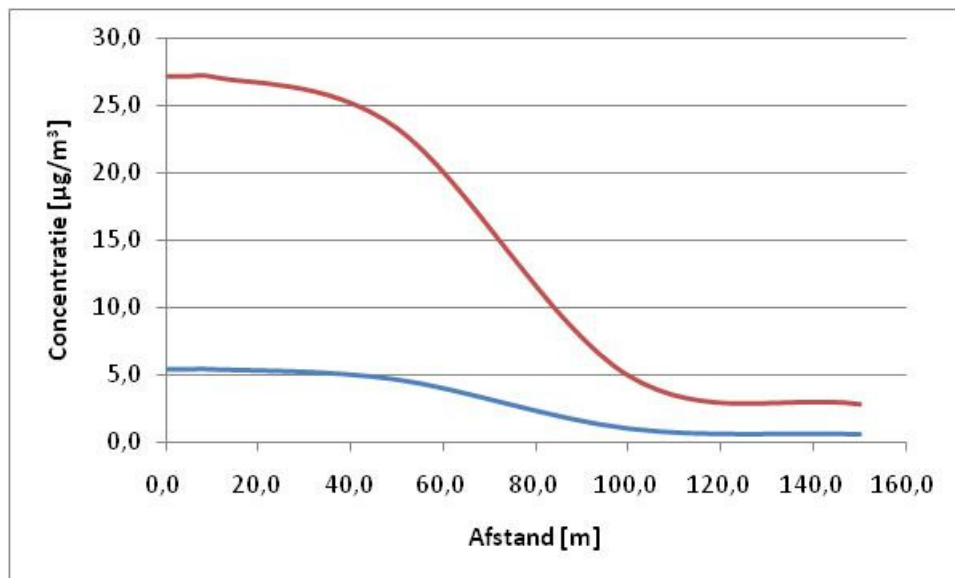
goed stookgedrag) is de bijdrage zelfs bij continu gebruik (8760 u/j) of bij een
verviervoudigd vermogen van de kachel verwaarloosbaar.

Ook in een cumulatieve situatie met 16 houtkachels, die continu stoken, is de extra bijdrage beperkt ($3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Pas bij een cumulatie van 78 houtkachels zou de daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meer dan 35 keer per jaar worden overschreden.

Ook in de worstcase situatie (met slecht stookgedrag) blijft de extra bijdrage van de houtkachel aan de PM_{10} achtergrondconcentratie bij continu stoken beperkt tot $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij een cumulatie van 14 of meer houtkachels wordt bij continu stoken de daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meer dan 35 keer per jaar overschreden en is er dus sprake van een normoverschrijding.

4.3 Korte termijn blootstelling aan PM_{10}

De bijdrage van een alleenstaande houtkachel aan de momentane uurgemiddelde PM_{10} concentratie is voor verschillende weersomstandigheden berekend met het korte termijn Gaussisch pluimmodel. De hoogste bijdrage aan de uurgemiddelde achtergrondconcentratie bedraagt $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het doorsnee scenario met goed stookgedrag. Deze concentratie treedt op bij windstilte en bewolking. Bij een PM_{10} achtergrondconcentratie in de winter van $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= de hoogste maandgemiddelde concentratie in Groningen) betekent dit, dat de daggemiddelde PM_{10} concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ door toedoen van houtkachels onder doorsnee emissieomstandigheden (goed stookgedrag) niet wordt overschreden. In figuur 4.1 staat het verloop van de PM_{10} concentratie weergegeven met de afstand tot de schoorsteen in de doorsnee situatie en in de worst case situatie.



Figuur 4.1 Momentane uurgemiddelde PM_{10} concentratie op verschillende afstanden van de schoorsteen in de doorsnee situatie (blauwe lijn) en worstcase situatie (rode lijn) bij weinig wind en bewolkt weer (stabiliteitsklasse D).

Uit de figuur volgt dat een alleenstaande houtkachel op een afstand tot 50 meter vanaf de schoorsteen de hoogste PM_{10} concentraties veroorzaakt. Volgens de gezondheids-

kundige advieswaarde (WHO, 2005) mag een **daggemiddelde** PM_{10} concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maximaal 3 keer per jaar optreden. Bij het doorsnee emissiescenario (met goed stookgedrag) is de maximale **uurgemiddelde** concentratie in figuur 4.1 onder ongunstige weersomstandigheden kleiner dan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Onder de meest ongunstige weersomstandigheden zijn de concentraties van PM_{10} dus laag in relatie tot de gezondheidkundige advieswaarde. Een alleenstaande houtkachel brengt door de uitstoot van PM_{10} in de doorsnee situatie met goed stookgedrag niet of nauwelijks gezondheidsrisico's voor omwonenden met zich mee.

Uitgaande van de worstcase emissieschatting (met slecht stookgedrag) wordt een maximale PM_{10} bijdrage door de houtkachel berekend van $27,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hierbij wordt de daggemiddelde PM_{10} concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij weinig wind (1 m/s), mede door toedoen van de houtkachel, op een aantal momenten wel overschreden ($27,2 + 38$ is hoger dan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Op basis van de langjarige meteorologie van vliegveld Eelde is vastgesteld dat dit 11 keer per jaar het geval kan zijn¹.

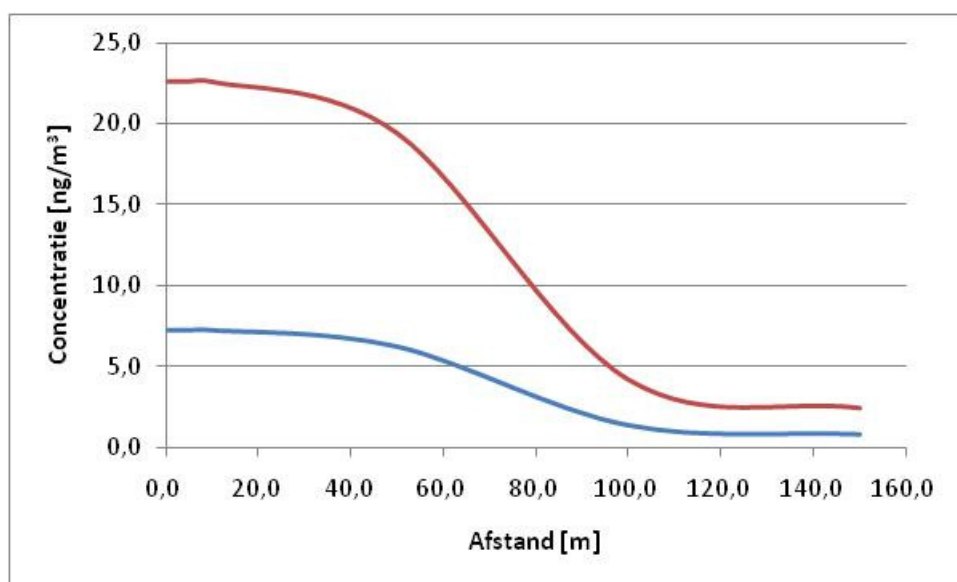
In de worstcase situatie (met slecht stookgedrag) wordt de daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meer dan 3 keer per jaar overschreden. Hierbij wordt dus niet voldaan aan de gezondheidkundige advieswaarde. Ook zonder houtkachels wordt deze advieswaarde echter al overal overschreden.

¹ De frequentie tijdens het stookseizoen is niet bekend, maar is maximaal gelijk aan 11 keer.

4.4 Blootstelling aan overige componenten

In het onderzoek van Buro Blauw in 2009 is naast de blootstelling aan PM_{10} ook gekeken naar de blootstelling aan koolmonoxide (CO) en aan de polycyclische aromatische koolwaterstoffen benzo(a)pyreen en benzo(e)pyreen. Voor deze stoffen zijn de emissiefactoren in dit aanvullende onderzoek niet veranderd t.o.v. het eerdere onderzoek. Wel is voor het houtverbruik een meer realistische waarde van 1,8 kg/u gekozen.

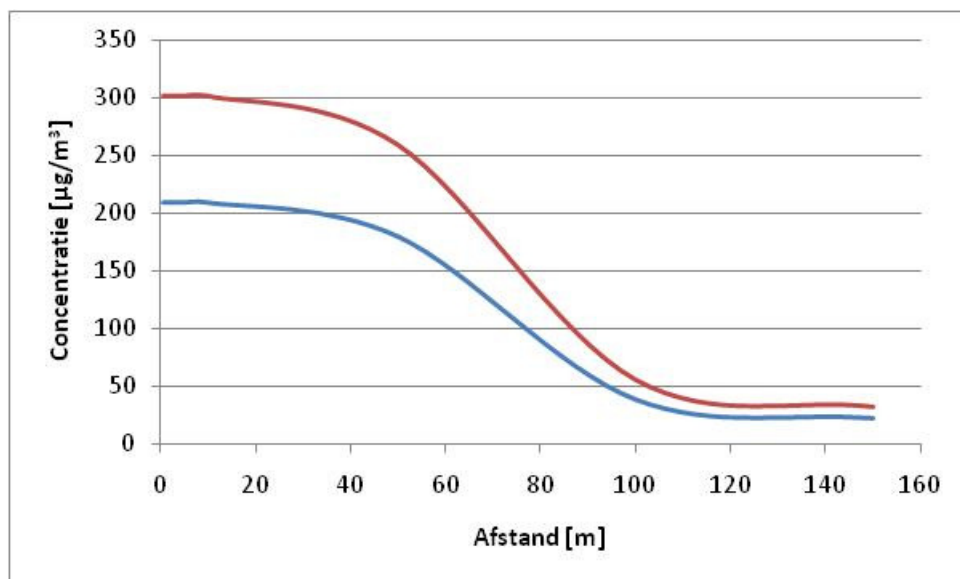
In figuur 4.2 staat het verloop van de uurgemiddelde concentratie van benzo(a)pyreen (BaP) met de afstand tot de schoorsteen in de doorsnee situatie en in de worstcase situatie onder ongunstige weersomstandigheden.



Figuur 4.2 Momentane uurgemiddelde BaP concentratie op verschillende afstanden van de schoorsteen in de doorsnee situatie (blauwe lijn) en in de worstcase situatie (rode lijn) bij weinig wind en bewolkt weer (stabiliteitsklasse D).

Voor benzo(a)pyreen is een wettelijke streefwaarde van kracht, die geldt vanaf 2013. Deze is gelijk aan 1 ng/m^3 als jaargemiddelde concentratie. De momentane uurgemiddelde blootstelling aan BaP onder ongunstige weersomstandigheden bedraagt $7,2 \text{ ng/m}^3$ (doorsnee) oplopend tot $22,6 \text{ ng/m}^3$ (worstcase). Deze concentraties treden op tot 50 meter vanaf de bron. Omdat er geen wettelijke normen of gezondheidskundige advieswaarden bestaan voor uurgemiddelde BaP kan niet aangegeven worden bij welke concentratie er sprake is van een onacceptabel hoge momentane blootstelling.

Figuur 4.3 laat het verloop zien van de uurgemiddelde concentratie van koolmonoxide (CO) als functie van de afstand tot de schoorsteen in de doorsnee situatie en in de worstcase situatie onder ongunstige weersomstandigheden.



Figuur 4.3 Momentane uurgemiddelde CO concentratie op verschillende afstanden van de schoorsteen in de doorsnee situatie (blauw) en onder worstcase condities (rood) bij weinig wind en bewolkt weer (stabiliteitsklasse D).

Voor koolmonoxide hanteert de Gezondheidsraad een streefwaarde van 1 mg/m^3 als uurgemiddelde waarde. Uit figuur 4.3 blijkt dat deze concentratieniveaus in de doorsnee situatie en de worstcase situatie onder ongunstige weersomstandigheden niet worden bereikt. Een alleenstaande houtkachel brengt door de uitstoot van koolmonoxide niet of nauwelijks gezondheidsrisico's voor omwonenden met zich mee.

4.5 Conclusies voor alleenstaande houtkachels

Voor alleenstaande houtkachels worden in dit aanvullende onderzoek dezelfde conclusies getrokken als in het eerdere onderzoek van Buro Blauw in 2009. Het is onwaarschijnlijk dat bij alleenstaande houtkachels in de doorsnee situatie met goed stookgedrag én in de worstcase situatie met slecht stookgedrag wettelijke normen voor PM_{10} worden overschreden. In de worst case situatie wordt wel de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen in de buitenlucht overschreden. Deze streefwaarde geldt per 2013.

In dit aanvullende onderzoek zijn uurgemiddelde concentraties berekend van PM_{10} , PAK's en CO op verschillende afstanden van de schoorsteen en onder verschillende weersomstandigheden. Onder ongunstige weersomstandigheden (bewolkt en weinig wind) treden de hoogste concentraties op tot 50 meter vanaf de schoorsteen. Alleen voor koolmonoxide zijn gezondheidkundige advieswaarden voor uurgemiddelde concentraties geformuleerd. Deze worden benedenwinds van een alleenstaande houtkachel onder ongunstige weersomstandigheden niet overschreden. Dit geldt zowel in de doorsnee situatie met goed stookgedrag als in de worstcase situatie met slecht stookgedrag.

5. NOORDERHAVEN

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van de houtkachels van de woonboten gelegen aan de Noorderhaven in Groningen herberekend op basis van de bijgestelde uitgangspunten. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de volgende berekeningen gepresenteerd:

1. de bijdrage van de houtkachels aan de PM₁₀ achtergrondconcentratie
2. de effecten van de stookduur op de PM₁₀ belasting in de omgeving
3. korte termijnberekeningen van de PM₁₀ concentratie
4. korte termijnberekeningen van de concentratie van benzo(a)pyreen (BaP)

De uitgangspunten van de berekeningen worden samengevat in tabel 5.1

Tabel 5.1 Gehanteerde uitgangspunten bij de modelberekeningen voor de houtkachels aan de Noorderhaven

| Algemene gegevens | Waarde | Eenheid |
|--------------------------|-----------|-------------------|
| Houtverbruik | 2,8 | kg/u |
| Emissiehoogte | 1 | m |
| Gebouwafmetingen | 218*10*10 | m |
| Pijpdiameter | 0,15 | m |
| Afgasdebiet | 24,6 | m ³ /u |
| Rookgastemperatuur | 330 | °C |
| Stookduur | 1045 | u/j |
| Aantal houtkachels | 62 | |
| Emissiegegevens | Doorsnee | Worstcase |
| [mg PM ₁₀ /u] | 5062 | 25200 |

In dit hoofdstuk wordt de langjarig gemiddelde blootstelling aan PM₁₀ vastgesteld. Hierbij worden berekeningen uitgevoerd met het Nieuw Nationaal Model (NNM) en worden de berekende concentraties getoetst aan de wettelijke grenswaarden. Tevens wordt de invloed van de stookduur op de PM₁₀ blootstelling vastgesteld door berekeningen uit te voeren voor verschillende stookuren per jaar. Bij de lange termijn berekeningen met het NNM is de Noorderhaven gesimuleerd als een kanaal met een lengte van 250m, waaraan aan weerszijden 31 boten gelegen zijn. Alle boten hebben een houtkachel. De rookgaskanalen van de houtkachels steken circa 1m uit boven de kade. Er is dus gerekend met 62 puntbronnen, die ieder een emissiehoogte hebben van 1m. Bij de berekeningen met het NNM is voor iedere woonboot aan de Noorderhaven een gebouw ingevoerd met de afmetingen 218*10*10 meter. Voor de boten aan de zuidzijde van de Noorderhaven ligt dit gebouw 10 meter ten zuiden van de woonboten. Voor de woonboten aan de noordzijde ligt het gebouw 10 meter ten noorden van de woonboten. De concentraties zijn berekend in een raster van 300*300 m met 1681 rasterpunten. Dit betekent dat de dichtst bijgelegen rekenpunten binnen een afstand van 7,5m van de

schoorstenen van de houtkachels liggen. Dit is een realistische weergave van de situatie aan de Noorderhaven.

5.2 Bijdrage houtkachels aan lokale PM₁₀ achtergrondconcentratie

De bijdrage van de houtkachels aan de Noorderhaven aan de lokale PM₁₀ achtergrondconcentratie is berekend met het NNM. Hierbij zijn berekeningen uitgevoerd voor het doorsnee emissiescenario (met goed stookgedrag) en voor het worstcase emissiescenario (met slecht stookgedrag). Er zijn diverse situaties doorgerekend, waarbij de stookduur is gevarieerd. De resultaten van de berekeningen worden samengevat in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Extra bijdrage van houtkachels Noorderhaven aan de concentraties van PM₁₀ bij een achtergrondconcentratie van 21,8 µg/m³ en 9¹ overschrijdingsdagen

| Scenario | Aantal kachels | Stook duur [u/j] | PM ₁₀ [µg/m ³] | | # overschrijdingen | |
|-----------|----------------|------------------|---------------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | | | Bijdrage | Totaal | Bijdrage | Totaal |
| Doorsnee | 62 | 1045 | 4,9 | 26,7 | 8 | 18 |
| | | 1800 | 8,4 | 30,2 | 22 | 32 |
| | | 1885 | 8,9 | 30,2 | 25 | 35 |
| | | 2000 | 9,4 | 31,2 | 27 | 37 |
| Worstcase | 62 | 8760 | 41,3 | 63,1 | 187 | 197 |
| | | 1045 | 24,2 | 46,0 | 114 | 124 |
| | | 786 | 18,2 | 40,0 | 85 | 95 |
| | | 250 | 5,6 | 27,4 | 25 | 35 |

1: Deze waarden gelden voor 2009 en zijn afgeleid van het RIVM meetstation Europaweg

Uit tabel 5.2 volgt dat bij de geschatte stookduur aan de Noorderhaven van 1045 u/j in de doorsnee situatie (met goed stookgedrag) de wettelijke normen voor PM₁₀ niet worden overschreden. Vanaf een stookduur van 1885 u/j wordt in deze situatie het maximaal aantal van 35 dagen overschreden waarop de daggemiddelde PM₁₀ concentratie hoger mag zijn dan 50 µg/m³.

In de worstcase situatie wordt de wettelijke PM₁₀ norm voor de daggemiddelde concentratie al overschreden vanaf een stookduur van 250 u/j. Dit is lager dan de landelijk gemiddelde stookduur van 572 uur. Vanaf een stookduur van 786 u/j wordt ook de norm voor de jaargemiddelde concentratie van PM₁₀ overschreden.

5.3 Korte termijn blootstelling aan PM₁₀

De situatie in de Noorderhaven is tevens doorgerekend met het korte termijn Gaussisch pluimmodel. Het doel van deze PM₁₀ berekeningen is om na te gaan onder welke omstandigheden in de Noorderhaven een overschrijding te verwachten is van de daggemiddelde norm van 50 µg/m³. Op basis van de weerstatistiek van Eelde wordt nagegaan hoe vaak deze dagnorm mede door toedoen van houtkachels overschreden kan worden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor:

- doorsnee emissieschattingen en een geschatte stookduur voor de Noordhaven conform tabel 5.1.
- doorsnee emissieschattingen op basis van een berekende stookduur, waarbij een normoverschrijding is te verwachten
- worstcase emissieschattingen en een geschatte stookduur voor de Noordhaven conform tabel 5.1.

Het aantal dagen waarop de daggemiddelde PM₁₀ concentratie hoger is dan 50 µg/m³ is mede afhankelijk van de windrichtingsverdeling. Aan de Noorderhaven (in het midden van de stad Groningen) die aan weerszijde omgeven is door hoge gebouwen, wijkt de windrichtingsverdeling sterk af van de gemeten windrichting op vliegveld Eelde. De windrichtingsverdeling in de Noorderhaven is onbekend. In het onderzoek van 2009 is daarom geen rekening gehouden met de windrichtingsverdeling. Op basis van de toen gehanteerde uitgangspunten is berekend dat bij een stookduur van 650 uur per jaar (= 21 minuten extra per dag) de daggemiddelde PM₁₀ concentratie op meer dan 35 dagen hoger is dan 50 µg/m³. Omdat bij deze berekening geen rekening is gehouden met de windrichtingsverdeling moet dit getal worden gezien als de minimaal vereiste stookduur waarbij een overschrijding van de dagnorm kan optreden.

Bij de herberekening is het percentage dat iemand belast wordt door de houtkachels aan de Noorderhaven geschat op basis van de langjarig gemiddelde windrichtingsverdeling van Eelde. Hieruit blijkt dat zuidwestenwind 28% van de tijd voorkomt. Op basis hiervan is een ruime schatting gemaakt van 33% van de tijd. Als deze schatting toegepast wordt op de oorspronkelijke berekeningen van 2009, dan wordt voor de doorsnee situatie (met goed stookgedrag) een overschrijding van de dagnorm voor PM₁₀ berekend bij een stookduur van 4180 uur per jaar.

Ook de korte termijn berekeningen zijn uitgevoerd met de nieuwe uitgangspunten in tabel 5.1. De resultaten van deze berekeningen staan in tabel 5.3.

In deze tabel staat het aantal dagen waarop de daggemiddelde PM₁₀ concentratie groter is dan 50 µg/m³. Hierbij wordt de bijdrage van de achtergrondconcentratie en de extra bijdrage van de houtkachels aan het aantal overschrijdingsdagen apart aangegeven. Het aantal overschrijdingsdagen is niet gecorrigeerd voor het aandeel zeezout (= een aftrek met 6 overschrijdingsdagen).

Tabel 5.3 Samenvatting van de korte termijn PM₁₀ concentratieberekeningen

| Berekening | stookuren [u/j] | Aantal dagen > 50 µg/m ³ | | |
|---|--------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| | | achtergrond ¹ | houtkachels | totaal |
| Berekening doorsnee emissie 2009 | 572 | 12 | 3 | 15 |
| Berekening doorsnee emissie 2009 | 4180 | 12 | 23 | 35 |
| Doorsnee emissie, geschatte stookduur Noorderhaven | 1045 | 12 | 18 | 30 |
| Doorsnee emissie, extra stookuren | 1881 | 12 | 23 | 35 |
| Worstcase emissie, geschatte stookduur Noorderhaven | 1045 | 12 | 32 | 44 |
| Worstcase emissie met minder stookuren | 365 | 12 | 23 | 35 |

1: volgens de GCN data voor 2009

Uit de tabel volgt dat op basis van de korte termijnberekeningen voor de doorsnee situatie (goed stookgedrag) een overschrijding van de dagnorm van de PM₁₀ concentratie is te verwachten bij een stookduur van 1881 uur per jaar. Bij deze berekeningen is de zeezoutcorrectie toegepast. Het resultaat komt zeer goed overeen met de berekeningen met het NNM, waarbij een overschrijding is vastgesteld bij een stookduur van 1885 uur per jaar. Dit komt omdat beide rekenmethode uitgaan van dezelfde basisgegevens zoals emissiefactoren en weersstatistiek. Omdat met twee verschillende modelberekeningen hetzelfde resultaat wordt verkregen, geven de berekeningen een goede voorspelling van de werkelijke situatie.

In de berekeningen van 2009 is een overschrijding van de PM₁₀ dagnorm berekend bij een stookduur van 4180 uur per jaar. Het verschil met de huidige berekeningen (1885 u/j) wordt veroorzaakt doordat nu gerekend is met een lagere emissiehoogte (1m in plaats van 2 meter) en een hogere emissiefactor voor PM₁₀.

Een stookduur van 1885 uur per jaar komt bij een stookseizoen van 7 maanden overeen met een stookduur van 9 uur per dag. De stookduur van de woonboten aan de Noorderhaven is geschat op 1045 u/j. Dit komt overeen met een stookduur van 5 uur per dag gedurende het stookseizoen. Voor het bereiken van een situatie waarin de dagnorm voor PM₁₀ overschreden wordt, moeten de houtkachels aan de Noorderhaven dus 4 uur per dag extra gestookt worden ten opzichte van de geschatte stookduur.

Bij de worstcase emissieschatting (slecht stookgedrag) treedt een overschrijding van de dagnorm op bij een stookduur van 365 uur per jaar. Dit rekenresultaat komt ook goed overeen met de resultaten van de berekeningen met het NNM, waarbij een overschrijding van de dagnorm is vastgesteld bij een stookduur van 250 uur per jaar.

5.4 Blootstelling aan andere componenten

In het onderzoek van 2009 is op basis van een kortere stookduur van de houtkachels en op basis van een emissiehoogte van 2 meter geconcludeerd dat houtkachels in de Noorderhaven een overschrijding veroorzaken van de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen in de buitenlucht, die geldt per 2013. Deze overschrijding doet zich niet alleen voor in de worstcase maar ook in de doorsnee situatie.

Op basis van de aanvullende berekeningen, waarbij is uitgegaan van een langere stookduur van 1045 uur per jaar (in plaats van 572 uur per jaar) en waarbij is gerekend met een schoorsteenhoogte van 1m in plaats van 2 m zal de streefwaarde voor benzo(a)pyreen zeker ook worden overschreden.

5.5 Conclusies voor de Noorderhaven

Voor de houtkachels op de woonboten aan de Noorderhaven worden in dit aanvullende onderzoek dezelfde conclusies getrokken als in het eerste onderzoek van Buro Blauw in 2009.

In beide onderzoeken wordt geconcludeerd dat er bij het doorsnee scenario (goed stookgedrag) en een geschatte gemiddelde stookduur per jaar van 1045 u/j , geen overschrijding wordt verwacht van de wettelijke grenswaarden voor de PM₁₀ concentratie. Bij een worstcase emissieschatting (slecht stookgedrag) is het zeker dat de wettelijke normen voor PM₁₀ worden overschreden.

In dit aanvullende onderzoek wordt vanaf een geschatte gemiddelde stookduur van 1885 u/j in de doorsnee situatie een overschrijding verwacht van de wettelijke dagnorm voor PM₁₀. Het verschil met de berekeningen in 2009 (4140 u/j) wordt veroorzaakt doordat nu gerekend is met een lagere emissiehoogte (1m in plaats van 2m) en een hogere PM₁₀ emissiefactor.

Zowel in 2009 als in dit aanvullend onderzoek wordt geconcludeerd dat de wettelijke streefwaarde voor benzo(a)pyreen in de buitenlucht wordt overschreden, zowel in de doorsnee als in de worst case-situatie. Deze streefwaarde geldt per 2013.

6. MAATREGELEN

6.1 Inleiding

In dit aanvullend onderzoek is tevens de effectiviteit van maatregelen onderzocht om de blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen door houtkachels te verminderen.

De blootstelling aan schadelijke of hinderlijke stoffen uit de rookgassen van een houtkachel kan worden verminderd met de volgende maatregelen:

1. Het verbeteren van het stookgedrag van de gebruikers. Deze factor is moeilijk beïnvloedbaar door gemeentelijk beleid. De gemeente Groningen voert een actief voorlichtingsbeleid voor goed stookgedrag. De effectiviteit van dit beleid kan in het kader van dit aanvullende onderzoek niet worden vastgesteld.
2. Het beperken van de stookduur van houtkachels. Ook deze factor is moeilijk beïnvloedbaar door gemeentelijk beleid.
3. Het verbeteren van de kwaliteit van de houtkachels. In Nederland bestaat geen typekeuring voor houtkachels. In andere landen, zoals Duitsland, is dit wel het geval. Hier gelden strenge emissie-eisen voor onder andere de PM_{10} emissies van houtkachels. Omdat Nederlandse producenten van houtkachels ook houtkachels willen verkopen in het buitenland voldoen nieuwe houtkachels, verkocht via de kachelbranche, veelal aan de strengste normen in Europa. De Europese CE-normering voor houtkachels richt zich echter uitsluitend op de koolmonoxide emissies. Hierdoor kunnen in Nederland houtkachels worden verkocht die weliswaar voldoen aan de Europese CE-normen, maar die toch hoge emissies van andere stoffen zoals fijnstof kunnen veroorzaken.

Houtkachels hebben doorgaans een lange levensduur. Van de alleenstaande houtkachels is 25% ouder dan 15 jaar (CBS, 2010).

De gemeente Groningen heeft geen invloed op de toelating van houtkachels op de Nederlandse markt. De gemeente kan alleen via voorlichting het koopgedrag proberen te beïnvloeden.

4. Het beperken van de capaciteit van een houtkachel. Een houtkachel heeft de laagste luchtmissies als deze op vollast gestookt wordt. Dit kan alleen als de capaciteit van de kachel is afgestemd op de warmtebehoefte van de ruimte die de kachel moet verwarmen. In dit aanvullende onderzoek zijn de effecten onderzocht van de capaciteit van de kachel op de momentane concentraties in de directe woonomgeving van de kachel. De resultaten van deze berekeningen worden besproken in paragraaf 6.2.

5. Het verbeteren van de verspreiding van de rookgassen. De verspreiding van de rookgassen vanaf de schoorsteen van de houtkachel kan worden verbeterd door:
- het bevorderen van een vrije verticale uitstroming van de rookgassen.
De verticale uitstroming wordt in de praktijk vaak gehinderd door regenkapjes en dispensers.
 - het verhogen van de schoorsteen van de houtkachels.
- In dit onderzoek zijn de effecten onderzocht van het verhogen van de schoorsteenhoogte. De resultaten worden besproken in paragraaf 6.3.

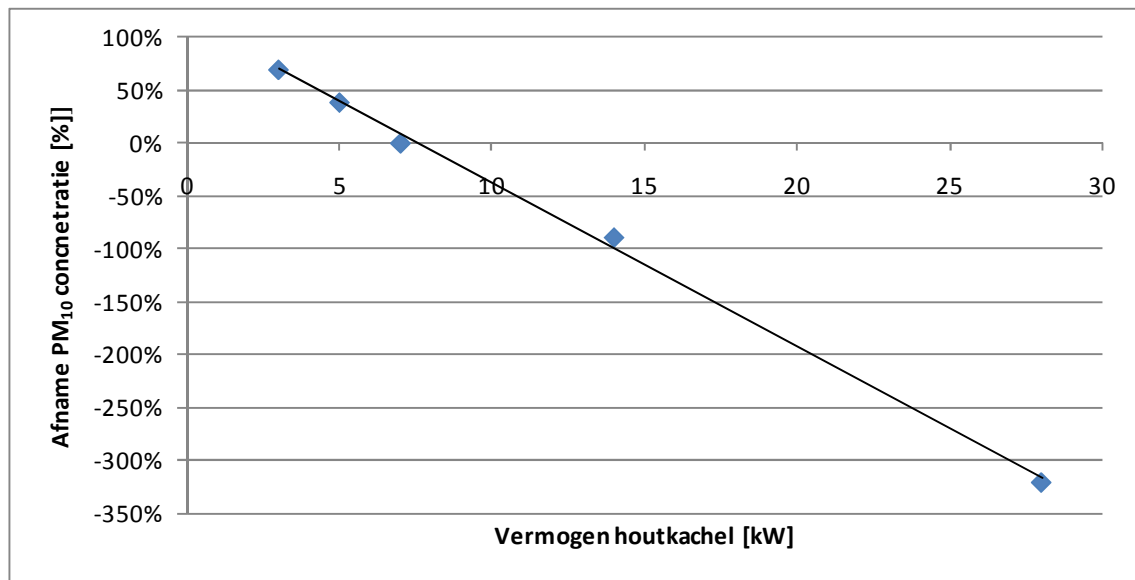
6.2 De capaciteit van de houtkachel

De capaciteit van een houtkachel wordt uitgedrukt in kilowatt (kW). De warmtebehoefte van een ruimte wordt uitgedrukt in kW/m³ volume van de ruimte. De benodigde capaciteit van de verwarming van een ruimte wordt bepaald door:

- het warmerendement van een kachel. In dit onderzoek wordt op basis van informatie van de kachelbranche en literatuurgegevens uitgegaan van een gemiddeld warmerendement van een houtkachel van 70%;
- het volume van die ruimte;
- de mate van isolatie van de ruimte en het warmte-uitwisselend oppervlak van die ruimte.

Voor de berekening van de benodigde verwarmingscapaciteit van een ruimte wordt in Nederland uitgegaan van een warmtebehoefte van 80 W/m³. Dit is het kengetal voor een woning, waarbij sprake is een normale isolatie. Dit betekent voor alleenstaande houtkachels in dit onderzoek, dat met een houtkachel van 8 kW een ruimte kan worden verwarmd met een volume van $8000 \cdot 0,7 / 80 \text{ m}^3 = 70 \text{ m}^3$. Dit is voldoende voor een woonkamer van circa 6,5 * 4,4 m. Bij een kleiner volume is sprake van een overcapaciteit en zal de houtkachel gesmoord worden gestookt met als gevolg een verhoogde emissie van luchtverontreinigende stoffen.

De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen zoals PM₁₀, PAK's en geurstoffen is bij vollast rechtevenredig met de warmte capaciteit van een houtkachel en daarmee met het houtverbruik per uur. Dit betekent, dat de luchtverontreiniging en overlast kunnen worden beperkt door de warmtecapaciteit van de houtkachel aan te passen aan het volume van de te verwarmen ruimte. Het effect op de luchtkwaliteit in de omgeving van een houtkachel wordt weergegeven in figuur 6.1.



Figuur 6.1 Relatie tussen de momentane concentratie van luchtverontreinigende stoffen met de warmtecapaciteit van een houtkachel

Uit de figuur blijkt dat de concentratie van luchtverontreinigende stoffen in de omgeving van een alleenstaande houtkachel rechtevenredig is met de capaciteit van de houtkachel. Als in een concrete situatie sprake is van een te hoge warmtecapaciteit van een houtkachel in relatie tot het volume van de ruimte die verwarmd moet worden, is het verlagen van de capaciteit een efficiënte maatregel voor het verbeteren van de luchtkwaliteit in de directe woonomgeving. Dit kan worden gerealiseerd door het verkleinen van de verbrandingskamer van de bestaande kachel of door de aanschaf van een nieuwe kachel met een kleinere capaciteit.

6.3 De schoorsteenhoogte

De rookgassen van een houtkachel worden via een schoorsteen afgevoerd. Bij een slecht onderhoud van de schoorsteen of bij een verkeerde plaatsing van de schoorsteen kan er sprake zijn van een slechte verspreiding van de rookgassen. Hierbij slaat de rookpluim neer en kunnen hoge en hinderlijke concentraties van rookgascomponenten optreden in de directe woonomgeving. Het verhogen van de schoorsteen zorgt voor een betere verspreiding van de rookgassen en daarmee voor lagere concentraties van rookgascomponenten.

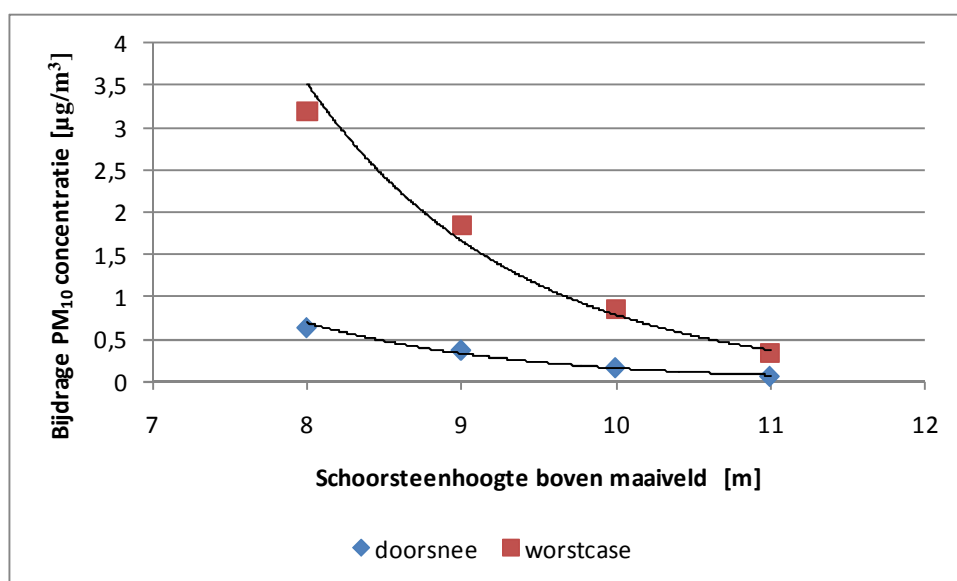
In dit aanvullende onderzoek is vastgesteld, dat het onwaarschijnlijk is dat bij alleenstaande houtkachels wettelijke normen voor PM₁₀ worden overschreden, zowel in de doorsnee situatie met goed stookgedrag als in de worstcase situatie met slecht stookgedrag. Daarnaast is in het onderzoek van 2009 vastgesteld, dat geuroverlast door alleenstaande houtkachels óók bij goed stookgedrag op kan treden. Deze overlast kan eventueel worden verminderd door het verhogen van de schoorsteen.

In dit aanvullende onderzoek is nagegaan welk effect schoorsteenverhoging heeft voor een alleenstaande houtkachel en voor de situatie aan de Noorderhaven.

Hieronder wordende resultaten gepresenteerd.

Alleenstaande houtkachels

Alle berekeningen voor alleenstaande houtkachels zijn uitgevoerd voor een huis met een hoogte van 7,5m en een houtkachel waarvan de rookgassen via een schoorsteen met een hoogte van 8m (boven maaiveld) worden afgevoerd. De mogelijkheden voor schoorsteenverhoging op woningen zijn beperkt. De effecten van schoorsteenverhoging zijn berekend voor een schoorsteenhoogte van 8m oplopend tot 11m. De resultaten van de berekeningen (voor de doorsnee situatie met goed stookgedrag én voor de worstcase situatie met slecht stookgedrag) worden grafisch weergegeven in figuur 6.2. Hierbij is gerekend met een stookduur van 8760 u/j.



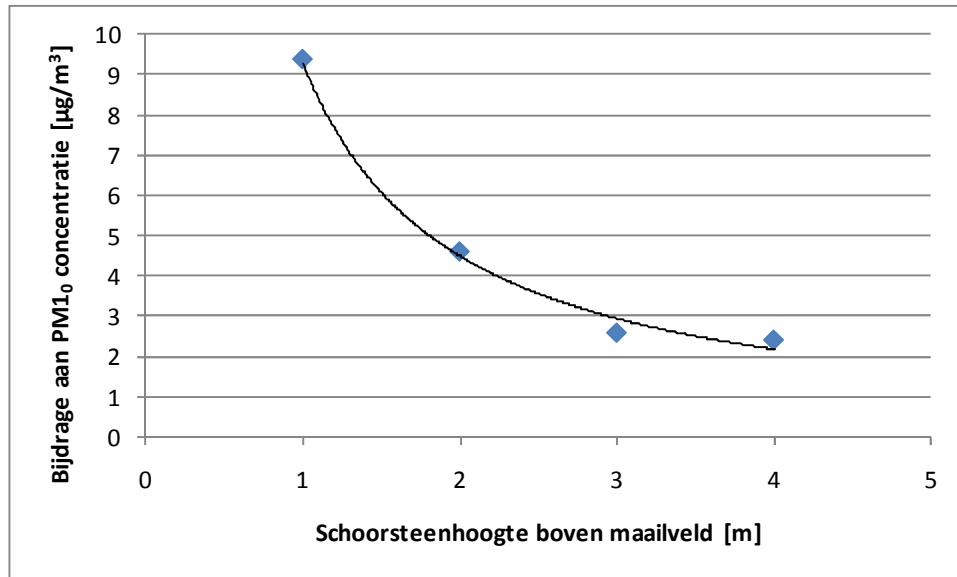
Figuur 6.2 Effect van schoorsteenverhoging op de maximale bijdrage van een alleenstaande houtkachel aan de jaargemiddelde PM₁₀ concentratie

Uit de figuur volgt dat de bijdrage van een houtkachel aan de PM₁₀ achtergrondconcentratie, ongeacht het stookgedrag, exponentieel afneemt bij een verhoging van de schoorsteen. Globaal halveert de bijdrage van de houtkachel per meter verhoging van de schoorsteen. Voor alleenstaande houtkachels is schoorsteenverhoging een effectieve maatregel voor het verminderen van de geur- en rookoverlast.

Noorderhaven

In de Noorderhaven worden de rookgassen op lage hoogte geëmitteerd. In dit aanvullende onderzoek is gerekend met een emissiehoogte van 1m boven maaiveld (straatniveau). Uit de berekeningen met het korte termijn model blijkt, dat hierbij zeer hoge concentraties van rookgascomponenten op waarnemingshoogte (1,5m) kunnen optreden. Deze concentraties kunnen worden verlaagd door de schoorstenen van de woonboten aan de Noorderhaven te verhogen. De mogelijkheden voor het verhogen van de schoorsteen zijn in de praktijk beperkt. In dit aanvullende onderzoek is gerekend met een schoorsteenhoogte van 1m oplopend tot 4m. De resultaten worden grafisch gepresenteerd in figuur 6.3.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de doorsneesituatie (goed stookgedrag) bij een stookduur van 2000 u/j. In dit aanvullende onderzoek is vastgesteld dat, bij een emissiehoogte van 1 meter in de doorsnee situatie een overschrijding wordt verwacht van de wettelijke dagnorm voor PM_{10} vanaf een geschatte gemiddelde stookduur van 1885 uur per jaar. In figuur 6.3 treedt in de situatie met een schoorsteenhoogte van 1 meter dus een overschrijding op van de wettelijke grenswaarde voor de daggemiddelde concentratie van PM_{10} .



Figuur 6.3 Effect van schoorsteenverhoging op de extra bijdrage van houtkachels in de Noorderhaven aan de jaargemiddelde PM_{10} concentratie

Uit de figuur blijkt dat een verhoging van de schoorstenen van de houtkachels van de woonboten in de Noorderhaven tot een schoorsteen van 3m boven maaiveld een effectieve maatregel is. Hierbij halveert de PM_{10} concentratie op waarnemingshoogte per meter schoorsteenverhoging. Door verhoging van de schoorstenen kan worden voorkomen, dat de daggemiddelde PM_{10} concentratie op waarnemingshoogte wordt overschreden.

Een verhoging tot 4m levert echter nauwelijks een extra afname op van de PM_{10} concentratie ten opzichte van een verhoging tot 3m. Verder wordt opgemerkt dat zich aan de Noorderhaven gebouwen bevinden met een hoogte van 10m. Door verhoging van de schoorsteen vermindert de concentratie op waarnemingshoogte. De concentratie aan de gevel kan evenwel op grotere hoogte toenemen. De concentraties op grotere hoogtes van de gevels kunnen echter niet betrouwbaar worden berekend.

6.4 Kosten van de maatregelen

Het verlagen van het vermogen van de houtkachel in situaties waarin een kachel met een te groot vermogen is geïnstalleerd, is een zeer effectieve maatregel. De luchtmissies van een houtkachel zijn namelijk recht evenredig met het vermogen van de houtkachel. De prijzen van houtkachels variëren tussen € 250,00 en € 3.000 inclusief BTW. De prijs van een kachel wordt voornamelijk bepaald door het vermogen en de vormgeving van de houtkachel. Goedkope kachels (tot € 750) bezitten veelal alleen een CE-keurmerk. Kachels boven € 1.000 zijn veelal ook voorzien van een strenge Duitse milieukeur. In Nederland zijn nog veel houtkachels ouder dan 15 jaar in gebruik. Vervanging van deze kachels door nieuwe, schonere kachels is een kosteneffectieve maatregel.

Naast het verlagen van het vermogen van de houtkachel en het vervangen van oude kachels door schonere kachels, kunnen de concentraties van luchtverontreiniging ook worden verminderd door het verhogen en isoleren van de schoorsteen. Dit is een effectieve maatregel. Want globaal wordt de bijdrage van de houtkachel gehalveerd per meter schoorsteenverhoging. Verhoging van de schoorsteen met aluminium (dubbelwandige pijp) kost exclusief montage € 100,- per meter.

6.5 Conclusies

In dit aanvullende onderzoek zijn maatregelen onderzocht voor het verminderen van de negatieve effecten van houtkachels op de luchtkwaliteit. Het afstemmen van het vermogen van de houtkachel aan de warmtebehoefte van de ruimte én het verhogen van de schoorsteen zijn kosteneffectieve maatregelen. Hetzelfde geldt voor het vervangen van oude houtkachels door nieuwe, schonere kachels.

In de Noorderhaven kunnen de negatieve effecten van houtkachels op de luchtkwaliteit worden verminderd door het verhogen van de schoorsteen tot ca. 3m boven maaiveld. Door deze maatregel verbetert de luchtkwaliteit op waarnemingshoogte. Op grotere hoogte tegen de gevels van de omliggende gebouwen kan de luchtkwaliteit door een (beperkte) schoorsteenverhoging echter verslechteren.

10. LITERATUURLIJST

1. **Buro Blauw.** *Effecten luchtemissies houtkachels sfeerhaarden en vuurkorven - Literatuurstudie.* Wageningen : Buro Blauw, 2009. BL2009.4503.01.
2. **CE.** *Beoordeling rapport luchtemissies houtkachels.* Delft : CE, 2010.
Publicatienummer: 10.3205.58.
3. *Air Quality Guidelines. Global Update 2005.* sl : World Health Organisation, 2005.
www.euro.who.int/document/e90038.pdf.

COLOFON

| | |
|-------------------|---|
| Rapporttitel | EFFECTEN LUCHTEMISSIES HOUTKACHELS |
| Subtitel | Vervolgonderzoek op basis van recente meetgegevens |
| Rapportnummer | BL2011.5359.01-V03 |
| | Deze versie vervangt eventueel eerder uitgebrachte versies in zijn geheel |
| Documentnaam | BL2011.5359.01-V03.docx |
| Trefwoorden | |
| Opdrachtgever | Gemeente Groningen |
| Auteur | Ir. F.B.H de Bree |
| Paraaf auteur | |
| Controleur | |
| Paraaf controleur | |
| Datum | 1 september 2011 |



Nude 54 – 6702 DN Wageningen
telefoon 0317 425200 – fax 0317 426111
email info@buroblauw.nl – internet www.buroblauw.nl