

Opnameroutes van toxische stoffen in rook door brand

Drs.ing. Jolanda Willems MBA, Drs. Ellen Wissink, Dr. Remko Houba (allen PreventPartner)

Dr. Frans Greven (GGD)

Drs. Ronald Heus (IFV)

PreventPartner

Opzet presentatie

- Aanleiding en onderzoeksopzet
- Selectie van stoffen
- Indeling in gevarenklassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Aanleiding



BRANDWEER

Waar ROOK is, is KANKER

ARBEIDSHYGIËNE VÓÓR, TIJDENS EN NA EEN INZET.

Vraagstellingen

Vraag brandweer om inzichtelijk te maken:

- wat de meest voorkomende stoffen zijn die vrijkomen bij een brand;
 - welke effecten deze stoffen kunnen geven in het lichaam;
 - welke opnameroutes daarbij relevant zijn.
-
- Een achterliggende vraag van de brandweer om dit onderzoek te laten uitvoeren is of de maatregelen, die nu worden genomen om risico's te minimaliseren, effectief zijn.



Beperkingen onderzoek

- Bij de studie is alleen gekeken naar de **gevaren**;
- dit zegt nog niets over welke gezondheidsrisico's er worden gelopen.
- Niet gekeken naar specifieke toxische stoffen die vrij kunnen komen in branden bij BRZO-bedrijven of andere bedrijven/voertuigen waar specifieke stoffen aanwezig zijn.
- Het gaat bij dit onderzoek om stoffen die voorkomen in rook bij **reguliere branden**.

Geen wetenschappelijk onderzoek, maar vertaling van wetenschap in de praktijk

Blootstellingsroutes

- Via huid, mond en/of inademing



- Uit literatuur weten we dat brandweermensen ondanks het dragen van de ademhalingsbescherming toch via inademing aan stoffen in rook kunnen worden blootgesteld. Lekkage? Te snel af doen?
- Ook opname via de mond is een mogelijke opnameroute, doordat er soms gegeten, gedronken en gerookt wordt tijdens of direct na een inzet. Daarnaast kan door hand-mond contact kunnen er ongemerkt stoffen worden opgenomen in het lichaam.

Onderzoeksopzet

Een combinatie van:

- Expertsessies
- Literatuuronderzoek
- Gebruik van modellen

Selectie van de meest voorkomende stoffen in rook. Vervolgens indeling in gevaren klasse, per blootstellingsroute en beschrijving van effecten.

Het gaat hierbij om een grofmazige benadering.

Opzet presentatie

- Aanleiding en onderzoeksopzet
- Selectie van stoffen
- Indeling in gevarenklassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Selectie van meest belangrijke stoffen

- Expertconsultatie



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

- Literatuuronderzoek
- Belangrijke bron: onderzoeken RIVM (Mennen et al).

Gebaseerd op:
 - meetgegevens van de Milieugevallendienst (MOD) bij ruim vijftig branden;
 - gegevens uit een beperkte literatuurstudie naar emissiefactoren, bepaald op basis van verbrandingsexperimenten en meetgegevens van branden.

Stoffen	Stoffen, die gelden als marker stoffen voor een hele groep
<ul style="list-style-type: none"> • CO - Koolmonoxide • NO2 - Stikstofdioxide • HCN - Waterstofcyanide (Blauwzuur) • SO2 - Zwaveldioxide • HCL - Waterstofchloride (Zoutzuur) • Fosgeen • Perfluoroisobuteen (PFIB) • HF - Waterstoffluoride • Fosforpentoxide <p><i>Een aparte groep die benoemd is zijn stofdeeltjes in het algemeen op basis van hun grootte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ultrafijn stof/ nanoparticles • PM 2,5 • PM 10 	<p>Koolwaterstoffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benzeen • Styreen • Xyleen • Toluëen • Ethylbenzeen • Hexaan • (mono) Chloorbenzeen • Fenol <p>Polycyclische aromatische koolwaterstoffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benzo[a]pyreen • Pyreen <p>Aldehyden en ketonen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acroleïne • Formaldehyde • Acetaldehyde <p>Isocyanaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TDI - 2,4-tolueendi-isocyanaat • Methylisocyanaat • Fenylisocyanaat <p>Dioxinen en furanen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TCDD (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxine) • Furaan • Dibenzofuraan <p>Metalen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lood

Toelichting op stofdeeltjes

Naast specifieke stoffen zijn ook stofdeeltjes in het algemeen opgenomen. Deze zijn verdeeld op basis van grootte. Hiervoor is de volgende indeling aangehouden:

- PM 10 → deeltjes kleiner dan $< 10 \mu\text{m}$; Deze deeltjes komen met name in de bovenste luchtwegen terecht.
- PM 2,5 → deeltjes kleiner dan $< 2,5 \mu\text{m}$; Deze deeltjes kunnen tot in de longblaasjes doordringen.
- Ultrafijn (nanodeeltjes) → deeltjes kleiner dan $0,1 \mu\text{m}$ (in lengte of breedte); Deze dringen tot de longblaasjes door en kunnen ook worden opgenomen in het lichaam.

Opzet presentatie

- Aanleiding en onderzoeksopzet
- Selectie van stoffen
- Indeling in gevarenklassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Gevaren stoffen bij eenmalige en herhaalde blootstelling

Bij de inschatting van gevaren bij eenmalige blootstelling is ervan uitgegaan dat brandweermensen door een incident duidelijk merkbaar zijn blootgesteld aan rook via huid en/of inademing.



Bij de beoordeling van herhaalde blootstelling van uitgegaan dat brandweermannen - ondanks dat zij in de regel beschermd zijn tegen rook door middel van ademhalingsbescherming/kleding – toch via inademing, huid en/of opname via de mond herhaaldelijk blootgesteld kunnen worden aan stoffen in rook door brand.

Naam	Inademing - eenmalige blootstelling	Inademing - herhaalde blootstelling	Huid - eenmalige blootstelling (opname)	Huid - herhaalde blootstelling	Mond - herhaalde blootstelling
CO - Koolmonoxide	Orange	Yellow	Green	Green	Green
NO ₂ - Stikstofdioxide	Red	Orange	Green	Green	Green
HCN - Blauwzuur	Red	Orange	Orange	Orange	Green
SO ₂ - Zwaveldioxide	Red	Yellow	Green	Green	Green
HCL - Zoutzuur	Orange	Green	Green	Green	Green
<i>Koolwaterstoffen</i>					
- Benzeen	Green	Red	Green	Yellow	Green
- Styreen	Yellow	Orange	Green	Green	Green
- Xyleen	Green	Yellow	Green	Green	Green
- Toluëen	Green	Yellow	Green	Green	Green
- Ethylbenzeen	Green	Yellow	Green	Green	Green
- Hexaan	Green	Yellow	Green	Green	Green
- (mono) Chloorbenzeen	Yellow	Green	Green	Green	Green
- Fenol	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
<i>Aldehyden en ketonen</i>					
- Acroleïne	Red	Yellow	Green	Green	Green
- Formaldehyde	Red	Red	Green	Green	Green
- Aceetaldehyde	Yellow	Orange	Green	Green	Green
<i>Isocyanaten</i>					

Control banding

Er is in de control banding een gevaarsindeling gemaakt die specifiek is voor deze situatie, omdat het een specifieke situatie betreft - namelijk blootstelling bij de brandweer aan stoffen in rook bij reguliere branden.

Stoffen niet alleen ingedeeld op basis van de gevaarzinnen maar zijn ook de volgende zaken meegewogen:

- de **potentie van opname** van stoffen in het lichaam;
- **concentratie(range) van een stof** in de rook in combinatie met de opnamepotentie.

Bijvoorbeeld, bij de **HUID** is meegewogen:

- of een stof via de huid kan worden opgenomen;
- dat stoffen niet rechtstreeks op de huid komen, maar indirect via rook.

Hierdoor is er sprake is van kleinere hoeveelheden dan bij direct contact met een (vloei)stof.

Hoe is indeling tot stand gekomen

Inademing en opname mond

- Control banding op basis van H-zinnen en bij acuut gevaar (inademing) op alarmeringswaarden.
- Literatuuronderzoek middels de toxicologische database Cheminfo.
- Toetsing uitkomsten binnen expert groep.



Opname via inademing, effecten bij herhaalde blootstelling aan rook (lokale en systemische effecten)

Gevarenklasse	Gevaar:
	Geen H-zinnen aanwezig, of H332 (<i>schadelijk bij inademing</i>) Indien opname via de inademing (inhalatoire opname): H335 (<i>irritatie</i>), H336 (<i>slaperigheid</i>)
	H331 (<i>giftig bij inademing</i>) H373 (<i>kan schade veroorzaken aan organen</i>) (indien effect op longen en/of inhalatoire opname) EU071 (<i>bijtend voor luchtwegen</i> , indien effect ook is beschreven voor langdurige blootstelling) H361F
	H330 (<i>dodelijk bij inademing</i>) H372 (<i>veroorzaakt schade aan organen</i>) (indien effect op longen en/of inhalatoire opname) H334 (<i>allergie, astmasymptomen</i>) H341, (<i>verdacht mutageen</i>) H351 (<i>verdacht kankerverwekkend</i>) H360F (<i>invloed op vruchtbaarheid</i>) (of verdacht kankerverwekkende of mutagene-stof in literatuur)
	H340 (<i>mutageen</i>) H350 (<i>kankerverwekkend</i>) (of bewezen kankerverwekkende of mutagene-stof in literatuur)

Opname via inademing, effecten bij eenmalige blootstelling aan rook (lokale en systemische effecten)

Gevarenklasse	Gevaar:
	Grenswaarde AGW*) $\geq 1000 \text{ mg/m}^3$ of geen relevante H-zinnen
	Grenswaarde AGW $\geq 100 - < 1000 \text{ mg/m}^3$ (AGW-waarde is leidend boven H-zinnen) of H332 (<i>schadelijk bij inademing</i>) of Indien inhalatoire opname: H371, H335, H336
	Grenswaarde AGW $> 25 - < 100 \text{ mg/m}^3$ (AGW-waarde is leidend boven H-zinnen) of H331 (<i>giftig bij inademing</i>), EUH071 (<i>bijtend voor luchtwegen</i>) of Indien inhalatoire opname: H370
	Grenswaarde AGW $< 25 \text{ mg/m}^3$ (AGW-waarde is leidend boven H-zinnen) of H330 (<i>dodelijk bij inademing</i>) Of H334 (in literatuur toetsen dat dit geldt voor eenmalige blootstelling)

Huidopname

- Expertconsultatie keuzemodel.
- Bepalen H –zinnen.
- Literatuuronderzoek: op basis van de gevarenczinnen (H-zinnen) en literatuuronderzoek is bepaald welke van de 32 geselecteerde stoffen mogelijk via de huid in het lichaam kunnen worden opgenomen. Dit zijn 22 stoffen.
- Voor deze 22 stoffen met behulp van IH SkinPerm bepaald in hoeverre huidopname een belangrijke factor is ten opzichte van de inhalatoire blootstelling (*op basis van o.a. octanol-water-partiticoëfficiënt (LogKow), relatieve molecuulmassa (MW in g/mol)*)
- Control banding op basis van uitkomst IH SkinPerm en H-zinnen.

TNO innovation
for life



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Opname via de huid, effecten bij eenmalige blootstelling aan rook (lokale en systemische effecten)

Gevaarklasse	Gevaar
Geen of geringe huidopname, inhalatoire opname is belangrijkste factor of Geen H-notatie en geen schadelijke effecten omschreven in literatuur door huidopname, of Huidopname belangrijke of grootste factor t.o.v. inhalatoire opname in combinatie met H312 (<i>schadelijk bij contact met de huid</i>), of H314, H315	
Huidopname belangrijke of grootste factor t.o.v. inhalatoire opname in combinatie met: H311 (<i>giftig bij contact met de huid</i>) of H371	
Huidopname belangrijke of grootste factor t.o.v. inhalatoire opname in combinatie met: H310 (<i>dodelijk bij contact met de huid</i>), of H370	
N.v.t. voor de stoffen in rook	

Opzet presentatie

- Aanleiding en onderzoeksopzet
- Selectie van stoffen
- Indeling in gevarenklassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Effecten eenmalige hoge blootstelling inademing

De meest kritische stoffen bij eenmalige (hoge) blootstelling aan stoffen in rook door brand zijn:

- de stoffen die invloed hebben op “de ademhaling” (de zogenaamde asfyxantia);
- de sterk irriterende stoffen;
- restgroep met stoffen die effecten hebben op het zenuwstelsel;

Over kankerverwekkende stoffen ontstaan vaak vragen na eenmalige blootstelling. Derhalve is ook een toelichting gegeven op dit risico.

Beschrijving gezondheidseffecten

- Per blootstellingsroute zijn gezondheidseffecten beschreven.

Naam	Inademing - eenmalige blootstelling	Effecten
CO - Koolmonoxide		Beide stoffen worden opgenomen door de longen in het lichaam. Koolmonoxide heeft invloed op het zuurstoftransport en waterstofcyanide heeft met name invloed op de celademhaling.
HCN - Waterstofcyanide (Blauwzuur)		Beide stoffen veroorzaken bij relatief lage dosis o.a. hoofdpijn en zijn bij hogere concentraties dodelijk. (Belangrijkste effect bij eenmalige hoge blootstelling: op hart vaatstelsel en zenuwstelsel) <i>HCN - Waterstofcyanide (Blauwzuur) wordt ook door de huid opgenomen, dit geldt niet voor koolmonoxide</i>

Tabel : Effecten op zuurstoftransport en/of celademhaling bij eenmalige (hoge) blootstelling

Tabel: Effect van irriterende/bijtende stoffen bij **eenmalige (hoge) blootstelling**

Naam	Inademing - eenmalige blootstelling	Effecten
NO ₂ - Stikstofdioxide		Bijtende werking op (met name lage) luchtwegen, kan ernstige longschade veroorzaken met invloed op ademhaling, ook kans op ontstaan van astma na eenmalige blootstelling (Reactive Airways Dysfunction Syndrome (RADS)). Kan verstikking veroorzaken door ontstaan van longoedeem.
Fosgeen		
Perfluoroisobutene (PFIB),		
SO ₂ - Zwaveldioxide		Bijtend effect met name op bovenste luchtwegen, kan verstikking veroorzaken door zwelling van met name bovenste luchtwegen. <i>Bij hoge concentraties ook kans op longoedeem.</i>
HCL - Zoutzuur		
Acroleïne		
Formaldehyde		
Aceetaldehyde		
Fosforpentoxide		Ontstaan van astma na eenmalige blootstelling (Reactive Airways Dysfunction Syndrome (RADS)) ²⁴ .
TDI - 2,4-tolueendi- isocyaan		Hoge blootstelling aan isocyanaten kan eveneens longontsteking veroorzaken en naast RADS een immunologische beroepsastma opwekken.
Methylisocyaan		
Fenylisocyaan		
HF - Waterstoffluoride		Bijtend effect op luchtwegen, heeft tevens invloed op calciumgehalte in bloed, kan ook astmatische reactie veroorzaken (belangrijkste effect bij acute blootstelling: op luchtwegen, hart vaatstelsel en zenuwstelsel). Ontstaan van astma na eenmalige blootstelling (Reactive Airways Dysfunction Syndrome (RADS)).

Overzicht stoffen die effecten kunnen veroorzaken via de huid bij eenmalige (hoge) blootstelling

Naam	Inademing - eenmalige blootstelling	H-notatie	Huidopname genoemd in literatuur
HCN - Waterstofcyanide (Blauwzuur)		ja	Ja, zeer snelle huidopname
Fenol		ja	Ja, snelle opname

Indeling in effecten herhaalde blootstelling

Bij herhaalde inademing van rook kan er blootstelling aan stoffen ontstaan die op basis van hun effect in de volgende groepen kunnen worden ingedeeld:

- (verdacht) kankerverwekkende en mutagene stoffen, direct in de longen of op andere plekken in het lichaam;
- stoffen die (chronische) luchtwegklachten kunnen veroorzaken zoals astma, hogere gevoeligheid voor longontstekingen, overgevoelighedsreacties;
- stoffen die door de longen worden opgenomen en elders in het lichaam een toxisch effect veroorzaken.

Naam	Inademing - herhaalde blootstelling	Kankerverwekkend volgens H-zinnen	Mutageen, volgens H-zinnen	Register CMR Nederland 2016
Benzeen		Kan kanker veroorzaken	Kan genetische schade veroorzaken	Kankerverwekkend Mutageen
Formaldehyde		Kan kanker veroorzaken	Verdacht van het veroorzaken van genetische schade	Kankerverwekkend
Aceetaldehyde		Verdacht van het veroorzaken van kanker	Nee	Kankerverwekkend
Fenol		Nee	Verdacht van het veroorzaken van genetische schade	Nee
Furaan		Kan kanker veroorzaken	Verdacht van het veroorzaken van genetische schade	Kankerverwekkend
TCDD (2,3,7,8-		Nee	Nee	Kankerverwekkend,

Opzet presentatie

- Aanleiding en onderzoeksopzet
- Selectie van stoffen
- Indeling in gevarenklassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Conclusies opnameroutes

Eenmalige blootstelling

- Bij eenmalige blootstelling is opname **via de inademing de belangrijkste route**.
- De kans op effecten die optreden bij eenmalige (hoge) blootstelling via de huid wordt gezien als klein.

Herhaalde blootstelling

- Bij herhaalde blootstelling aan stoffen in rook door brand lijkt **de inademing de belangrijkste opnameroute voor meerdere stoffen**.
- De **opnameroute via de huid** is slechts voor een beperkt aantal stoffen van belang.

Conclusies, herhaalde blootstelling

Stoffen die van belang zijn bij **inademing**:

- **Meerdere stoffen** in rook kunnen, bij herhaalde blootstelling, **astma** veroorzaken.



- Eerder onderzoek heeft aangetoond dat bij de brandweer meer astma voorkomt dan in de gewone bevolking en dat de kans toeneemt met het aantal uitrukken. Dit duidt erop dat er wel degelijk blootstelling plaatsvindt via ademhaling, ondanks het gebruik van ademhalingsbescherming.

- Er zijn daarnaast **meerdere stoffen** die bij intermitterende blootstelling andere gezondheidsschade kunnen veroorzaken zoals:


- **kanker,**
- **hart- en vaatziekten,**
- **effecten op zenuwstelsel.**



- Of deze effecten daadwerkelijk optreden is afhankelijk van de mate van blootstelling aan rook (en eventueel andere bronnen in de omgeving zoals sigarettenrook en dieseluitlaatgassen).

Conclusies, herhaalde blootstelling

Stoffen die van belang zijn voor **huid**:

- **Benzo[a]pyreen** (PAK): kan huidkanker veroorzaken en wordt snel opgenomen via de huid.
- 
- Gelijktijdige blootstelling aan Fenol versnelt de huidopname van Benzo[a]pyreen (PAK) in het lichaam en gelijktijdige blootstelling aan formaldehyde kan mogelijk de kankerverwekkende eigenschappen versterken.
 - **Benzeen** en **Furaan** – potentieel gevaarlijke stoffen. Benzeen is bewezen kankerverwekkend voor de mens, Furaan heeft mutagene eigenschappen. De opname door de huid is bij deze stoffen echter gering.
 - **HCN** – Waterstofcyanide (Blauwzuur) wordt snel opgenomen door de huid en kan afhankelijk van de dosis op verschillende plaatsen in het lichaam inwerken.
 - **Aantal stoffen** in rook die een **allergie** kunnen veroorzaken, zoals Isocyanaten.

Conclusies huid

- **Is huidopname een reële route bij blootstelling aan toxische stoffen die voorkomen in rook door brand?**
- **Hoe staat deze opnameroute in verhouding met andere opnameroutes (via de ademhaling en via de mond)?**



- Huidopname is een reële route voor een zeer beperkt aantal stoffen. Derhalve dient huidblootstelling zeker te worden meegenomen in toekomstige risicobeoordelingen.
- Wat betreft de verhouding tussen gevaren bij inademing en huidblootstelling kan worden gesteld dat bij blootstelling aan stoffen bij rook door brand de opname via inademing het grootste gevaar met zich meebrengt.

Conclusie opname via mond

- Via hand-mond contact zijn er drie stoffen die op basis van hun eigenschappen een gevaar kunnen vormen.
 - **Benzo[a]pyreen (PAK)** en **TCDD (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxine)** door kankerverwekkende eigenschappen
 - **Lood** door reprotoxische eigenschappen (negatief effect voor mannelijke vruchtbaarheid).

Aanbevelingen inademing stoffen

Blijvende aandacht voor het voorkomen van inademing van rook belangrijk.

Concrete aanbevelingen:

- Het uitvoeren van nader onderzoek om de momenten waarop rook kan worden ingeademd nog beter in kaart te brengen. Op basis van bevindingen kunnen mogelijk nog meer maatregelen worden genomen om onnodige blootstelling te voorkomen.
- Versterken van bewustwordingsproces van de brandweer wanneer blootstelling aan rook plaats kan vinden
- Het invoeren van de zogenaamde ‘fittest’ voor iedereen die ademhalingsbescherming draagt, zodat het masker altijd goed aansluit op het gezicht.

Aanbeveling huidblootstelling en huidopname

- Blootstelling in kaart brengen.
- De uitkomsten van dit onderzoek staan niet op zichzelf en zullen moeten worden gecombineerd met de twee onderzoeken naar vervuiling, doorlaatbaarheid en reinigbaarheid van beschermende brandweerkleding en belasting van de huid.
- Welke verdere maatregelen/onderzoeken er nodig zijn of welke adviezen kunnen worden gegeven hangt mede samen met de uitkomsten van de overige twee onderzoeken.

Overige aanbevelingen

- **Van gevaar naar risico.**

Dit onderzoek heeft zich met name gefocust op gevaren en gevaarspotentie.
Vervolgonderzoek nodig om risico's te kunnen inschatten

- **Hand mond contact**

o.a. hygiëneregels

- **Monitoring blootstelling**

- **Bijzondere stoffen**

Opnemen in gezondheidsparagraaf rampenbestrijdingsplannen

Vragen

- Jolanda.willems@preventpartner.nl
- 06-17722591