

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)

Prevent**P**artner

Aanleiding



BRANDWEER

Waar ROOK is, is KANKER

ARBEIDSHYGIËNE VÓÓR, TIJDENS EN NA EEN INZET.

Schoon werken bij brand

Een landelijke handreiking om voor, tijdens en na brand
schoner te werken



Rook als beroepsrisico

Het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid deed een literatuurscan naar het ontstaan van kanker onder brandweerpersoneel in relatie tot brandbestrijdingsactiviteiten. Tal van databases met wetenschappelijke literatuur zijn geraadpleegd.

- [Rook als beroepsrisico; een literatuurreview](#)

Onderzoek naar rook als beroepsrisico bij de brandweer; een literatuurreview

Versie: 2.0, 03 november 2015



Onderzoek naar rook als beroepsrisico bij de brandweer; deel 2, aanvulling op literatuurreview

Versie: 1.0, 12 oktober 2016



Vraag van de brandweer:

Zijn maatregelen, die nu worden
genomen om risico's te
minimaliseren, effectief?

Radboudumc

Effectiviteit van huid barrière



Finnish Institute of
Occupational Health

Effectiviteit van het pak



Gevaren van stoffen die
vrijkomen bij brand en opname
route.

PreventPartner

Aanpak?

Gevaren van stoffen die
vrijkomen bij brand en
opname route.



Elke brand is anders



**Grote diversiteit aan stoffen
die vrij kunnen komen**



Vraagstellingen

Vraagstellingen:

- 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.



Opzet presentatie

- Onderzoeksopzet
- Selectie van stoffen
- Indeling in gevaren klassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Proces matige aanpak

- Projectgroep bestaande uit vijf personen → met verschillende achtergronden (onderzoek, praktijk) uit drie verschillende organisaties
- **Expert sessies met verschillende kennisinstituten**
- Literatuuronderzoek en gebruik model

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 ademhalings-bescherming 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.

Inhoudelijke aanpak

Een combinatie van: Expertsessies, Literatuuronderzoek en gebruik van modellen heeft geleid tot volgende aanpak:

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

Het gaat hierbij om een grofmazige benadering.

Opzet presentatie

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



Selectie van meest belangrijke stoffen

- Expert consultatie



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

- Literatuuronderzoek

- Belangrijke bron waren onderzoeken RIVM (Mennen et al).

Gebaseerd op

- meetgegevens van de Milieugevallendienst (MOD) bij ruim vijftig branden en
- op 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
• CO - Koolmonoxide • NO2 - Stikstofdioxide • HCN - Waterstofcyanide (Blauwzuur) • SO2 - Zwaveldioxide • HCL - Waterstofchloride (Zoutzuur) • Fosgeen • Perfluoroisobuteen (PFIB) • HF - Waterstoffluoride • Fosforpentoxide <i>Een aparte groep die benoemd is zijn stofdeeltjes in het algemeen op basis van hun grootte:</i> • Ultrafijn stof/ nanoparticles • PM 2,5 • PM 10	Koolwaterstoffen: • Benzeen • Styreen • Xyleen • Toluene • Ethylbenzeen • Hexaan • (mono) Chloorbenzeen • Fenol Polycyclische aromatische koolwaterstoffen: • Benzo[a]pyreen • Pyreen Aldehyden en ketonen: • Acroleïne • Formaldehyde • Aceetaldehyde Isocyanaten: • TDI - 2,4-tolueendi-isocyanaat • Methylisocyanaat • Fenylisocyanaat Dioxinen en furanen: • TCDD (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxine) • Furaan • Dibenzofuraan Metalen: • 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 gevaren klassen
- 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					
NO ₂ - Stikstofdioxide					
HCN - Blauwzuur					
SO ₂ - Zwaveldioxide					
HCL - Zoutzuur					
<i>Koolwaterstoffen</i>					
- Benzeen					
- Styreen					
- Xyleen					
- Toluëen					
- Ethylbenzeen					
- Hexaan					
- (mono) Chloorbenzeen					
- Fenol					
<i>Aldehyden en ketonen</i>					
- Acroleïne					
- Formaldehyde					
- Aceetaldehyde					
<i>Isocyanaten</i>					

Controlbanding

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

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.

Bv beoordeling bij de **HUID** is meegewogen of een stof via de huid kan worden opgenomen.

Daarnaast wordt meegewogen, 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

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



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

Klasse	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

- Expert consultatie keuze model
- Bepalen H –zinnen
- Literatuur onderzoek. 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.
- Controlbanding op basis van uitkomst IH SkinPerm en H-zinnen.



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

TNO innovation
for life

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

Klasse	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 (giftig bij contact met de huid) 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 gevaren klassen
- Beschrijving effecten
- Conclusie onderzoek en aanbevelingen



Effecten eenmalige hoge blootstelling

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.

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		Ontstaan van astma na eenmalige blootstelling (Reactive Airways Dysfunction Syndrome (RADS) ²⁴ .
Aceetaldehyde		
Fosforpentoxide		
TDI - 2,4-tolueendi-isocyanaat		Hoge blootstelling aan isocyanaten kan eveneens longontsteking veroorzaken en naast RADS een immunologische beroepsastma opwekken.
Methylisocyanaat		
Fenylisocyanaat		
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- en vaatstelsel en zenuwstelsel)

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.

Opzet presentatie

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



Conclusies opname routes

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 **behoorlijk wat 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), dat huidkanker kan veroorzaken en snel opgenomen wordt 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, aangezien benzeen bewezen kankerverwekkend is voor de mens en furaan mutagene eigenschappen heeft. 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

- Opname via de **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).

Belangrijkste 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.



Belangrijkste aanbevelingen

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

Vragen

- Jolanda.willems@preventpartner.nl
- 06 17722591

Rapport

- <https://www.brandweer.nl/ons-werk/schoon-werken>

