

Onderzoek Effectbestrijding Brand (rookverspreiding)

Fase 2a oplossingen om schadelijke effecten van rook te minimaliseren

Versie: 431N1204/0.2, donderdag 20 september 2012



Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid
Postbus 7010
6801 HA Arnhem

T 026 355 24 00
F 026 351 50 51
info@nifv.nl

Colofon

Titel	Onderzoek Effectbestrijding Brand (rookverspreiding) Fase 2a oplossingen om schadelijke effecten van rook te minimaliseren
Opdrachtgever Contactpersoon	Brandweer Amsterdam-Amstelland Ricardo Weewer
Datum	donderdag 20 september 2012
Status	Concept
Versie	0.1
Projectnummer	431N1204
Onderzoekers	Ronald Heus, Rijk van den Dikkenberg
Projectleider Review & eindverantwoordelijkheid	Ronald Heus Jos Post

Inhoud

Colofon	2
1 Inleiding en achtergrond	4
1.1 Doelstelling	6
1.2 Vraagstelling	6
2 Methode	6
3 Resultaten	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Turbolöscher	8
3.3 Rookgordijn/blusdeken	9
3.4 Electrostatisch veld	12
3.5 Microturbine	14
3.6 Zand/IJskanon	15
3.7 Patentsearch	17
4 Conclusies en aanbevelingen	19
4.1 Conclusies	19
4.2 Aanbevelingen	19
Referenties	20
Bijlage 1 Positionpapers	21
Bijlage 2 Experimenteerschema	23

1 Inleiding en achtergrond

Bij elke brand komt ook rook vrij. Het komt vaak voor dat de brandweer branden in grote gebouwen niet meer kan blussen. De brandweer beperkt zich dan tot het voorkomen van uitbreiding naar belendingen. Gevolg daarvan is dat er veelal een grote rookwolk ontstaat, die gevolgen kunnen hebben voor de (volks)gezondheid en voor veel overlast en onrust bij omwonenden zorgt (IOOV, 2011; OVV 2012). Het enige dat de overheid nu kan doen is bijhouden waar de rookwolk naartoe gaat en, de bevolking waarschuwen voor mogelijk schadelijke gevolgen voor de (volks)gezondheid en een handelingsperspectief geven. Deze metingen leveren echter vaak onvoldoende tot niets op, omdat de gemeten concentraties schadelijke stoffen beneden de gestelde grenswaarden liggen. (<http://ggd.groningen.nl/milieugezondheid/brand/rookmetingen>).

Het komt per jaar gemiddeld vijf à zes keer voor dat de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) wordt ingeschakeld om metingen te verrichten naar mogelijke schadelijke gevolgen (M.G. Mennen en N.J.C. van Belle, 2007)¹ van een omvangrijke brand. Schadelijke stoffen en gassen in rook worden vooral gemeten in de nabijheid van de brand wanneer er onvoldoende pluimstijging is. Verder weg van de brand is er wel sprake van overlast en ongerustheid, maar in de regel geen direct traceerbaar gevaar voor milieu en volksgezondheid. Deze onrust en overlast is in de afgelopen jaren, mede onder invloed van de snelle mediabelangstelling toegenomen. Recente voorbeelden van dergelijke branden zijn:

- de brand bij Chemiepack in Moerdijk op 5 januari 2011;
- de brand bij Sell Kunststoffen in Nijkerk op 3 mei 2012.

Beide branden, die uren duurden, gingen met enorme rookontwikkeling gepaard, maar leverden in het algemeen geen directe problemen voor de volksgezondheid op. Wel leverde de brand in Moerdijk veel maatschappelijke onrust op. Een voorbeeld uit een wat verder verleden (mei 2000) waarbij **wel** sprake was van meetbare schade voor de volksgezondheid is de brand bij ATF in Drachten waarbij PCB's en dioxinen vrijkwamen. Een deel van de mensen heeft hier blijvend luchtwegproblemen aan over gehouden (Duijm e.a., 2008).

Rook van branden die voldoen aan het criterium gevaar voor de volksgezondheid kunnen de volgende gassen bevatten (M.G. Mennen en N.J.C. van Belle, 2007; Wakefield 2010):

- koolmonoxide (CO);
- blauwzuur (HCN);
- zoutzuur (HCl);
- chloorgas (Cl₂);
- stikstofoxiden (NO_x);
- zwaveldioxide (SO₂);
- zwavelwaterstof (H₂S);
- ammoniak (NH₃).

¹ Gebaseerd op gegevens verzameld tussen 1997 en 2007

Verder kunnen naast gassen nog Vluchtig Organische Componenten (VOC's) worden gemeten zoals:

- benzeen;
- toluen;
- ethylbenzeen;
- xylenen;
- gechloreerde ethenen;
- aldehyden.

Tenslotte worden allerlei stofdeeltjes in rook gevonden, onder andere:

- zware metalen;
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen;
- dioxinen;
- polychloorbiphenylen.

Door pluimstijging van de rook bij brand is op 1 km afstand vaak geen schadelijke concentratie van de gevaarlijke stoffen van een brand terug te vinden.

De brandweer beschikt (nog) niet over middelen en mogelijkheden om de effectschade en de omvang van de rookwolk en schadelijke gassen en deeltjes te beperken. Overigens treedt hetzelfde probleem ook op bij emissie van gevaarlijke gassen, waarvoor ook (nog) geen middelen en/of mogelijkheden voorhanden zijn om schade te voorkomen. Gezien de toegenomen ongerustheid wil de brandweer in de toekomst wel kunnen beschikken over een middel of mogelijkheden om de schade als gevolg van een rookwolk afkomstig van een grote brand of een gaswolk te beperken, zowel in tijdsduur als in omvang, zodat ook effectief iets kan worden gedaan aan de overlast. Hiervoor zou een instrument ontwikkeld moeten worden vanuit een direct in de praktijk toepasbare techniek en/of methode.

In dit (deel)project wordt van een aantal eerder bedachte oplossingen (Heijnen e.a. 2011) onderzocht of het mogelijk is om deze in een latere fase experimenteel te onderzoeken op hun bruikbaarheid voor de brandweer. Het beoogde eindresultaat van het totale project is een (concept)systeem of prototype waarmee in de dagelijkse praktijk door de brandweer de gevolgen van het vrijkomen van schadelijke rook, gassen en/of dampen kunnen worden voorkomen of beperkt. Neerslaan is één methode om een gas- of rookwolk te beperken, maar wellicht zijn er andere methoden en bijbehorende technieken denkbaar en uitvoerbaar (o.a. verspreiden, oplossen, inkapselen en filteren).

In de eerste fase van het project zijn veel ideeën middels de TRIZ ('Theory of Inventive Problem Solving') brainstormtechniek gegenereerd (Heijnen e.a. 2011) Het resultaat van de brainstorm vormt de basis voor fase 2 van het project. In deze fase staat zoals vermeld de verdere ontwikkeling van een methode, techniek, product of instrument centraal en de (eventuele) experimentele toetsing van methode, techniek, product of instrument.

In het eerste deel van fase 2 wordt een aantal ideeën uit de brainstorm en een later toegevoegd idee nader uitgewerkt op hun haalbaarheid voor experimentele toetsing en mogelijk gebruik in de dagelijkse praktijk.

1.1 Doelstelling

Aan bovengenoemde oplossing(s) liggen een drietal principes ten grondslag, namelijk:

- aanwakkeren van de brand (met als gevolg rookpluimstijging en vollediger verbranding);
- inperken van de rookwolk en filteren van schadelijke deeltjes en gassen;
- direct en sneller blussen van de brand zonder milieuschade door waterverontreiniging.

Het is de bedoeling dat deze principes theoretisch verder worden uitgewerkt in het eerste deel van fase 2 van het onderzoek om vervolgens beargumenteerd een keuze te maken voor die oplossingen die in het tweede deel van fase 2 experimenteel onderzocht kunnen worden op hun haalbaarheid voor de dagelijkse brandweerpraktijk.

1.2 Vraagstelling

De *hoofdvraag* van deze fase van het onderzoek luidt als volgt:

- Zijn er, uit de in fase 1 gegenereerde ideeën, haalbare (technologische) oplossingen mogelijk die verspreiding van schadelijke rookgassen en -deeltjes bij brand voorkomen of beperken?

Specifiek voor de verschillende oplossingen kunnen de volgende subvragen worden geformuleerd:

- i. Is het technisch mogelijk door aanwakkeren en neerslaan, gebruikmakend van de technologie van een rookcentrifuge al dan niet in combinatie met een aanwakkeren van de brand door de Turbolöscher, schadelijke deeltjes in rook te verminderen?
- ii. Kan rook worden opgevangen/tegengehouden door een 'gordijn', zodat schadelijke rook bij een brand kan worden gefilterd of zich niet kan verspreiden?
- iii. Is het mogelijk d.m.v. een elektrostatisch veld de schadelijk deeltjes uit de rook bij een brand te filteren of neerslaan?
- iv. Kan met behulp van een Microturbine de brand worden aangewakkerd, of
- v. Is het mogelijk door een combinatie van zand en/of ijs op de brand te 'spuiten' de verspreiding van schadelijke rook te verminderen door snelle blussing?

Deze rapportage geeft de actuele stand van zaken weer.

2 Methode

Om de hoofdvraag specifiek te kunnen beantwoorden zullen in 5 deelstudies de geformuleerde subvragen eerst moeten worden beantwoord.

Om het onderzoek enigszins in te kaderen en de deelvragen te kunnen beantwoorden moet aan de volgende randvoorwaarden worden voldaan:

- een brand van een gebouw met minimaal 1 en maximaal 2 verdiepingen en een minimaal vloeroppervlak van 25*25m en een maximaal vloeroppervlak van 100*100m;
- een brand waarbij **geen pluimstijging** (meer) optreedt (zoals bij de subsidieaanvraag is vermeld hoeft de methode niet te worden toegepast op een brand met pluimstijging naar al dan niet aanwezige inversielaag);
- er moet minimaal één **eenvoudig toepasbare methode** worden ontwikkeld of aangeschaft, die eventueel op korte termijn kan worden ingezet voor praktijkinzetten;
- de methode moet **binnen 2 uur** in heel Nederland operationeel zijn.

Ten aanzien van deelvraag 1, de combinatie van de centrifuge met de Turbolöscher, volstaat inzicht in praktijkgegevens van de Turbolöscher en een daadwerkelijke praktijkproef met de Turbolöscher ter validatie.

Allereerst worden de noodzakelijke contacten gelegd om de mogelijkheden van de Turbolöscher te bepalen om rookverspreiding te voorkomen. De petrochemische industrie kan mogelijk verder helpen om de mogelijkheden te onderzoeken van het toevoegen van een centrifuge, die de rook moet opvangen en door een soort 'naverbranding' de rook schoner maakt. Navraag bij experts in de petrochemische industrie moet een beeld geven van de combinatie van bovengenoemde technische oplossingen ter voorkoming van rookverspreiding. Op basis van de verkregen informatie wordt een opzet voor experimenteel onderzoek gemaakt voor de Turbolöscher en een kostenraming van deze oplossing.

Ten aanzien van deelvraag 2 kan desktopresearch worden gedaan naar de mogelijkheden om met lichte textiele materialen al dan niet met een filterende werking rook op te vangen (onderzoeksaspecten zijn o.a.: eenvoud in gebruik, snelheid van gebruik, transporteerbaarheid, inzetbaarheid, robuustheid, filtermogelijkheden). Een pilot met een schaalmodel ter validatie van de haalbaarheid van deze oplossing zal indien nodig worden uitgevoerd. De resultaten van de pilot zijn bepalend voor het maken van een onderzoeksopzet voor een experimentele test met een prototype en een kostenraming voor deze oplossing.

Ten aanzien van deelvraag 3 is al vastgesteld dat meer 'fundamenteel' onderzoek nodig is naar de mogelijkheden die het aanbrengen van een elektrostatisch veld biedt om schadelijke deeltjes uit rook te filteren. Om daarover meer te kunnen zeggen moet eerst onderzoek gedaan worden naar het elektrostatisch brandgedrag van rook. Hiertoe wordt in overleg met een technische universiteit een student gevraagd desktopresearch uit te voeren naar dergelijke eigenschappen. Daarnaast zal worden onderzocht of er fabrikanten zijn met ervaring in zuivering van industriële rook, die in staat zijn een dergelijk apparaat te bouwen voor rook van branden.

Ten aanzien van deelvraag 4 zal worden bepaald of met de technologie van een Microturbine de brand zodanig kan worden opgelaaid dat rookpluimstijging ontstaat. Verder zal worden bepaald of de technologie ook geschikt is om een watergordijn aan te leggen waardoor schadelijk deeltjes uit de lucht kunnen worden gefilterd, of de belendende percelen kunnen worden gekoeld.

Ten aanzien van deelvraag 5 tenslotte is het idee dat de baggerindustrie een bijdrage kan leveren met deze oplossingsrichtingen. Ook zijn een aantal octrooien bekend die met zand en/of ijs brand 'blussen'.

Er is een aantal oriënterende onderzoeken uitgevoerd bij NL Octrooicentrum om te bezien of er al bruikbare oplossingen zijn bedacht voor 'de rookcentrifuge', 'het rookgordijn', 'de rookmagneet' en 'de zand/ijs blussing'. Van de gevonden oplossingen zal een inschatting worden gemaakt of ze al dan niet op grote schaal zijn in te zetten. Als er geen bruikbare oplossingen zijn, dan kan eventueel een call voor ontwikkeling worden gedaan binnen de topsectoren² of andere innovatiesubsidies.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Er is uitgegaan van de ideeën die in de TRIZ sessie als meest haalbaar zijn gekenmerkt. In deze fase van het project is gekeken op welke termijn de ideeën zijn te realiseren.

3.2 Turbolöscher

Omschrijving

Door gebruik te maken van een krachtige straalmotor kan de Turbolöscher (Fig. 1) zowel voor directe blussing worden ingezet met een krachtige waterstraal, als voor het koelen van belendende percelen of het zuiveren (uitwassen) van rookgassen en -deeltjes met een watermist. De Turbolöscher wordt reeds ingezet op 'chemische plants' (o.a. BASF Antwerpen) en er is vooralsnog geen verdere ontwikkeltijd nodig om het systeem in te zetten.



Figuur 1 Turbolöscher

Pluspunten

De positieve punten van de Turbolöscher zijn:

² Naar de top: de hoofdlijnen van het nieuwe bedrijfslevenbeleid, 4 februari 2011.

- een grote capaciteit en worplengte;
- eenvoudig bediening;
- snelle verplaatsing;
- bewezen technologie.

Knelpunten

De negatieve punten van de Turbolöscher zijn:

- het verkrijgen van de benodigde hoeveelheid water (max. 8000l.min⁻¹);
- hoge aanschafkosten (ca. 1,5 M€);
- aanleggen speciale ringleiding of afhankelijkheid van tertiaire watervoorziening.

Resultaten

Vooralsnog lijkt het mogelijk de Turbolöscher in te zetten om een brand aan te wakkeren en het verbrandingsproces te optimaliseren, zodat minder schadelijke rook wordt geproduceerd. Een dergelijke inzet van de Turbolöscher betekent dat je niet afhankelijk bent van de enorme watertoevoer.

Als wel gebruik gemaakt wordt van de nozzels om water in de turbostraal te vernevelen kan de rook worden gebonden. Om de rook af te zuigen is de Turbolöscher (nog) niet geschikt en zal nader onderzoek moeten plaatsvinden. Uit gesprekken met de TU Delft is gebleken dat het nog lastig zal zijn ongebonden rook op te vangen en af te zuigen voor naverbranding.

Risico's

Aan de inzet van de Turbolöscher kleven wel een aantal risico's, die meegenomen moeten worden in de keuze voor aanschaf.

Het systeem maakt erg veel geluid. In de nabijheid van het apparaat wordt een geluidsniveau van 140 DB gemeten. Alleen met gehoorbeschermingsmiddelen kan in de buurt van de Turbolöscher worden opgetreden. Daarnaast wordt het water met grote kracht uit geworpen. Het gebonden deel van de straal kan schade veroorzaken.

Combinatie met andere ideeën

De Turbolöscher kan zowel worden ingezet om de brand aan te wakkeren om een volledige(r) verbranding te realiseren, om de brand snel(ler) af te dekken of om de rook in te 'kapselen' en zo te filteren.

Termijn

De Turbolöscher kan op korte termijn worden ingezet.

(Inhoudelijke) contacten:

Michel Kooy, Liberty Gasturbine Holland, Petten (michel@gasturbine.com).

Raf Thierens. Bedrijfsbrandweer BASF Antwerpen (raf.thierens@basf.com)

3.3 Rookgordijn/blusdeken

Omschrijving

Mobiele afscherming van de omgeving tegen rook en neerslaan van rookdeeltjes. Het apparaat is een transporteerbare en uitvouwbare constructie waarmee de omgeving wordt afgeschermd en de rook wordt tegengehouden en neergeslagen. Het concept gaat uit van bewezen principes. Uitgangspunten zijn een neerdalende rookpluim en een groot object (pand). Uitgevoerd met een reflecterende coating kan het rookgordijn (Fig. 2) worden gebruikt om de brand te versterken om zo een vollediger verbranding tot stand te brengen met minder schadelijke rook deeltjes als gevolg.



Figuur 2 Rookgordijn

Tenslotte kan het rookgordijn ook worden gebruikt als een soort blusdeken (Fig. 3). Een idee dat al is onderzocht in de bestrijding van natuurbranden. Firetexx in Steenwijk is een leverancier 'rookgordijnen' en van dergelijke grootschalige blusdekenen. Zij zijn op korte termijn in staat een grote blusdeken te leveren om een grote brand zo snel mogelijk te 'blussen'.

De rookgordijnen die zij leveren filteren geen rook, maar zorgen er voor dat de rook 'gevangen' wordt en niet naar andere ruimten kan. Zij zien wel mogelijkheden om te filteren, maar dat kan niet op korte termijn worden gerealiseerd.



Figuur 3 Blusdeken voor natuurbrand

Er zijn eveneens oriënterende gesprekken geweest met Blücher, een leverancier van filterende kooldeeltjes, die je aan textiele materialen kunt hechten. De belangrijkste toepassing van dit filterende materiaal was/is vooral CBRN beschermende kleding. Uit de gesprekken werd duidelijk dat er mogelijkheden zijn om een dergelijk filterend gordijn te ontwikkelen. Echter per 1 juli is de Nederlandse vertegenwoordiging opgeheven. Er is inmiddels wel contact gelegd met de Duitse vestiging en interesse is gewekt, maar dat heeft nog niet tot een concrete afspraak geleid.

Daarnaast zijn de eerste contacten gelegd met Ten Cate Protective Fabrics. Zij zijn wereldwijd de grootste leverancier van brandwerende textiele materialen. Ook zij zien wel mogelijkheden. Als de samenstelling van de rook bekend is kunnen zij filterende eigenschappen aan het textiele materiaal toevoegen. Daarnaast zouden de brandwerende eigenschappen van het materiaal gebruikt kunnen worden om het rookgordijn in te zetten als een blusdeken. Het is nog niet gelukt om een concrete afspraak te maken.

Pluspunten

De positieve punten van een rookgordijn/blusdeken zijn:

- transporteerbaar met huidige (brandweer)materieelvoorziening;
- direct inzetbaar;
- afhankelijk van hoogte telescopisch en vouwbaar uitgevoerd;
- bij gebouwbrand met hoogwerkers toe te passen;
- eenvoudig concept, uitvoerbaar en betaalbaar (kosten €50-€100 per m²);
- flexibel inzetbaar met betrekking tot de brandrichting;
- combineert meerdere principes:
 - afschermen brand;
 - neerslaan rook;
 - afdekken van de brand;

Knelpunten

De mogelijke minpunten van een rookgordijn/blusdeken zijn:

- de breedte en de hoogte van de constructie in combinatie met het gewicht van het doek en de mogelijke windsnelheden;
- het hoogtebereik / de benodigde hoogte ten opzicht van het object;
- de vouwconstructie / de opvouwbaarheid;
- de straling(swarmte) van de vuurhaard i.v.m. de benaderbaarheid;
- dat de filterende eigenschappen specifiek gemaakt moeten worden;
- beperkte levensduur van het middel³;
- langdurige hittebestendigheid van het materiaal.

Resultaten van een rookgordijn/blusdeken

Met een rookgordijn/blusdeken kun je de brandhaard afschermen, de rook laten neerslaan en filteren. Het rookgordijn/blusdeken kan eventueel worden gecombineerd met andere concepten.

Uit diverse (telefonische) gesprekken is gebleken dat het mogelijk is om rook op te vangen en/of tegen te houden door een 'gordijn' of blusdeken, zodat schadelijke rook bij een brand kan worden gefilterd of worden beperkt.

Risico's

Mogelijke risico's van deze oplossing zijn de technische haalbaarheid en de hoeveelheid benodigde schermen/dekens om grote branden te kunnen bestrijden.

Combinatie met andere ideeën

Het rookgordijn en/of blusdeken is te combineren met bluskanonnen en andere blusmiddelen, zoals droogijs⁴ blussing. Het rookgordijn kan worden uitgevoerd met een thermoscherm van aluminiumfolie om de brand 'thermisch te versterken' om zo

³ gemiddeld gaat een blusdeken ca. 10 keer mee.

⁴ droogijsblussing is een blussing met een vaste vorm van koolstofdioxide of CO₂. Droogijs wordt vooral gebruikt om te koelen.

vollediger verbranding te realiseren⁵. Eventueel is de constructie te gebruiken om er een net aan te hangen dat elektrostatisch wordt geladen om de rook te filteren. Deze laatste twee ideeën behoeven nader onderzoek.

Termijn

Het rookgordijn/de blusdeken kan op korte termijn worden ingezet.

(Inhoudelijke) contacten:

- Dr. Andreas Arnold, Bluecher GmbH, Erkrath (andreas.arnold@bluecher.com)).
- Ing. Karin Klein Hesselink/Dr. Tatjana Topalovic, Ten Cate Protective Fabrics, Nijverdal (K.kleinHesselink@TENCATE.COM).
- Arjan Beertema, Firetexx, Steenwijk (abeertema@firetexx.com)).

3.4 Electrostatisch veld

Omschrijving

Het zuiveren van de rook door middel van neerslaan (laden) of afvangen van rookdeeltjes door middel van elektrostatisch veld. Het is een installatie die bestaat uit elektrostatisch geladen platen en een soort afzuigkap met rookgasreiniging. In de industrie worden dergelijke methoden (Fig.4) al toegepast, maar dan gaat het om gebonden rook (via pijpleidingen) die eerst gereinigd wordt voor het in de atmosfeer vrijkomt. Er bestaan 2 varianten, een droge en een natte variant. Het natte elektrostatische filter bestaat uit één of meer kamers waarover het te reinigen gas gelijkmatig wordt verdeeld. Dit gebeurt door middel van een gasverdeelscherm. Het filter is opgebouwd uit een aantal onafhankelijk van elkaar werkende, in serie geplaatste elektroden.



Figuur 4 Elektrostatische rookfilterinsginstallatie

⁵ Dit is een idee dat niet is uitgewerkt

Om dit principe ook voor branden in de vrije ruimte te gaan toepassen is contact gelegd met de TU Delft. Op 11 juli 2012 is een eerste gesprek geweest met een hoogleraar en een universitair hoofddocent van 'Reactive Flows and Explosions' van de afdeling 'Multi Scale Physics' van de TU Delft. Resultaat van deze bespreking is dat zij mogelijkheden zien en eerst een oriënterende literatuurstudie zullen uitvoeren om te kijken of het idee interessant genoeg is om daar afstudeerders en mogelijk PhD studenten op te zetten. Tijdens de bespreking is duidelijk geworden dat deze oplossing niet op korte termijn haalbaar is, omdat nog (veel) fundamenteel onderzoek moet worden uitgevoerd.

Pluspunten

De oplossing rookdeeltjes elektrostatisch te filteren en de rookgassen af te zuigen richt zich vooral op het weghalen van het schadelijke effect van rook. De pluspunten hierbij zijn:

- de techniek is onafhankelijk van de gekozen blustechniek;
- de ontwikkeling kan verder gebruikt worden in een eventueel innovatieve blustechniek;
- de techniek wordt al op kleine schaal gebruikt voor industriële toepassingen;
- Zeer kleine deeltjes kunnen worden afgevangen
- Zowel nat als droog stof wordt afgescheiden;
- Systeem kan in modulen worden gebouwd;
- Er vindt tevens gedeeltelijke afscheiding van zure gassen plaats;
- Het is mogelijk plakkerige deeltjes, mist en explosieve stoffen af te scheiden.

Knelpunten

De negatieve punten bij deze oplossing zijn:

- de dimensies van een brand (capaciteit);
- nadelige neveneffecten van elektrostatische lading;
- langdurig onderzoekstraject;
- toepasbaarheid in fase van brand, in verband met temperatuur, na- en ontbrandingen, opwaartse druk;
- Er komt afvalwater vrij
- Het elektrofilter heeft een groot gewicht
- Hoge investeringskosten

(<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner/luchtemissie/virtuele-map/factsheets/>)

Resultaten

Het resultaat van deze oplossing is dat als de rookdeeltjes en -gassen eenmaal gefilterd zijn er „schone“ lucht (zonder rookdeeltjes) overblijft die de atmosfeer in kan.

Risico's

Aan deze mogelijke oplossing kleven nogal wat risico's met betrekking tot de uitvoerbaarheid, de kosten (aanschaf en gebruik), en de snelheid waarmee je een dergelijk systeem bij een grote brand operationeel kan hebben. Daarnaast is het nog niet bekend of een dergelijk elektrostatisch veld gevaar oplevert voor de (volks)gezondheid (van Kasteren, 2009).

Combinatie met andere ideeën

Deze oplossing kan worden gecombineerd met het afdekken en van de brand. Met de fa. Firetexx kan worden overlegd of het mogelijk is een metalen gordijn te ontwikkelen waarmee een elektrostatisch veld kan worden aangelegd.

Termijn

Het elektrostatisch veld voor niet gebonden rook bij grote branden staat nog in de kinderschoenen. Er is fundamenteel onderzoek nodig om de elektromagneet te ontwikkelen. De termijn waarop een elektromagneet kan worden ingezet om rook te filteren is naar schatting minimaal 10 jaar.

(Inhoudelijke) contacten

Prof. Dr. D.J.E.M. Roekaerts, Reactive Flows and Explosions, TU Delft.

Dr. M. Tummers, Reactive Flows and Explosions, TU Delft

(M.J.Tummers@tudelft.nl).

Dr. Sasa Kenjeres, Dipl.-Ing. Turbulent Flows, TU Delft.

3.5 Microturbine

Omschrijving

Door de brand geforceerd aan te wakkeren met een straalmotor (=Microturbine), die een grote hoeveelheid lucht toevoegt aan de brand ontstaat een betere verbranding met minder schadelijke rook. Door een volledige verbranding neemt de temperatuur toe waardoor de verbrande roetdeeltjes hoger en minder geconcentreerd in de atmosfeer komen, waardoor een minder geconcentreerde en beter verspreide terugval op de aarde plaatsvindt. Tevens wordt vervuiling van oppervlaktewater voorkomen doordat niet met water wordt geblust.

Door de microturbine uit te voeren met nozzels (Fig.5) waarmee water als mist meegeblazen kan worden kan de omgevingstemperatuur worden verlaagd en wordt het gevaar voor ontbranding van de belendende percelen voorkomen. Uiteindelijk moet de microturbine op afstand te bedienen zijn, waardoor brandweerpersoneel minder dicht bij de vuurhaard hoeft te komen.



Figuur 5 Verneveling van water door Microturbine

Pluspunten

De positieve punten van de microturbine zijn:

- vollediger en snellere verbranding, waardoor schade door rook beperkt blijft;
- minder vervuiling door bluswater van oppervlaktewater;
- kleine en hanteerbare apparatuur;
- minder milieuschade in algemene zin waaronder landbouwgronden, tuinbouwproducten door volledige verbranding en hoger optrekken van de verhitte rookwolk (pluimstijging) en daardoor betere verspreiding van roetdeeltjes over een groter oppervalk;
- reductie van gebruik drinkwater voor blussing;

- beperking schade aan belendende percelen.

Knelpunten

Mogelijke negatieve punten van de Microturbine zijn:

- hoge aanschafkosten⁶;
- het lawaai;
- te gering koelend vermogen.

Resultaten

Inzet van de microturbine zorgt voor volledige(r) verbranding met als gevolg dat de rook minder schadelijke stoffen bevat. Verder kan door de toepassing van de nozzels met een geringe hoeveelheid water een mist worden gecreëerd om de belendende panden te koelen zonder grotere waterschade teweeg te brengen.

Risico's

Net als bij de Turbolöscher kan zonder adequate gehoorbescherming gehoorschade optreden door het hoge geluidsniveau. Verder moet er nog een voertuig komen waarop de Microturbine geplaatst kan worden.

Combinatie met andere ideeën

De Microturbine kan worden ingezet met behulp van 'robots', waardoor de Microturbine inzetbaar is in tunnels en op grote afstand van branden met een grote stralingsintensiteit kan worden ingezet.

Termijn

De Microturbine is nog in ontwikkeling, maar er zijn al proefnemingen geweest. Voor een experimentele inzet kan de Microturbine nu al worden ingezet. Het is nog te vroeg om de Microturbine nu al in te zetten in de dagelijkse praktijk.

(Inhoudelijke) contacten

Innitiatiefnemer: Jack Ruibing (jack.ruibing@vrh.nl)

Producent/ontwikkelaar: Folmer Kamminga, te Amersfoort (geoborn@wxs.nl)

3.6 Zand/IJskanon

Omschrijving van het principe

Een alternatieve wijze van blussen met zand en/of ijs die de snelheid van het blussen vergroot waarmee het effectgebied door rook wordt beperkt. Hiervoor kan met gebruik van bestaande technieken, maar met vernieuwende blusmiddelen: zand en/of ijs. Door voor blussing vooral zand te gebruiken kan milieuschade worden beperkt. Ijs daarentegen heeft als voordeel dat er 2 faseovergangen zijn die energie kosten. Hierdoor kan de temperatuur van de brand meer worden gereduceerd dan met alleen waterblussing.

De zandblussingstechniek is op 7 juni in Hargen aan Zee zonder vuurhaard gedemonstreerd en bestaat uit een tractor met een werper om zand op de brand te brengen (Fig. 6). Mogelijk kan dezelfde techniek gebruikt worden om een mengsel van zand en ijs op de brand te brengen. Eventueel zou ijs ook gebruikt kunnen worden om met een nevel van ijsdruppels te blussen. Het is onbekend of de gedemonstreerde techniek het toelaat om met ijs en/of droogijs te blussen.

De zandbluswerper is al eerder onderzocht op bruikbaarheid bij natuurbrandbestrijding (2012). In dat onderzoek is het bestrijden van de brand

⁶ er is nog geen beeld wat de exacte kosten zullen zijn

mogelijk gebleken, maar niet effectiever dan met water. Om gebouwbranden en chemische branden met zand te bestrijden kan wel als bijkomend voordeel opleveren dat na afloop zand kan worden weggeveegd, zodat milieuverontreiniging tot een minimum beperkt kan blijven.

De hoeveelheid zand die kan worden verwerkt is ca. 1 kubieke meter per minuut. De werper moet wel continu van zand worden voorzien, want er is geen automatische toevoer van zand. Het is belangrijk dat de blussnelheid met de zandblusser minimaal gelijk moet zijn aan traditionele blustechnieken.



Figuur 6 Zandblusser

Pluspunten

De pluspunten van deze zandwerper zijn dat:

- verschillende alternatieve blusmiddelen kunnen worden gecombineerd in één concept;
- gebruik gemaakt wordt van bestaande technieken;
- er geen vervuiling van oppervlakte en/of grondwater plaatsvindt als alleen zand wordt gebruikt;
- het betaalbaar lijkt (zowel middel als het nog benodigde R&D traject).

Knelpunten

Mogelijke knelpunten zijn:

- de beschikbaarheid van voldoende (blus)zand;
- het bevroren ter plaatse brengen van (droog)ijs;
- nog onderzoek noodzakelijk naar bluswerking droogijs versus ijs;
- de verschillen in stromingseigenschappen van zand en ijs;
- de worplengte.

Resultaten

Het resultaat van de inzet van de zand/ijs werper is het afdekken van de vuurhaard met minder blusstof, die bovendien gemakkelijk te verwijderen is zonder ernstige schade aan het milieu.

Risico's

De risico's bij de combinatie van een zand/ijs werper zijn dat er nog geen bestaand apparaat is en nog verdere R&D moet plaatsvinden. Als de stromingseigenschappen van zand en ijs niet vergelijkbaar zijn, zijn twee verschillende versies nodig.

Combinatie met andere ideeën

Ook kun je de zandwerper combineren met nevelblussing om rook te binden, maar dat vergt nader onderzoek.

Termijn

De zandwerper is nog in ontwikkeling, maar er zijn al proefnemingen geweest. Voor een experimentele inzet kan de zandwerper nu al worden ingezet.

(Inhoudelijke) contacten

Klaas de Boer, Special Machines de Boer, Opperdoes
(info@specialmachinesdeboer.nl).

3.7 Patentsearch

Er is voor de volgende ideeën een patentsearch uitgevoerd:

- Rookcentrifuge
- Rookgordijn
- Rookmagneet
- Zand/IJskanon

Rookcentrifuge

Er zijn 4 patenten (DE G10021837 A1; US2009173507A1; US200916593A1; US 5353879A1) gevonden die voldeden aan het criterium rookcentrifuge. Van deze patenten lijkt er één (US200916593A1) inzetbaar bij branden, maar is vooral bedoeld om kleine ruimte snel rookvrij te maken en de rook naar buiten te transporteren. Daarmee komt de rook alsnog vrij in de omgeving.

Verder is er een patent om gebonden rook te filteren, een patent om openingen af te sluiten en rook binnen te houden en een patent om door middel van verneveling van bepaalde vloeistoffen een ruimte rookvrij te maken. Kortom er lijken (nog) geen bruikbare centrifuge principes te zijn gepatenteerd om rook te filteren.

Rookgordijn

Er is één patent (DE 19960165A1) dat een watergordijn beschrijft, om met name verspreiding van gassen zwaarder dan lucht te voorkomen. Om rookgassen te filteren zou deze uitvinding mogelijk ingezet kunnen worden, maar dat vergt nader onderzoek.

Elektromagneet

Er is een patent (GB 2296388) van een elektromagneet beschreven. Het gaat hier om een ioniserend filter dat in vluchtwegen kan worden toegepast, om zo de vluchtwegen zoveel mogelijk rookvrij te houden.

Zand/IJs kanon

In totaal zijn drie patenten (US2008053666A1; DE F10063217A1; US2002139875A1) gevonden, die in aanmerking komen. In een geval (US2002139875A1) gaat het om een portable apparaat, dat lijkt op een bladblazer. Deze toepassing lijkt ongeschikt voor grote branden met veel rook. Een ander patent dat uit gaat van het bestrijden van een brand of gevaarlijke stof met

“droogijs” met als doel te temperatuur sterk omlaag te brengen. De toepassing is vooral bedoeld om ontbranding zoveel mogelijk te voorkomen (dus preventief koelen van een voorwerp). Of deze toepassing geschikt is voor nader onderzoek is nog onvoldoende duidelijk. Het is in ieder geval geen oplossing die op korte termijn experimenteel kan worden ingezet. Het Duitse patent (DE F10063217A1) is voor moeilijk toegankelijke branden waar onvoldoende water beschikbaar is. In dat geval wordt een mengsel van zand, aarde en zout in de brand geschoten om de zuurstof aanvoer af te sluiten en de brand te blussen. Dit principe lijkt een beetje op de blusbom en zou eventueel meegenomen kunnen worden in de experimentele beproevingen.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Van alle oplossingen zijn de Turbolöscher, de Microturbine en de zandwerper direct beschikbaar. Met deze oplossingen kunnen experimentele proeven gedaan worden om de bepalen in hoeverre zij van waarde zijn bij het beperken van de rookverspreiding. De Turbolöscher en Microturbine hebben veel overeenkomsten, omdat zij beide gebruik maken van het principe van een straalmotor. De (aanschaf)kosten voor deze systemen zijn hoog. Hierdoor zal niet elke regio een dergelijk systeem (kunnen) aanschaffen. De kosten voor een zandwerper zijn mogelijk minder hoog, maar de mogelijkheden om een zandwerper in te zetten zijn ook beperkter.

Het is mogelijk om op korte termijn een rookgordijn/blusdeken te realiseren. De kosten van een rookgordijn/blusdeken zijn relatief laag, maar het gaat hierbij om een middel dat een beperkte levensduur kent.

De elektromagneet is nog niet meer dan een idee, hoewel het filteren van gebonden rook al met elektrostatische filters gebeurt. Voor rook bij grote branden moet nog veel fundamenteel onderzoek worden gedaan en deze oplossing zal in het experimentele onderzoek nog niet worden meegenomen.

4.2 Aanbevelingen

Op basis van bovenstaande conclusies kunnen voor het experimentele vervolgonderzoek de volgende aanbevelingen worden gedaan. Er worden gestandaardiseerde typen branden gecreëerd.

Het eerste type brand is een vloeistofbrand (vanwege de reproduceerbaarheid) met een oppervlak van 10*10 meter. Het voorgestelde oppervlak is kleiner dan de aanvankelijk voorgestelde 25 * 25 meter vanwege de hoge kosten voor de brandstof en de grotere milieubelasting. Op deze brand worden de volgende acties uitgevoerd:

- afvangen en/of filteren rook (rookgordijn/blusdeken);
- blussen/afdekken brand (Turbolöscher, Microturbine, Zandwerper, rookgordijn/blusdeken);
- aanwakkeren van het vuur (Turbolöscher, Microturbine).

Gemeten worden de rookgassen en -deeltjes⁷, de tijdsduur tot de rook zichtbaar afneemt, de straling en temperatuur van de rook en de dichtheid van de rook. Daarnaast wordt samen met Efectis NL op laboratoriumschaal onderzocht of je met een watermist ook de rook kunt uitwassen en wat de consequenties zijn voor het neerkomen van de verontreinigde watermist. Tijdens deze experimenten zal worden bepaald wat de invloed van het uitwassen op de reikwijdte van de rookwolk is. Deze experimenten worden in een laboratoriumsetting nagebootst, omdat het gecontroleerd meten van de dichtheid van de rook in de buitenlucht lastig is. Daarnaast moet het water over een dermate groot oppervlak worden opgevangen dat een gecontroleerd onderzoek (bijna) niet mogelijk is.

⁷ Samen met MOD van het RIVM

Bij voldoende budget kan ook een standaard gebouwbrand worden gecreëerd. Dit is een brand in een gebouw van 25*25 meter met één verdieping. De brand is uitslaand en kan van buiten worden benaderd. Op deze brand worden de volgende acties uitgevoerd:

- afvangen en/of filteren rook (Turbolöscher, Microturbine, Gordijn);
- blussen/afdekken brand (Turbolöscher, Microturbine of rookgordijn/blusdeken);
- aanwakkeren van het vuur (Turbolöscher, Microturbine).

Zie bijlage 2 voor een volledig experimenteerschema.

Referenties

Duijm, F., Greven, F. en Janssen, J.M.T. (2008). Eindrapport onderzoek gevolgen ATF-brand mei 2000, Samenvatting. GGD Fryslân Leeuwarden, april 2008.

Heijnen, A, Beerens, R en Duyvis, M. (2011). Onderzoek Effectbestrijding Brand (Rookverspreiding) – Fase 1, Rapport NIFV Versie: 431N1010/1.0, 22 juni 2011.

IOOV (2011). Brand Chemie-Pack Moerdijk; Een onderzoek naar de bestrijding van (de effecten van) het grootschalig incident, augustus 2011.

Kasteren, J. van (2009). Luchtzuiverers soms gevaarlijk voor gezondheid Hoogspanning tovert druppels om in vernevelaar. Delft integraal.

Mennen, M.G. en Belle, N.J.C. van (2007). Emissies van schadelijke stoffen bij branden, Bilthoven RIVM Rapport 609021051/2007.

Onderzoeksraad voor Veiligheid (2012). Brand bij Chemie-Pack te Moerdijk, 5 januari 2011. Den Haag februari 2012.

Wakefield (2010), E Toxicological review of the products of combustion. Health Protection agency (HPA-CHaPD-004, 2010.

Bijlage 1 Positionpapers

Position paper Microturbine(Versie 2.0, 22-03-2012)

Door wijziging in repressief optreden door brand aan te wakkeren met micro-turbine waardoor een betere/volledige verbranding ontstaat en vermindering van milieuschade waaronder rook en de mogelijkheid de belendende percelen daarbij te koelen. Een publiek private samenwerking (PPS) met Kefdrill, AMT en Gemco.

Omschrijving	Toelichting
Doel position paper	Inzicht geven van het effect van aanwakkeren van de brand en/of verkoelen van brand door middel van een gasstraalmotor gemonteerd op een rupsunit bij branden in grote en of ondergrondse gebouwen waarbij toegankelijke ook vanuit ARBO perspectief van brandweerpersoneel onverantwoord is. Dit geschiedt in relatie tot het Onderzoek Effectbestrijding Brand (rookverspreiding) Fase 2 van het NIFV.
Korte toelichting project micro-turbine	Door milieuschade bij waterblussing ontstaat vervuild bluswater en daarbij vervuiling van oppervlaktewater. Tevens ontstaat luchtvervuiling door de veelal enorme rookontwikkeling. Door de brand geforceerd aan te wakkeren met lucht ontstaat een betere verbranding en wordt vervuiling van oppervlaktewater voorkomen door dat niet met water wordt geblust. Tevens wordt een volledige verbranding gecreëerd waardoor de hitte de verbrande roetdeeltjes hoger en minder geconcentreerd in de atmosfeer brengt waardoor een minder geconcentreerde en beter verspreide terugval op de aarde plaatsvindt. Door de micro- turbine uit te voeren met nozzels waarmee water als mist meegeblazen kan worden kan de omgevingstemperatuur t.o.v. de belendingen worden gekoeld en wordt aanstraling dat kan leiden tot ontbranding voorkomen.
Wat levert micro-turbine op voor beslisser	<ul style="list-style-type: none"> • Volledige en snellere verbanding • Geen vervuiling door bluswater van oppervlaktewater • Door hetere verbranding minder schadelijke rook(wolken) • Grote vermindering van schadelijke roetdeeltjes bij terugval op de aarde • Door selfsupporting op afstand bestuurbare unit meer verantwoord optreden van brandweerpersoneel • Minder langdurige inzet brandweerpersoneel door geforceerde verbranding • Inzet van specialisten op maat • Minder grote en hanteerbare apparatuur • Flexibele inzet
Wat levert micro-turbine op voor samenleving	<ul style="list-style-type: none"> • Minder onrust bij de bevolking • Minder milieuschade in algemene zin waar onder Landbouwgronden, tuinbouwproducten door volledige

	<p>verbranding en hoger optrekken van de verhitte rookwolk waardoor beter verspreiding van roetdeeltjes met minder concentratie bij terugval</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minder langdurige inzet en minder en kortstondiger ontwrichting van de samenleving • Reductie van gebruik drinkwater • Kortere inzetijd van brandweerlieden • Meer verantwoord optreden vanwege op afstand bestuurd materieel • Beperking schade aan belendingen • Verantwoorde aanzet tot vernieuwde repressie in relatie tot Specialistisch Optreden op Maat (SOM)
Financiële zaken	<p>Kosten reductie door vermindering van milieuschade op diverse fronten zoals oppervlakteverontreiniging open water en/of landbouw-en tuinbouwgronden. Reductie in tijd van ontwrichting samenleving en vermindering kosten wat betreft gebruik drinkwater. Vanuit specialisme minder micro-turbines noodzakelijk dus kostenreductie bij aanschaf en opleiding en training vanuit landelijk gedachtegoed.</p>
Quotes	<p>Niet omdat het moeilijk is durven we niet, omdat we niet durven is het moeilijk.</p> <p>Door vanuit een ander perspectief te denken en te doen zal proefondervindelijk blijken dat de voorgestelde optie een verantwoorde mogelijkheid biedt in relatie tot milieu en duurzaamheid.</p>
Wat verwachten we van elkaar?	<p>Door op een andere manier milieuaspecten in ogenschouw te nemen, de veiligheid van eigen personeel in acht te nemen en een reductie van middelen (niet 25 x uitvoeren) als uitgangspunt te nemen wordt het aannemelijk en te overzien deze strategie te ontwikkelen. Past in systematiek van workshops "Effectbestrijding (brand)rookverspreiding" de rook bij grote industriële branden in te perken.</p>
Contactgegevens	<p>Jack Ruibing Veiligheidsregio Haaglanden</p> <p>Tel: 0888869370 Mobiel: 06-53648860 Mail: jack.ruibing@vrh.nl</p>

Bijlage 2 Experimenteerschema

Voorstel voor experimentele testen om schadelijke rookverspreiding te beperken. De randvoorwaarden die vooraf gesteld zijn voor deze experimenten zijn:

- een brand van een gebouw met minimaal 1 en maximaal 2 verdiepingen en een minimaal vloeroppervlak van 25*25m en een maximaal vloeroppervlak van 100*100m;
- een brand waarbij geen pluïmstijging meer optreedt (methode hoeft niet toepasbaar te zijn op een brand met pluïmstijging naar al dan niet aanwezige inversielaag);
- er moet minimaal één eenvoudig toepasbare methode worden ontwikkeld, die eventueel op korte termijn kan worden ingezet;
- de methode moet binnen 2 uur in heel Nederland operationeel zijn.

Uiteindelijk is door de onderzoekers in overleg met de opdrachtgever gekozen voor onderstaand experimenteerschema, waarbij in verband met de kosten voor brandstof de oppervlakte van de vloeistofplasbrand 10 bij 10 meter zal zijn. De informatie die uit het tweede deel van het experimenteerschema zou moeten komen, zal nu uit praktijkinzetten moeten komen.

Soort brand \ 'Blus'middel	Turbolöscher	Microturbine	Zandwerper	Rookgordijn/ Blusdeken	Te meten parameters
Vloeistofplasbrand 10*10meter Locaties Antwerpen, BOCAS??	Water vernevelen om rook te neutraliseren	Water vernevelen om rook te neutraliseren		Rook filteren	Meten samenstelling rook en vergelijken met samenstelling rook wanneer geen interventie wordt gedaan
	Gebruik schuim om brand te blussen		Afdekken	Afdekken	Tijd meten waarbij geen zichtbare rook en/of vuur meer is te zien
	Vuur aanwakkeren om volledige verbranding te realiseren	Vuur aanwakkeren om volledige verbranding te realiseren			Meten samenstelling rook en snelheid waarmee vuur dooft t.o.v. geen interventie
Uitslaande brand in gebouw van 25*25 meter met een verdieping (vuurhaard kan van buiten worden benaderd) Locatie TroNed	Water vernevelen om rook te neutraliseren	Water vernevelen om rook te neutraliseren		Rook filteren	Meten samenstelling rook en vergelijken met samenstelling rook wanneer geen interventie wordt gedaan
	Gebruik schuim om brand te blussen	Gebruik schuim om brand te blussen		Afdekken	Tijd meten waarbij geen zichtbare rook en/of vuur meer is te zien
	Vuur aanwakkeren om volledige verbranding te realiseren	Vuur aanwakkeren om volledige verbranding te realiseren			Meten samenstelling rook en vergelijken met samenstelling rook wanneer geen interventie wordt gedaan
Systeemkosten in k€ ca.	1500	100 ??	100 ??	2	

	Wordt op laboratoriumschaal onderzocht
	Wordt niet onderzocht

