



Tactische brandbestrijding

3 D Fog technieken

CEMAC UNCLASSIFIED

CEMAC-CD-TGG-001
www.cemac.org - www.crisis.be



Dit document is een vrije vertaling van een oorspronkelijke tekst van Paul GRIMWOOD. Deze vertaling is tot stand gekomen na goedkeuring en in samenwerking met de auteur. CEMAC heeft een overeenkomst met Paul GRIMWOOD voor de vertaling van zijn teksten naar het Nederlands en de verspreiding ervan, en voor de medewerking aan de vertaling van de Engelstalige werken naar het Nederlands.

Opdrachtgever

Crisis & Emergency Management Centre
Kerkstraat 13
B-9070 Destelbergen

Redactie

Koen DESMET
Crisis & Emergency Management Centre

Redactionele steun

Kristien BYL
Luc E.T. ROMBOUT
Crisis & Emergency Management Centre

Beeldmateriaal en illustraties

CEMAC
Beeldmateriaal en illustraties van externe bronnen met bronvermelding.

D/2002/9233/003

SISO 614.8 UDC 614.8 NUGI 862, 693 NBC 79.23

trefwoorden: brandweer, brandbestrijding, brand, vuur, ramp, rampenplan, rampenbestrijding, noodplan, noodplanning, veiligheidsbeleid.

Ministerie van Binnenlandse Zaken

www.mibz.fgov.be

Crisis & Emergency Management Centre

www.crisis.be - www.cemac.org - info@cemac.org

© 2002, CEMAC (Crisis & Emergency Management Centre)

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

Alle rechten voorbehouden. Dit document mag gekopieerd en verspreid worden voor zover dit document en/of alle extracten eruit of verwijzingen ernaar gebruikt worden voor opleidingen binnen de eigen organisatie (overheid of bedrijf). Alle commerciële toepassingen van dit document, delen ervan of verwijzingen ernaar, onder enige vorm, zijn strikt verboden behoudens na voorafgaandelijke en schriftelijke goedkeuring van CEMAC.

Ondanks alle aan de samenstelling van dit document bestede zorg kan noch de auteur, noch de uitgever aansprakelijk gesteld worden voor enige schade van welke aard ook die, hetzij direct hetzij indirect, het gevolg is van enige fout in dit document.

I. Administratieve Informatie

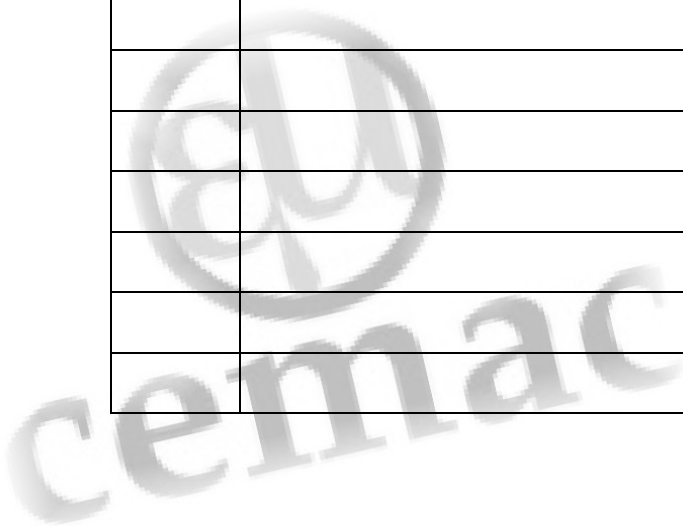
Version Version Versie	1.0
Date issued Date de publication Datum van uitgifte	30-sep-2002
Security classification Classification de sécurité Veiligheidsgraad	unclassified
Distribution limitations Limitations de distribution Beperking op verspreiding	none
Issued by Issue par Uitgegeven door	CEMAC author: K. Desmet
Approved by Approuvé par Goedgekeurd door	L. E.T. Rombout
Reference code Code de reference Referentiecode	CEMAC-DC/TGG-001
Planned revision Révision Geplande revisie	n/a

© CEMAC - Crisis & Emergency Management Centre - www.cemac.org



II. LIJST VAN AANPASSINGEN

DATUM	UITGEVOERDE AANPASSING	DOOR



III. INHOUDSTAFEL

I. Administratieve Informatie _____	3
II. LIJST VAN AANPASSINGEN _____	4
III. INHOUDSTAFEL _____	5
IV. LIJST VAN NUTTIGE AFKORTINGEN _____	6
V. WAAROM DIT DOCUMENT _____	7
VI. Inleiding _____	8
VII. DEEL I - Flashover, Backdraft, ... _____	10
VIII. DEEL 2 - Koelen in de gasfase _____	17
IX. DEEL 3 - Toepassen van 3D waternevel _____	25
X. Conclusie _____	43



IV. LIJST VAN NUTTIGE AFKORTINGEN

Er werd geen afzonderlijke lijst van afkortingen voorzien.
Een volledige lijst van de afkortingen kan men vinden in:
document CEMAC-TFT-CH-0001 (te bekomen op aanvraag).



V. WAAROM DIT DOCUMENT

1. Vuur is een natuurkundig fenomeen dat reeds eeuwenlang de mens fascineert en tegelijk schrik inboezemt.

Samen met de ontdekking van het vuur kwam de nood om het vuur te beheersen, en ongecontroleerd vuur (brand) impliceert brandbestrijding.

Sinds jaar en dag is brandbestrijding voor de leek hetzelfde gebleven: de brandweerman met brandslang en straalpijp die op schijnbaar ondoordachte en artisanale wijze zoveel mogelijk water op de brandhaard projecteert.

Brandbestrijding is echter veel meer: blusmiddelen (poeder, schuimen, gassen), technisch hulpmiddelen (straalpijpen, mengers, monitoren, ...) alsook de blusmethodiek zijn aan permanente evolutie en verbetering onderhevig.

Fundamenteel onderzoek in universiteiten en andere academische centra en toegepast onderzoek - ook bij talrijke brandweerkorpsen - vormen de basis van deze veranderingen.

Op het vlak van zogenaamde 'tactische brandbestrijding' is Paul Grimwood ongetwijfeld een wereldautoriteit. Na talrijke jaren dienst in de London Fire Brigade en tijdens talrijke detacheringen naar zowat overal ter wereld, heeft Paul Grimwood zich toegelegd op toegepast onderzoek voor wat betreft geavanceerde brandbestrijdingstechnieken.

Zijn ervaring en adviezen worden in meerdere landen gebruikt en hij is onder meer adviseur van het Home Office in het Verenigd Koninkrijk.

(Een meer volledig curriculum kan u vinden op de CEMAC-website.)

2. Zowel onderzoek als de verspreiding van de resultaten van wetenschappelijk onderzoek vormen deel van de missie van CEMAC; en het is dan ook in dat licht dat een akkoord gesloten werd met Paul Grimwood waardoor het mogelijk werd zijn oorspronkelijk werk te vertalen naar het Nederlands, zodat het ook kan gebruikt worden door brandweermensen in België en Nederland.

CEMAC hoopt dat deze '3D Fog-technieken' een eersteling is in een lange reeks van documenten die door brandweer zullen gelezen en bestudeerd worden.

3. Deze tekst werd vertaald door Koen **DESMET**, medewerker van CEMAC, wetenschapper aan de Universiteit Gent en brandweerman te Oudenaarde.

VI. Inleiding

4. Paul Grimwood schrijft: In 1984 kreeg ik voor het eerst de technische verhandeling van de Zweedse wetenschappers Rosander en Giselson onder ogen. In dit document worden unieke werkwijzen beschreven, die de Stockholmse brandweer hanteert, waaronder het blussen met pulserende (afwisselend 'spuit en stop') waternevel om op die manier de gevaren van **flashover** en **backdraft** te beperken.
Eerder waren twee brandweermannen in Stockholm in een *flashover* omgekomen en het artikel meldde dat de technieken een belangrijke stap in de goede richting waren van veiligheid en overlevingskansen van de brandweer. Omdat ik daarvoor al zo'n negen jaar in binnen- en buitenland tactieken van de brandweer had bestudeerd, werd mijn nieuwsgierigheid gewekt door wat het artikel beweerde. Zes weken later kon ik de pulserende waternevelmethode uittesten in een echte brandsituatie.

5. Ik deed dienst in hartje West End district in Londen temidden van restaurants, clubs, hotels en kantorencomplexen in de binnenstad. Het was een drukke buurt en we hadden in die tijd 5000 uitrukken per jaar. Op de bewuste avond gingen we af op een melding van "rookontwikkeling" in een hotel van zes verdiepingen.
Je kon het drie blokken verderop al ruiken. Terwijl we de straat inreden, zag ik recht voor me een vuurgloed doordat de vlammen naar buiten sloegen uit een raam op de hoogste verdieping en uit het dak van het hotel. Er waren geen tekenen of meldingen van ingesloten personen, dus legde ik onmiddellijk een hogedruklijn uit. Met een straal van 200 liter per minuut wist ik dat de toevoer onvoldoende zou worden in deze brand, maar ik wist ook dat er een grotere lijn zou worden ingezet ter ondersteuning. We gingen er tegenaan !
Het houten trappenhuis stond van de derde tot de zesde verdieping in brand en de vlammen hadden zich op de bovenverdieping uitgebreid door een open deur, zodat er ook een kamer volledig in brand stond. Er was in totaal 50 m³ *post-flashover* vuur op vier verdiepingen en ik had 200 liter per minuut om mee te spuiten !
Een hogedruklijn is echter bijzonder beweeglijk en we konden de slang heel snel ter plaatse krijgen. Toen we bij de derde verdieping kwamen, keek ik naar boven en zag boven ons hoofd een massale vuurzee.
Ik schakelde onmiddellijk over naar een spuitkegel van 60 graden en we gingen achter een voortdurende pulserende waternevel naar boven. Het effect was verbazingwekkend: de hogedrukstraal verzwolg het vuur gewoon !
Binnen drie minuten hadden we een zee van brandende vuurgassen bedwongen en hadden we de bovenste verdieping bereikt. De ondersteunende straal was vlak achter ons om de boel 'aan te veggen'.

6. Toch kwam ik er pas bij de training overlevingssystemen in de Zweedse container (*flashover* training) achter dat de werkelijke kracht van koelen in de 'gasfase' niet ligt in het feitelijk onderdrukken van *post-flashover* branden, maar meer in het voorkomen dat brandgassen tot ontbranding komen, dus in het beheersen van *flashover* en *backdraft* !

7. Deze innovatieve benadering houdt in dat er waterdruppeltjes direct in de oververhitte vuurgassen gebracht worden. Daarbij moet kost wat kost worden voorkomen dat er watercontact is met hete oppervlakken, muren en plafonds. We moeten ervan uitgaan dat een emmer water 1700 keer uitzet als we er stoom van maken. Maar als we correct te werk gaan, veroorzaakt het koelend effect een inkrimping van de gassen waardoor de gevolgen van de stoomvorming gecompenseerd worden. Dit is door berekeningen bewezen. In feite wordt de waterdamp, als stoom, niet richting brandweerman geperst, maar zweeft die boven zijn hoofd en dooft daar de vlamontwikkeling in de gaslagen. De effectieve inzet van driedimensionale waternevel hangt af van de exacte toepassing, van getrainde mensen en van de juiste nevelstraalpijp. Als de techniek correct wordt toegepast, zal de veiligheid van de brandweer tijdens bluswerkzaamheden in gebouwen aanzienlijk toenemen.



VII. DEEL I - Flashover, Backdraft, ...

- Flashover, Backdraft en ontsteking van brandgassen
- Flashover definitie
- Backdraft definitie
- Ontsteking van brandgassen
- Wat kan er plots veranderen ?
- Wat kan de brandweerman doen en waar moet hij op letten ?

8. **Flashover** en **Backdraft** zijn wezenlijk verschillende gebeurtenissen die op verschillende manier voorkomen.

Terwijl er op het gebied van *flashover* veel wetenschappelijk onderzoek is geweest, is er tot voor kort betrekkelijk weinig onderzoek verricht naar *backdraft*. Hoewel de definities van de twee fenomenen in de loop van de wetenschappelijke analyses zijn gewijzigd, komt de betekenis steeds op hetzelfde neer.

Flashover

9. "Er kan bij een brand in een besloten ruimte een stadium komen waarbij de totale hittestraling van de vuurkolom, hete gassen en hete wanden ontbranding veroorzaakt van alle brandbare oppervlakken in die besloten ruimte. Deze plotselinge en **voortdurende** overgang van ontwikkelende brand naar volledige brand is *flashover*." (Fire Research Station – Engeland 1993)

"De snelle overgang naar een toestand waarbij een brand van brandbare materialen in een besloten ruimte alle wandoppervlakken bereikt." (*International Standards Organisation* – ISO 1990)



Backdraft (Backdraught)

10. "Beperkte ventilatie kan tot brand in een besloten ruimte leiden waarbij brandgassen vrijkomen, met daarin aanzienlijke hoeveelheden producten van gedeeltelijke verbranding en onverbrande afbraakproducten van verhitting. Als die zich ophopen kan toevoer van lucht bij opening van de besloten ruimte tot een plotselinge ontploffing leiden. Deze ontploffing die door de besloten ruimte richting de opening gaat, is een *backdraft*." (Fire Research Station – Engeland 1993)

"De explosieve of snelle verbranding van verhitte gassen die optreedt als zuurstof wordt ingebracht in een gebouw dat niet voldoende geventileerd is en door de brand een verlaagde zuurstofgraad heeft." (National Fire Protection Association – USA).

Fleischmann, Pagni en Williamson stellen dat **onverbrande afbraakproducten** vervangen moet worden door **verhitte gassen** in voornoemde definitie.

Ontsteking van brandgassen

11. Het is duidelijk dat *flashover* en *backdraft* twee verschillende fenomenen zijn en dat er nog meer situaties bestaan waarin ontsteking van brandgassen binnen een besloten ruimte kan voorkomen. Het hoeft dan niet dezelfde situatie te zijn als in een van de hierboven genoemde definities, maar de gevolgen zijn vergelijkbaar doordat de brand snel om zich heen grijpt. Het is belangrijk dat de brandweerman in elk geval goed begrijpt wanneer een dergelijke ontbranding van brandgassen kan ontstaan onder verschillende omstandigheden binnenin een brandend gebouw.
12. Het kan gebeuren dat zich **ontvlambare 'ballonnen' met brandbare gassen** vormen binnenin de beslotenheid van een gebouw. Deze kunnen zich in de brandende ruimte zelf bevinden of in aangrenzende ruimtes, in hallen of gangen. Ze kunnen zich ook over een bepaalde afstand verplaatsen van de vuurhaard naar lege ruimtes in het gebouw of het dak. Het toevoegen van lucht is **geen** vereiste om deze gassen te laten ontbranden. Ze hebben al een ideaal mengsel gevormd dat alleen nog maar wacht op een ontstekingsbron. De ontploffing die het gevolg is, kan worden vergeleken met *backdraft* maar kan misschien beter worden aangeduid met **rookexplosie of ontsteking van de brandgassen**.

13. Bij een brand in Stockholm had zich een laag brandgassen opgehoopt onder een hoog plafond in een pakhuis. Enige tijd nadat de hoofdbrand geblust was, tijdens de na-inspectie, kwam deze laag brandgassen met explosieve kracht tot ontsteking. Dit gebeurde doordat een gloeiend deeltje door de opstijgende lucht omhoog gezogen werd in de gaslagen.
- Het is ook eens voorgekomen dat een brandweerman door de hal geslingerd werd toen hij in een dichte kast onder een trap brokstukken optilde waaronder een smeulend hoopje kleding en plastic lagen. De opgehoopte brandbare gas- sen in de kast bereikten nu de ontstekingsbron die tot op dat moment bedekt was gebleven.
- In beide gevallen zien we dat een toevoer van lucht niet nodig is om de ontplof- fing tot stand te brengen. Het blootleggen en in contact brengen van een ont- stekingsbron met de gassen alleen al volstaat.
14. Verder kan ontsteking van oververhitte gassen optreden wanneer deze zich bij het verlaten van de ruimte **vermengen met zuurstof**. Dit kan gebeuren bij een raam of deuropening. Het vuur dat dan ontstaat, kan door de gaslagen te- rug de kamer in slaan, net zoals een vlamterugslag in een gasbrander. De schrijver maakte deze situatie mee toen hij naar binnen ging in een brandend kelderappartement. Bij het openen van de deur kwamen de gassen **buiten de ruimte tot ontsteking**. Hierdoor kwamen brandweercollaga's een paar secon- den vast te zitten terwijl de vlammen over hun hoofd rolden en zo hun enige ontsnappingsweg, via de trap naar het niveau van de straat, afsloten.
15. Een gebeurtenis die een snelle uitbreiding van de brand kan teweegbrengen en die door brandweerlieden op de plaats van handeling vaak als *flashover* wordt beschouwd, kan plaats vinden wanneer de brand plots wordt **aangewakkerd door een grote luchtstroom**, meestal in de richting van de brandweerlieden. Dit kan gebeuren als een ploeg oprukt *langs* een aanvalsstraal die tegenover hen is ingezet, of bij gevallen waar geforceerde (*positive pressure ventilation*) ventilatie verkeerd wordt gebruikt of waar een raam het begeeft aan de andere zijde van het vuur en een windvlaag het vuur naar de straalpijpvoerders duwt. In dat geval zien we dat de vlammen heviger worden en verzengende hitte di- rect de oprukkende brandweermannen bedreigt.
- Dit verschijnsel zien we vaak in **hoge gebouwen** waar een onderdruk kan be- staan achter de straalpijpvoerders doordat het trappenhuis als een schoorsteen werkt. In een vroeg stadium veroorzaakt dit natuurlijke effect soms brekende ramen doordat de lucht van raam naar trappenhuis stroomt.
- De brandweer van Londen maakte dit mee in een hoog gebouw op het ogenblik dat de ploeg zich toegang verschaftte tot de ruimte waar de brand was. Toen de deur van het appartement op de 12^{de} verdieping werd geopend kwam het vuur naar buiten in de entreehal omdat de ramen naar binnen stuk gingen. Door de hitte zagen de brandweerlieden zich gedwongen om twee verdiepingen naar beneden te gaan voordat ze het vuur weer onder de meest zware omstandighe- den te lijf konden gaan !
- De **schoorsteenwerking** had een *flashover*-achtige situatie gecreëerd, maar toch was dit geen *flashover* en ook geen *backdraft*. Soortgelijke situaties ko-

men voor bij verschillende branden in hoge gebouwen, zoals bijvoorbeeld de brand bij Westvaco (New York City 1980), in het Empire State Building (New York City 1990) en in het hotel Winecoff (Atlanta 1946).

16. Om de zaak nog ingewikkelder te maken bestaat er een situatie waarin een **flashover ook in de hand kan worden gewerkt door verhoogde ventilatie**. Chitty demonstreert deze situatie waarin bij een beginnende brand kleine openingen in de kamer ervoor zorgen dat er een stabiele ventilatie is. Als er meer geventileerd wordt (een deur of raam gaat open), nemen de warmteverliezen uit de kamer toe naarmate er meer hitte uit de opening wegstroomt. Voorafgaand aan de ventilatieverandering zal de brand meer materiaal hebben ontgast dan verbrand kan worden. In dit stadium is de hoeveelheid ventilatie kritiek, dus als er voldoende geventileerd wordt, zal de temperatuurdaling groot genoeg zijn om een *flashover* te voorkomen. Indien echter de ventilatie tekort schiet en het temperatuurniveau niet verandert, zal de energie die niet kan ontsnappen door het overschot aan rookgasen, een toestand van *flashover* veroorzaken: een *flashover* door ventilatie !



Wat kan er plots veranderen ?

17. Bij brand zijn er verscheidene elementaire processen aan de gang waarbij de ontwikkeling van de brand plots kan veranderen. Die veranderingen kunnen we onderverdelen in **stadia** (waarbij de brand constant blijft) en **kortstondige gebeurtenissen** (kort, mogelijk hevig, energieverlies van de brand, dat niet aanhoudt).

Grimwood onderscheidt zeven soorten plotselinge veranderingen. Een *flashover* kenmerkt zich als zijnde een stadium en *backdraft* wordt beschouwd als een kortstondige gebeurtenis. Het is mogelijk dat stadia en kortstondige gebeurtenissen **elkaar opvolgen** of **tegelijktijd** voorkomen.

Bijvoorbeeld wanneer een deur geopend wordt naar een kamer waar brand is met een constante ventilatie waar enige tijd vluchtige gassen zijn gevormd, kan *backdraft* het resultaat zijn, waarbij het overschot aan explosieve rookgassen ontbrandt.

Daarna breidt het oorspronkelijke vuur zich waarschijnlijk zeer snel uit over de vaste oppervlakken (*flashover*) tot het door de nieuwe ventilatie-opening wordt beperkt.

In werkelijkheid kan het moeilijk zijn om exact vast te stellen welke gebeurtenis een plotse escalatie heeft veroorzaakt in de intensiteit van de brand. **Het is evenwel belangrijk dat brandweerlieden leren inzien dat hun manier van werken dergelijke ontsteking van de brandgassen kan veroorzaken.**



Wat kan de brandweerman doen en waar moet hij op letten ?

18. Het plots **openen van de deur van een kamer** kan een *backdraft* veroorzaken of een onderdruk creëren waardoor een luchtstroom naar het trappenhuis ontstaat. Het gevolg is dat de ramen van de kamer naar binnen springen, waardoor de brand zich snel uitbreidt.
Ga op de juiste manier naar binnen en gebruik de pulserende nevelstraal om de risico's te beperken. Sluit zo mogelijk iedere toegang naar het trappenhuis af alvorens de deur naar de ruimte te openen.
19. Branden op **verborgen plekken**, dakruimtes of in hermetisch afgesloten ruimtes met weinig ventilatie, geven vaak het gevaar van *backdraft* omdat er langzaam een ophoping van brandgassen is ontstaan. Verder is rook die uit de dakranden van een gebouw wordt geperst een waarschuwingssignaal dat er binnen een druk is opgebouwd.
Tactische ventilatie en het toepassen van de nevelstraal zijn het meest effectief bij de aanpak van dergelijke situaties.
20. **Vettige aanslag** op ramen, hete deuren en deurklinken en pompende rook uit de kieren eromheen zijn tekenen aan de wand dat bij het openen *backdraft* kan toeslaan.
Ook hier is weer een tactische ventilatie gekoppeld met een nevelstraalpijp vereist.
21. Kijk bij het binnengaan of tijdens het vorderen met de slang in dichte rook, naar de rook bij de deuropening. Wanneer een **pompende beweging** zichtbaar is waarbij de rook heen en weer zuigt, wanneer de rook zwart is en zich oprolt, *onmiddellijk uit de buurt gaan achter een 'pulserende' straal, omhoog gericht, van de nevelstraalpijp*. Dit soort signalen wijzen op een grote kans op *backdraft*.
22. Fluitende of 'bulderende' geluiden zijn klassieke aanwijzingen voor *backdraft*: **tijd om naar buiten te gaan ... en snel !**
Gebruik ook nu weer de naar boven gerichte, pulserende nevelstraal om eventuele brandgassen onschadelijk te maken of te doven.
23. Ook de aanwezigheid van **blauwe vlammen** in de ruimte kan wijzen op *backdraft*. Deze blauwe vlammen kunnen betekenen dat er 'voorgemengde verbranding' is, wanneer zuurstof met grote snelheid naar de brandhaard toestroomt..... "*pulseren*" en *teruggaan*.

24. Ook het **plotseling ontstaan van hitte** in een brandende ruimte, zo intens dat de brandweerman daardoor is genoodzaakt om zo laag mogelijk over de grond te kruipen, is een waarschuwingssignaal: er komt zo goed als zeker snel een *flashover*. *Een pulserende straal inzetten gericht naar het plafond met een nevelstraalpijp om gasfase koeling te realiseren.*
25. Tekenen van ontvlammen in de gaslagen boven uw hoofd wijzen op *flashover*, dus:
"pulseren" en nog eens "pulseren" !!!
26. Als de **rooklaag snel** naar de grond **zakt** en het vuur gaat zichtbaar langs het plafond lopen, uit de ruimte weggaan achter een 'pulserende' naar boven gerichte nevel voordat er een *flashover* komt.
27. Grote omzichtigheid aan de dag leggen bij het openbreken van muren, **loze ruimten** enz.
Altijd een straal met water erop bij de hand hebben om te 'pulseren' en eventuele in- of uitstromende gassen te koelen.
28. Ga er nooit te vroeg van uit dat het gevaar is geweken, zelfs al is het onder controle en is men bezig met nablussen en na-controle. Kijk uit voor **opgehoopte brandgassen** bij het plafond, in kasten, dakruimtes, loze ruimtes en aangrenzende ruimtes.
Verzeker u ervan dat alle ruimtes doeltreffend geventileerd worden onder bescherming van een pulserende nevelstraal. Gebruik geen actieve geforceerde ventilatie in omstandigheden waarbij gloeiende resten omhoog kunnen vliegen !

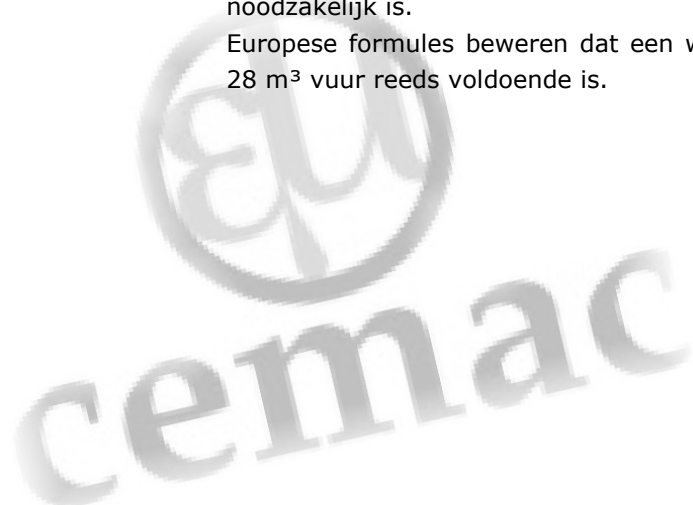


VIII. DEEL 2 - Koelen in de gasfase

- Koelen in de gasfase
- De koelende werking van water
- Waternevel
- Wat is koelen in de gasfase ?

Koelen in de gasfase

29. Water staat bekend als blusmiddel zolang de mens vuur kent. Met uitzondering van helium en waterstof bezit water de grootste soortelijke warmtecapaciteit van alle natuurlijke materialen en heeft het van alle vloeistoffen de meeste energie nodig om te verdampen. Grant en Rysdale gaan er in hun theoretische benadering van uit dat een enkele gram water in vloeibare vorm 50 liter vlamvolume kan blussen door de temperatuur ervan tot beneden de kritische waarde te brengen. Dit is gelijkwaardig aan een dosering van 0,02 liter per m³ vlaminhoud. Er wordt ook beweerd dat een waterhoeveelheid die nodig is om een vaste stofbrand van 28 m³ te beheersen, ligt tussen de 45 en 80 liter water. Verder gaan schattingen in Engeland ervan uit dat de meerderheid van de "typische" branden in besloten ruimtes geblust worden met gebruik van 70 tot 430 liter water, minder dan een voertuig bij zich heeft ! Tevens bestaan er vele formules voor de brandweer om de benodigde hoeveelheid water te schatten bij het blussen van branden met vaste stoffen. Ze variëren van 45 liter water per minuut nodig voor het blussen van 28 m³ vuur, volgens Royer/Nelson, tot de meer algemeen aanvaarde schatting van de National Fire Academy (VS), dat voor deze hoeveelheid vuur 135 liter/min noodzakelijk is. Europese formules beweren dat een watertoevoer van slechts 18 liter/min per 28 m³ vuur reeds voldoende is.



De koelende werking van water

30. Als blusmiddel heeft water een theoretische koelcapaciteit van 2,19 megawatt per liter per seconde (MW/l/s), hoewel bij toepassing in de praktijk van een "directe" blusaanval/inzet de capaciteit waarschijnlijk dichtbij de 0,44 MW/l/s zal liggen.

Als we deze cijfers goed bekijken is de brandweerman in staat om de werkelijke bluskracht van een straal onder alle omstandigheden in te schatten.

Het geschatte warmteverlies van een brandende stoel met schuimrubberen bekleding is normaal ongeveer 4 tot 500 KW.

Grotere branden vormen een groter gevaar, zelfs als het gaat over klassieke kantoorgebouwen (meubilair, papier en een PC's, ...).

Alleen al van genoemde kantoorinrichting zijn warmteverliezen gemeten van 1,7 MW binnen vijf minuten en 6,7 MW binnen negen minuten !

De Zweedse *flashover* "simulators" komen gewoonlijk dichtbij het niveau van 3 MW terwijl bij de Interstate Bank-flatgebouwbrand in LA in 1988 geschat werd dat er binnen twee à drie minuten na het ontstaan een 10 MW brand woedde !

31. Om zulke hittevorming te bedwingen zouden grote hoeveelheden water nodig zijn. Voor de brandweer betekent dit dat de straalpijp die ingezet wordt een "maximale praktische koelcapaciteit" moet leveren. Verder kunnen er betrouwbare schattingen gemaakt worden omtrent de koelcapaciteit (Tabel 1).
32. Zo blijkt dat bij grotere branden de praktische koelcapaciteit van water ongeveer 20% is van de theoretische !. Dit betekent dat ongeveer 80% van het gebruikte water geen of weinig effect heeft; er loopt veel water weg !

135 liter/minuut	0,98 MW
225 liter/minuut	1,62 MW
450 liter/minuut	3,25 MW
675 liter/minuut	4,90 MW
900 liter/minuut	6,52 MW
1.125 liter/minuut	8,15 MW

Tabel 1. Praktische koelcapaciteit van water

33. Water heeft een sterk blussend vermogen, maar om dit vermogen te realiseren, moet de hitte op een efficiënte manier van het vuur en de omgeving ervan op het water worden overgebracht.
- De hitte moet tijdens het blussen in het gebruikte water worden gestopt. Veel wetenschappers hebben diepgaand onderzoek verricht naar de dynamiek van brandonderdrukking en brandbestrijding in het algemeen, terwijl als belangrijk-

ste manier van onderdrukking van een vaste stofbrand in het algemeen koeling van de brandstof wordt genoemd.

Men is het er echter over eens dat indirect koelen en inertiseren van de atmosfeer ook een rol speelt. Weinig wetenschappers hebben evenwel nagedacht over de voordelen en de potentie van koelen in de gasfase ten aanzien van de overlevingskansen en veiligheid van de brandweer.

Deze tekst heeft tot doel brandweermensen kennis te laten maken met de principes en technieken van driedimensionale waternevel. Deze technieken worden de laatste 20 jaar steeds meer toegepast bij de brandweerkorpsen van de binnenstad van Stockholm, Londen en Parijs.

34. In dit stadium moet worden uitgelegd dat dit gebruik van waternevel **niet** te vergelijken is met de "**indirecte**" vorm van blusaanval/inzet die in de 50er en 60er jaren veel werd gebruikt.

Deze manier van brandbestrijding, die ook nu nog veel volgelingen telt, kwam in diskrediet door de bijkomende gevaren die eraan verbonden zijn.

De techniek is bijvoorbeeld gebaseerd op het creëren van uitzonderlijk grote hoeveelheden oververhitte stoom in een redelijk 'ongeventileerde' kamer of ruimte.

Dit werd bereikt door het sproeien van water in nevelvorm op hete oppervlakken, muren en plafonds van een brandende ruimte. Brandweermensen moesten hierdoor vaak onder extreme omstandigheden werken en velen van hen hebben daardoor brandwonden en hittestress opgelopen.

Uitzettende stoom creëerde bovendien een "pistoneffect" waardoor de rook, hitte en soms ook de vlammen naar delen van het gebouw geperst werden die nog niet door het vuur aangetast waren. Het gevolg hiervan was dat er soms mensen op hogere verdiepingen uit het raam sprongen.

Bij de inzet kwamen de brandweermensen vaak door eigen handelen in het nauw, doordat het thermisch evenwicht in de ruimte te maken kreeg met een "insluiteffect", waardoor het indirect toedienen van water, het vuur en de hitte weer naar de verste wand zou persen, daarna omhoog en via het plafond terug, om dan de oprukkende brandweermensen in te sluiten !

35. De belangrijkste doelstellingen van driedimensionale waternevel zijn niet gericht op het beheersen van de blussing, maar op het ondersteunen van de tactische benadering, zodat de brandweermensen in een veilige omgeving hun werk kunnen doen tijdens de hele blus- en reddingsoperatie.

In het ideale geval is de inzet gericht op het voorkomen van ontbranding van de brandgassen, of wanneer dit niet lukt, op het doven of het verminderen en beheersen van de risico's van *flashover* en *backdraft*.

Het komt echter aan op een **exacte blustechniek**, in nauwe samenhang **met geschikte uitrusting**, een effectieve **werkwijze** en de juiste, **regelmatig gehouden oefeningen**.

Waterstraal - sproeistraal - nevelstraal

36. Wanneer wordt een waterstraal een sproeistraal ?
En wanneer wordt een sproeistraal een nevel ?
Dit zijn belangrijke vragen waarop verscheidene deskundigen een antwoord hebben proberen geven.
In het bijzonder hebben fabrikanten van vaste watermistsystemen die als vervanging voor Halon-blusinstallaties dienen, gewerkt naar een definitie.
Herterich maakt melding van een behoefte aan consequente benamingen als we het hebben over sproeistralen, vooral over de grootte van de druppels. Grant & Drysdale hebben een "spectrum van druppeldiameters" ingesteld om het brede scala van mogelijkheden te laten zien.
37. De grootte die voor de brandweer het meest interessant is, ligt tussen de 100 en 1000 microns (0,0 mm tot 1,0 mm) en op een grafische voorstelling komt dit neer op druppels ter grootte van lichte regen of motregen.
De grens tussen sproei- en nevelstraal blijft echter enigszins vaag. De Amerikaanse National Fire Protection Association (NFPA) stelt bijvoorbeeld dat een praktische definitie van waternevel deze is waarin 99% van het watervolume bestaat uit druppeltjes kleiner dan 1000 microns (1,0 mm) in doorsnee.
In vergelijking met conventionele sprinklersystemen scheelt dit een factor 5, daar de diameter van 99% van het watervolume waarschijnlijk in de orde van grootte van 5000 microns (5,0 mm) ligt.
38. Door sommigen wordt deze NFPA definitie van een "nevel" als te "vaag" beschouwd. Voor WMFSS werd een alternatieve definitie opgesteld namelijk dat dat een "nevel" moet bestaan uit 99% druppels met doorsnee van 500 micron (0,5 mm) of minder. Het is meldenswaardig dat de meeste WMFS-systemen druppels geven tussen de 50 en de 200 microns en er wordt algemeen aangenomen dat druppelafmetingen van minder dan 20 micron nodig zijn voor een sproeistraal met echte 'gasachtige' kenmerken.



Wat is koelen in de gasfase ?

39. De Britse Fire Experimental Unit (FEU) heeft in 1990 een onderzoek afgerond aangaande het gebruik van sproeistralen in brandende ruimtes. Daarin werd onmiskenbaar vastgesteld dat brandweermensen een natuurlijke benadering kozen bij de aanval van *post-flashover* branden, bestaande uit drie fases:

Fase 1

Koelen van de ruimte met een sproeistraal alvorens naar binnen te gaan, waardoor een snelle daling van de temperatuur van de lucht optrad (van 800°C naar 400°C).

Fase 2

Na een fase 1 aanval van 60 seconden ging de brandweerman de kamer binnen en begon met een directe blusaanval (400°C naar 200°C).

Fase 3

De uiteindelijke blussing gebeurde door plaatselijk de brandhaarden aan te pakken (200°C en daar onder.)

40. Men neemt in het algemeen aan dat omhoog sproeien (dus richting de brandende of oververhitte gaslagen tegen het plafond) in een brandende ruimte meestal een veiliger en minder onaangename werksituatie voor de brandweerman veroorzaakt.

Die situatie kan worden ondergebracht bij Fase 1 als "**koelen in de gasfase**". Als de straalpijpvoerder echter niet geoefend is in het toepassen van het driedimensionale sproeipatroon, kan er een hoeveelheid water de hete oppervlakken in de ruimte raken met als gevolg dat het plots verandert in oververhitte stoom.

Dit betekent dat, naarmate de toepassing dichterbij de oude "indirecte" aanpak ligt, men ook rekening moet houden met de daaraan verbonden risico's.

Het is erg belangrijk dat koelen in de gasfase uitgevoerd wordt met **grote beheersing en precisie** en een **grondige kennis en begrip** van de werking van driedimensionale waternevel.

41. Er is veel onderzoek gedaan naar de effecten van koelen in de "gasfase" maar het meeste ervan richt zich op het activeren van watermistssystemen of sprinklerinstallaties. Er is weinig aandacht voor het effect ervan bij toepassing door de brandweer.

42. Toch is veel onderzoek met behulp van computermodellen en laboratoriumtests direct van toepassing op driedimensionale nevel, in het bijzonder met betrekking tot de ideale druppelgrootte, de interactie tussen de waterdruppeltjes en

de gloeiende vlammenzee en tussen het druppeltjestraject en het uittreden van gassen.

Er was ook erkenning voor het feit dat lucht wordt meegevoerd gedurende het sproeien, met als gevolg een **heftiger verbranding** gedurende het eerste blusstadium.

Bij sproeistralen is vastgesteld dat een continue nevelstraal in een brandende ruimte de **kamertemperatuur**, vooral bij de ingang, met 14% doet **toenemen** gedurende 2 tot 5 seconden, voordat er koeling in de gasfase plaatsvindt.

Dit is vastgesteld terwijl er een constante (niet-pulserende) nevelstraal werd aangewend van 2,2 liter per seconde met een kegelhoek van 26 graden.

Dit soort effecten kunnen de straalvoerders behoorlijke angst aanjagen !

Door **correct gebruik van de nevelstraalpijp** zal echter een verwaarloosbare hoeveelheid lucht verplaatst worden met duidelijk een onmiddellijk koelend effect.

43. Moderne brandweerstraalpijpen geven sproeistralen als gevolg van drukverneling, resulterend in wat men noemt een wijdverspreide sproeistraal. Dit wil zeggen dat een straal kan beschouwd worden als een uitgespreide waaier van druppeltjes die variëren van grof tot zeer grof.

Er zijn verschillende manieren om de druppelgrootte in een sproeistraal te meten maar de resultaten spreken elkaar vaak tegen, afhankelijk van de gebruikte methode.

Er wordt beweerd dat er een optimale druppelgrootte is voor gebruik bij de brandbestrijding maar dit is nooit bevestigd omdat de onderzoeksdoelen verschillen.

Theoretisch gesproken is het tamelijk voor de hand liggend om de optimale druppelgrootte te bepalen maar in realiteit heeft een waterstraal te kampen met verschillende beperkende factoren wanneer we deze straal in een vijandige massa van oververhitte brandgassen spuiten.

Hoe kleiner de druppel, hoe beter de koelcapaciteit ervan. Wanneer echter de druppeltjes te klein zijn, kan het gebeuren dat ze door de laaiende vlammen de vuurbron niet kunnen bereiken.

44. Hoeveel water er in de omgeving wordt verloren is echter alleen van belang wanneer de brandhaard uiteindelijk gedoofd moet worden met een sproeistraal. Wanneer het gaat over koelen in de gasfase is dit nog niet aan de orde en kan de druppelgrootte in de sproeistraal gereduceerd worden.

De **ideale straalpijp** produceert een sproeistraal met **druppels die tenminste vier seconden in de lucht kunnen blijven hangen**.

Hierdoor optimaliseren ze, bij de toepassing van driedimensionale watermist, het koelen van de gasfase.

Dergelijke straalpijp is veelzijdig genoeg om snel en vlot te veranderen van sproeistraal tot gebonden straal en omgekeerd, zodat de brandhaard onmiddellijk kan geblust worden.

Met het oog hierop wordt algemeen aangenomen dat een watersproeistraal met een gemiddelde druppelgrootte van rond 0,3 mm ideaal is voor koelen in de gasfase met gebruik van de nevelstraal.

45. Uit sommige hoeken klinkt kritiek op de gevolgen van temperatuursinversie bij gebruik van een sproeistraal met een druppelgrootte van 0,3 mm. Dit gebeurt wanneer de ruimte boven het hoofd zo snel en volledig gekoeld wordt dat de temperatuur op de grond soms gedurende enkele seconden hoger wordt dan bovenin ! Men veronderstelt dat een dergelijke temperatuursinversie ongevaarlijk is aangezien de grondtemperatuur nooit zo snel kan opwarmen als dat de brandbare gassen (door volledige verdamping van de fijne waterdruppels boven in de ruimte) worden gekoeld. De grondtemperatuur stijgt dus nauwelijks tijdens het toepassen van de nevelstraal. Er dient echter opgemerkt te worden dat de gassen bovenin op die manier volledig gekoeld worden zodat er weinig bluswater overblijft om de vloer te koelen.
46. De optimale druppelgrootte voor koelen in de gasfase is tevens behandeld in een rapport opgesteld in opdracht van de Finse en Zweedse Brand Research organisatie. Dit rapport toont aan dat druppels onder de 0,2 mm en boven 0,6 mm tijdens proefnemingen een enorme hoeveelheid ongewenste waterdamp veroorzaken, terwijl met druppels ter grootte van 0,4 mm het effect van koelen in de gasfase optimaal is. Dit komt voornamelijk door de gevolgen van "wolkvorming" bij het gebruik van een kleinere druppel, waardoor er meer water nodig is om een effectieve koeling te bereiken. Verder is er een toename van de hoeveelheid water die verhitte oppervlakken bereikt bij toepassing van grotere druppels. Grotere druppels zijn nu eenmaal zwaarder en blijven minder lang in de hete gassen hangen. Hetzelfde werd geconstateerd in een serie tests in de VS waar de temperatuur van muren van een brandende ruimte beduidend daalde naarmate **de druppeldiameter groter** werd. Hierdoor ontstond stoomvorming en werd **alles, behalve de brandgassen, gekoeld**.



47. Metingen tijdens de eerste twee blusminuten gaven de volgende resultaten :
- Een nevelstraal met druppels van 0,330 mm verlaagt de temperatuur van de muur met 57°C.
 - Een nevelstraal met druppels van 0,667 mm verlaagt de temperatuur van de muur met 124°C.
 - Een nevelstraal met druppels van 0,779 mm verlaagt de temperatuur van de muur met 195°C.
48. Dit bewijst nog eens dat een sproeistraal die grotere druppels geeft, een groter oppervlak bereikt (vooral wanden en plafond) waardoor enorme volumes stoom worden gevormd en minder contractie van de gassen optreedt.
49. Koelen in de gasfase is alleen doeltreffend indien de druppels verdampen in de brandbare gassen, waarbij contact met hete oppervlakken te allen tijde moet worden vermeden.



IX. DEEL 3 - Toepassen van 3D waternevel

- Het toepassen van driedimensionale waternevel
- Driedimensionale waternevel
- Praktische aspecten van de nevelstraalpijp
- Strategie en tactiek van de nevelstraalpijp
- Ontbranding van gassen en onderdrukking van explosies
- Koelen van gassen en de nevelstraal in zeer snel ontwikkelende situaties
- Watertoevoegingen en schuimsystemen met gecomprimeerde lucht
- Trainen in de Zweedse 'vuurtunnel' containersystemen
- Conclusies

Toepassen van 3D waternevel

50. Toen er in het begin van de 80-er jaren twee Zweedse brandweermensen waren omgekomen in een *flashover*, begon de brandweer van Stockholm technieken van Gisselson & Rosander toe te passen, gericht op het beschermen van brandweermensen tegen de gevaren van *flashover* en *backdraft*.

Deze technieken houden in dat een nevelstraalpijp (T&A Fogfighter) wordt gebruikt waarbij een fijne nevel omhoog gericht wordt in de brandgassen met een serie korte "pulserende" bewegingen (afwisselend spuit-en-stop bedienen van de straalpijp).

Het doel hiervan was om contact met hete oppervlakken, muren en plafonds te voorkomen en om kleine hoeveelheden waterdruppels direct in de brandgassen te brengen, waar het koeleffect het hoogste is.

Deze toepassing voorkwam de enorme uitzetting van stoom en andere problemen rond de inzet van "indirecte" waternevel.

Het leverde een veilige en werkbare omgeving waarin brandweermensen kunnen vorderen vooraleer ze de brandhaard kunnen blussen.

Het Zweedse concept (ook wel genoemd **offensieve brandinzet**) was gebaseerd op het herkennen van het brandontwikkelingsproces en benadrukte de observatie van specifieke waarschuwingssignalen die tot een ontsteking van de brandgassen zouden kunnen leiden, met andere woorden tot *flashover* en *backdraft*.

Het toepassen van de nevelstraal heeft voordelen in brandsituaties zowel vóór als na een *flashover*.

A. Situatie vóór een flashover

51. Bij het naderen van de brand wordt waternevel gebruikt. Zelfs buiten de brandende ruimte worden de brandbare gassen (die oververhit maar ook koel kunnen zijn) door nevel onschadelijk gemaakt. Het doel is een "nevel" van fijne waterdruppels omhoog te verspreiden om **het ontstekingsrisico van brandgassen te verhinderen of te verminderen**. Deze techniek alleen al heeft waarschijnlijk reeds vele brandweermensen het leven gered bij het werken onder gevaarlijke omstandigheden in binnenbranden.
- Voortgezet toepassen van waternevel maakt gebruik van de negatieve druk waarmee de lucht wordt gezogen naar de brand.
- Een hoeveelheid waterdruppels ingebracht in deze "luchtstroom" versterkt de werking van de nevelstraal.
- Beide toepassingen vereisen precisie en een doelmatige pulserende beweging van de straalpijp met grote aandacht voor de hoek van het sproeipatroon en de hoek van de nevelstraalpijp zelf ten opzichte van de horizon.

B. Brand na een flashover

52. In situaties waarin de brand is ontwikkeld tot het stadium van *flashover* of in het stadium juist na de *flashover*, kan de nevelstraal worden gebruikt om op veilige en snelle wijze brandende gassen te blussen.
- Dit vereist een grondige training waarbij de brandweerman realistische "*flashovers*" meemaakt in een brandsimulator (container) waar hij de stadia van ontwikkeling en voortgang kan meemaken en waarin hij kan oefenen met de spuit-en-stopmethode van de straalpijp.
- Alleen op die manier kan hij snel en veilig leren inspelen op vlug veranderende omstandigheden.
- In een *flashover* gebeurt alles zo snel dat het zelfvertrouwen van de brandweerman aangaande het omgaan met deze kwestie van leven of dood in de loop van verscheidene oefeningen zal moeten groeien.

Driedimensionele waternevel

53. Om de beste resultaten te bereiken zijn de **nevelkegel** en de **spuithoek** van even groot belang als de praktische aspecten van het **pulseren** met de straalpijp.
- Bijvoorbeeld: een nevelkegel van 60° onder een hoek van 45° met de vloer zal in een gemiddelde kamer (laten we zeggen 50 m³) ongeveer 16 m³ waterdruppels bevatten. Een stoot van 1 seconde van een 100 l/min straalpijp zal ongeveer 1,6 liter water in de kegel plaatsen.

54. Voor verdere uitleg moeten we ons het volgende voorstellen:
Een enkele "eenheid" lucht verhit tot 538°C weegt 0,45 kg en heeft een inhoud van 1 m³. Deze "eenheid" lucht is in staat om 0,1 kg (0,1 liter) water te verdampen, die in de vorm van stoom (en dat wordt het, wanneer de temperatuur in een ruimte grenst aan *flashover*) 0,37 m³ inneemt.
Let wel dat het toepassen van een nevelkegel van 60° een ruimte inneemt van 16 "eenheden" lucht van 538°C. Dit betekent dat 1,6 kg (16 x 0,1 kg) of 1,6 liter water kan worden verdampt. Dit is precies de hoeveelheid die de kegel uitstoot in 1 seconde. Deze hoeveelheid verdampt tot gas, stoom **voordat** het bij het plafond en de wanden komt, zodat erboven in de kamer een maximale koeling wordt bereikt.
Nu wordt het begrijpelijk dat, wanneer teveel water door de gassen heengaat, deze, bij aanraking met de hete oppervlakken van de ruimte, tot ongewenste hoeveelheden stoom verdampt.
55. Kort samengevat:
Komt het water tegen de hete plafonds en wanden, dan wordt er meer stoom gevormd, dan dat de lucht door afkoeling inkrimpt. Dit geeft een enorme drukgolf en verplaatst de hitte direct naar beneden, naar de plaats waar de brandweerman zich bevindt.
56. Nu weten we, uitgaand van de wet van Charles, hoe de gassen **inkrimpen** wanneer ze worden gekoeld. Elke "eenheid" lucht in de kegel die nu gekoeld is tot ongeveer 100°C neemt nu slechts 0,45 m³ in.
Hierdoor neemt het totale volume aan lucht (in de beslotenheid van de kegel) af van 16 m³ tot 7,2 m³.
We moeten hier echter de hoeveelheid ontstane waterdamp aan toevoegen : 5,92 m³ (16 x 0,37) bij 538°C. Dit heeft als totale effect het ontstaan van een negatieve druk, een onderdruk in die ruimte doordat het totale gasvolume vermindert van 50 naar 47,1 m³ met een enkele stoot van de nevelstraal !
57. Een eventuele luchtstroming ontstaan door het "zuigefect" van de straalpijp zal minimaal zijn (rond de 0,9 m³) waardoor de negatieve druk gehandhaafd blijft.
In werkelijkheid staat natuurlijk de hele omgeving in lichterlaaie waardoor de "temperatuur van de lucht" en de "druk in de ruimte" onmiddellijk weer stijgen indien men niet effectief doorgaat met blussen.
58. Als er goed geoefend is, zullen de stoten misschien slechts 0,1 tot 0,5 van een seconde duren, waardoor het mogelijk wordt om stralen met een grotere capaciteit te gebruiken, met een betere drukdaling tot gevolg.

59. Deze berekeningen zijn gebaseerd op de nevelkegeltheorie en naar mijn weten zijn er geen eerdere publicaties over dit onderwerp. Hoewel er bij wetenschappelijke haarkloverij uitvoeriger berekeningen nodig zijn, lieten wetenschappers van het Britse Fire Research Station me weten dat, indien alle variabelen in samenhang met druppelgrootte in beschouwing worden genomen, de eindresultaten gelijk zouden blijven met die van mij.

Praktische aspecten van de nevelstraalpijp

60. De toepassing van waternevel in "echte" branden vraagt om straalpijpvoerders die een helder begrip hebben van de doelstellingen en mogelijkheden van dergelijke technieken.
Deze brandweermensen moeten tevens buitengewoon geoefend zijn in het hanteren van de straalpijp en pulserende bewegingen. Die vaardigheden kunnen ze alleen aanleren door regelmatig te oefenen in voor dit doel gebouwde brand-simulators of omgebouwde scheepscontainers. Er moet eveneens aandacht worden besteed aan de voorziening en het onderhoud van geschikte uitrusting en straalpijpen. Tevens moet men een effectieve brandbestrijdingsstrategie toepassen die aansluit bij de technieken.
61. In "echte" brandsituaties is het moeilijk om de "perfecte" toepassing van de nevelstraal te bereiken en kan er toch een kleine hoeveelheid water tegen de hete oppervlakken in de ruimte komen. Algemeen moet de straalpijpvoerder een koelverhouding van
- Hete gassen/Oppervlakken = 2/1
- proberen te bereiken, om te voorkomen dat de toepassing verandert in een "indirecte" aanval. Een dergelijke toepassing vereist een **nevelkegel van 40° tot 60°**, die gericht wordt onder een **hoek met de grond van ongeveer 45°**.
62. In de duisternis van een ruimte die vol rook hangt, kan het moeilijk zijn om zo precies te werken.
Moderne "**flashover control**" **straalpijpen** zijn echter tegenwoordig uitgerust met selectorringen die de straalpijpvoerder laten weten wanneer het ideale bereik van de nevelkegel is bereikt in "blinde" brandsituaties.
Sommige lessen richten zich op het verkrijgen van een nevelpatroon dat een vierkante meter oppervlak in de ruimte beslaat. Dit is fout !

63. De eerste gedachte achter het aanwenden van de nevelstraal is dat contact tussen water en hete oppervlakken vermeden wordt. Ten tweede zou een dergelijk effect in een kamer van gemiddelde afmetingen een **20°** nevelkegel vereisen.
- Een "sproeipatroon" onder deze hoek zou slechts één m³ beslaan terwijl bij een kegel van **40°** 7 m³ wordt bestreken en bij **60°** zelfs 16 m³ !
- Het gaat om een **driedimensionale** werking, hetgeen betekent dat een dergelijke toepassing wordt berekend in kubieke meters. Daardoor is het begrijpelijk dat nevelkegels of sproeipatronen met diameters **beneden 40° niet het optimale effect** bereiken bij het koelen in de gasfase.
- Daarbij komt: hoe nauwer de kegel, hoe meer lucht er meegevoerd wordt bij de straalpijp !
64. Als we praten over de spuithoek (*application angle*) - in een kamer van gemiddelde grootte van 60 m³ - moet de straalpijpvoerder proberen om **het middelpunt van de nevelstraal te richten op de verste hoek van de kamer, waar het plafond de muren raakt**.
- Dit plaatst het hart van de stroom op een hoek van 45° met de vloer. Deze hoek zorgt ervoor dat de hoeveelheid water die de muren en wanden raakt zo klein mogelijk is en optimaliseert de werking doordat de meeste waterdruppels in de nevelkegel direct in de gaslaag worden gebracht.
65. De "pulserende" werking van de straalpijp wordt bereikt door snelle 'aan-uit' bewegingen van de "handle" op de nevelstraalpijp.
- Met een beetje oefening is dit snel onder de knie te krijgen en sommige straalpijpen zijn er beter geschikt voor dan andere.
- In het ideale geval moeten de 'spuit-en-stopbewegingen' **tussen 0,1 en een halve seconde** duren en paar seconden een fijne nevel van waterdruppeltjes omhoog brengen.
- Naarmate de nevel verdampt, wordt de atmosfeer "mistig" van waterdamp maar de straalpijpvoerder heeft dit volledig onder controle.
- Hij zal door ervaring leren hoe de spuit-en-stopmethode optimaal functioneert.
66. Iedere "vegende" beweging van de straalpijp zal het temperatuurevenwicht in de ruimte verstoren en hitte naar de lagere delen van de kamer drukken : dat deel waar de brandweermensen zich bevinden.
- Herhaalde stoten van meer dan een seconde kunnen een "**pistoneffect**" veroorzaken, waardoor er vuur wordt weggedrukt naar andere (dak)ruimtes en dergelijke meer.
- Het toepassen van de nevelstraal wordt wel vergeleken met gaatjes prikken, waarbij de straalpijpvoerder zal trachten om met korte injecties van waterdruppeltjes gaatjes te steken in het kussen van brandgassen aan het plafond.
- Dit heeft tot gevolg dat de gassen koelen en krimpen en in het kussen zelf zal dit (brand)vertragend werken.

67. Tijdens een lezing in 1998, voor een congres van Ierse brandweercommandanten deed de auteur van dit boek verslag over het volgende. Het ging over een nagebootste typische gebouwbrand waarbij men het bijna tot een *flashover* laat komen en laat zien hoe de nevelstraal als aanvulling van tactische geforceerde ventilatie gebruikt kan worden.

"Toen we de kamer binnenkropen was het gebulder van het vuur wat beangstigend. De dikke rook afkomstig van de brandhaard pakte samen en hing op 1,20 m afstand boven de grond. De hitte die van het plafond naar beneden straalde was duidelijk te voelen doorheen de flinke laag beschermende kledij die we aan hadden. Ik keek onmiddellijk van waar we stonden omhoog in de donkere rook en zag dat er wat gele vuurtongen langs het plafond rolden. Ze maakten zich los van het vuurlichaam dat in de verste hoek van de ruimte woedde. We waren ongeveer 1,20 m de kamer ingegaan toen ik de straalpijp van de hogedruk slanghaspel greep en een zo kort mogelijke stoot nevel gaf, richting de hogere sferen boven ons hoofd. Er kwam niets omlaag wat op waterdeeltjes leek en de reeks 'ploffende' geluiden deed vermoeden dat de nevel zijn werk deed in de oververhitte gaslagen. De vlammentongen bleven een paar tellen weg voor ze weer hun slangendans hervatten op weg naar de uitgang die zich achter ons bevond: de deuropening. "STOP MET SPUITEN" schreeuwde Miguel over de portofoon (van de instructeur). Naarmate we verder de kamer ingingen, besepte ik dat ik het diepste vertrouwen in deze man had. De rook pakte zich verder samen rondom ons en benauwd zag ik dat er verscheidene 'ballonnetjes' van brandgassen beurtelings heel kort tot ontsteking kwamen, voor mijn gezicht, ongeveer een meter van de grond. Ik voelde dat het moment van *flashover* snel naderbij kwam en instinctief greep ik de straalpijp weer. "WACHT", schreeuwde Miguel weer en hij lachte terwijl hij achteruit reikte en de toegangsdeur bijna dicht schopte. Ik voelde me bijzonder kwetsbaar, maar toen, alsof er een kraan uitgezet werd, verloor het vuur plotseling zijn 'gebulder' en de rollende vlammen in de vuurzuil stoven compleet uiteen. Alles werd donker toen het vuur 'in elkaar schrompelde' en de rook zakte helemaal tot aan de grond. De vreemde stilte in deze bloedstollende situatie kwam de brandweerman in mij net iets te bekend voor. Miguel pakte de straalpijp uit mijn handen en spoot verscheidene korte stoten waternevel, op een wijde stand, naar het bovenste gedeelte van de kamer. Weer was er geen neerslag en je kon bijna voelen dat de uiterst kleine waterdeeltjes opgingen in de oververhitte brandbare gaslagen. De stoom 'overdruk' en vochtigheid was te verwaarlozen en er was geen merkbare luchtverplaatsing. Wat belangrijker was: de hittestraaling van bovenaf was aanzienlijk verminderd en zo ook de kans op een *flashover*. Toen hoorde ik Miguel's stem over de portofoon roepen om een geforceerde ventilatieactie van buitenaf en bijna onmiddellijk toen brandweermensen op straat het raam openzetten, begon de rooklaag omhoog te komen. De brand in de hoek van de kamer werd zichtbaar heviger maar deze keer gingen de vlammentongen in de laag aan het plafond richting het open raam en bij ons vandaan.

Miguel Basset was brandweerofficier bij de regionale brandweer van Valencia in Spanje. Hij was een man van de praktijk die veel had geleerd over het gedrag brand onder diverse omstandigheden. Hij had al een aantal jaren 'met vuur gespeeld' en geëxperimenteerd, trouw bijgestaan door zijn team van brandweermensen, waarbij hij de maatstaven voor ventilatie tot het uiterste had uitgetest

in zijn poging om vast te stellen wat voor invloed ventilatie heeft op de groei van een brand. In deze aangrijpende oefensituatie leerde Miguel me een heleboel over hoe je de brand kunt beheersen. Hij had heel duidelijk gedemonstreerd hoe brandweermensen de werking van geforceerde ventilatie kunnen aanwenden om een voortgaande brand tot staan te brengen en hoe je, als de brand als die op zijn hevigst is, door eenvoudig de toegangsdeur te sluiten of een raam te openen, een *backdraft* of een *flashover* situatie kan afwenden of uitstellen. Hij liet ook zien hoe brandweermensen de hittestraling van boven kunnen verminderen door de vuurzuil van richting te laten veranderen, bij de toegangsdeur vandaan, zoals hier is beschreven.”

De strategie en tactiek van de nevelstraal

68. Het is duidelijk dat het gebruik van koeltechnieken in de gasfase de werking van tactische brandventilatie of het gebruik van PPV (Positive Pressure Ventilation met andere woorden van actieve geforceerde ventilatie) kunnen ***aanvullen***.

Zoals bij iedere strategie is het belangrijk om bij brand communicatieniveaus op te zetten en te handhaven. De aanvalsploeg is in de aangewezen positie om te beslissen of en wanneer een ventilatieactie moet beginnen.

Hun bevindingen moeten worden doorgegeven aan de bevelvoerder, die de algehele verantwoordelijkheid heeft om zoiets in gang te zetten.

69. De tactische afwegingen rond het gebruik van de nevelstraal moeten plaatsvinden voordat men een brandend gebouw binnengaat.

Alle mensen moeten zich houden aan de regel twee-aan-twee naar binnen met adembescherming.

In het gunstigste geval, wanneer er genoeg mankracht is, kan ter ondersteuning een tweede ploeg ingezet worden.

In Europa zien we dat de brandweer gebruik maakt van hogedruk slanghaspels en nevelstraalpijpen waardoor met weinig water geblust wordt.

De watercapaciteit van één hogedrukstraal met nevelstraal is, naar schatting, in de regel voldoende om 180 m³ brandomvang in een gebouw te blussen.

Dit cijfer is in het bijzonder van belang wanneer er een open vloeroppervlak in hoogbouw mee gemoeid is.

Procedure van openen en binnengaan

70. De brandweermensen leren dat ze, voor het binnengaan in een brandende ruimte, een stoot waterdruppels boven de ingang moeten spuiten, juist voordat ze de deur open maken. Wanneer ze zich in een belendende ruimte, hal of gang bevinden, kan deze actie verhinderen dat de oververhitte brandgassen ontbranden bij toevoeging van nieuwe zuurstof.
71. Het gevaar bestaat erin dat brandbare gassen die zich in de ruimte bevinden waar de brandweerploeg is, tot ontbranding komen met een "flashback" tot gevolg. De eerste stoot van de nevelstraal, afgesteld op een spuitkegel van 60°, **buiten** de ruimte, omhoog boven de ingang, leidt tot het verminderen of vermijden van de "flashback".
72. Bij het **openen van de deur** wordt deze techniek voortgezet met een **korte serie stoten** in de luchtstroom die de brandend ruimte, beneden de laag van de brandgassen, binnengaat. Deze actie zal wat waterdruppels meevoeren naar de vuurhaard en kan een onmiddellijk koelend en dovend effect hebben bij de vlammenbron.
73. In dit stadium moet de aanvalsploeg haar straal meenemen tot **ruim een meter voorbij de deuringang**. Pas wanneer de aanvalsploeg een meter binnen in de brandende ruimte is, zal men beginnen met een serie stoten omhoog. De eerste stoot moet recht omhoog gericht zijn om de omstandigheden te **testen** en om te kijken naar tekenen van "neerslag" en te luisteren naar ploffende geluiden bij verdamping van de druppels. Deze stoot wordt dan onmiddellijk gevolgd door **meerdere stoten** onder een hoek van 45°, omhoog gericht op de **verste hoek van de kamer** waar plafond en wand samenkomen. Als de straalpijpvoerder omhoog spuit, gebeurt dit in een cirkelvormig patroon om een maximale hoeveelheid brandgassen te raken, echter zonder een "vegende" beweging te maken. De straalpijpvoerder moet het precieze evenwicht zoeken : hij moet de juiste hoeveelheid waternevel boven in de ruimte brengen en tegelijkertijd voorkomen dat alles doorweekt geraakt. Hij moet bovendien ook veranderingen in de situatie aanvoelen.
74. De aanvalsploeg is dan in staat om **dieper de ruimte binnen te gaan**. Hierbij wordt voortdurend **kort omhoog gespoten**. Wanneer er bij de grond een doorzichtige laag onder de grens van de brandgassen bestaat, moeten we die daar houden door de gassen te bewerken met de "spuit-en-stopmethode" en moet contact met hete oppervlakken voorkomen worden. Door deze doorzichtige laag kan men zien waar het vuur is én waar mogelijke slachtoffers op de grond liggen.

Door de temperatuursbalans op die manier te bewaren en de gaslagen boven in de ruimte te verdunnen, zal de ruimte merkbaar koeler worden en zal het risico op ontsteking van brandgassen gaan ontsteken is aanzienlijk afnemen.

75. Een aantal Europese brandweermensen, vooral die in Zweden, zal bij het binnengaan eerder de toegangsdeur naar de ruimte gedeeltelijk sluiten. De idee hierachter is dat ze "luchtbeheersing" (*air control*) willen bewaren/houden, wat inhoudt dat ze de hoeveelheid lucht die het vuur voedt, willen beperken. Dergelijke strategie wordt door veel mensen afgekeurd, vooral wanneer er geen deurstopper (deurbeveiliger, een soort wig) wordt gebruikt. In geval van een *backdraft* voorkomt een deurstopper immers dat de deur dichtgetrokken wordt en bijgevolg de brandslangen tussen de deur zouden dichtknellen.
76. De aanvalsploeg zal de situatie in de ruimte en het effect van de omvang van de deuropening op de vuurontwikkeling voortdurend beoordelen. Deze opening kan groter of kleiner worden gemaakt in ieder stadium van de brandbestrijding, waardoor volgende omstandigheden kunnen beïnvloed worden:
- de hoogte van de rooklaag
 - de hoeveelheid hittestraling van het plafond
 - de intensiteit van het vuur
 - de richting van de vuurkolom bij het plafond
 - de temperatuur binnen in de ruimte
77. Door het sluiten van de toegangsdeur wordt de vorming en expansiebeperking (in- of opsluiting) van brandgassen vergroot en het werken met de nevelstraal wordt buitengewoon belangrijk om de atmosfeer in de kamer te inertiseren. De voordelen van het handhaven van "luchtbeheersing" of *air control* kan men zien in de volgende containertemperaturen, opgemeten tijdens een typische oefensimulatie. (Tijdens dit experiment vond er geen beïnvloeding door blussing plaats.)

Sluit toegangsdeur – temperatuur daalt:

800°C - 580°C op plafondhoogte binnen 20 seconden

785°C - 385°C op 1,50 m van de grond in 20 seconden

580°C - 285°C op 90 cm van de grond in 20 seconden

Open toegangsdeur – temperatuur stijgt:

385°C - 785°C op 1,50 m van de grond in 20 seconden

Sluit deur weer – temperatuur daalt:

785°C - 435°C op 1,50 m van de grond in 20 seconden

78. De curve van de stralingshitte daalt herhaaldelijk beneden kritieke waarden (20 KW/m²) telkens de deur wordt gesloten (maar komt weer binnen 20 seconden boven dit niveau bij het openen van de deur) waardoor de kans op *flashover* direct wordt beïnvloed.
79. In zijn boek beschrijft David Birk een computerberekening van een "echte" brand in een hotelkamer en hij onderzoekt de variatie van effecten die verschillende deuropeningen kunnen hebben op de brandontwikkeling. Hij rapporteert dat de tijd tot *flashover* in grote mate wordt beïnvloed door dergelijke openingen. In een brand die zich in eerste instantie beperkt tot een brandende fauteuil krijgt men het volgende beeld:

deur is 90 cm open – flashover bereikt in 2,38 min
deur is 30 cm open – flashover bereikt in 2,82 min
deur is 15 cm open – flashover bereikt in 4,28 min
deur is 7,5 cm open – flashover bereikt in 6,97 min
deur dicht – **flashover niet bereikt**

Er werd ook opgemerkt dat de grens met de hete laag, die met een gesloten deur werd gemeten op 1 m van de grond, steeg tot ongeveer 1,70 m wanneer de deur 90 cm open stond.



Observeren van het gedrag van brand

80. De straalpijpvoerder moet de omstandigheden van dichtbij observeren en de kans op ontsteking van de brandgassen inschatten.
Boven in de ruimte moet gekeken worden naar tekenen van vlammetjes in de gaslagen want dit is een signaal dat er een *flashover* aankomt.
Lager in de ruimte is het ontstaan van 'vuurballonnen' (zakjes met brandgassen) die kortstondig ontbranden op 60 – 90 cm van de vloer nog een waarschuwing dat er *flashover* dreigt.

Tekenen van een snelle luchtstroom onder de grens van de rookgassen is een duidelijk signaal om achteruit te gaan achter een pulserende nivelstraal want er kan binnen enkele seconden *backdraft* optreden.

De brandweerman moet ook op zijn hoede zijn voor "rollende" rook, vooral zwarte rook, die men soms bij het binnengaan kan waarnemen : ook dit is een waarschuwing voor een naderende *backdraft*.

Nog een voorbeeld van een riskante situatie is de aanwezigheid van blauwe vlammen. Dit kan een aanwijzing zijn van *backdraft* waar *pre-mixed flaming* (het branden van een quasi ideaal mengsel van zuurstof en gassen) kan bestaan.

Daar waar het zicht ernstig wordt belemmerd door dikke rook, moet de brandweerman terugvallen op zijn gevoel : een plotselinge temperatuurstijging in de ruimte waardoor de brandweerman wordt gedwongen om plat op de grond te knipen, betekent dat er een *flashover* op til is.



Ontbranding van gassen en onderdrukking van explosies

81. Het idee dat het gebruik van de nevelstraalpijp een explosieve atmosfeer kan temperen is goed gefundeerd.

Toch heeft wetenschappelijk onderzoek zich tot op de dag van vandaag geconcentreerd op watermistssystemen en het suggereert dat uiterst fijne nevel nodig is om de effecten van een voortgaande vlam in een mengsel van gas en lucht te verminderen of te verhinderen.

Men heeft diverse pogingen en tests gedaan met explosie-onderdrukking van allerhande types brandbare gassen en vloeibare dampen waarbij de voortgaande vlammen succesvol tot staan werden gebracht en de atmosfeer zodanig werd getemperd dat er geen ontbranding meer kon plaatsvinden.

Een rapport van de FRDG haalt verscheidene van deze onderzoeken aan en leert ons dat druppelgroottes van minder dan 0,1 mm onderdrukking kunnen bewerkstelligen.

82. Wat betreft nevel bij de brandbestrijding ontstaan zulke fijne druppeltjes over de hele ruimtelijke kegelhoek in het algemeen niet tijdens de "gemiddelde" toepassing. Men stelt dat straalpijpen, die druppeltjes produceren van minder dan 0,3 mm evenwel nog steeds een effectief doblingsniveau in de brandbare gaslagen kunnen verschaffen.

Als er **wel** een ontsteking van de gaslagen optrad, stelt men verder dat de onderverdeling van druppeltjes van de *oorspronkelijke (bron)* straal kan zorgen voor het temperen van de explosieve effecten.

83. Hoewel er op dit gebied meer onderzoek moet gebeuren betreffende de effectiviteit van neveltoepassingen bij brandbestrijding, wordt in het algemeen aangenomen dat een constante "pulserende" toepassing van waterdruppeltjes, boven in een oververhitte brandende kamer, het risico van ontbranding van gassen kan voorkomen.

De overlevingskans van brandweermensen die in dergelijke ruimtes werken, zal aanzienlijk toenemen.



Koelen van gassen en de nevelstraal in zeer snel ontwikkelende situaties

84. Moderne, open kantoorverdiepingen komen veel voor in hoogbouw en plaatsen de brandweer voor bepaalde problemen.

De grote open ruimte zorgt bij brand voor een overvloed aan lucht en gecombineerd met een moderne kantoorinrichting, die een enorme voorraad aan brandbaar materiaal betekent, zorgt dit voor enorme hitteontwikkeling.

Deze omstandigheden, gekoppeld aan een vertraagde reactie van de brandweer op de locatie (hoogte, trappen,...), maakt dat de brandweer bijna altijd te maken heeft met een brandsituatie met veel hitte en rook, vooral als er geen sprinklers zijn geïnstalleerd.

Wanneer het punt van *flashover* bijna bereikt is en de ruimte is verdeeld in hokjes, in veel verschillende werkplekken, kan de brandweer enkel een beeld krijgen van het vuur op hoog niveau.

Dit wordt natuurlijk belemmerd door de rook.

Verder ondervindt de brandweer hierdoor problemen bij een directe aanval op de vuurhaard, behalve als deze dichtbij is.

85. In deze situatie zal zich dus een uiterst brandbare laag gassen vormen bij het plafond of zal de ruimte geheel gevuld worden op de brandende verdieping !

Daar zulke verdiepingen vaak een inhoud van 6000 m³ of meer hebben, wordt het probleem duidelijk.

Een bijkomende belemmerende factor in het opzetten van een succesvolle aanval onder dergelijke omstandigheden is de beschikbaarheid van water op de bovenste verdiepingen van een flatgebouw.

In Tabel 2 is te zien dat de eisen voor waterlevering van de NFA van 150 l/min per 30 m³ zelden of nooit wordt bereikt bij brandbestrijding in hoogbouw.

In feite moet de brandweer zich behelpen met een watertoevoer die maar 10% is van het "normale" vereiste bij dergelijke vuurzee en toch het vuur blussen !



Gebouw en aantal verdiepingen in brand	Brandcompartiment in m ³	Waterdebiet in liter/min. per 30 m ³
<u>Interstate Bank L.A.</u> 4½ verdieping	23.000	13,5
<u>Twin Towers WTC New York</u> 1 verdieping	3.000	27
<u>New York Plaza</u> 2½ verdieping	11.000	22,5
<u>Empire State Building New York</u> 1 verdieping	275	225
<u>Westvaco New York</u> 1 verdieping	1.800	76,5
Churchill Plaza	13.170	18,0

86. Een betrekkelijk recent voorbeeld van zo'n brand deed zich voor in 1992 op de zevende verdieping van een 60 meter (12 verdiepingen) hoog kantorencomplex in Los Angeles.

Het vuur, dat begon in een PC, verspreidde zich over het merendeel van de 12.000 m³ inhoud van de zevende verdieping.

Bij aankomst, vlak na 10 uur zagen de brandweermensen van het korps van Los Angeles de vlammen uit twee ramen op de zevende slaan.

Het gebouw zelf stond slechts een paar blokken van de Interstate Bank Tower vandaan – die in 1988 in lichterlaaie had gestaan.

Op de verdieping die in brand stond, meldde de bevelvoerder Don Austin van Wagen 3 dat zijn bemanning te kampen had met zware rook die tot aan de grond hing en met matige hitteontwikkeling.

De brandweer van Los Angeles zette de aanval in met 2" aanvalsslang, uitgerust met een automatische straalpijp.

De aanvalsploeg was ongeveer 6 meter gevorderd op de brandende verdieping op toen men recht vooruit een oranje gloed zagen.

Hoewel de brandweermannen trachtten de brand te blussen, leek het of de 2" lijn geen effect had op de vlammen. Binnen de 60 seconden nadat de straalpijp geopend was, schoot het vuur al over het plafond en zat de ploeg gevangen tussen vlammen boven en achter zich.

Austin en zijn ploeg - met smeltende helmen van de hitte - kregen het voor elkaar om de 6 meter op hun buik achteruit te kruipen, terug naar de "veilige" lobby.

Tegen die tijd stond de hele noordkant van het gebouw in lichterlaaie met uitslaande vlammen uit alle 20 ramen van de zevende verdieping aan die kant van het gebouw.

De 263 aanwezige brandweermensen kregen het vuur uiteindelijk onder controle één uur en 19 minuten na het ontstaan.

87. Een recent verslag van de *US Fire Administration* evalueerde de werkwijze van de brandweer in hoogbouw en besteedde aandacht aan een aantal problemen waar brandweermensen mee te maken krijgen, vooral wat betreft druk en watertoevoer op hoger niveau.

De eisen van vóór 1993 die de brandweer van Los Angeles hanteerde, hadden er al in voorzien dat LD kogelafsluiters (LM3P) verbonden met 2½" slangen gebruikt zouden worden voor dergelijke operaties en verzochten om 4,5 bar als minimale uitgaande druk van een vaste stijgleiding.

88. De brandweer van Los Angeles herzag dit verzoek in 1993 en vergrootte de minimale uitgaande druk naar **7 bar**, maar het eerder genoemde rapport adviseerde toch aan de brandweerregio's dat ze voorbereid moesten worden op situaties waar een aanval op een hoogbouwbrand moet worden uitgevoerd met een lagere druk.

Dit kan voorkomen in gebouwen van vóór 1993 of waar vaste stijgleidingen of drukreducerventielen niet goed functioneren.

De USFA schrijft in hoogbouw onder andere voor dat brandweerslangen een minimale diameter moeten hebben van 2 duim en uitgerust moeten worden met LD kogelafsluiters of verstelbare straalpijpen die de voordelen van zowel nevel als gebonden straal in een straalpijp combineren.

Dergelijke verstelbare straalpijpen zijn ontwikkeld om hun berekende toevoer te leveren van 5,25 bar (nevel) en 3,5 bar (gebonden straal).

Hoogbouw betekent per definitie alles hoger dan tien verdiepingen. In de Verenigde Staten betekent dit nagenoeg het merendeel van de hoge gebouwen.

89. De voornaamste aanbeveling met betrekking tot de keuze van straalpijp is: **ga ter plaatse en test de uitrusting en de druk op alle niveaus in deze gebouwen.**

Alleen dan kan men beslissen welke straalpijp en slangdikte nodig is, omdat iedere situatie verschillend kan zijn.

De ervaring heeft evenwel geleerd dat de uitrusting altijd op het ergste scenario berekend moet zijn: dus op de bovenste lagen van een hoog gebouw; dit kan lage waterdruk en onvoldoende watertoevoer betekenen.

(Lees ook het artikel over "Brandbestrijding bij hoogbouw" er op na op onze site www.cemac.org)



Watertoevoegmiddelen en schuimsystemen met gecompriemde lucht

90. Ontwikkelingen in het gebruik van watertoevoegmiddelen (schuimvormende middelen) en schuimsystemen met gecompriemde lucht (CAFS) hebben laten zien dat de werking van water als blusmiddel nog verder verbeterd kan worden.

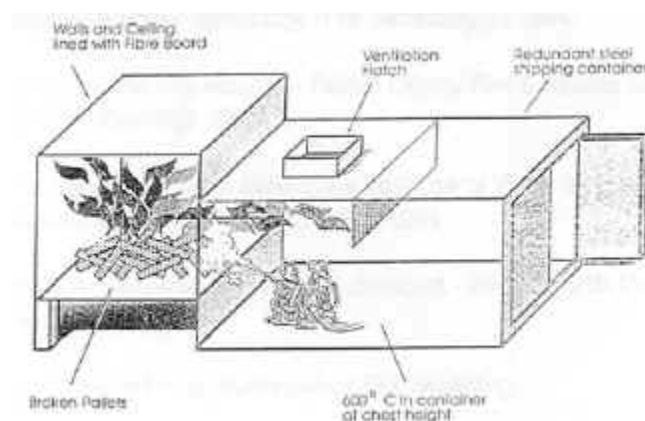
Wat echter nog meer verbetering kan brengen, is het onderzoek naar het gebruik van deze toepassingen in de vorm van nevel, omdat aangetoond is dat het koelend effect van fijne druppeltjes in zwevende toestand vergroot wordt door de aanwezigheid van dergelijke toevoegmiddelen.

De voordelen van koelen in de gasfase en het gebruik van de nevelstraal worden nog verder geoptimaliseerd en we zien dat de werking aanmerkelijk verbetert in vergelijking met gewone waternevel, en dit zowel bij de brandbestrijding in het algemeen als in die gevallen waar het gaat om explosieonderdrukking.



Trainen in de Zweedse 'vuurtunnel' containersystemen

91. De Zweedse flashover simulator is een oefensysteem, ontwikkeld in 1986 door de Zweedse *National Survival Board*, als vervolg op een paar eerdere pogingen en experimenten door de brandweer van Stockholm.
- Er worden nu verschillende versies van het systeem gefabriceerd maar de meeste zijn gebaseerd op de originele scheepscontainers, met een aan elkaar gekoppelde brandermodule en observatiemodule.
- De brandermodule is bekleed met panelen van spaanplaat van 16 of 18 mm dik. Een kleine houtkorf wordt aangestoken om de platen te verhitten, waardoor omvangrijke hoeveelheden brandbare gassen ontstaan voordat deze tijdens herhaalde simulaties ontbranden.
- Dit stelt brandweermensen in staat om de groei en ontwikkelingsstadia van een brand te observeren: de vorming van brandbare gaslagen, vuur-'slangen' in het bovenste gedeelte van de ruimte en ontsteking van de gassen zelf.
- De effecten zijn behoorlijk ontzagwekkend met hitte-ontwikkelingscijfers die dichtbij de 3 MW komen.
- Stringente veiligheidsmaatregelen moeten het gevaar voor de brandweermensen tot een minimum beperken.



92. De 'Zweedse container' is een effectieve manier om brandweermensen dergelijke situatie aan den lijve te laten ondervinden met een element van "beheersing". Ze leren om een brand "aan te voelen" en zijn getuige van de effecten van ontsteking van brandgassen.
- Hoewel de "flashovers" geen echte flashovers zijn in de breedste zin van het woord, scheppen ze toch wel degelijk de zwaarste oefensituatie. Brandweerman en beschermende kleding worden tot het uiterste getest!
93. De brandweermensen wordt als ze in de container zitten, geleerd om niet alleen de gevaren van gasontsteking te herkennen, maar ook hoe ze de situatie, zowel voor en na *flashover*, moeten aanpakken.

De procedures met betrekking tot koelen in de gasfase en de toepassing van de nevelstraal worden keer op keer geoefend tot de straalpijpvloeders effectief (en efficiënt) worden in het gebruik van sproeipatronen met een effectieve diameter, de juiste hoek, en in de toepassing van het pulseren met de straalpijp.

94. Strikte veiligheidsvoorzieningen zijn essentieel:
Boven op het gebruik van de slang(en) in de container, moet er een extra straal met afzonderlijke toevoer en bediend van buiten de container (veiligheidsstraal) voorzien zijn.
95. De thermische beveiligingskwaliteit van moderne uitrukkleding schept een situatie waarin de brandweerman zich soms niet bewust is van de hitteniveaus in de ruimte.
Er is op dit gebied veel werk gedaan en fabrikanten zijn gekomen met diverse ideeën inclusief displays zichtbaar in het beademingsmasker, hoorbare alarmsignalen ingebouwd in "distress units" en uitrukkleding om brandweermensen te waarschuwen voor plotselinge veranderingen in temperatuur en omstandigheden.
De Smartcoat is een voorbeeld van een pak waar sensoren de temperatuur aan de binnenkant van de jas in de gaten houden, en die de brandweerman waarschuwen als er binnenin de beschermende kleding een temperatuur van 65°C is bereikt.
Dit is gebaseerd op het feit dat menselijke huid eerstegraads verbrandingen oploopt als die een temperatuur van 48°C, tweedegraads verbrandingen bij 55°C en derdegraads verbrandingen als de temperatuur van de huid 65°C heeft bereikt.
Om werkelijk tweedegraads verbrandingen op te lopen moet de huid 60 seconden aan een temperatuur zijn blootgesteld van 71°C, of 30 seconden op 82°C of 15 seconden op een temperatuur van 100°C.
In de container systemen zijn de veiligheidsvoorzieningen dusdanig dat er een alarm afgaat 30 seconden voordat er normaliter verbrandingen optreden ! Alle brandweermensen die in het systeem oefenen, moeten nauwgezet worden gevolgd tijdens de simulaties en tenminste 15 minuten nadat ze eruit zijn komen geobserveerd blijven voor tekenen van hittestress.
Alle brandweermensen moeten zowel voor als na de simulatie voldoende drinken.

X. Conclusie

96. Het vernevelen van kleine hoeveelheden waterdruppeltjes direct in de opeen-stapelende brandgassen boven in een ruimte is de **meest effectieve aanpak** die een brandweerman tijdens zijn / haar **benadering** van de brandhaard kan uitvoeren.
97. Deze toepassing vraagt een grote **precisie** en een **beheerste** bediening van de straalpijp. Om optimale resultaten te behalen zijn regelmatige **trainingen** en een passende **uitrusting** vereist.
98. Brandweermensen van dit nieuwe millennium zullen zich snel realiseren dat er slechts één manier is om effectief met de gevaren van flashover, backdraft en ontsteking van brandgassen om te gaan namelijk **"ze te voorkomen" !**



Over de auteur - **Paul GRIMWOOD**

Paul Grimwood "Chitty" heeft 26 jaar als beroepsbrandweerman gediend, waarvan de meeste tijd in de drukke binnenstad van de Londense West End (London Fire Brigade).

Hij werd ook frequent gedetacheerd naar onder meer de brandweer van New York, Boston, Chicago, Los Angeles, San Francisco, Las Vegas, Phoenix, Miami, Dallas, Metro Dade, Seattle, Parijs, Valencia, Stockholm en Amsterdam. In het midden van de 70-er jaren diende hij als vrijwillig brandweerman in de staat New York.

Tijdens zijn carrière heeft hij de blustactiek van gebouwbranden bestudeerd in diverse landen en heeft hij meer dan 50 technische verhandelingen gepresenteerd, zowel als schrijver als door het geven van lezingen. Veel van zijn werk is verscheidene keren aangehaald in Brits wetenschappelijk onderzoek over de tactiek van brandbestrijding.

In 1992 werd zijn boek 'Fog Attack' een belangrijk naslagwerk in Engeland dat ervoor zorgde dat er veel veranderde in de strategie en tactiek die de Britse brandweer toepast bij het bestrijden van gebouwbranden.

Hij is nu brandweerinstructeur en geeft - onder meer aan het Britse Home Office - advies op het gebied van de brandbestrijding.

