

## Achtergronddocument bij Technisch Bulletin 78

datum  
Oktober 2013

# VERSLAG VAN HET ONDERZOEK SPUITBUSOPSLAG BEVEILIGEN MET HI-EX OUTSIDE AIR

# INHOUDSOPGAVE

1	Uit de opdracht van de CvD aan de werkgroep CvD-schuim	3
1.1	Inleiding	3
1.2	Opdracht	3
1.3	Classificatie Aerosols	3
2	Beschikbare informatie	4
2.1	Gedrag van aerosols bij brand	4
2.2	Testen uitgevoerd door CNPP in Frankrijk	4
2.3	Testen uitgevoerd door Skum in Nederland	4
2.4	Presentatie brand distributiecentrum (Health & Safety Laboratory)	4
2.5	Risk assessment for VCE scenario in an aerosol warehouse (Health & Safety Laboratory)	4
3	Bestudering van de informatie	5
3.1	Gedrag van aerosols bij brand	5
3.2	Het resultaat van de CNPP testen	6
3.3	Het resultaat van de Dokkum testen	7
3.4	Presentatie brand distributiecentrum (Health & Safety Laboratory)	10
3.5	Risk assessment for VCE scenario in an aerosol warehouse (Health & Safety Laboratory)	13
4	Ontwerpcriteria Hi-Ex Outside Air systemen bij de opslag van aerosols	14
4.1	Overwegingen	14
4.2	Ontwerpcriteria	15
5	Literatuurlijst	19
6	Gebruikte afkortingen	20
7	Opstellers	21

# 1 UIT DE OPDRACHT VAN DE CVD AAN DE WERKGROEP CVD-SCHUIM

## 1.1 INLEIDING

Op 10-10-2008 en op 5-2-2010 is binnen de CvD het onderwerp spuitbussen en lichtschuim besproken. R2B Inspecties heeft een gelijkwaardigheidsvoorstel ingediend. Door de CvD is op basis van procedurele argumenten dit gelijkwaardigheidsvoorstel niet geaccepteerd. Door Jörgen Gros is bezwaar gemaakt tegen deze handelswijze en is verzocht om een inhoudelijke beoordeling. Daartoe is op 4 mei 2011 een klein comité bij elkaar geweest om hierover te discussiëren. Uit deze discussie is het voorstel gekomen om de werkgroep schuim een opdracht te verstrekken om een onderzoek te verrichten naar de aspecten die van invloed zijn op de prestatie van het lichtschuim bij brand ter plaatse van spuitbusopslag.

De term spuitbussen en aerosols worden in dit document door elkaar gebruikt, waarmee met een aerosol (container) een aerosol volgens de definitie uit NFPA of de EU wordt bedoeld. Alle "commercieel" verkrijgbare spuitbussen in Nederland vallen onder deze definities.

## 1.2 OPDRACHT

De CvD Blus verzoekt de Werkgroep Schuim om:

- Een overzicht te maken van welke informatie op dit moment beschikbaar is, bij het gebruik van lichtschuim voor de opslag van spuitbussen.  
Daarbij aan te geven op welke wijze deze informatie is gegenereerd (literatuuronderzoek, uitgevoerde testen, interviews e.d.) wat de herkomst, datum en betrouwbaarheid van de informatie is. Bij testen is vooral van belang aan te geven wat het doel is geweest van de testen, wat er in het testprotocol staat en hoe de testen zijn uitgevoerd en gemonitord en/of er een rapport is opgesteld waarin deze informatie is opgenomen;
- Na te gaan, op basis van o.a. het gelijkwaardigheidsvoorstel, welke aspecten van invloed zijn op de prestaties van het lichtschuim bij opslag van spuitbussen en aan te geven waaruit die invloed zou kunnen bestaan;
- Vervolgens voorstellen te maken met randvoorwaarden en condities, op basis waarvan een lichtschuimininstallatie opslag van spuitbussen redelijkerwijs kan beveiligen en deze beveiliging kan worden voorzien van een installatie- en/of een inspectiecertificaat.

## 1.3 CLASSIFICATIE AEROSOLS

Voor dit onderzoek is de classificatie van aerosols irrelevant, omdat een beveiligingsoptie wordt onderzocht die generiek geldt voor alle aerosols, ongeacht hun classificatie. Dat betekent dat de volgende typen aerosols in dit onderzoek zijn betrokken:

- aerosols van EU [I] categorie "geen" (non-flammable)
- aerosols van EU categorie 2 (flammable)
- aerosols van EU categorie 1 (extremely flammable)
- aerosols van NFPA [II] level 1 (verbrandingsenergie  $\leq 20$  kJ/g)
- aerosols van NFPA level 2 (verbrandingsenergie  $> 20$  kJ/g én  $\leq 30$  kJ/g)
- aerosols van NFPA level 3 (verbrandingsenergie  $> 30$  kJ/g)

## 2 BESCHIKBARE INFORMATIE

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gepresenteerd van de informatie die de werkgroep heeft kunnen verzamelen.

### 2.1 GEDRAG VAN AEROSOLS BIJ BRAND

Tijdens een bezoek van de werkgroep in september 2011 aan SC Johnson te Mijdrecht is door de veiligheidskundige, de heer S. Spaans, een uiteenzetting gegeven over het gedrag van spuitbussen bij brand [I].

In Duitsland is in 2008 een publicatie verschenen over proeven die zijn uitgevoerd om de specifieke gevaren van spuitbussen, ingeval van een vrije val en van brand, in kaart te brengen [IV].

### 2.2 TESTEN UITGEVOERD DOOR CNPP IN FRANKRIJK

De meest recente informatie is afkomstig van testen die zijn uitgevoerd door het Franse testlaboratorium CNPP (Centre National de Prévention et de Protection). Er zijn "small scale" en "medium (half size) scale" testen uitgevoerd. De volgende informatie heeft de werkgroep bestudeerd:

- Publicatie "Aerosol Analysis" [V]
- Rapportage "small scale tests" [VI]
- Rapportage "half size scale tests" [VII]
- Power point presentatie "Level 3 aerosol products storages" [VIII]

### 2.3 TESTEN UITGEVOERD DOOR SKUM IN NEDERLAND

Deze testen dateren van 1996 en staan bekend als de Dokkum testen. De testen zijn op een grotere schaal gehouden dan de CNPP testen. Op basis van deze testen is bij de CvD in het verleden een concessie aanvraag gedaan die is afgewezen en in het kader van deze opdracht opnieuw beoordeeld dient te worden. De volgende informatie heeft de werkgroep bestudeerd:

- Testverslag Dokkum testen [IX]
- Concessie aanvraag en de behandeling daarvan [X], [XI], [XII].

### 2.4 PRESENTATIE BRAND DISTRIBUTIECENTRUM (HEALTH & SAFETY LABORATORY)

Deze presentatie "Fire and explosions at an aerosol warehouse" beschrijft het incident van een klein beginnende brand in een magazijn met (hoofdzakelijk) verpakte spuitbussen en de analyse van de ontwikkeling van het incident [XIII].

### 2.5 RISK ASSESSMENT FOR VCE SCENARIO IN AN AEROSOL WAREHOUSE (HEALTH & SAFETY LABORATORY)

Dit rapport gaat in op het fenomeen VCE (Vapour Cloud Explosion) en geeft aan onder welke omstandigheden dit mogelijk te voorkomen is [XIV].

# 3 BESTUDERING VAN DE INFORMATIE

## 3.1 GEDRAG VAN AEROSOLS BIJ BRAND

### 3.1.1 MECHANISCHE STERKTE VAN EEN SPUITBUS

Een spuitbus kan bestaan uit een metalen of een aluminium bus. De metalen bussen hebben gerolde en gelaste cilinders die intact blijven. De aluminium bussen zijn 'getrokken' en hebben geen lasnaad. De aluminium bus is zwakker dan een metalen bus en klapt makkelijker uit elkaar waarbij de bodem intact blijft en zelfs niet uitbolt. Aluminium bussen worden gebruikt voor het luxer segment en gelden als 'groen' en zijn daardoor ook niet met brandbaar drijfgas maar met lucht of stikstof gevuld.

De volgende mechanische veiligheidszaken zitten in een aerosol bus verwerkt:

- De bodem is hol. Bij drukopbouw komt de bodem naar buiten zodat volumevergroting ontstaat waardoor de druk vermindert;
- De top van de bus is bol maar kan door drukopbouw verder uitbollen zodat volumevergroting ontstaat waardoor de druk vermindert;
- De bodem en de top worden in de cilinder gefelst en zijn zo een zwakke plek waar de bus kan bezwijken.

### 3.1.2 DRIE BRANDMECHANISMEN VAN EEN SPUITBUS

Als gevolg van de wijze waarop een spuitbus wordt gefabriceerd kunnen er 3 mechanismen worden onderscheiden die op zichzelf, maar ook gecombineerd, kunnen plaatsvinden indien een spuitbus wordt blootgesteld aan brand:

- "Rupture": door de hitte van de brand loopt de druk in de spuitbus op, waardoor de spuitbus uit elkaar klapt. Daardoor ontstaat een drukgolf en (bij brandbare inhoud) een steekvlam. Deze drukgolf en steekvlam zijn kortstondig. De aard en omvang van de vuurbal worden bepaald door de verbrandingsenergie ("*heat of combustion*") van de inhoud van de spuitbus. De spuitbus *kan* zichzelf afschieten ("rocketeren");
- "Flare": door de hitte van de brand loopt de druk in de spuitbus op, waardoor de bus lokaal op een zwakke plek bezwijkt. Vanuit deze zwakke plek verliest de spuitbus product, welke door de brand wordt ontstoken. Door de druk in de spuitbus ontstaat dan een "flare" van enige duur. De spuitbus *kan* omvallen en/of "rocketeren";
- "Kotsen": door de hitte van de brand loopt de druk in de spuitbus op, waardoor het ventiel bezwijkt. Achter het ventiel zit in de spuitbus de stijgbuis. Het drijfgas in de spuitbus drukt het product via het bezweken ventiel eruit. Brandbaar product kan worden ontstoken en mogelijk kan er een plasbrand ontstaan;
- Bezwijken van spuitbussen kan plaatsvinden vanaf 80 °C.

### 3.1.3 INTEGRITEIT PALLET SPUITBUSSEN BIJ EEN VRIJE VAL

De Duitse valproeven laten zien dat bij een vrije val van een volgeladen pallet vanaf 10 m 55 % van de spuitbussen hun inhoud verliest. Ter plaatse van de gevallen pallet kan daarbij (dit is uiteraard afhankelijk van de spuitbusinhoud) een gevaarlijk damp-lucht mengsel ontstaan.

### 3.1.4 HET RESULTAAT VAN DE DUITSE BRANDPROEVEN

De Duitse brandproeven geven de volgende kenmerkende gedragingen van spuitbussen indien zij worden blootgesteld aan brand:

- Spuitbussen kunnen "rocketeren" tot wel 35 m;
- Steekvlammen kunnen enkele meters in doorsnede hebben;
- Steekvlammen ontstaan op verschillende hoogten;
- Door het nabranden van "gerocketeerde" spuitbussen kunnen extra brandhaarden ontstaan;
- Gaasboxen of gaaswanden kunnen "rocketeren" voorkomen of indammen;
- Een brand op een afstand van 0,8 m ten opzichte van een pallet spuitbussen is (in de buitenlucht) in staat na ca. 2 min een verpakkingsbrand op de pallet te ontwikkelen en 1 min later de eerste spuitbussen te laten exploderen. In de volgende minuten daarna ontstaat er een steeds heviger wordende kettingreactie totdat de pallet is opgebrand. Snelle detectie en snel

ingrijpen is dus essentieel. Bij testen in de buitenlucht is een temperatuur van maximaal 850 °C gemeten.

## 3.2 HET RESULTAAT VAN DE CNPP TESTEN

### 3.2.1 DE "SMALL SCALE" TESTEN

Het doel van deze testen heeft zich beperkt tot de bepaling óf High Expansion Foam geschikt is als blusmiddel bij aerosol branden. Dit is onderzocht met verschillende typen concentraat.

Alle testen zijn uitgevoerd met de zwaarste categorie spuitbussen (level 3 volgens NFPA definitie: meer dan 30 kJ/g verbrandingswaarde).

Typisch scenario bij een brand in de buurt van een opslag van spuitbussen:

- Fase 1: verpakkingsbrand ca. 1 min 30 s na ontstaan brand;
- Fase 2: eerste "ruptures" ca. 1 min na ontstaan fase 1;
- Fase 3: kettingreactie van "ruptures" ca. 1 min na ontstaan fase 2.

De inzet van schuim werd telkens gestart bij de vaststelling van fase 3.

De conclusie hieruit is dat High-Expansion Foam geschikt is om een brand van spuitbussen te blussen zolang de schuimdeken over de brandende opslag gerealiseerd kan worden en deze afdekt.

Al bij deze kleinschalige testen wordt het duidelijk dat snelheid van de inzet van schuim cruciaal is, omdat fase 3 een exponentieel verloop heeft: de kettingreactie wordt steeds heviger en neemt pas af als schuim de brand afdekt of de brandstof (lees: gevulde spuitbussen) op is.

### 3.2.2 DE "MEDIUM SCALE" TESTEN.

Deze testen hadden tot doel de effectiviteit van High-Expansion Foam te bevestigen, de effecten van verschillende typen concentraat te bepalen, de schaalvergroting te bestuderen en de performance criteria voor installaties (proberen) vast te stellen.

De conclusies uit de "medium scale" testen zijn volgens de CNPP:

- AFFF of AR-AFFF presteert niet beter dan de bij High-Expansion Foam gebruikelijke concentraten;
- Vanaf fase 2 ontstaat er in stellingen een grote vlam over de totale stellinghoogte die pas dooft als de totale ruimte is gevuld;
- Het toepassen van legborden in stellingen vergroot de weerstand tegen verticale branduitbreiding enigszins, geeft daardoor wat tijdwinst maar uiteindelijk is ook daar sprake van een grote vlam tot boven de stelling;
- De grote vlam kan het dak aantasten en wellicht zelfs doen instorten. Noot: de testen zijn overigens uitgevoerd in ruimten zonder dak.
- Het effect van sneller beginnen met blussen is evident. In fase 2 kunnen beginnen met vol schuimen brengt met zich mee dat fase 3 niet volledig tot ontwikkeling komt.
- Het instorten van pallets geeft een smorend en daarmee gunstig effect op de brandbestrijding.
- Om echte performance criteria voor installaties vast te stellen is naar aanleiding van de "medium scale" testen een plan ontwikkeld voor "large scale" testen. Men heeft echter de benodigde fondsen niet bij elkaar kunnen brengen (status 2012). Het ligt niet in de verwachting dat deze testen binnen enkele jaren gaan plaats vinden.

### 3.3 HET RESULTAAT VAN DE DOKKUM TESTEN

#### 3.3.1 DOEL VAN DE TESTEN

Citaat uit testrapport:

##### DOEL VAN DE TEST

- Het in een gesimuleerde praktijksituatie uittesten of lichtschuim (inside air en outside air) geschikt is voor bestrijding van branden van spuitbussen met aerosols, uit produktklasse 2 en 3 volgens NFPA 30 b. Hierbij wordt uitgegaan van opslag van spuitbussen in kartonnen dozen en op trays met krimpfolie. Opslag vindt plaats in zowel palletstellingen als in bulk. De opslaghoogte bedraagt 4,5 meter.
- Het bepalen van de systeempparameters die van toepassing moeten zijn bij het ontwerp van een lichtschuimsysteem ter beveiliging van een opslagruimte met spuitbussen.
- Het bepalen van de grenzen van de bluskracht van lichtschuim.
- Het bepalen van het activeringsmoment van een lichtschuimsysteem, waarmee het stadium van brandbestrijding en -beheersing vastgesteld kan worden in een praktijksituatie.

#### 3.3.2 RELEVANTE PARAMETERS

De testruimte is opgebouwd uit stalen zeecontainers met afmeting 12 m x 4,85 m x 5,1 m

De toegepaste spuitbussen zijn level 2 en 3 aerosols volgens NFPA 30B in kartonnen dozen en op trays met folie (50%/50%). Opslag op houten pallets. Elke palletlading is ca. 1,2 m hoog.

Er zijn kleinschalige testen uitgevoerd (test 1 t/m 4). De kleine schaal heeft uitsluitend betrekking op het aantal spuitbussen en de opslaghoogte en hadden voornamelijk tot doel extra inzicht te verkrijgen ten behoeve van de grootschalige testen.

Per grootschalige test (test 5 t/m 8) zijn ten minste 12.000 stuks spuitbussen opgeslagen in de testruimte.

Er wordt in bulk gestapeld tot een hoogte van 4,5 m.

Er wordt in stellingen gestapeld tot een hoogte van 4,5 m.

De gangpaden zijn 1,4 m breed

De Hi-Ex installatie is gedimensioneerd op een vultijd van een lege ruimte van ten hoogste 3 min, met gebruikmaking van de default waarden uit NFPA 11<sup>A</sup> voor lek- en afbraakverliezen.

<sup>A</sup> In 1996 was NFPA 11A de norm voor Hi-Ex systemen. Nu is dat NFPA 11. De ontwerpparameters zijn sinds 1996 echter niet gewijzigd.

### 3.3.3 INSCHAKELMOMENTEN VAN DE HI-EX OUTSIDE AIR INSTALLATIE

Tijdens de testen is de installatie op verschillende momenten ingeschakeld getuige het volgende

C	
Het lichtschuimsysteem is bij de individuele testen op de volgende tijdstippen ingeschakeld:	
Test 1:	na exploderen van de eerste spuitbus
Test 2:	na exploderen van de vierde spuitbus
Test 3:	na exploderen van de vierde spuitbus
Test 4:	na exploderen van de vierde spuitbus
Test 5:	na exploderen van de eerste spuitbus
Test 6:	na exploderen van de tweede spuitbus
Test 7:	na exploderen van de tweede spuitbus
Test 8:	na exploderen van de vijfde spuitbus
<u>Opmerking</u>	
Bij test 1 is het lichtschuimsysteem al na het exploderen van 1 spuitbus ingeschakeld.	
Bij test 2 t/m 4 vond inschakeling na 4 spuitbussen plaats om de testen te verzwaren.	
Bij test 5 (de eerste grootschalige test) vond inschakeling conform het bestek "eisen voor blusproeven" plaats.	
Bij test 6 vond inschakeling na 2 spuitbussen plaats, nadat gebleken was dat bij test 5 het vuur uitgeblazen was door de exploderende spuitbus.	

Test 7 is een herhaling van test 6, dus ook activering na 2 spuitbussen.
Bij test 8 vond verzwarening van de test plaats tot activering na het exploderen van de vijfde spuitbus. Overleg tussen de leden van het coördinerende team bepaalde per test het tijdstip van activering van het lichtschuimsysteem.

### 3.3.4 TESTWAARNEMINGEN

Citaat met betrekking tot kleinschalige testen:

<u>Waarnemingen</u>
Uit de gehouden kleinschalige blustesten met outside air en inside air (test 1 t/m 4), uitgevoerd met spuitbussen met aerosols klasse 2 en 3, is het volgende waargenomen:
1. Lichtschuim is als blusmiddel geschikt voor het blussen van een aerosolbrand.
2. Bij gebruik van verse lucht (outside air) voor schuimproductie is lichtschuim geschikt voor het blussen van een siliconen houdende aerosolbrand.
3. Exploderende spuitbussen veroorzaken drukgolven, die schade aan de bouwkundige constructie kunnen veroorzaken. Maatregelen dienen getroffen te worden om hieraan het hoofd te bieden.



Citaat met betrekking tot grootschalige testen 5 en 6:

#### Waarnemingen

Uit de gehouden grootschalige blustesten met outside air (test 5 en 6), uitgevoerd op spuitbussen met aerosols klasse 2 en 3, opgeslagen in kartonnen dozen en trays met krimpfolie tot een opslaghoogte van 4,5 m., is het volgende waargenomen:

1. Air aspirating type lichtschuimgeneratoren zijn niet geschikt bij gebruikmaking van outside air voor schuimproductie.
2. Verhoging van het schuimbijmengpercentage tot 4% heeft als gevolg dat een stabiel lichtschuim ontstaat, dat bestand is tegen explosies in het schuim en in staat is de gehele ruimte snel en effectief te vullen, ondanks de aanwezigheid van vrije siliconen in de ruimte.
3. Lichtschuim is in staat, ook onder extreme omstandigheden, een brand te blussen. Bij het systeemontwerp zal zorgvuldig rekening met de ontwerpparameters gehouden moeten worden.
4. Uit de testen is gebleken, dat brandmelding van 2 melders reeds plaatsvindt, voordat de eerste spuitbus is geëxplodeerd.

Citaat met betrekking tot grootschalige testen 7 en 8:

#### Waarnemingen

Uit de gehouden grootschalige blustesten met outside air (test 7 en 8), uitgevoerd op spuitbussen met aerosols klasse 2 en 3, opgeslagen in kartonnen dozen en trays met krimpfolie tot een opslaghoogte van 4,5 m., is het volgende waargenomen:

1. Blowertype lichtschuimgeneratoren zijn bijzonder geschikt bij gebruikmaking van outside air voor schuimproductie. Drukgolven door exploderende spuitbussen hebben geen invloed op de schuimproductie.
2. Spuitbussen die exploderen in het schuim geven geen herontsteking en slaan geen gaten in het schuim.
3. Gevormd lichtschuim kruipt in alle hoeken en gaten en is in staat gebleken om de vuurhaard te bereiken en in te sluiten.
4. Een vultijd van 3 minuten is voldoende om een effectieve blussing te bewerkstelligen.
5. Bij het ontwerpen van een lichtschuimsysteem voor een opslag van spuitbussen met aerosols is uitgegaan van de NFPA 11A ontwerpparameters, die gelden voor Flammable Liquids.
6. Toepassing van een snel en betrouwbaar brandmeld- en activeersysteem is een voorwaarde voor de goede werking van een lichtschuimsysteem.
7. Het bepalen van de grenzen van de blussende werking van het systeem, toegepast in test 7 en 8 is niet bereikt.

### 3.3.5 CONCLUSIE UIT TESTRAPPORT (CITAAT)

#### CONCLUSIE

De testen nr. 7 en 8 hebben aangetoond dat voldaan wordt aan de criteria, zoals omschreven in het R2B rapport "Eisen voor Blusproeven" nr. 1197 1A.

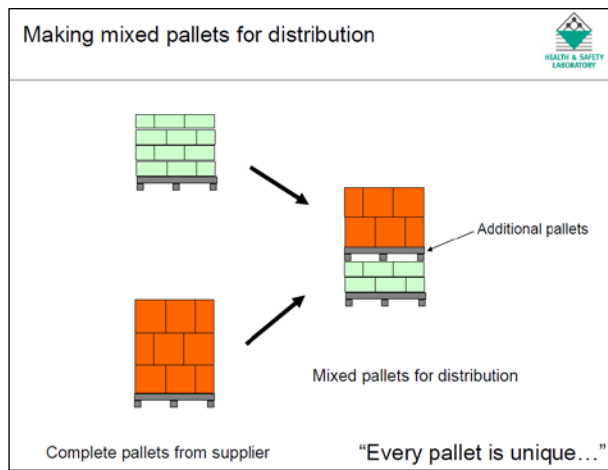
Bij deze brandblustesten zijn aerosols met siliconen, uit de klasse 2 en 3 geblust met een "Outside air" lichtschuimsysteem, gebruikmakend van een "Blower type" lichtschuimgenerator en Hotfoam schuimconcentraat.

### 3.4 PRESENTATIE BRAND DISTRIBUTIECENTRUM (HEALTH & SAFETY LABORATORY)

Het incident betreft een brand in een pallet onderin een stelling in een ca. 10 m hoog magazijn (distributiecentrum cosmetica artikelen), die zich zeer snel ontwikkelt getuige de gereconstrueerde tijdslijn:

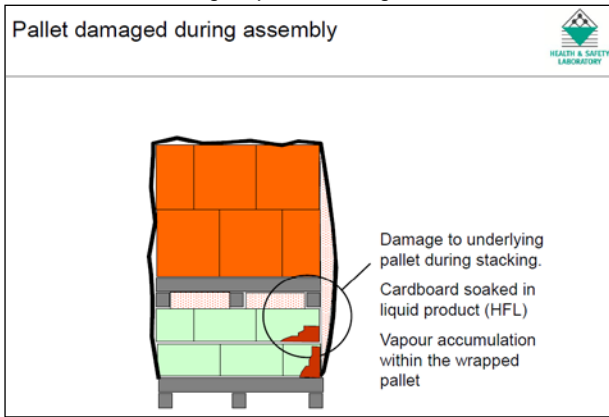
Summary of approximate time-line	
-1 (?) minute	Ignition
0	Operation of the fire alarm
40 seconds	Last witnesses leave
80 seconds	First explosion – very rapid fire escalation
110 seconds	Building smoke-logged to low level
150 seconds	Second explosion – portion of roof blown off

Kenmerken van de pallets:



Zo bestaat elke pallet uit een mix van ca. 60 % aerosols (deodorants, gevuld met alcohol en LPG - level 3) en ca. 40 % minder brandgevaarlijke goederen (shampoos, haarkleuren e.d.)

Het incident ontstaat door ontsteking (door vorkheftruck) van brandbare dampen in de krimpfolie van een beschadigde palletlading:



Na de tweede explosie is uiteindelijk dit het resultaat:



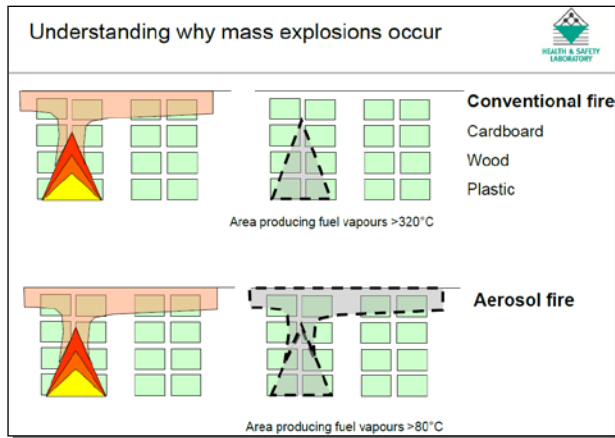
Uit het verloop en de conclusies van het onderzoek naar dit incident heeft de werkgroep de volgende relevante gegevens gehaald:

- a) Blootgesteld aan een brand, bezwijken aerosols snel en dragen in een vroeg stadium bij aan verdere brandontwikkeling. Conventionele brandstoffen dragen pas veel later bij aan de verdere brandontwikkeling:

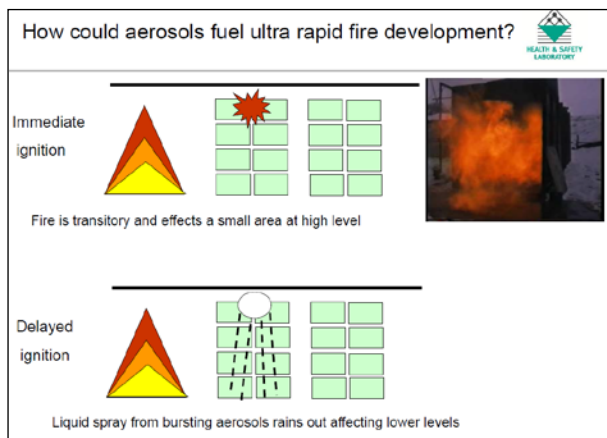
Understanding why mass explosions occur

<b>Conventional fuels</b>	
Wood	Production of fuel vapours at above about 320°C
Card	
Plastic	
<b>Aerosol cans</b>	Failures above about 80°C

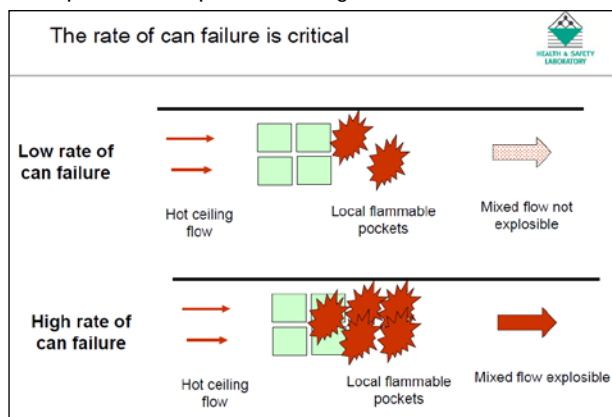
- b) Door dit sneller vrijkomen van brandbare dampen bij spuitbussen ontstaat er aan het dak ook een andere opbouw van een mogelijk gevaarlijk damp-lucht mengsel



- c) Daarnaast zijn er twee scenario's waarbij spuitbussen bijdragen aan de snelle brandontwikkeling, het direct vrijkomen van de inhoud ("rupture") of het vertraagd vrijkomen (lekkage op zwak punt):



- d) Er is getracht te achterhalen wat exact het gedrag is van de spuitbussen indien deze blootgesteld worden aan een "hot gas flow" (brandsimulatie). De snelheid waarmee achtereenvolgens spuitbussen bezwijken, blijkt daarbij een kritische factor die echter niet te voorspellen is, maar wel bepaalt of een explosief damp-lucht mengsel ontstaat:



### 3.5 RISK ASSESSMENT FOR VCE SCENARIO IN AN AEROSOL WAREHOUSE (HEALTH & SAFETY LABORATORY)

Dit rapport gaat dieper in op het fenomeen VCE, omdat onder deskundigen geen overeenstemming bestaat over de waarschijnlijkheid van optreden, de invloedfactoren en daarmee het feitelijke risico op VCE bij de opslag van aerosols (spuitbussen).

Het rapport tracht hier helderheid in te brengen en komt met een aantal meningen en conclusies. Veelzeggend is wellicht dat het rapport niet per definitie HSE-policy bevat, maar onder verantwoordelijkheid van de opstellers is uitgegeven.

#### Conclusies en aanbevelingen uit het rapport:

Er zijn twee mogelijke scenario's op basis waarvan een VCE in een aerosol magazijn kan ontstaan:

- **extern scenario:** een brand buiten het magazijn creëert een hete gaslaag bovenin het magazijn als gevolg van branddoorslag en/of brandoverslag. De hete gaslaag doet spuitbussen bezwijken, hun inhoud komt vrij maar ontbrandt niet. Een explosief damp-lucht mengsel ontstaat en explodeert na ontsteking;
- **intern scenario:** in het magazijn worden naast spuitbussen ook andere goederen opgeslagen. Een zich langzaam ontwikkelende brand binnen het magazijn van goederen, niet zijnde spuitbussen, creëert een hete gaslaag bovenin dit magazijn. De hete gaslaag doet spuitbussen bezwijken, hun inhoud komt vrij maar ontbrandt niet. Een explosief damp-lucht mengsel ontstaat en explodeert na ontsteking.

Het rapport geeft aan dat in de volgende situaties een VCE niet zal optreden:

- Per magazijn bedraagt de totale hoeveelheid aan LPG in spuitbussen niet meer dan 5 ton;
- De aerosols zijn allen in karton verpakt;
- De aerosols worden alleen maar op een laag niveau opgeslagen;
- Een aanzienlijk percentage van de aerosols bestaat uit zgn. poeder aerosols.

Daarnaast is het mogelijk drempels op te werpen die het optreden van de scenario's elimineren:

- Met betrekking tot het extern scenario:
  - Het magazijn is te groot voor een VCE scenario (> 50 ton aan LPG in aerosols);
  - Geen vuurlast buiten het magazijn in de directe nabijheid van het magazijn;
  - Alle wanden van het magazijn uitgevoerd als brandmuren.
- Met betrekking tot het intern scenario:
  - Geen opslag van andere goederen dan aerosols in het magazijn;
  - Eventuele andere goederen in het magazijn zijn goederen die snel opbranden;
  - Eventuele andere goederen in het magazijn staan tussen de aerosols in (geen apart aerosol opslaggebied);
  - Een apart aerosol opslaggebied binnen het magazijn is van de overige opslag gescheiden door een gesloten brandmuur.

Er zijn ook nog voorzieningen die het VCE scenario niet elimineren maar wel minder waarschijnlijk maken:

- Een goede bouwkundige integriteit tegen brand van buitenaf;
- Een sprinklerbeveiliging;
- Daklichten die geacht worden te bezwijken bij brand of rookluiken.

De werkgroep is van mening dat dit HSE rapport (ten opzichte van informatie uit de overige literatuur) niet leidt tot verdere aanscherping van de ontwerpcriteria van een Hi-Ex beveiliging in relatie tot de opslag van spuitbussen. Het is aannemelijk dat de combinatie van snelle detectie en een snel vullend Hi-Ex Outside Air systeem op zichzelf al de mogelijkheid van VCE elimineert, maar daar is geen onderzoek naar gedaan. De maatregelen aan de bouwkundige kant zijn in dit verslag met verwijzing naar de Nederlandse regelgeving voldoende afgedekt. Maatregelen in de opslagsfeer zijn nu juist niet gewenst, omdat flexibiliteit in opslag een hoofdreden is om de Hi-Ex beveiliging te bestuderen. Rookluiken zijn al standaard bij de toepassing van Hi-Ex Outside Air schuimsystemen, hetgeen voor het tegengaan van een mogelijk VCE scenario een belangrijk pluspunt is.

# 4 ONTWERPCRITERIA HI-EX OUTSIDE AIR SYSTEMEN BIJ DE OPSLAG VAN AEROSOLS

## 4.1 OVERWEGINGEN

De volgende overwegingen voortkomend uit de bestudering van de literatuur, zijn bepalend geweest om te komen tot de volgende set ontwerpcriteria:

- De verticale branduitbreiding die pas stopt als de schuimopbouw tot boven de vlamtop reikt, is een fenomeen waarvoor compensatie nodig is bij een opslaghoogte die verder reikt dan toegepast in de Dokkum testen. Die compensatie kan "overdone" zijn, maar gebrek aan verdere testen leidt tot deze mogelijke overcompensatie. Aan de andere kant toont het incident "brand distributiecentrum" aan dat het vereiste volschuimniveau niet vroeg genoeg kan worden gerealiseerd, om te bereiken dat de "hot ceiling flow" niet of in onvoldoende mate ontstaat en daarmee een explosief damp-lucht mengsel aan het dak wordt voorkomen.
- Uit alles blijkt dat naast het snel vol schuimen ook snelle detectie essentieel is. Er zijn echter aanwijzingen dat het strikt hanteren van de NEN 2535 bij toepassing van rookmelders daarin te kort schiet. In die zin worden de standaard proefbranden voor brandgrootte 1 en 2 uit de NEN 2535 als onvoldoende maatgevend beschouwd voor hoge gebouwen. Omdat bij de Dokkum test (5 m dakhoogte) de 2-groepsafhankelijke projectie volgens NEN 2535 wel voldoende heeft gefunctioneerd, wordt voor hogere gebouwen de aanvullende eis gesteld dat twee groepen rookmelders in alarm moeten komen bij een proefbrand behorend bij brandgrootte 1 (mogelijk 2) alsof het een 5 m hoog gebouw betreft (3 brandmatten). Vlamdetectie volgens NEN 2535 (aan te tonen met een proefbrand behorende bij brandgrootte 7) wordt ook als voldoende beschouwd, omdat er geen aanwijzingen zijn dat dit onvoldoende snel zou zijn. Nieuwe detectietechnieken (zoals bijv. thermische lijndetectie in stellingen) kan eveneens tot de mogelijkheden behoren, mits aangetoond dat een gelijkwaardige detectiesnelheid optreedt (noot: PGS 15 kent deze mogelijkheid (nog) niet maar kent wel de mogelijkheid alternatieve oplossingen toe te passen onder voorwaarde dat een gelijkwaardig veiligheidsniveau wordt verkregen);
- Meer uit de praktijk dan uit de literatuur blijkt dat melders die de proefbrand behorende bij brandgrootte 2 (witte rook van beukenhouten blokjes) detecteren, grote moeite kunnen hebben met detectie van de proefbrand behorende bij brandgrootte 1 (zwarte rook van PU brandmatten). Gelet op het type opslag is brandgrootte 1 meer representatief en is detectie op basis van uitsluitend brandgrootte 2 alleen toegestaan indien deze brandgrootte aantoonbaar representatief is voor de betreffende opslag.
- Omdat level 2 en 3 aerosolen door elkaar zijn toegepast, is het verantwoord één set criteria te ontwerpen die geldt voor alle typen aerosolen. Testen hebben niet aangetoond wat er minder zou kunnen, indien er sprake zou zijn van 100 % level 2 of 100% level 1 aerosolen. Het risico wordt dan wellicht minder, maar gegevens ontbreken om dat te vertalen naar een andere set criteria;
- Gelet op alle testomstandigheden is het niet noodzakelijk bij de opslag van aerosolen andere bouwkundige criteria vast te stellen dan die nu zijn opgenomen in bouwregelgeving en PGS 15. Feit is echter wel dat als PGS 15 niet van toepassing is (dit zal een uitzondering zijn), de clausule met betrekking tot de onbrandbaarheid van bouwmaterialen uit de PGS 15 wél van toepassing is. De reden hiervan is dat het brandverloop heviger kan zijn dan volgens de standaard brandkromme;
- Alleen de documentatie van de Dokkum testen is zodanig dat die herleidbaar is naar detail ontwerpcriteria. Extrapolatie is niet getest, noch de combinatie met andere opslag. De werkgroep doet daar "gemotiveerd" toch uitspraken over op basis van alle beschikbare gegevens uit de testen en normen;
- Het blijft onduidelijk vanuit het incident "brand distributiecentrum" of het gecombineerd opslaan van aerosols met andere goederen op één pallet nu tot verergering van het incident heeft geleid of niet. Het is voorstelbaar dat de kritische "hot ceiling flow" juist mede "aangejaagd" wordt door relatief minder brandbare goederen (vaste stoffen, verpakking e.d.).

Het "Risk Assessment for VCE scenario" geeft dat ook als mogelijk scenario aan. De werkgroep kiest voor de opslag in stellingen dan ook de conservatieve benadering (geen combi pallets, wel combi opslag van verschillende pallets onder voorwaarden), maar maakt in bulkopslag de combi pallets wel mogelijk;

- Het ontstaan van het incident "brand distributiecentrum" maakt duidelijk dat aan de toepassing van folie rondom pallets de aanvullende eis moet worden gesteld, om de bovenzijde en onderzijde zodanig vrij te houden van folie, dat (door schade of brand) vrijkomende dampen en gassen zich niet in de verpakking van één pallet kunnen ophopen.

## 4.2 ONTWERPCRITERIA

Vanuit de beschikbare literatuur is de werkgroep van mening dat opslag van aerosols beveiligd kan worden met een Hi-Ex Outside Air installatie met inachtneming van de volgende BIO criteria:

Ontwerp grootheid	Criterium	Motivering
Volschuimtijd (zoals gedefinieerd in NFPA 11)	3 min tot een opslaghoogte van 4,5 m	Aangetoond in "Dokkum" testen
	2 min bij opslaghoogten > 4,5 m	Compensatie voor het gebrek aan gegevens bij hogere opslag en het gegeven dat verticale branduitbreiding een verzwarend fenomeen is. Mede analoog aan NFPA 11 die deze korte volschuimtijd voor "light construction" vereist.
Bijmengpercentage	Nominale waarde (opgave leverancier) met 1 % absoluut verhogen. Bijbehorende afkeurcriteria ontleen aan deze nieuwe waarde (nominale waarde + 1 % absoluut) volgens Technische Bulletin 64B. Voorbeeld: Nominale waarde = 2 % Nieuwe waarde wordt: 2 % + 1 % = 3 % Afkeurcriteria ontleen aan Technisch Bulletin 64B § 2.4.4, waarbij het vereiste bijmengpercentage 3 % bedraagt.	Vertaling van het positieve resultaat met dubbel bijmengpercentage uit dokkumtest. Er is niet voor standaard verdubbeling gekozen omdat dit voor sommige fabricaten negatief kan uitpakken. Leveranciers geven aan dat verhoging met 1 % absoluut een "vetter" en "stabiel" schuim geeft zonder nadelige bijwerkingen.
Schuimgenerator	Blowertype listed volgens NEN-EN 13565-1 of UL 139	In alle testen is gebruik van blowertype generatoren succesvol gebleken. UL 139 kent enkele andere criteria dan NEN-EN 13565-1 (bijv. "afstandstest" voor hangaar toepassingen), maar de werkgroep acht voor deze toepassing beide normen gelijkwaardig.
Schuimconcentraat	Listed volgens NEN-EN 1568-2 of UL 139	Beide keurmerken acht de werkgroep voor deze toepassing gelijkwaardig.

Ontwerp grootheid	Criterium	Motivering
Verschuimingsgetal	200-1000	Schuimbellen worden boven verschuimingsgetal 1000 te groot waardoor het doordringend vermogen negatief wordt beïnvloed (informatie leveranciers).
Overige criteria Hi-Ex Outside Air Systeem	Op basis van NFPA 11, memorandum 48, Technisch Bulletin 64B	n.v.t.
Detectiesysteem	<p>Snel (rook, vlam), tweegroeps- of tweemelder afhankelijk volgens NEN 2535. Altijd prestatie aantonen op basis van proefbrand 1 of 2*(rook) of 7 (vlam). Boven de 5 m gebouwhoogte proefbrand 1 of 2*uitvoeren alsof het een 5 m hoog gebouw betreft (3 brandmatten).</p> <p>*: proefbrand 2 is uitsluitend toepasbaar indien de hierbij optredende witte rook representatief is voor de te verwachten brand.</p> <p><u>Noot:</u> nieuwe detectietechnieken (bijv. thermische lijndetectie in stellingen) zijn niet op voorhand uit te sluiten mits aangetoond dat een gelijkwaardige detectiesnelheid optreedt.</p>	<p>Tot 5 m hoog gebouw: geen aanwijzing dat het volgen van de NEN 2535 zou leiden tot een te trage detectie (op basis van "Dokkum" testen). Boven de 5 m: bij gebrek aan testresultaten is een aanvullende eis noodzakelijk om zeker te stellen dat er net zo snel wordt gedetecteerd als bij een 5 m hoog gebouw.</p> <p>Proefbrand 1 is, in tegenstelling tot proefbrand 2, geschikt om zwarte rook te detecteren, welke doorgaans representatief is voor de te verwachten brand.</p> <p><u>Noot:</u> PGS 15 kent deze mogelijkheid (nog) niet maar kent wel de mogelijkheid alternatieve oplossingen toe te passen onder voorwaarde dat een gelijkwaardig veiligheidsniveau wordt verkregen.</p>
Overige criteria detectiesysteem	Op basis van NEN 2535, memorandum 48, NEN-EN 12845+A2+NEN1073 en SVI publicatie "blusinstallaties, veiligheidsaspecten" 2007	N.v.t.
Bouwkunde	Indien PGS 15 van kracht is, deze onverkort volgen. Indien PGS 15 niet van kracht is, volgen de bouwkundige maatregelen vanuit de standaard bouwregelgeving (Bouwbesluit eventueel aangevuld met de methode "beheersbaarheid van brand"). Hierbij geldt aanvullend de volgende clausule: <i>De vloer van een</i>	De eisen vanuit de PGS 15 worden door de werkgroep voldoende geacht, gelet op de testresultaten en de compensatiemaatregelen bij extrapolatie. De aanvullende clausule bij niet PGS 15 risico's is overgenomen uit PGS 15 vs 3.2.2, om het gebruik van brandbare bouwmaterialen uit te sluiten. De werkgroep acht dit noodzakelijk omdat



Ontwerp grootheid	Criterium	Motivering
	<p><i>opslagvoorziening, een eventueel noodzakelijke afdekking van de (hoofd)draagconstructie, alsmede de afdekking aan de binnenzijde van de opslagvoorziening van wanden en dak (voor zover aanwezig) moeten zijn vervaardigd van materiaal, beoordeeld over de gehele dikte of ten minste de eerste 10 mm van die afdekking, dat ten minste voldoet aan Euroklasse A1 (onbrandbaar) conform NEN-EN 13501-1.</i></p>	<p>het brandverloop in een spuitbusopslag heviger kan zijn dan het verloop volgens de normaal brandkromme.</p>
Opslag	<p>Toegestaan zijn level 1, 2 en 3 aerosols in folie op trays of in karton, op houten pallets, geplaatst op de vloer of in stellingen. De opslag moet ten minste 0,15 m los van elke wand zijn geplaatst. Folie om de palletlading is toegestaan onder voorwaarde dat elke palletlading aan de boven- en aan de onderzijde voldoende open is, zodat gassen en dampen kunnen ontsnappen.</p>	<p>Schuim moet de palletlading kunnen insluiten, maar hoeft niet tot in de palletlading door te dringen. Ophoping van dampen/gassen uit spuitbussen binnen de folie rondom de pallet moet worden voorkomen. Aan de eventueel afzonderlijk ingesealde trays binnen een palletlading worden geen eisen gesteld vanwege de praktische onhaalbaarheid.</p>
	<p>Bij een opslaghoogte in stellingen van meer dan 4,5 m, moeten dichte legborden worden toegepast op elk liggerniveau. Dichte legborden moeten zijn uitgevoerd als barriër volgens NFPA 30B: 10 mm dik multiplex of 22 gauge (= 0,75946 mm) staal over het totale stellingoppervlak inclusief de trekkanaalopeningen.</p>	<p>De "Dokkum" testen hebben de noodzaak tot barrières niet aangetoond. Uit de medium-scale testen van CNPP blijkt wel een positief effect bij hoge opslag. Ingeschat wordt dat dit effect alleen maar maximaal kan zijn indien de legborden volledig dicht worden uitgevoerd volgens NFPA 30B.</p>
	<p>Een maximum opslaghoogte is niet vastgelegd omdat het criterium volschuimtijd maatgevend is.</p>	<p>N.v.t.</p>

Ontwerp grootheid	Criterium	Motivering
<p>Combinatie opslag met andere goederen die zijn toegelaten volgens NFPA 11</p>	<p>Kan indien spuitbussen in gaasboxcontainers zijn geplaatst of indien een gesloten en/of gaaswand conform NFPA 30B tussen opslag spuitbussen en overige opslag is geplaatst. In stellingen is gecombineerde opslag op één pallet niet toegestaan. In bulkopslag is gecombineerde opslag op één pallet toegestaan, echter niet meer dan 2 palletladingen (maximaal 4 m) hoog</p>	<p>Hier wordt deels de analogie van een sprinklerbeveiliging gevolgd, waar het gaat om de definitie van een scheidingswand tussen spuitbusopslag en overige opslag. Wellicht een overcompensatie omdat Hi-Ex wél en sprinkler niet een total-flooding systeem is, maar bij gebrek aan test gegevens over het negatieve effect van de "andere" opslag bij brand wordt deze compensatie toch nodig geacht.</p>

# 5 LITERATUURLIJST

- [I] Aerosol directive 2008/47/EG en aerosolrichtlijn - 2013/10/EG
- [II] NFPA 30B:2011 Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products
- [III] Besprekingsnotitie Johnson Mijdrecht d.d. 14 september 2011
- [IV] Technische Überwachung November/Dezember 2008 - Einschätzung des Gefahrenpotenzials von Aerosoldosen im Freisetzung- und Brandfall - Rüdiger Rudolph
- [V] Fire Risk Management Journal ([www.frmjournal.com](http://www.frmjournal.com)) June 2008, blz. 50 e.v. - "Aerosol Analysis" - Philippe Grondeau (Engineer bij CNPP Fire & Environmental Laboratory)
- [VI] STUDY N° EP - 04.05 (PG/LDF/09/06/06) High Expansion Foam - Behaviour and application - Small scale tests - CNPP - inclusief video materiaal
- [VII] STUDY N° EP - 04.13 Version 2 (PG/LDF/19/05/06) High Expansion Foam - Performances on aerosol storage fires - Half size scale tests - CNPP - inclusief video materiaal
- [VIII] Power point presentatie "Level 3 aerosol products storages" - CNPP, ongedateerd, opsteller onbekend, over het totale CNPP test programma
- [IX] Testverslag ZA2333 "Lichtschuimtest op spuitbussen" van de proeven gehouden op 15, 16 en 26 augustus 1996
- [X] 2011-Blus-041 - Gelijkwaardigheidsvoorstel CvD
- [XI] 2011-Blus-042 - Vervolg gelijkwaardigheidsvoorstel spuitbussen
- [XII] 2011-Blus-043 - Verslag overleg 04-05-2011 \_ Hi-ex foam en opslag van spuitbussen
- [XIII] Fire and explosions at an aerosol warehouse (Graham Atkinson - Health and Safety Laboratory)
- [XIV] Risk assessment for VCE scenario in an aerosol warehouse (Health & Safety Laboratory)

## 6 GEBRUIKTE AFKORTINGEN

AFFF Aqueous Film Forming Foam  
AR-AFFF Alcohol Resistant - Aqueous Film Forming Foam  
CNPP Centre National de Prévention et de Protection  
CvD Commissie van Deskundigen  
EN Europese Norm  
EU Europese Unie  
Hi-Ex High Expansion  
LPG Liquefied Petroleum Gas  
NEN Nederlandse Norm  
NFPA National Fire Protection Association  
SVI Stichting Veiligheids Informatie  
UL Underwriter's Laboratories  
VCE Vapour Cloud Explosion

# 7 OPSTELLERS

Dit onderzoek is uitgevoerd door een werkgroep van de CvD Blus (thans: het Deskundigenpanel VBB-systemen) bestaande uit:

Ernst Rijkers - Bureau Veritas (liaison naar de CvD Blus)

Harrie Bouma - Floriaan

Arno van Adrichem - Hannover Risk Consultants

Wilco Pelgrum - EFPC

Michael Smits/Johan Koekkoek/Pierre van der Wal - Innovfoam

Jerry Krijn - Ajax-Chubb-Varel

Cees Caspers/Gerald Weernink - Tyco Fire Protection Products (Enschede)

Richard Hoyer - Saval