



Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

www.tno.nl

T +31 15 284 30 00

F +31 15 284 39 91

info-DenV@tno.nl

TNO-rapport

Bijlage bij brief 10 DV3/1190/brap

**Vaststellen van de bedrijfszekerheid, de effecten en
gevolgen voor personen van de FKO 1.6**

Datum	15 juli 2010
Auteur(s)	P.C.J. de Bruijn Drs. Ir. M.J. van der Horst
Oprachtgever	
Projectnummer	032.18664/06 en 032.18664/17
Rubricering rapport	
Titel	
Samenvatting	
Rapporttekst	
Bijlagen	
Aantal pagina's	16 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vernieuwvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
2	Beschrijving van de FKO.....	5
3	Testbeschrijvingen.....	7
3.1	Valtesten.....	7
3.2	Statische druktesten.....	7
3.3	Drukweerstand bepaling.....	7
3.4	Functioneringstesten en beoordeling van gevolgen voor personen.....	7
4	Resultaten.....	9
4.1	Resultaten Valtesten.....	9
4.2	Resultaten Statische druktesten.....	10
4.3	Resultaat van de drukweerstand bepaling.....	10
4.4	Resultaten functioneringstesten, beoordeling schade tengevolge van vrijkomende druk en de gevolgen voor personen.....	10
5	Conclusies.....	14
6	Referenties.....	15
7	Ondertekening.....	16

1 Inleiding

HAK4t facilities, onderdeel van de Hak4t groep, heeft een Fire Knock Out (FKO) ontwikkeld. In de Fire Knock Out (hier het geteste type FKO KOM4T 1.6 FOAM) zit een ontsteker die bij brand door middel van een lont geactiveerd wordt en het blusmiddel verspreid.

De Groep hebben TNO gevraagd om de bedrijfszekerheid aan te tonen en te bepalen wat de gevolgen kunnen zijn voor personen en/of schade als de ontsteker wordt geactiveerd. De drukloze brandblusser is al onderzocht op de bluswerking door derden en voldoet volgens de aanwijzing op de verpakking aan de EN 3-7 (Class A/B) norm.

Op dit moment zijn er nog geen normen waar de FKO aan moet voldoen voor wat betreft de ontsteker en lont. Er is wel een norm in ontwikkeling. De CEN commissie CEN/TC 212, "Pyrotechnic articles", is nu bezig met norm ontwikkeling waar de FKO in de toekomst waarschijnlijk onder gaat vallen.

Vooruitlopend daarop en in overleg met de opdrachtgever heeft TNO testen uitgevoerd die waarschijnlijk in deze norm opgenomen worden. Er zijn valtesten en statische drukttesten uitgevoerd. Daarnaast is bepaald bij welke belasting de FKO bezwijkt. De experimenten komen o.a. voor in andere EN normen en maar ook in Turkse, Australische en Indiase certificeringcriteria. Verder zijn de effecten en gevolgen gekwantificeerd voor een geactiveerde FKO.

Dit rapport beschrijft de uitgevoerde experimenten en bijbehorende resultaten.

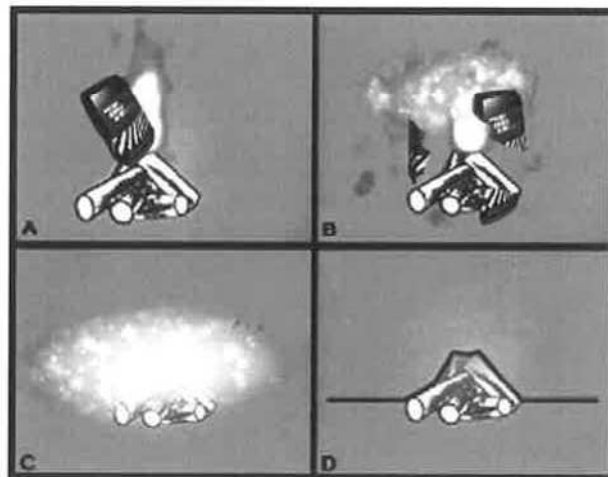
2 Beschrijving van de FKO

De FKO, zie figuur 1, bestaat uit een Polyethyleen (PE) container (1) met daarin een blusvloeistof (2). In het centrum van de container bevindt zich een buisje met 1,4 gram pyrotechnisch mengsel (3). Rond de container is een lont gewikkeld (4) die, in aanraking met vuur, ontbrandt en zorgt voor ontsteking van het pyrotechnisch mengsel (4).



Figuur 1 Opbouw van de FKO

Wanneer het pyrotechnisch mengsel ontsteekt zal de container zeer snel opscheuren en komt de blusvloeistof als een wolk vrij. Figuur 2 toont de verschillende stappen in het activeringsproces.



Figuur 2 Werking van FKO

Om de inhoud van de FKO, die in de Material Safety Data Sheet wordt beschreven, vast te stellen is een exemplaar gedemonteerd (Figuur 3). Er zijn geen afwijkingen geconstateerd ten opzichte van de beschrijvingen in het MSDS.



Figuur 3 Ontsteker in FKO met Pyrotechnisch mengsel

Voorafgaand aan de experimenten zijn alle geleverde producten (60 stuks, inclusief reserve exemplaren) gecontroleerd op breuken, lekken of scheuren. Alle producten waren in goede staat en vielen binnen de garantieperiode van 5 jaar.

3 Testbeschrijvingen

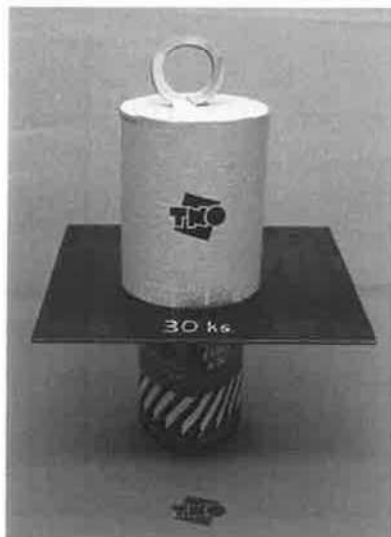
In dit hoofdstuk worden de verschillende uitgevoerde testen beschreven.

3.1 Valtesten

Er zijn 15 producten getest door middel van een valproef. De valhoogte bedroeg 2,5 meter en de ondergrond was van beton. De valproeven zijn zo uitgevoerd dat de FKO's altijd op een hoekpunt terecht kwamen. Na de testen zijn de producten beoordeeld op beschadigingen en lekkage.

3.2 Statische druktesten

15 producten ondergingen een statische belasting van 30 kg gedurende 40 minuten. Ook hier werden de producten na de testen gecontroleerd op beschadigingen en lekkage.



Figuur 4 FKO 1.6 belast met 30 kg

3.3 Drukweerstand bepaling

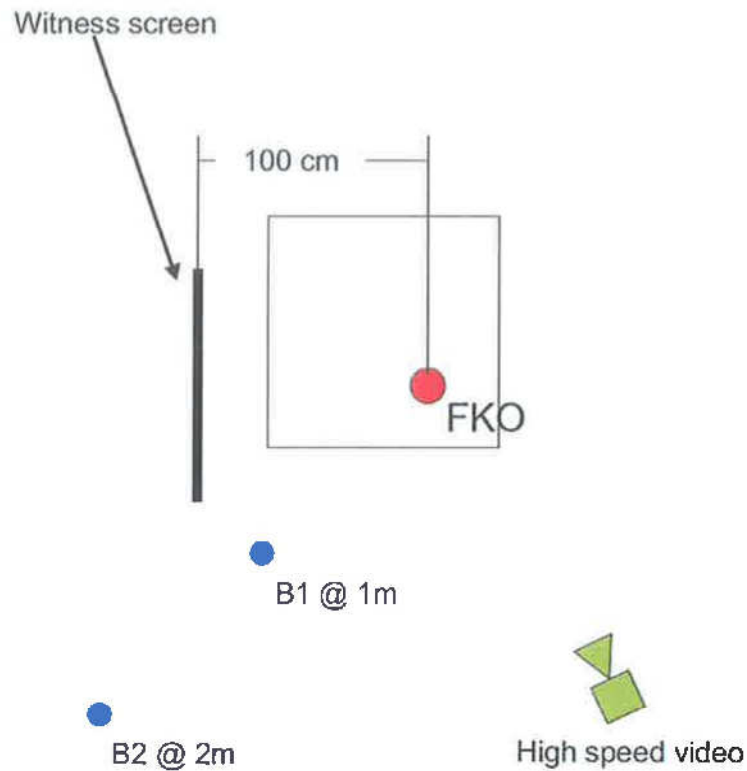
Om te bepalen bij welke belasting de FKO bezwijkt zijn enkele testen uitgevoerd onder een drukpers. Hierbij wordt de druk langzaam opgevoerd en de druk genoteerd op het moment dat de container bezwijkt.

3.4 Functioneringstesten en beoordeling van gevolgen voor personen

De producten die de valtesten en de statische druktesten hadden doorstaan zijn in een testopstelling op functioneren getest, zie figuur 5 en 6. Daarnaast zijn nieuwe producten beproefd zodat in totaal 50 FKO's zijn geactiveerd. Bij het activeren van de FKO wordt het pyrotechnisch mengsel ontstoken. Dit levert een druk op in de omgeving. Bij het uitvoeren van de testen is de vrijgekomen druk gemeten op 1 meter en 2 meter afstand van de FKO, dit om te beoordelen of de geactiveerde FKO tot schade of letsel kan leiden, zoals gehoorschade. Op 1 meter van de FKO was een getuigenscherm geplaatst

om te beoordelen of rondvliegende delen letsel kunnen veroorzaken. Het getuigenscherm is opgebouwd uit aluminium platen van 0,5 mm dik en had een oppervlak van 1 m x 1 m.

Bij een aantal testen zijn High Speed opnamen gemaakt om de scherfsnelheid te bepalen. De FKO werd op afstand geïnitieerd door een propaan gasvlam.



Figuur 5 Schematische weergave van testopstelling, B1 druksensor op 1 m en B2 druksensor op 2 meter



Figuur 6 Detail van testopstelling, druksensor B1 links op voorgrond

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende testen beschreven.

4.1 Resultaten Valtesten

Van de 15 exemplaren die van een hoogte van 2,5 meter zijn gevallen zijn er 14 intact gebleven. Deze exemplaren vervormden op de hoeken waar ze neerkwamen, zie figuur 7. Bij 1 exemplaar is er een scheurtje ontstaan; hierbij scheurde de FKO op de naad van de container en lekte er blusvloeistof, zie figuur 8. Dit lekken van blusvloeistof heeft geen gevolgen voor de omgeving omdat de FKO drukloos is.

Bij alle exemplaren bleef de lont en de ontsteker intact.



Figuur 7 Typisch resultaat na een valproef



Figuur 8 Opsengescheurd exemplaar

De testen zijn uitgevoerd bij een gemiddelde temperatuur van 23 °C en een relatieve vochtigheid van 58 %.

4.2 Resultaten Statische druktesten

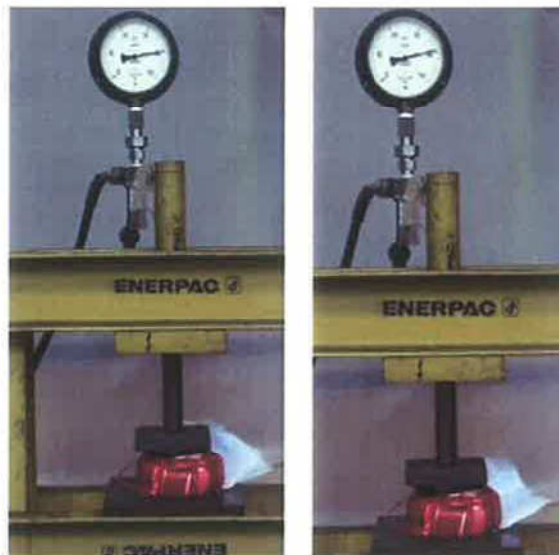
Alle 15 exemplaren van de FKO die belast werden met 30 kg gedurende 40 minuten bleven intact, enige vervorming was waar te nemen op de hoeken van de container. Een typisch resultaat wordt getoond in figuur 9. De testen zijn uitgevoerd bij een gemiddelde temperatuur van 23 °C en een relatieve vochtigheid van 58 %



Figuur 9 Typisch resultaat van een statische druktest

4.3 Resultaat van de drukweerstand bepaling.

Er zijn 3 exemplaren van de FKO belast totdat de FKO bezweek. Bij alle exemplaren werd op het moment van openscheuren een kracht gemeten van 40 kg/cm². Figuur 10 laat het moment van bezwijken zien. De testen zijn uitgevoerd bij een gemiddelde temperatuur van 22 °C en een relatieve vochtigheid van 55 %



Figuur 10 Moment van bezwijken van FKO onder drukpers

4.4 Resultaten functioneringstesten, beoordeling schade tengevolge van vrijkomende druk en de gevolgen voor personen

De 29 FKO exemplaren die de val- en de statische druktesten hadden doorstaan, aangevuld met 21 nieuwe exemplaren, zijn in de in paragraaf 3.4 beschreven opstelling

geïnitieerd. Alle 50 exemplaren hebben goed gefunctioneerd. Tijdens de werking van de FKO in alle gevallen de propaanvlam gedoofd. De gemiddelde initiatietijd, met de beschreven opstelling, bedroeg 2,5 s. De kortste initiatietijd bedroeg 1,5 s en de langste 7,5 s. De gemeten vrijgekomen druk op 1 m ligt tussen de 0,5 kPa en 3,2 kPa en op 2 m bedraagt deze maximaal 1,1 kPa.

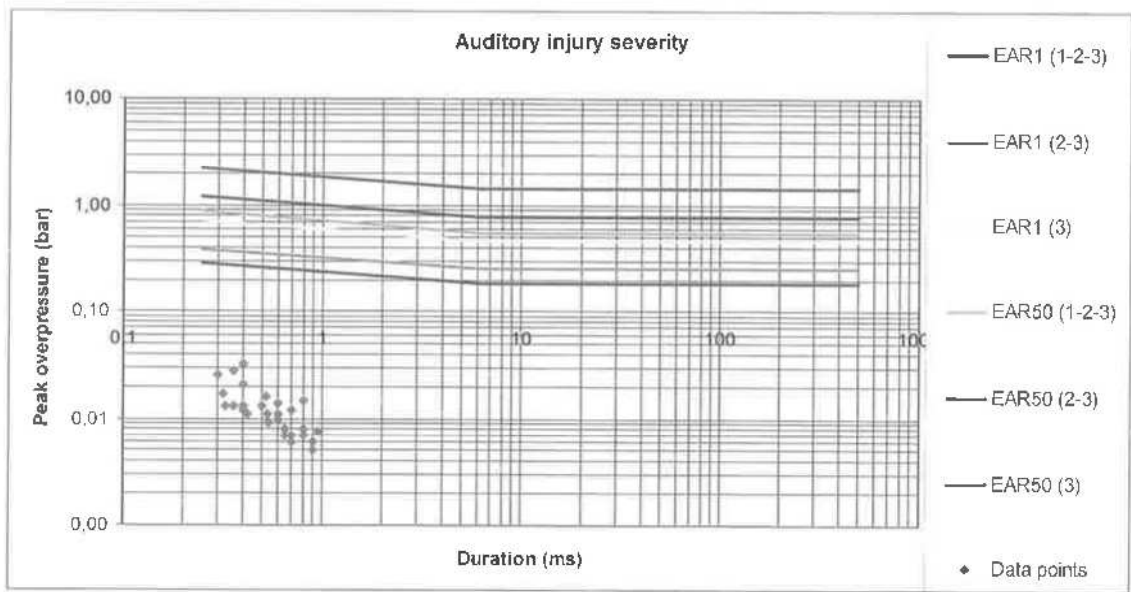
De gemeten drukwaarden tijdens het activeren van deze versie van de FKO geven geen aanleiding tot schade in de omgeving als het een open ruimte betreft. Wanneer de FKO is gemonteerd in een kleine ruimte, bijvoorbeeld een meterkast is lichte schade, zoals het opengaan/ontzetten van de deur, niet uit te sluiten.



Figuur 11 Een typisch resultaat na initiatie van een FKO

4.4.1 *Gehoorschade op basis van drukmetingen*

De vrijgekomen druk kan letsel veroorzaken bij personen, zoals longschade of gehoorschade. Voor het bepalen van de kans op gehoorschade wordt gebruik gemaakt van het model van Richmond en Axelsson [1]. Dit model is gebaseerd op de kans dat het trommelvlies scheurt als gevolg van de overdruk. Het model gaat ervan uit dat de persoon zonder gehoorbescherming met zijn gezicht richting het explosief is gepositioneerd; deze oriëntatie wordt 'face-on' genoemd en is de 'worst-case' scenario. Met dit model worden twee kans lijnen bepaald: EAR 1 = 1% kans op gescheurde trommelvliezen en EAR 50 = 50% kans op gescheurde trommelvliezen. Binnen deze kans lijnen worden nog drie categorieën gedefinieerd: (1) = kleine scheurtjes, (2) = grote scheuren en (3) = totale verscheuring. De kanslijnen en de meetdata (rode stippen) staan gegeven in Figuur 12.



Figuur 12 Kans op gescheurd trommelvlies als gevolg van een drukgolf, terwijl de persoon rechtop staat 'face-on' ten opzicht van explosief in open veld.
 EAR 1 en EAR 50 = 1% en 50% kans op gescheurde trommelvliezen.
 (1) = kleine scheurtjes, (2) = grote scheuren en (3) = totale verscheuring

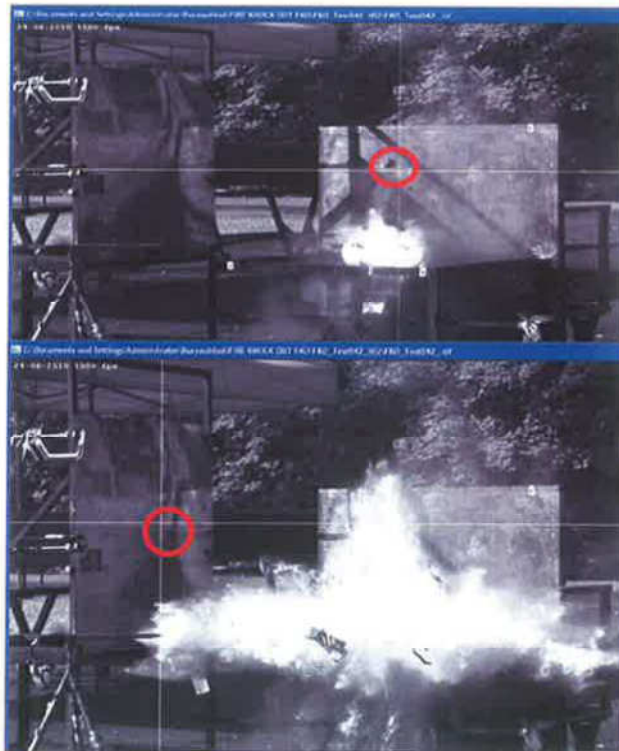
In de figuur 12 is te zien dat de gemeten datapunten ver onder de minst schadelijke kanslijn liggen, dus mogelijke gehoorschade is voor deze versie van de FKO te verwaarlozen. Aangezien gehoorschade bij een lagere druk optreedt dan longschade, is er zeker geen longschade te verwachten. Daarvoor is de gemeten druk veel te laag.

4.4.2 Letselschade scherven

Na de testen is de impact op het getuigenscherm bestudeerd. De standaard NAVO overeenkomst STANAG 2920 [3] geeft aan dat een perforatie van 0.5 mm aluminium (getuigenplaat) een kans geeft van 1% op huidperforatie. Het is bekend dat het een oud, maar wereldwijd gebruikt criterium is voor de uitwerking van metalen scherven op de mens.

Brokstukken veroorzaken bij botsing tegen een menselijk lichaam, in dit lichaam grote drukspanningen en vervormingen. Grote spanningen kunnen leiden tot het breken van stijve, brosse delen: de botten. Grote vervormingen kunnen eveneens leiden tot beschadiging van allerlei organen, met als gevolg inwendige bloedingen en dergelijke. Het al of niet optreden van letsel hangt sterk af van de plaats waar het lichaam wordt getroffen. In de literatuur worden dan ook maar enkele zeer algemene criteria gevonden voor het optreden van letsel impact van brokstukken op mensen.

Echte criteria voor de gelanceerde polyethyleen (PE) containerdelen zijn niet bekend. Volgens een veelgebruikt explosie veiligheids criterium uit de USA wordt een brokstuk/fragment als letaal beschouwd indien de kinetische energie ($1/2 mv^2$) ervan groter of gelijk is aan $79 J$ [2]. Van enkele PE "scherven" is de snelheid bepaald uit de HS beelden, zie figuur 13.



Figuur 13 Een PE “scherf” die het getuigenscherm raakt

Na 50 testen zijn maar enige lichte indrukken waargenomen in het aluminium getuigenscherm, dus geen perforatie. De PE “scherf” in figuur 13 had een snelheid van 50 m/s en een massa van 0,008 kg, de kinetische energie is dan gelijk aan 10 J. De maximale kinetische energie die is berekend uit de HS beelden is 35 J; dit betreft het “lanceren” van het dekseltje van 0,003 kg in test 44 met een snelheid van 152 m/s.

Geconcludeerd kan worden dat in de testen de kinetische energie van de “scherven” onder het letaliteitscriterium van 79 J is gebleven. Op basis van de berekeningen (waarbij uitgegaan is van metalen scherven) en waarnemingen is het niet te verwachten dat er penetrerend letsel op zal treden bij de huidige testresultaten. Wel is het mogelijk dat delen met scherpe randjes lichte snijwonden kunnen veroorzaken bij raken van onbedekte huid en ogen.

5 Conclusies

In een Fire Knock Out, type FKO KOM4T 1.6 FOAM zit een ontsteker die bij een beginnende brand door middel van een lont geactiveerd wordt en een blusmiddel verspreid. TNO heeft door middel van het uitvoeren van experimenten de bedrijfszekerheid bekeken en de gevolgen voor de omgeving vastgesteld.

Geconcludeerd kan worden dat van de 50 beproefde FKO's, alle exemplaren goed functioneerden. De druk die vrijkomt bij het activeren van de FKO geeft naar verwachting geen schade in de omgeving en ook is er geen letsel bij personen te verwachten. Het risico van penetrerend letsel door rondvliegende containerdelen van de de geactiveerde FKO is op basis van analyse van de getuigenplaat, HS videobeelden en waarnemingen niet te verwachten. Echter, delen met scherpe randjes kunnen lichte snijwonden veroorzaken bij raken van onbedekte huid en ogen.

6 Referenties

- [1] Richmond, D.R., Axelson, H., *Airblast and underwater blast studies with animals*, Journal of Trauma (China), 6 (2) Supplement: 229-234, 1990
- [2] Mercx, W.P.M. (1988): De uitwerking van explosie-effecten op mensen. TNO PML rapport PML 1988-C-73.
- [3] Stanag 2920: NATO Group on standardization of materiel and engineering practices (AC/301). Ratification draft I-STANAG 2920 (edition 2)- ballistic test method for personal armour materials and combat clothing. Document AC/301-D1499. June 2001.

7 Ondertekening

Rijswijk, juli 2010



P.C.J. de Bruijn
Auteur

TNO Defensie en Veiligheid

sa



Drs. C.M. Buijsrogge
Afdelingsmanager