



Nederlands Forensisch Instituut
Ministerie van Justitie en Veiligheid

Vakbijlage

Gevaarzetting shells



Inhoudsopgave

1. De vakbijlage algemeen
2. Inleiding
3. Beschrijving shells
 - 3.1. Afmetingen en verschijningsvormen
 - 3.2. Inwendige opbouw shells
 - 3.3. Afschieten van shells uit mortieren
 - 3.4. Wettelijke aspecten
4. Gevaarstelling shells
 - 4.1. Werking en uitwerking
 - 4.2. Gevaren bij afsteken met mortier
 - 4.3. Gevaren bij afsteken zonder mortier
 - 4.4. Massa-explosiviteit
 - 4.5. Nawoord

1. De vakbijlage algemeen

Het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) verricht een groot aantal typen onderzoeken. Een verzonden onderzoeksrapport van het NFI kan vergezeld gaan van een vakbijlage. Deze dient als (extra) toelichting of als achtergrondinformatie bij uitgevoerd zaakonderzoek en heeft een informatief karakter.

2. Inleiding

Het deskundigheidsgebied Explosies en Explosieven van het NFI krijgt regelmatig vragen over de gevaren van zwaar vuurwerk. Een gevaarlijk vuurwerkartikel dat frequent voorkomt in Nederland is de shell. Dit vuurwerkartikel en zijn uitwerking zijn onderzocht door het NFI. Deze vakbijlage vat de onderzoeksresultaten samen met als doel een algemeen beeld te geven van de gevaren van een ontploffende shell.

3. Beschrijving shells

3.1. Afmetingen en verschijningsvormen

Shells zijn doorgaans bolvormig, 'ui'-vormig of cilindrisch van vorm en gemaakt van karton of kunststof. Foto's 1 en 2 tonen twee veelvoorkomende types shell. Er zijn ook shells in omloop die er anders uitzien. Bij twijfel kunt u contact opnemen met het NFI.



Foto 1. Voorbeelden van 'ui'-vormige kartonnen shells.

Foto 2. Voorbeelden van cilindrische kunststof shells.

De grootte van gangbare shells varieert sterk van afmetingen vergelijkbaar aan een pingpongbal tot een basketbal. Het kan echter nog groter. Voor bepaalde evenementen en recordpogingen zijn er in het buitenland zeer grote shells gemaakt met diameters tot bijna 1,5 meter.

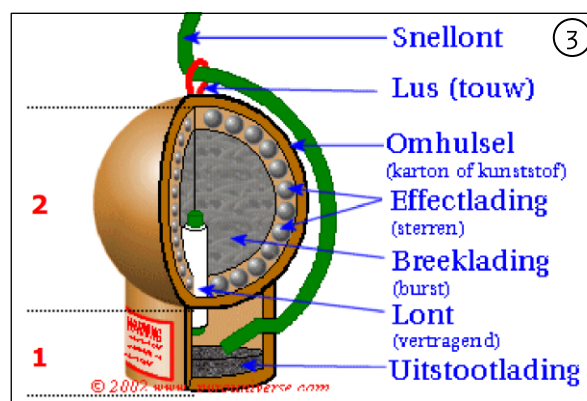
De grootte van een shell wordt aangegeven met het 'kaliber' in inches [“]. De gangbare kalibers lopen van 1,5” tot 12”, oftewel diameters van circa 4,0 tot 30 centimeter.

Een opvallend uiterlijk kenmerk dat de meeste shells hebben, is een lang, breed papieren lont. Dit type lont wordt een snellont of gebuisd lont genoemd. Snellont

komt in diverse kleuren voor en heeft een extreem hoge brandsnelheid. Dat wil zeggen dat wanneer het lont wordt aangestoken, het vuurfront dat door het lont trekt vrijwel meteen bij de uitstootlading van de shell aankomt en deze ontsteekt. Om dit te voorkomen, kan een stuk groen vuurwerkklont (safety fuse) aan een snellont worden bevestigd.

3.2. Inwendige opbouw shells

Een shell is een pyrotechnisch artikel¹. In de opbouw van een standaard shell zijn altijd twee kenmerkende onderdelen aan te wijzen (zie figuur 3), namelijk: onderdeel 1 met uitstootlading en onderdeel 2 met effect- en/of breekclading.



Figuur 3. Voorbeeld van een schematische opbouw van een shell.

Onderdeel 1 heeft meestal een kleinere wanddikte dan onderdeel 2. Dit heeft te maken met de functie van de uitstootlading. De uitstootlading heeft als doel om onderdeel 2 de lucht in te schieten. De wanddikte van onderdeel 2 moet dus voldoende sterk zijn om heel te blijven bij een explosieve verbranding van de uitstootlading. Ook mag er door het ontsteken van de uitstootlading geen gelijktijdige reactie met de lading van onderdeel 2 optreden waardoor deze te vroeg af zou gaan. Naarmate het kaliber van de shell groter wordt, nemen de wanddikte en de gemiddelde hoeveelheden lading in de shell toe.

De opbouw van onderdeel 2 met effect- en/of breekclading kan per shell variëren van een volledig met breekclading gevulde bol of cilinder tot een bol of cilinder met meerdere gevulde lagen en/of deelunits. Vanaf de buitenkant is dit verschil niet te zien. Deze opbouw bepaalt de vuurwerkeffecten die de shell geeft na afsteken. Die effecten kunnen variëren van een harde, 'voelbare' knal (bij alleen knallading) tot een lichtshow met meerdere kleuren (bij meerdere lagen effectlading). Shells met een knallading als hoofdeffect worden ook wel

¹ Een pyrotechnisch artikel is een gebruiksvoorwerp dat een pyrotechnische lading bevat. Een pyrotechnisch lading is één stof of - in praktijk vrijwel altijd - een mengsel van twee of meer stoffen die samen een (explosief) brandbaar materiaal vormen. Pyrotechnische mengsels kennen bijvoorbeeld toepassingen in vuurwerk en in vuurwapens.

Dergelijke mengsels bestaan in ieder geval uit een stof die dient als brandstof (reductor) en een stof die dient als zuurstofleverancier (oxidator).

aangeduid als 'report' of 'salute' shells. Shells met kleur(sier)ladingen als hoofdeffect noemt men ook wel 'colour' shells.

De uitstootlading van een shell bestaat altijd uit zwart buskruit². De breek- en effectladingen kunnen bestaan uit zwart buskruit, maar ook uit andere pyrotechnische samenstellingen. Voor breekladingen in 'report' of 'salute' shells wordt vaak flitspoeder³ gebruikt. Voor breekladingen in 'colour' shells wordt zwart buskruit, een op zwart buskruit gelijkend materiaal of een met flitspoederachtig mengsel gecoat kaf (=plantaardig materiaal) gebruikt. Andere samenstellingen of verschijningsvormen zijn ook mogelijk. Voor siereffecten worden verschillende pyrotechnische mengsels gebruikt, afhankelijk van het gewenste effect. Zo worden bijvoorbeeld voor verschillende kleuren licht onder andere metaalzouten gebruikt.

In een onderzoek dat TNO heeft uitgevoerd naar aanleiding van de Vuurwerkcramp in Enschede (mei 2000) zijn 33 verschillende shells onderzocht van de kalibers 3, 4, 6, 8, 10 en 12".⁴ Uit het TNO-onderzoek bleek dat de totale hoeveelheid lading varieerde tussen de 35% en 90% van de bruto massa van de shell.

3.3. Afschieten van shells uit mortieren

De breeklading van een shell hoort hoog in de lucht te ontploffen. Om dit te realiseren, moet een shell vanuit een geschikte koker omhoog afgevuurd worden. Zo'n koker heet een mortier. Shells worden daarom ook wel mortierbommen genoemd.

Een mortier is een koker die aan de onderzijde gesloten is. Een dergelijke koker is doorgaans gemaakt van karton, staal, hoge dichtheid polyethyleen (HDPE) of met glasvezelversterkte polyester. Mortieren worden meestal geplaatst in een rek (zie foto 4 voor een voorbeeld hiervan).



Foto 4. Voorbeeld van rek met 21 mortieren.

De shell wordt met de uitstootlading omlaag op de bodem van de mortier geplaatst. Het lange snellont steekt uit de bovenkant van de mortier. De inwendige diameter van een geschikte mortier is gelijk aan de uitwendige diameter van de shell, oftewel ze moeten van hetzelfde kaliber zijn. Als een mortier te klein is, blijft de shell steken in de koker. Als een mortier te groot is, wordt er tijdens de explosie van de uitstootlading te weinig druk opgebouwd onder de shell in de mortier. In beide gevallen schiet de shell dan niet de lucht in, waardoor een gevaarlijke situatie ontstaat.

3.4. Wettelijke aspecten

Shells worden fabrieksmatig geproduceerd als vuurwerk. De definitie voor vuurwerk volgens het Vuurwerkbesluit luidt; 'pyrotechnische artikelen ter vermaak'. Kortom, een pyrotechnisch artikel, zoals een shell, kan alleen vuurwerk genoemd worden als het gebruikt wordt voor vermakelijkheidsdoeleinden. Het hangt van de specifieke situatie en omstandigheden in een zaak af of een shell aan deze definitie voldoet. Het is aan de rechter om dit te bepalen. Afhankelijk van de kennelijke bestemming van de gebruiker kan het NFI op verzoek een toetsing uitvoeren aan het Vuurwerkbesluit en de RAC⁵ of bijvoorbeeld de Wet Wapens en Munitie.

Overigens geldt dat - onder de aanname dat de shell vuurwerk is - deze altijd als professioneel vuurwerk aangemerkt wordt conform het Vuurwerkbesluit⁶. Shells van elk kaliber zijn uitsluitend bestemd voor gebruik door personen met gespecialiseerde kennis (conform het Vuurwerkbesluit, artikel 1.1.2a). Shells mogen dus nooit ter beschikking worden gesteld voor particulier gebruik.

2 Zwart buskruit is een mengsel van houtskool en natrium- of kaliumnitraat met of zonder zwavel.

3 Flitspoeder is een pyrotechnisch mengsel dat bestaat uit een (per)chloraat- of nitraat-zout met een metaalpoeder (meestal aluminium en/of magnesium) en al dan niet met zwavel.

4 Classificatieonderzoek evenementenvuurwerk SE-Fireworks. Deel 3: Analyse en extrapolatie van classificatieresultaten, TNORapport PML 2001-C30, E.G. de Jong en R. Eerligh, februari 2001.

5 RAC = Regeling Aanwijzing Consumentenvuurwerk j° artikel 1.1.1 en artikel 2.1.1 van het Vuurwerkbesluit.

6 Op verzoek kan het NFI een volledige onderbouwing geven in de vorm van een toetsing aan het Vuurwerkbesluit.

4. Gevaarstelling shells

4.1. Werking en uitwerking

De beoogde werking van een shell is als volgt: het lont wordt aangestoken en ontsteekt de uitstootlading bestaande uit zwart buskruit. Het zwart buskruit ontploft in de mortier⁷. Hierdoor schiet de shell de mortier uit en hoog de lucht in. Tegelijk wordt het inwendige lont tussen de uitstootlading en de breeklading (zie figuur 3) aangestoken. Na 3 à 4 seconden bereikt het vlamfront van dit lont de breeklading. Deze ontploft waarbij de grootte van de knal afhankelijk is van de hoeveelheid en het type breeklading. De ontploffende breeklading steekt eventueel aanwezige siereffecten (zoals sterren) aan en slingert ze weg. De siereffecten branden op tijdens hun vlucht en geven een lichtshow.

Indien een shell niet vanuit een mortier wordt verschoten, maar bijvoorbeeld losliggend op de grond wordt ontstoken, treden dezelfde effecten op. Echter zal de explosie van de uitstootlading nu wel goed zichtbaar zijn (zie foto 5). Hierbij treden hitte, vuurverschijnselen en een drukgolf op. Na 3 à 4 seconden ontploft vervolgens de breeklading met een doorgaans nog grotere explosie. Opnieuw treden hierbij hitte, vuurverschijnselen en een drukgolf op. Ook wordt de shell bij deze tweede explosie uit elkaar gereten en de hete karton- of kunststof fragmenten worden weggeslingerd. Eventuele siereffecten zullen ook brandend tientallen tot honderden meters worden weggeslingerd (zie foto 6), afhankelijk van het kaliber van de shell (zie tabel 1).⁸

Kaliber Shell	Geschatte maximale afstand die siereffecten kunnen afleggen [meter].
2	27
3	43
4	59
5	75
6	91
7	107
8	123
10	155
12	187

Tabel 1. Verspreiding van brandende effecten per kaliber..

4.2. Gevaren bij afsteken met mortier

Er zijn minimaal twee situaties waarbij een shell afgestoken in een mortier tot levensgevaar kan leiden. De eerste is wanneer een persoon zich in de vuurlinie van de mortier bevindt wanneer de shell hieruit verschoten worden. De tweede is wanneer de shell niet loskomt uit de mortier en de breeklading van de shell in de mortier ontploft. Beide situaties worden achtereenvolgens besproken in deze paragraaf.

Persoon in de vuurlinie

Het komt in Nederland bijna jaarlijks voor dat een persoon 'zonder gespecialiseerde kennis' een shell in een mortier direct bij het snellont aansteekt, terwijl hij zich met een lichaamsdeel boven de mortier bevindt. Door de zeer hoge brandsnelheid van een snellont ontploft de uitstootlading vrijwel onmiddellijk. De shell wordt hierbij direct en met veel kracht uit de mortier geschoten, hetgeen botbreuken kan veroorzaken bij de persoon in de vuurlinie. Als een persoon aan het hoofd geraakt wordt, dan kan dodelijk letsel⁹ optreden.

Explosie van een shell in een mortier

Het kan voorkomen dat een shell tijdens het afsteken vast blijft zitten in de mortier. Mogelijke oorzaken kunnen zijn dat de formaten van de shell en de mortier niet goed op elkaar zijn afgestemd, dat één van beide een defect heeft, of dat de mortier erg vuil is van binnen. De breeklading van de shell ontploft dan in de mortier.

Voor de gevaarstelling bij een explosie van de breeklading van een shell in een mortier zijn een aantal aspecten bepalend. Deze aspecten betreffen onder andere de materiaalsoort en de wanddikte van de mortier en het kaliber en soort shell (knal- of siereffect). Uit internationale literatuur blijkt dat met name shells met uitsluitend knaleffect in staat zijn om een stalen mortier te fragmenteren.¹⁰ Afhankelijk van onder andere de eerdergenoemde aspecten worden de fragmenten van de mortier en shell hierbij tientallen tot honderden meters weggeslingerd. Mortieren van karton of vezelversterkt PVC fragmenteren eerder dan een stalen mortier, omdat dergelijk materiaal minder sterk is. De fragmenten van deze materialen komen doorgaans minder ver omdat deze lichter zijn en hierdoor gedurende de vlucht sneller hun snelheid verliezen. De fragmenten van PVC kunnen echter wel scherp en puntig zijn. Mortieren van HDPE fragmenteren doorgaans niet, maar scheuren.

7 Een goede mortier is hier tegen bestand en zal niet beschadigen.

8 TNO, Effectafstanden voor het bezigen van professioneel vuurwerk, drs. W. Colpa, ir. W. Karthaus, ir. R.M.M. van Wees, april 2002, pag. 22.

9 Het deskundigheidsgebied Explosies en Explosieven van het NFI hanteert de volgende (oplopende) letselreeks:

- Lichamelijk letsel: lichte verwondingen die doktersbehandeling behoeven en/of reversibele verwondingen (oren- geen doofheid-, ogen -geen blindheid-).

- Ernstig lichamelijk letsel: irreversibele verwondingen (oren - doofheid-, ogen -blindheid-) of verwondingen die zonder hulp leiden tot ernstige gevolgen.
- Zeer ernstig lichamelijk letsel: blijvende verminkingen die zonder hulp zouden kunnen leiden tot de dood.
- Dodelijk letsel: letsel dat vrijwel direct tot de dood leidt.

10 Recent fireworks mortars research in the UK and the implications for safety guidance, S.G. Myatt and A.W. Train, 4th international symposium on fireworks, 9-13 October 1998, Halifax, Nova Scotia, Canada.

De snelheid in samenhang met het gewicht en de vorm van de fragmenten bepalen het gevaar op letsel bij personen die zich binnen het bereik van de rondvliegende fragmenten bevinden. Afhankelijk van de afstand tot de explosie en de plaats van treffen op het lichaam, kan het letsel dodelijk zijn.¹¹ In de literatuur zijn diverse incidenten met shells en mortieren beschreven waarbij (dodelijk) letsel is opgetreden.^{10,11}

4.3. Gevaren bij afsteken zonder mortier

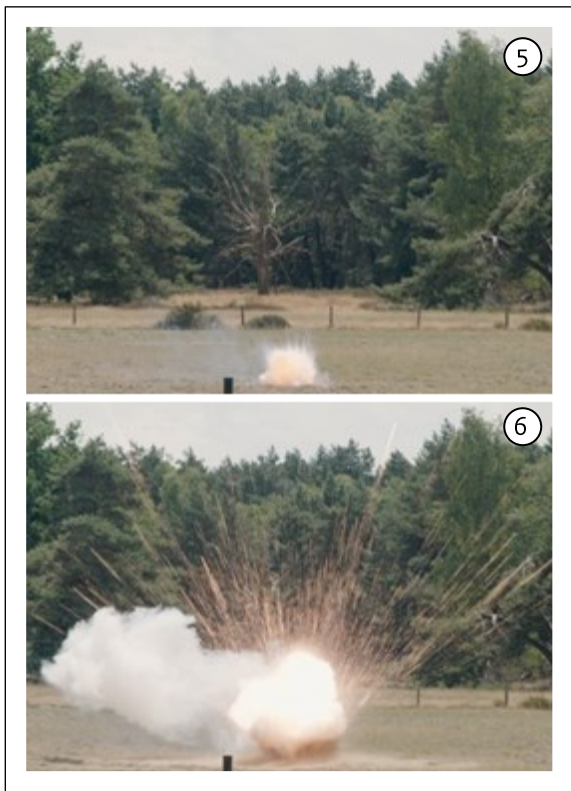


Foto 5. De explosie van de uitstootlading van een 4 inch shell.

Foto 6. De explosie van de breeklading van een 4 inch shell.

Een shell is niet bedoeld om liggend op de grond tot ontploffing te komen. Wanneer dit toch gebeurt, treden twee achtereenvolgende explosies op (zie foto 5 en 6). Eerst ontploft de uitstootlading en 3 à 4 seconden later ontploft de breeklading die bedoeld is om een geluidseffect (luide knal) te geven en/of kleureffecten te verspreiden. De breeklading is doorgaans veel krachtiger en daarmee gevaarlijker dan de uitstootlading, maar beide explosies geven een kans op schade aan goederen en letsels bij omstanders.

Veel mensen weten niet dat een shell die op de grond (zonder mortier) tot ontsteking wordt gebracht, twee achtereenvolgende explosies geeft. Dit maakt de situatie extra gevaarlijk, want hierdoor zijn mensen vaak niet meer beducht op de tweede, krachtigere explosie. Ze bedekken hun oren niet meer (=grotere kans op gehoorschade) bij de tweede explosie en kunnen zelfs bij de shell gaan kijken, waardoor ze dichterbij staan als de tweede ontploffing volgt.

Wanneer een shell direct tegen een voorwerp aan ontploft, zal dit voorwerp vrijwel altijd beschadigen door de hitte en de drukgolf. Op grotere afstand bestaat kans op brandschade aan voorwerpen door de verspreiding van hete en brandende delen van de ontplofte shell. De ernst van de gevolgen van de explosies voor personen is afhankelijk van de afstand van de shell tot het lichaamsdeel, de plaats van treffen en het kaliber en soort shell. Het grootste gevaar van een ontplofende shell treedt op wanneer de explosie van de breeklading van de shell zich zeer dichtbij (enkele centimeters) of tegen het lichaam van een onbeschermd persoon aan plaatsvindt. Ongeacht het kaliber van de shell zal de explosie leiden tot openrijten van de huid en beschadiging van onderliggende weefsels. Indien hierbij vitale delen te zwaar beschadigen, leidt dit tot de dood. Bij shells die meer dan 100 gram flitspoeder bevatten, bestaat ook een kans op longschade door de drukgolf. Deze kans neemt toe met de hoeveelheid flitspoeder.

Ongeacht het soort shell zal er altijd ernstig lichamelijk letsel tot zeer ernstig lichamelijk letsel⁹ optreden bij een explosie tegen het onbeschermd lichaam. Bij een explosie tegen het hoofd, de nek of de romp kan dit letsel dodelijk zijn. Wel is het zo dat een 'report' (knaleffect) shell doorgaans tot ernstiger letsel zal leiden dan een 'colour' (kleureffect) shell onder dezelfde omstandigheden (waaronder een gelijk kaliber).

Voor onbeschermden personen op wat grotere afstanden (ordegrootte meters) van een ontplofende shell, is er een aanzienlijke kans op letsels als brandwonden, oogbeschadigingen en (al dan niet permanente) gehoorschade door de hitte en drukgolf van de explosies van zowel de uitstootlading als de breeklading. De verspreiding van brandende siereffecten (zoals sterren) en andere brandende delen kan tot op vele meters afstand (zie ook tabel 1) nog leiden tot brandwonden en oogschade. Ook bestaat er tot op vele meters afstand nog een kans op (al dan niet permanente) gehoorschade. Het optreden en de ernst van de gehoorschade is afhankelijk van specifieke omgevingsfactoren en de gesteldheid van de betreffende personen.¹²

¹¹ Arbeidsveiligheid bij het toepassen van groot vuurwerk, M. van der Plas, RIVM-rapport 620810001/2005.

¹² Entitlement eligibility guidelines, hearing loss, MPC 00646, ICD-9 389.1 (Sensorineural Hearing Loss), 389.0 (Conductive Hearing Loss), veterans affairs Canada, April 2006.

Extra gevaar kan ontstaan als er in de directe omgeving van een ontploffende shell losliggende materialen aanwezig zijn of materialen die kunnen fragmenteren. Hierbij komen scherven en brokstukken met hoge snelheid vrij. Indien deze scherven en brokstukken van een hard materiaal zoals glas, metaal of steen zijn, kunnen ze tot op vele meters afstand (in een vrije baan) lichamelijke letsels veroorzaken. De ernst van het letsel hangt samen met vorm, gewicht en snelheid van een scherp of brokstuk. Alle vormen van letsel⁹ zijn hierbij mogelijk. De trefkans is o.a. direct afhankelijk van het aantal scherven/brokstukken dat bij een explosie vrijkomt en kan sterk variëren als gevolg van de specifieke lokale omstandigheden.

Voor het specifieke scenario waarbij een shell naar professionele hulpverleners en handhavers wordt gegooid, geldt bovenstaande gevaarzetting wanneer zij geen beschermende kleding en geen gehoorbescherming dragen en/of geraakt worden op een onbeschermd deel van hun lichaam. Over het effect van een ontploffende shell op personen die beschermende kleding dragen, kan het NFI zonder nader onderzoek geen uitspraak doen. Dit heeft te maken met de grote variatie in eigenschappen van beschermende kleding. Uit eerder onderzoek door TNO is wel bekend dat de explosie van een 3 inch (report) shell in bepaalde gevallen gaten in beschermende kleding kan slaan en in die gevallen dus tot letsel kan leiden.¹³

4.4. Massa-explosiviteit

Pyrotechnische artikelen met flitspoeder erin, kunnen zich onder bepaalde omstandigheden massa-explosief gedragen. Met name shells met een knaleffect (de 'report' of 'salute' shell) zijn vaak massa-explosief. Dit houdt in dat zo'n shell gelijktijdig met één of meerdere andere flitspoeder bevattende artikelen kan ontploffen, wanneer ze zich zeer dicht bij elkaar in de buurt bevinden. In dit geval gaat het flitspoeder in de andere artikelen dus niet af doordat een lont is aangestoken, maar doordat er een (andere) shell ontploft. Ook een andere voldoende krachtige explosie in de directe nabijheid van één of meerdere massa-explosieve shells kan zorgen dat deze

(gelijktijdig) tot ontploffing komen. Dit aspect van massa-explosiviteit draagt bij aan een grotere gevaarzetting en is relevant in zaken waarbij er sprake is van meer dan één shell of een shell die zich in de nabijheid van andere flitspoeder bevattende artikelen bevindt (bijvoorbeeld in een opslaglocatie of in een rugzak).

4.5. Nawoord

De gevaarzetting¹⁴ van een ontploffende shell is van vele factoren afhankelijk. Het is niet mogelijk alle scenario's in deze vakbijlage op te nemen. In deze vakbijlage is alleen een algemene gevaarzetting beschreven voor een aantal veelvoorkomende scenario's. Indien specifiekere informatie gewenst is (in een strafzaak) kunt u contact opnemen met het NFI. Ook wanneer er sprake is van meer dan één shell of één shell in combinatie met andere vuurwerkartikelen (zie ook §4.4) of als er veranderingen aan de shell zijn aangebracht (zoals bijvoorbeeld de toevoeging van een spuitbus, spijkers, fles benzine, etc.) wordt aangeraden contact op te nemen met het NFI.

¹³ TNO-rapport: TNO 2017 R10577 | 2, Onderzoek naar de impact van illegaal vuurwerk. Opdrachtgever: Politie, Staf Korpsleiding, Directie Operatiën, Den Haag.

¹⁴ Een gevaarzetting wordt in de regel slechts globaal aangegeven, aangezien meestal geen specifieke omschrijving van de locatie en omstandigheden is gegeven, waar een explosieve constructie tot ontploffing komt. Op de locatie aanwezige omgevingsmaterialen kunnen namelijk bijdragen tot meer of minder gevaar voor omstanders. Evenmin wordt rekening gehouden met de lichaamsstand van een persoon

(bijvoorbeeld rechtopstaand of gehurkt) of de hoogte waarop de explosieve constructie ontploft ten opzichte van de een persoon (bijvoorbeeld ooghoogte of voethoogte). Ook het aantal en de positie van omstanders op de locatie spelen bij het bepalen van de gevaarzetting een rol. Voor het exact bepalen van het gevaar op één specifiek omschreven locatie zijn in de regel één of meer proefnemingen noodzakelijk.

Voor algemene vragen kunt u contact opnemen met de Frontdesk, telefoon (070) 888 68 88.

Nederlands Forensisch Instituut
Ministerie van Justitie en Veiligheid
Postbus 24044 | 2490 AA Den Haag

Telefoon (070) 888 66 66
www.forensischinstituut.nl

maart 2024