



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Gebruik lichtkogel (Flare) met dodelijke afloop



Gebruik lichtkogel (Flare) met dodelijke afloop

Den Haag, 25 september 2024

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar en beschikbaar op www.onderzoeksraad.nl.

Foto cover: Onderzoeksraad voor veiligheid

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

Als zich een ongeval of ramp voordoet, onderzoekt de Onderzoeksraad voor Veiligheid hoe dat heeft kunnen gebeuren, met als doel daar lessen uit te trekken. Op die manier draagt de Onderzoeksraad bij aan het verbeteren van de veiligheid van Nederland. De Raad is onafhankelijk en besluit zelf welke voorvallen hij onderzoekt. Daarbij richt de Raad zich in het bijzonder op situaties waarin mensen voor hun veiligheid afhankelijk zijn van derden, bijvoorbeeld van de overheid of bedrijven. In een aantal gevallen is de Raad verplicht onderzoek te doen. De onderzoeken gaan niet in op schuld of aansprakelijkheid.

Onderzoeksraad

Voorzitter: mr. C.J.L. van Dam MPM

dr. E.A. Bakkum

S. Douglass

Secretaris-directeur: mr. C.A.J.F. Verheij

Bezoekadres: Lange Voorhout 9, 2514 EA Den Haag

Postadres: Postbus 95404, 2509 CK Den Haag

Telefoon: 070 333 7000

Website: www.onderzoeksraad.nl

E-mail: info@onderzoeksraad.nl

INHOUD

1	Inleiding	5
1.1	De aanleiding	5
1.2	Onderzoeksbesluit	5
1.3	Doelstelling en onderzoeksvragen.....	5
1.4	Onderzoeksaanpak.....	6
1.5	Afbakening	6
2	Toedracht en achtergrondinformatie	7
2.1	Voorval.....	7
2.2	Directe waarschuwing na het voorval	9
2.3	Kenmerken flare	10
3	Analyse	15
3.1	Excessieve verbrandingssnelheid stuwstof	15
3.2	Röntgenonderzoek naar overgebleven flares	17
3.3	Motor van de flare	18
3.4	Achtergrond en analyse vervaardiging geëxplodeerde flare	20
3.5	Analyse van mogelijke oorzaken explosie	24
3.6	Mogelijke derde oorzaak.....	27
3.7	Kwaliteitsborging via typegoedkeuring	29
4	Conclusies	31
5	Aanbevelingen	33
	Bijlage A Aanvullende informatie	34
	Bijlage B Reacties op conceptrapport	41

1 INLEIDING

1.1 De aanleiding

In de nacht van 31 december 2022 op 1 januari 2023 voer een Nederlands gevlagd zeiljacht op de Stille Oceaan. Tijdens het afsteken van een lichtkogel (flare) rond oud en nieuw werd de flare niet zoals verwacht gelanceerd maar explodeerde nagenoeg direct in de hand van de opvarende. Hulp mocht niet baten, het slachtoffer overleed aan inwendig letsel als gevolg van de impact van de explosie.

1.2 Onderzoeksbesluit

Het betreffende schip is een Nederlands geregistreerd en gevlagd zeiljacht, het voorval valt niet onder de onderzoeksverplichting. Gezien het feit dat het hier is misgegaan met een flare, een verplicht veiligheidsmiddel, aanwezig op ieder zeeschip, is besloten onderzoek te doen naar dit voorval.

1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

De Onderzoeksraad wil aan de hand van dit onderzoek waar mogelijk lessen trekken uit dit voorval en zo herhaling voorkomen. Dit wordt gedaan door te achterhalen hoe het voorval heeft kunnen gebeuren. Daarbij wordt gekeken naar de wijze van gebruik, de productie en naar de mogelijke verschillen tussen de procedures voor productie van de flare en uitgevoerde werkwijzen. In het onderzoek staan de volgende onderzoeksvragen centraal:

1. Voldeden de pyrotechnische veiligheidsmiddelen aan boord van het schip aan de geldende eisen en is de flare op de juiste manier afgestoken?
2. Wat is het mogelijke faalmechanisme geweest dat de flare heeft doen exploderen?
3. Is het falen van de flare het gevolg van een mogelijke afwijking in het productieproces?
4. Welke lering kan men hieruit trekken?

1.4 Onderzoeksaanpak

De melding van het voorval werd de volgende ochtend aan de Onderzoeksraad voor Veiligheid gedaan. De Onderzoeksraad is direct na kennisname een verkennend onderzoek gestart.

Voorafgaand aan het voorval van 1 januari 2023 waren geen berichten bekend over (ernstige) incidenten bij het gebruik van een dergelijk veiligheidsmiddel. Dat gegeven maakte dat de Onderzoeksraad met behulp van de Spaanse onderzoeksinstantie CIAIM¹ contact heeft gezocht met de fabrikant. Deze was niet op de hoogte van het voorval en na kennisname is met medewerking van de fabrikant een onderzoek bij de fabrikant in Spanje is gestart.² Tijdens het onderzoek is ook informatie verkregen van het Openbaar Ministerie en de Landelijke Eenheid van de Politie.

1.5 Afbakening

Het onderzoek van de Onderzoeksraad spitst zich toe op falen van de flare aan boord van het zeiljacht. Omdat er geen onderzoeksverplichting is, heeft de Onderzoeksraad geen bevoegdheden in het buitenland om informatie of medewerking te vorderen.

1 Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos.

2 Tijdens het onderzoek is nog een ernstig voorval in het Verenigd Koninkrijk bekend geworden, waar de afsteker zwaar gewond raakte toen bij het ontsteken van een handstakesignaal (rooksignaal), en na de ontsteking ook direct sprake was van een fysieke explosie. Hier was sprake van ander product en andere producent dan de flare in dit onderzoek.

2 TOEDRACHT EN ACHTERGRONDINFORMATIE

2.1 Voorval

In de nacht van 31 december op 1 januari 2023 voer een Nederlands gevlagd zeiljacht op de Stille Oceaan, circa 1700 zeemijl ten zuidwesten van de Galapagos eilanden. De eigenaar en tevens schipper (hierna: schipper) van het schip was bezig met een wereldreis vanaf Curaçao en was via Cuba en de Galapagos eilanden onderweg naar Tahiti. Naast de schipper voeren nog drie bemanningsleden mee: de reisgenoot van de schipper en twee studenten.

In aanloop naar de jaarwisseling kwam de vraag of ter gelegenheid van oud en nieuw een lichtkogel (een zogenoemde flare, zie onderstaand blok) als vervanging voor vuurwerk mocht worden afgestoken.

Flare

Een lichtkogel, ook wel flare genoemd, is een lichtgevend projectiel dat uit de hand kan worden afgeschoten bedoeld als noodsignaal. Noodsituaties doen zich bijvoorbeeld voor bij een schip in zinkende toestand en bij reddingsoperaties, vanuit sloepen of andere plaatsen waar personen in nood of moeilijkheden verkeren. Een flare is een wereldwijd gebruikt veiligheidsmiddel dat – wanneer het aan de eisen voldoet en volgens de instructie wordt gebruikt – altijd betrouwbaar moet werken.

De schipper is sinds mei 2021 eigenaar van het zeiljacht genaamd Bontekoning. Het zeiljacht is ingeschreven in het Kadaster en is daarmee officieel Nederlands gevlagd. Na de aankoop van het schip heeft de schipper in Alicante (Spanje), onder toezicht van een Nederlands bedrijf, een volledige revisie laten uitvoeren. Naast groot onderhoud zijn ook de zeilen en masten gewisseld en zijn verschillende systemen redundant³ uitgevoerd. Gelijktijdig zijn alle veiligheidsmiddelen aan boord vervangen, waaronder het pakket pyrotechnische materialen met licht- en rooksignalen. In dat vervangende pakket bevond zich de bij het voorval betrokken flare.

3 Verschillende systemen zijn dubbel uitgevoerd zodat ze elkaar kunnen vervangen.

Veiligheidstrainingen

De schipper van de Bontekoning is in Zweden opgeleid en was bevoegd om als schipper te varen. Voorafgaand aan het deel van de reis over de Grote Oceaan heeft de bemanning in Curaçao deelgenomen aan een veiligheidstraining waarbij met alle veiligheidsmiddelen is geoefend. Niet alleen het gebruiken van brandbestrijdingsmiddelen zijn succesvol getraind, maar ook operationele aspecten zoals MOB-procedure.

Het doel van de schipper was de wereld rond te zeilen. In dit verband deed hij ook mee aan de *Atlantic Rally for Cruisers* (ARC). Tijdens de stop op Curaçao is het schip nogmaals gekeurd om ervan verzekerd te zijn dat het schip ook gereed was voor het volgende traject. Dit deel van de tocht zou van Curaçao via het Panamakanaal en de Galapagos eilanden in de richting van Hawaï gaan. In Curaçao zijn drie mede-opvarenden als bemanningsleden aan boord gekomen. De drie opvarenden waren de reisgenoot van de schipper en twee studenten. De twee studenten hadden ruime zeilervaring.

De voorwaarden en condities voor de twee studenten voor het meevaren zijn vastgelegd in een overeenkomst voordat zij aan boord kwamen. Op 28 september 2022 kwamen zij aan boord.

Op oudejaarsdag ontstond het gesprek over wanneer de jaarwisseling te vieren gegeven de verschillende tijdzones. Hierop kwam vanuit de studenten de vraag of het mogelijk was om een flare af te steken als alternatief voor vuurwerk.

Voordat de schipper toestemming gaf tot het gebruik van de flare, overwoog hij of het afsteken van de flare geen alarmering bij andere schepen kon veroorzaken. De gebruikseisen inclusief de houdbaarheid van de flare werden gecontroleerd en in orde bevonden. De schipper heeft vervolgens ingestemd met het gebruik van de flare. Na voorbereiding, het lezen van de instructie, controle op de omgeving en het kiezen van een vrije afsteekrichting, stak één van de studenten de flare conform de instructie af. Hij verwijderde voor het afsteken de twee afsluitdoppen van de flare. Nam vervolgens de flare in één hand, de flare in een vrije richting omhoog gericht en activeerde met zijn andere hand de ontsteking door aan het koord te trekken. Hierop explodeerde de flare nagenoeg direct op gezichtshoogte. Het afsteken van de flare werd door twee bemanningsleden gefilmd.

Na de explosie werd direct met de hulpverlening gestart. Na de onverwachte explosie heeft de bemanning met de aan boord beschikbare medische middelen en met medisch advies van een ingebelde arts zich maximaal ingespannen om het slachtoffer te redden. De hulp mocht niet baten. Op aangeven van de ingebelde arts is de medische hulpverlening gestopt. Het slachtoffer overleed na de explosie aan inwendig letsel als gevolg van de impact van de explosie. Nadien bleek uit gevonden impactsporen aan boord van het schip dat andere delen van de flare de andere opvarenden niet hadden gemist.

Repatriëring

Na het voorval en het overlijden van het slachtoffer, kon het lichaam gegeven de tropische omstandigheden niet lang aan boord blijven. De dichtstbijzijnde haven, Nuku Hiva in Frans Polynesië, lag op minimaal acht dagen varen. De schipper was zich ervan bewust dat dit tot een onhoudbare situatie zou kunnen leiden.⁴ Na het voorval zijn de noodzakelijke contacten tussen de schipper en instanties tot stand gekomen. Via de Kustwacht in Nederland is vrachtschip de BCC Maryland, varende onder de vlag van Antigua Barbuda, op vier uur varen van het zeiljacht bereid gevonden om het lichaam over te nemen. Dat gebeurde uiteindelijk onder voorwaarden na interventie van de Onderzoeksraad.⁵ Het lichaam is op 30 januari 2023 in Newcastle, Australië overgedragen aan de lokale instanties en na onderzoek gerepatriëerd naar Nederland.

2.2 Directe waarschuwing na het voorval

Naar aanleiding van de eerste bevindingen tijdens het verkennend onderzoek zijn vragen gerezen over de betrouwbaarheid van de partij flares waar de desbetreffende flare onderdeel vanuit maakte. De Onderzoeksraad heeft in afstemming met de Spaanse fabrikant een wereldwijde waarschuwing uitgedaan en bezitters van dergelijke flares opgeroepen om de flares van de betrokken productieserie (partij 35-113) niet te gebruiken en terug te brengen naar een verkooppunt, zie bijlage A.3.

De fabrikant heeft na deze wereldwijde oproep een veertigtal flares van partij 113 terugontvangen. De fabrikant heeft deze flares hierna zonder problemen in een teststand afgestoken (drie daarvan zijn op beeld vastgelegd). Hierdoor was er mogelijk geen sprake van een generieke of standaard afwijking in de geproduceerde serie.

Voorafgaand aan het voorval van 1 januari 2023 waren geen berichten bekend over recente (ernstige) incidenten bij het normaal gebruik van een dergelijk veiligheidsmiddel. Dat maakte dat de Onderzoeksraad met behulp van de Spaanse zusterorganisatie CIAIM⁶ en met medewerking van de fabrikant een onderzoek in Spanje is gestart.⁷

De complexiteit van dit onderzoek ligt in het feit dat er sprake is geweest van één exploderende lichtkogel en dat de andere flares uit de gelijke partij, op basis van de röntgen foto's van de vijf resterende flares aan boord in Tahiti en het afsteken van geretourneerde flares in Spanje voorsnog geen afwijkingen vertonen. Ook waren er voor zover geen andere problemen bekend.

⁴ Artikelen 18 tot en met 25. Deze artikelen zien toe op de wijze waarop wordt gehandeld met lijken van personen die op zee zijn overleden aan boord van Nederlandse schepen.

⁵ Zie verder bijlage A1.

⁶ Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos

⁷ Tijdens het onderzoek is nog twee voorvallen bekend geworden: Een ernstig voorval in het Verenigd Koninkrijk, waar de afsteker zwaar gewond raakte toen bij het ontsteken van een handstakesignaal (rooksignaal), na de ontsteking ook direct sprake was van een fysieke explosie. Hier was sprake van ander product en andere producent dan de flare in dit onderzoek. Een tweede voorval waarbij de flare werd afgevuurd en in de richting van de afsteker kwam. Van het tweede voorval zijn geen verdere gegevens bekend.

2.3 Kenmerken flare

Op basis van de Rijkswet Onderzoeksraad voor veiligheid artikel 57, lid 2.f zijn de concurrentiegevoelige fabricagegegevens van de betreffende flare verwijderd uit de publicatieversie van dit rapport. De gegevens zijn wel bekend bij de Onderzoeksraad.

De pyrotechnische materialen zijn in september 2021 tijdens het groot onderhoud van het schip als pakket aangekocht en aan boord gekomen. Het pakket bestond uit:

- ▶ drie rookpotten
- ▶ drie handsignalen
- ▶ zes flares, Red Rocket Parachute flare merk Pirolec, type L-35/ L35A (partij 0525/2021 – (35)113).

Certificering flare

De type goedkeuring was aangevraagd voor de productnaam L35. Lloyds Register Group⁸ Limited heeft echter het certificaat afgegeven op L35A. Deze afwijking is niet relevant voor het product op zich, maar scheidt administratieve verwarring. In de registratie wordt daarnaast gewerkt met de toekenning van een partij nummers (partij) 113. In het vrijgave document is voor de identificatie van deze partij gewerkt met de nummering 35113.

Ook wordt bij de leverancier wisselend gebruik gemaakt van de twee productie aanduidingen; batch en LOT (militair). Het materiaal voldeed ruim aan de houdbaarheidsdatum. De pyrotechnische materialen lagen tijdens de reis droog en uit de zon in de waterdichte tas opgeslagen in de trapkast onder de opgang naar de achterplecht, om direct te kunnen gebruiken in geval van nood. De gebruikte flare was een zogenaamde 'Red Rocket Parachute Flare' van het merk Pirolec, type L35A. Een flare valt onder de groep pyrotechnische materialen (vuurwerk).

Een flare is bedoeld als veiligheidsmiddel om te gebruiken in geval van nood. Het gebruik van de flare is in zoverre aan regels gebonden dat de instructies van de leverancier stipt gevolgd moeten worden en dat de gebruiker zich ervan moet vergewissen dat de flare voor de omgeving veilig afgestoken kan worden. Naast het gebruik in het geval van nood worden flares ook afgestoken in het kader van opleiding.

Volgens de instructie (zie Bijlage A.2) moeten voorafgaand aan het gebruik twee (blauwe) kapjes verwijderd worden. De flare wordt vervolgens in de hand genomen en naar boven gericht, waarna met de andere hand de ontsteker met een vrijgekomen trekkoordje wordt geactiveerd.

⁸ Lloyd's Register Limited is een geregistreerde (keurings)instantie (*notified body*) volgens EU-richtlijnen en een door overheden erkend onafhankelijk keuringsinstituut. Document is afgegeven door Lloyd's Register Marine Deutschland GmbH, Uberseeallee 10, D-20457 Hamburg, Germany. A member of the Lloyd's Register group.

De flare zal na het activeren van de ontsteker de vaste stuwstof⁹ ontsteken die daarmee het binnenwerk inclusief de lichtkogel lanceren en voortstuwen. Uiteindelijk komt de lichtkogel na enkele seconden zelf tot ontbranding. Na het bereiken van de beoogde hoogte van circa 300 meter zal de brandende lichtkogel hangend aan een parachute een sterk lichtsignaal gedurende circa 40 seconden afgeven.

Opbouw flare

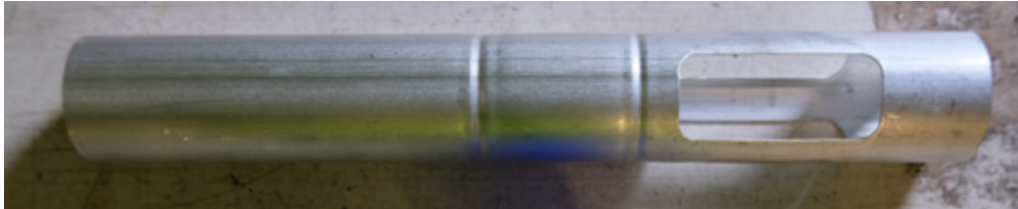
De flare (zie figuur 1:1) is opgebouwd uit een aantal componenten. Het buitendeel bestaat uit een koker van onder hogedruk gespoten kunststof waar binnenin het vaste deel van de ontsteker wordt geplaatst. Het buitendeel beschermt de gebruiker tegen de warmteontwikkeling die kortstondig ontstaat bij het afsteken. Het binnenwerk van de flare bestaat uit een koker van aluminium waar de motor en het lichtkogeldeel zijn ingeklemd (zie figuur 1:2). Het binnenwerk wordt bij de montage in het buitendeel met daarin de ontsteker geschoven.

De flare wordt geactiveerd door de slagpin (zie figuur 1:3) deze doet het slaghoedje ontsteken die vervolgens de vaste stuwstof doet ontbranden. Door de ontbranding van de vaste stuwstof in de motor wordt het gehele binnenwerk uitgedreven. De slagpin blijft in het buitendeel achter. Na de lancering – het uitdrijven van het binnenwerk – ontbrandt de lichtkogel na ontsteking door de in de motor aanwezige overdrachtslading.

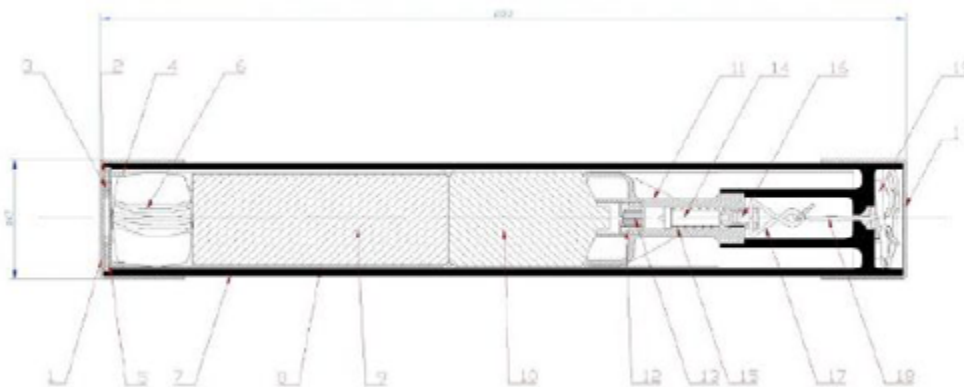
⁹ Vaste stuwstof wordt internationaal vertaald als *propellant*.



▲ Figuur 1:1: Aangezicht van de flare.



▲ Figuur 1:2: Aluminium binnen pijp waarbij het motordeel is ingeklemd.



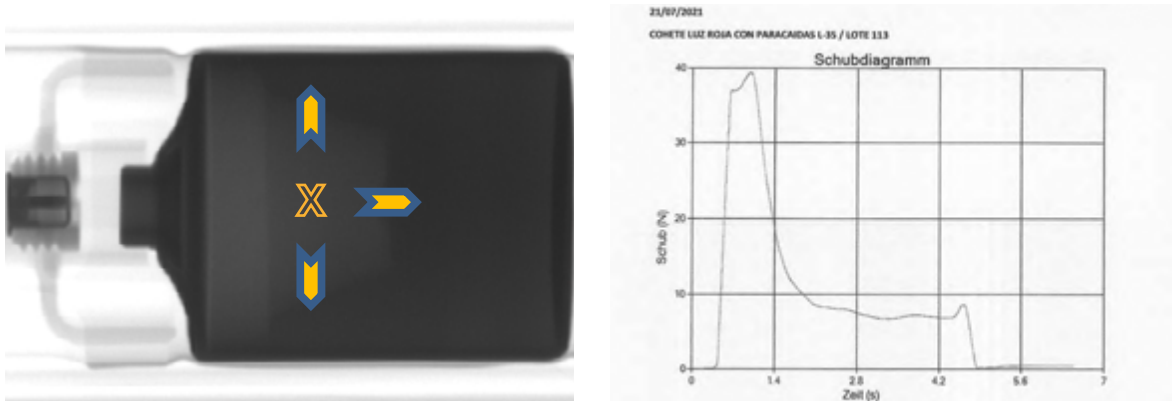
▲ Figuur 1:3: Doorsnede tekening flare, verklaring stuknummers op hoofdonderdelen: 1 Blauwe kapjes; 5 aluminium seal; 9 lichtkogeldeel; 10 motordeel met stuwlading [noot: motor is door de leverancier niet in detail getekend] 13 slaghoedje; 14 slagpin; 19 trekkoordje. Bron: Handleiding LECEA, zie bijlage A2.

Bereiding vaste stuwstof

De aandrijving van de flare kan vergeleken worden met die van een vuurpijl. Verbranding van de vaste stuwstof maakt dat verbrandingsgassen die ontstaan zorgen voor de bewegingsenergie van de motor. De ontsteker zorgt na activering voor de initiële reactie die de vaste stuwstof doet ontbranden. Doordat alle benodigde chemicaliën in de vaste stuwstof gebonden aanwezig zijn, kan de ontstoken 'motor' niet meer worden gestopt. De werking houdt pas op wanneer de vaste stuwstof is opgebrand. Bij het verbranden van de stuwstof ontstaan hete uitlaatgassen die door de werking van de venturi¹⁰ een hogere uittrede snelheid veroorzaken.

¹⁰ Een venturi is een doelbewust in een stromingskanaal voor vloeistof of gas aangebrachte vernauwing. Doordat het passerende medium een snelheidsverhoging ondergaat, ontstaat op die plek een drukverlaging: het venturi-effect.

De geperste vorm van de vaste stuwstof in de motor is bepalend voor het beschikbare brandoppervlakte en bepaalt daarmee het verbrandingspatroon in functie van de tijd. In het geval van de flare is gekozen voor een massieve vorm, met tegenover de venturi een holle conische vorm waarbij de verbranding start vanaf de top van de conus opbrandt (zie 'x'-markering in figuur 2) en uitbreidt; eerst naar beneden en vervolgens alle stuwstof opbrandt. De voorkant van het vlamfront verplaatst zich in lagen vanaf het mondstuk-uiteinde van het blok naar de bovenkant van de behuizing. De verbrandingsgassen produceren een sterke initiële stuwkracht, gevolgd door een vrijwel constante lagere stuwkracht totdat de stuwstof opgebrand is (zie de grafiek in figuur 3).



▲ Figuur 2 (links): Röntgenfoto van een van de flares van partij 113 (bewerkt). X markeert startpunt ontbranding vaste stuwstof. De drie pijlen geven de verbrandingsrichting aan. (X-ray © Gendarmerie France).

▲ Figuur 3 (rechts): Druk/tijd diagram vermogenstest partij 113. (Bron: © Lecea).

Productie

De flares worden in Spanje geproduceerd en zijn alleen verkocht via de Spaanse zakelijke verkooppunten, veelal nautische bedrijven. De producent van de flares heeft voor dit product een type goedkeuring dat voldoet aan de eisen van de SOLAS 74/96¹¹ en de IMO Res.MSC.81(70)¹² voorschriften.

De typegoedkeuring is na daadwerkelijke toetsing van het productieproces afgegeven door Lloyd's Register onder nummer LR2003518SSOM en is geldig tot mei 2025. Daarnaast heeft Lloyd's Register ook een *EC Type Examination (Module B en D) Certificate* onder nummer R22159802MB, ook geldig tot mei 2025. Met deze documenten is het product ook toegelaten in de Verenigde Staten¹³.

¹¹ International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, amendments 1996.

¹² International Maritime Organisation, RESOLUTION MSC.81(70) Revised recommendation on testing of live savings appliances.

¹³ Het certificaat is uitgegeven onder de *Mutual Recognition Agreement* tussen de EU en de VS. De test- en certificeringsvereisten zijn hetzelfde onder wederzijdse regelgeving.

De certificering vereist dat alle productiestappen worden gedocumenteerd en herleidbaar zijn. Waar het gaat om de aanmaak van de vaste stuwstof, de assemblage van de aandrijving van de flare (hierna de motor) en de geassembleerde lichtkogel worden ook testen uitgevoerd om te zien of de producten voldoen aan de eisen, zoals de ontbrandingssnelheid en de duur van de drijfvlaming na ontsteking. Dit behelst drie testen op het motordeel (de voorstuwing) tijdens de productiefase van iedere partij en tweemaal na de assemblage van maximaal 10 partijen. Het gaat dan om aselechte steekproeven uit partijen van de geproduceerde flares.

Voorafgaand aan het aanmaken van een nieuwe partij worden eerst ook enkele van de eigenlijke lichtkogeldelen aselekt getest om te zien of deze voldoen aan de gestelde eis qua lichtintensiteit en brandduur. Deze informatie is volgens de Onderzoeksraad voor dit onderzoek¹⁴ niet relevant voor de aandrijving en daarom niet opgenomen in de testen binnen het beschreven productiedeel.

¹⁴ TNO heeft een hypothese waarbij waterstof in het lichtkogeldeel een causaal verband kan hebben met de excessieve, te snelle verbranding in het motordeel (zie paragraaf 3.6 van dit rapport).

3 ANALYSE

Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft wat de mogelijke oorzaak kan zijn van het falen van de flare en welke stappen in het productieproces de aanleiding daarvoor kunnen zijn geweest. Als eerste wordt uitgelegd hoe de flare kon ontploffen, waarna de diverse stappen in het productieproces worden uiteengezet met daarbij aandacht voor welke invloed deze konden hebben op het uiteindelijke exploderen van de flare.

3.1 Excessieve verbrandingsnelheid stuwstof

Tijdens het afsteken van de flare zijn beeldopnamen gemaakt. Op grond van de beelden is vastgesteld dat na het activeren van de ontsteker, de vaste stuwstof in de motor zoals verwacht tot ontbranding is gekomen, zie figuur 4. Op de daaropvolgende beeldfragmenten¹⁵ (niet opgenomen in dit rapport) is te zien dat de explosie in twee trappen plaatsvindt. Eerst explodeert de motor en direct gevolgd door de lichtkogel [één frame $\approx 0,05$ seconde]. Tussen het ontsteken van de flare en de explosie zit een tijdverloop van vier frames: wat neerkomt op een tijdsverloop van circa $0,2 \approx 0,25$ seconden.



◀ *Figuur 4: Still van het afsteken van de flare met zichtbaar de eerste fase van de ontbranding van de vaste stuwstof en de start van de uitdrijven van het binnenwerk. (Bron: Bontekoning)*

In tegenstelling tot het beoogde gebruikelijke snelle verbrandingsgedrag, is de verbranding dermate excessief geworden dat dit leidde tot een te grote drukopbouw in de motor, met als gevolg de explosie. Na de explosie zijn een aantal restanten van de geëxplodeerde flare aan boord veiliggesteld, zie figuur 5.

¹⁵ Twee beeldopnamen van 9 en 8 seconden zijn voor het onderzoek gesplitst in 180 en 246 frames.



▲ Figuur 5: Veiliggestelde restanten van de geëxplodeerde flare, 1 januari 2023. (Bron: Bontekoning)

Om het exploderen van de flare te kunnen verklaren is het samenstelling van de stuwstof onderzocht. Het hoofdbestanddeel van de stuwstof is een zeer sterke oxidant en de samenstelling maakt dat veel zuurstof in chemische vorm beschikbaar is voor de verbranding. Deze chemische samenstelling in combinatie met voorgevormde inwendige vorm (dat wil zeggen: het beschikbare oppervlakte dat na de ontsteking gaat ontbranden) maakt dat de snelheid van de verbranding overeenkomt met de gewenste drukopbouw.

Holtes in de vorm van gasbellen en scheurtjes door bijvoorbeeld krimp zullen leiden tot toename van het beschikbare brandoppervlak, waardoor meer zuurstof voor de verbranding vrijkomt, waardoor de lokale verbranding extreem versnelt. De excessieve verbranding zal direct leiden tot een te grote druk. Het bezwijken van de behuizing van de motor is het gevolg van de druk die extreem snel oploopt en te hoog wordt, met als gevolg dat deze openbarst: de fysische explosie.

Uit de literatuur zijn ook nog twee andere faaloorzaken bekend.¹⁶ Zo bestaat de mogelijkheid van onthechting tussen de behuizing en de vaste stuwstof, waardoor ook extra verbrandingsoppervlakte ontstaat. Daarnaast is ook de mogelijkheid van scheurvorming in de vaste stuwstof een bekend probleem. Dit kan ontstaan als gevolg van te hoge spanningen en door holten die zijn ontstaan in het fabricageproces. Hierdoor ontstaat minuscule scheurvorming wat leidt tot extra brandoppervlakte. In theorie zouden deze faaloorzaken zichtbaar gemaakt kunnen worden middels röntgenfoto's. Maar gelet op de (massa)productie en de geringe afmetingen van de motor is het ondoenlijk om van alle flares röntgenfoto's te maken om fouten die tot explosie leiden te kunnen identificeren.

16 Reflectie TNO.

Tussenbevinding

Het is zeer aannemelijk dat een afwijking in het verbrandingsoppervlak heeft geleid tot de excessieve verbrandingssnelheid van de vaste stuwstof. Dit kon leiden tot een te hoge drukopbouw en daardoor tot het exploderen van de motor.

3.2 Röntgenonderzoek naar overgebleven flares

Doordat is vastgesteld dat het motordeel bezweek door de fysieke explosie als gevolg van de te hoge druk is op Tahiti direct non-destructief röntgenonderzoek gedaan aan de resterende flares.

Na het voorval is de bemanning verder gezeild naar de havenplaats Papeete op Tahiti, het grootste eiland van Frans-Polynesië. Hier zijn de resterende pyrotechnische middelen aan boord op verzoek van het Nederlandse Openbaar Ministerie (OM) door de Franse autoriteiten in beslag genomen. Met behulp van een rechtshulpverzoek van het OM zijn op verzoek van de Onderzoeksraad door het Franse leger röntgenfoto's gemaakt van de vijf resterende flares.¹⁷ Hoewel de foto's van goede kwaliteit zijn, zijn scheuren of onthechtingen lastig op de foto's te detecteren. De resterende flares voldoen op het eerste gezicht aan het te verwachten beeld. Wel zijn in de geperste vorm in twee motor-delen in de uitgeharde persing van de stuwbrandstof kleine afwijkingen in het contour te zien. Dit zou kunnen duiden op zogenoemde inhomogeniteit(en) als gevolg van onvolkomenheden tijdens het productieproces. Door het ontbreken van aanvullend onderzoek of voldoende referentiemateriaal is hierover vooralsnog geen oordeel te vellen.



▲ *Figuur 6: Röntgenfoto gemaakt op Tahiti van één van de flares van partij 113. (Bron: Gendarmerie France)*

Na het voorval hebben de Onderzoeksraad en het Nederlandse Openbaar Ministerie alles in het werk gesteld om de resterende vijf flares naar Nederland te halen voor onderzoek. Dit is door transportbeperkingen (vanwege de 'technisch verdachte'-aard van de flares) niet gelukt. In januari 2024 heeft het OM het lopende onderzoek gestaakt en zou het beslag worden opgeheven. Op 16 februari 2024 werd bij de Onderzoeksraad bekend dat de overgebleven flares zonder overleg met het OM inmiddels vernietigd zijn.

¹⁷ De foto's zijn goed van kwaliteit, 'gasbellen' van >1 mm zouden zichtbaar moeten zijn maar zijn niet aangetroffen, wat op zich goed is.

3.3 Motor van de flare

De motor (zie figuur 6) bestaat uit een gevulde en afgeperste houder met daarop een (later) gefelst deksel. Het gesloten motordeel is bestand tegen de normale (ontwerp) druk in de motor. De stuwkracht van de flare wordt verkregen doordat de gecompriëerde verbrandingsgassen van de vaste stuwstof de motor via de venturi verlaten. De venturi bestaat uit een korte vernauwde uitstroomopening, de 'keel'. Deze opening creëert doelbewust een lagere druk bij de uitlaat (buiten) ten opzichte van de druk bij de inlaat (in de motor), waardoor de uitstroomsnelheid verhoogd.

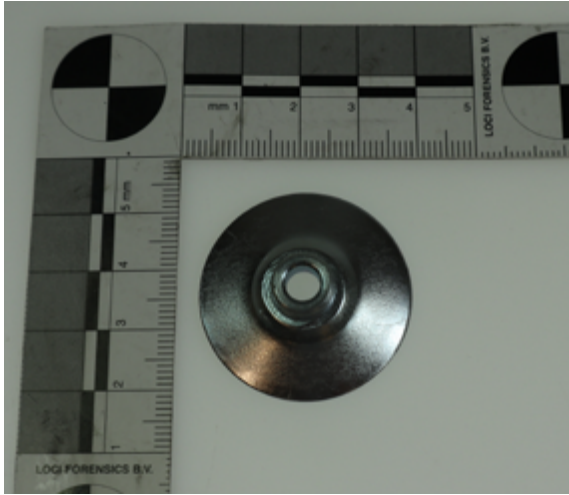
De deksel waarmee de motor wordt gesloten bestaat uit twee delen. De delen die de motor vormen, de behuizing, het deksel met de ingeperste venturi en de kartonnen inlay (zie verder 11) worden extern aangekocht. De wijze van plaatsing van de venturi in de deksel maakt dat deze nooit door een te hoge drukopbouw uit het deksel kan schieten.



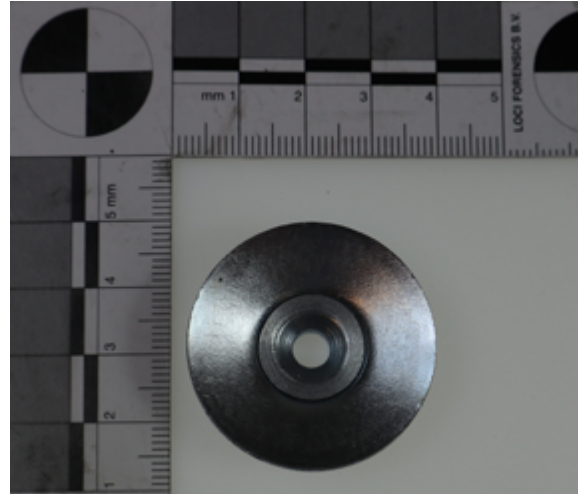
- ▲ *Figuur 7:1 (links): De motor zijaanzicht na sluiten (felsen) deksel.*
- ▲ *Figuur 7:2 (midden): Zicht op de onderkant venturi met de $\varnothing 5,5$ mm.*
- ▲ *Figuur 7:3 (rechts): Bovenkant motordeel met opening voor de overdrachtsontsteking naar de daadwerkelijke lichtkogel.*

Het deksel (zie figuur 8) wordt machinaal op de motorhouder gefelst¹⁸. Het is onwaarschijnlijk dat een onvoldoende sluiting van het motordeel heeft geleid tot ongecontroleerde verbranding van de vaste stuwstof buiten de behuizing van het motordeel. Wanneer het deksel niet goed bevestigd is dan is de drukopbouw in de motor te laag en is een explosie onwaarschijnlijk.

¹⁸ Felsen (ook wel omzetten, ombuigen genoemd) is een metaalbewerkingstechniek die gebruikt kan worden voor het verbinden van (dun) plaatmateriaal. De randen van de platen worden in elkaar gevouwen en aangedrukt.



▲ *Figuur 8:1: samenstel deksel, linker foto bovenaanzicht.*



▲ *Figuur 8:2: foto onderaanzicht met het ingeperste venturi deel.*

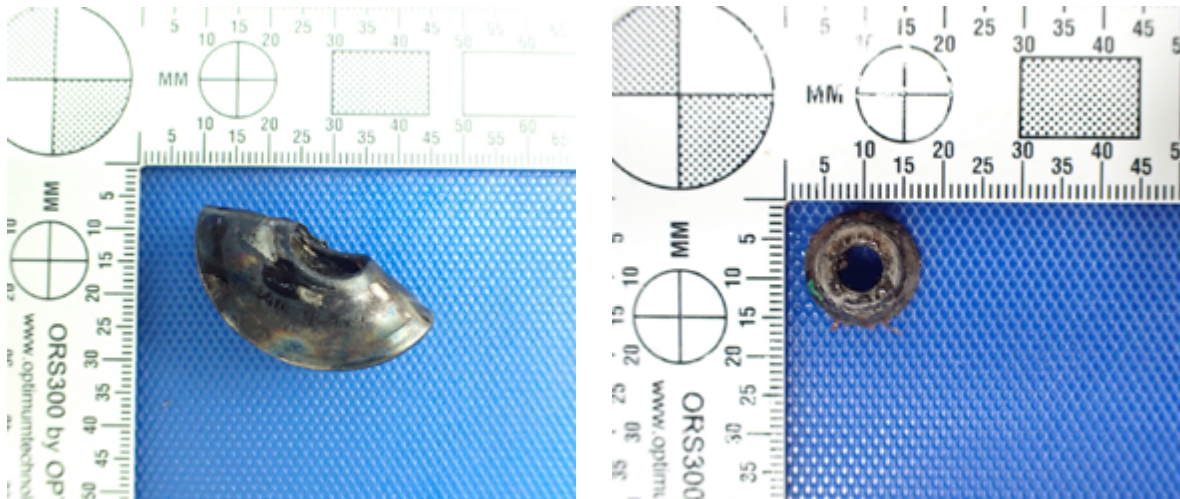
Op grond van de geanalyseerde beeldfragmenten, is vastgesteld dat de vaste stuwstof van de motor na de ontsteking direct ontbrandt en de aandrijving op gang komt. In figuur 4 is ook de uitsparing (uitstroomopeningen) in het aluminium binnenwerk zichtbaar. Dit toont aan dat de aandrijving op gang is gekomen.

Het samengestelde binnenwerk van de flare werd uitgedreven, dit is ook vastgesteld door het uittreden van het bovendeel met daarin de parachute (zie figuur 4).

Op grond van deze vaststelling is met zekerheid te stellen dat de verbrandingsgassen vrij via de opening in het motordeel de venturi konden verlaten en dat dit niet, of niet volledig verstopt is geweest.

Postmortaal onderzoek

Tijdens het postmortale onderzoek aan het lichaam van het slachtoffer zijn twee lichaamsvreemde delen aangetroffen, zie figuur 9. Deze deeltjes zijn afkomstig van de flare. Het gaat om de gefelste deksel van de motor. Deze delen hebben het inwendige letsel veroorzaakt die tot het overlijden van het slachtoffer hebben geleid. De vervorming van het dekseldeel en het uitdrukken van de ingeperste uitstroomopening (venturi) uit de deksel, zijn toe te schrijven aan de kracht van de explosie. Het is niet waarschijnlijk dat de vervorming werd veroorzaakt door de impact van deze twee delen tijdens binnendringen in het lichaam.



▲ Figuur 9:1 (links): De in het lichaam aangetroffen delen, bovendeel (deksel).

▲ Figuur 9:2 (rechts): de ingeperste venturi. (Bron: Australian Federal Police).

Tussenbevinding

Uit de vervorming en deling van de in het lichaam aangetroffen bovendelen (zie figuur 9) is te herleiden dat excessieve (te snelle) verbranding van de stuwstof heeft geleid tot te hoge druk en het exploderen van de motor.

3.4 Achtergrond en analyse vervaardiging geëxplodeerde flare

De vaststelling dat het motordeel is geëxplodeerd, maakt dat in het onderzoek verdiepend is gekeken naar de samenstelling van de flare, naar de productie van deze specifieke partij en in het bijzonder naar de vaste stuwstof omdat hier de excessieve verbranding heeft plaatsgevonden.

Processtappen

De flares aan boord van het schip behoorden tot een serie die is gefabriceerd in juli 2021, gekenmerkt onder partijnummer 0525/2021 – (35)113. In deze partij heeft de fabrikant circa 675 flares geproduceerd. Het procesverloop van de fabrikant voor de productie van flares kent verschillende en volgordeelijke stappen, zie bijlage A.4 voor de tijdlijn van het proces. Als uiteindelijk aan alle voorwaarden en producteisen is voldaan, wordt de partij met een verklaring vrijgegeven.

In de productie van de stuwstof zijn drie stappen volgordeelijk:

1. het aanmengen;
2. het drogen (lees: uitdampen); en
3. het uitharden van de stuwstof.

Na het aanmaken van het mengsel, wat de basis is voor de uiteindelijke (vaste) stuwstof, moet deze uitdampen; dit is na het mengen de eerste voorwaardelijke stap omdat anders luchtbellen kunnen ontstaan. Het mengsel bevat een toevoeging om een homogene mix te creëren. Tijdens het vul- en afpersproces van de motor zal het mengsel verder 'drogen' en daarom moet dit proces beheerst verlopen. Een te hoge temperatuur kan ertoe leiden dat de twee harscomponenten in het mengsel met elkaar zullen reageren, nog voor of tijdens het vullen en persen in de uiteindelijk vorm van de motor. De reactie, het eindelijke uitharden is mede afhankelijk van de specifieke harscomponenten.

Het mengsel moet in deze fase, gedurende de afvulperiode, verwerkbaar blijven. Deze tweede voorwaardelijke stap maakt dat de verwerkingstijd beperkt is in duur, en zo ook sprake moet zijn van een maximale verwerkingstemperatuur. Na het afvullen en het afpersen van de gevormde vaste stuwstof zal het product vervolgens geheel uitharden en zijn vaste vorm behouden zonder scheuren of vervormingen, de derde voorwaarde.

Om reden van risicoreductie (dat wil zeggen: het verkleinen van explosiegevaar met potentieel domino-effect) vinden de verschillende productiestappen plaats in verschillende, vrijstaande gebouwen. Dit maakt dat de gemengde nog verwerkbare stuwstof, en vervolgens ook de tussenproducten zoals de afgevlude motor, via de buitenlucht van gebouw naar gebouw worden verplaatst.

Na het vullen, afpersen en sluiten (felsen) van de motor komen alle onderdelen in de tussenopslag in het assemblagegebouw waar de flare uiteindelijk wordt samengesteld, bijeen. Hierna gaan de ingepakte flares naar de expeditie in afwachting van verzending.

Controlemomenten en vrijgave partij 113

Analyse van de procesdocumenten laat een aantal stappen in het proces zien die volgorde uitgeoerd moeten worden en voorwaardelijk zijn, dat wil zeggen het product moet voldoen aan de eisen. Voorafgaand aan de productie worden eerst drie lichtkogels getest op de brandduur en lichtopbrengst. Tijdens de feitelijke productie van de partij zijn met name de controlemomenten rond het motordeel van belang. Van partij 113 is op basis van de door Lloyd's Register vereiste controledocumenten, vastgesteld dat de positieve vermogenstest van de vaste stuwstof is uitgeoerd op 21 juli 2021 en is bedoeld als eerste initiële vrijgave om de partij af te vullen.

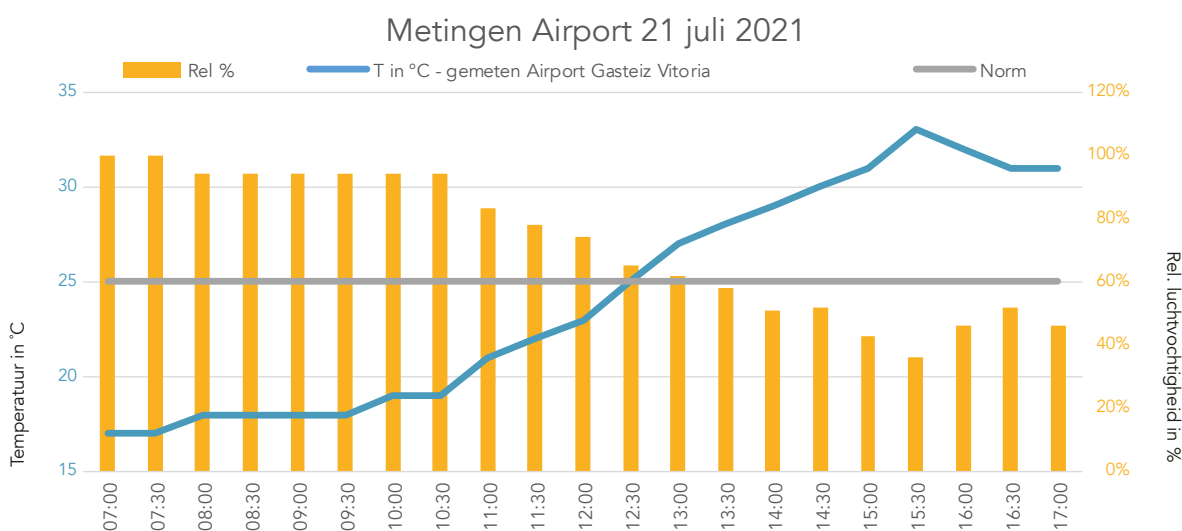
Per tien partijen geproduceerde flares moeten er aanvullende testen worden uitgeoerd. De vervolg testen bestonden uit de valtest (uitgeoerd op 23 juli 2021), de temperatuurtesten (uitgeoerd in de periode tussen 9 augustus en 9 september) en luchtvochtigheidsbeheersing (uitgeoerd in de periode 11 augustus en 26 augustus 2021).

Weersomstandigheden: afvullen partij 113 op 21 juli 2021

Temperatuur en luchtvochtigheid spelen een belangrijke rol in de beheersing van het aangemaakte mengsel in het gehele productieproces. In de uitdampruimte is de eis <25 graden en de relatieve vochtigheid <80%. Hierom is gekeken naar de lokale temperaturen en luchtvochtigheid ten tijde van het productieproces. Tijdens het afvullen van partij 113 zijn de omstandigheden (buitenluchttemperatuur en luchtvochtigheid) door de aanwezige medewerkers niet als afwijkend ervaren.

De locatie waar de flares worden geproduceerd is gelegen in Noord Spanje in het plaatsje Larrea (Barrundia). De productielocatie bestaat uit verschillende vrijstaande gebouwen op een grotendeels bosachtig perceel, gelegen op de zuidflank van een heuvel. Veel gebouwen, waaronder het gebouw met de vul- en afpersruimte staan in de zon.

Om inzicht te krijgen in de temperaturen tijdens de kritische productiedagen (mengen en afvullen) is gekeken naar een erkend meteo-meetpunt in de omgeving. Hemelsbreed en op nagenoeg dezelfde hoogte ligt op 20 kilometer afstand 'Airport Gasteiz Vitoria'. Wanneer de daar gemeten temperaturen¹⁹ worden uitgezet tegen de interne eis dat de 25 graden niet mag worden overschreden, dan geldt dat op 21 juli in de periode van 12.30 uur tot 20.30 uur de grens van <25 graden(in de droogkamer) in de buitenlucht werd overschreden. Ook heeft de luchtvochtigheid op 21 juli een sterk verloop gehad. Aanvankelijk was er sprake van ochtendmist, een relatieve vochtigheid van 100 procent. Vervolgens daalde de relatieve vochtigheid tot 88 procent en pas na het doorbreken van de zon daalde deze significant tot 38 procent. Het bedrijf heeft aangegeven dat de werkzaamheden, inclusief het schoonmaken om 14.00 uur waren afgerond. Hoewel onderstaande grafiek niet direct de temperatuur en luchtvochtigheid weergeven op de productlocatie maar op 20 km afstand, roepen de temperaturen en luchtvochtigheid wel de vraag op hoe het mengsel zich gedurende deze wisselende omstandigheden gedraagt. Het bedrijf heeft hierop verklaard dat vaker onder zomerse omstandigheden wordt geproduceerd.



▲ Figuur 10: Grafiek temperatuur en luchtvochtigheid verloop op 21 juli 2021, zie bijlage A.5.

Bron: <https://www.timeanddate.com/weather/@6355286/historic?month=7&year=2021>

19 Zie bijlage A.5 voor gedetailleerde meetgegevens op 21 juli 2021 - per 30 minuten.

Tussenbevinding

Partij 113 is op 21 juli 2021 gevuld en afgeperst waarbij vanaf 12.30 uur de temperatuur van de buitenlucht in de omgeving de grens van 25 graden snel oversteeg, zonder dat dit tijdens de productie als afwijkend aanvoelde voor de destijds aanwezige medewerkers.

Afkeur eerder geproduceerde partijen

Uit navraag is gebleken dat in de afgelopen tien jaar tijd vijf partijen motoren zijn afgekeurd en vernietigd:

- ▶ Partij 401, januari 2014. Door een breuk in de hydraulische pers kon de compositie niet op tijd worden geperst en is de partij vernietigd.
- ▶ Partij 402, januari 2014. Na reparatie van de pers bleek dat de druk niet goed kon worden afgesteld. Men kon hierdoor niet op tijd vullen- en afpersen en is ook deze partij vernietigd.
- ▶ Partij 414, juni 2014. Defect in de pomp van de pers, de partij kon niet worden geperst en is vernietigd.
- ▶ Partij 009, augustus 2020. Het aangemaakte mengsel bleek niet correct gemengd en hierdoor niet homogeen. Uit de test bleek dat de verbranding vervolgens niet gelijkmatig was. De partij is vernietigd.
- ▶ Partij 114, augustus 2021. Door een defect in de temperatuursensor van de klimaatinstallatie bleek dat de temperatuur in de droogruimte door het proces te hoog was opgelopen. Bij het betreden van de ruimte werd vastgesteld dat de temperatuur ruim boven de 25 graden lag, mogelijk richting de 40 graden en dat de samenstelling al te ver was gedroogd, waardoor deze niet goed kon verdichten. Partij 114 is hierop vernietigd.

Tussenbevinding

De defecte temperatuurmeting in de droogruimte is pas na de 'uitdamp'-periode van partij 114 ontdekt. De controle van de meting is gedaan nadat sprake was van een 'gevoelde' veel te hoge temperatuur in de droogruimte. Op de temperatuurregeling en/of de meting zat geen kwaliteitsbewaking.

Het kan dan ook niet uitgesloten worden dat de meting ook al eerder bij de productie van partij 113 niet goed functioneerde, waardoor mogelijk de temperatuur kon oplopen zonder dat dit opviel. Niet in het extreme zoals bij partij 114 werd opgemerkt, maar wel boven de 25 graden.

3.5 Analyse van mogelijke oorzaken explosie

Vastgesteld is dat de flare die bewuste avond op de juiste wijze is afgestoken, conform de instructie en binnen de uiterste houdbaarheidsdatum (UHD). Voor zover bekend hebben zich aan boord van het schip geen problemen voorgedaan in relatie tot de opslag van de flares, zoals vocht en/of te hoge temperaturen aan boord van het schip. Onduidelijk blijft of de flare in het traject tussen de fabriek en aankomst op het schip, dus voorafgaand aan het afsteken, is blootgesteld aan trillingen. Om die reden focust het onderzoek zich op het fabricageproces van de flare. Het vervaardigingsproces is gecertificeerd, wordt ge-audit en kent zodoende een aantal waarborgmomenten.

Desondanks zijn er een aantal potentiële zogenoemde blinde vlekken in het productieproces. Volgens de Onderzoeksraad zijn dit twee mogelijke oorzaken voor het exploderen van de motor. De eerste mogelijke oorzaak is het uitdrogen en uitharden tijdens het productieproces. De tweede mogelijke oorzaak is het ontbreken van een kartonnen inlay. TNO heeft een derde mogelijke oorzaak te berde gebracht. Alle drie worden hieronder toegelicht.

Mogelijke oorzaak 1: Tekortkomingen in de procesbewaking in het traject samenstellen en drogen

Om een nieuwe partij motoren te kunnen vullen, maakt de fabrikant een mengsel aan wat de uiteindelijke stuwstof vormt. Dit is een nauwkeurig proces waarbij de stoffen in volgorde, na afweging, worden gemengd. Na het uitdampen zal het mengsel uiteindelijk uitharden tot stuwstof. De hoeveelheid die wordt aangemaakt moet de volgende dag voordat het mengsel is uitgehard zijn verwerkt. Dit maakt dat de hoeveelheid die aangemaakt - en verwerkt wordt gelimiteerd is.

Na het mengen worden de drie bakken met mengsel vanuit de mengkamer overgebracht naar de droogruimte, gelegen aan de ander kant in het menggebouw(tje). Hier moet het mengsel een aantal uur uitdampen bij een vastgestelde temperatuur. De ruimte is voorzien van een airco die zou moeten zorgen dat de temperatuur in de ruimte niet oploopt boven de 25 graden. Ook mag de luchtvochtigheid niet hoger zijn dan 80%.

Tijdens de productie van de bij het voorval betrokken flare verbleef het mengsel hier tot de ochtend van 21 juli 2021 en is vervolgens het naar de afvul- en persruimte gebracht. Een maand later bleek dat de temperatuurbehandelingsinstallatie niet naar behoren werkte door een defect thermokoppel. Dit leidde er toe dat de volgende partij (nummer 114) te warm en zodoende te droog was geworden en is hierop afgekeurd. Dit is in eerste instantie vastgesteld door een te hoge gevoelstemperatuur en pas later door een daadwerkelijke meting. De droogruimte, is niet uitgerust met een logging en/of externe temperatuur-bewaking (doormelding). Hierdoor is ook het droogproces niet bewaakt. Het op het oog vaststellen of het mengsel nog te verwerken is, is de enige vorm van kwaliteitsbewaking.

Tussenbevinding

Tijdens het uitdampproces wordt niets gelogd. Ook de koeling kent geen bewaking anders dan het fysiek waarnemen van de temperatuur of op het oog vaststellen of sprake is van een reeds ingezette droging van het mengsel. Zo kon het gebeuren dat partij 114 te warm was geworden en dit pas werd bemerkt toen het mengsel te droog was om nog te verwerken.

Na het uitdampen zijn de drie bakken met mengsel de volgende dag overgebracht naar de vul- en afpers machine in een gebouw op circa 100 meter afstand.

Voor dit deel van het proces zijn twee stappen voorwaardelijk:

1. de beschikbare afvultijd is bepaald door de beschikbare werktijd van de operator en
2. het uitharden van het mengsel.

In de regel wordt in dagdienst gewerkt tussen 06.00 uur en 14.00 uur. Gelet op de ervaring in de verwerking is het noodzaak om het mengsel voor het einde van de werktijd verwerkt te hebben omdat het materiaal anders verhardt en de installatiedelen niet meer schoon-gemaakt kunnen worden.

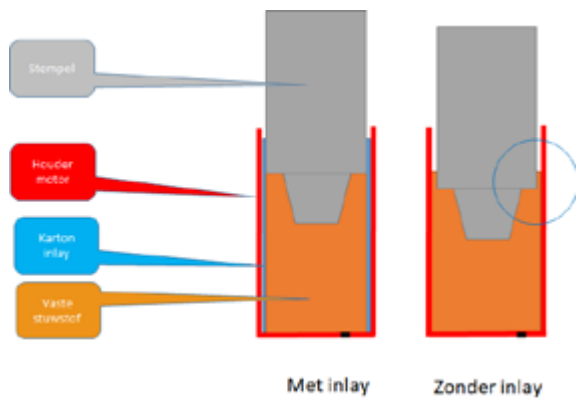
Voorafgaand aan het uiteindelijke afvultraject is het motordeel voorzien van een losse cilindrische kartonnen *inlay*. Het doel van deze *inlay* is tweeledig, namelijk vermindering van de warmteoverdracht tijdens de verbranding en voorkomen van vonkoverdracht bij het afpersen.

Mogelijke oorzaak 2: ontbreken cilindrische kartonnen inlay

Ondanks dat de fabrikant het zeer onwaarschijnlijk acht, is het niet uit te sluiten dat de cilindrische kartonnen *inlay* niet aanwezig is tijdens het afvullen. De fabrikant stelt dat de aanwezigheid van de *inlay* voorwaardelijk is, wat wordt ingegeven door het veronderstelde risico van vonkvorming dat kan optreden bij contact tussen de metalen huls van de motor en de metalen stempel van de pers. Vonkvorming is onaanvaardbaar maar de afwezigheid van de kartonnen *inlay* hoeft, gelet op installatie en werkwijze, niet te leiden tot de veronderstelde vonkvorming.

Metallisch contact dat kan leiden tot een vonk, is namelijk nagenoeg uitgesloten. Bij het afpersen van het mengsel zit het motordeel in de houder volledig gefixeerd. De stempel van de langzame bewegende hydraulische pers heeft een vaste slag en de delen zullen elkaar niet raken en zo ook geen vonken veroorzaken (zie figuur 11).

Als de stuwstof in het motordeel zonder kartonnen *inlay* wordt afgeperst dan wordt de bovenrand gelijk aan de diameter van het motor deel niet afgeperst en veroorzaakt een ongewenste rand. Hierdoor kunnen in deze rand (micro) scheuren en holtes ontstaan tijdens het uitharden, wat kan leiden tot extra verbrandingsoppervlakte.



◀ Figuur 11: Dwarsdoorsnede tekening motordeel tijdens het afpersen met effect zoals te zien is met en zonder kartonnen inlay.

Tussenbevinding

Ondanks dat de fabrikant het zeer onwaarschijnlijk acht, kan een foute vulling en afpersing van een flare zonder kartonnen *inlay* niet worden uitgesloten en is het technisch mogelijk.

Bij het ontbreken van een kartonnen *inlay* worden de randen niet afgeperst, waardoor ongewenste overgangen ontstaan die kunnen leiden tot extra verbrandingsoppervlakte.

Het afvul- en perstraject kent een aantal stappen. Na het plaatsen van het motordeel in de carrousel wordt deze gevuld met zwartkruit. Deze dosering van het zwartkruit dient als *prime* voor de ontsteking en ook als *prime* ofwel vlamdoorvoerder voor de lichtkogel na uitbranden van de motor. Vervolgens wordt in de volgende positie mengsel toegevoegd en hierna in een volgende positie opnieuw zwartkruit. Deze dosering dient als accelerator voor de ontbranding van de stuwstof. Uiteindelijk wordt de inhoud samengeperst. Als laatste stap haalt de operator het gevulde en afgeperste motordeel uit de carrousel en plaatst de motor in het rek.

Volgens de Onderzoeksraad vindt het vullen en persen van de motor in een relatief matig verlichte ruimte plaats. Het plaatsen en uitnemen van de motor is routinewerk, waarbij alleen verstoringen in het proces de vraag om extra aandacht zullen genereren. In deze werkruimte is geen sprake van temperatuurconditionering door een airco en/of bewaking van de bakken met mengsel. Er is geen zicht op de temperatuur van het mengsel en het ingezette droogproces. Doordat de omgevingstemperatuur tussentijds niet wordt gemeten, bestaat de kans dat het mengsel ongemerkt uithardt.

Nadere analyse leerde dat tijdens het afvullen van partij 113 de omgevingstemperatuur uiteindelijk is opgelopen tot 33 graden om 15.30 uur. Ondanks het feit dat door de leverancier is aangegeven dat men gewend is om met hogere temperaturen te produceren, kan de hogere temperatuur het uitharden versnellen en zo ook kans op afwijkingen vergroten. Met name kleine holtes, maar ook scheurtjes, kunnen in deze fase tijdens het persen ontstaan zonder dat deze opgemerkt kunnen of zullen worden.

De enige controle op de producten zijn de eerder benoemde drie testen (zie *Controle-momenten en vrijgave partij 113 in paragraaf 3.3*). Echter, deze testen bestaan uit steekproeven en hoeven niet representatief te zijn voor het einde van het afvulproces. Ook kan de vraag opgeworpen worden in hoeverre de vaste stuwstof tijdens de eerste test voldoende is uitgehard om representatief te zijn.

Tussenbevinding

De testen op de motoren zijn slechts een indicatie op de algemene samenstelling van de vaste stuwstof.

Ondanks dat er sprake is van bestaande productiemethodiek, moet de vraag gesteld worden in hoeverre het huidige proces van het produceren van circa 675 motoren in een tijdsbestek van zes uur, in ongecontroleerde temperatuur- en vochtigheidsomstandigheden beheersbaar is.

3.6 Mogelijke derde oorzaak

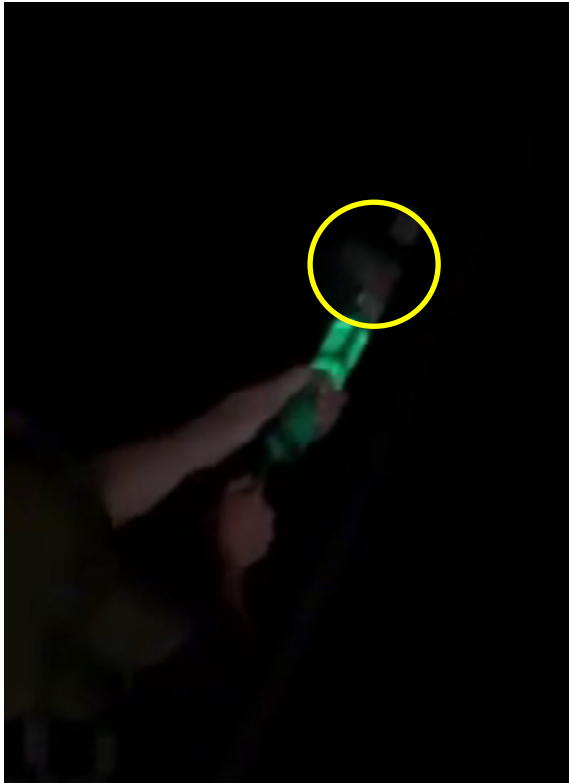
De Onderzoeksraad heeft zijn bevindingen van dit onderzoek voorgelegd aan deskundigen van TNO voor kwaliteitsborging en tegenspraak. Naast de reflectie op dit onderzoek, waarbij TNO onderschrijft dat het falen van het motordeel het gevolg is van een excessieve verbranding, kan ook TNO niet met zekerheid vaststellen wat de excessieve verbranding heeft doen veroorzaken.

Naast de twee hierboven behandelde mogelijke oorzaken in relatie met eventuele productieafwijkingen ziet TNO nog een mogelijke oorzaak. TNO stelt:

De beelden die tijdens het incident zijn gemaakt, tonen details die niet te verklaren zijn. Aan de voorzijde van de flare en net boven de hand van het slachtoffer zijn vlamverschijnselen te zien, vlak na het moment van activering van de flare. Op basis van de posities van de filmers ten opzichte van het slachtoffer, is het zeer onwaarschijnlijk dat dit lichtreflecties zijn op de flare of op de kabel van het grootzeil of andere onderdelen van het schip. Deze vlamverschijnselen zouden kunnen duiden op initiatie vanaf de voorzijde van de flare (boven de motor). Op basis van de goed zichtbare afmeting van de uitstroomopening in het aluminium binnenwerk zijn de dimensies van de flare, het aluminium binnenwerk, de uitstroomopening, de locatie van de motor, de lichtkogel en parachute vlak voor de explosie te zien.

Wat TNO opvalt is een zwarte vlek tussen twee zichtbare grijze vlakken (zie figuur 12). Deze details zijn voor TNO niet te verklaren vanuit het normaal functioneren van de flare. De lichtkogel zelf bevat voor het beoogde effect magnesium.

Magnesiumhoudende composities²⁰ kunnen als ze in contact komen met vocht waterstofgas produceren. De mogelijke aanwezigheid en ontsteking van waterstofgas, bijvoorbeeld door statische elektriciteit, zou de lichtkogel en de motor simultaan kunnen ontsteken. Dat kan via het gat aan de bovenzijde van de motor. Het tegelijkertijd ontsteken van de vaste stuwstof aan de onderzijde en de bovenzijde van de motor zou ook kunnen leiden tot excessieve drukopbouw en explosie van de motor.



▲ *Figuur 12: Het niet zichtbare deel*

TNO wijst er in dit verband op dat de afwijkingen die men afleidt aan de analyse van de beschikbare beelden, mogelijk ook een aanwijzing kunnen zijn voor het scenario dat de vaste stuwstof in de motor gelijktijdig aan de bovenzijde – dus aan de kant van lichtkogel – is ontstoken door ontsteking van eventueel aanwezig waterstofgas dat door de wrijving tot ontbranding is gekomen.

Deze hypothese van TNO kan niet uitgesloten worden. Gezien het feit dat het bovendeel van de flare met aluminium seal is afgedicht, lijkt de kans op vochtintrede klein en daarmee ook op het ontstaan van waterstofgas. De kans op het ontbreken van deze seal is klein, omdat deze na het aanbrengen goed zichtbaar is als de blauwe dop wordt aangebracht.

Tussenbevinding

TNO wijst op de mogelijke aanwezigheid en ontsteking van waterstofgas, bijvoorbeeld door statische elektriciteit, hetgeen de lichtkogel en de motor simultaan zou kunnen ontsteken. Het tegelijkertijd ontsteken van de vaste stuwstof aan de onderzijde en de waterstofgas aan de bovenzijde van de motor zou vervolgens ook kunnen leiden tot excessieve drukopbouw en explosie van de motor.

²⁰ Pyrotechniek gebruikt voor licht-effecten bevatten metaaldeeltjes. Magnesium is een veelgebruikte metaalsoort in de pyrotechniek.

3.7 Kwaliteitsborging via typegoedkeuring

Aanvullend op de hierboven uiteengezette drie mogelijke oorzaken is het volgende van belang voor de analyse van het flare-ongeval. Voor de flare is een typegoedkeuring verleend namens Lloyd's Register Marine in Duitsland als *notified body*.²¹ De certificering vereist dat alle productiestappen worden gedocumenteerd en herleidbaar zijn. De fabrikant, LECEA, heeft naar eigen zeggen de productie stappen geborgd in een aantal productievoorschriften. Deze procedures zijn tijdens in het onderzoek ingezien en geanalyseerd. De typegoedkeuring is na daadwerkelijke toetsing van het productieproces afgegeven door Lloyd's Register onder nummer LR2003518SSOM en is geldig tot mei 2025.

Zo is het proces beschreven waar het gaat om de aanmaak van het mengsel voor de vaste stuwstof, het afvullen en de assemblage van de integrale aandrijving van de flare (de motor) en het samenstellen van de geassembleerde lichtkogel. De productiestappen worden gerapporteerd en bij eventuele afwijkingen moeten de medewerkers dit direct melden. Ook worden de voorgeschreven testen uitgevoerd om te zien of de producten voldoen aan de eisen, zoals de ontbrandingsnelheid en de duur van de drijfvlading na ontsteking.

Dit behelst drie testen vooraf om te bezien of de aangekochte lichtkogel de juiste brandduur en lichtopbrengst heeft en drie testen op de motor of de vaste stuwstof de juiste stuwkracht opbrengt tijdens de productie fase. Tot slot volgen nog twee keer drie testen, die plaatsvinden iedere tien partijen. Het gaat dan om aselechte steekproeven tijdens- en na productie.

In procedure IPO-03.9 worden eventuele geconstateerde defecten gekwalificeerd in een drietal groepen: Deze aangegeven categorieën zijn: *CRITICAL DEFECTS*, *MAJOR DEFECTS*, *MINOR DEFECTS*.

In de voorschriften zijn afkeurcriteria opgenomen. In categorie *critical* is opgenomen dat als: *Explosion of the rocket during firing or during some of the final tests and trials to which they have been subjected, or poor functioning with risk to the user*, de partij bij constatering vervolgens onherroepelijk moet worden geblokkeerd. *The lot will be rejected, without the possibility of counter testing, if a single critical defect appears.*

Deze vervolgstap in het handelen, als een dergelijk defect is vastgesteld, is een op papier gestelde procedure en geeft geen volledige garantie voor de rest van de partij.

In het onderzochte voorval zijn verschillende testen uitgevoerd, die zoals is vastgesteld voor de niet geteste geëxplodeerde flare, geen garantie boden.

²¹ Een notified body (NB, NoBo) is een door de overheid/ overheidsorganisatie in dit geval Solas aangewezen instelling voor de keuring van producten in het kader van de verplichtingen zoals voor CE-markering.

Tussenbevinding

Interne procedures en de accreditatie door Lloyd' s Register als *notified body* dragen bij aan de vergroting van productveiligheid, maar geven nooit volledige garantie op een veilig product. Zolang kritieke voorwaarden niet worden gemeten en gelogd (zoals temperatuur en vochtigheid), kunnen er onopgemerkte afwijkingen mogelijk zijn.

4 CONCLUSIES

Ondanks het feit dat de Onderzoeksraad voor Veiligheid in dit onderzoek geen bevoegdheden in het buitenland had om informatie of medewerking te vorderen, heeft de Onderzoeksraad in het onderzoek volledige medewerking gekregen van fabrikant LECEA en is hierdoor in staat om een deel van de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Op grond van de beschikbare informatie is vastgesteld dat de pyrotechnische veiligheidsmiddelen aan boord van het schip voldeden aan de geldende eisen, dat de houdbaarheidsdatum niet verstreken was en dat deze goed waren opgeborgen. Tevens is vastgesteld dat de flare op de juiste manier is afgestoken.

Verder is vastgesteld dat het faalmechanisme dat de flare heeft doen exploderen het direct gevolg is van de excessieve verbranding van de vaste stuwstof. Dit leidde tot een extreme en te grote drukopbouw, met als gevolg dat de motor explosief openbarstte.

Uit de beschikbare informatie is niet met zekerheid af te leiden wat de excessieve verbranding heeft veroorzaakt. Complicerend in het onderzoek was dat deze zeer ernstige afwijking zich pas bij het gebruik openbaarde. Tot nu toe zijn bij de teruggeroepen flares in Spanje en de geblokkeerde flares op Tahiti waarvan röntgenfoto's zijn gemaakt, geen problemen of afwijkingen vastgesteld.

Toch constateert de Onderzoeksraad blinde vlekken in de kwalitatieve borging van het productieproces als mogelijke oorzaken van de explosie:

- ▶ Tijdens het afvullen in een relatief lange periode is geen zicht op de kwaliteit van de samenstelling van het mengsel gedurende het drogen en / of aanvangen van het uitharden, met name in de laatste periode van het afvullen.
- ▶ De mogelijkheid dat de kartonnen *inlay* niet in het motordeel zat blijft aanwezig. Deze blinde vlek kan hebben geleid tot een vergroot verbrandingsoppervlakte. Het is daarom op voorhand niet uit te sluiten in het ontstaan van de opgetreden excessieve verbranding.
- ▶ Tot slot is ook het alternatieve TNO-scenario, van de simultane ontsteking door waterstofgas van de stuwstof, niet uit te sluiten als mogelijke oorzaak.

Dat het, zover bekend, gaat om één voorval met een flare van Pirolec maakt dat niet generiek gesteld kan worden dat er sprake is geweest van een duidelijke systeemafwijking in de productie van partij 113.

Voor de flare is een typegoedkeuring verleend door Lloyd's Register Marine in Duitsland. Een typegoedkeuring kan in de praktijk de verwachting wekken dat daardoor het veilig gebruik van een product wordt gegarandeerd, maar een typegoedkeuring geeft alleen aan dat het product, indien geproduceerd en geassembleerd zoals bedoeld, voldoet aan een vastgestelde standaard. Interne procedures en de accreditatie door Lloyd' s Register als *notified body* dragen bij aan de vergroting van productveiligheid. Gelet op de gesignaleerde blinde vlekken, kunnen er echter onopgemerkte afwijkingen mogelijk zijn.

5 AANBEVELINGEN

Op basis van de bevindingen in dit onderzoek zijn lessen te leren. De Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft geconstateerd dat het productieproces van de betrokken flares blinde vlekken kent. Het feit dat zich niet eerder een ongeval heeft voorgedaan met dit type flare, maakt dat niet generiek gesteld kan worden dat er sprake is geweest van een duidelijke systeemafwijking in de productie. Dat zich nu wel een ongeval heeft voorgedaan en gelet op het belang van de luchttemperatuur en luchtvochtigheid in de fase van het vullen en afpersen van de motoren met mengsel wat uiteindelijk de vaste stuwstof vormt, doet de Onderzoeksraad de volgende aanbevelingen:

Aan LECEA als producent van de Pirolec flare:

1. Integreer in het productieproces beheersmaatregelen die mogelijk maken dat omgevingstemperaturen en/of te hoge luchtvochtigheid gemonitord worden.
2. Integreer in het productieproces beheersmaatregelen die borgen dat de kartonnen *inlay* altijd in het product aanwezig is.

Aan Lloyds Register Marine in Duitsland als 'notified body':

3. Verifieer of de werkwijze, en de voorgeschreven borgingsstappen, op basis waarvan de typegoedkeuring voor dit type flare is verstrekt, nog steeds valide zijn en neem daarin het monitoren van luchttemperatuur en luchtvochtigheid mee.

BIJLAGE A AANVULLENDE INFORMATIE

A.1 Repatriëring slachtoffer

Na de explosie aan boord van de Bontekoning bleek dat het leven van het slachtoffer niet meer te redden was en is in samenspraak met de ondersteunende arts de dood vastgesteld.

Hierdoor werd de schipper geconfronteerd met een situatie, dat het niet mogelijk was om het lichaam om binnen de termijn²² van 36 uur in een haven over te dragen.

Na tussenkomst van Nederlandse Kustwacht is de BCC Maryland, een vrachtschip varende onder de vlag van Antiqua en Barbuda op vier uur varen afstand, bereid gevonden om de bemanning van de Bontekoning te assisteren.

Gelet op de bestemming van de BCC Maryland, New Castle in Australië en de daar geldende strenge eisen was het voor de Maryland niet mogelijk om het lichaam over te nemen. Dit zou verregaande consequenties hebben voor de bemanning van de Bontekoning.

Hierop heeft de Onderzoeksraad via zijn internationale contacten met de zusterorganisaties in Antiqua en Barbuda, Duitsland, Australië, de reder en de kapitein van de BCC Maryland het initiatief genomen om het lichaam toch over te kunnen brengen naar de BCC Maryland.

Na intensief overleg met genoemde partijen en in het bijzonder de Australian Federal Police in de deelstaat New South Wales en de kapitein van de BCC Maryland is het mogelijk geworden om het lichaam, onder beslag van de Onderzoeksraad aan boord te laten nemen van de BCC Maryland.

Na aankomst in New Castle hebben de Australische autoriteiten vervolgens, na een rechtshulpverzoek van het Nederlandse Openbaar Ministerie het beslag overgenomen en is op verzoek van de Onderzoeksraad en het OM post mortum onderzoek uitgevoerd. Uiteindelijk is het slachtoffer op 30 januari gerepatriëerd naar Nederland.

²² Artikel 22 besluit wet op de lijkbezorging

A.2 Handleiding

Red Parachute Rocket L-35



DESCRIPTION: Distress handheld signal used in all types of boats and vessels including in leisure crafts, rafts and lifeboats. Designed to comply with SOLAS 74/96 and IMO Res.MSC.81(70) regulations. It withstands exposure to extremely adverse weather conditions and functions properly even after being submerged under water. Parachute rocket to be launched by hand. Expels an intense red light at a height of more than 300 metres height by a parachute. Easy grip and quick workability in emergency situations.

APPLICATIONS:

As a distress signal for all kinds of boats, it is suitable for day or night use with long distance visibility.

LIGHT COLOUR: Bright Red

DURATION: More than 40 seconds

LIGHT INTENSITY: More than 30,000 candles

IGNITION METHOD: Percussion ignition

DIMENSIONS: ø45x280 mm.

GROSS WEIGHT: 450 g

STANDARD CARTON PACKAGING:

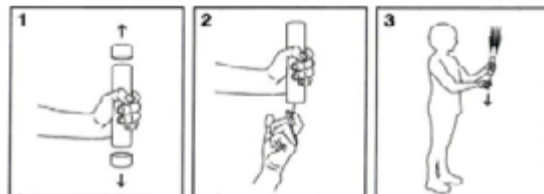
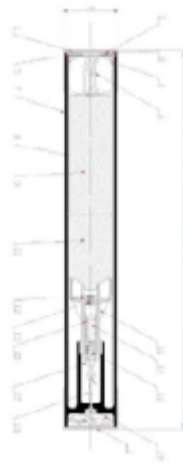
35 units

Weight: 16KG

Carton Dimensions- 310 x 250 x 335 mm



SPECIFICATIONS:



Atención!
Peligro de incendio o de proyección.
Mantener alejado de fuentes de calor,
el agua, fuego abierto o superficies
calientes. No fumar. No luchar contra
el incendio cuando el fuego llega a los
explosivos. Evitar el contacto directo.
Almacenar en un lugar seco, protegido
de fuentes de ignición.

Warning!
Explosive, fire, blast or projection hazard.
Keep away from heat/open flames/
flaming hot surfaces. — No smoking.
DO NOT fight fire when fire reaches
explosives. Store in a dry place
protected from sources of ignition.



PIROTECNIA LECEA, S.A.

Barrio Epiztegia, 3, 01280 Larrea- Barrundia, Álava SPAIN
t + 34 945 31 70 24 m +34 619 412 083 e direccion@pirolec.com
www.pirolec.com

A.3 Waarschuwing



Datum 19 januari 2023

Bladnummer 1 van 2

Bezoekadres
Lange Voorhout 9
2514 EA Den Haag
T 070 333 70 00

Postadres
Postbus 95404
2509 CK Den Haag
onderzoeksraad.nl

- Aan bezitters van de Red Rocket Parachute Flare L-35 (Pirolec)

Onderwerp Waarschuwing gebruik Red Rocket Parachute flare L-35 (Pirolec)

De Onderzoeksraad voor Veiligheid roept alle bezitters van de **Red Rocket Parachute flare L-35 / L-35A (Pirolec)** op kennis te nemen van deze waarschuwing.

In de nacht van 1 januari 2023, is aan boord van een Nederlands zeilschip op de Stille Oceaan een opvarende om het leven gekomen bij het afsteken van een lichtkogel, een zogenaamde flare.

De flare voldeed aan de gebruikseisen. Deze is door het slachtoffer, een ervaren zeezeiler, conform de instructie afgestoken. De lichtkogel werd hierbij niet zoals bedoeld gelanceerd, maar explodeerde direct. Dit is de gebruiker fataal geworden.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is na kennisname van het voorval een verkennend onderzoek gestart. Uit de eerste analyse van het beschikbare onderzoeksinformatie heeft de Onderzoeksraad nog niet vast kunnen stellen of het gaat om een eenmalig incident of een meer structureel probleem. Gezien de aard van het voorval bestaat het risico dat het niet een eenmalig incident betreft.

Vanwege dit risico is er contact gezocht met de fabrikant in Spanje. De fabrikant heeft inmiddels zijn afnemers in Spanje gewaarschuwd en een terugroepactie in Spanje ingezet, aangezien dit product volgens de fabrikant alleen in Spanje wordt verkocht.

Het voorval toont echter aan dat bezitters zich ook buiten Spanje bevinden. Spanje kan bijvoorbeeld een laatste bevoorradingsstation zijn voor trans-Atlantische of mediterrane (zeil)tochten.

De Onderzoeksraad roept daarom uit voorzorg met deze veiligheidswaarschuwing alle bezitters van **Red Rocket Parachute flare van Pirolec, type L-35/ L35A, batch 0525/2021 – 113**, op deze flares van deze batch niet te gebruiken en te vervangen.

Hoogachtend,
DE VOORZITTER VAN DE ONDERZOEKRAAD VOOR VEILIGHEID

Namens deze,
DE ALGEMEEN SECRETARIS VAN DE ONDERZOEKRAAD VOOR VEILIGHEID

mevrouw mr. C.A.J.F. Verheij

Red Rocket Parachute flare L-35 / L-35A (Pirolec)



Pirolec Red Rocket Parachute flare L-35

©2022 LECEA Sistemas Pirotécnicos Avanzados, S.A.



Pirolec Red Rocket Parachute flare L-35A
Ongevals batch 0525/2021 113 08/2021 – 08/2025

Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid

Larrea, 17 January 2023

Subject: Recall of lot 113 of rockets with the commercial designation L-35A

We hereby inform you that we received notification of an accident involving an L-35A rocket from lot 113, manufactured in August 2021. Taking into account the information received, as a preventive measure, it has been decided to recall all rockets of the aforementioned lot. Likewise, it is recommended not to use the L-35A rockets marked with the lot number 113 and to facilitate their return to the factory.

To this end, once this communiqué has been published, all customers who have received rockets from lot 113 will be contacted, indicating the delivery note number and date of sale of the product so that, in turn, they can contact the end customers and proceed with the recovery of the articles. Rockets or equipment withdrawn will be replaced immediately, free of charge.

We regret the inconvenience that this situation may cause, but we understand that it is the quickest and safest preventive solution for the end customer.

We are at your disposal for any questions you may have.

Yours sincerely,

A.4 Tijdenlijn

Processtap/ tijdstip	Datum	Opm1	Opm1
Partij 113 mengsel aanmaken	20-07-2021	Mengen in de ochtend	Hierna verblijf van 20-21 uur in de droogkamer bij ca. 20°C. max ≤ 25°C
Partij 113 vullen en afpersen	21-07-2021	Overgebracht naar vulkamer.	Vullen en afpersen zes stappen. Plaatsen motordeel met inlay Vullen component 1 Vullen component 2 Vullen component 3 Afpersen Uitnemen visuele controle en plaatsing in de tray n = 105
1e test	21-07-2021	Performance test motor, 3 stuks	4.5 mm met overpressure nozzle 5.5 mm normale nozzle
Opslag	21-07-2021 11-08-2021	Opslag	
2e test	23-07-2021	SOLAS valtest – conformiteit 3 geassembleerde flares	
Vrijgave	23-07-2021	Test satisfactory result, the Declaration of Conformity is issued on 07/23/2021	Verklaring Partij/LOT 113 vrijgave
Dekselen / Assembleren	11-08-2021 21-08-2021	Dekselen motor en assembleren flare	
3e test	11-08-2021 26-08-2021	Solas temperatuur test 3 geassembleerde flares	
Einde assemblage	02-09-2021	Partij 113 gereed	

▲ Tabel 1: Tijdstip fabricage partij 113 juli t/m September 2021

A.5 Omgevingstemperaturen

Time	Temp	Weather	Wind		Humidity	Barometer	Visibility
7:00	17 °C	Scattered clouds.	2 km/h	↑	100%	1020 mbar	7 km
7:30	17 °C	Fog.	No wind	↑	100%	1020 mbar	5 km
8:00	18 °C	Fog.	2 km/h	↑	94%	1020 mbar	3 km
8:30	18 °C	Fog.	2 km/h	↑	94%	1020 mbar	3 km
9:00	18 °C	Fog.	4 km/h	↑	94%	1020 mbar	3 km
9:30	18 °C	Fog.	No wind	↑	94%	1020 mbar	3 km
10:00	19 °C	Fog.	No wind	↑	94%	1020 mbar	4 km
10:30	19 °C	Scattered clouds.	4 km/h	↑	94%	1020 mbar	6 km
11:00	21 °C	Scattered clouds.	2 km/h	↑	83%	1020 mbar	6 km
11:30	22 °C	Clear.	No wind	↑	78%	1020 mbar	8 km
12:00	23 °C	Clear.	4 km/h	↑	74%	1020 mbar	9 km
12:30	25 °C	Sunny.	2 km/h	↑	65%	1020 mbar	16 km
13:00	27 °C	Sunny.	2 km/h	↑	62%	1020 mbar	16 km
13:30	28 °C	Sunny.	4 km/h	↑	58%	1019 mbar	16 km
14:00	29 °C	Sunny.	6 km/h	↑	51%	1019 mbar	16 km
14:30	30 °C	Sunny.	6 km/h	↑	52%	1019 mbar	16 km
15:00	31 °C	Sunny.	6 km/h	↑	43%	1018 mbar	16 km
15:30	33 °C	Passing clouds.	6 km/h	↑	36%	1018 mbar	N/A
16:00	32 °C	Passing clouds.	19 km/h	↑	46%	1018 mbar	N/A
16:30	31 °C	Passing clouds.	17 km/h	↑	52%	1018 mbar	N/A
17:00	31 °C	Passing clouds.	22 km/h	↑	46%	1018 mbar	N/A
Gasteiz / Vitoria Weather History for 21 juli 2021							

▲ Tabel 2: Waarnemingen op 21 juli 2021 vliegveld Vitoria Gasteiz

BIJLAGE B REACTIES OP HET CONCEPTRAPPORT

Het conceptrapport is voorgelegd aan de betrokken partijen. Deze partijen is gevraagd het rapport te controleren op feitelijke onjuistheden en onduidelijkheden. De volgende partijen hebben een reactie gegeven op het conceptrapport:

- ▶ Nabestaanden
- ▶ Eigenaar/opvarenden
- ▶ Lecea Sistemas Pirotécnicos Avanzados, S.A.
- ▶ CIAIM - Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos
- ▶ Lloyd's Register EMEA

De binnengekomen reacties zijn op de volgende manier verwerkt:

- ▶ Als de Onderzoeksraad heeft besloten reacties over te nemen, dan zijn deze verwerkt in de definitieve versie van het rapport en is een toelichting gegeven.
- ▶ Als de Onderzoeksraad reacties niet heeft overgenomen, dan is daarop een toelichting gegeven.

De reacties en de toelichting van de Onderzoeksraad zijn opgenomen in een tabel die te vinden is op de website van de Onderzoeksraad (www.onderzoeksraad.nl).



Bezoekadres
Lange Voorhout 9
2514 EA Den Haag
T 070 333 7000
F 070 333 7077

Postadres
Postbus 95404
2509 CK Den Haag

onderzoeksraad.nl