



Inspectie Veiligheid Defensie
Ministerie van Defensie

Duikongeval Zr.Ms. Zierikzee

Onderzoek naar een voorval tijdens een
mijnenbestrijdingsoperatie, 9 april 2019



Voorwoord

De Inspectie Veiligheid Defensie (IVD) is in 2018 opgericht om als onafhankelijk toezichthouder de veiligheid bij Defensie te vergroten en het lerend vermogen van Defensie op dat terrein te versterken. De IVD hanteert hiervoor drie vormen van onderzoek, namelijk systeemgericht onderzoek, thematisch onderzoek en onderzoek naar voorvallen.

Op 9 april 2019 voerde de mijnenjager Zr.Ms. Zierikzee een mijnenbestrijdingsoperatie uit voor de Belgische kust. Een duiker voerde mijnenruimwerkzaamheden uit. Weer boven water werd de duiker onwel en is hij per helikopter naar het Belgisch Militair Hospitaal overgebracht. Daar volgden behandelingen in een hyperbare behandelkamer, waarmee een patiënt onder overdruk met zuurstof kan worden behandeld. De duiker heeft blijvende klachten overgehouden aan dit ongeval. Hij is dienstongeschikt verklaard en heeft Defensie inmiddels verlaten.

De inspectie heeft onderzoek gedaan naar de directe en achterliggende oorzaken van het voorval. Zij doet op grond daarvan aanbevelingen en verwacht te worden geïnformeerd over de resultaten van de uitvoering daarvan.



**Inspecteur-Generaal Veiligheid,
Wim Bargerbos**

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding onderzoek	6
1.2 Waarom een onderzoek door de IVD?	6
1.3 Doelstelling onderzoek	7
1.4 Onderzoeksvragen	7
1.5 Afbakening onderzoek	7
1.6 Onderzoeken naar dit ongeval	7
1.7 Referentiekader	8
1.8 Leeswijzer	9
2 Achtergrondinformatie	10
2.1 Risico's van het duiken	10
2.2 De (duik)organisatie in het kader van mijnenbestrijding	11
2.3 Locatie en omgevingscondities	12
2.4 Hulpverlening op de Noordzee	12
3 Toedracht	15
3.1 De voorbereiding van de duik	15
3.2 De uitvoering van de duik	18
3.3 De hulpverlening	20
4 Analyse	23
4.1 Factoren gerelateerd aan menselijk handelen voor en tijdens de duik	23
4.2 Technische/fysische factoren	25
4.3 Overige aandachtspunten	32
5 Conclusies	34
6 Aanbevelingen	36
Bijlagen	37
Bijlage A Onderzoeksverantwoording	38
Bijlage B Opbouw opwerktraject	40
Bijlage C Duikuitrusting	42
Bijlage D Duikincident Management Flowchart	47
Bijlage E Toelichting Duikmedische aspecten	48
Bijlage F Reacties op conceptrapport	50
Bijlage G Tijdlijn	51
Bijlage H Lijst van afkortingen	53

Samenvatting

Op 9 april 2019 voerde de mijnenjager Zr.Ms. Zierikzee een mijnenbestrijdingsoperatie uit voor de Belgische kust. Een duiker uitgerust met het rebreather systeem ISMIX voerde mijnenruimwerkzaamheden uit. Na de duik, waarbij een maximale diepte van 36 meter werd bereikt, werd de duiker onwel. De collega's van het duikteam verleenden onmiddellijk eerste hulp door zuurstof toe te dienen. Het team voer terug naar het schip en aan boord nam de duikziekenverpleger de behandeling over. Na contact met het Duikmedisch Centrum in Den Helder, dat met enige moeite tot stand kwam, werd besloten de duiker naar het militair hospitaal in Brussel te vervoeren. Een Belgische reddingshelikopter bracht de duiker daar naartoe. Daar volgden behandelingen in een hyperbare behandelkamer, waarmee een patiënt onder overdruk met zuurstof kan worden behandeld. Op 12 april 2019 is de duiker overgebracht naar een ziekenhuis in Nederland, waar hij vijf dagen verbleef.

De duiker heeft blijvende klachten overgehouden aan dit ongeval. In verband daarmee is hij dienstongeschikt verklaard en inmiddels heeft hij Defensie verlaten. Op 12 juni 2019 maakte de IVD bekend een volledig onderzoek te starten.

De inspectie heeft de keten van gebeurtenissen onderzocht, van de voorbereiding op de duik tot en met de medische afvoer naar het ziekenhuis, met als doel te bezien wat Defensie er van kan leren. Ook is de medische procedure na het ongeval in beschouwing genomen. Op basis van haar onderzoek heeft de IVD geen causaal verband kunnen vinden tussen het gebruikte duikstelsel, de voorbereiding en uitvoering van de duik en het ontstaan van het ongeval. Wel concludeert de inspectie dat een arteriële gasembolie (AGE), waarbij ademlucht onder druk in de bloedsomloop wordt geperst, de meest waarschijnlijke oorzaak voor het trauma van de duiker is. Wat die AGE heeft veroorzaakt, is niet met zekerheid vast te stellen. Het zou een reeds bestaande zwakke plek in de longen kunnen zijn, onvoldoende uitademen tijdens het naar de oppervlakte komen of een combinatie van beide.

Het onderzoek heeft, naast specifiek op het ongeval toegespitste aandachtspunten, ook bevindingen opgeleverd over het duiken bij Defensie in het algemeen. Deze zijn meegenomen in een thematisch onderzoek naar duiken bij Defensie dat de inspectie later dit jaar publiceert.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding onderzoek

Op 9 april 2019 voerde de mijnenjager Zr.Ms. Zierikzee een mijnenbestrijdingsoperatie uit voor de Belgische kust. Het hierbij ingezette duikteam maakte bij de duik gebruik van een *dinghy*¹ van het type *Solid Keel Boat* (SKB),² om naar de plek van een gedetecteerde mijn te varen.

De bemanning van de *dinghy* bestond uit een seinmeester, een duiker en een reserveduiker. Na de duik, waarbij een maximale duikdiepte van 36 meter diepte werd bereikt, werd de duiker in de *dinghy* onwel.³ De collega's van het duikteam verleenden onmiddellijk eerste hulp, onder andere door het toedienen van zuurstof. Het team voer terug naar het schip en aan boord nam de duikziekenverpleger de behandeling over. Na contact met het Duikmedisch Centrum in Den Helder, dat met enige moeite tot stand kwam, werd besloten de duiker af te voeren naar een ziekenhuis. Een Belgische reddingshelikopter bracht de duiker vervolgens naar het militair hospitaal in Brussel. Daar startten behandelingen in de hyperbare behandelkamer, waarmee een patiënt onder overdruk met zuurstof kan worden behandeld. Op 12 april 2019 is de duiker overgebracht naar een ziekenhuis in Nederland, waar hij na vijf dagen werd ontslagen. De duiker heeft blijvende klachten overgehouden aan dit ongeval. Hierdoor is hij dienstongeschikt verklaard en heeft hij Defensie inmiddels verlaten. Op 12 juni 2019 maakte de IVD bekend een volledig onderzoek te starten.

1.2 Waarom een onderzoek door de IVD?

Defensie is verantwoordelijk voor de veiligheid van haar werknemers. Het veiligheidsbeleid van Defensie is erop gericht de risico's van letsel of schade zoveel mogelijk te beperken en herhaling van ongevallen te voorkomen. Defensie ziet het om die reden als haar taak te achterhalen wat de oorzaak is van ongevallen. De IVD is verantwoordelijk voor het onderzoeken van categorie 4-voorvallen zoals het ongeval bij de Zr.Ms. Zierikzee. Voorvallen bij Defensie worden ingedeeld in categorieën, waarbij categorie 4 de zwaarste is. Dit betreft voorvallen waarbij sprake is van ernstig of blijvend lichamelijk of geestelijk letsel, een ziekenhuisopname van meer dan 24 uur, een (of meer) dodelijk(e) slachtoffer(s) of schade van meer dan 250.000 euro.

¹ Kleine bijboot van een schip. Hier een rubberboot om de duikers van het schip naar de duiklocatie te vervoeren.

² Zeewaardige opblaasbare rubberboot met een vaste kiel en buitenboordmotor.

³ Dit voorval is gemeld in het meldingssysteem Peoplesoft Melden Voorvallen (PSMV) onder nummer PSMV 218027.

1.3 Doelstelling onderzoek

De IVD bevordert met haar toezicht een veiligere defensieorganisatie. Het doel van dit onderzoek is de veiligheid van het duiken te verbeteren door de oorzaak van het ongeval te achterhalen, te bezien wat de organisatie ervan kan leren en naar aanleiding daarvan aanbevelingen te doen. Onderzoek van de inspectie richt zich niet op verwijtbaarheid of schuld.

1.4 Onderzoeksvragen

De opzet van het onderzoek is tweeledig. Ten eerste onderzocht de IVD wat de toedracht van het ongeval is geweest. Ten tweede onderzocht de inspectie de context waarin het ongeval heeft kunnen gebeuren en welke invloed de voorbereiding heeft gehad.

Het onderzoek geeft antwoord op de volgende vragen:

1. Wat waren de gebeurtenissen voor en tijdens de duik op 9 april 2019?
2. Welke factoren hebben bijgedragen aan het ontstaan van het duikongeval op 9 april 2019 en welke lering kan Defensie hieruit trekken?
3. Hoe is de hulpverlening aan de duiker verlopen?

1.5 Afbakening onderzoek

Dit onderzoek richt zich uitsluitend op het duikongeval bij de Koninklijke Marine van 9 april 2019. Andere duikongevallen vallen buiten het kader van dit onderzoek.

De IVD onderzoekt de wijze waarop het duiken is ingericht bij de Koninklijke Marine. De inrichting bij andere defensieonderdelen maakt geen deel uit van dit onderzoek.

De IVD onderzoekt het optreden van Defensie bij dit ongeval. Het optreden van civiele organisaties, hulpverleningsdiensten en eenheden van de Belgische krijgsmacht vallen buiten het kader van dit onderzoek.

1.6 Onderzoeken naar dit ongeval

Naar aanleiding van het ongeval stelde de Commandant Zeestrijdkrachten op 10 april 2019 een Commissie van Onderzoek (CvO) in.⁴ Ook de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OvV) startte in april 2019 een onderzoek. Later die maand begon de IVD met een oriënterend onderzoek. Direct na het ongeval startte de Koninklijke Marechaussee onder gezag van het Openbaar Ministerie een onderzoek. Zij staakte dit in mei 2019, omdat er geen aanleiding was voor een nader strafrechtelijk onderzoek. Ook de Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid onderzocht het ongeval.⁵ Zij meldde de IVD op 12 december 2019 het onderzoek vanwege 'geen bevindingen' te hebben gestaakt. De commandant van de

⁴ Instellingsbeschikking van 10 april 2019, met nummer 2019002242/CZSK.

⁵ Tegenwoordig Nederlandse Arbeidsinspectie.

Defensie Duikgroep vaardigde direct na het duikongeval op 10 april 2019 een verbod uit voor het duiken met het ISMIX-duiktoestel, omdat het op dat moment nog niet duidelijk was of het ongeval een technische oorzaak had.⁶

Op 28 en 29 mei 2019 voerde het *Diving and Naval Medicine Centre* (DNMC) van de Zweedse strijdkrachten op verzoek van de Koninklijke Marine een technisch onderzoek aan het duiktoestel uit. Afgevaardigden van de IVD, de OvV en de CvO van de Koninklijke Marine waren bij dit onderzoek aanwezig.

Op 11 juli 2019 ontvingen de IVD en de OvV via de CvO het rapport van het technisch onderzoek van de Zweedse strijdkrachten. In hun onderzoek constateerden de Zweedse onderzoekers geen technische gebreken aan de duikapparatuur. In reactie hierop hief de commandant van de Defensie Duikgroep op 17 juli 2019 het duikverbod met het ISMIX-duiktoestel op. Op basis van de resultaten van het eigen vooronderzoek had de OvV op 11 juni 2019 al besloten zijn onderzoek te staken.

Op 12 juni 2019 maakte de IVD bekend een volledig onderzoek te starten. Hierop staakte de CvO van de Koninklijke Marine haar werkzaamheden en droeg zij de tot dusver verzamelde gegevens over aan de IVD.

1.7 Referentiekader

De IVD toetst de bevindingen uit dit onderzoek aan een referentiekader. Dat kader bestaat uit de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet), de defensieregelgeving en -voorschriften voor duiken en het Veiligheidsmanagement Defensie. Onderdeel daarvan is de regelgeving voor de behandeling van duikongevallen. Het referentiekader maakt duidelijk wat de IVD van Defensie verwacht als het gaat om veilig duiken.

De Arbowet zelf bevat geen artikelen betreffende werken onder overdruk of duikarbeid. Het Arbo-besluit, dat een nadere uitwerking is van de Arbowet, bevat wel specifieke bepalingen voor werken onder overdruk en duikarbeid. Deze bepalingen zijn in hoofdstuk 6 (fysische factoren) en afdeling 5 (werken onder overdruk) te vinden. Deze bepalingen zijn generiek beschreven.

De Stichting Werken onder Overdruk (SWOD) is een door de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) erkende stichting die zich ten doel stelt de vakbekwaamheid van beroepsbeoefenaars van werken onder overdruk te bevorderen en daarmee de veiligheid te waarborgen. De stichting vertegenwoordigt de drie werkvelden duikarbeid, caissonarbeid en arbeid hyperbare geneeskunde in de drie subsectoren Defensie, Brandweer en Civiele sector.⁷ De specifieke bepalingen met betrekking tot de minimale systeemeisen waaraan de werkvelden dienen te voldoen, zijn beschreven in het document

⁶ *Diving Safety Memo* CIKK 007-2019 en Weekbrief Directie Personeel & Bedrijfsvoering, week 16 (12 april t/m 18 april 2019), verschenen op 19 april 2019. Het ISMIX-duiktoestel is een semi-gesloten duiktoestel met ademgaswassing en –recirculatie.

⁷ Caissonarbeid is werken onder overdruk en hyperbare geneeskunde is het behandelen van patiënten onder overdruk.

Werken onder Overdruk Systeem- en Onderhoudseisen (WOD-SOE). De inspectie heeft haar bevindingen getoetst aan dit document.

Het referentiekader voor het duiken bij Defensie en daarmee ook voor de Koninklijke Marine is de Instructie Werken onder overdruk (IWOD) van 1 april 2019. Deze instructie was binnen de Koninklijke Marine al direct van kracht⁸ en is 8 november 2019 formeel voor heel Defensie vastgesteld.⁹ Omdat het ongeval op 9 april 2019 gebeurde en de IWOD-versie van 1 april 2019 bij de Koninklijke Marine al van kracht was, hanteert de IVD de IWOD-versie van 1 april 2019 als referentiekader.

1.8 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 bevat achtergrondinformatie, hoofdstuk 3 beschrijft de toedracht van het voorval en hoofdstuk 4 bevat de analyse van de onderzoeksinformatie. Hoofdstuk 5 geeft de belangrijkste conclusies weer die de IVD op basis van dit ongevalsonderzoek trekt. Hoofdstuk 6 bevat aanbevelingen om de veiligheid te verbeteren.

⁸ Nota CZSK 2019001943, 29 maart 2019.

⁹ Nota's CZSK 2019002316, 2019002317, 2019002319, 2019002332, 2019002333, 2019002422, 2019002424, 2019002425, 2019002427, 2019002429, 2019002433, 2019002434, 30 oktober 2019.

2

Achtergrondinformatie

Dit hoofdstuk geeft achtergrondinformatie bij het ongeval: paragraaf 2.1 behandelt de risico's van het duiken, paragraaf 2.2 beschrijft de duikorganisatie in het kader van mijnenbestrijding, paragraaf 2.3 licht de locatie van het ongeval toe en paragraaf 2.4 beschrijft de hulpverlening op de Noordzee.

2.1 Risico's van het duiken

Duiken is een risicovolle activiteit. Duikers begeven zich in een fysiek en fysiologisch belastende omgeving en zijn bij het duiken afhankelijk van speciale apparatuur om te kunnen ademen. Onder water kunnen verschillende problemen ontstaan. Deze houden verband met de werking van de apparatuur, de samenstelling van het ademgas, fysieke problemen bij de duiker (al dan niet duikgerelateerd), fysiologische effecten door overdruk, of een combinatie van deze factoren. Duikgerelateerde risico's zijn ingedeeld naar de fase van de duik: de afdaling (toenemende druk), de tijd op diepte (gelijkblijvende druk) en het opkomen (afnemende druk).

Een van de risicofactoren voor een duiker vormt de omgevingsdruk. Op 36 meter diepte, waar de duiker zich op 9 april 2019 bevond, is de druk ongeveer 4,6 bar (4,6 keer zo hoog als de luchtdruk op zeeniveau). Verhoogde druk beïnvloedt diverse fysiologische processen in het menselijk lichaam. Dit onderzoek behandelt de fysiologische risico's tijdens de gehele duik, omdat hierdoor de problemen voor de duiker ontstonden.

Gas lost (onder druk) op in vloeistof: hoe hoger de druk, hoe meer er oplost, totdat de vloeistof verzadigd is. Dit is het best te vergelijken met koolzuurhoudende dranken waarbij de bellen zichtbaar worden zodra de dop van de fles wordt verwijderd en de druk in de fles afneemt. Dit geldt ook voor gassen in het menselijk lichaam. Wanneer de druk weer afneemt (zoals bij het opkomen van de duiker) kan dit in het lichaam opgeloste gasbellen vormen die vast kunnen komen te zitten in weefsels en bloedvaten. Daardoor kunnen klachten en schade van verschillende aard in het lichaam ontstaan. Bellen in gewrichten, spieren en de huid kunnen jeuk en/of pijn veroorzaken. Bellen in de hersenen of het ruggenmerg kunnen (blijvende) neurologische klachten geven en zelfs levensbedreigend zijn.

Een ander gevolg van drukverlaging is dat ademgas in de longen tijdens het opkomen uitzet. Daarom moet een duiker actief uitademen tijdens de opkomen en de ademweg vrijhouden. Als de luchtwegen van de duiker geblokkeerd zijn, kan het uitzettende ademgas in de longen geen uitweg vinden. Het longweefsel kan dan bijvoorbeeld door een klaplong beschadigen of er komt ademgas in de bloedvaten. Ook dit kan levensbedreigend zijn.

2.2 De (duik)organisatie in het kader van mijnenbestrijding

De Zr.Ms. Zierikzee is een van de zes mijnenjagers van de Koninklijke Marine. De hoofdtak van de mijnenjagers is het mijnenvrij houden van de zee, de kustwateren en de havenmondingen. Daarnaast beschermen mijnenjagers marine-eenheden wereldwijd in gevaarlijke gebieden. De Zr.Ms. Zierikzee is een schip uit de Alkmaarklasse, het kwam in 1986 in dienst.



Afbeelding 1 De Zr.Ms. Zierikzee (Bron: Defensie).

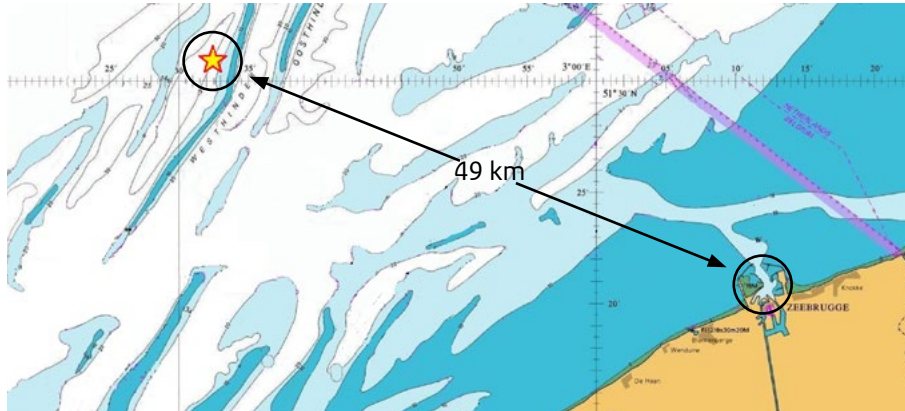
Tijdens het ongeval waren er 39 bemanningsleden aan boord van de Zr.Ms. Zierikzee.¹⁰ Op de Zr.Ms. Zierikzee is het duikteam een vast onderdeel van de bemanning. Dit team bestaat uit een duikmeester, een seinmeester en twee duikers die beiden de rol van duiker of reserveduiker kunnen vervullen. Omdat de vaste duikmeester ten tijde van het ongeval op cursus was, nam een collega de functie van duikmeester waar. De waarnemend duikmeester voldeed ten tijde van het voorval aan de certificeringseisen voor duikmeester. Naast bovengenoemde teamleden, beschikte Zr.Ms. Zierikzee ook over een duikziekenverpleger.

Zr.Ms. Zierikzee is een mijnenjager van de Koninklijke Marine met als hoofdtak het mijnenvrij houden van de zee, de kustwateren en de havenmondingen. De Zr.Ms. Zierikzee heeft een vast duikteam aan boord.

¹⁰ Bemanningslijst van de Zr.Ms. Zierikzee.

2.3 Locatie en omgevingscondities

Op 9 april 2019 bevond de Zr.Ms. Zierikzee zich nabij de zandbanken Westhinder en Oosthinder voor de kust van België.¹¹ Deze positie is op ongeveer 26,5 zeemijl (49 kilometer) Westnoordwest vanaf de haven van Zeebrugge (België). Deze positie is weergegeven met een ster in afbeelding 2.



Afbeelding 2 Positie van de Zr.Ms. Zierikzee tijdens het ongeval 9 april 2019 (ster).

Op 9 april 2019 was het op de locatie van het ongeval om 10.50 uur eb en werd het omstreeks 16.30 uur vloed.¹² De duiktijd lag daartussenin: 15.21 uur.

De omgevingscondities waren op dat moment als volgt:¹³

- De luchttemperatuur was 11° C;
- De wind kwam uit het noordoosten (windrichting 300) en er stond een vrij krachtige, frisse bries (windsnelheid 5 Beaufort);
- Het was een matig golvende zee met matig hoge en korte deining (zeegang 3-4);
- De golfhoogte was tussen de 0,5 en 1,5 m;
- De stroming was gemiddeld (tussen 0,3 en 0,5 m/sec dus tussen de 0,6 en 1,0 knopen);
- De zeewatertemperatuur was tussen 9,6° C en 10° C.

2.4 Hulpverlening op de Noordzee

In België is de Kustwacht verantwoordelijk voor het organiseren van de hulpverlening op het Belgische deel van de Noordzee. De kustwachtcentrale is het operationele deel van de Kustwacht.

De kustwachtcentrale bestaat uit het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum (MRCC) in Oostende en het Maritiem Informatie Kruispunt (MIK) in Zeebrugge. Het MRCC staat in voor de veiligheid (*safety*) op zee en coördineert reddingsoperaties. Het MIK zorgt voor de beveiliging (*security*) op zee en controleert de naleving van de wetgeving op zee.¹⁴

¹¹ Positie van de Zierikzee volgens opgave van het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum in Zeebrugge en de *Search and Rescue* eenheid die ter plaatse is geweest. Positie is 51°31' Noorderbreedte 002°32' Oosterlengte.

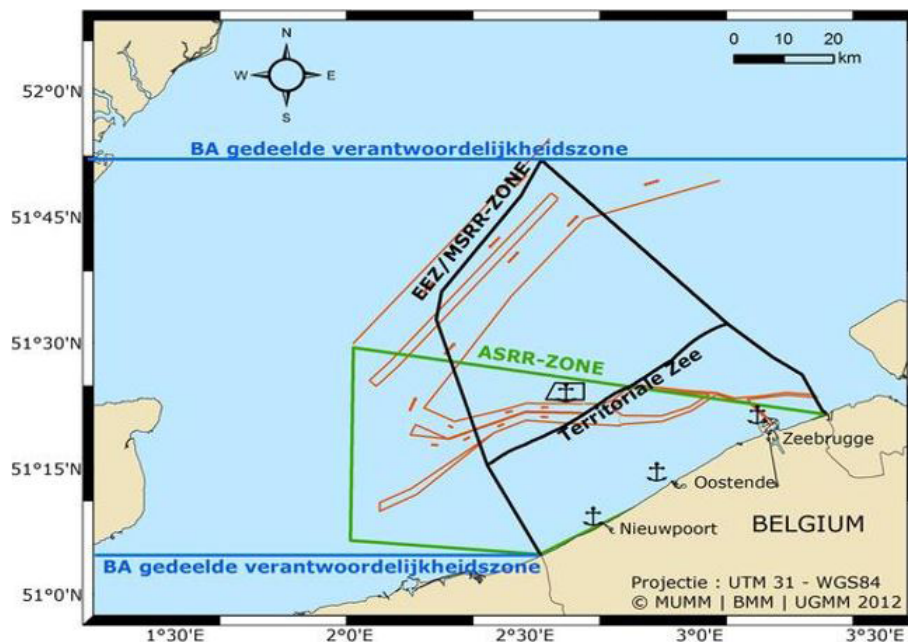
¹² Opgave Hydrografische Dienst Vlaanderen.

¹³ Gegevens van de *Joint Meteo Group*, Ministerie van Defensie in samenwerking met Belgische Militaire Meteoriedienst.

¹⁴ <https://kustwacht.be/nl/inhoud/kustwachtcentrale>.

De *Maritime Search and Rescue Region* is het gebied waar het MRCC verantwoordelijk is voor de coördinatie van maritieme *Search and Rescue* (SAR) operaties (zie afbeelding 3). Dat wil zeggen dat het MRCC onder meer een zoekgebied definieert, verbinding maakt met de verschillende reddingsdiensten, reddingsboten of helikopters uitstuurt en de scheepvaart in de buurt van het incident waarschuwt. De Zr.Ms. Zierikzee bevond zich op 9 april 2019 in de *Maritime Search and Rescue Region* van het MRCC.

In België voert de Luchtcomponent van de Belgische Defensie de SAR-operaties boven zee uit vanaf de luchtmachtbasis Koksijde, ongeveer acht kilometer west van Nieuwpoort. Een alarmering voor een SAR-operatie komt binnen bij het *Rescue Sub Centre* op de luchtmachtbasis Koksijde. Van hieruit wordt de SAR-operatie ingezet.¹⁵



Afbeelding 3 De zwarte lijn geeft de *Maritime Search and Rescue Region* aan (Bron: *Kustwacht België, werkingsgebied*).

Bij een militair duikongeval in België dient het *Rescue Sub Centre* contact op te nemen met het Havenkantoor van de Marinebasis Zeebrugge.¹⁶ Het Havenkantoor legt dan contact met de Belgische dienstdoende arts hyperbare geneeskunde van de medische eenheid van België. Tijdens het ongeval was de toen nog ongeschreven richtlijn dat in geval van een militair duikongeval de patiënt in principe vervoerd wordt naar het Militair Hospitaal Koningin Astrid in Brussel. In november 2019 is deze richtlijn vastgelegd in de Belgische procedure bij duikongevallen.¹⁷

¹⁵ *Aeronautical Information Publication Belgium and Luxembourg GEN 3.6-1.*

¹⁶ *ADivP-02.1 Allied Guide to Diving Medical Disorders – National Information* September 2016.

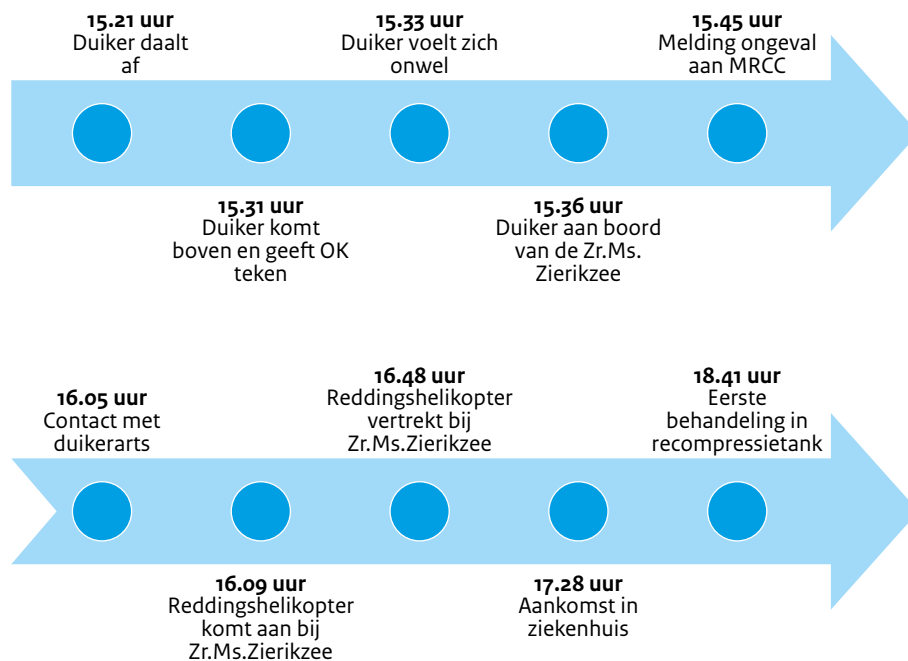
¹⁷ 20191119_BU-19-50269842-Procedure bij duikvoorvallen.

Na het ongeval neemt de duikmeester of de duikziekenverpleger zo snel mogelijk contact op met de duikerarts van het Duikmedisch Centrum in Den Helder om de behandeling te bespreken. Tot dat contact tot stand is gebracht, is de duikziekenverpleger aan boord verantwoordelijk voor de behandeling van de duiker. Daarna neemt de duikerarts in Den Helder de verantwoordelijkheid voor de behandeling over. De arts heeft in beginsel twee opties; hij besluit de patiënt aan boord te behandelen in de recompressietank of deze te vervoeren naar een ziekenhuis met een hyperbare behandelkamer en een *intensive care*. Indien de duikerarts niet bereikbaar is, is de duikziekenverpleger overigens bevoegd dit besluit zelf te nemen. Indien wordt besloten de patiënt af te voeren, neemt het schip voor de medische afvoer contact op met de nationale veiligheidsinstanties ter plaatse. In dit geval werd verbinding gemaakt met het Belgische MRCC met het verzoek om een medische evacuatie naar het ziekenhuis. Zodra de duiker is overgedragen aan de bemanning van de reddingshelikopter, is deze bemanning verantwoordelijk voor het transport en de behandeling. Bij aankomst in het ziekenhuis wordt de behandelend arts in het ziekenhuis verantwoordelijk voor de behandeling.

Bij ongevallen op de Noordzee voor de Belgische kust is het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum (MRCC) verantwoordelijk voor de coördinatie van de hulpverlening. Inzet van een reddingshelikopter vindt plaats vanaf de luchtmachtbasis Koksijde. Bij een duikongeval aan boord van een mijnenjager moet de duikziekenverpleger of de duikerarts besluiten de duiker aan boord in de recompressietank te behandelen of deze naar een ziekenhuis met een hyperbare behandelkamer en een intensive care te vervoeren. Bij een militair duikongeval gaat de patiënt in de regel naar het Militair Hospitaal in Brussel.

3 Toedracht

Dit hoofdstuk beschrijft de toedracht van het ongeval. Hieronder volgt een verkorte tijdlijn. De uitgebreide tijdlijn is opgenomen in bijlage G. Paragraaf 3.1 en 3.2 beschrijven de voorbereiding en de uitvoering van de duik en paragraaf 3.3 de hulpverlening na het ongeval.



3.1 De voorbereiding van de duik

Het ongeval vond plaats tijdens het opwerktraject van de Zr.Ms. Zierikzee.¹⁸ De Zr.Ms. Zierikzee was op het moment van het ongeval klaar om te oefenen ('oefengereed'). Volgens het oefenschema van die week moest er op dinsdag 9 april 2019 een duik worden gemaakt met een zogenaamde *conning run* procedure. Dit is een methode om een bepaald gebied op de zeebodem systematisch af te zoeken naar een object zoals een explosief. De eenheid maakt bij deze procedure gebruik van een oefenmijn of van een echte mijn die geruimd moet worden. Het Maritiem Hoofdkwartier had de commandant van de Zr.Ms. Zierikzee opdracht gegeven om voor deze *conning run* een echte mijn, met de aanduiding '*Beneficial Cooperation* contact 1765', te identificeren, eventueel te verplaatsen en te vernietigen.¹⁹ Een Noorse mijnenjager had deze mijn een week eerder verkend en gefilmd.

¹⁸ Een opwerktraject is het testen en trainen van materieel en personeel als een nieuw schip van de werf komt. Het doel is het schip volledig operationeel gereed te krijgen. Voor een detailbeschrijving: zie bijlage B.

¹⁹ *Beneficial Cooperation* is samenwerking tussen de Nederlandse Marine en de Belgische zeemacht om explosieven uit de Eerste en Tweede Wereldoorlog voor de kust van Nederland en België op te ruimen.

In het vervolg van deze paragraaf worden de voorbereidingen op de duik beschreven. Achtereenvolgens komen de planning, de risicoanalyses, het gereedmaken en controleren van de apparatuur en de briefings aan bod.

3.1.1 Planning van de duik

De duikploeg bekeek ter voorbereiding van de eigen inzet de filmopnames van de Noorse mijnenjager. De schatting was dat de mijn op een diepte tussen de 30 en 35 meter lag. De duikmeester besloot om de duik binnen *no-deco* te houden, omdat de verwachting was dat de duiker die de opdracht zou uitvoeren diezelfde dag nog een keer als stand-by duiker zou moeten fungeren. *No-deco* staat voor *non-decompression*, wat betekent dat er tijdens de opkomen geen decompressiestops hoeven te worden gemaakt. Wanneer een duik als *no-deco* wordt gepland, is de werktijd op de bodem korter naarmate de duik dieper is.

3.1.2 Risicoanalyses

Op 8 april voerde de duikmeester een *last minute* risicoanalyse uit.²⁰ Zo'n risicoanalyse wordt niet schriftelijk vastgelegd. Hij beoordeelde in deze risicoanalyse de kenmerken van de mijn, de ligging van de mijn, de situatie van het weer en de zeegang. Op de locatie aangekomen, vlak voor de start van de duik, bekeek de duikmeester nogmaals de gegevens voor weer en zeegang. Deze waren op dat moment als volgt: 20 knopen wind, één tot anderhalve meter golfhoogte en een getijdestroom van ongeveer een halve knoop.²¹ De omstandigheden voldeden daarmee aan de richtlijnen om de geplande duik veilig uit te voeren. De duiker zelf nam de handelingen door die hij verwachtte te gaan uitvoeren aan de mijn.

3.1.3 Gereedmaken en controleren van de apparatuur.

De duikmeester liet op maandag 8 april de recompressietank controleren. De duikziekenverpleger controleerde alle medische behoeftigheden. De duiker en de reserveduiker maakten die dag hun duikapparatuur in orde. De 5-litercilinder van het ISMIX-duiktoestel (zie afbeelding 4) werd gevuld met D-mix-ademgasmengsel (32,5% zuurstof en 67,5% stikstof). Er werd D-mix gebruikt, omdat dit mengsel mag worden gebruikt tot een diepte van 54 meter. Alle 1-litercilinders van het ISMIX duiktoestel (trimlucht en noodlucht (*bail-out*)) werden gevuld met ademlucht. De duiker en de reserveduiker controleerden hun duikapparatuur met de *pre-dive check* die 24 uur geldig is. Ook controleerden zij de dag voorafgaande aan de duik de communicatieapparatuur. De duikmeester heeft ook het DMC gebeld en het noodnummer gecontroleerd. Er is niet duidelijk geworden of men alle externe communicatiemiddelen zoals DECT, SATCOM en VHF radioverbinding uitgebreid heeft gecontroleerd.

²⁰ Interview door de IVD.

²¹ Dit komt overeen met de later opgevraagde gegevens van die dag.



Afbeelding 4 ISMIX-duiktoestel met onderaan de 5 liter cilinder en links en rechts de 1 liter cilinders (Bron: website Direct Industry).

3.1.4 Briefings

Op 8 april hield de duikmeester een algemene briefing voor het scheepsteam om de hele procedure voor de duik van de volgende dag door te nemen, inclusief de maatregelen bij een ongeval. Op 9 april nam de duikmeester het werkplan door met de seinmeester, de duiker en de reserveduiker, de duikziekenverpleger, de twee man van de crashboot en de kraanmachinist. In deze briefing werden de procedure, de veiligheidsaspecten en de procedure bij een ongeval doorgenomen. De MEDEVAC²² procedure met de SAR-heli is echter niet besproken. De duikmeester vroeg tijdens de briefing of iedereen zich fit voelde en niemand meldde enige bijzonderheid.

Op maandag 8 april 2019 en dinsdagochtend 9 april 2019 was de duikvoorbereiding. De duikploeg maakte de benodigde uitrusting gereed. De duikmeester voerde een risicoanalyse uit en constateerde dat het verantwoord was de duik uit te voeren op het geplande tijdstip. De scheepsbemanning en het duikteam werden gebriefd over de te volgen procedure, uitgezonderd de MEDEVAC procedure met de SAR-heli. De duik werd gepland als een no-deco duik, omdat een tweede duik een reële optie kon zijn.

²² Medische Evacuatie.

3.2 De uitvoering van de duik

Deze paragraaf beschrijft de soort duik, de uitvoering van de duik en de vastgelegde gegevens van de duik.

3.2.1 Soort duik: mijnbestrijding

De *cirkelmethode* is een methode om systematisch een gebied op de zeebodem af te zoeken naar een object, zoals een mijn. Een afdaaleind is met een gewicht verankerd aan de bodem, een boei markeert het afdaaleind aan de oppervlakte. Door deze boei is de duikpositie snel terug te vinden. Het cirkeleind is aan de verankering bevestigd en de duiker gebruikt die lijn om onder water in een cirkelvormige beweging te zoeken (afbeelding 5).



Afbeelding 5 De cirkelvormige zoekmethode (Bron: VKM 007 Arbeid onder overdruk, deel 5 Onderwatersearch, conceptversie).

3.2.2 De uitvoering van de duik

Op dinsdag 9 april vertrok de Zr.Ms. Zierikzee om 08.00 uur vanuit Zeebrugge naar zee en voer naar de positie van de mijn ter hoogte van Westhinder. Allereerst werd het mijnenjaagsysteem Seafox I ingezet om vast te stellen welk type mijn het betrof. Hierna gaf de mijnenjacht officier van de Zr.Ms. Zierikzee, met toestemming van de commandant, opdracht de *conning run* uit te voeren.

De duiker deed zijn duikuitrusting aan en bereidde zich voor op de duik met het ISMIX-duiktoestel met D-mix ademgasmengsel (zie bijlage C voor een detailbeschrijving van de uitrusting). De reserveduiker kleepte zich om en bereidde zich voor op het duiken met een MKIII-ademluchtduikset.

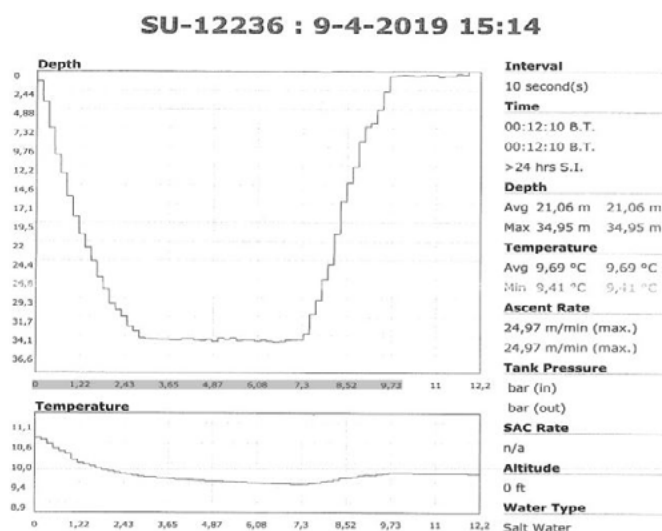
Tijdens de duik stond de duikmeester met de duikziekenverpleger op de brug. In een *dinghy* (een rubberboot die gebruikt wordt om de duikers van het schip naar de duiklocatie te vervoeren) zaten de seinmeester, de reserveduiker en de duiker. Zij voeren naar de duiklocatie en plaatsten daar het *conning run*-tuig. De seinmeester deed een dieptepeiling en daarna bepaalde de duikmeester het duikprofiel. Een duikprofiel is een grafiek waarbij de duiktijd (afdaaltijd, de bodemtijd en de totale opkomsttijd) is afgezet tegen de duikdiepte. De duiker ging te water en voerde de laatste controles in het water uit. Na toestemming van de commandant van de Zr.Ms. Zierikzee daalde hij om 15.21 uur af via het afdaaleind.

Op tien meter van de bodem maakte de duiker het cirkeleind los en ging hij vervolgens door naar beneden. Op de bodem aangekomen, constateerde de duiker dat hij op 36 meter diepte zat en daarmee dieper dan gepland.²³ Dit gaf hij door en de duikmeester ging voor het begeleiden van de duik over naar de eerstvolgende tabel voor 39 meter.²⁴ Hierdoor werd de beschikbare werktijd op de bodem korter. Op de bodem zwom de duiker de cirkellijn uit; de afstand tot de mijn was maar een paar meter. Hij moest geen bijzondere inspanning leveren om niet weg te drijven door de stroming. De geplande duiktijd was al bijna voorbij toen hij de mijn bereikte. De duiker moest naar boven komen zonder de geplande handelingen aan de mijn te hebben verricht. De duiker maakte het cirkeleind vast aan de mijn en keerde terug naar het afdaaleind. Volgens de procedure kwam hij via die lijn (afdaaleind) naar boven. In de laatste fase ontstond er overdruk in zijn masker en had hij het gevoel dat het masker van zijn gezicht werd getrokken, maar dat leidde zijns inziens niet tot complicaties.

Om 15.31 uur kwam de duiker aan het wateroppervlak en gaf hij het 'OK' teken. De duiker werd in de boot geholpen en hij ging op de zijkant van de boot zitten.

3.2.3 Vastgelegde gegevens

Het ISMIX-duiktoestel beschikt over een systeem dat automatisch de gegevens van de duik registreert, de zogenaamde *logger* (SU-12236). Deze *logger* hield tijdens de duik duikdiepte, omgevingstemperatuur, tijd en de verblijfsduur onder water bij, evenals daarvan afgeleide gegevens zoals de maximaal behaalde stijgsnelheid. De Directie Materiële Instandhouding (DMI) van de Koninklijke Marine heeft de logger op 15 april 2019 uitgelezen. Afbeelding 6 is een grafische weergave van deze gegevens en daarmee van de duik van 9 april 2019. Deze grafische weergave vormt ook het duikprofiel dat is gebruikt om de duik tijdens het technisch onderzoek op 28 en 29 mei 2019 in Zweden te simuleren.



Afbeelding 6 Grafische weergave van de duik (Bron: logger SU-12236 van het ISMIX-duiktoestel).

²³ Uit de *logger* blijkt dat de duiker niet dieper is geweest dan 35 meter. Aangezien de duiker in het water in verschillende posities kan werken, is het mogelijk dat de duikcomputer (aan de pols) en de *logger* (aan het duiktoestel op de rug) niet op dezelfde hoogte zitten. Hierdoor is een verschil van 1 meter van beide systemen verklaarbaar.

²⁴ IWOD 002 Decompressiemethoden (1 april 2019) § 2300 luchttabel 1.

De IVD trof in de uitrusting van de duiker de Scubapro Digital 330M dieptemeter aan zonder aantoonbaar serienummer of registratienummer. Het historische logbestand uit deze dieptemeter was tijdens het onderzoek leeg, waardoor de inspectie het duikprofiel niet meer kon uitlezen. Eerder had de Marechaussee in haar onderzoek een foto genomen van de Scubapro Digital dieptemeter waarop de gegevens wel zichtbaar waren op het display. Deze gegevens, het betrof de maximale duikdiepte en de totale duikduur, zijn opgenomen in het proces-verbaal van de Marechaussee. De foto is beschikbaar gesteld aan de IVD (afbeelding 7).



Afbeelding 7 Foto van Scubapro dieptemeter met gegevens van de duik (Bron: Koninklijke Marechaussee).

De gegevens op de foto zijn vergeleken met het duikprofiel van de logger (SU-12236) van het ISMIX-duiktoestel. De maximale duikdiepte en totale duikduur kwamen vrijwel overeen, net als de gegevens op de timer van de duikploegleider.

De duik verliep volgens protocol, al had de duiker, toen hij bijna weer boven was, het gevoel dat zijn masker van zijn gezicht werd getrokken. De duiker kwam - zoals het op dat moment leek - zonder problemen boven water en aan boord van de rubberboot.

3.3 De hulpverlening

Deze paragraaf beschrijft de medische klachten van en de hulpverlening aan de duiker, de eerste handelingen en het vervoer naar het schip, het contact met de duikerarts en het vervoer met de reddingshelikopter. De paragraaf sluit af met de behandeling in het ziekenhuis.

3.3.1 Opstart hulpverlening

Direct nadat de duiker aan boord van de dinghy was, kreeg hij spierpijn in zijn benen en voelde hij zich misselijk worden. De seinmeester besloot de duiker onmiddellijk zuurstof toe te dienen met een set die daarvoor in de rubberboot aanwezig was. De duiker zakte weg en was enige tijd buiten bewustzijn.

De seinmeester in de *dinghy* gaf aan de duikmeester aan boord van de Zierikzee door dat de duiker niet in orde was. Op het schip werd direct alarm geslagen. De duikmeester en de duikziekenverpleger gingen naar het achterste dek van de mijnenjager, het halfdek, waar de duiker aan boord zou worden gebracht. In de tussentijd was de *dinghy* bij de Zr.Ms. Zierikzee aangekomen. De rubberboot werd opgehesen en de duiker werd horizontaal uit de boot getild en op het halfdek gebracht. De duikmeester en de seinmeester vermoedden dat de duiker een Arteriële Gas Embolie (AGE) had, dat wil zeggen een afsluiting van een bloedvat door een gasbel.²⁵ De Oudste Officier van de Zr.Ms. Zierikzee slaagde er niet in contact te krijgen met het Duikmedisch Centrum in Den Helder. Op aanwijzing van de duikmeester alarmeerde hij daarom met de VHF radioverbinding het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum (MRCC) in Oostende, dat een reddingshelikopter inzette. De duiker verklaarde later dat hij af en toe bijkwam en water kreeg. Daarna moest hij overgeven.

3.3.2 Contact met de duikerarts

De duikmeester probeerde met de *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* (DECT) telefoon contact te maken met het Duikmedisch Centrum in Den Helder, maar dat bleek niet mogelijk. Via de satelliettelefoon op de brug lukte het hem wel. Er waren meerdere pogingen nodig om een goed contact tot stand te brengen. De eerste twee keer was het contact te slecht om goed te kunnen communiceren, bij de derde poging (rond 16.05 uur) lukte dat wel en was de verbinding goed genoeg om alle benodigde informatie uit te wisselen. Dit was ongeveer een half uur nadat de duiker onwel was geworden. De communicatie met het Duikmedisch Centrum vanaf de brug had als nadeel dat de duikmeester geen contact had met de duikerarts vanaf de plek waar het slachtoffer werd behandeld. Omdat contact met het DMC aanvankelijk niet mogelijk was, besloot de duikmeester het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum (MRCC) in Oostende te laten waarschuwen door de Oudste Officier.

De melding van de duikmeester kwam op het Duikmedisch Centrum binnen bij de dienstdoende arts, een duikerarts in opleiding. Deze alarmeerde zijn begeleidend duikerarts, die op dat moment in het centrum aanwezig was en direct het gesprek overnam. Op grond van de verstrekte informatie besliste de duikerarts dat de patiënt niet stabiel genoeg was om aan boord van de Zr.Ms. Zierikzee in de recompressietank te worden behandeld. Hij achtte het beter hem te vervoeren naar het dichtstbijzijnde ziekenhuis met een *intensive care* en een hyperbare behandelkamer.

3.3.3 Vervoer met de reddingshelikopter

Intussen was een via het MRCC gealarmeerde reddingshelikopter vanuit Koksijde aangekomen bij de Zr.Ms. Zierikzee. Twee personen gingen vanuit de helikopter aan boord, namelijk de SAR-verpleegkundige en de SAR-verpleegkundige in opleiding.²⁶ De Nederlandse duikziekenverpleger droeg de duiker over aan de bemanning van de reddingshelikopter.

²⁵ De duikziekenverpleger heeft hier geen uitspraak over gedaan, omdat dat onder het medisch beroepsgeheim valt.

²⁶ De crew bestond uit zes personen: twee piloten, een *cabin operator*, een zwemmer, een SAR-verpleegkundige en een SAR-verpleegkundige in opleiding.

Het *Rescue Sub Centre* op Koksijde had, in overeenstemming met de procedure, contact met de dienstdoende Belgische arts hyperbare geneeskunde. Deze adviseerde zoals te doen gebruikelijk de patiënt over te brengen naar Brussel. De duiker werd opgehesen in de helikopter, wat hij zich later vaag kon herinneren. Al die tijd kon de duiker zijn ogen niet openhouden en voelde het alsof zijn spieren verkrampd waren. Pas in het ziekenhuis kon de duiker zijn weer ogen openen. Omdat de duikziekenverpleger aan boord moest blijven, ging de seinmeester als begeleider met het slachtoffer mee in de helikopter.

3.3.4 Behandeling in het ziekenhuis

In het ziekenhuis werd de duiker onderzocht. Om 18.41 uur ging hij de eerste keer de hyperbare behandelkamer in. Op dat moment was er iets meer dan drie uur verstreken vanaf het moment dat hij onwel was geworden. De behandeling in de hyperbare behandelkamer duurde bijna vijf uur, tot 23:32 uur.

Na de eerste behandeling in de hyperbare behandelkamer bleek dat de duiker ook klachten had aan zijn onderlichaam. Voor die klachten is de duiker meerdere keren in de recompressietank behandeld.

Uiteindelijk is de duiker hersteld van de klachten aan zijn hoofd, maar heeft hij restklachten overgehouden aan het onderlichaam. Zijn dagelijkse functioneren wordt hierdoor beïnvloed en hij is afgekeurd als duiker en militair.

Direct nadat de duiker in de dinghy zat, werd hij onwel. Het duikteam startte in de rubberboot direct met eerste hulp en voer terug naar het schip. Daar was alles in gereedheid gebracht om de behandeling van de duiker voort te zetten. Pas na ongeveer 30 minuten lukte het om met een satelliettelefoon een goede verbinding met de duikerarts van het Duikmedisch Centrum in Den Helder tot stand te brengen. Via een VHF radioverbinding werd een reddingshelikopter van het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum in Oostende gealarmeerd. Deze helikopter bracht de duiker over naar het Militair Hospitaal Koningin Astrid in Brussel. Daar werd de behandeling van de duiker voortgezet in een hyperbare behandelkamer. De duiker hield uiteindelijk restklachten over aan het voorval en werd afgekeurd als duiker en militair.

4 Analyse

Dit hoofdstuk beschrijft de analyse van het ongeval. Het ongeval kan worden verklaard door (een combinatie van) drie factoren, te weten:

- Factoren gerelateerd aan menselijk handelen voor en tijdens de duik;
- Technische/fysische factoren;
- Overige bevindingen.

Paragraaf 4.1 behandelt de factoren gerelateerd aan het menselijk handelen in de fase voor en tijdens de duik. Paragraaf 4.2 gaat in op de technische en fysische factoren tijdens de duik. Aan het einde van het hoofdstuk bevat paragraaf 4.3 gegevens en bevindingen die geen directe relatie hebben met het ongeval, maar wel veiligheidslessen opleveren.

4.1 Factoren gerelateerd aan menselijk handelen voor en tijdens de duik

4.1.1 Opleiding, training en ervaring

Uit het onderzoek blijkt dat de duikers, de seinmeester, de duikmeester en de duikziekenverpleger voldeden aan alle opleidings- en trainingseisen.

Het duikpersoneel had een tijd niet mogen werken met het ISMIX-duiktoestel vanwege een eerder opgelegd duikverbod. Na het opheffen van het duikverbod volgde het personeel een herhalingsopleiding om de vaardigheid met de duikuitrusting weer op peil te brengen.

De betrokken duiker is in 2016 in dienst gekomen en begin 2017 begonnen als operationeel duiker. In de periode tot 9 april 2019 heeft hij 245 SCUBA duiken gemaakt. SCUBA staat voor *Self Contained Underwater Breathing Apparatus*, wat betekent dat de duiker ademgas ontvangt uit de fles op zijn rug. Wettelijk is voorgeschreven dat een duiker in 24 maanden minimaal 30 duiken maakt.

Ook de duikerarts in Den Helder voldeed aan de opleidings- en bijscholingsvereisten. Hij had meer dan twintig jaar ervaring als duikerarts bij Defensie. Voor duikerartsen is praktijkervaring cruciaal. Volgens het Duikmedisch Centrum is de trend echter dat duikerartsen minder ervaring opdoen in het werkelijk uitvoeren van behandelingen van duikongevallen. Dit komt doordat het aantal militaire duikongevallen is afgenomen en doordat civiele behandelcentra zoals in Amsterdam, Sneek en Goes de afgelopen jaren civiele duikongevallen steeds vaker van Defensie overnemen.

De Instructie Werken Onder Overdruk (IWOD) beschrijft wie welke werkzaamheden moet doen in de voorbereiding op een duik. De IVD stelt in haar onderzoek vast dat deze activiteiten zijn uitgevoerd. Twee onderwerpen wil de IVD hier nader belichten, namelijk de risicoanalyse en de briefings.

De duikmeester moet voor de duik een risico-inventarisatie maken, de duik plannen, briefings houden, (radio) verbindingen en het materieel laten controleren.²⁷ Uit de interviews blijkt dat de duikmeester de duik zoals voorgeschreven ten dele heeft voorbereid. De IWOD 001 beschrijft in § 3411 hoe de duikmeester een risicoanalyse moet maken: “De duikmeester dient in zijn voorbereiding na te denken over de risico’s van de werkzaamheden en de bijbehorende beheersmaatregelen”.

Ook de duiker maakt een *Last Minute Risk Assessment* voordat hij een taak gaat uitvoeren.²⁸ Daarmee gaat hij na of de risico’s voldoende zijn beheerst net voordat hij aan de opgedragen taak begint. De IVD constateert dat de duiker dit *assessment* voorafgaand aan zijn duik heeft uitgevoerd.

In de IWOD staat beschreven dat de duikmeester een briefing moet geven.²⁹ In de bijlage F van die IWOD staat een format voor deze briefing met de onderwerpen die daarin aan bod moeten komen. De briefing wordt in de praktijk niet vastgelegd. Daardoor is het niet duidelijk of de juiste zaken zijn geadresseerd.

De bij duiken verplichte last minute risicoanalyses en briefings zijn niet inzichtelijk, omdat deze niet worden vastgelegd en bewaard.

4.1.2 Uitvoering van de duik

De duik verliep grotendeels volgens protocol en de duiker kwam, zo leek het, zonder problemen aan het wateroppervlak en aan boord van de *dinghy*. Uit het duikprofiel blijkt dat de duiker aan het begin van de terugkeer naar de oppervlakte, ook wel ‘het opkomen’ genoemd, gedurende korte tijd een te grote stijgsnelheid had. De piek van de stijgsnelheid was de eerste seconden bijna 25 m/min, terwijl 18m/min (met een marge van plus min 3 m/min) de norm is.³⁰ Mogelijk kwam de hoge snelheid doordat de duiker zich afzette van de bodem. Aangezien de maximale stijgsnelheid van korte duur was en aan het begin van het opkomen waar de duikdiepte nog relatief groot was, heeft dit waarschijnlijk niet bijgedragen aan het ontstaan van het letsel. Op grotere diepte expandeert de lucht bij het opkomen namelijk slechts in beperkte mate, zodat er weinig risico voor de duiker uit voortvloeit. De duiker heeft echter gemeld dat hij aan het einde van het opkomen het gevoel had dat zijn masker van zijn gezicht werd getrokken. Dit komt door het uitzetten van het ademgas dat in het duikstelsel aanwezig is door de drukverlaging. Dit ervaart de duiker bij het opkomen en kan, zeker als de duiker omhoog kijkt tijdens het opkomen, voelen alsof het masker van het gelaat wordt getrokken omdat ademgas langs de randen van het masker ontsnapt. Dat produceerde overdruk in het masker, maar ook lawaai, omdat overtollig ademgas via de zijkant van het masker naar buiten werd geperst. Het is denkbaar dat ademgas aanwezig in de luchtwegen onvoldoende heeft kunnen ontsnappen bij het opkomen. Het in onvoldoende mate uitademen bij opkomen is een veelvoorkomende oorzaak van AGE. Vlak aan de oppervlakte is dat risico

²⁷ IWOD 001 Algemeen (1 april 2019) § 3400 Uitvoering.

²⁸ IWOD 001 Algemeen (1 april 2019) § 2133.

²⁹ IWOD 001 Algemeen (1 april 2019) § 3414.

³⁰ IWOD 002 Decompressiemethoden (1 april 2019).

het grootst, omdat in de laatste meters het ademgas het meest expandeert. Dat zou het letsel kunnen verklaren.

Er zijn geen directe aanwijzingen dat de voorbereiding en uitvoering van de duik tot het ontstaan van letsel hebben geleid. Wel was bij zijn terugkeer naar de oppervlakte in de eerste meters gedurende korte tijd de stijgsnelheid van de duiker te groot en was er een kleine verstoring aan het einde van het opkomen.

4.2 Technische/fysische factoren

4.2.1 Factoren gerelateerd aan omgevingscondities

Paragraaf 2.3 beschrijft de locatie en omgevingscondities van het ongeval. De duikmeester maakt iedere keer een afweging tussen de noodzaak en de omstandigheden van de duik en weegt daarbij de risico's af. De duikmeester zag geen beletsel om de duik uit te voeren onder de gegeven omstandigheden. De specialist in het onderzoeksteam van de IVD heeft de omgevingscondities van het moment van de duik beoordeeld en ondersteunde de afweging van de duikmeester.

De omgevingscondities vormden op 9 april 2019 geen beletsel om de duik uit te voeren.

4.2.2 Duikuitrusting

Bijlage C beschrijft de uitrusting die de duiker droeg tijdens de duik. Na het ongeval is het *rebreather* deel van het toestel onderzocht door het *Diving And Naval Medicine Centre (DNMC)* in Zweden. Dit gebeurde nog in het kader van onderzoek dat de Koninklijke Marine na het ongeval startte. Het onderzoek omvatte een visuele inspectie, analyse van het gas in de 5L composietcilinder, een functietest en een gesimuleerde duik. In de simulatieduik werden ademlucht en omstandigheden van de duik nagebootst aan de hand van het duikprofiel, afkomstig van de logger van het duiktoestel. De conclusie van het Zweedse onderzoek is dat het duiktoestel werkte zoals mocht worden verwacht. De specialist in het onderzoeksteam van de IVD heeft bij een inspectie van de uitrustingsstukken van de duiker geen beschadigingen aangetroffen. Daarnaast heeft de IVD met verschillende deskundigen onderzocht of de uitrustingsstukken, in de staat waarin deze zijn aangetroffen, het letsel van de duiker (mede) kunnen verklaren. Zij zijn van mening dat dat onwaarschijnlijk was. Er zijn geen tekortkomingen aan de duikuitrusting geconstateerd; een verband tussen de duikuitrusting en het ongeval is daarom niet aannemelijk.

4.2.3 Duikmedische oorzaken

Er zijn diverse medische oorzaken die de klachten bij de duiker zouden kunnen verklaren. Ook kan er sprake zijn van een combinatie van oorzaken. Om de kans op medische problemen bij een duik tot een minimum te beperken, worden duikers gekeurd door het Duikmedisch Centrum van de Marine en moet hun fysieke en psychische gesteldheid goed zijn.³¹ De duiker was goedgekeurd door het Duikmedisch Centrum. Factoren die een goede fysieke en psychische gesteldheid kunnen beïnvloeden, zijn onder andere een ziekte of verkoudheid, gebruik van medicijnen, alcohol en/of drugs, zware lichamelijke inspanning of weinig slaap vlak voor de duik. Uit de interviews en uit de analyse van het dossier van de duiker door de duikerarts in het onderzoeksteam komen geen bijzonderheden in de fysieke en psychische gesteldheid van de duiker naar voren.

Om toch een verklaring te vinden voor het trauma van de duiker heeft de duikerarts in het onderzoeksteam enige scenario's beschreven die het bewustzijnsverlies korte tijd na het bereiken van het wateroppervlak alsmede de klachten aan het onderlichaam kunnen verklaren. Het onderzoeksteam heeft ieder scenario naast de verzamelde onderzoeksgegevens gelegd en de waarschijnlijkheid van elk scenario beoordeeld. Aansluitend hebben twee Nederlandse externe duikmedisch specialisten de conclusies geverifieerd.

De onderstaande scenario's zijn in beschouwing genomen. Voor een medisch inhoudelijke toelichting wordt verwezen naar bijlage E:

1. Koolstofmonoxide (CO) intoxicatie

De analyse van het ademgas in het onderzoek door het DNMC in Zweden sluit koolstofmonoxide-intoxicatie uit.

2. Hypoxie (O₂) zuurstofgebrek

Technisch onderzoek van het ISMIX-duiktoestel door het DNMC sluit hypoxie uit.

3. Koolstofdioxide (CO₂) intoxicatie

Koolstofdioxide-intoxicatie is uitgesloten door de bevinding van het DNMC dat de *scrubbers* goed en binnen de toegelaten watertemperatuur functioneerden. Ook het feit dat het bewustzijnsverlies aan het wateroppervlak optrad, maakt dit scenario zeer onwaarschijnlijk. Bijkomende verschijnselen, zoals een snellere adem en verwarring, zijn niet opgetreden.

4. Cardiologische oorzaken

Veelvoorkomende cardiologische oorzaken zijn nagenoeg uitgesloten. De duikerarts in het onderzoeksteam heeft het medische dossier van de duiker onderzocht. De duikmedische keuring voor het ongeval en de specialistische analyse na het ongeval bevatten hiervoor geen aanwijzingen.

³¹ De vereisten voor duikerskeuringen zijn vastgelegd in het Arbobesluit en de Arbocatalogus werken onder overdruk.

5. Neurologische oorzaken

Veelvoorkomende neurologische oorzaken zijn nagenoeg uitgesloten. De duikerarts in het onderzoeksteam heeft het medische dossier hierop onderzocht. Bij de duikmedische keuring voor het ongeval zijn hier geen aanwijzingen voor gevonden (niet sluitend) en de analyse door duikmedische specialisten na het ongeval liet hier ook geen aanwijzingen voor zien.

6. Decompressieziekte

Het betrof een goed uitgevoerde 'no-deco duik' op luchttabellen. De duiker dook met een nitrox mengsel (zie paragraaf 3.1.3) dat in verhouding met atmosferische lucht meer zuurstof (en minder stikstof) bevat. Dit maakt een decompressieziekte niet onmogelijk, maar wel minder waarschijnlijk.

7. Arteriële gasembolie (AGE)

Een arteriële gasembolie is een vorm van embolie die ontstaat als ademgas direct in de bloedbaan komt en daar één of meerdere gasbellen vormt. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren omdat de druk in de longen bij het opkomen te hoog oploopt, waardoor longblaasjes knappen. Bellen in de bloedbaan belemmeren de normale bloedsomloop. Dit kan gepaard gaan met bewustzijnsverlies als de bellen in de hersenen komen of met uitval van (motorische) lichaamsfuncties als zij het ruggenmerg bereiken. De schade die hierbij optreedt kan blijvend zijn.

Een arteriële gasembolie kan door meer oorzaken ontstaan:

- Onvoldoende uitademen bij het opkomen. Het correct uitademen kan door wat voor reden dan ook zijn onderbroken. Ondanks de ervaring van de duiker is dit niet volledig uit te sluiten.
- Een lokale afsluiting in de longen door een slijmprop is een mogelijke oorzaak, maar hiervoor zijn geen aanwijzingen gevonden zoals een verkoudheid of luchtwegaandoeningen door roken.
- Reeds bestaande longafwijkingen kunnen een oorzaak zijn. Na het ongeval zijn longafwijkingen op de CT-scan bij de duiker geconstateerd. Het is niet te zeggen of deze longafwijkingen door het ongeval zijn ontstaan of dat zij al bestonden.
- Een arteriële gasembolie is de meest waarschijnlijke oorzaak van het bewustzijnsverlies in dit duikongeval. Vooral het ontstaan van neurologische klachten binnen vijf minuten na het bereiken van het wateroppervlak is een sterke aanwijzing. Wat die AGE heeft veroorzaakt, is niet meer met zekerheid vast te stellen. Dat kan elk van de drie genoemde oorzaken zijn geweest, afzonderlijk of in combinatie.

Het meest waarschijnlijke scenario voor het ontstaan van de klachten bij de duiker ten gevolge van het ongeval is het optreden van een arteriële gasembolie.

Omdat een zwakke plek of een kleine holte in de longen een risico voor de duiker oplevert, heeft de IVD onderzocht in hoeverre het huidige keuringsregime van Defensie deze afwijkingen blootlegt. Duikerskeuringen zijn wettelijk vastgelegd.³² De keuringen worden regelmatig geactualiseerd aan de hand van nieuwe inzichten in binnen- en buitenland over de effectiviteit van duikerskeuringen door de uitwisseling van ervaringen en onderzoeksresultaten. De huidige initiële duikerskeuringen kunnen zwakke plekken of kleine luchtholtes in de longen niet met zekerheid vaststellen (X-thorax).³³ Met een long-CT zou dat wel kunnen.³⁴ Het uitvoeren van een long-CT als screeningsmiddel bij een keuring is volgens duikartsen die de IVD heeft geraadpleegd echter niet gerechtvaardigd gezien de stralingsbelasting van een CT. Het extra inzicht dat de CT zou kunnen opleveren, weegt niet op tegen de risico's ten gevolge van de stralingsbelasting. Dit is de belangrijkste reden om de duikerkeuring niet aan te passen. Op dit moment is een long-CT alleen geïndiceerd op grond van een afwijkende longfunctietest en of een anamnese door een (duiker)arts. In navolging van een aantal NAVO-partners heeft H-DMC gezien de beperkte voorspellende waarde tevens besloten om bij de initiële duikerkeuring de X-thorax te laten vervallen.

4.2.4 Voorbereiding medische afvoerketen

Oefenplannen of operatieorders³⁵ voor duikoperaties moeten wat de medische afvoerketen betreft een akkoord krijgen van het hoofd Duikmedisch Centrum.³⁶ Onderzoek van de IVD wijst uit dat er voor deze duik geen oefenplan of operatieorder aan het hoofd Duikmedisch Centrum is aangeboden en dat het onderdeel 'medische afvoerketen' niet is geaccordeerd. Een groot gedeelte van de duiken bij de Marine gebeurt in het Nederlandse en Belgische deel van de Noordzee. Wanneer veel duiken onder vergelijkbare omstandigheden worden uitgevoerd, kan er routinematig gedrag ontstaan met als risico dat het plan voor de medische afvoerketen niet meer wordt opgesteld of geactualiseerd. Met het oog hierop heeft het Duikmedisch Centrum onderkend dat de administratieve procedures eenvoudiger kunnen. Het centrum heeft daarom voor een aantal duikgebieden een standaard procedure ontwikkeld, met daarin een beschrijving van de medische afvoerketen. Zolang een eenheid binnen de kaders van deze standaardprocedure optreedt, is de afvoerketen bekend en akkoord bevonden. Uiteraard moet de duikmeester de afvoerketen nog wel controleren voor de duik. Eenheden hoeven dus alleen een oefenplan naar het Duikmedisch Centrum te sturen als het optreden afwijkt van de standaardprocedure. Deze hadden bij het uitkomen van dit rapport nog de conceptstatus en waren nog niet in gebruik bij de eenheden.

De duikerarts in Den Helder was in de veronderstelling dat er een arts aan boord was van de reddingshelikopter. Daarnaast kende het Duikmedisch Centrum in Den Helder niet de (ten tijde van het voorval nog ongeschreven) richtlijn dat in België een militaire duiker na een duikongeval in principe naar het Militair Hospitaal Koningin Astrid in Brussel wordt vervoerd. De MEDEVAC-werkwijze

³² Arbobesluit en Arbocatalogus werken onder overdruk.

³³ Bullae/Blebs.

³⁴ 3 dimensionale röntgenfoto van de longen met een significant hogere stralingsbelasting dan een standaard X-thorax.

³⁵ Opord is een operatieorder, een opdrachtverlening van een hogere commandant aan een lagere commandant.

³⁶ IWOD 003 Duikmedische aspecten (1 april 2019) bijlage H 1.B.

‘duikongeval’ in België is niet in enig document van de Nederlandse Marine vastgelegd. Omdat de Nederlandse en de Belgische Marine nauw met elkaar samenwerken, ook in operaties met duikers, is het belangrijk dat de standaardwijze van optreden bij een duikongeval in België bekend is aan Nederlandse zijde. Dit geldt in het bijzonder voor de bemanningen van Nederlandse mijnenbestrijdingsvaartuigen en het Duikmedisch Centrum in Den Helder.

4.2.5 Controle medische afvoerketen

Bij duikactiviteiten moet de duikmeester altijd verifiëren of de gehele medische keten inzetgereed is.³⁷ Dit betekent dat hij contact moet opnemen met de locatie waar een recompressietank aanwezig is. In dit geval was dat het Militair Hospitaal in Brussel. Deze controle is niet uitgevoerd. Specifiek voor de medische afvoerketen moet de duikmeester de verbinding met hulpverleningsinstanties controleren.³⁸ Ook moet hij zich er voor aanvang van de duikwerkzaamheden van vergewissen dat bij een ongeval direct contact mogelijk is met een duikerarts.³⁹ Een dag voor het ongeval is volgens de bemanning een verbindingsscheck uitgevoerd met het Duikmedisch Centrum. De IVD heeft niet kunnen vaststellen met welk toestel deze verplichte verbindingsscheck is uitgevoerd, omdat dit niet wordt vastgelegd.⁴⁰ De duikmeester voerde geen verbindingsscheck uit met het Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum in Oostende.

Hoewel volgens de verklaringen de dag voorafgaande aan de duik een verbindingsscheck was uitgevoerd met het Duikmedisch Centrum in Den Helder, kon de duikmeester op de dag van de duik de arts daar niet bereiken met de DECT-telefoon in de bedieningsruimte van de recompressietank. Uit nader onderzoek van de IVD blijkt dat de Zr.Ms. Zierikzee in de maanden voorafgaand aan het ongeval onderhoud had ondergaan, waarbij de telefooncentrale was ingesteld op de ‘Belgische stand’. De Nederlandse en Belgische Marine werken nauw samen en gebruiken ook veelal hetzelfde materieel. De instellingen van die apparatuur kunnen echter verschillen. De consequentie van de Belgische instelling was dat men aan boord van het schip alleen extern kon bellen met de DECT-telefoon van de commandant. In de Nederlandse configuratie is dit niet zo. Dat is relevant omdat bij een duikongeval de duikmeester met de DECT-telefoon in de bedieningsruimte van de recompressietank het Duikmedisch Centrum moet kunnen bereiken. Tijdens de systeemtesten in de opwerkperiode constateerde de oefenstaf dat de instelling van de telefooncentrale niet goed was en rapporteerde hij dat aan de commandant van de Zr.Ms. Zierikzee. De IVD heeft niet kunnen vaststellen of de telefooncentrale ten tijde van het duikongeval op de juiste wijze was ingesteld, omdat er te veel tijd was verstreken tussen het moment van het ongeval en de analyse van de verbindingproblemen. Een Belgische instelling zou echter wel kunnen verklaren waarom de duikmeester met de DECT-telefoon in de bedieningsruimte het Duikmedisch Centrum in Den Helder niet kon bereiken.

³⁷ IWOD 003 Duikmedische aspecten (1 april 2019) bijlage H 2.

³⁸ IWOD 001 Algemeen (1 april 2019) bijlage C Controlelijst voor algemene duikarbeid.

³⁹ IWOD 003 Duikmedische aspecten (1 april 2019) § 2111.

⁴⁰ Zie IWOD 001 Algemeen bijlage C & E.

Ook de alternatieve verbinding per satelliettelefoon kwam moeizaam tot stand. De mogelijke oorzaak hiervan was, volgens de bemanning, een ongunstige positie van de antenne door de ligging van het schip.

4.2.6 Uitvoering hulpverlening

Nadat de duiker onwel werd, begon de seinmeester direct met de behandeling door de duiker zuurstof toe te dienen. Hij deed dat omdat hij vermoedde dat er sprake was van een arteriële gasembolie. Het duikteam voer met de rubberboot terug naar het schip en bracht de duiker aan boord. Daar nam de duikziekenverpleger de behandeling over.

Begin 2019 heeft de Koninklijke Marine het 'Voorschrift Koninklijke Marine (VKM) 007 Arbeid onder overdruk' vervangen door de 'Instructie werken onder overdruk' (IWOD). Deze vervanging liep synchroon met de introductie van nieuw beleid op initiatief van het Duikmedisch Centrum in Den Helder waarbij de regel verviel om duikers met symptomen van een decompressieziekte of AGE zo snel mogelijk in te sluiten in een recompressietank en hun zuurstof toe te dienen. De nieuwe instructie (IWOD 003) schrijft voor eerste hulp te starten om de patiënt te stabiliseren en contact te zoeken met een duikerarts. Het nieuwe beleid bepaalt verder dat het de voorkeur geniet een patiënt te stabiliseren alvorens te starten met een behandeling in de decompressietank. Indien de patiënt niet stabiel is, heeft het de voorkeur om deze in een ziekenhuis met een hyperbare behandelkamer en een *intensive care* te behandelen, in plaats van de decompressietank aan boord van het schip. Het advies daarbij is om bij een decompressieziekte of AGE zo snel als redelijkerwijs kan te behandelen in een decompressietank of hyperbare behandelkamer, maar bij voorkeur binnen vier uur voor een AGE en binnen zes uur voor een decompressieziekte. Het Duikmedisch Centrum heeft verschillende onderzoeken en casuïstiek gebruikt die deze wijzigingen ondersteunen.

De duikerartsen, de duikziekenverplegers en de duikmeesters zijn allemaal in de aanloop naar de overgang naar de IWOD geïnformeerd over dit nieuwe beleid (zie § 4.4.3). De IVD stelt op basis van interviews en de reconstructie van het ongeval vast dat de duikziekenverpleger, de duikmeester en de duikerarts binnen het kader van deze nieuwe werkwijze handelden. De duikziekenverpleger heeft ook om die reden de duiker niet meteen in de recompressietank aan boord gebracht en gewacht op nadere aanwijzingen van de duikerarts. Het contact met de duikerarts kwam moeizaam tot stand, waardoor deze pas een half uur nadat de duiker onwel was geworden tot een advies kwam. Omdat toen al een reddingshelikopter boven het schip hing, was het een reële veronderstelling van de duikerarts dat de behandeling binnen de gestelde termijn kon aanvangen. Dat, in combinatie met het ziektebeeld van de patiënt, deed de arts dan ook besluiten hem te vervoeren naar het Militair Hospitaal Koningin Astrid in Brussel, dat goed geëquipeerd is voor de behandeling van duikongevallen.

De keuze om de duiker af te voeren had als consequentie dat er tijd verstreek voordat de behandeling kon worden gestart. Hij moest immers eerst naar het ziekenhuis in Brussel worden gevlogen en daar worden onderzocht. Deze afvoerketen resulteerde erin dat de behandeling van de duiker in de hyperbare behandelkamer startte ongeveer drie uur nadat hij onwel was geworden. Er is

niets met zekerheid te zeggen over de uitkomst van het herstel van de duiker als hij direct aan boord van het schip in de recompressietank zou zijn gebracht.

Volgens de oude regelgeving had de duikziekenverpleger bij het vermoeden van een AGE direct de behandeling in de recompressietank aan boord van de Zr.Ms. Zierikzee moeten starten. In de nieuwe instructie is deze richtlijn verlaten. Uit een analyse direct na het ongeval kwam naar voren dat in de vernieuwde instructie niet duidelijk stond hoeveel tijd het mag kosten om het contact met de duikerarts tot stand te brengen. Evenmin was voldoende duidelijk wat de bevoegdheden van de duikziekenverpleger waren indien contact met de duikerarts niet mogelijk was. Het Duikmedisch Centrum heeft in reactie daarop een stroomschema ontwikkeld om deze onduidelijkheid op te heffen. Het schema is vooral bedoeld de duikziekenverpleger en duikmeester te ondersteunen bij de medische behandeling van een duiker (zie bijlage D). Deze nieuwe *Duikincident Management Flowchart* is in 2020 bekend gemaakt⁴¹ en bij de laatste wijziging in november 2020 opgenomen in de Instructie Werken Onder Overdruk (IWOD).⁴² De IVD heeft het stroomschema geanalyseerd en is van oordeel dat deze de gebruiker aan boord van een schip voldoende houvast biedt om medische besluiten te nemen in afwezigheid van een duikerarts. Wel zou het wenselijk zijn op de kaart expliciet te vermelden dat deze is bedoeld als hulpmiddel indien contact met een duikerarts niet mogelijk is.

De IVD concludeert uit gesprekken met duikmedisch specialisten van binnen en buiten Defensie (Academisch Medisch Centrum Amsterdam) dat er in de duikmedische wereld geen consensus bestaat over de optimale behandelmethode na het vermoeden van een AGE. Het Duikmedisch Centrum hanteert het beleid dat het de voorkeur heeft een patiënt te behandelen in een ziekenhuis met recompressietank en een *intensive care* om bij complicaties de best mogelijke zorg te kunnen bieden. Andere deskundigen zijn van mening dat de behandeling zo snel mogelijk aan boord moet starten. Een patiënt zou alleen direct naar een ziekenhuis moeten worden afgevoerd bij het vermoeden van ernstige neurologische afwijkingen, zoals verlamingsverschijnselen, en/of ademhalingsproblemen bij bewusteloosheid. De IVD stelt wel vast dat het Duikmedisch Centrum als formele duikautoriteit van Defensie het beleid vaststelt. Het hoofd van het Duikmedisch Centrum heeft na het ongeval dat beleid nog eens keer bekrachtigd door middel van het stroomschema 'Duikincident management', dat inmiddels deel uitmaakt van de Instructie Werken Onder Overdruk. De interne discussie over dit onderwerp is daarmee gesloten en de onduidelijkheden zijn weggenomen.

De klachten van de duiker zijn behandeld volgens de richtlijnen van de Instructie Werken Onder Overdruk (IWOD 003) en het beleid van het Duikmedisch Centrum. Dit beleid is in de duikwereld niet onbesproken. Het is echter vastgesteld door het hoofd Duikmedisch Centrum, de medische duikautoriteit bij Defensie, die daarmee duidelijkheid heeft geschapen.

⁴¹ DSM Memo CIKK 2020-013.

⁴² IWOD 003 Duikmedische aspecten (november 2020); DSM Memo CIKK 2020-015.

4.3 Overige aandachtspunten

Het onderzoek richtte zich op de vraag hoe het ongeval kan worden verklaard (“Wat is de oorzaak van het duikongeval op 9 april 2019?”). De inspectie identificeerde tijdens het onderzoek ook factoren die weliswaar geen rol speelden in de aanloop tot het ongeval, maar die wel een veiligheidsrisico vormen voor andere duikactiviteiten. Omdat deze bevindingen kunnen bijdragen tot een betere beheersing van duikveiligheidsrisico’s beschrijft de inspectie deze ook in dit rapport.

4.3.1 Verwerven, onderhoud en beheer materieel

De IVD constateerde tijdens haar onderzoek onvolkomenheden in de verwerving, onderhoud en het beheer van duikmaterieel. De inspectie heeft mede om die reden besloten een verdiepend onderzoek uit te voeren naar het ‘ISMIX duiken’ bij de Marine. Dit verdiepende thematische onderzoek zal later dit jaar resulteren in een afzonderlijk rapport.

4.3.2 Vastleggen informatie

De regels over het vastleggen van informatie staan in de Instructie Werken Onder Overdruk (IWOD) 001 Algemeen. Bij complexe duiken is het vastleggen van beeld- en spraakmateriaal verplicht. Het criterium ‘complex’ behelst niet de beoordeling van het risico van de voorgenomen duik. De duik die in dit onderzoek centraal staat, valt om die reden niet in de categorie ‘complex’ en er zijn dan ook geen opnames gemaakt. Onderwaterwerkzaamheden, zoals het ruimen van mijnen zijn risicoverhogend. Bij dergelijke activiteiten is het van belang na een voorval goed te kunnen reconstrueren en analyseren wat er is gebeurd. Spraak- en video-opnames gedurende de duikoperatie zijn daarbij zeer behulpzaam. De IVD is van oordeel dat, voor zover de operationele situatie dat toelaat, ook bij risicovolle duiken spraak- en video-opnames moeten worden gemaakt.

4.3.3 IWOD

Het duiken met het ISMIX-duiktoestel staat beschreven in de Instructie Werken Onder Overdruk met de volgende onderwerpen:⁴³

- uitvoering duikstelsel;
- beschrijving systeemonderdelen;
- soorten ademgas en toegestane duikdieptes;
- werktijdberekening;
- flowdiagram controle ISMIX;
- controlelijsten;
- onderhoud.

De Koninklijke Marine voerde de Instructie Werken Onder Overdruk (IWOD) in het voorjaar van 2019 in. Met nota ‘CZSK 2019001943 29 maart 2019’ is het duikpersoneel geïnformeerd dat het Tactisch Overleg Defensie Duik School de IWOD-delen 001 t/m 004 op 26 maart 2019 heeft vastgesteld en dat deze per 1 april 2019 het *Voorschrift Koninklijke Marine (VKM) 007 Arbeid onder overdruk delen 1 t/m 4*

⁴³ IWOD 004.4 ISMIX duikstelsel (1 april 2019).

vervangen. De IWOD is daarna via het digitale postsysteem (X-post) aangeboden aan alle commandanten van duikenheden en aan alle duikcoördinatoren. Daarnaast zijn alle duikers en duikmeesters die over een actuele certificatie beschikken persoonlijk met een e-mailbericht door CIK&K⁴⁴ op de hoogte gesteld. Zij ontvingen een link naar de documenten in een digitale samenwerkingsruimte. In de aanloop naar de invoering is een defensiebreed duiksymposium gehouden op 31 januari 2019, waarin de nieuwe methodieken zijn toegelicht. Ook heeft H-DMC in de vorm van een *toolboxmeeting* een korte presentatie verzorgd waarin een duikerarts onder andere de duikmedische veranderingen belichtte.⁴⁵ Het document is op het Marineduikportaal (Sharepoint) gepubliceerd. Alle duikenheden bij Defensie werken sindsdien met deze IWOD-serie.

In het voorjaar van 2019 werd bekend dat de aanwijzing SG-001 (over verschijningsvormen van interne regelgeving) zou worden aangepast, en dat publicaties zoals de IWOD vanaf juli 2019 ook defensiebreed moesten worden vastgesteld. De IWOD-serie heeft, als eerste *joint* instructie, dit traject ook doorlopen, hoewel het al sinds maart 2019 van kracht was. De procedure omvat onder andere overleg met de centrale medezeggenschapscommissie. Die goedkeuring was op 28 oktober 2019 een feit, enkele maanden na het ongeval derhalve. De commandant van de Defensie Duikschool tekende op 30 oktober 2019 het vaststellingsbesluit en gaf daarmee tevens de opdracht tot interne publicatie over te gaan. Op 8 november 2019 publiceerde Defensie de nieuwe IWOD formeel op het defensie-intranet. Daarmee kwam het oude voorschrift definitief te vervallen.

Op het moment van de duik leefde binnen de duikploeg de overtuiging dat de IWOD al van kracht was en het personeel handelde daar dan ook naar. De IWOD was op dat moment echter nog niet formeel met de centrale medezeggenschap besproken. De IVD acht het echter begrijpelijk dat de duikploeg zo handelde. De marineleiding had de nieuwe regelgeving immers kort voor de duik via meerdere kanalen geïntroduceerd. De duikploeg handelde daarom in goed vertrouwen. Uiteindelijk is de IWOD ongewijzigd gebleven na het doorlopen van de procedure in de nieuwe SG-aanwijzing 001. Het was echter vanaf juli tot 8 november 2019 in formele zin onduidelijk of de nieuwe IWOD dan wel het oude VKM 007 geldig was.

Door de invoering van de nieuwe SG-001 en het besluit het IWOD als eerste joint instructie dit traject te laten doorlopen, was het van juli 2019 tot 8 november 2019 in formele zin onduidelijk of de nieuwe IWOD dan wel het oude VKM 007 geldig was. De duikploeg kon er ten tijde van het voorval van uitgaan dat de nieuwe procedure van kracht was. De ploeg handelde dan ook in goed vertrouwen.

⁴⁴ De Certificerende Instelling van de Defensie Duikschool (CIK&K).

⁴⁵ Een *toolboxmeeting* is een korte presentatie over een veiligheidsonderwerp. Het doel is de veiligheid in een bedrijf te bevorderen.

5 Conclusies

Op 9 april 2019 voerde de Zr.Ms. Zierikzee een mijnenruimoperatie uit voor de Belgische kust. Tijdens deze operatie werd een Nederlandse marineduiker onwel direct nadat hij boven water kwam van een duik van 36 meter diepte. De inspectie onderzocht het voorval en komt tot de volgende conclusies:

Voorbereiding en uitvoering van de duik

De IVD concludeert dat het ongeval niet is terug te voeren op de voorbereiding of de uitvoering van de duik. Ook zijn er tijdens het onderzoek geen aanwijzingen gevonden dat de omgevingscondities of het functioneren van de duikuitrusting daarbij een rol speelden.

Duikmedische aspecten: Arteriële gasembolie

Het meest waarschijnlijke scenario is dat het onwel worden van de duiker en het blijvende letsel dat daaruit voortvloeide het gevolg zijn van een arteriële gasembolie. De oorzaak van de arteriële gasembolie is niet meer met zekerheid te achterhalen. Het kan zijn dat de duiker voor het ongeval al een of meer zwakke plekken en of kleine holtes in zijn longen had, maar ook een lokale afsluiting in de longen door een slijmprop is een mogelijke oorzaak. Hierdoor ontstaat sneller schade aan het longweefsel bij de drukveranderingen die optreden bij het opkomen. Bij dergelijke schade kunnen gasbellen via de bloedbaan in hersenen en ruggenmerg terecht komen. Een oorzaak van het ontstaan van een arteriële gasembolie kan ook zijn dat de duiker tijdens het opkomen onvoldoende heeft uitgeblazen.

Behalve dat er waarschijnlijk gasbellen in de hersenen zijn terechtgekomen, wat resulteerde in het bewustzijnsverlies, zijn er waarschijnlijk ook bellen in het ruggenmerg van de duiker terecht gekomen. Daar veroorzaakten zij blijvende klachten aan het onderlichaam.

Hulpverlening aan de duiker

De duiker is behandeld volgens de richtlijnen van de Instructie Werken Onder overdruk (IWOD) en het op dat moment geldende beleid van het Duikmedisch Centrum van de Marine in Den Helder. Dat beleid was kort voor het ongeval gewijzigd, in het bijzonder de behandelmethode direct na een decompressieongeval. In de duikmedische wereld bestaat geen consensus over de optimale behandelmethode na het vermoeden van een arteriële gasembolie. Het Hoofd Duikmedisch Centrum heeft als medische duikautoriteit van Defensie het beleid vastgesteld en daarmee duidelijkheid geschapen.

Overige conclusies uit dit ongeval

De inspectie heeft de keten van gebeurtenissen onderzocht, van de voorbereiding op de duik tot en met de medische afvoer naar het ziekenhuis, met als doel te bezien wat Defensie ervan kan leren. Zij heeft ook de hulpverlening na het ongeval en de voorbereiding hierop bestudeerd. Uit het onderzoek blijkt dat er geen directe causale verbanden te leggen zijn die het ongeval verklaren. Wel is gebleken dat er aanpassingen nodig zijn om de duikveiligheid verder te verbeteren.

1. De IVD is van oordeel dat het stroomschema dat na het ongeval is ontwikkeld de gebruiker aan boord van een schip voldoende houvast biedt om medische besluiten te nemen in afwezigheid van een duikerarts. Wel is het wenselijk op de kaart expliciet te vermelden dat deze is bedoeld als hulpmiddel indien contact met een duikerarts niet mogelijk is.
2. De risico-inventarisaties en *pre-dive* briefings bij duikactiviteiten worden niet vastgelegd. Het is na een voorval dan ook niet herleidbaar of de juiste zaken aan bod zijn gekomen.
3. Doordat het aantal civiele duikmedische behandellocaties toeneemt en het aantal militaire duikongevallen afneemt, is de praktijkervaring van duikerartsen met duikvoorvallen afgenomen. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de getraindheid van vooral duikerartsen. Defensie heeft de eisen nog niet vastgelegd waaraan een duikerarts moet voldoen om zijn bekwaamheid op peil te houden en verder te vergroten.
4. Bij dit ongeval hebben medewerkers niet steeds de voorgeschreven procedures gevolgd. Zo is er bijvoorbeeld geen oefenplan of operatieorder naar het Duikmedisch Centrum gestuurd ter beoordeling van de geneeskundige afvoerketen. Verbindingen met hulpverleningsinstanties zijn voorafgaand aan de duik onvoldoende gecontroleerd.
5. Modificaties van materieel of wijzigingen van operationele procedures zijn niet altijd even gestructureerd vastgelegd. Gebruikers zijn niet (tijdig) geïnformeerd over de wijzigingen. Het risico hiervan is dat medewerkers verkeerde materialen en procedures gebruiken.
6. Opnameapparatuur anders dan telefoons ontbreekt. Voor het vastleggen van de interne en externe communicatie moet een *voice recorder* beschikbaar zijn.

6 Aanbevelingen

De inspectie doet de volgende aanbevelingen:

1. **Geneeskundige behandeling en afvoerketen**

Standaardiseer de afvoer en behandeling in de medische keten voor de gebieden waar de defensieorganisatie veel duikt, zoals binnenwateren, de Noordzee, Noorwegen en het Caribisch gebied, en verzeker dat deze procedures bekend zijn in de uitvoeringsorganisatie.

2. **Verslaglegging**

Schrijf voor, zoals dat nu ook al voor complexe duiken het geval is, spraak- en video-opnames te maken gedurende duiken die als risicovol moeten worden aangemerkt.

3. **Management of change**

Verbeter het beheer van wijzigingen in de organisatie. Hanteer een methodiek om de hierbij behorende risico's te inventariseren en de veranderingen te beheersen. De SG-aanwijzing SG-007 (Veiligheid, Gezondheid en Milieu bij Defensie) geeft hier duidelijke handvatten voor.

Bijlagen

Bijlage A Onderzoeksverantwoording

Na het ongeval startte de Inspectie Veiligheid Defensie een onderzoek naar de directe oorzaken en bijdragende factoren. Dit onderzoek heeft als doel lessen te trekken uit het ongeval en herhaling te voorkomen en zo de veiligheid bij Defensie te bevorderen.

Dataverzameling

Direct na het ongeval is de inspectie zich een beeld gaan vormen van wat zich op de dag van het ongeval heeft afgespeeld.

De IVD heeft de volgende activiteiten ondernomen:

1. Gesprekken gevoerd met de direct betrokkenen van de duik van 9 april 2019: duiker, reserve duiker, seinmeester, duikmeester, duikziekenverpleger, commandant van de Zr.Ms. Zierikzee, duikerarts en vertegenwoordiger van de MOST.
2. Documenten bestudeerd.
3. Informatie opgevraagd bij het MRCC, het *Rescue Sub Centre*, het Maritiem Hoofdkwartier, de Defensie Duikgroep, de Defensie Duikschool, het Duikmedisch Centrum, de Directie Materiële Instandhouding, de Hydrografische Dienst Vlaanderen, de Joint Meteo Group, de Belgische Militaire Meteorologische Dienst en de Belgische Marine.
4. Werkbezoeken afgelegd aan de mijnenjager Zr.Ms. Willemstad op 18 september 2019 en op 7 september 2020 en aan het opleidingsschip de Cerberus op 1 en 2 december 2020.
5. Onderzoek uitgevoerd aan de uitrusting door de duikspecialist van het onderzoeksteam aan materiaal op 30 oktober 2019 en 18 november 2019. Het volgende materiaal is hierbij bekeken: duikpak, ISMIX-duiktoestel (incl. triminrichting, noodlucht, trimlucht, afwerpsysteem lood en volgelaatsmasker) en dieptemeter.
6. De duikerarts in het onderzoeksteam heeft met toestemming van de duiker relevante zaken uit het medisch dossier bestudeerd en gesprekken gevoerd met artsen met als doel om te achterhalen wat de oorzaak van het ongeval was.
7. De medische aspecten van het ongeval zijn besproken met de IMG.
8. Er is op 2 juli 2020 een expertmeeting georganiseerd met duikmedische experts van binnen en buiten Defensie, vertegenwoordiging van de IMG en onderzoekers van de IVD.
9. Op 9 december 2020 is een expertmeeting georganiseerd met duikmedische experts van binnen en buiten Defensie en onderzoekers van de IVD.

Daarnaast vonden de volgende onderzoeken plaats:

1. Technisch onderzoek aan het gebruikte duiktoestel door het DNMC van de Zweedse strijdkrachten op 28 en 29 mei 2019.
2. Analyse van cilinders door Scheikundig Laboratorium van de Koninklijke Marine (8 januari 2020) en door de Directie Materiële Instandhouding van de Koninklijke Marine (9 januari 2020).

Analyse en oordeelsvorming

De verzamelde informatie is tijdens het onderzoek geanalyseerd. Om de resultaten op waarde te kunnen schatten, is bij aanvang van het onderzoek een referentiekader opgesteld waarmee de IVD tot haar oordeelsvorming komt. Dat kader bestaat uit regelgeving van Defensie voor duiken en medische behandelingen bij een duikongeval. Ook zijn civiele regelgeving en richtlijnen met betrekking tot duiken en medische behandeling van duikongevallen bestudeerd. Het onderzoek was gericht op de vraag “Welke maatregelen moet Defensie nemen naar aanleiding van het duikongeval van 9 april 2019 om de veiligheid te verbeteren?”. Hiervoor is bekeken welke (in)directe factoren bijdroegen aan het ongeval. Tijdens het onderzoek identificeerde de inspectie echter ook factoren die weliswaar geen rol speelden in het optreden van het ongeval, maar wel een veiligheidsrisico vormen voor andere duikactiviteiten. Deze bevindingen kunnen bijdragen aan een betere beheersing van duikveiligheidsrisico's en zijn daarom ook in dit rapport beschreven.

Kwaliteitsborging

- Interviews zijn vastgelegd in een verslag dat de geïnterviewde voor vaststelling heeft kunnen controleren op onjuistheden.
- Onderzoek en metingen zijn uitgevoerd bij daarvoor geaccrediteerde of gecertificeerde instellingen, zoals het Scheikundig Laboratorium van de Koninklijke Marine, de Directie Materiële Instandhouding van de Marine en het DNMC van de Zweedse strijdkrachten.
- De onderzochte apparatuur is verzegeld opgeborgen en de verzegeling is alleen geopend in aanwezigheid van een tweede persoon.
- Het conceptrapport van het onderzoek is door een team van interne en externe tegenlezers getoetst op consistentie, inzichtelijkheid en logica.
- Het conceptrapport is voor wederhoor aangeboden aan het betrokken personeel en de organiek leidinggevende. Hen is gevraagd het conceptrapport te controleren op feitelijke onjuistheden.

Bijlage B Opbouw opwerktraject

Ieder schip dat uit het groot onderhoud op de werf komt, doorloopt een gereedstellings- en opwerktraject. Dit proces begint in de laatste weken van de onderhoudsperiode. Het traject bestaat uit verschillende fasen om het schip stapsgewijs op materieel en personeelsgebied conditioneel, vaar-, oefen-, operationeel en inzet gereed te maken. Het gehele opwerktraject valt onder de verantwoordelijkheid van Commandant *Sea Train Command*.

Het gereedstellings- en opwerktraject is opgebouwd rondom diverse *Safety And Readiness Checks (SARC's)*:⁴⁶

- *Harbour Acceptance Trials* (binnenliggende materieelbeproevingen) met als doel de goede werking van de systemen die onderhoud hebben gekregen, te controleren.
- SARC-1: een initiële Materieel- en Bedrijfsvoeringcontrole direct na het einde van het groot onderhoud. Doel is te toetsen of de eenheid in staat is om aan boord veilig te werken, te wonen en adequaat de wacht (reewacht of provoostregeling) te lopen.
- *Scholenperiode*. De focus van de scholenperiode omvat zowel individuele instructie, individuele training als complexere teamtraining.
- Naast de in de *scholenperiode* genoemde activiteiten is de commandant ook verantwoordelijk voor het inplannen van functie gerelateerde opleidingen, waarbij veiligheidsopleidingen prioriteit hebben. De militaire basisvaardigheden zijn niet opgenomen in de scholenperiodes, maar dienen uiteraard wel op niveau gehouden te worden.
- SARC-2: een korte vervolg-Materieel- en Bedrijfsvoeringcontrole voordat de opwerkeenheid werkelijk gaat varen. Doel is om te toetsen of de bedrijfsvoering en toestand van de eenheid zodanig is ingericht en compleet is dat de eenheid kan beginnen met de SARC-3/*Sea Acceptance Trial*.
- *Fast Cruise*: het controleren van de rollen, de correcte uitvoering van een calamiteitsbestrijding en een aantal basisveiligheidshandelingen met de nadruk op zowel materieeltechnisch gebied als op personele geoefendheid voordat de eenheid de eerste maal naar zee gaat.
- *Sea Acceptance Trials* (varende materieelbeproevingen) om de goede werking van de systemen die onderhoud hebben gekregen te controleren. Het SAT-platform voor toestellen die benodigd zijn om veilig te kunnen varen (voortstuwingsystemen, ankergeroi) wordt net voor de SARC-3 gecontroleerd. Het doel van de SARC-3 is om de status vaargereed ofwel *Ready For Sea* te verkrijgen.

⁴⁶ VCZSK Directie Operaties NLMF STC 150.2 Opwerktraject voor KBW NL/BE vloot 1 juli 2018.

- SARC-4: doel van de SARC-4 is de status oefengereed ofwel *Ready for Exercise*. Hierbij worden scenario's beoefend voor *Mine Counter Measures* zonder asymmetrische dreiging (geen calamiteitenbestrijding ten gevolge van asymmetrische dreiging, maar wel brand- en averij oefeningen).
- SARC-5: direct gevolgd door SARC-6 (*Mine Counter Measures* gecombineerd met meervoudige calamiteitenbestrijding onder asymmetrische dreiging). Doel is het verkrijgen van de status operationeel gereed ofwel *Ready for Duty*.

Voor Nederlandse en Belgische mijnenbestrijdingsvaartuigen voert de afdeling MCMV *Operational Sea Training* (MOST) in Zeebrugge de SARC-5/6 uit. Commandant *Sea Train Command* is verantwoordelijk voor het programma; het hoofd van de afdeling MOST stelt het programma op. De oefeningen die vereist zijn voor de verschillende periodes staan vermeld in de MOST-guide.⁴⁷ Dit is een soort 'menulijst'. In volgorde wijzigt dit schema nogal eens. Dit kan het gevolg zijn van bijvoorbeeld het weer, technische of personele omstandigheden of getijdestroom. De Staf Officier Operaties van de MOST is verantwoordelijk voor het opstellen van een *Weekly Practice Program*. Hierin staan de activiteiten benoemd die in die week worden beoefend.

Aangezien het duikpersoneel een tijd niet had mogen werken met het ISMIX-duiktoestel vanwege een eerder opgelegd duikverbod, had het duikpersoneel voorafgaand aan het ongeval een nieuwe opleiding gevolgd om weer vaardig op dit toestel te worden. Van 25 februari tot 8 maart 2019 stond deze opleiding gepland voor de duikmeester, de seinmeester en de twee duikers. Omdat de seinmeester door ziekte uitviel, werd diens opleiding pas afgerond in week 12 (18-20 maart). De duikmeester zou tijdens de periode waarin de Zr.Ms. Zierikzee in het volgende deel van het opwerktraject zou zitten afwezig zijn vanwege het volgen van een cursus. Om die reden deed de schipper een extra examen als duikmeester, omdat hij die functie moest waarnemen. Op 22 maart 2019 slaagde de schipper voor dit examen en was het duikteam volledig gekwalificeerd.

De Zr.Ms. Zierikzee had in het opwerktraject SARC-4 afgerond en dat betekende dat de Zr.Ms. Zierikzee oefengereed (SARC-5) was, maar nog niet operationeel gereed (SARC-6).

⁴⁷ MOST NCMV Operational Sea Training 'Serial Guide' 2017.

Bijlage C Duikuitrusting

De duiker had tijdens de duik de volgende duikuitrusting en materialen bij zich:

- ISMIX-duiktoestel⁴⁸, bestaande uit de volgende onderdelen (voor een detailbeschrijving zie bijlage D):
 - de ISMIX *rebreather*;
 - een volgelaatsmasker (met communicatie);
 - het noodlucht/*bail-out* systeem;
 - een trimstelsel met trimlucht voor trimvest en droogpak;
 - een geïntegreerd draagharnas;
 - een systeem voor dragen en afwerpen van ballast.

Het ISMIX-duiktoestel is ontworpen voor het duiken in het kader van mijnenbestrijdingsoperaties. Met dit toestel kan een duiker in de buurt komen van mijnen en explosieven die worden geactiveerd door geluid en verstoringen van het magnetisch veld te registreren. In het toestel zijn daarom materialen verwerkt die het magnetisch veld zo min mogelijk verstoren (niet-magnetisch). Daarnaast produceert het duiktoestel onder water beperkt geluid, omdat de ademhaling via een semi-gesloten circuit (*rebreather*) verloopt. Daardoor ontstaan er nauwelijks gasbellen bij het ademen. Het ISMIX-duiktoestel kan worden gebruikt met ademgascilinders, maar ook met een hogedruk ademgasvoorziening vanaf het wateroppervlak met behulp van een slangstelsel.

Het ISMIX-duiktoestel is een semi-gesloten *rebreather*, inzetbaar voor duiken tot een maximale duikdiepte van 90 meter, afhankelijk van de gebruikte configuratie en het ademgasmengsel. Bij het ongeval was het ISMIX-duiktoestel met serienummer 20 in gebruik. Overal waar in dit rapport wordt verwezen naar het ISMIX-duiktoestel, wordt hiermee dit exemplaar bedoeld. Het ISMIX-duiktoestel is in 2014 geleverd. De 5L composiet cilinder was gevuld met D-mix-ademgasmengsel (32,5% zuurstof en 67,5% stikstof). De configuratie van het gebruikte duiktoestel was zonder *Dive Panel Mix* (DPX) en viel onder Cat3.⁴⁹ Dit toestel is te gebruiken voor duiken tot maximaal 54 meter diepte.

- Duikpak en hoofdkap:
De duiker dook met een duikpak van het type Protech met serienummer 1012776-16 en de fabricagedatum 1 december 2016. Dit is een zogenaamd droogpak waarbij de duiker (thermische) onderkleding draagt.
- Vinnen;
- Handschoenen;
- Communicatieset met seinlijn:
Het primaire doel van onderwatercommunicatie is communicatie tussen de duikmeester/seinlijnbediener en duiker(s) en eventueel de duikers onderling. De duikploeg heeft bij deze duik gewerkt met de communicatieapparatuur Ibosophone MTIII met gecombineerde seinlijn (voor details zie bijlage E).

⁴⁸ IWOD 004.4 ISMIX duikstelsel (1 april 2019).

⁴⁹ In de cat3-uitvoering is het ISMIX-duiktoestel geschikt voor gebruik tot 54 meter met mengselgassen zonder gebruik van DPX. Bij de uitvoering met DPX wordt het duiktoestel vanaf het wateroppervlak via slangen voorzien van een ademgasmengsel.

- Lamp op het hoofd;
- Vademlijn en spanband: dit zijn twee banden die de duiker meenam om de mijn mee vast te maken en later te verplaatsen.
- Duikcomputer;
De IVD trof in de veiliggestelde uitrusting van de duiker een Scubapro Digital 330 m dieptemeter zonder aantoonbaar serienummer of registratienummer aan.
- Duikmes.

De inspectie heeft de duikuitrusting die de duiker gebruikte, uitgebreid onderzocht. Hieronder zijn de resultaten van dit onderzoek beschreven.

Duikpak

Tijdens het stabiliseren van het slachtoffer op de Zr.Ms. Zierikzee is het duikpak in stukken geknipt. Een inspecteur van de IVD heeft tijdens het technisch onderzoek van de veiliggestelde uitrusting de werking van de *deflator* en *inflator* van het duikpak onderzocht. Hierbij zijn geen gebreken geconstateerd. Ook de rits, de *polsseals* en de *nekseal* vertoonden geen schade. De seal van de kap, waarop het duikmasker wordt aangebracht, was eveneens onbeschadigd.

Het duikpak was onderhouden volgens de gebruiksaanwijzing uit 2014 waarbij onderhoud wordt uitgevoerd volgens de interne standaard van Defensie, zoals gesteld in NORM Z3533DU-001, druk 1.⁵⁰ Van alle reparaties aan het duikpak wordt een logkaart bijgehouden. De logkaart is op 4 mei 2018 voor het laatst gemuteerd toen de rits en *polsseals* werden vervangen. Dit betreft regulier onderhoud. De IVD trof de logkaart van het duikpak niet aan op de werkplek bij de andere onderhoudsdocumentatie voor de uitrusting. De logkaart werd niet (in kopie) op de werkplek bewaard, of was daar digitaal beschikbaar zoals de Arbocatalogus vereist.⁵¹

De IVD stelt vast dat de duiker een werkend duikpak gebruikte en dat dit duikpak naar alle waarschijnlijkheid niet de oorzaak was van het ongeval of daar een bijdrage aan heeft gehad.

Duikcomputer

Op 15 januari 2019 gaf de Koninklijke Marine de *Diving Safety Memo (DSM) 19-001* uit. Daarin staat vermeld dat binnen de Marine duikers alleen de Divesoft dieptemeters en de analoge polsdieptemeters mogen gebruiken. De Divesoft dieptemeters zijn op persoonlijk bruikleen verstrekt en dit is geregistreerd. De Divesoft dieptemeter die de duiker in bruikleen had, is niet door de CvO van de Marine, noch door de Marechaussee of Onderzoeksraad voor Veiligheid overhandigd aan de IVD. De logistieke afdeling van de Defensie Duikgroep deed navraag bij de DMI⁵² waar de Divesoft van de duiker was. Daarop werd aangegeven dat deze volgens de administratie bij de duiker in bezit moest zijn. De duiker verklaarde deze niet in bezit te hebben, maar wel met deze dieptemeter te hebben gedoken.

⁵⁰ Ansell Viking gebruikershandleiding 2014.

⁵¹ SWOD CAT002.2 WOD SOE paragraaf 3.3.4 blz. 15.

⁵² Directie Materiele Instandhouding: Onderhoudsbedrijf van de Koninklijke Marine.

De IVD stelde vast dat in oktober 2018 een Divesoft dieptemeter met nummer 4024 is uitgereikt aan de duiker met het daarbij behorende kalibratienummer 457544. Op het kalibratierapport van deze dieptemeter stond een kalibratiedatum van 25 september 2018. De her-kalibratie moest uiterlijk in april 2019 plaatsvinden. Dit was ten tijde van de duik nog niet gebeurd.

De IVD heeft in de veiliggestelde uitrusting van de duiker de Scubapro Digital 330 m dieptemeter zonder aantoonbaar serienummer of registratienummer aangetroffen. De IVD kon vaststellen dat de batterij vol was en de dieptemeter correct functioneerde. Hiertoe is een vergelijking gemaakt met twee andere dieptemeters van dezelfde fabrikant.

Voor de Scubapro Digital 330 m dieptemeter kon de Marine geen keuringsattest of logkaart overleggen. Er is geen geldige logkaart/kalibratierapport voor enige dieptemeter van de duiker beschikbaar geweest op de werkplek ten tijde van het ongeval, zoals de Arbocatalogus WOD-SOE vereist.

De duiker heeft kennelijk met een andere dan de voorgeschreven duikcomputer gedoken, maar dit heeft geen effect gehad op het verloop van de duik of het ongeval.

ISMIX-duiktoestel

In de configuratie zoals gebruikt tijdens de duik van 9 april 2019 was het duiktoestel uitgerust met een 5-liter-composietcilinder (maximale vuldruk 300 bar) gevuld met zogeheten D-mix Nitrox ademgasmengsel. De begindruk van de 5-litercilinder was 180 bar⁵³; de einddruk 160 bar.⁵⁴ Verder had het duiktoestel een noodlucht- of *bail-out* cilinder van 1 liter (maximale vuldruk 300 bar) gevuld met ademlucht en een 1 liter (maximale vuldruk 300 bar) trimcilinder voor het trimvest van ISMIX-duiktoestel en het droogpak, gevuld met ademlucht. In deze configuratie en met dit mengsel was het duiktoestel uitgerust voor een duik tot en met 54 m diepte.⁵⁵ Daarmee was het duiktoestel volgens dienstvoorschrift geconfigureerd om deze duik uit te voeren.

Na het ongeval heeft het DNMC in Zweden het *rebreather*-deel van het toestel onderzocht.⁵⁶ Dit centrum is een onderdeel van het *Naval Warfare Centre* van de *Swedish Armed Forces*. Het onderzoek is op 28 en 29 mei 2019 uitgevoerd op verzoek van en in aanwezigheid van de Onderzoeksraad voor Veiligheid, de CvO van de Marine en de IVD. Het rapport van het DNMC was oorspronkelijk gericht aan de Voorzitter van de CvO van de Marine en is later aan de IVD ter hand gesteld. Het DNMC-onderzoek omvatte een visuele inspectie, gasanalyse van de 5-liter tank en een gesimuleerde duik waarbij ademluchtstroming, -volume en -samenstelling aan de hand van het duikprofiel van de duiker werden nagebootst. Deze gegevens waren afkomstig van de duiklogger uit de uitrusting van de duiker. Tijdens het onderzoek bij het DNMC functioneerde het ademhalingstoestel normaal.

⁵³ Werkblad 070-015 552 van 9 april 2019.

⁵⁴ Technical investigation of ISMIX (semi closed rebreather) involved in accident H42 19-05 Datum 2019-05-27.

⁵⁵ IWOD 004.4 ISMIX duiksysteem 1 april 2019 § 2400.

⁵⁶ Technical investigation of ISMIX (semi closed rebreather) involved in accident H42 19-05 Datum 2019-05-27.

De specialist in het onderzoeksteam heeft ook zelf het veiliggestelde toestel geïnspecteerd. Hierbij trof hij geen beschadigingen aan. De IVD constateerde dat het aan de hand van de in tweede instantie overgedragen logkaart niet vast te stellen is of het voorgeschreven onderhoud is uitgevoerd aan het toestel.

De conclusie op basis van het Zweedse onderzoek en het eigen IVD-onderzoek is dat het duiktoestel werkte zoals mocht worden verwacht en naar alle waarschijnlijkheid niet de oorzaak was van het ongeval.

Duikmasker

Het duikmasker is, samen met het ISMIX-duiktoestel, door het DNMC en door een inspecteur van de IVD onderzocht. Er zijn geen beschadigingen aangetroffen en het masker werkte zoals mocht worden verwacht.

De uitvoering van het masker is *'one size fits all'* en wordt niet individueel verstrekt.⁵⁷ Dit betekent dat het masker bij iedere wisseling van duiker moet worden afgesteld (onder andere via het neusblok) op de nieuwe gebruiker. Of het masker goed was afgesteld voor gebruik door de duiker, is niet meer na te gaan.

Tijdens de opkomen had de duiker het gevoel dat het masker van zijn gezicht werd getrokken. Uit het onderzoek blijkt dat de meest waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat het niet gebruikte ademgas in de dode ruimtes van het duikmasker tijdens het opkomen uitzet en ontsnapt via de *seals* van het masker. Hierdoor kan de duiker het gevoel hebben dat het masker van zijn gezicht wordt getrokken. Uit het onderzoek van de IVD blijkt dat dit zeer waarschijnlijk geen effect heeft gehad op het ontstaan van het ongeval. Het is echter niet geheel uit te sluiten.

Het masker wordt opgeslagen in de transportkist samen met het duiktoestel. De IVD constateert dat het masker niet altijd op de juiste manier in de kist wordt opgeslagen. Wanneer het masker voor een langere tijd verkeerd in de kist zit, kan het vervormen. Het rapport 'Onderzoek duikvorval Zr.Ms. Zierikzee (13 november 2020)' van de Marine constateert dit ook: 'De transportkist heeft een beperkte opslagruimte. Indien het ISMIX-duiktoestel op incorrecte wijze in de transportkist wordt geplaatst en langdurig wordt opgeslagen, kunnen onderdelen als de ademslangen en het volgelaatsmasker blijvend vervormen. De pasvorm en lektheid van het masker kunnen hierdoor negatief worden beïnvloed'. Daarnaast stelt de IVD vast dat duikers niet altijd goed in staat zijn om het neusblok goed af te stellen.

De Koninklijke Marine heeft inmiddels besloten om alle duikers te voorzien van een persoonlijk masker en deze in een aparte transportkist op te bergen. De verwachting is dat alle duikers begin 2022 beschikken over een persoonlijk volgelaatsmasker.

⁵⁷ Momenteel beschikt iedere duiker over een persoonlijk masker.

Communicatieapparatuur duikploeg

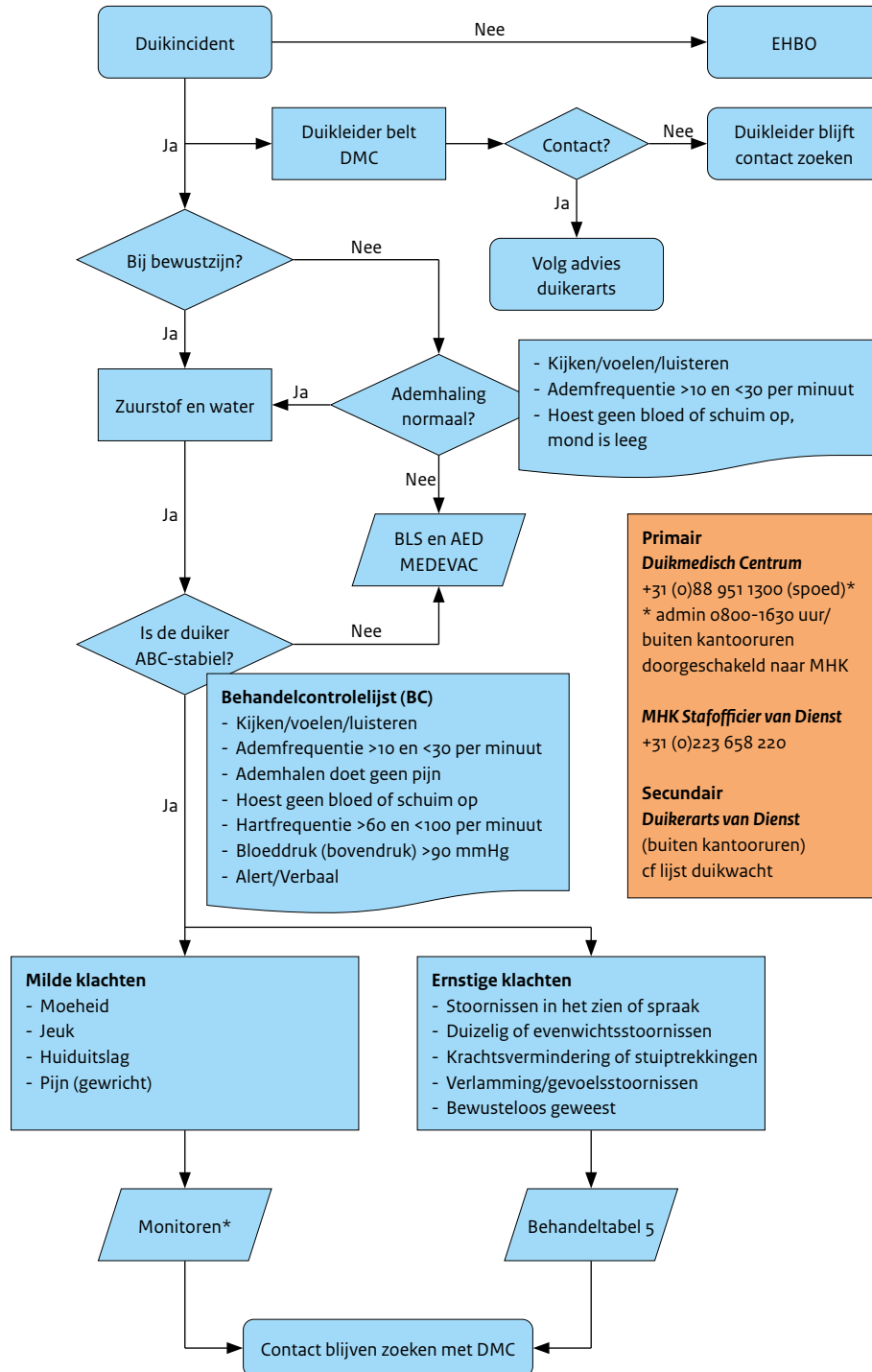
Tijdens het duiken dient de duikploeg te werken met een primaire en een back-up-communicatiemogelijkheid.⁵⁸ De duikploeg werkte bij deze duik met de communicatieapparatuur Ibsophone MTIII met gecombineerde seinlijn. Deze set is niet veiliggesteld na het ongeval. Hierdoor kon de IVD het communicatiesysteem niet fysiek inspecteren. Uit de door de CvO overlegde stukken van het onderhoudsbedrijf kan de inspectie wel vaststellen dat halfjaarlijks onderhoud aan communicatieapparatuur is uitgevoerd.

De Ibsophone kan gebruikt worden tot een duikdiepte van 70 meter.⁵⁹ De IVD stelt vast dat dit het meest passende beschikbare primaire communicatiesysteem is voor een dergelijke duik en dat dit communicatiesysteem niet de oorzaak was van het ongeval en/of daaraan heeft bijgedragen.

⁵⁸ IWOD 004.6 Communicatiemiddelen (1 april 2019).

⁵⁹ IWOD 004.6 Communicatiemiddelen (1 april 2019) § 2311; Ibsophone MTIII Duiker Communicatie Systeem Versie 2010-04-06.

Bijlage D Duikincident Management Flowchart



* Bij veranderingen schema opnieuw doorlopen

Bijlage E Toelichting Duikmedische aspecten

1. Koolstofmonoxide intoxicatie

Koolstofmonoxide (CO) bindt aan het hemoglobine in de rode bloedcel en voorkomt hiermee dat zuurstofmoleculen zich aan het hemoglobine kunnen binden. Een toxische hoeveelheid CO leidt er daardoor toe dat het bloed minder zuurstof door het lichaam transporteert. Dit kan resulteren in bewustzijnsverlies. Een dergelijk fenomeen kan bij duikers voorkomen als het gasmengsel in hun duikflessen vervuild is met CO, dus wanneer de cilinder gevuld is met vervuild ademgas.

Dat klachten zich pas openbaren vlak voor of na het bereiken van het wateroppervlak, komt doordat de verhoogde druk van het duiken beschermend werkt. Deze druk zorgt voor een hogere partiële druk van zuurstof waardoor deze minder afhankelijk is van hemoglobine voor transport.⁶⁰ Door het opkomen valt deze bescherming weg en kan een gebrek aan beschikbare zuurstof zich openbaren in bewustzijnsverlies.

2. Hypoxie (zuurstofgebrek)

Zuurstof wordt verbruikt door het lichaam. In een *rebreather*-duiktoestel moet daarom steeds zuurstof worden toegevoegd om de hoeveelheid op peil te houden. Wanneer er consequent te weinig zuurstof in het *rebreather*-duiktoestel wordt toegevoegd, kan zich dat uiten in bewustzijnsverlies. Dit bewustzijnsverlies uit zich veelal tijdens het opkomen of net bij het bereiken van het wateroppervlak, doordat de druk dan afneemt en daarmee de partiële druk van de zuurstof in het lichaam.

3. Koolstofdioxide intoxicatie

Koolstofdioxide (CO₂) is een product van stofwisseling. Hoe actiever de stofwisseling (zwaardere arbeid) hoe meer CO₂ productie. In een goed werkend *rebreather*-duiktoestel wordt uitgeademde CO₂ gebonden door de CO₂-*scrubber* (een gaswasser), zodat dit niet opnieuw ingeademd wordt. Wanneer dit systeem niet goed werkt, wordt niet alle uitgeademde CO₂ verwijderd uit het te recyclen ademgas. Hierdoor kan CO₂ gaan 'stapelen' gedurende een duik en gaat een steeds groter deel van het ingeademde gas uit CO₂ bestaan. Dit kan leiden tot sneller ademen, verwarring, gebrek aan coördinatie en uiteindelijk bewustzijnsverlies. Deze klachten zijn afhankelijk van de partiële druk van het ingeademde CO₂. Daarom geldt: hoe dieper, hoe meer of eerder klachten.

⁶⁰ De partiële druk van een gas in een mengsel, is dat deel van de druk van het mengsel dat afkomstig is van dat gas.

4. Cardiologische oorzaken

Hartspierafwijkingen en hartritmestoornissen kunnen zich, ook bij jonge mensen, openbaren door plotseling bewustzijnsverlies.

5. Neurologische oorzaken

Hersenbloedingen en herseninfarcten kunnen zich, ook bij jonge mensen, openbaren door plotseling bewustzijnsverlies.

6. Decompressieziekte

Door de hogere omgevingsdruk van het duiken lossen gasmoleculen zoals stikstofmoleculen meer op in vloeistof. Wanneer de omgevingsdruk afneemt, kan de in vloeistof opgenomen stikstof weer overgaan in gas dat belLEN vormt. Wanneer deze belLEN in de hersenen ontstaan of daar via de bloedbaan terecht komen, kan dit neurologische klachten en bewustzijnsverlies veroorzaken. De belangrijkste risicofactoren voor het krijgen van decompressieziekte zijn de duur en de diepte van de duik. Dit risico maakt het noodzakelijk om de juiste duiktabellen te hanteren. Daarnaast bestaan nog tal van andere risicofactoren, zoals dosering/samenstelling ademgas, watertemperatuur, overgewicht, leeftijd en fysieke conditie.

7. Arteriële gasembolie (AGE)

Het volume van gas neemt toe wanneer de omgevingsdruk afneemt. Bij een duik gebeurt dat bij het opkomen. Normaliter ademt de duiker het toegenomen gasvolume in de longen tijdens het opkomen uit. Wanneer dit niet voldoende lukt, kan longschade optreden, bijvoorbeeld doordat longblaasjes scheuren. Daardoor kan gas buiten de long terecht komen, zoals in de borstholte en/of in de bloedbaan. Wanneer gasbellen in het bloed terecht komen, stromen deze met de bloedbaan mee naar het hart en lopen ze uiteindelijk vast in kleinere bloedvaatjes. Afhankelijk van het weefsel waar dit gebeurt, kan dat verschillende klachten veroorzaken. Zo kan een belLENstroom die in de hersenen vastloopt leiden tot acuut bewustzijnsverlies doordat achterliggend weefsel geen adequate bloedvoorziening meer heeft. BelLEN die zich in het ruggenmerg ophopen, kunnen het ruggenmerg afknellen en (blijvende) klachten aan het onderlichaam veroorzaken.

Bijlage F Reacties op conceptrapport

Een conceptversie van dit rapport is aan de betrokken partijen voorgelegd voor verificatie van feiten en het wegnemen van onduidelijkheden. Alle partijen hebben gereageerd op de conceptversie van het rapport.

De binnengekomen reacties zijn op de volgende manier verwerkt:

Correcties van feitelijke onjuistheden heeft de Inspectie overgenomen. De desbetreffende tekst delen zijn in het eindrapport aangepast. Deze reacties zijn niet afzonderlijk vermeld.

Als de inspectie reacties niet heeft overgenomen, licht zij haar afwegingen toe. Deze reacties en de toelichting daarop zijn opgenomen in een tabel die is te vinden op de website van de Inspectie Veiligheid Defensie (www.ivd.nl).

Bijlage G Tijdslijn

Datum	Tijdstip	Bijzonderheden	Bron
9-4-2019	rond 08.00 uur	De Zr.Ms. Zierikzee vertrekt naar zee en vaart naar de positie van de mijn ter hoogte van Westhinder.	reconstructie uit interview
9-4-2019	rond 10.00 uur	De duikmeester brieft de duikploeg.	reconstructie uit interview
9-4-2019	15.19 uur	Aanvang duik conform plan.	Werkblad nr. 070-015552
9-4-2019	15.21 uur	De duiker daalt af.	Werkblad nr. 070-015552
9-4-2019	15.24 uur	De duiker op bodem.	Werkblad nr. 070-015552
9-4-2019	15.28 uur	De duiker komt op.	Werkblad nr. 070-015552
9-4-2019	15.31 uur	De duiker is opgekomen, geeft aan dat hij in orde is.	Werkblad nr. 070-015552
9-4-2019	rond 15.33 uur	De duiker zit in de dinghy en geeft aan zich niet goed te voelen.	reconstructie uit interview
9-4-2019	rond 15.33 uur	De seinmeester licht de brug in en start direct de noodprocedure. De seinmeester zet de duiker op zuurstof en vaart met de RHIB naar de Zr.Ms. Zierikzee.	reconstructie uit interview
9-4-2019	rond 15.36 uur	De duiker is aan boord van de Zr.Ms. Zierikzee en de duikziekenverpleger neemt de behandeling over.	reconstructie uit interview
9-4-2019	15.45 uur	De Zr.Ms. Zierikzee meldt het ongeval aan het MRCC en verzoekt om een reddingshelikopter.	MRCC
9-4-2019	rond 15.45 uur	De duikmeester heeft eerste keer contact met de duikerarts van het Duikmedisch Centrum. De verbinding is zeer slecht.	reconstructie uit interview
9-4-2019	15.48 uur	Het MRCC alarmeert het Rescue Sub Centre voor inzet van de reddingshelikopter.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	rond 15.50 uur	De duikmeester heeft tweede keer contact met de duikerarts van het Duikmedisch Centrum. Verbinding is nog steeds slecht. De duikerarts van het Duikmedisch Centrum begrijpt wel dat het gaat om een duikongeval op de Zr.Ms. Zierikzee.	reconstructie uit interview
9-4-2019	15.57 uur	De reddingshelikopter stijgt op.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	16.01 uur	De reddingshelikopter meldt dat zij verwachten over 8 minuten bij de Zr.Ms. Zierikzee aan te komen.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	rond 16.05 uur	De duikmeester heeft de derde keer contact met de duikerarts van het Duikmedisch Centrum. Verbinding is nu goed. De duikerarts beslist op grond van de informatie dat de duiker niet stabiel genoeg is om in de recompressietank aan boord van de Zr.Ms. Zierikzee te behandelen, maar wel stabiel genoeg is om naar een ziekenhuis verplaatst te worden.	reconstructie uit interview
9-4-2019	16.09 uur	De reddingshelikopter komt aan bij de Zr.Ms. Zierikzee; de SAR-verpleegkundige gaat aan boord van de Zr.Ms. Zierikzee.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	16.10 uur	De dienstdoende arts van Zeebrugge heeft contact met Rescue Sub Center. Advies is dat het de voorkeur heeft om patiënt naar Brussel te brengen. De SAR-verpleegkundige bepaalt naar welk ziekenhuis ze gaan afhankelijk van de conditie van de patiënt.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	16.48 uur	De duiker en de seinmeester zijn aan boord van de reddingshelikopter. De verwachte aankomsttijd in Brussel is 17.32 uur.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	rond 16.48 uur	De commandant van de Zr.Ms. Zierikzee zet koers richting Zeebrugge.	Journal Zr.Ms. Zierikzee
9-4-2019	17.28 uur	De reddingshelikopter landt in Brussel.	Rescue Sub Centre
9-4-2019	18.41 uur	Duiker gaat de hyperbare behandelkamer in.	Registratie Militair Hospitaal
9-4-2019	23.32 uur	Duiker komt uit de hyperbare behandelkamer.	Registratie Militair Hospitaal

Bijlage H Lijst van afkortingen

AGE	Arteriële Gas Embolie
CIKK	Certificerende Instelling Kennis & Kwaliteit
CVO	Commissie van Onderzoek
CZSK	Commando Zeestrijdkrachten
DECT	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i>
Dinghy	Bijboot ingezet vanaf een moederschip
DMC	Duik Medisch Centrum (CZSK)
DNMC	<i>Diving and Naval Medicine Center</i>
DPX	<i>Dive Panel Mix</i>
DSM	<i>Diving Safety Memo</i>
IVD	Inspectie Veiligheid Defensie
IWOD	Instructie Werken Onder Overdruk
MRCC	Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum
MCM	<i>Mine Counter Measures</i>
MCMV	<i>Mine Counter Measure Vessel</i>
MOST	<i>MCMV Operational Sea Training</i>
Opord	Operatieorder
PSMV	People Soft Melden Voorvallen
SAR	<i>Search And Rescue</i>
SARC	<i>Sea Acceptance and Readiness Checks</i>
SKB	<i>Solid Keel Boat</i>
SOP	Standard Operating Procedure
SWOD	Stichting Werken onder Overdruk
VCZSK	Voorschrift Commando Zeestrijdkrachten
VKM	Voorschrift Koninklijke Marine
WOD SOE	Werken onder Overdruk- Systeem- en Onderhoudseisen

Colofon

Inspectie Veiligheid Defensie

Bezoekadres:

Majoor Jan Linzel Complex

Brasserskade 227a

2497 NX Den Haag

Postadres:

Postbus 90701

2509 LS Den Haag

MPC 58B

www.ivd.nl

Bron omslagfoto: Beeldbank Defensie

Juli 2022