

## **PROJEKTOWANIE TECHNOLOGII NURKOWANIA W SYSTEMIE WOJNY MINOWEJ. WYMAGANIA STANDARYZACYJNE**

Ryszard Kłós

Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia

### **STRESZCZENIE**

Artykuł jest kolejnym z niezamierzonego cyklu dotyczącego projektowania technologii nurkowania [1,2]. Żądania szczegółowego ukazania zastosowanej strategii<sup>1</sup> i jej zgodności z metodologią<sup>2</sup> sugerują, że wcześniejszy jej opis okazał się zbyt ogólny [3]. W części pierwszej, na przykładzie technologii nurkowania wykorzystywanej w systemie wojny minowej, omówiono pokrótce jej projektowanie, w świetle spełnienia wymagań standaryzacyjnych NATO Standardization Organization. Artykuł odnosi się do elementów metodyki<sup>3</sup> zastosowanej przy pracach nad technologią wykorzystania aparatu nurkowego typu Nx/Tx-SCR CRABE SCUBA w oparciu o krajową teorię<sup>4</sup> zawierającą przede wszystkim deterministyczne metody<sup>5</sup> modelowania półzamkniętych systemów oddechowych SCR<sup>6</sup>, umożliwiającą prowadzenie wiarygodnych badań z niedostępną wcześniej efektywnością [4,5].

**Słowa kluczowe:** Aparat nurkowy o półzamkniętym obiegu czynnika oddechowego/Semi-Closed Circuit Rebreather, Technologia nurkowania/Diving technology.

---

### ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 78 Issue 1 pp. 7 – 30

**ISSN:** 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535

**DOI:** 10.2478/phr-2022-0001

Strony: 24, rysunki: 3, tabele: 0

**page www of the periodical:** www.phr.net.pl

**Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

**Typ artykułu: oryginalny**

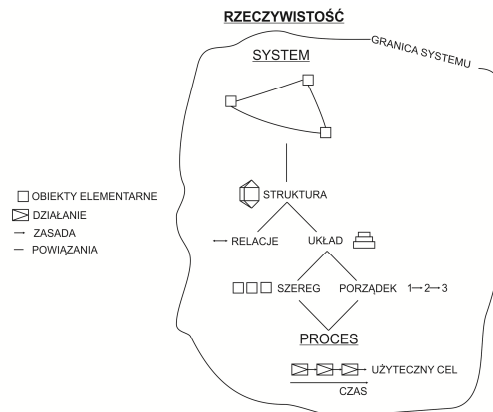
**Termin nadesłania: 13.03.2021 r.**

**Termin zatwierdzenia do druku: 14.05.2021 r.**



## WSTĘP

We wstępie zostaną pokrótce przedstawione definicje jakie będą potrzebne w dalszej części artykułu.



Rys.1 Model piktogramowy<sup>7</sup> systemu i przebiegającego w nim procesu.

## PROCES

Proces to przebiegający w czasie szereg działań nastawionych na osiągnięcie konkretnego celu. Warunki oddziałujące na proces stanowią kontekst wewnętrzny i zewnętrzny<sup>8</sup> – rys.1.

Proces może przebiegać jedynie w systemie, który może zapewnić mu homeostazę<sup>9</sup> umożliwiającą jego realizację przy aprobowanym poziomie ryzyka niepowodzenia.

## SYSTEM

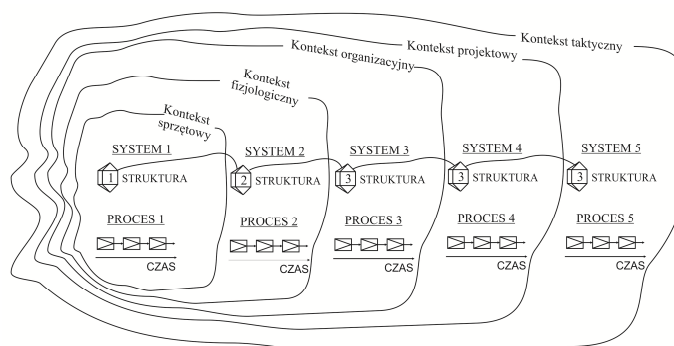
Wyróżniony<sup>10</sup> system stanowi racjonalnie minimalny<sup>11</sup> zbiór elementów wraz z synergicznymi<sup>12</sup> powiązaniem między nimi, gwarantującą możliwość przebiegu zdefiniowanych w nim procesów – rys.1.

W odróżnieniu od systemów naturalnych, dla których nie zawsze znany jest cel<sup>13</sup> przebiegających w nim procesów<sup>14</sup>, przynajmniej w swym zamierzeniu system tworzony przez człowieka powinien posiadać racjonalne podstawy.

Elementy systemu wraz z relacjami tworzą strukturę systemu, w której można wyróżniać: porządek, układ, serie, relacje itp.

## PODEJŚCIE PROCESOWE

Wszelaką racjonalną działalność człowieka można ująć w postaci procesu, który może przebiegać jedynie we wspomagającym go otoczeniu systemowym, stanowiącym zbiór synergetycznie powiązanych elementów składających się na wyróżnioną z otaczającej rzeczywistości strukturę systemu, określaną kontekstem wewnętrznym.



Rys. 2 Model piktogramowy przesuwania granic systemu zależnie od wybranego kontekstu:

STRUKTURA SYSTEMU: 1-elementy tworzące uzbrojenie techniczne, jak: zasadnicze i awaryjne aparaty oddechowe, urządzenia do opuszczania nurka, zapewnienia ochrony cieplnej, leczenia hiperbarycznego itp.; 2-normy toksyczności tlenowej, zakresy homeostazy, reżimy dekompresyjne itp.; 3-zasady organizacyjne, normy prawne itp.; 4-metody badawcze, zasady zarządzania projektem, pozwolenia Komisji Bioetycznej itp.; 5-zasady prowadzenia walki, w tym przypadku wojny minowej.

GŁÓWNE PROCESY: 1-techniczna realizacja nurkowania; 2-bezpieczne i efektywne prowadzenie ekspozycji i dekompresji; 3-bezpieczne i efektywne prowadzenie prac podwodnych; 4-efektywne i terminowe osiągnięcie unikatowego celu w postaci opracowania technologii; 5-efektywne dopracowanie wymagań taktycznych.

Kontekst zewnętrzny stanowią elementy powiązane z elementami systemu, lecz leżące poza granicami systemu – rys.1. Zależnie od potrzeb prowadzonych analiz granice systemu mogą być przesuwane – rys. 2. Modelowanie przyjmujące proces jako jądro budowy systemu nazywane jest podejściem procesowym.

## PERCEPCJA

Pojmowanie rzeczywistości jest realizowane poprzez budowę jej uproszczonych modeli, gdyż otaczająca rzeczywistość jest zbyt skomplikowana w stosunku do możliwości naszej percepcji<sup>15</sup>.

## MODEL

Model jest maksymalnie uproszczoną wersją realnego systemu zdolną do podtrzymania interesującego nas procesu z wymaganą precyzją i dokładnością.

Modele teoretyczne często budowane są na bazie strukturalnego izomorfizmu<sup>16</sup> poznanych systemów, homologii<sup>17</sup> do poznanego procesu oraz analogii<sup>18</sup> do poznanych procesów zachodzących w podobnych systemach.

Na wstępnym etapie budowy modeli często wykorzystywane są modele cybernetyczne<sup>19</sup>, odzwierciedlające podstawową strukturę systemu podtrzymujące analogiczny do oryginału proces wymiany informacji wewnątrz jak i na zewnątrz systemu.

W obecnych warunkach rynkowych, dla każdego typu aktywności człowieka niezwykle istotne jest modelowanie ekonomiczne<sup>20</sup>. Przy realizacji projektów model ekonomiczny często przyjmuje postać studium wykonalności.

## WALIDACJA

Walidacja to proces mający na celu potwierdzenie w sposób udokumentowany i zgodny z założeniami, że ustanowiony na podstawie rozważań teoretycznych model systemu lub przebiegającego w nim procesu jest wystarczająco wiarogodny do zaplanowanych celów. Jeśli walidacja prowadzona jest w oparciu o modele statystyczne<sup>21</sup>, to ze względu na często znaczną kosztowność, powinna być ona wprzód oceniona pod kątem ekonomicznym<sup>22</sup>.

## IMPLEMENTACJA

Zakończenie procesu walidacji wynikiem pozytywnym umożliwia implementację<sup>23</sup> modelu.

## MONITORING

Najczęściej, w podejściu analitycznym nie można przewidzieć wszystkich interakcji pomiędzy elementami systemu. Dlatego struktura systemu, zbudowana na podstawie takiej analizy, musi być sprawdzona pod kątem spełnienia wymagań dotyczących możliwości bezspornego podtrzymania procesów, którym dedykowany był system. Całościowe sprawdzenie sprawności systemu nazywane jest podejściem holistycznym. Nawet adoptowanie sprawdzonej wcześniej technologii<sup>24</sup> musi być bezwzględnie walidowane przy jej dostosowaniu do wykorzystania w konkretnym środowisku systemowym, zwłaszcza jeśli dotyczy to technologii niosących duży ładunek zagrożeń. Dodatkowo, takie technologie powinny być obligatoryjnie, przynajmniej okresowo sprawdzane<sup>25</sup> a wypadki powstałe wskutek ich wykorzystania szczegółowo badane<sup>26</sup>.

## TECHNOLOGIA NURKOWANIA

Tradycyjnie, przy testowaniu systemów nurkowych stosowano w Polsce metodykę postępowania opartą o ocenę zagrożenia<sup>27</sup> chorobą ciśnieniową DCS metodami wnioskowania statystycznego. Klasyczne podejście bazuje na wnioskowaniu statystycznym na podstawie przeprowadzonych eksperymentów w oparciu o rozkład binominalny<sup>28</sup>. Podobnie można podejść do oceny zagrożeń związanych z toksycznością tlenową, zwłaszcza ośrodkową formą toksyczności tlenowej CNSyn.

Plan eksperymentu walidacyjnego układany jest na podstawie dostępnej wiedzy o systemie, który opisywanym przypadkiem stanowi ergonomiczny układ maszyna–człowiek<sup>29</sup>. Następnie multiplikowana jest ta sama, doświadczalna ekspozycja hiperbaryczna z wymaganą odtwarzalnością i powtarzalnością<sup>30</sup> oraz zbierane są odpowiedzi systemu w postaci dychotomicznej<sup>31</sup>. Zebrane wyniki służą do określenia ryzyka DCS czy CNSyn, wyrażonego prawdopodobieństwem materializacji tego ryzyka w przyszłości, na podstawie wnioskowania statystycznego w oparciu o przyjęty rozkład statystyczny. Wnioskowanie takie wymaga znacznych nakładów na przeprowadzenie nurkowań eksperymentalnych<sup>32</sup>. Aby potwierdzić na podstawie rozkładu binominalnego, że zagrożenie DCS jest mniejsze niż 1% przy 95% poziomie ufności należy wykonać minimum 299 nurkowań eksperymentalnych bez wystąpienia ani jednego przypadku choroby ciśnieniowej DCS [6]. Jeśli podczas cyklu wystąpi jeden przypadek DCS można kontynuować badanie do skompletowania 555 nurkowań eksperymentalnych bez wystąpienia już jakiegokolwiek przypadku DCS, aby potwierdzić zagrożenie chorobą ciśnieniową DCS na tym samym poziomie [7,8].

W warunkach krajowych stosowanie metody wnioskowania w oparciu o rozkład binominalny jest kłopotliwe do zastosowania. Dlatego prowadzono je dotąd jako jedynie badania przesiewowe, wykorzystując analizę sekwencyjną [9]. Podobne podejście zaproponowane zostało przez Naval Medical Research Institute US Navy [10]. Procedura zapewnia odrzucenie rozkładu dekompresji, który generuje zagrożenie możliwością wystąpienia objawów DCS na poziomie większym niż 10% po maksymalnie 40 nurkowaniach eksperymentalnych<sup>33</sup> z prawdopodobieństwem ok. 90% [4].

W Polsce, takie podejście stosowane było dla skumulowanego modelu dekompresji i wentylacji, gdyż wykorzystanie tej procedury do zatwierdzania każdego rozkładu dekompresji przewidzianego w technologii nurkowania jest nierealne w warunkach krajowych<sup>34</sup>.

Obecnie, ze względu na zapełnienie luki w wiedzy związanej z posiadaniem krajowych modeli deterministycznych i statystycznych dla ryzyka DCS oraz CNSyn walidacja w oparciu o rozkład binominalny stała się możliwa przy konsekwentnym zastosowaniu niezmiennych modeli do całej technologii. Jednak takie podejście może prowadzić do zmniejszenia efektywności tak opracowanych technologii w niektórych obszarach jej wykorzystania<sup>35</sup> [1].

## PROJEKT

Projekt to tymczasowe działanie, najczęściej przebiegające w zmiennym i niepewnym środowisku, mające sprecyzowany termin swojego rozpoczęcia, zakres, budżet, unikalny cel, którego osiągnięcie może zatrzymać projekt oraz zdefiniowany termin zakończenia, który obowiązuje nawet jeśli cel projektu nie zostanie osiągnięty. Na podstawie zdefiniowanego unikalnego celu, projekt ma sprecyzowaną propozycję procesu służącego do jego osiągnięcia<sup>36</sup> przy minimalnej oraz optymalnej strukturze systemu<sup>37</sup> mogącego zapewnić stabilną i efektywną realizację tego procesu z uwzględnieniem zarówno wpływu na środowisko oraz wpływu środowiska na system i przebiegający w nim proces.

## KONTEKST

Sposób pozyskiwania wiedzy oraz podejście procesowe nie będą tutaj szczegółowo charakteryzowane, gdyż zostały opisane wcześniej [1]. Kontekst sprzętowy, fizjologiczny, organizacyjny, badawczy i projektowy oraz taktyczny<sup>38</sup> został także ogólnie przedstawiony wcześniej na tle głównego celu procesu nurkowania [2]. Jednak kontekst taktyczny zostanie tutaj dodatkowo rozwinięty.

W opisie kontekstu taktycznego zaznaczono, że w nurkowaniach wojskowych dominującą rolę odgrywa wykorzystanie sprzętu i wyposażenia nurkowego, jako elementów strukturalnych systemu, zapewniającego realizację procesów wynikających z przyjęcia określonej taktyki.

W rozumieniu zadań projektowych, nurkowania stanowią element systemu służący procesom zapewnienia ochrony sił własnych oraz bezpieczeństwa publicznego, który można podzielić na trzy podsystemy: MCM<sup>39</sup>, EOD<sup>40</sup>, IED<sup>41</sup>. Wspomniane zapewnienie ochrony sił własnych oraz bezpieczeństwa publicznego składa się na kontekst wojny minowej, gdzie nurkowanie stanowi sposób przemieszczania się sił, podobnie jak samodzielne przemieszczanie się pododdziałów na lądzie.

Taktyczny kontekst wojny minowej stanowił kontekst systemowy dla projektu. Był on punktem wyjścia do sprecyzowania głównego celu procesu realizowanego w środowisku systemowym, które to środowisko stanowi technologię nurkowania w kontekście założeń wojny minowej.

Systemowy kontekst taktyczny projektu zostanie scharakteryzowany z punktu widzenia NATO Standardization Organization.

## MINY MORSKIE

Miny morskie są jednym z głównych rodzajów uzbrojenia używanego na morzu. Zazwyczaj są to tanie i proste urządzenia, łatwe w produkcji i wdrażaniu, nie wyłączając w obecnym czasie tzw. min inteligentnych. Wody przybrzeżne wymagają od wszystkich marynarek wojennych zdolności do lokalizowania i niszczenia min morskich w celu zminimalizowania ryzyka zniszczenia okrętów i statków operujących na podejściach do różnego rodzaju infrastruktury morskiej, oraz zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi [10].

Podstawowym elementem kontekstu do systemu operacji nurkowych, oprócz barier fizjologicznych i sprzętowych, należą ogólne zasady prowadzenia wojny minowej MCM<sup>42</sup>. Scenariusze operacji nurkowych stanowią podstawowy element struktury podsystemu wykorzystania nurków w systemie wojny minowej MCM. Ze scenariuszy operacyjnych wynikają podstawowe wymagania dotyczące wybranej technologii prowadzenia prac podwodnych. Dodatkowym podsystemem może być wykorzystanie nurków MCM w działaniach specjalnych. Zatem, scenariusze operacyjne mają wpływ na technologię realizacji prac podwodnych, która ma podstawowy wpływ na opracowanie adekwatnego systemu dekompresji<sup>43</sup>.

Obecnie obserwuje się tendencję do znacznego ograniczenia wykorzystania nurków w wojnie minowej MCM a wyraźnego zwiększenia ich wykorzystania w działaniach specjalnych, zarówno wojskowych jak i policyjnych<sup>44</sup>. Często działania minerskie prowadzi się w sposób skryty, bez wykorzystania wsparcia elektronicznego<sup>45</sup>. Skryte działanie przy operacjach specjalnych jest zrozumiałe. Przy działaniach IED dedykowanych przeciw minom inteligentnym, ten wymóg jest także rozsądny. Za miny inteligentne można uważać każdy system ładunków sterowanych lub autonomicznych wyposażonych w jakikolwiek system inteligencji wewnętrznej<sup>46</sup> lub zewnętrznej<sup>47</sup>. Przykładowo, za minę inteligentną można obecnie uznać także: niezależny, samobieżny ładunek<sup>48</sup>, torpedę, rakiety-torpedę, amunicję krążącą itp. W odróżnieniu od operacji specjalnych i IED, typowe nurkowe działania EOD, dedykowane likwidacji UXO<sup>49</sup>, mogą być wspierane wyposażeniem elektronicznym.

## DOKUMENTY NATO

Ostatnio wycofano wiele dokumentów normalizacyjnych *NATO*. Jest to spowodowane zmianą podejścia do tych dokumentów, które przestają pełnić funkcję wspólnej bazy wiedzy podstawowej a stają się jedynie formą minimalnych uzgodnień obowiązujących w razie wspólnych działań. W ten sposób utracono znaczną część walorów dydaktycznych tych dokumentów, zwiększając jednocześnie możliwości prowadzenia szybszych ich wdrożeń, bez konieczności prowadzenia uzgodnień dotyczących aktualnego stanu wiedzy.

Trwa obecnie okres przejściowy porządkowania dokumentów, stąd czasami jeszcze egzystują stare dokumenty opracowane w stylu baz wiedzy. Można do takich zaliczyć wytyczne dotyczące dzielności morskiej okrętów [11]. Ten stosunkowo nowy dokument utrzymuje w mocy, między innymi, dość stary dokument precyzujący zalecenia dla okrętów wojny minowej *MCM* [10].

W aneksie A: *General problems of MCM operations* do *ANEP – 16* zostały wyszczególnione podstawowe definicje oraz opisane zostały typy operacji *MCM*. Według *ANEP – 16* rozróżnia się następujące podstawowe rodzaje aktywnych operacji *MCM*:

- *mechaniczne*: trałowanie min za pomocą urządzeń przeznaczonych do przecinania lin cumowniczych min,
- *aktywacyjne*: wymuszenie zadziałania min poprzez symulację sygnatury celu w postaci pola magnetycznego, akustycznego, ciśnieniowego, elektrycznego lub ich kombinacji,
- *poszukiwawcze MH*<sup>50</sup>: wykrywanie pojedynczych min za pomocą urządzeń lokalizacyjnych i ich późniejsze usuwanie lub odzyskiwanie do celów badawczych, realizowane za pomocą pojazdów lub nurków operujących z jednostki poszukiwawczej,
- *nurkowe CDO*<sup>51</sup>: lokalizacja i usuwanie min przy wykorzystaniu nurków ograniczone do wód stosunkowo płytkich

Według *ANEP – 16* w operacjach *MCM* można wyróżnić trzy fazy będące ogólnymi scenariuszami operacyjnymi:

- *rozpoznanie*: wstępne badanie obszaru lub trasy w celu określenia obecności lub braku min. Najbardziej efektywnym sposobem realizacji dla tych operacji są taktyki poszukiwawcze *MH*,
- *rozminowanie*: przy użyciu taktyki *MH* lub trałowania min, które są przeznaczone do usuwania lub redukcji min z określonego obszaru do określonego poziomu rozminowania<sup>52</sup>,
- *utrzymanie/wyniszczenia*<sup>53</sup>: są przedłużeniem operacji rozminowania gdy staje się to konieczne<sup>54</sup> do utrzymania niskiego ryzyka dla żeglugi.

Opisane w *ANEP – 16* scenariusze, uwzględniają jedynie morskie działania przeciwwminowe *MCM* pomijając wojskowe i policyjne działania specjalne<sup>55</sup>, działania ratownicze<sup>56</sup> i niszczenia<sup>57</sup> itp. Można do nich dodać aktywne działania zabezpieczenia przeciwwminowego na wodach morskich i śródlądowych<sup>58</sup>. Elementy tych scenariuszy zostały opisane wcześniej w analizie kontekstu w podrozdziale: *Kontekst taktyczny* [2].

Ogólnie sposób prowadzenia w *NATO* nurkowych działań przeciwwminowych *CDO* w systemie morskich działań przeciwwminowych *MCM* opisano w rozdziale 7 *Clearance diving operations* w dokumencie *MTP – 24 Naval mine countermeasures - tactics and execution* [12]. *MTP – 24* zostało wprowadzone postanowieniem standaryzacyjnym *STANAG 1132* [13]. Rozdział 7 *MTP – 24* zawiera ogólne zasady dotyczące użytkowania istniejącego sprzętu i zastosowanych metod ściśle w połączeniu z *Allied Guide to Diving Operations*<sup>59</sup> *ADivP – 01* [14].

Według *MTP – 24* scenariusze operacyjne wojny minowej *MCM* realizowane jako przeciwwminowe operacje nurkowe *CDO* to operacje wykonywane samodzielnie przez minerskie grupy nurkowe *CDTs*<sup>60</sup> z zezwoleniem na lokalizację, identyfikację i usuwanie min oraz podwodnej amunicji. *MTP – 24* nie ogranicza operacji realizowanych przez minerskie grupy nurkowe *CDTs* do akwenów płytkich *VSW*<sup>61</sup>, tak jak to miało miejsce w *ANEP – 16*.

Według *MTP – 24*, celami nurkowych operacji przeciwwminowych *CDO* jest: lokalizacja, identyfikacja i likwidacja min<sup>62</sup>.

Na możliwości realizacji tych celów przez minerskie grupy nurkowe *CDTs* wpływają warunki panujące na powierzchni<sup>63</sup> oraz pod wodą<sup>64</sup>. Na możliwości do prowadzenia nurkowych operacji przeciwwminowych *CDO* wpływa również używany sprzęt i czynniki oddechowe. Warunki prowadzenia *CDO* zostały opisane w *ADivP – 01* [14].

- Section One. Chapter 1: *General Considerations on the Use of Divers*,
- Section Two. Chapter 11: *Diving Breathing Gases and Interoperability of Gas Supplies*

Według *MTP – 24*, przeciwwminowe operacje nurkowe *CDO* mogą być prowadzone w ramach operacji wojny minowej *MCM* także na głębokościach większych niż operacje w pobliżu brzegu morza *VSW*, jak to zostało zasugerowane w *ANEP – 16*. Oczywiście należy rozumieć, że ograniczenia wyszczególnione w *ANEP – 16* zostało wprowadzone z operacyjnego punktu widzenia jednostki pływającej, dla której nawigowanie w bezpośredniej bliskości brzegu jest niebezpieczne.

Według *MTP – 24*, w procesie planowania użycia minerskich grup nurkowych *CDTs* do prowadzenia nurkowych operacji przeciwwminowych *CDO* należy uwzględnić wykorzystanie ekspertów *MCM*, zgodnie z *MTP – 6 Volume II: Naval mine countermeasures operations planning and evaluation*, Chapter 11: *Mine countermeasures planning and evaluation methods using MCM expert*. Przy planowaniu operacji wojny minowej *MCM* realizowanych metodą nurkowych operacji przeciwwminowych *CDO* z uwzględnieniem tego zalecenia, łączy się walory technicznej realizacji misji z jednoczesnym zaangażowaniem wiedzy eksperckiej. Jest to szczególnie przydatne podczas diagnozowania<sup>65</sup> niezidentyfikowanych obiektów mino-podobnych *UMO*<sup>66</sup>. Stąd operacje prowadzone metodą nurkowych operacji przeciwwminowych *CDO* odgrywają nadal ważną rolę w taktyce wojny minowej *MCM*.

We wstępie do *ADivP – 01* sprecyzowano podstawowe rodzaje misji nurkowych realizowanych w *NATO*. W zakresie wojny minowej *MCM* nurkowie wspierają operacje zwalczania min morskich, zaś w zakresie *EOD/IED* nurkowie są wykorzystywani do rozpoznania potencjalnych *UXO/UMO*, do usuwania lub neutralizacji materiałów wybuchowych *IED*, czy do prowadzenia rozpoznania podczas odprawy celnej. W zakresie wykorzystania materiałów wybuchowych lub ich neutralizacji, nurkowie wykorzystywani są do wykonywania przejść<sup>67</sup>, usuwania przeszkód, wyburzeń itp. W zakresie operacji ratowniczych nurkowie wydobywają lub uwalniają sprzęt własny używany w operacjach wojny minowej *MCM*, mogą także wykonywać niszczenia obiektów technicznych, w ten sposób przeciwdziałając ich przejściu przez przeciwnika.

W *Chapter 5: Self-contained mixed gas diving deeper than 54 metres* stwierdzono, że szczególnym celem nurkowań głębokich są zadania podejmowane w ramach wojny minowej *MCM*, jak: wykrywanie, rozpoznanie, usuwanie czy neutralizacja min oraz *UMO*, przy zachowaniu uzgodnionych w ramach *NATO* limitów pola akustycznego i magnetycznego

emitowanego przez sprzęt i wyposażenie nurka grupy minerskiej *CDT*. Jak dotąd sprzęt i wyposażenie nurka stanowią jeden z elementów wyposażenia stosowanego w wojnie minowej *MCM* o najniższych sygnaturach pola: elektrycznego, magnetycznego, akustycznego czy ciśnieniowego. Stąd nadal jest to technologia niezwykle skuteczna, zwłaszcza w rozpoznaniu min oraz *UMO* podejrzewanych, że stanowią uzbrojenie<sup>68</sup> wyposażone w czujniki oraz akulatory<sup>69</sup>, także z elementami sztucznej inteligencji. Wykorzystanie technologii nurkowych jest limitowane do obszaru<sup>70</sup>, głębokości i czasu efektywnego działania nurka. Zdolności w zakresie osiąganych głębokości przez poszczególne kraje *NATO* zebrano w Chapter 7: National diving capabilities *ADivP* – 01.1 [15].

Obecnie, niszczenia wykrytych *UXO* realizuje się najczęściej prowadząc nurkowe operacje przeciwwinowe *CDO*. *AODP* – 10 *Explosive ordnance disposal (EOD) principles and minimum standards of proficiency* precyzuje zakres uprawnień i umiejętności w tym zakresie [16]. *AODP* – 10 zostało wprowadzone postanowieniem standaryzacyjnym *STANAG 2143: Explosive ordnance disposal (EOD) principles and minimum standards of proficienc* [17]. Ogólnie, według *AEODP* – 10, personel rozpoznawczy *EOR*<sup>71</sup> posiadający kwalifikacje do wykonywania zadań z użyciem materiałów wybuchowych *EO*<sup>72</sup> pod wodą w ramach misji *NATO* musi spełniać minimalne standardy biegiłości określone w załączniku E: *Minimum standards of proficiency for underwater EOD*. Zaś personel *EOC*<sup>73</sup> jest uprawniony do rozmieszczania ładunków wybuchowych *EO* pod nadzorem nurka *CMD*<sup>74</sup>.

*AEODP* – 10 podkreśla kluczową rolę nurków przy pozyskaniu i rozpoznaniu ładunków wybuchowych przeciwnika. Procedury w tym zakresie precyzuje *AEODP* – 14 *NATO EOD publications set (NEPS) – Identification and disposal of surface, air, and underwater munitions* [18]. *AEODP* – 14 został wprowadzony w celu spełnienia wymagań *STANAG 2369 EOD publications set (NEPS) – Identification and disposal of surface, air, and underwater munitions* [19] dostarczając informacji w zakresie identyfikacji i usuwania amunicji powierzchniowej, powietrznej i podwodnej. Jest to publikacja wywodząca się z amerykańskiego *Automated Explosive Ordnance Disposal Publication System AEODPS* składająca się z informacji, które zostały sprawdzone i uznane za udostępniane dla *NATO*.

W wojnie minowej *MCM* istotne jest, aby każdy nieznaną ładunek wybuchowy *EO* przeciwnika został zabezpieczony, możliwie w sposób nieniszczący w celu jego zbadania przez specjalistów. Zanim dojdzie do fazy rozpoznania i dalszej eksploracji zadaniem wstępnym rozpoznania realizowanego przez nurków *EOD* jest zdecydowanie, czy przedmiot jest pozostawionym ładunkiem wybuchowym *UMO/AXO*<sup>75</sup>. Ta funkcja jest szczególnie ważna w przypadku urządzeń *IED*, gdyż pozyskane informacje mogą być wykorzystywane w procedurach *C* – *IED*<sup>76</sup> [20,21].

W środowisku morskim, wyspecjalizowane zespoły nurkowe *CDTs* mają za zadanie badanie i eksploatację nowoodkrytego pozostawionego ładunku wybuchowego *AXO*, przy użyciu specjalistycznych narzędzi, sprzętu oraz taktyki, technik i procedur *TTP*<sup>77</sup>. Jeśli przemieszczanie się *AXO* lub sytuacja taktyczna nie pozwala na natychmiastową eksplorację<sup>78</sup>, wówczas przed zniszczeniem na miejscu należy wykonać obszerną dokumentację, w tym zdjęcia i szczegóły wszystkich oznaczeń, aby w przyszłości zidentyfikować *AXO*.

Wspólna doktryna *NATO* dotycząca przeciwdziałania improwizowanym materiałom wybuchowym *AJP-3.15: Allied joint doctrine for countering improvised explosive devices* precyzuje zadania minerskich grup nurkowych *CDTs* jako związane z przeciwdziałaniem improwizowanym ładunkom wybuchowym *C* – *IED* skoncentrowanych na: poszukiwaniu, wykrywaniu, lokalizacji, identyfikacji, neutralizacji *IEDD*<sup>79</sup>, czynnościach dochodzeniowych i gromadzeniu materiału do analizy po wybuchu podwodnym [20,21]. Czyli w odniesieniu do przeciwdziałania improwizowanym ładunkom wybuchowym *C* – *IED*, nurkowie *EOD* tworzą zespoły rozminowania *CDT*, które są operacyjnymi czynnikami wspierającymi ochronę wojsk *FP*<sup>80</sup> poprzez poszukiwanie i niwelację improwizowanych ładunków wybuchowych *IEDD* w środowisku morskim.

Operacje wykonywane w wodach zanieczyszczonych czy skażonych, lub w przypadku pracy z ładunkami chemicznymi, biologicznymi, promieniotwórczymi czy nuklearnymi materiałami wybuchowymi *CRBN EO*<sup>81</sup> muszą być wykonywane przez wyspecjalizowany zespół nurkowy *CDT*, zgodnie z *ADivP* – 01 [22,14].

## POLA FIZYCZNE

Miny mogą wyzwać swe niszczące działanie poprzez kontakt lub poprzez wpływ pól, najczęściej pola: magnetycznego, elektrycznego, akustycznego, ciśnieniowego czy sejsmicznego<sup>82</sup>, w dowolnych ich kombinacjach.

Miny mogą być cumowane na długich lub krótkich liniach kotwicznych, leżeć na dnie lub być w nim zakopane. Miny morskie mogą posiadać także zdolności do przemieszczania się, śledzenia celu<sup>83</sup>, maskowania się<sup>84</sup>, zwalczania przeciwwinowych ładunków sterowanych<sup>85</sup> *EMDV*<sup>86</sup> czy zwalczania nurków [10].

Pola fizyczne stanowią ważny kontekst przy wyborze technologii do wykorzystania w wojnie minowej *MCM*, gdyż miny mogą być wyposażone w akulatory do przeciwdziałania ich wykryciu, usunięciu<sup>87</sup> czy obezwładnieniu na podstawie procesów diagnozowania<sup>88</sup> pól fizycznych i genezowania<sup>89</sup> ich zmian na podstawie pomiaru pól fizycznych przy pomocy odpowiednich czujników.

Jednym z najczęściej diagnozowanych pól fizycznych jest pole akustyczne, zarówno wytwarzane przez obiekty znajdujące się w bezpośredniej bliskości min jak i na podstawie omiatania wiązką sonarową. Choć teoretycznie efektywny, gwarantowany zasięg aktywnej detekcji hydroakustycznej może wynosić<sup>90</sup> 800 m, to jest to metoda niezwykle użyteczna. Najczęściej czujniki min inteligentnych będą nastawione na detekcję pasywną, której promień jest znacznie mniejszy i ulega silnym zakłóceniom. Postanowienia *NATO* dotyczące limitów sygnatur akustycznych<sup>91</sup> i ich pomiarów zebrano w normie *AMP* – 15 [22], która została wprowadzona porozumieniem standaryzacyjnym *STANAG 1418* [23]. Rozdział 6 *Measuring and reporting acoustic characteristics of divers and their equipment*. *AMP* – 15 zawiera także wymagania pomiarowe dla ustalenia sygnatur akustycznych dla sprzętu nurkowego, zaś ich limity zawarto w niejawnym suplemencie do *AMP* – 15.

Innym ważnym polem fizycznym jest pole magnetyczne<sup>92</sup>, co do którego wymagania zawarto w *AEODP* – 07 *Explosive ordnance disposal equipment requirements and equipment* [24]. W załączniku A do *AEODP* – 07 sprecyzowano, że nurkowie są wykorzystywani do detektowania podwodnych *UXO/AXO*, stąd w załączniku B w punkcie B6 sprecyzowano zakres, zaś w punkcie B7 sposób testowania wyposażenia nurków dopuszczanych do tego zadania. Zgodnie z tymi zapisami aparat nurkowy i inny sprzęt przeznaczony do podwodnego *EOD* powinien być poddany typowym dla wyposażenia *MCM*

statycznym testom magnetycznym<sup>93</sup>, określonych w punkcie B5, oraz może zostać poddany testom dynamicznym w środowisku podwodnym.

Prowadzone są badania nad ochroną perymetryczną<sup>94</sup> z wykorzystaniem analizy pola ciśnieniowego do detekcji nurków, poprzez pomiary zmian ciśnienia powodowanego przez płetwy oraz drgań powodowanych udarami, opisano wcześniej [25]. Jednak te drogi detekcji nurków nie doczekały się opracowania w formie dokumentów normalizacyjnych NATO.

## PRZECIWDZIAŁANIE NURKOM

Systemy przeciwdziałające nurkom opierają się na detekcji wytwarzanych przez nurków pól fizycznych, ale także na innych pomiarach, realizowanych przez kamery wizyjne czy czujniki laserowe.

Technika sonarowa wykorzystywana jest do znajdowania i śledzenia celów, także o tak słabej sile celu<sup>95</sup> jak nurkowie. Istnieją już rozwiązania komercyjne, jak *Cerberus*<sup>96</sup> produkowany przez *ATLAS Elektronik UK*. Jest to inteligentny sonar, który jest w stanie wykryć wypełnioną powietrzem jamę klatki piersiowej nurka i pozwolić operatorowi odróżnić echo pochodzące od człowieka, czy zwierzęcia, jak foka czy delfin. Potrafi także odróżnić człowieka od ławicy ryb, pęcherzy kawitacyjnych pochodzących od pędnika platformy nawodnej czy podwodnej itp. Podobne systemy lokacji i śledzenia celów mogą być wykorzystane jako element inteligencji zewnętrznej<sup>97</sup> miny lub pola minowego. W Polsce *Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Centrum Techniki Morskiej S.A.* posiada własne systemy o podobnych właściwościach, przetestowane w ramach projektu *Narodowego Centrum Badań i Rozwoju NCBiR Nr O R 0000 98 1 Detekcja i przeciwdziałanie atakowi spod wody*.

Wykorzystanie czujników anomalii magnetycznych, może być skuteczną metodą do znajdowania nurków na stosunkowo małych dystansach. Promień skutecznej detekcji zmian pola magnetycznego z reguły nie przekracza 10 m. Jednak jest to stosunkowo skuteczna metoda w rejonach płytkich VSW. W pobliżu infrastruktury, metoda ta wymaga kompensacji istniejących anomalii pola magnetycznego.

Technika sonarowa i pomiarów magnetycznych jest mało skuteczna na torach wodnych ze względu na zakłócenia wprowadzane przez przepływające jednostki nawodne oraz, z reguły zaśmiecenie elementami magnetycznymi.

Klasycznymi metodami detekcji w ochronie perymetrycznej<sup>98</sup> przeciw nurkom było wykorzystanie: metod wizyjnych<sup>99</sup>, wykorzystanie zwierząt, sieci zagrożeń uzbromionych w akcelerometry, przeszkód sonarowych itp. Obecnie próbuje się wykorzystać zielone systemy laserowe czy czujniki ciśnieniowe. Do zwalczania nurków używano małych ładunków wybuchowych, ostrzeliwania z działek przeciwlotniczych<sup>100</sup> czy sprzężonych karabinów, działek powietrznych, impulsów sonarowych, zwierząt, broni na ścierniwo<sup>101</sup> itp.

Techniczne środki pasywnego wykrywania nurków bojowych<sup>102</sup> sytuowane są często na dnie a ich skuteczność drastycznie maleje z odległością. Trzymanie się blisko powierzchni minimalizuje ryzyko wykrycia przez te środki techniczne.

Także dla aktywnych systemów sonarowych służących do wykrywania nurków ich detekcja przy powierzchni jest mniej skuteczna<sup>103</sup> zwłaszcza, gdy na kursie omiatania znajduje się większy cel, jak nawodna jednostka pływająca, dryfujące śmieci, fauna, tworząca się podczas falowania warstwa zawiesiny powietrznej itp. Jak już wspomniano, do technicznego zabezpieczenia, najczęściej stosuje się wyspecjalizowane systemy sonarowe, zaprojektowane specjalnie do detekcji nurków<sup>104</sup>. Nurek stanowi obiekt o stosunkowo małej sile celu oraz małych gabarytach, stąd urządzenia te charakteryzują się ograniczonym zasięgiem skutecznym, który w zależności od warunków hydrologicznych wynosi (300 – 800) m [26]. Przy podejściu do nierozpoznanego brzegu, przyjmuje się 800 m promień operacyjny za najmniejszy ze względu na możliwość występowania technicznego uzbrojenia infrastruktury brzegowej w urządzenia ochronne/ rozpoznawcze<sup>105</sup>.

Pozostawanie nurka na małej głębokości w czystej wodzie ma tę wadę, że może zwiększać wykrywalność przez obserwatorów znajdujących się na powierzchni. Jednakże ze względu na refleksy wodne muszą oni znajdować się stosunkowo wysoko patrząc pod takim kątem, aby refleksy te ich nie osłepiały<sup>106</sup>. Obiecujące efekty oczekiwane są przy wykorzystaniu zielonego lasera do detekcji płytkowodnych obiektów. Już teraz stosowane są one przy konstrukcjach technicznych, jak falochrony, pirsy, pomosty, które mogą ułatwić nawigację i ukrycie się nurków.

W mętnej wodzie przy braku emisji czynnika oddechowego nurek stanowi trudno wykrywalny cel pod warunkiem, że nie powoduje zawirowań wody na powierzchni powstających przy intensywnej pracy płetw.

## MISJE

Dawniej rozpoznanie obiektów mino-podobnych *UMO* prowadzone było jedynie poprzez prowadzenie nurkowań. Obecnie stało się możliwe rozpoznanie środkami technicznymi, choć nadal oględziny wykonywane przez nurków pełnią ważną rolę. Jest to także jedyna metoda do pozyskania *UXO/AXO* w celach rozpoznawczych [27]. Rozpoznanie prowadzone jest celem pozyskania *UXO* poprzez jego podebranie podczepioną liną lub siecią przy wcześniejszym obezwładnieniu<sup>107</sup> bądź bez obezwładnienia.

Unieszkodliwianie na miejscu prowadzone jest celem usunięcia *UXO* podejrzewanego na ustawienie na nieusuwalność na konstrukcji krytycznej, przykładowo na burcie okrętu. Użyteczną metodą może okazać się *deflagacja*<sup>108</sup> ładunku wybuchowego. *UXO* ustawione na infrastrukturze krytycznej należy unieszkodliwić<sup>109</sup> lub usunąć możliwie szybko metodą<sup>110</sup>.

Unieszkodliwianie na miejscu *AXO* podejrzewanych o ustawienie na nieusuwalność lub grożących wybuchem podczas przemieszczania prowadzone jest prawie wyłącznie przy wykorzystaniu misji nurkowych.

Rozpoznanie i niszczenia na miejscu *UXO* realizowane przez nurków *CDT* jest wykonywane praktycznie przy wykorzystaniu technologii nurkowań punktowych z możliwością przemieszczania się w ograniczonym promieniu.

Innym, podstawowym scenariuszem misji bojowej dla nurków *CDT* jest wykonanie rozgrozienia, najczęściej poprzez rozminowanie przy pomocy ładunków wybuchowych. Nie stosuje się w tym przypadku deflagacji. Ten scenariusz

wykonywany jest najczęściej w sposób maksymalnie skryty. Tam gdzie pełna skrytość nie jest wymagana nurkowie *CDT* mogą być wspomagani przez system pojazdów podwodnych, jak to pokazano na przykładzie operacji nurkowych *VSW* przy wsparciu *AUV*. Tego typu operacje przygotowania miejsca desantowania sił inwazyjnych poprzez wysadzenie infrastruktury obronnej nie jest rozpatrywane w krajowej doktrynie, gdyż morskie działania desantowe zostały przez Wojsko Polskie zarzucone w 1993.

## ŁĄCZNOŚĆ

Nurkowania punktowe prowadzone są najczęściej po linii opustowej lub na uwięzi<sup>11</sup>. Przy dobrej widoczności nurkowania na stosunkowo małe głębokości można prowadzić bez zabezpieczenia systemem lin. Jeśli to tylko możliwe, to prowadzenie operacji *MCM* powinno być prowadzenie z zabezpieczeniem łączności. Nurkowania treningowe mogą być zabezpieczane simpleksowymi systemami łączności bezpieczeństwa, stanowisko dowodzenia → nurka, poprzez systemy głośnikowe przenoszące wiadomość do nurka przez wodę za pomocą systemów głośnikowych<sup>12</sup>.

Nurkowania głębokie, nawet przy dobrej widoczności, powinny być zabezpieczane linami ze względu na możliwość wystąpienia prądów wglębnych. Na akwenach o małej i średniej widoczności nurkowania bez zabezpieczeń linami są raczej niemożliwe, ze względu na ograniczoną możliwość korzystania z elektronicznych systemów nawigacyjnych i łączności.

Jeżeli liny bezpieczeństwa spełniają także funkcję łączności przewodowej<sup>13</sup>, to podchodzenie nurka wyposażonego w taki system łączności do miny jest dyskusyjne. Celem niwelacji pola elektromagnetycznego od systemu łączności, wykorzystuje się bezpieczne telefony<sup>14</sup>. Przetwornik mikrofonowy przetwarza ciśnienie dźwięku na prąd elektryczny, który jest następnie przetwarzany z powrotem na dźwięk przez przetwornik odbiornika. Większość telefonów zasilanych dźwiękiem wykorzystuje mikrofon dynamiczny bez wzmocnienia sygnału.

## PLANOWANIE NURKOWANIA

Technologia nurkowania powinna uwzględniać możliwości kompensowania sytuacji mogących wystąpić podczas wykonywania operacji nurkowych zarówno przy szkoleniu jak i podczas realizacji zadań, zarówno w czasie pokoju jak i wojny.

Zwalczanie min wykonywane jest zazwyczaj w warunkach morskich i w pobliżu wybrzeża, stąd system nurkowania dedykowany operacjom *MCM* nie musi zazwyczaj uwzględniać dekompresji do warunków obniżonego ciśnienia występujących w warunkach wyniesienia akwenu, jak w wysokogórskich jeziorach. Podobnie operacje te nie są zazwyczaj realizowane w głębokich wyrobiskach czyli dekompresja nie przebiega do podwyższonego ciśnienia występującego w pułapkach powietrznych, jak to się może zdarzyć w zalanych kopalniach czy jaskiniach. Wynika stąd, że technologia nurkowania nie musi uwzględniać takich scenariuszy. W warunkach morskich występuje wpływ falowania na nurka, stąd systemy dekompresji dla nurkowych technologii morskich muszą uwzględniać możliwość zakończenia dekompresji na większej głębokości niż to się przyjmuje w typowych rozkładach dekompresji.

W związku z rezygnacją *MWRP* z ofensywnych operacji desantowych, technologie nurkowe *MCM* nie muszą zawierać możliwości samodzielnego pokonywania przez nurków znacznych dystansów pod wodą. Jednak działania *MCM* towarzyszące działaniom sekcji specjalnych *SRT* zarówno podczas operacji wojskowych jak i policyjnych mogą wymagać podjęcia takich operacji.

W wielu przypadkach skrytość działania odgrywa ważną rolę. Nie chodzi tu tylko o zachowanie skrytości taktycznej podczas działań w bezpośredniej bliskości przeciwnika, lecz także w zakresie zabezpieczenia nurka przeciwko systemom obronnym min inteligentnych<sup>15</sup> czy ustawionych na nieusuwalność<sup>16</sup>. Zapewnienie skrytości taktycznej wymaga stosowania niezależnych aparatów nurkowych. W warunkach pokoju ważniejszym jest utrzymanie skrytości przeciw minom inteligentnym, dlatego dopuszczalne jest stosowanie systemów przewodowych, które mogą zapewnić dłuższy czas ochronnego działania. Intensywność prowadzenia prac podwodnych może podnieść także uwzględnienie możliwości prowadzenia nurkowań sukcesywnych<sup>17</sup>. Z możliwością podejmowania nurkowań sukcesywnych jest ściśle powiązana problematyka utrzymania nurków w kondycji do przechodzenia dekompresji i nurkowania.

Przy organizowaniu operacji wojskowych często korzysta się z transportu lotniczego, dlatego system dekompresji powinien określać możliwości i zasady odbywania lotów zwłaszcza po nurkowaniu.

W nurkowaniach *MCM* rzadko wykorzystywane są aparaty powietrzne. Wykorzystanie aparatów specjalnych, zwłaszcza o półzamkniętym obiegu czynnika oddechowego wiąże się z poszukiwaniem jego optymalnego składu. Jednym z parametrów określających efektywność operacji nurkowych jest stosunek czasu użytecznego, który może być przeznaczony na wykonywanie przez nurka pracy użytecznej do czasu dekompresji. Minimalizowanie tego stosunku polega na rozpatrzeniu kompromisu pomiędzy procesem dekompresji a zatrucia tlenowego. Technologia nurkowania powinna równoważyć te dwa zagrożenia, uwzględniając także procesy akceleracji dekompresji w toni czy dekompresji powierzchniowej. Wykorzystanie zmian czynnika oddechowego podczas procesu nurkowania powinno uwzględniać także ryzyko utraty jednego z nich i stąd ekwiwalentnego zastosowania innego, dostępnego czynnika oddechowego. Także sytuacje awaryjne, związane z przerwaniem zanurzania, przedłużenia ekspozycji, przegłębienia czy skrócenia planowanego czasu pobytu powinny opierać się o przewidziane wcześniej scenariusze sytuacji awaryjnych.

## PODSUMOWANIE

Myśl taktyczna podąża drogą eliminacji żołnierza z pola walki. Obecnie widać to ewidentnie w lotnictwie wojskowym, gdzie znacząco wzrosła rola bezzałogowych obiektów latających *UCAV*<sup>18</sup>. Szczególnie rozpoznanie pola walki oraz precyzyjne ataki zostają zdominowane przez obiekty bezzałogowe *UCAV*. Skala wdrożeń technologii bezzałogowych w lotnictwie wydaje się eliminować nawet konieczność rozpoznania satelitarnego<sup>19</sup>.



Podobne tendencje obserwuje się w działaniach lądowych, gdzie obserwuje się znaczny wzrost roli bezzałogowych robotów: rozpoznawczych, transportowych, rozminowania, bojowych itp.

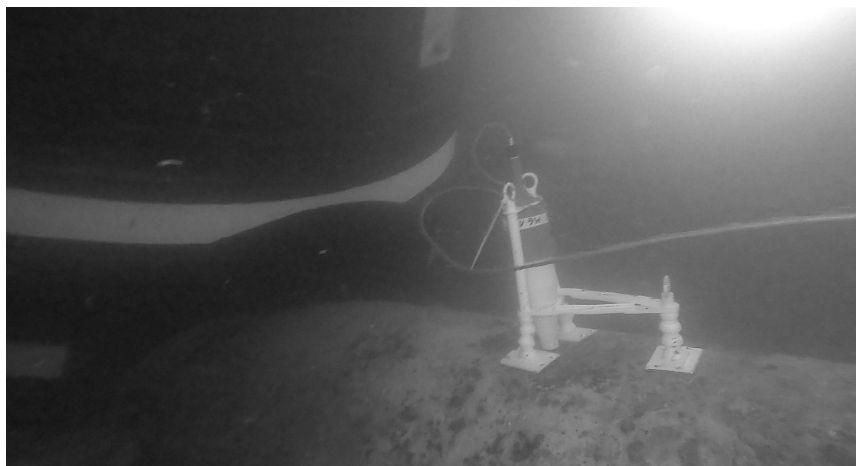
Działania bojowe wymagają zajęcia terenu, jego kontroli i utrzymania. Wydaje się, że jak na razie nie da się tego wykonywać jedynie zdalnie, chociażby ze względu na konieczność wprowadzenia na zajęty teren działań policyjnych w celu utrzymania porządku publicznego. Lecz systemy rozpoznania i walki można już łączyć siecjo-centrycznie w systemy powietrzno-morsko-lądowe.

Typowe działania morskie zaczynają także ulegać stopniowej automatyzacji. Widać coraz większą rolę systemów rozpoznawczych, zarówno z powietrza z wody jak i spod wody. Jednak, na razie, działania wspomagające operacje bojowe prowadzone z wody czy spod wody wymagają najczęściej użycia siły żywej<sup>120</sup>, nawet w warunkach pokoju. Spowodowane jest to ekonomią prowadzenia działań wojskowych. Systemy bojowe do neutralizacji min są stosunkowo drogie. Na wyposażeniu wojsk znajdują się samobieżne ładunki wybuchowe *EMDV*<sup>121</sup>, przykładowo: *SeaFox*, *ArcherFish* czy *Głuptak*, jednak do potania operacji zdalnych wprowadzono systemy wielokrotnego użycia oparte o sterowane pojazdy podwodne *ROUV*<sup>122</sup>, jak: *SeaFox/Cobra* czy *Ukwiał/Toczek*. Poza ćwiczeniami wojskowymi, wszelkie operacje *EOD* wykonuje się jednak nurkami *CDT*, ze względu na koszty. Wykorzystanie samobieżnych ładunków wybuchowych *EMDV*, czy systemów sterowanych *ROUV* dedykowanych wojnie minowej *MCM*, wymaga zazwyczaj pobliskiej asysty okrętu wojny minowej *MCMV*<sup>123</sup>. Okręty te są tak zbudowane, że wytrzymują pobliskie eksplozje. Operacje realizowane przez grupy *CDT* mogą być prowadzone w znacznej odległości od asystującej jednostki pływającej, stąd nie musi być ona klasy *MCMV*. Okupione jest to tym, że nurkowie operując z małej łodzi klasy *RIB*<sup>124</sup> muszą być wyposażeni w aparaty nurkowe oraz narzędzia<sup>125</sup> gwarantujące im pracę w pełni niezależną w oddaleniu od wsparcia nawodnego czy brzegowego.

Czasami działania minerskie prowadzi się w sposób skryty, bez wykorzystania wsparcia elektronicznego<sup>126</sup>. Skryte działania wymagane są bezwzględnie przy operacjach specjalnych. Przy działaniach *MCM* oraz *IOD*, dedykowanych przeciw minom inteligentnym, ten wymóg jest także rozsądny. Przy prowadzeniu operacji *EOD*, za wyjątkiem likwidacji *UXO*, możliwe jest wsparcie operacji nurkowych sprzętem i wyposażeniem elektronicznym, stąd istnieje duża przestrzeń do stosowania systemów bezzałogowych. Jednak precyzyjne działania minerskie zarówno morskie jak i lądowe nadal prowadzone są przy wykorzystaniu ludzi.

Gros niebezpiecznych działań *MCM* prowadzonych w stanie pokoju organizuje się w oparciu o wykorzystanie grup *CDT*, choć wydawałoby się, że w pierwszej kolejności to w tych działaniach powinno się eliminować bezpośrednie narażenie człowieka. Wynika to zapewne nie tyle z luki technologicznej, co z warunków ekonomicznych. Przykładowo, jeśli nawet istnieje możliwość bezpośredniej likwidacji miny morskiej przez użycie systemów bezzałogowych typu *SeaFox* czy *Głuptak*, gdyż nie zagraża to żadnej infrastrukturze czy środowisku, to ich koszt jest znaczny. Użycie grup *CDT* wykorzystujących klasyczne materiały wybuchowe do pobudzenia eksplozji czy specjalnie uformowane i przyłożone ładunki do deflagracji ładunku wybuchowego *UXO* są metodami o wiele efektywniejszymi z ekonomicznego punktu widzenia. Pokazuje to analiza ostatnio prowadzonych akcji rozminowania *UXO* na akwenach polskich.

Grupy *CDT* są nie do zastąpienia nie tylko przy pozyskaniu np. improwizowanych ładunków wybuchowych *IED*<sup>127</sup>, ale także w sytuacji, gdy usunięcie lub wywołanie eksplozji jest nie do zaakceptowania. Taka sytuacja miała miejsce przy deflagracji<sup>128</sup> brytyjskiej bomby *TallBoy* o masie 5340 kg, pochodzącej z czasów II Wojny Światowej, wykonanej w 2020 r. na torze wodnym Szczecin–Świnoujście, przez 13 *dTr*. Detonacja bomby stwarzała bezpośrednie zagrożenie dla pobliskiej przeprawy promowej, rurociągów i infrastruktury brzegowej.



Rys.3 Jeden z zastosowanych ładunków zapalających na korpusie bomby TallBoy. [Dzięki uprzejmości 13 dTr, Świnoujście].

Próba usunięcia bomby mogła nie tylko spowodować zniszczenia wspomnianej infrastruktury, lecz stwarzała także zagrożenie dla pracującej grupy *CDT* oraz użytego sprzętu. Zapoczątkowanie procesu deflagracji wymagało jednak precyzyjnego ustawienia ładunku zapalającego, możliwie najdalej od zapalników bomby, które to zadanie najlepiej powierzyć grupie *CDT* – rys. 3.

## WNIOSKI

Systemowy kontekst taktyczny jest podstawą precyzowania wymagań co do elementów struktury *systemu* i *podsystemów* dając podstawę do prowadzenia badań nad jego właściwościami, np.: niezawodnością, odparowalnością, redundantnością itp.

Przy realizacji zadań projektowych, należy bezwzględnie pamiętać, że nurkowanie stanowi jedynie drobny element *systemu* służący realizacji *procesów* w ramach większego *systemu* wojny minowej *MCM*. W swej istocie, nurkowanie stanowi jedynie sposób przemieszczania się sił do wykonania zadań wynikających z celów *MCM*.

W ramach krajowych zadań przypadających grupom *CDT* należało skupić się na nurkowaniach punktowych, jako podstawowym scenariuszu wynikającym z potrzeb *MCM*. Inne scenariusze stały się mniej istotne po rozformowaniu morskich sił desantowych w 1993 roku.

## ZAKOŃCZENIE

Artykuł jest efektem projektu nr DOB-BIO-12-03-001-2022 z dnia 2.01.2023 r. o wykonanie i finansowanie projektu realizowanego na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa w ramach Konkursu Nr 12/2022 NCBiR pt. "Wpływ wysiłku bojowego i transportu lotniczego na bezpieczeństwo nurków bojowych w trakcie realizacji podwodnych działań bojowych" zaplanowanego na lata 2023-2025.

## REFERENCES

1. Kłos R. 2019a. Designing of diving technologies – process approach. *Polish Hyperbaric Research*. 1, 2019a, Tom 66, DOI: 10.2478/phr-2019-0001, strony 7-24.
2. Kłos R. 2019b. Context analysis in the development of diving technologies. *Polish Hyperbaric Research*. 2, 2019b, Tom 67, DOI: 10.2478/phr-2019-0005, strony 7 – 58.
3. Kłos R. 2000. *Aparaty Nurkowe z regeneracją czynnika oddechowego*. Poznań : COOPgraf, 2000. ISBN 83-909187-2-2.
4. Kłos R. 2011. *Możliwości doboru dekompresji dla aparatu nurkowego typu CRABE - założenia do nurkowań standardowych i eksperymentalnych*. Gdynia : Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, 2011. ISBN 978-83-924989-4-0.
5. Kłos R. 2016. *System trymiksowej dekompresji dla aparatu nurkowego typu CRABE*. Gdynia : Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, 2016. ISBN 978-83-938322-5-5.
6. (Kłos R., Nishi R., Olszanski R., 2002)
7. Kłos R. 2007. *Zastosowanie metod statystycznych w technice nurkowej - Skrypt*. Gdynia : Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, 2007. ISBN 978-83-924989-26.
8. Wienke B.R., 2016
9. Wald A. 1947. *Sequential Analysis*. New York : Jon Willey & Sons, Inc., 1947.
10. Homer L.D. Weathersby P.K. 1985. Statistical aspects of the design and testing of decompression tables. *Undersea Biomedical Research*. 1985, Tom 12, 3, strony 239-249.
11. ANEP-16. APRIL 1989. *Mine Countermeasure Vessels SUPPLEMENT 2 to STANAG 4154 -General Criteria and Common Procedures for Seakeeping Performance Assessment mine counter measure vessels*. Edition 1. Brussels : NATO Standardization Office, APRIL 1989. CPT 2041.
12. STANAG 4154. 22 February 2018. *Common procedures for seakeeping in the ship design process*. Edition 4. Brussels : NATO Standardization Office, 22 February 2018. NSO/0241(2018)SDCG/4154.
13. MTP-24. May 2002. *Naval mine countermeasures - tactics and execution*. Brussels : NATO Standardization Agency, May 2002. Tom I. MTP-24(C) VOL I.
14. STANAG 1132. 26 September 2016. *Naval mine countermeasures - tactics and execution* . Brussels : The NATO Standardization Office, 26 September 2016. NSO(NAVAL)1177(2016)NMW/1132.
15. ADiVP-01. September 2019. *Allied guide to diving operations*. Edition C Version 3 . Brussels : NATO Standardization Office, September 2019.
16. AEODP-10. February 2020. *Explosive ordnance disposal (EOD) principles and minimum standards of proficiency*. Edition C Version 1. Brussels : NATO Standardization Office, February 2020.
17. STANAG 2143. 7 FEBRUARY 2020. *Explosive ordnance disposal (EOD) principles and minimum standards of proficiency* . 7. Brussels : NATO Standardization Office, 7 FEBRUARY 2020.
18. AEODP-14. June 2016. *NATO EOD publications set (NEPS) – Identification and disposal of surface, air, and underwater munitions*. Edition A Version 1. Brussels : NATO Allied Explosive Ordnance Disposal Publication, June 2016.
19. STANAG 2369. June 2016. *EOD publications set (NEPS) – Identification and disposal of sur-face, air, and underwater munitions*. Edition 4. Brussels : The NATO Standardization Office, June 2016. NSO(ARMY)0845(2016)EOD/2369.
20. STANAG 2295. 8 February 2018. *Allied joint doctrine for countering improvised explosive devices (C-IED)*. 4. Brussels : NATO Standardization Office, 8 February 2018. NSO(JOINT)0176(2018)C-IED/2295.
21. AJP-3.15. February 2018. *Allied joint doctrine for countering improvised explosive devices*. Edition C Version 1. Brussels : NATO Standardization Office, February 2018.
22. STANAG 1372. 28 July 2014. *Allied guide to diving operations*. 11. Brussels : The NATO Standardization Office, 28 July 2014. NSO(NAVAL)1054(2014)UD/1372.
23. AMP-15. May 2013. *Standards for naval mine warfare acoustic measurements*. Edition (A) Version (1) . Brussels : NATO Standardization Agency, May 2013.
24. STANAG 1418. 7 May 2013. *Standards for naval mine warfare acoustic measurements*. Brussels : NATO Standardization Office, 7 May 2013. NSA(NAVAL)0766(2013)NMW/1418.
25. AEODP-07. November 2015. *Explosive ordnance disposal equipment requirements and equipment*. Edition B Version 1. Brussels : NATO Allied explosive ordnance disposal publication, November 2015.
26. Korenbaum V., Kostiv A., Gorovoy S., Dorozhko V., Shiryayev A. 2020. Underwater Noi-ses of Open-Circuit Scuba Diver. *Archives of Acoustics*. 2020, Tom 45, 2, strony 349–357.
27. Pozański P. 2011. Współczesne zagrożenia elementów infrastruktury morskiej oraz systemy ich detekcji. *Polish Hyperbaric Research*. 2011, Tom 35, strony 7-34.
28. Greenlaw J. 2013. *Sea mines and naval mine countermeasures: are autonomous underwater vehicles the answer, and is the Royal Canadian Navy ready for the new paradigm?* . Toronto : Canadian Forces College, 2013. JCSP 39.
29. Ligęza K. 2013. *Leksykon działań sił morskich*. Gdynia : Akademia Marynarki Wojennej, 2013. ISBN 978-83-60278-71-0.

dr hab. inż. Ryszard Kłos prof. AMW

Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte  
 Zakład Technologii Prac Podwodnych  
 81 – 103 Gdynia 3  
 ul. Śmidowicza 69  
 r.klos@amw.gdynia.pl

ORCID identifier No: 0000-0002-4050-3978

- <sup>1</sup>to ogólna taktyka (def. patrz dalej), która niekoniecznie musi być dostrzegalna dla osób postronnych,
- <sup>2</sup> nauka o metodach badań naukowych, ich skuteczności i wartości poznawczej,
- <sup>3</sup> zbiór metod,
- <sup>4</sup> teoria to ogólna koncepcja oparta na poznaniu i zrozumieniu istotnych czynników kształtujących pewien wycinek rzeczywistości,
- <sup>5</sup> sprawdzony, skuteczny i powtarzalny sposób postępowania prowadzący do rozwiązania danego problemu oraz osiągnięcia zdefiniowanego celu,
- <sup>6</sup> **Semi-Closed Rebreather**,
- <sup>7</sup> piktogram to przedstawienie pojęcia za pomocą obrazka,
- <sup>8</sup> leżący poza systemem, lecz wywierający wpływ na przebiegające w nim procesy,
- <sup>9</sup> zdolność utrzymywania względnie stałych parametrów wewnętrznych w systemie,
- <sup>10</sup> przykładowo, poprzez ustalenie granic,
- <sup>11</sup> jeżeli ze względu sposobu budowania systemu istnieje konieczność zastosowania elementów redundantnych, przykładowo ze względów bezpieczeństwa, to takie podejście mieści się także w zastosowanym tutaj określeniu „racjonalnie minimalny zbiór elementów”,
- <sup>12</sup> wspólne oddziaływanie silniejsze niż suma oddzielnych działań,
- <sup>13</sup> celem nauk podstawowych jest poznanie tych procesów,
- <sup>14</sup> przykładowo, nie bardzo wiadomo, czemu tak naprawdę ma służyć proces naturalnego rozpadu jądra atomowego,
- <sup>15</sup> proces fenomenologicznego poznania zachodzący przy wykorzystaniu jedynie naszych narządów zmysłowych,
- <sup>16</sup> występowanie różnych systemów w tym samym typie struktury systemowej,
- <sup>17</sup> występowanie podobnych systemów zdolnych do podtrzymania różnych procesów,
- <sup>18</sup> podobieństwo systemów i zachodzących w nich procesów,
- <sup>19</sup> system względnie odosobniony, możliwie mało skomplikowany, działający analogicznie do oryginału służący do badania przepływu informacji i sterowania w modelowanych systemach,
- <sup>20</sup> model ekonomiczny stanowi konstrukcję myślową obejmującą układ założeń przyjętych w ekonomii dla uchwycenia najistotniejszych cech i zależności występujących w danym procesie ekonomicznym,
- <sup>21</sup> opis probabilistyczny umożliwiający wartościowanie ryzyka podejmowanych decyzji podczas wnioskowania prowadzonego w sytuacji problemowej,
- <sup>22</sup> znaczy to, że nie może być oceniany jedynie pod kątem finansowej opłacalności, lecz także pod kątem skutków społecznych,
- <sup>23</sup> wprowadzenie na stałe do systemu wiedzy modelu, jako wiarygodnego narzędzia do przewidywania zachowania procesów zachodzących w zdefiniowanych systemach,
- <sup>24</sup> metoda przygotowania i prowadzenia procesu,
- <sup>25</sup> przykładowo do okresowego sprawdzania niektórych zagrożeń technicznych powołany jest w Polsce Urząd Dozoru Technicznego,
- <sup>26</sup> przykładowo do badania wypadków lotniczych powołana jest w Polsce Państwowa Komisja Badania Wypadków Lotniczych,
- <sup>27</sup> zagrożenie jest tu rozumiane jako całość po czasie z ryzyka,
- <sup>28</sup> podobnie jak przy testowaniu nowych leków lub procedur klinicznych,
- <sup>29</sup> aparat nurkowy – nurek,
- <sup>30</sup> najczęściej przyjmuje się jeden parametr zmienny przy tej multiplikacji, którym jest osoba nurka doświadczalnego, rozciągając wnioskowanie na wybraną populację nurków,
- <sup>31</sup> nie wystąpiły lub wystąpiły objawy DCS,
- <sup>32</sup> co uzmysławia długi czas potwierdzania możliwości dopuszczenia leków do sprzedaży,
- <sup>33</sup> minimalnie po 28 nurkowaniach eksperymentalnych,
- <sup>34</sup> w warunkach krajowych teoretycznie możliwe jest przeprowadzenie max. 150 nurkowań eksperymentalnych w ciągu roku, lecz koszt takiego postępowania wynosi ok. 1 mln. zł netto,
- <sup>35</sup> przykładowo, często stosuje się bloki parametrów dla pewnych zakresów czasów pobytu co powoduje, że tak opracowana technologia jest bardziej efektywna, lecz proces walidacji jest wydłużony, gdyż powinien on być prowadzony dla każdego bloku osobno,
- <sup>36</sup> wynikającej z taktyki,
- <sup>37</sup> na drodze różnych analiz, jak studium wykonalności, konkurencyjności, analizy ryzyka czy analizy niezawodności,
- <sup>38</sup> teoria i praktyka posługiwania się zasobami dla osiągnięcia zamierzonego celu,
- <sup>39</sup> **Mine Countermeasure**,
- <sup>40</sup> **Explosive Ordnance Disposal**,
- <sup>41</sup> **Improvised Explosive Device Disposal**,
- <sup>42</sup> wszystkie odniesienia, jak: Mine Warfare, Naval Mine Countermeasures czy Naval Mine Warfare odnoszą się do Mine Countermeasures MCM i tutaj znaczą to samo,
- <sup>43</sup> system dekompresji będzie stanowić jedynie element procesu realizacji przyjętego scenariusza operacyjnego,
- <sup>44</sup> w działaniach asymetrycznych regularnych armii i policji przeciw słabo zorganizowanemu przeciwnikowi,
- <sup>45</sup> łączności bezprzewodowej, systemów nawigacji elektronicznej, aparatów sterowanych czy kontrolowanych elektronicznie itp.,
- <sup>46</sup> np. systemu autonomii opartej na sztucznej inteligencji,
- <sup>47</sup> np. systemy zdalnego sterowania pojedynczą miną lub polem minowym z wykorzystaniem inteligencji rozproszonej (inteligencji roju) oznaczającej współpracę pomiędzy wieloma robotami bez uprzednio zdefiniowanego planu i bez jednego organu dowodzącego,
- <sup>48</sup> także używany do niszczenia min,
- <sup>49</sup> **Unexploded Ordnance**,
- <sup>50</sup> **Mine Huntin**,
- <sup>51</sup> **Clearance Diving Operations**
- <sup>52</sup> najczęściej wyrażanego, jako wartość oczekiwaną dla prawdopodobieństwa poderwania się okrętu na minie lub liczbą okrętów podrywających się na minach pozostałych po procesie rozminowania [29].
- <sup>53</sup> proces stopniowego zmniejszania siły lub skuteczności min poprzez ciągły nadzór,
- <sup>54</sup> w skutek uzupełniania postawionych min lub opóźnionego mechanizmu ich uzbrajania,
- <sup>55</sup> najczęściej, polegające na rozpoznaniu spod wody, zarówno typowe rozpoznanie podwodne jak i jedynie element misji rozpoznawczej w postaci transportu podwodnego przed rozpoznaniem, wypadem, napadem odejściem, prace rozgrodzeniowe lub zagrodzeniowe,
- <sup>56</sup> najczęściej, ratowanie techniki używanej w misjach MCM,
- <sup>57</sup> najczęściej, wykonywanie przejść i niszczenia w celu uniemożliwienia przejęcia techniki wojskowej przez nieprzyjaciela,
- <sup>58</sup> przykładowo, inwigilacja aktywności potencjalnych przeciwników w wojnie minowej,
- <sup>59</sup> ADivP – 01 został wprowadzony postanowieniem standaryzacyjnym STANAG 1372 Allied Guide to Diving Operations [22],
- <sup>60</sup> **Clearance Diving Team**,
- <sup>61</sup> **Very Shallow Water**,
- <sup>62</sup> zapomniano tutaj o może najważniejszym zadaniu realizowanym właściwie jedynie przez CDTs, związanym z rozpoznaniem, dochodzeniem i analizą pozyskanych niezidentyfikowanych UXO czy IOD,
- <sup>63</sup> jak, stan morza, pogoda, rodzaj wsparcia itd.,



<sup>64</sup> jak, temperatura wody, prąd, głębokość, rodzaj dna, sposób transportu,  
<sup>65</sup> diagnozowanie rozumiane tutaj jako ocena stanu przedstawiona na podstawie badań i analiz przeprowadzona po rozpoznaniu podwodnym, dochodzeniu podwodnym, pozyskaniu niezidentyfikowanego obiektu mino-podobnego UMO i analizą działania pozyskanych w całości lub pozostałości po neutralizacji UMO,  
<sup>66</sup> **Unidentified Mine-like Object**,  
<sup>67</sup> zarówno w planowanych operacjach jak i podejmowanych *ad hoc*,  
<sup>68</sup> rozumiane jako wszelkie środki walki umożliwiające zadanie przeciwnikowi strat,  
<sup>69</sup> akulatory są urządzeniami, które na podstawie pomiaru wykonanego przez współpracujący system pomiarowego powoduje zadziałanie elementu wykonawczego, przykładowo uruchomienie: ogrzewania, oświetlenia, włączenie dźwiękowego sygnału ostrzegawczego itp.,  
<sup>70</sup> ograniczenia obszarowe mogą dotyczyć niektórych parametrów akwenu, jak jego skażenie,  
<sup>71</sup> **Explosive Ordnance Reconnaissance**,  
<sup>72</sup> **Explosive Ordnance**,  
<sup>73</sup> **Explosive Ordnance Clearance**,  
<sup>74</sup> **Conventional Munition Disposal**,  
<sup>75</sup> **Abandoned Explosive Ordnance**,  
<sup>76</sup> **Countering Improvised Explosive Devices**,  
<sup>77</sup> **Tactics, Techniques and Procedures**,  
<sup>78</sup> rozumiana jako badanie nieznanymi obiektów,  
<sup>79</sup> **Improvised Explosive Device Disposal**,  
<sup>80</sup> **Force Protection**,  
<sup>81</sup> **Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Explosive Ordnance Disposal**,  
<sup>82</sup> tutaj dotyczące drgań mechanicznych tworzących się w warstwie dna oraz w wodzie na skutek uderzeń lub ruchów mechanicznych, przykładowo pochodzących od pędników, ruchów płetw nurka itp.,  
<sup>83</sup> torpedy krążące podobnie jak amunicja krążąca na łądzie,  
<sup>84</sup> np. zagrzebywania,  
<sup>85</sup> przykładowo, niemieckie ładunki typu SeaFox, amerykańskie Archerfish czy polskie Głuptak,  
<sup>86</sup> **Expendable Mine Disposal Vehicle**,  
<sup>87</sup> zabezpieczenia na nieusuwalność,  
<sup>88</sup> proces mający na celu określenie aktualnego stanu i na tej podstawie postawienie diagnozy,  
<sup>89</sup> proces mający na celu ustalenie domniemanej przyczyny powstania zmian w czasie,  
<sup>90</sup> skuteczny zasięg detekcji hydroakustycznej silnie zależy od pory roku,  
<sup>91</sup> charakterystyczny sygnał dźwiękowy o określonej strukturze fali akustycznej, emitowany przez dany obiekt techniczny, na podstawie którego można dokonać jego identyfikacji,  
<sup>92</sup> także indukowane elektrycznie,  
<sup>93</sup> testom sygnatury magnetycznej, elektrycznej i powstającej na skutek prądów błądzących,  
<sup>94</sup> ochrona przed wtargnięciem na teren chroniony,  
<sup>95</sup> siła celu to wyrażany najczęściej w decybelach [dB@1 m] iloraz natężenia fali [W · m<sup>-2</sup>] odbitej od celu w kierunku odbiornika w odległości 1 m od jego środka i natężenia płaskiej fali akustycznej [W · m<sup>-2</sup>] padającej na cel z kierunku odbiornika,  
<sup>96</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Cerberus\\_\(sonar\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cerberus_(sonar)),  
<sup>97</sup> systemy współpracujące pozostające zlokalizowane poza miną lub polem minowym oparte o nadzór sprawowany przez człowieka wspomagany przez systemy dyskryminacyjne (ekspertowe, sztuczną inteligencję), swarm intelligence itp.,  
<sup>98</sup> perymetria rozumiana jest tutaj, jako pole widzenia systemów technicznych do obserwacji wizyjnej,  
<sup>99</sup> stanowiska wspomagane przez polaryzatory światła przeciwko refleksom wodnym, kamery podwodne stałe i lokalizowane na pojazdach podwodnych, prowadzenie warty podwodnej itp.,  
<sup>100</sup> jeśli udawało się je pochylić do ostrzeliwania wody,  
<sup>101</sup> urządzenia podobne do maszyn do cięcia strugą wodną ze ścierniwem,  
<sup>102</sup> takie jak pasywne bariery akustyczne, bariery magnetyczne itp.,  
<sup>103</sup> z reguły głowice aktywnych systemów sonarnych nie są kierowane do powierzchni ze względu na zakłócenia występujące podczas odbicia i interferencji  
<sup>104</sup> sonary DDS – **Diver Detection Sonar**,  
<sup>105</sup> wynika stąd, że ze względów taktycznych minimalny dystans limitujący konieczność podjęcia skrytego działania powinien być większy od 800 m,  
<sup>106</sup> zastosowanie polaryzatorów poprawia warunki prowadzonej obserwacji ze względu na zjawisko znacznej polaryzacji odbijanego światła przez powierzchnię wody,  
<sup>107</sup> przykładowo przez jaming polegający na obezwładnieniu systemów elektronicznych, np. przez wytworzenie impulsu elektromagnetycznego,  
<sup>108</sup> rodzaj stosunkowo powolnego rozkładu materiałów wybuchowych, który rozprzestrzenia się z prędkością znacznie mniejszą niż prędkość dźwięku w tym materiale,  
<sup>109</sup> przykładowo: poprzez wytopienie materiału wybuchowego, obezwładnienie poprzez jaming elektroniczny, przestrzelenie różnego rodzaju pociskami, ładunkiem kumulacyjnym itp.,  
<sup>110</sup> przykładowo: oderwanie wybuchem, zestrzeleniem, linką odciągową itp.,  
<sup>111</sup> lina sygnałowa, na której wisi nurek; najczęściej lina sygnałowa nie spełnia warunków dla liny bezpieczeństwa,  
<sup>112</sup> **loudspeaker**,  
<sup>113</sup> najczęściej liny łączności przewodowej spełniają warunki stawiane linom bezpieczeństwa,  
<sup>114</sup> **sound-powered telephone**,  
<sup>115</sup> miny posiadające elementy detekcji nurków oraz akulatory pozwalające na przeciwdziałanie wykryciu i dezaktywacji przez nurka,  
<sup>116</sup> z reguły ustawienie na nieusuwalność nie jest związane z detekcją przeciwdziałania UXO realizowanego przez nurków, lecz do pomysłu jest także taki mechanizm,  
<sup>117</sup> sukcesywny, to taki w którym po fazie procesu, która zakończy się sukcesem można przejść do kolejnej lub powtórzyć poprzednią,  
<sup>118</sup> **Unmanned Combat Air Vehicle**,  
<sup>119</sup> rozpoznanie satelitarne wymaga drogiej inwestycji, a jak pokazują ostatnie doświadczenia rosyjskie, bardzo łatwo jest satelitę zestrzelić, co wobec stosunkowo taniej technologiiUCAV oraz to, że stanowią trudny do zestrzelenia cel, stanowią przesłankę do coraz szerszego ich stosowania,  
<sup>120</sup> wprowadzono pojęcie siły żywej a nie żołnierzy, gdyż istnieją koncepcje oraz ograniczona praktyka wykorzystania w tych celach także zwierząt,  
<sup>121</sup> **Expendable Mine Disposal Vehicle**,  
<sup>122</sup> **Remotely Operated Underwater Vehicle**,  
<sup>123</sup> **Mine Countermeasures Vessel**,  
<sup>124</sup> **Rigid Inflatable Boat**,  
<sup>125</sup> np. zdalnie sterowane systemy podnośne, zapoczątkowania eksplozji bądź deflagracji itp.,  
<sup>126</sup> łączności bezprzewodowej, systemów nawigacji elektronicznej, aparatów sterowanych czy kontrolowanych elektronicznie itp.,  
<sup>127</sup> **Improvised Explosive Device**,  
<sup>128</sup> w stosunku do detonacji, rodzaj spowolnionej, w skutek rozproszenia ciepła na drodze przewodnictwa oraz promieniowania, reakcji spalania rozprzestrzeniającej się z prędkością znacznie mniejszą niż prędkość dźwięku w reagującym materiale.