

A.Olejnik

WIZYJNA IDENTYFIKACJA ZATOPIONYCH OBIEKTÓW ZA POMOCĄ POJAZDU TYPU ROV NA PRZYKŁADZIE WRAKU JEDNOSTKI „GRAF ZEPPELIN”

W artykule przedstawiono opracowaną w Zakładzie Technologii Nurkowania Prac podwodnych Akademii Marynarki Wojennej metodę wizyjnej identyfikacji obiektów podwodnych za pomocą zdalnie sterowanego pojazdu podwodnego typu ROV. Metoda została z powodzeniem zweryfikowana przy identyfikacji na przykład wraków takich jednostek jak „Steuben”, „Fryderyk Engels”, oraz „Graf Zeppelin”. Materiał zawiera opis metody na przykładzie wraku „Graf Zeppelin”.

słowa kluczowe: *technologia prac podwodnych, wizyjna identyfikacja obiektów podwodnych*

VISUAL IDENTIFICATION OF AFOATED OBJECTS BY TYPE ROV VEHICLE ON THE EXAMPLE OF THE WRECK OF “GRAF ZEPPELIN”

This article performs the method of visual identification of underwater objects presented in ZTNiPP AMW wit help of type ROV underwater vehicle. The method was verified successfully by identification e.g such units as „Steuben”, „Fryderyk Engels”, „Graf Zeppelin”. The material contains description of method on the example of wreck of „Graf Zeppelin”.

keywords: *underwater work technology, visual identification of underwater objects*

WSTĘP

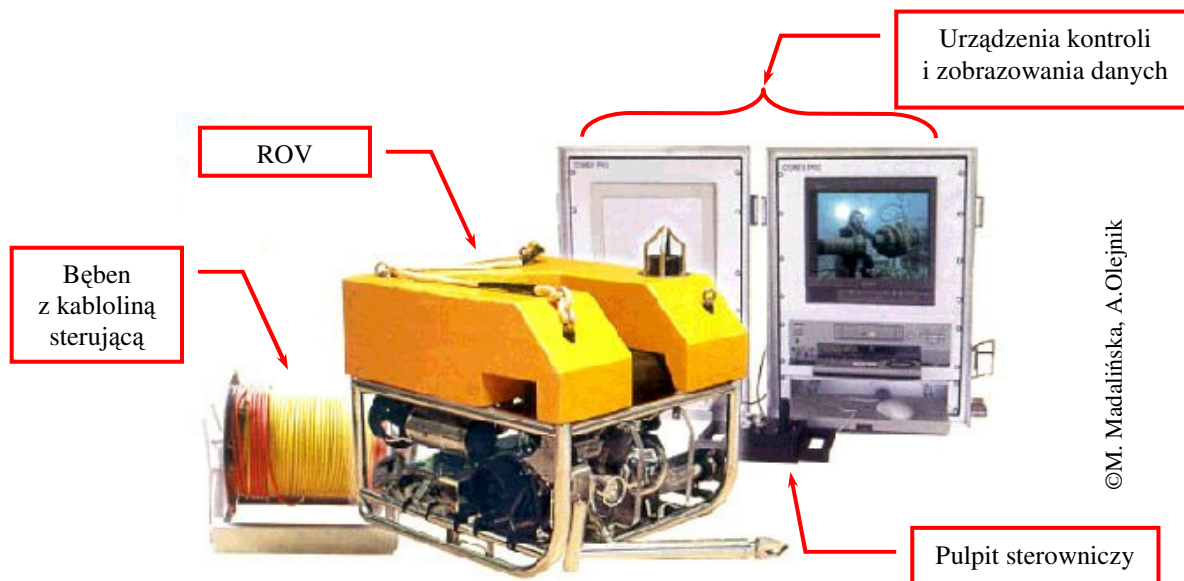
Współczesny sprzęt hydrograficzny daje wiele możliwości badania różnych obiektów podwodnych, pozwala nawet na wczesne wykrywanie wycieków materiałów ropopochodnych ze zbiorników znajdujących się na dnie morskim [5]. Oprogramowanie i oprzyrządowanie wspomagające dzisiejszego hydrografa jest naprawdę imponujące, umożliwi również w fazie postprocesingu na trójwymiarową wizualizację zebranych danych pomiarowych. A jednak mimo tych udogodnień i możliwości technicznych niekiedy stu procentowa identyfikacja zatopionego obiektu wymaga oglądu wizyjnego. Można go obecnie wykonać na kilka sposobów, przy czym najczęściej mogą mieć tu zastosowanie metody hiperbaryczne (z udziałem ekip nurkowych) lub bezzałogowe z wykorzystaniem bezzałogowych pojazdów podwodnych. W przypadku metod

hiperbarycznych zwiad nurkowy przy obiektach posadowionych na głębokościach powyżej 50 mH₂O może być utrudniony. Okazuje się bowiem, że trudną do pokonania barierą jest nie tylko ciśnienie hydrostatyczne ale również człowiek z jego „ułomnościami”. Z tego powodu powietrze, które jest naturalnym czynnikiem oddechowym można stosować w nurkowaniu tylko do głębokości 50 metrów. Prace na większych głębokościach wymagają zastosowania do oddychania gazu o mniejszym ciężarze właściwym i udziale procentowym tlenu innym niż w powietrzu. Co prawda opracowano szereg technologii pozwalających na wykonywanie pracy przez nurków nawet na głębokościach większych niż 300 – 450 metrów, ale są to przedsięwzięcia niezwykle czasochłonne, a przede wszystkim ciągle jeszcze niezmiernie drogie. Stąd też w przypadku prac identyfikacyjnych, gdzie niekiedy jest wymagana bardzo szybka mobilizacja zespołu badawczego a szczególnie na głębokościach powyżej 50 metrów od pewnego czasu znajdują zastosowanie bezzałogowe pojazdy podwodne, najczęściej typu ROV (j. ang.: remotely operated vehicle).

Jest to urządzenie umożliwiające prowadzenie zdalnej obserwacji sytuacji podwodnej w bliskiej strefie jego działania. Zakres zbieranych przez pojazd danych jest ograniczony jedynie parametrami i typem zamontowanego na nim wyposażenia pokładowego. Może ono obejmować między innymi kamerę TV, sonar, mierniki parametrów hydrologicznych wody i inne. Dużą zaletą ROV jest jego stosunkowo wysoka mobilność oraz możliwość długotrwałej pracy na dużych głębokościach, w niekiedy ekstremalnie trudnych warunkach. Z punktu widzenia identyfikacji obiektów podwodnych istotne jest to, że istnieje możliwość prowadzenia zdalnej obserwacji telewizyjnej badanego obiektu w czasie rzeczywistym. Przekaz uzyskiwanych danych realizowany jest poprzez tzw. kablolinę sterującą (kabel uwięzi). Zapewnia ona nie tylko przekazywanie do stanowiska operatorskiego informacji zbieranych przez urządzenia pokładowe ROV-a, ale jest także tym elementem, dzięki któremu przekazywane są polecenia operatora pojazdu (kierowanie ruchem i praca urządzeń pokładowych).

Powyższe zalety wpływają na ogromną użyteczność pojazdów typu ROV powodując, że obecnie jest to grupa najczęściej stosowanych urządzeń tego typu w pracach podwodnych na całym świecie. Między innymi z tych powodów w Akademii Marynarki Wojennej w ramach Zakładu Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych (ZTNiPP) powołano Laboratorium Bezzałogowych Pojazdów Podwodnych. Obecnie jego podstawowym wyposażeniem jest pojazd ROV typu „Super Achille” produkcji francuskiej firmy Comex Pro wraz z systemem nawigacji podwodnej z ultrakrótką bazą typu USBL Scout produkcji brytyjskiej firmy Sonardyne Ltd (Rys. 1). Laboratorium uzyskało akredytację firmy Benhtos Inc. z USA (obecnie Teledyne Benthos) i Comex Pro na serwis i remonty produkowanych przez te firmy pojazdów podwodnych. Ponadto w ramach działalności Laboratorium opracowano technologię remontu pojazdów, metodykę oceny stanu technicznego obiektów podwodnych z zastosowaniem ROV oraz metodykę poszukiwania i identyfikacji obiektów podwodnych z zastosowaniem ROV. Prace te były implementowane w ramach zleceń na usługi badawcze wykonywane na rzecz Marynarki Wojennej RP, Ministerstwa Sprawiedliwości (prace w ramach postępowań przygotowawczych w sprawach karnych np. dla Prokuratur w Olsztynie, Myśliborzu, Warszawie), Przedsiębiorstwa Poszukiwania i Eksploatacji Złóż Ropy i Gazu „Petrobaltic” (ocena stanu technicznego instalacji odwiertu B3-4BRe), Biura Hydrograficznego MW.

W chwili obecnej w Laboratorium prowadzone są prace nad systemem przestrzennego zobrazowania i wymiarowania obiektów podwodnych w czasie rzeczywistym i niskobudżetową konstrukcją małogabarytowych pojazdów typu ROV. W niniejszym artykule zostanie przedstawiona opracowana w ZTNiPP metodyka wizyjnej identyfikacji wraków za pomocą pojazdu typu ROV na przykładzie wraku jednostki „Graf Zeppelin”.



Rys. 1. Pojazd ROV „Super Achille” z podstawowym wyposażeniem

1. WIZYJNA IDENTYFIKACJA WRAKU ZA POMOCĄ POJAZDU TYPU ROV

Wykryte obiekty podwodne, które mogą stanowić niebezpieczeństwo dla nawigacji powinny być niezwłocznie zgłaszane do narodowych służb hydrograficznych [2]. W krajowych warunkach oznacza to, że każdy nowo odkryty obiekt podwodny, który cechuje się powyższymi właściwościami jest zgłaszany do Biura Hydrograficznego Marynarki Wojennej.

W ten sposób w lipcu 2006 roku ORP „Arctowski” otrzymał zadanie zweryfikowania pozycji i wymiarów wykrytego przez statek badawczy „St. Barbara” obiektu podwodnego o znacznych wymiarach. Do udziału w powyższych pracach został włączony zespół pracowników Akademii Marynarki Wojennej z Zakładu Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych z wyposażeniem w postaci pojazdu ROV (Rys. 1). Zadaniem, jakie postawiono przed zespołem było wykonanie zdjęć podwodnych obiektu i dokonanie jego wizyjnej identyfikacji. Zazwyczaj tego typu operację z wykorzystaniem pojazdu wykonuje się w następujących etapach:

- przygotowanie misji pojazdu,
- misja robocza pojazdu,
- przetwarzanie i analiza zebranych danych.

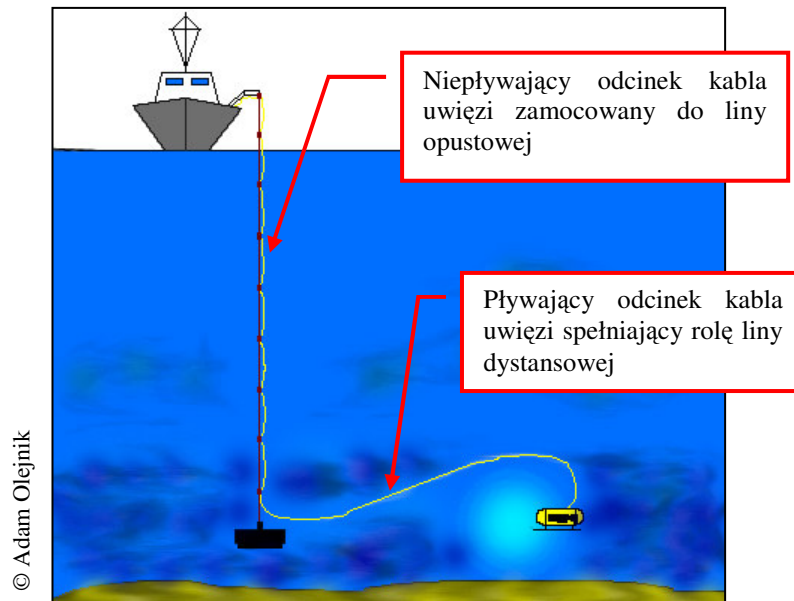
1.1 Przygotowanie misji pojazdu ROV

Ten etap realizuje się jeszcze przed wyjściem w rejon zalegania wraku. Zasadniczo polega on na zgromadzeniu odpowiedniego materiału historycznego obejmującego między innymi zdjęcia, rysunki, przekroje, podstawowe dane techniczne domniemanej jednostki. (np. długość, szerokość, liczba linii wałów, położenie oraz wymiary nadbudówek, masztów i luków ładowni). Ponadto, analizuje się dane uzyskane podczas wcześniejszych pomiarów hydrograficznych.

Na podstawie powyższych materiałów i ich analizy opracowuje się metodę inspekcji wraku (trajektorię pojazdu), która powinna umożliwić zebranie jak największej ilości materiału filmowego zawierającego charakterystyczne elementy konstrukcyjne. Jest to niezwykle ważny element wrakowej operacji ROV, gdyż na podstawie tego materiału będzie dokonywana identyfikacja. Natomiast analiza informacji zebranych podczas pomiarów hydrograficznych umożliwi opracowanie taktyki podejścia pojazdu do wraku oraz wybranie odpowiedniej konfiguracji układu pojazd-kablolina sterująca. Zagadnienia te zostaną dokładniej przedstawione w części dotyczącej misji roboczej pojazdu.

1.2 Misja robocza pojazdu ROV

Roboczą misję pojazdu przygotowujemy na podstawie wszystkich dotychczas zebranych informacji i danych uzyskanych w czasie pomiarów hydrograficznych [6]. W pierwszej kolejności dobieramy konfigurację układu kablolina sterująca-pojazd, a następnie wybieramy metodę dopłynięcia ROV do wraku. Konfiguracja układu kablolina sterująca-pojazd jest uzależniona od głębokości zalegania wraku [3,7]. W przypadku, gdy badany obiekt znajduje się na głębokości w przedziale od 20 do 40 metrów najdogodniej, jako kabla uwięzi, jest zastosować kabel pływający, który nie wymaga trzymowania. Należy jednak pamiętać o tym, by unikać sytuacji, w której pływający kabel uwięzi o znacznej długości swobodnie unosi się w toni wodnej za pojazdem. W takim przypadku operator nie ma wpływu na jego układanie się i z pewnością może to doprowadzić do zaczepienia kabla o konstrukcję wraku lub uszkodzenia kabloliny. Jeśli to wystąpiło można płynąc wzdłuż swojego kabla, dojść do miejsca zaczepienia i tam ocenić sytuację. Czasem wystarcza kilka manewrów by wyswobodzić pojazd. Gdy to zawodzi można pojazd wynurzyć, na ile pozwoli zaczepiony kabel, nad strukturę wraku. Najczęściej w tej sytuacji pętla założona, na przykład na maszt podniesie się nad jego konstrukcję i uwolni pojazd. W ostateczności konieczne jest użycie ekipy nurkowej w celu wyswobodzenia pojazdu. W takim przypadku maksymalnie luzujemy kablinę na bębnie i wynurzamy pojazd na jak najmniejszą głębokość (najlepiej w strefie bezdekompresyjnej). W chwili, gdy nurkowie rozpoczynają zanurzenie należy wyłączyć zasilanie jednostki głębinowej systemu ROV, dzięki czemu nurek może bezpiecznie dopłynąć do pojazdu i odłączyć kablinę sterującą [8]. Kabel można wtedy wyciągnąć nawijając go na bęben. W skrajnym przypadku, gdy kabla nie można wyciągnąć narażamy się na utratę kabloliny ale odzyskujemy pojazd, który jest najdroższym elementem systemu. Na głębokościach większych, z zakresie pomiędzy 40 a 120 metrów dogodnie jest zastosować kombinowany kabel uwięzi, czyli kabel składający się z odcinka pływającego i niepływającego.



Rys. 2. Konfiguracja układu kablolina sterująca – pojazd w zakresie głębokości od 40 do 120 metrów [8]

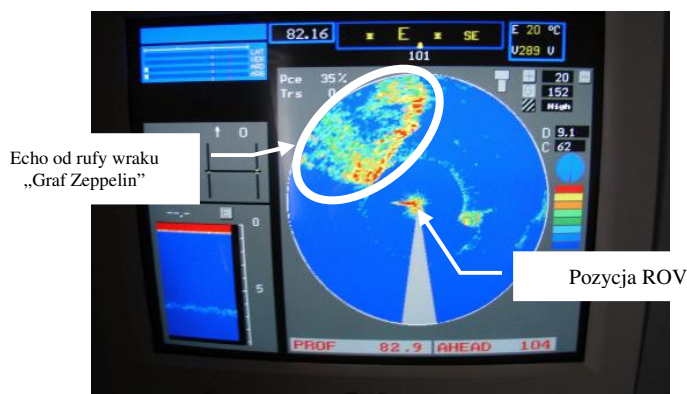
Taki sposób kombinacji kablolina sterująca-pojazd przedstawiono na Rys. 2. Rozwiązanie to przypomina tradycyjną okrężną metodę poszukiwań za pomocą technik nurkowych. Niepływający odcinek kabła biegnący pionowo w dół do poziomu głębokości zalegania wraku mocowany jest do obciążony do liny opustowej, natomiast odcinek pływający spełnia rolę liny dystansowej.

Misję roboczą pojazdu na głębokościach powyżej 120 metrów najbezpieczniej jest realizować z zastosowaniem tzw. garażu podwodnego. Garaż podwodny jest konstrukcją przypominającą metalową klatkę, która posiada bęben kabloliny. Wewnątrz tej klatki pojazd jest bezpiecznie transportowany z pokładu jednostki bazowej (rozumianej jako okręt/stanek z którego pojazd operuje) do poziomu głębokości zalegania wraku. Dopiero tam wypływa z garażu i rozpoczyna swoją misję roboczą, która w pierwszej kolejności polega na bezpiecznym dopłynięciu do wraku. Po wyborze konfiguracji układu kablolina sterująca – pojazd można przystąpić do zanurzenia pojazdu. W tym jednak przypadku, gdy nie ma dostępu do garażu podwodnego zalecane jest wykonanie rozpoznania drogi dojścia ROV do dna. Konieczność jego realizacji wynika między innymi z faktu, że na zobrazowaniu sonarowym, przeważnie nie widać sieci lub lin okalających wrak. Rozpoznanie drogi dojścia do dna w rejonie zalegania lub w otoczeniu badanego obiektu polega na wykorzystaniu opuszczanej pionowo do dna kamery telewizji podwodnej. Chodzi tu o to, że za pomocą kamery uzyskuje się zobrazowanie sytuacji na drodze zanurzenia pojazdu, co umożliwi ocenę ewentualnych niebezpieczeństw mu zagrażających. Nawet, gdy z różnych przyczyn wystąpi uszkodzenie lub utrata kamery to strata będzie nieporównywalnie mniejsza niż uszkodzenia lub utrata pojazdu. Podczas zanurzenia, może bowiem nastąpić kolizja pojazdu z wystającymi elementami konstrukcyjnymi badanego obiektu (maszty, kominy) lub jego unieruchomienie spowodowane zaplątaniem się w pędniki pojazdu sieci, którymi z pewnością wrak będzie otoczony. Szczególnie zalegający w rejonie połowów. Niekiedy brak takiego rozpoznania może być przyczyną wypadku. Właśnie podobna sytuacja nastąpiła podczas identyfikacji wraku statku „Goya”, gdzie wykorzystano małogabarytowy pojazd ROV o nazwie „Gnom” [6]. Na skutek zaplątania

się sieci w jego pędniki, pojazd został całkowicie unieruchomiony. Próba jego uwolnienia za pomocą ekipy nurkowej skończyła się śmiercią nurków.

Rozpoznanie realizuje się po zakotwiczeniu jednostki bazowej. Należy zwrócić uwagę na fakt, że pozycja zakotwiczenia jednostki bazowej jest zazwyczaj kompromisem pomiędzy jej bezpieczeństwem, a możliwościami operacyjnymi pojazdu podwodnego. Bardzo rzadko się bowiem zdarza, by dowódca statku, z którego operuje pojazd zgodził się zakotwiczyć bezpośrednio nad wrakiem. W tej sytuacji mając na uwadze przede wszystkim bezpieczeństwo statku należy pozycję zakotwiczenia wybrać tak, aby możliwe było dopłynięcie pojazdu do badanego obiektu z przeciwnego kierunku niż patrzą jego maszty lub kominy. Po wykonaniu rozpoznania drogi zanurzenia pojazdu można przystąpić do pracy. W chwili gdy pojazd znajduje się na dnie należy w odpowiedni sposób doprowadzić go do badanego obiektu. Sposób dojścia pojazdu do badanego obiektu jest uzależniony od jego wyposażenia pokładowego oraz możliwości wykorzystania systemów naprowadzania pojazdu na wrak. Dochodzenie do wraku po tzw. owalnym polu szczątków w przypadku Morza Bałtyckiego niestety nie jest do zastosowania, gdyż zjawisko to występuje na znacznie większych głębokościach niż spotykane na tym akwenu [1, 8]. Owalne pole szczątków tworzy się podczas tonięcia jednostki, gdy ciężkie elementy konstrukcyjne spadają niemal pionowo, a lżejsze unoszone przez podwodne prądy spadając wolniej i na skutek dużej odległości do dna rozrzucone są na znacznych jego połaciach. W warunkach Morza Bałtyckiego można spotkać niewielkie pola szczątków w otoczeniu wraku lub charakterystyczne pofałdowania materiału dennego powstałe na skutek uderzenia tonącej jednostki o dno [5]. Wynika to ze stosunkowo niewielkiej (średnio) głębokości akwenu, gdzie w niektórych przypadkach tonąca jednostka jest dłuższa niż głębokość, na której tonie.

W przypadku najprostszej konfiguracji systemu ROV do wraku dochodzimy posiłkując się wskazaniem sonaru pokładowego zamontowanego na pojeździe.



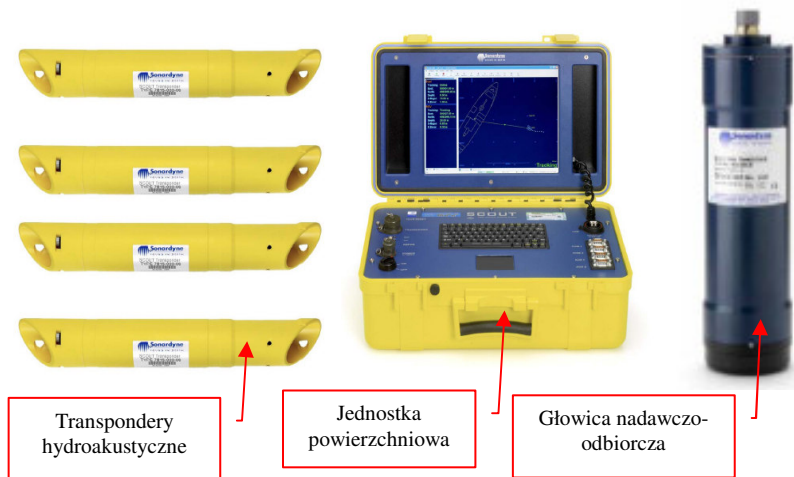
Rys. 3. Jeden z pulpitu obsługi ROV podczas pracy, ekran sonaru. Wyraźnie widać echo od rufy badanego obiektu podwodnego i usytuowanie pojazdu względem niego (fot. S. Lipiński)

Wówczas zanurzając pojazd, zatrzymujemy go w odległości około 1,5 metra od powierzchni dna i wykonujemy przegląd sytuacji sonarowej dookoła pojazdu (Rys. 3). Jeśli jest on wyposażony w sonar dookólny to zadanie jest ułatwione. W takim bowiem przypadku sonar zobrazuje sytuację w otoczeniu pojazdu w promieniu 360°. Po określeniu najsilniejszego i największego echa na sonarze otrzymujemy informację o kursie i odległości wraku od aktualnej pozycji pojazdu. Gdy ROV nie posiada takiego sonaru, konieczne staje się wykonanie wycinkowego skanowania akwenu w celu uzyskania takich informacji. W tym przypadku, utrzymując pojazd na jednej pozycji, należy obracać go o 90° i analizować ekran sonaru. Dużym ułatwieniem w

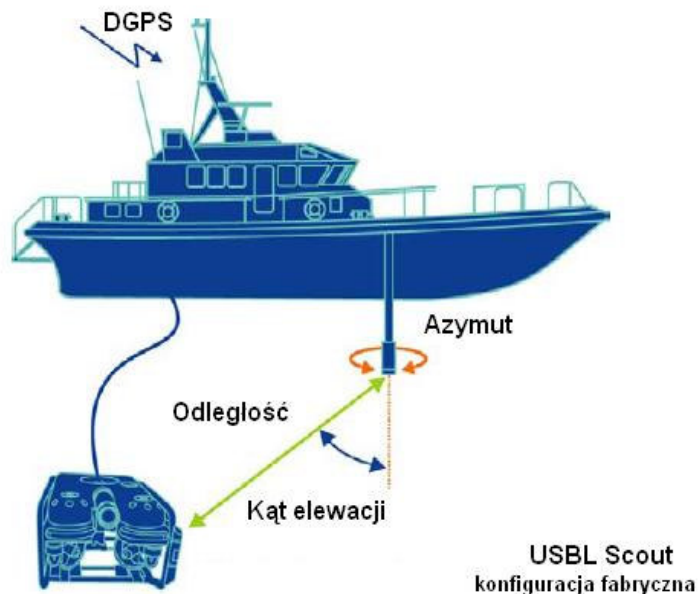
naprowadzaniu pojazdu na wrak jest zastosowanie systemu nawigacji podwodnej. Idea zastosowania takiego systemu polega na wykorzystaniu informacji o pozycji zalegania wraku i danych o aktualnym położeniu podwodnym ROV uzyskanych za pomocą tego systemu. System nawigacji podwodnej działa w oparciu o sieć transponderów akustycznych. W zależności od miejsca usytuowania i odległości pomiędzy powyższymi transponderami rozróżnia się trzy rodzaje systemów:

- z długą linią bazy (LBL – j. ang. Long Base Line),
- z krótką linią bazy (SBL – j. ang. Short Base Line),
- z ultrakrótką linią bazy (USBL – j. ang. Ultra Short Base Line).

W przypadku ZTNiPP zastosowanie znajduje system USBL typu Scout, jego podstawowe elementy przedstawiono na rysunku poniżej

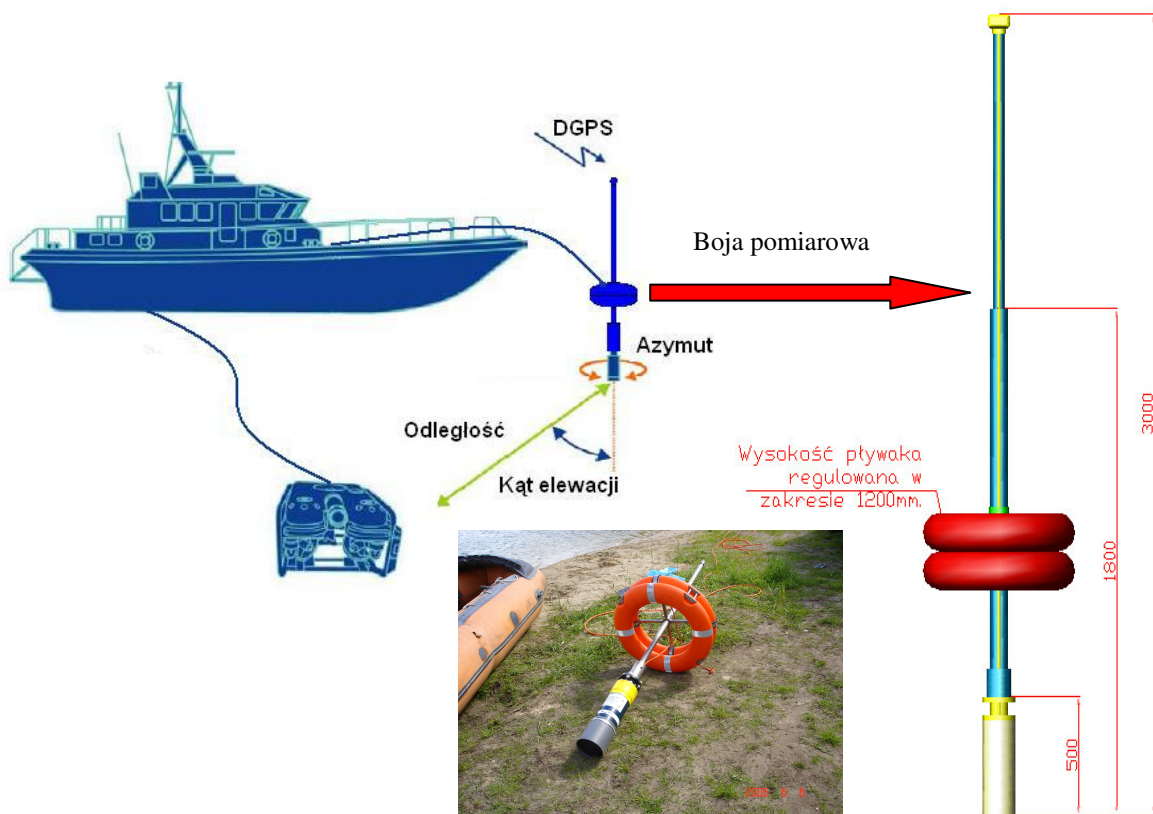


Rys. 4. Fabryczne uкомплекowanie systemu USBL Scout



Rys. 5. Zasada działania systemu USBL [11]

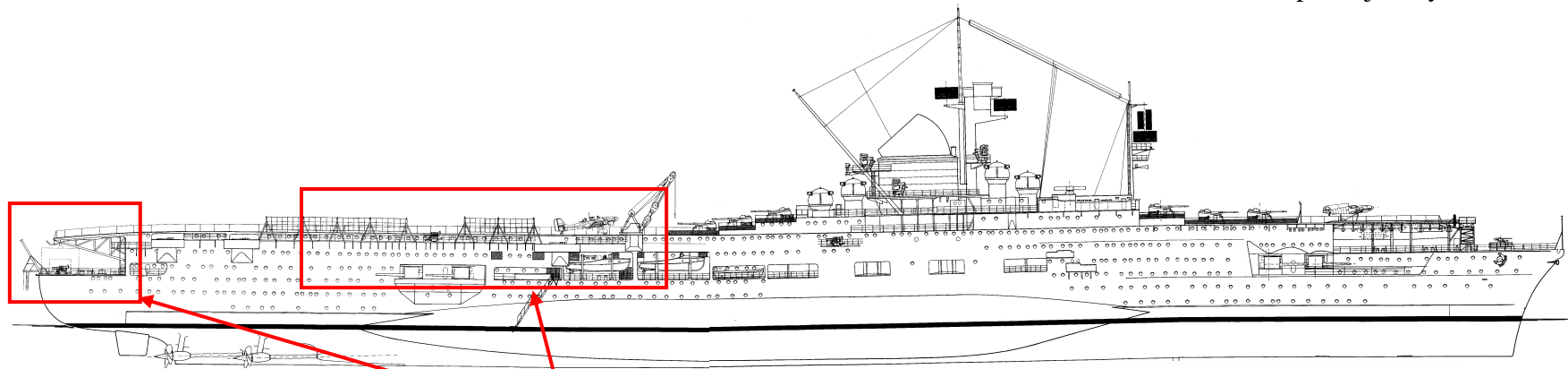
System USBL działa w oparciu o transponder hydroakustyczny zamontowany na ROV i głowicę zawierającą szereg urządzeń nadawczo-odbiorczych. Pozycja pojazdu jest określana na podstawie serii pomiarów polegających na wyznaczeniu odległości pomiędzy głowicą a transponderem. Przetwornik zamontowany na ROV wysyła sygnał do głowicy, która między innymi mierzy czas od chwili nadania sygnału do momentu odebrania sygnału zwrotnego. Na podstawie pomiaru czasu i znanej prędkości dźwięku określana jest odległość od danego transpondera. Zbiórce wyniki serii takich pomiarów w powiązaniu z znaną z odbiornika DGPS pozycją geograficzną głowicy nadawczo-odbiorczej, jako pozycja pojazdu wyświetlane są na ekranie monitora systemu nawigacji podwodnej (Rys. 4, Rys. 5). Ponieważ ZTNiPP operuje z różnych jednostek bazowych, czasem także i na akwenie śródlądowych, aby w pełni wykorzystać możliwości posiadanego systemu USBL, konieczne było opracowanie i wykonanie rozwiązania pozwalającego na uniezależnienie się zespołu badawczego od konkretnej jednostki pływającej. W tym celu zbudowano specjalną boję pomiarową (Rys. 6). Boja składa się z masztu i pływaków wypornościowych. Na jej części podwodnej montowana jest głowica nadawczo-odbiorcza systemu USBL Scout, na topie masztu znajduje się odbiornik DGPS określający współrzędne geograficzne posadowienia boji. Montaż odbiornika DGPS i głowicy USBL Scout na jednym maszcie (w jednej osi) niweluje konieczność mierzenia i wprowadzania do pamięci systemu USBL odległości i wzajemnego usytuowania tych urządzeń.



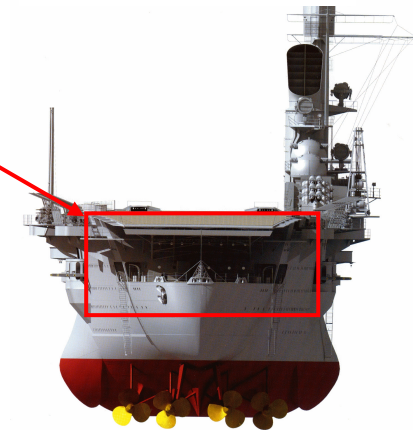
Rys. 6. Konfiguracja systemu USBL Scout opracowana w ZTNiPP z zastosowaniem boji pomiarowej

Ostatnim elementem misji roboczej pojazdu jest przejście po zaplanowanej trajektorii w obrębie struktury wraku. Za każdym razem przejście należy rozpoczynać od strony burty wraku i z poziomu dna. W ten sposób unika się ewentualnych uszkodzeń mogących powstać na skutek kolizji ze strukturą wraku. Po pierwsze ze względu na małą przestrzeń zobrazowaną przez kamerę zamontowaną na pojeździe a po drugie ze względu na nieznajomość struktury wraku. Albowiem w przypadku prac identyfikacyjnych mamy do czynienia z sytuacją, w której jest to pierwsza, niekiedy od dziesiątek lat obecność w tym miejscu urządzenia umożliwiającego ogląd wraku w paśmie widzialnym. Tak, więc zwiad należy zacząć z poziomu dna, wynurzając następnie pojazd przy burcie do wysokości pokładu głównego i tam przemieszczać go równolegle wzdłuż burty poszukując charakterystycznych elementów konstrukcyjnych. Trajektorią przejścia nad wrakiem powinna zapewnić zebranie jak najbardziej reprezentatywnego materiału filmowego na podstawie, którego dokonana zostanie weryfikacja wraku. Każdy zarejestrowany szczegół (kształt nadbudówki, rozmieszczenie i ilość bulajów, ilość żurawików, położenie i wielkość ładowni, usytuowanie lamp nawigacyjnych, ilość linii wałów, łożysk wspornikowych itp.) przyczyni się do wzrostu jej prawdopodobieństwa. Idealnym rozwiązaniem jest odczytanie nazwy statku na burcie lub rufie. To jednak zdarza się nie często i dotyczy raczej wraków zalęgających na dnie stosunkowo krótko. W przypadku obiektów starszych jest to bardzo problematyczne ze względu na znaczny porost kadłuba. W przypadku identyfikacji wraku lotniskowca „Graf Zeppelin” wykonano szereg zanurzeń pojazdu z pokładu ORP „Arctowski” na głębokość około 90 metrów. Podczas tych zanurzeń pojazd pokonał trajektorię pokazaną na Rys. 7. W rezultacie uzyskano około 3,5 godziny materiału filmowego, który następnie posłużył do analizy porównawczej z materiałem historycznym. Na kolejnym rysunku przedstawiono wybrane klatki zdjęciowe wyodrębnione z powyższego materiału wideo.

„Graf Zeppelin”
widok z prawej burty

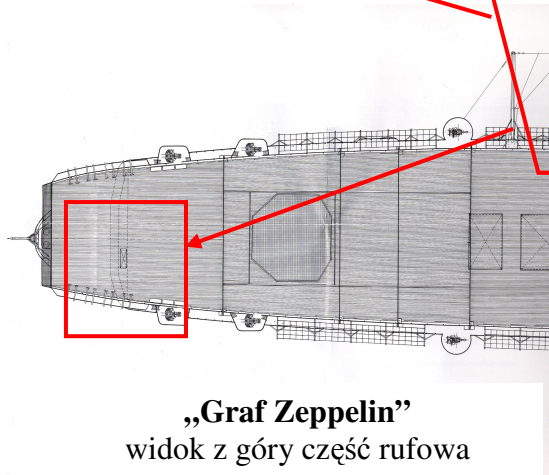


„Graf Zeppelin”
widok z od strony rufy

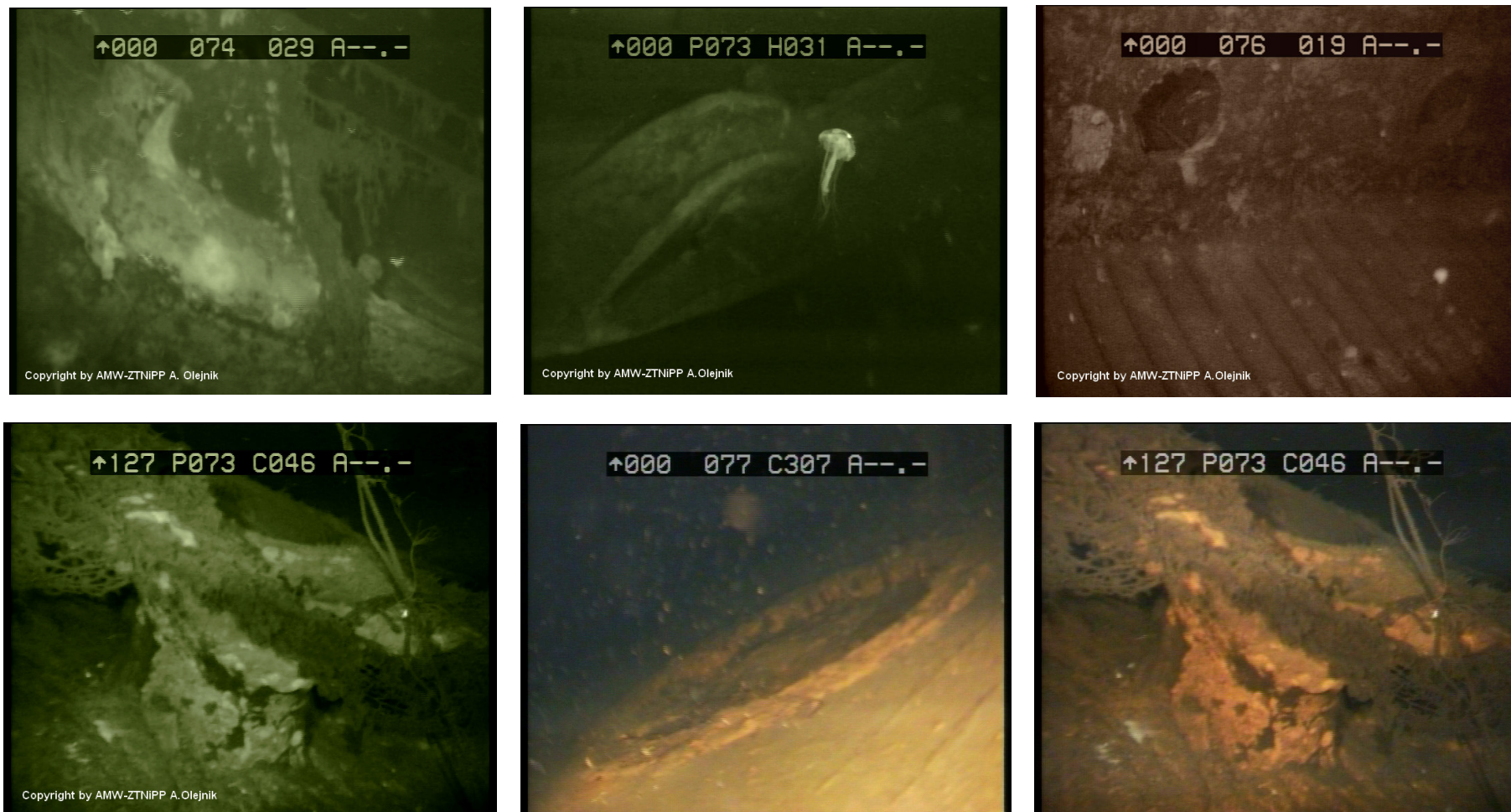


Rejony wraku sfilmowane
za pomocą kamery TV
zamontowanej na ROV
w dniu 26.07.2006 roku

„Graf Zeppelin”
widok z góry część rufowa



Rys. 7. Trajektoria pojazdu ROV podczas identyfikacji wraku „Graf Zeppelin” [4, 9]

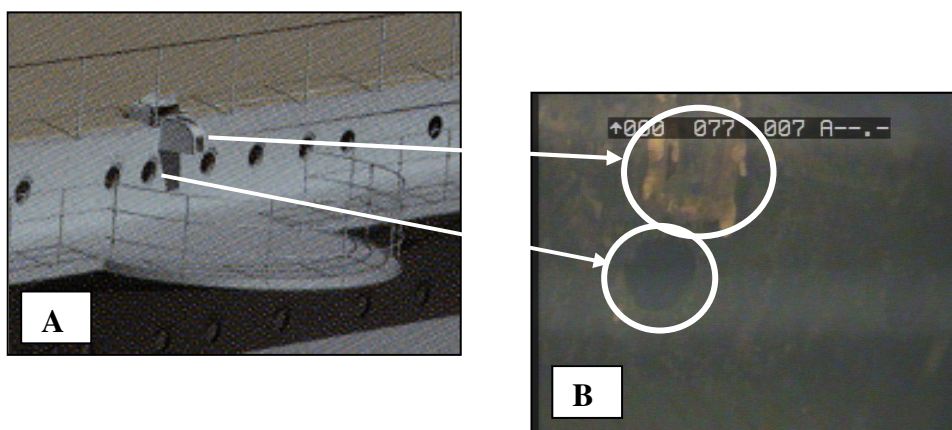


Rys. 8. Wybrany materiał zdjęciowy przedstawiający wrak jednostki „Graf Zeppelin” uzyskany za pomocą pojazdu ROV [badania własne]

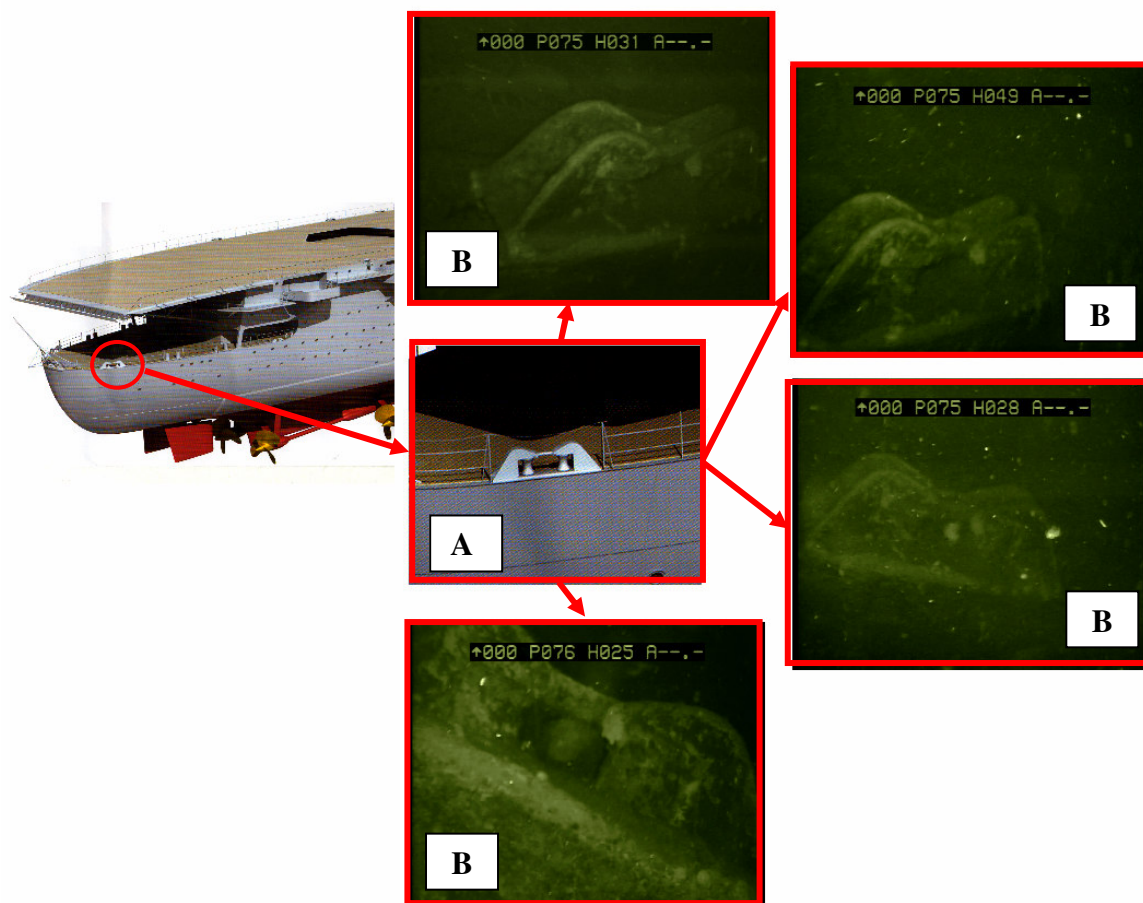
1.3 Przetwarzanie i analiza zebranych informacji

Po zakończeniu misji roboczej pojazdu możemy przystąpić do przetwarzania i analizy zebranych informacji. Jest to tzw. etap postprocesingu, w którym wykorzystujemy wszystkie dotychczas zebrane informacje dotyczące zlokalizowanego obiektu i porównujemy je z materiałem archiwalnym. Najlepiej w tym przypadku posłużyć się odpowiednim oprogramowaniem komputerowym umożliwiającym wyodrębnianie klatek filmowych i ich cyfrową obróbkę. Jeśli podczas misji roboczej nie dokonaliśmy zapisu cyfrowego obrazu z kamery TV zamontowanej na pojeździe, to należy w pierwszej kolejności dokonać jego przeniesienia na nośnik cyfrowy. Następnie cały materiał przeglądamy klatka po klatce poszukując ujęć, które można porównać z materiałem archiwalnym. Odnalezioną w ten sposób klatkę wyodrębniamy jako plik zdjęciowy, powiększamy i porównujemy z powiększonym fragmentem zdjęcia lub rysunku jednostki przed zatopieniem. W przypadku wraku „Graf Zeppelin” jako materiał porównawczy wykorzystano cykliczną publikację wydawnictwa AJ-Press z Gdańska pt. „Encyklopedia okrętów wojennych” tom 42 poświęconą tej jednostce autorstwa S. Breyer i zawierającą szereg szczegółowych rysunków oraz wizualizacji 3D konstrukcji okrętu. Autorami rysunków byli S. Breyer, J. Jackiewicz, K. Kania, M. Skwiot oraz K. Żurek [4]. Rysunki wykonano na podstawie planów stocznioowych oraz zdjęć i innych dokumentów historycznych dotyczących jednostki „Graf Zeppelin”.

Dysponując takim materiałem porównawczym identyfikacja jednostki odbywa się na drodze określania zgodności wyodrębnionych klatek zdjęciowych z materiałem przedstawiającym ją przed zatopieniem. Im więcej takich szczegółów uda się dopasować tym prawdopodobieństwo identyfikacji wraku jest większe. Łączna analiza powyżej wymienionych rysunków, zdjęć i filmu z uwzględnieniem kolejności filmowanych fragmentów wraku oraz logicznego następowania po sobie fragmentów zgodnych z materiałem źródłowym pozwala na stwierdzenie, iż z dużą dozą prawdopodobieństwa filmowany w dniu 26 lipca 2006 roku wrak jest niemieckim lotniskowcem „Graf Zeppelin”. Na rysunkach poniżej przedstawiono wybrane fragmenty z dokumentu „Analiza materiału zdjęciowego uzyskanego za pomocą ROV podczas inspekcji obiektu podwodnego „Graf Zeppelin” wykonanego dla Biura Hydrograficznego MW jako sprawozdanie z przebiegu realizowanych prac identyfikacyjnych.



Rys. 9. Porównanie materiału uzyskanego za pomocą pojazdu typu ROV (B) z materiałem zamieszczonym w publikacji S. Breyer'a (A). Widać wyraźną zgodność w stosunków do dwóch elementów konstrukcyjnych w odniesieniu do kształtu i wzajemnego usytuowania. [4,9]



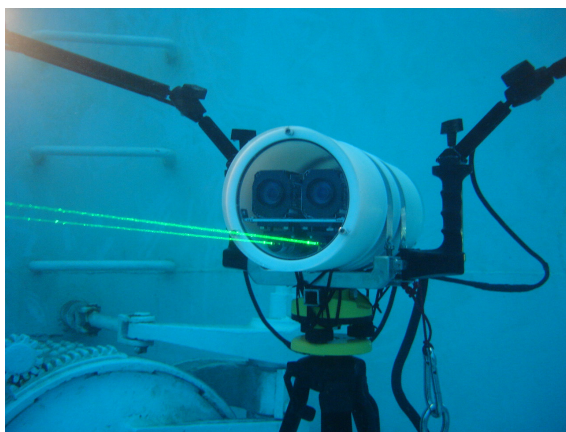
Rys. 10. Porównanie materiału uzyskanego za pomocą pojazdu typu ROV (B) z materiałem zamieszczonym w publikacji S. Breyer'a (A) [4,9]

2. PODSUMOWANIE

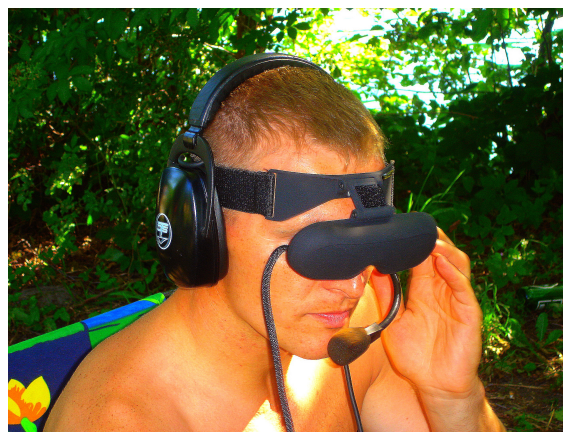
Przedstawiona powyżej metoda wizyjnej identyfikacji obiektów podwodnych powstała w wyniku realizacji różnych zleceń na usługi badawcze. Podczas jej opracowywania wykorzystano doświadczenia własne oraz informacje pozyskane w toku różnych szkoleń z zakresu nawigacji podwodnej (Sonardyne Sea Trials Center, Plymouth, Wielka Brytania), zastosowania pojazdów bezzałogowych w technologiach prac podwodnych (Lerici International Winter School on Marine Technologies, Lerici, Włochy) oraz eksploatacji pojazdów typu ROV (Comex Pro, Marsylia, Francja). Metoda została pozytywnie zweryfikowana podczas prac poszukiwawczo – identyfikacyjnych realizowanych na zlecenie Szefostwa Ratownictwa Morskiego MW RP (poszukiwania Su-22, Morze Bałtyckie), identyfikacji wraków jednostek „Fryderyk Engels”, „Steuben”, „Graf Zeppelin” (zleceniodawca: Biuro Hydrograficzne MW) oraz prac na akwenach śródlądowych, na przykład poszukiwania ciała nurka w Jeziorze Ciecz (zleceniodawca: Komenda Powiatowa PSP Świebodzin). Na uwagę zasługuje fakt, że na przykład podczas identyfikacji wraku „Steuben” prace powyższe realizowano już po rzekomym odkryciu wraku przez ekipę National Geographic operującą z niemieckiej jednostki

„Fritz Reuter”. Jednak wskazane przez nich cechy wraku oraz stan techniczny dobitnie wskazują na inny obiekt. Po pewnym czasie National Geographic przyznało ostatecznie pierwszeństwo odkrycia wraku „Steuben” Marynarce Wojennej RP, a szczególnie Dywizjonowi Zabezpieczenia Hydrograficznego MW (dZH MW), który realizował całość prac hydrograficznych¹ [10,12]. Akademia Marynarki Wojennej (a dokładnie Zakład Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych) w powyższym zakresie była odpowiedzialna tylko za niewielki wycinek prac związany z wizyjną identyfikacją za pomocą ROV. Powyższa współpraca i sposób realizacji prac identyfikacyjnych pozwolił na zebranie doświadczeń w wyniku, których należy stwierdzić, że w powiązaniu z szerokim wachlarzem współczesnych metod hydrograficznych proponowany sposób postępowania umożliwia dokonanie pełnej identyfikacji obiektu podwodnego bez udziału ekipy nurkowej.

Praktycznie zakres głębokości stosowania powyższej metody jest ograniczony jedynie długością kabloliny sterującej pojazdu. Oczywiście metoda nie jest w pełni doskonała, posiada swoje mankamenty. Nie umożliwia na przykład wymiarowania sfilmowanych obiektów i porównania tych wymiarów z danymi historycznymi, co powodowałoby bardziej jednoznaczna identyfikację. Ten mankament związany jest z zastosowaniem powszechnego standardu TV, czyli zobrazowania jednoobrazowego. Taki sposób zobrazowania powoduje utratę perspektywy obrazu i brak możliwości oceny bryłowości i wzajemnego rozmieszczenia przestrzennego obserwowanych obiektów. Z powyższych powodów od pewnego czasu w Laboratorium Pojazdów Bezzałogowych ZTNiPP trwają prace nad systemem stereoskopowego zobrazowania obiektów podwodnych w czasie rzeczywistym, który jednocześnie pozwalałby na wymiarowanie i skalowanie badanych obiektów za pomocą metod fotogrametrycznych wspomaganym komputerowo. Efekt zdalnego postrzegania przestrzennego w czasie rzeczywistym uzyskano na drodze zastosowania dwukamerowego systemu akwizycji obrazu i specjalnych gogli z ekranami ciekłokrystalicznymi (Rys. 11) [13].



A



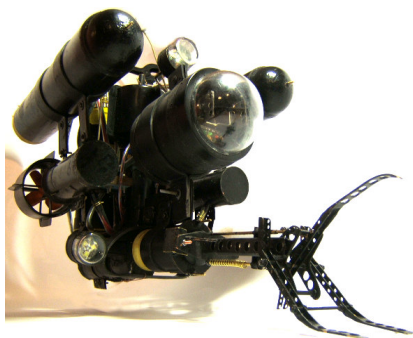
B

Rys. 11. System przestrzennego zobrazowania obiektów podwodnych

A – część podwodna systemu podczas prób basenowych, dwukamerowy układ akwizycji obrazu w jakości DVD, podsystem laserowy do nakładania na kadr punktów tłowych służących do jego skalowania i wymiarowania, B – element części powierzchniowej systemu – podsystem zobrazowania nagłownego, operator na specjalne gogle otrzymuje nieskompresowany obraz z dwóch kamer na każde oko oddzielnie [13]

¹ Odkrycie przez ORP „Arctowski”, weryfikacja przez ORP „Heweliusz” (obie jednostki z dZH MW)

Obecnie zbudowano prototyp, który jest w fazie badań wstępnych. Dalsze prace będą przebiegać w kierunku doskonalenia powyższego rozwiązania i ustalenia jego parametrów metrologicznych. Docelowo ma być to system wizyjny montowany na podjeździe typu ROV, którego założenia konstrukcyjne zostały już opracowane. Ponadto wykonano model demonstracyjny pojazdu i przeprowadzono jego wstępne badania na głębokościach do 16 metrów w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych (Rys. 12, Rys. 13).



Rys. 12. Opracowana i zbudowana konstrukcja pojazdu mini ROV „Gammarus”



Rys. 13. Mini ROV „Gammarus” w położeniu podwodnym.

PODZIĘKOWANIA

Autor dziękuje wydawnictwu AJ-Press z Gdańska za zgodę na wykorzystanie rysunków jednostki „Graf Zeppelin” zamieszczonych w publikacji **Siegfried Breyer pt.: „Graf Zeppelin” ISBN 83-7237-156-3; Gdańsk 2004 rok** Wydanej w cyklu „Encyklopedia Okrętów Wojennych” Tom 42. Ponadto autor dziękuje załogom OORP „Heweliusz”² i „Arctowski”³ za współpracę i pomoc przy realizacji badań.

LITERATURA

1. Ballard R. D. „Poszukiwania” ISBN 83-11-09047-5 Wyd. Bellona Warszawa 2000 rok,
2. Beczek D. Grządziel A., Banaszak M., Kłosiński A., Olejnik A. „Badanie wraku lotniskowca „Graf Zeppelin” przy użyciu współczesnych hydroakustycznych i wizyjnych środków hydrograficznych” str. 20 – 27, rys. 7, tabl. 1; Materiały konferencyjne XV-th International Scientific and Technical Conference „The Role of Navigation in Support of Human Activity on the Sea” AMW Gdynia 2006 rok
3. Bell Ch., Bayliss M., Warburton R. „Handbook for ROV pilot/technicians” ISBN 1-870945-85-9 Oilfield Publications Inc. USA 2006 rok,
4. Breyer S. „Graf Zeppelin” Encyklopedia Okrętów Wojennych (42) ISBN 83 – 7237 – 156 - 3 Wyd. AJ – Press Gdańsk 2004 rok,

² Dowódca kmdr ppor. Marek Czarnecki (w latach 2002 – 2007), obecnie kmdr ppor. Grzegorz Kokosiński

³ Dowódca kmdr ppor. Dariusz Beczek (w latach 2003 – 2007), obecnie kmdr ppor. Artur Grządziel

5. Dyrz Cz., Grabiec D., Olejnik A.: „Identyfikacja wraku „Engels” – przykładem wykorzystania możliwości współczesnego hydrograficznego sprzętu pomiarowego do badania wraków i zanieczyszczeń na morzu” Konferencja Morska „Aspekty bezpieczeństwa nawodnego i podwodnego oraz lotów nad morzem”; str. 51- 56, rys.7, tab. 1; Gdynia 2004 rok,
6. Grabiec D., Olejnik A. „Poszukiwanie i identyfikacja obiektów podwodnych” w: „Wraki Bałtyku – poradnik dla nurków”, str.81 – 105; rys. 44, tab. 1; ISBN 83-920563-1-0 praca zbiorowa pod red. St. Poleszak Wyd. Książki Nurkowe Gdynia 2005 rok,
7. Last G., Williams P. „An introduction to ROV operations” ISBN 1-870945-23-9 Oilfield Publications Inc. USA 2006 r.,
8. Olejnik A. „Metodyka poszukiwania zatopionych obiektów w warunkach morskich i śródlądowych z zastosowaniem pojazdów bezzałogowych”, str.23 – 40, rys. 20, tab. 0 Polish Hyperbaric Research ISSN 1734-7009 Nr 2 (XX) 2005 rok
9. Olejnik A. „Analiza materiału zdjęciowego uzyskanego za pomocą ROV podczas inspekcji obiektu podwodnego „Graf Zeppelin” AMW Gdynia 2006 rok,
10. Pomian I. „Sensacja w głębinach Bałtyku” National Geographic” ISSN 1507-5966 Nr 7 (2004)
11. Praca zbiorowa „USBL Scout - Operation manual” Sonardyne Ltd. WB 2005 rok
12. Praca zbiorowa: „Steuben. Ostatnie wielkie odkrycie na Bałtyku?”; str.14 - 21 Magazyn Nurkowanie Nr 8 (2004) ISSN 1425-3100,
13. Praca zbiorowa pod red A.Olejnik „System przestrzennego zobrazowania obiektów podwodnych. Etap II. Budowa i badania systemu” Praca statutowa pk. „Narval” Akademia Marynarki Wojennej Gdynia 2006 rok

Recenzent: *kmdr dr hab. inż. Ryszard Kłos*

Autor: *kmdr por. dr inż. Adam Olejnik*

*Akademia Marynarki Wojennej
im. Bohaterów Westerplatte
81 - 103 Gdynia 3 ul. Śmidowicza 69
Zakład Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych
tel. +58 626 27 46
e-mail: aolej@wp.pl*