

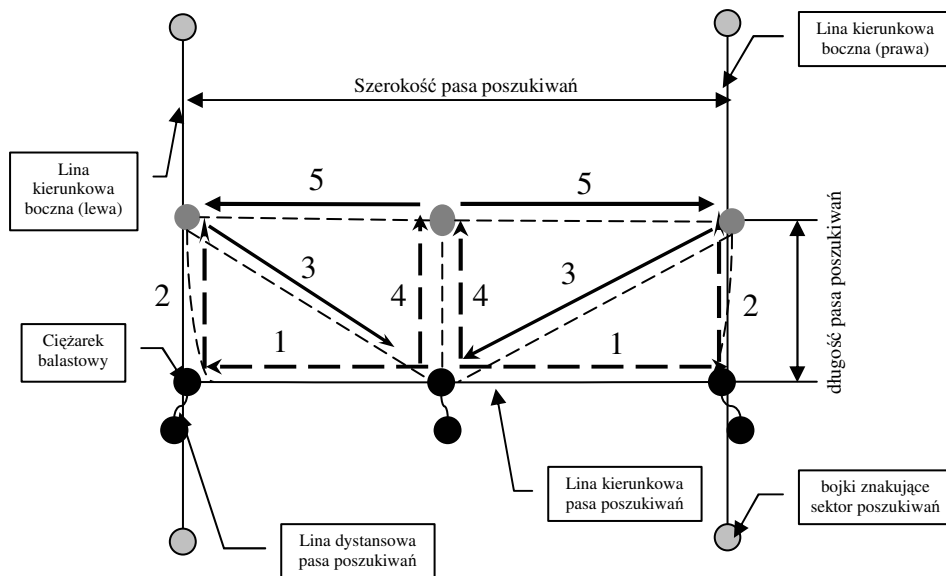
A. Olejnik

METODYKA POSZUKIWANIA ZATOPIONYCH OBIEKTÓW W WARUNKACH MORSKICH I ŚRÓDLĄDOWYCH Z ZASTOSOWANIEM POJAZDÓW BEZZAŁOGOWYCH

W referacie przedstawiono rys historyczny rozwoju technologii UUV oraz problematykę realizacji poszukiwań zatopionych obiektów w warunkach morskich i śródlądowych z wykorzystaniem systemów bezzałogowych. Autor głównie przedstawia zagadnienia związane z wykorzystaniem bezzałogowych zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych.

WSTĘP

Jednym z istotnych elementów ratownictwa wodno-nurkowego są podwodne prace poszukiwawcze. Przyczyny ich podejmowania mogą być różne – od wypadków nurkowych po zatopienie obiektów w celu ukrycia efektów działalności przestępczej. W trakcie ich realizacji, osoby odpowiedzialne za ich przebieg spotykają się z wieloma problemami i trudnościami związanymi z aspektami technicznymi oraz czynnikami ludzkimi, które mają wpływ na efektywność realizowanych przedsięwzięć. W zależności od dostępnych sił i środków działania te mogą być realizowane na wiele sposobów. Tradycyjnie wykorzystywana jest ekipa, która wykonuje zwiad nurkowy w wyznaczonym rejonie. W tym przypadku można wykorzystać jedną z kilku metod poszukiwania, która zazwyczaj wymaga dużego nakładu czasu i pracy (rys. 1).



rys. 1. Wahadłowa metoda poszukiwań z wykorzystaniem pary nurków. Cyframi zaznaczono kolejność przejścia poszczególnych nurków przez pas poszukiwań.

Należy jednak pamiętać o tym, że najczęściej w akwenach krajowych charakteryzujących się stosunkowo małą przezroczystością wód oraz dużym

zamuleniem w strefie dennej, nurek odnajdzie obiekt podwodny tylko wtedy, gdy go zobaczy lub dotknie. Panujące warunki hydrologiczne powodują, że nurek bez widocznych linii orientacyjnych (lin kierunkowych – rys. 1) może mieć problemy z ustaleniem miejsca, w którym już był, co w konsekwencji może doprowadzić do powstania tzw. przepustów (obszarów niesprawdzonych) i niejednoznaczności w odpowiedzi na pytanie: *czy dany rejon już został całkowicie przeszukany?*

Na działania nurka prowadzącego zwiad będzie również działać szereg innych czynników dodatkowo utrudniających jego pracę. Jednym z nich jest głębokość akwenu gdzie realizowane są poszukiwania. Działania poza strefą bezdekompresyjną powodują istotne skrócenie czasu efektywnego pobytu nurków na głębokości pracy. Innym elementem mającym wpływ na skuteczność podejmowanych działań jest pora roku, szczególnie okres jesienno-zimowy, w którym nurkowie narażeni są na działanie niekorzystnych warunków hydrometeorologicznych. A dodatkowo, prowadzenie działań z pokrywy lodowej znacznie ogranicza zdolności penetracyjne grupy nurkowej. W związku z powyższym można postawić pytanie: *w jaki sposób podnieść efektywność podwodnych prac poszukiwawczych?* Odpowiedź na tak postawione pytanie nie jest zbyt skomplikowana, należy oprócz zachowania wysokiego poziomu szkolenia personelu nurkowego i zabezpieczającego zastosować odpowiednie środki techniczne. Albowiem postęp techniczny, jaki można zaobserwować w rozwoju systemów wspomagających realizację prac podwodnych, pozwala dziś na zastosowanie szerokiej gamy urządzeń, dzięki którym całkowitej zmianie ulega metodyka poszukiwania zatopionych obiektów. Urządzenia te występują pod wspólną nazwą bezzałogowego systemu do poszukiwań podwodnych. Jednym z jego elementów jest bezzałogowy pojazd podwodny UUV (unmanned underwater vehicle). Idea zastosowania tego typu pojazdu w pracach poszukiwawczych polega na zebraniu możliwie jak największej ilości informacji na temat sytuacji podwodnej, zanim do wody zejdzie pierwszy nurek.

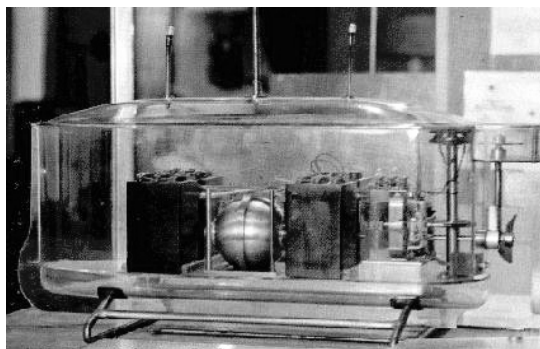
Profesor William Beeb¹ twierdził, że *„[...] gdy nas coś nie przestaje poważnie interesować, gdy niepokojące zaciekawienie prowadzi do poznania, a z kolei poznanie do całkowitego zajęcia się pewnymi zjawiskami naszego małego globu – wtedy, wcześniej czy później, musimy poznać i rozwój tego zagadnienia.”*, dlatego omawianie problematyki wykorzystania bezzałogowych pojazdów podwodnych w pracach poszukiwawczych, zaczniemy od historii tych urządzeń.

1. RYS HISTORYCZNY ROZWOJU KONSTRUKCJI UUV.

Pomysł zbudowania tego typu urządzeń ma długą historię, sięgającą aż do roku 1896, kiedy to amerykański uczonego chorwackiego pochodzenia Nikola Tesla² (1856 – 1943) opatentował zanurzalny zdalnie sterowany statek morski (rys. 2).

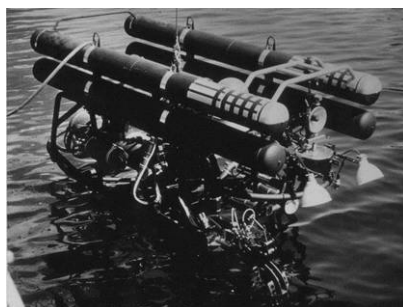
¹ prof. William Beeb w latach 30-tych XX w. jako pierwszy człowiek zanurzył się w skonstruowanej przez O. Bartona batysferze na głębokość 923 metry – „923 metry w głąb oceanu” wyd. Trzaska, Ewert i Michalski SA, Karków 1936 rok.

² Urząd patentowy USA posiada 1200 patentów zarejestrowanych na imię Nikolaja Tesli, sam uczonego już za życia wzbudzał wiele kontrowersji. Na przykład nie znosił kobiet noszących perły, w hotelach unikał pokoi i pięter, których numery dzieliły się przez trzy a w restauracjach domagał się dużej liczby serwetek, którymi sam polerował sztucce. Uważał też, że odebrał sygnały radiowe z innej planety. W 1912 roku razem z Edisonem został laureatem Nagrody Nobla, przy czym w rezultacie kłótni pomiędzy nagrodzonymi uczonymi, żaden z nich nie został wyróżniony tą prestiżową nagrodą. [na podst.: www.wynalzaki.mt.com.pl].



rys. 2. Model zdalnie sterowanego (sygnałem radiowym) statku morskiego N. Tesli z roku 1896. [www.wynalazki.mt.com – 05.2005]

Jednak przez szereg lat wizja pojazdu podwodnego, którą posiadali uczeni daleko wykraczała poza możliwości technologii pozwalającej na ich zbudowanie i praktyczne zastosowanie. Dopiero w drugiej połowie XX wieku pojawiły się konstrukcje spełniające oczekiwania użytkowników. Pracę nad tego typu urządzeniami realizowano w pierwszej połowie lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Oczywiście miały one tajny charakter i były wykonywane dla potrzeb armii w Laboratorium Rozwoju Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych. Po raz pierwszy technologia wyszła z cienia tajemnicy wojskowej w dramatycznych okolicznościach. W 1966 roku amerykańskie siły powietrzne utraciły kontrolę nad czterema bombami wodorowymi niedaleko miejscowości Palomares w Hiszpanii³. Tego wydarzenia nie udało się ukryć przed opinią publiczną, choćby ze względu na szeroką skalę realizowanych poszukiwań. Wykorzystano tradycyjne techniki nurkowe, załogowe pojazdy podwodne oraz pojazd CURV⁴ (cable-controlled underwater recovery vehicle) – rys. 3.



rys. 3. Pojazd CURV [www.nosc.mil – 02.2005]

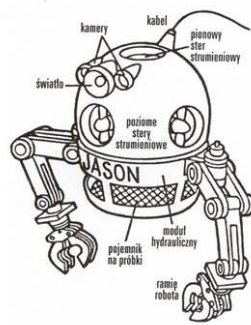
³ 17 stycznia 1966 roku bombowiec B-52 ze Strategic Air Command zderzył się z samolotem cysterną, trzy spośród czterech bomb wodorowych, które przewoził samolot znaleziono później na lądzie. Czwarta wpadła do wody. Po osiemdziesięciu dniach poszukiwań odnaleziono ją w odległości około pięciu mil morskich od brzegu na głębokości 760 metrów (inne źródła podają 880m). W pracach poszukiwawczych udział wzięło około stu nurków, osiemnaście okrętów, załogowe pojazdy podwodne („Aluminaut” i „Alvin”) oraz po raz pierwszy oficjalnie pojazd CURV. (źródło: P. Tailliez „Szturm do morskich głębin” Wyd. Morskie Gdańsk 1970 r., str. 324 – 325 oraz Praca Zbiorowa: „Oceanotechnika” Wyd. Morskie Gdańsk 1974 r., str. 648 i Praca Zbiorowa „Prace Podwodne” Wyd. Morskie Gdańsk 1971 r., str. 73)

⁴ Pojazd opracowany przez Naval Ordnance Test Station w Pasadenie, ciężar ok. 1 t, napędzany dwoma poziomymi i jednym pionowym pędnikami o mocy 10 KM każdy i napięciu zasilania 440 V, wyposażony w sonar, echosondę i manipulator; zasilany i sterowany z powierzchni poprzez kablolinę. (źródło: „Oceanotechnika” Wyd. Morskie Gdańsk 1974 r)

Było to związane z faktem, że w drugiej połowie lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku zdolność realizacji prac podwodnych przez nurków US Navy nie przekraczała głębokości 300 metrów i wiązała się z dużym nakładem inwestycyjnym oraz czasochłonnością. Zastosowanie pojazdów załogowych typu DSV (deep submarine vessel) wiązało się z koniecznością posiadania statków wsparcia, realizacją skomplikowanych procedur przygotowawczych przed zanurzeniem oraz czynności obsługi po wynurzeniu. Natomiast pojazd CURV mógł przebywać w toni wodnej nie dość, że na dużej głębokości to dodatkowo, ze względu na sposób zasilania, prawie w nieograniczonym czasie. Istotne znaczenie w rozwoju technologii UUV mieli również podmorscy geolodzy i geofizycy. Sformułowana w latach sześćdziesiątych teoria tektoniki płyt zaowocowała między innymi francusko-amerykańskim programem badawczym FAMOUS (french-american mid ocean undersea study). W 1972 roku rozpoczęto badania dna na południowy zachód od wysp São Miguel (Azory) w rejonie doliny uskoku Grzbietu Śródatlantyckiego⁵. Prace badawcze prowadzono na głębokościach poniżej 3000 metrów z wykorzystaniem pojazdów DSV. W ich rezultacie potwierdzono teorię tektoniki płyt, ale stwierdzono również, że zastosowanie DSV do tego typu przedsięwzięć bywa niebezpieczne. Zdarzały się prozaiczne usterki aparatury, jak na przykład zwarcie w układach elektrycznych, które spowodowało, że francuski „Archimedes” utracił nagle balast i gwałtownie wynurzył się na powierzchnię. Na innym etapie badań, w roku 1977 „Triest II” zderzył się ze stromą skałą wulkaniczną. Uczestnik tych wydarzeń Robert D. Ballard wiele lat później napisał w swoich wspomnieniach, że pierwszą rzeczą, jaką pomyślał po wynurzeniu batyskafu na powierzchnię było, iż „[...] musi istnieć lepszy sposób badania głębin oceanów niż za pomocą tych nieporadnych dinozaurów”. [R. D. Ballard „Poszukiwania” wyd. Bellona, Warszawa 2001 rok, str. 121]. I rzekomo właśnie wtedy zaczął pracować nad technologią bezzałogowych pojazdów podwodnych, co w świetle innych danych wydaje się mało prawdopodobne. Albowiem jako oddelegowany przez US Navy chorąży⁶ do Biura Badań Marynarki Wojennej (ONR – Office of the Naval Research) musiał przynajmniej wiedzieć o wydarzeniach z roku 1966, a ponadto już w tamtym okresie niektóre firmy komercyjne zaczęły oferować pierwsze konstrukcje zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych w sprzedaży (rys. 4, rys. 6). Ponadto, już w 1971 roku (cztery lata po wydarzeniach i za „żelazną kurtyną”) w opublikowanej w Polsce książce pt. „Prace podwodne” (praca zbiorowa pod red. W. Poinca) na str. 73 przedstawiono rysunek (rys. 5) obrazujący sposób wykorzystania pojazdu CURV podczas akcji w rejonie Palomares. Skoro wiedza na ten temat była na tyle powszechna, trudno uwierzyć by oficer wywiadu US Army nic na ten temat nie wiedział.

⁵ Grzbiet Śródatlantycki: grzbiet śródoceaniczny na dnie Oceanu Atlantyckiego o długości około 20,3 tys. km, szerokość od 200 do 1200 km, aktywny sejsmicznie, średnia głębokość nad grzbietem około 2000 metrów. Miejsce to wybrano ze względu na typową strukturę uskoku, która teoretycznie powinna oznaczać punkt rozdzielania się płyt kontynentalnych północnoamerykańskiej i afrykańskiej. [Encyklopedia PWN]

⁶ Robert D. Ballard ukończył w 1965 roku wydział fizyki na Uniwersytecie Kalifornijskim w Santa Barbara, jednocześnie z wyróżnieniem ukończył studium wojskowe na tym uniwersytecie, po którym został zakwalifikowany jako podporucznik wywiadu US Army. Służbę czynną początkowo mu odroczone na czas studiów podyplomowych. Ostatecznie jednak został wcielony do marynarki wojennej i jako chorąży oddelegowany w charakterze oficera łącznikowego do spraw naukowych w ONR. [R. D. Ballard „Poszukiwania” wyd. Bellona, Warszawa 2001 rok]

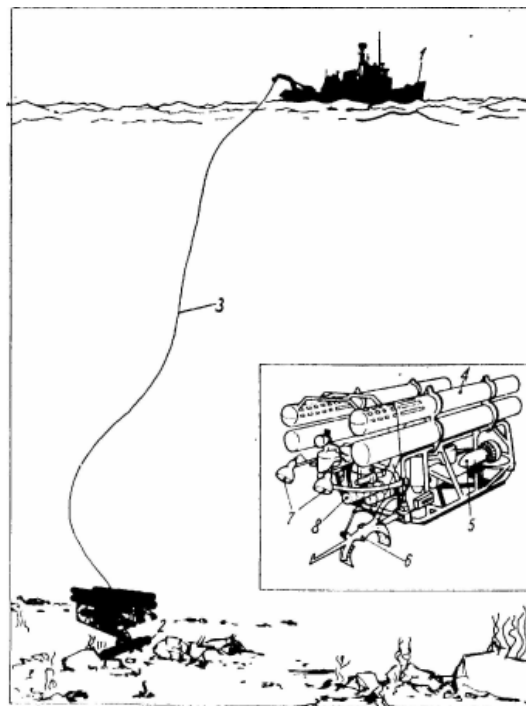


A



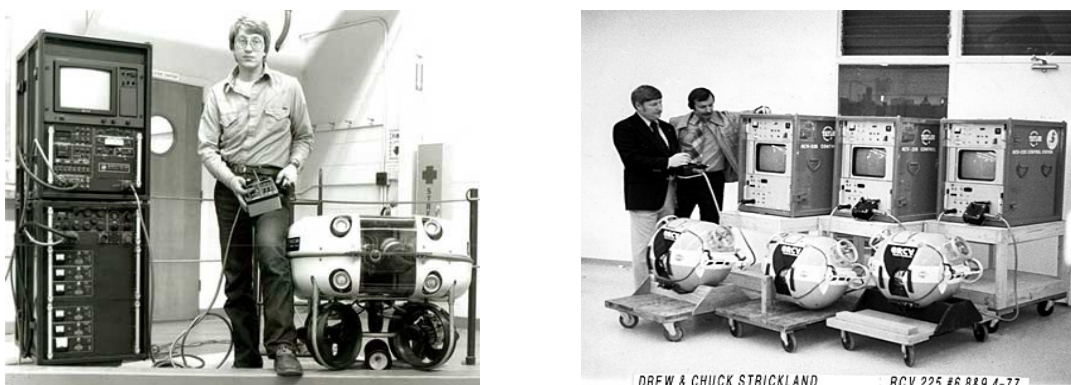
B

rys. 4. Opublikowany w książce „Tajemnice podwodnego świata” rysunek z roku 1977, który przedstawia założenia konstrukcyjne bezzałogowego pojazdu podwodnego opracowane przez R.D. Ballarda (A), materiał reklamujący pojazd RCV 225 z roku 1982 (B).



rys. 5. Opublikowany w książce „Prace Podwodne” na stronie 73 rysunek z podpisem: „podwodny szperacz zdalnie sterowany, opracowany przez amerykański ośrodek badań uzbrojenia, użyty do wydobywania bomby wodorowej w Palomares, przystosowany do wydobywania torped lub rakiet z głębokości do 750 m⁷”.

⁷ Źródłem powyższej informacji była publikacja angielska: „Offshore Europe” pod red. H.A. Beelinger’a z 1968 roku



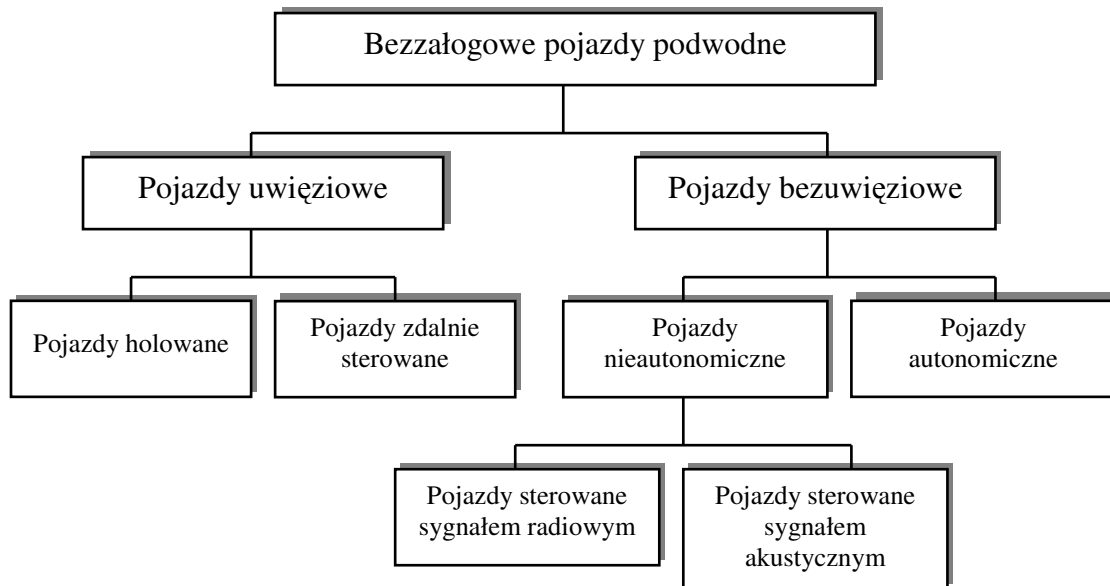
rys. 6. Materiały reklamowe firm oferujących pojazdy w sprzedaży komercyjnej z pierwszej połowy lat osiemdziesiątych XX w.

Tymczasem technologia UUV ponownie wyszła na chwilę z cienia tajemnicy wojskowej w roku 1973, kiedy to wykorzystano pojazd CURV II do poszukiwań zatopionego okrętu podwodnego u wybrzeży Irlandii (rys. 7).



rys. 7. Pojazd CURV II z roku 1973. [www.nosc.mil – 02.2005]

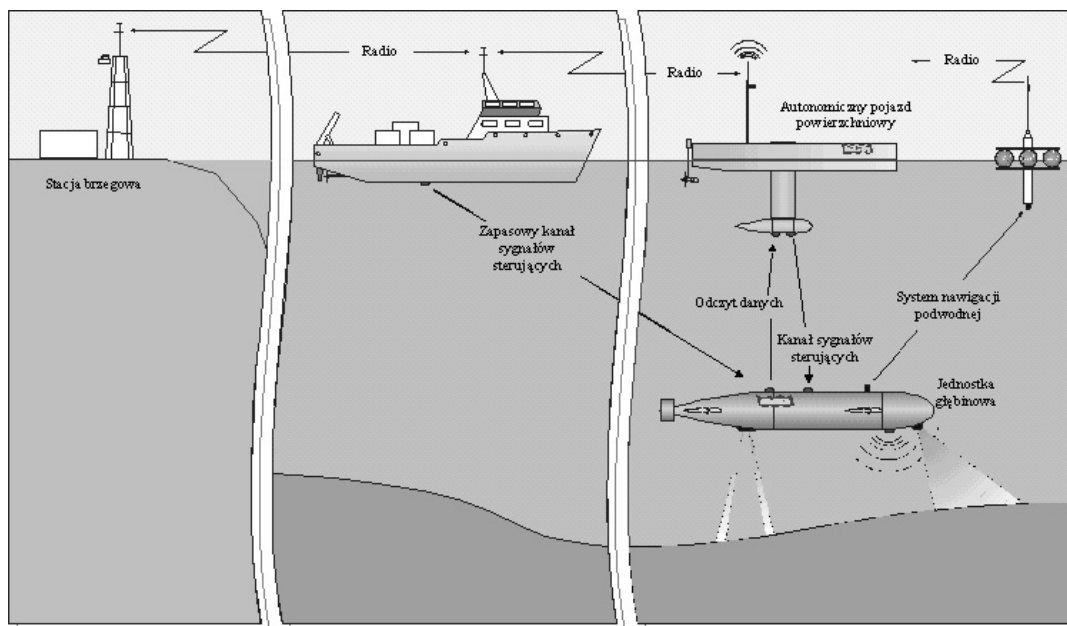
Nie jest, więc właściwe powszechne przekonanie o tym, że technologię UUV wymyślił R.D. Ballard, jego niewątpliwą zasługą jest wykazanie jej zastosowań naukowo-badawczych. Tymczasem pojawienie się pojazdów UUV w ofercie komercyjnej było powiązane z powstałym w latach 70-tych w USA pojęciem COST (commercial of the shelf) oznaczającym, że komercyjne wyroby z produkcji seryjnej, po niewielkiej modyfikacji, mogą mieć zastosowanie militarne przy uzyskaniu dużych oszczędności w porównaniu z zastosowaniem specjalnie konstruowanych dla wojska rozwiązań. W rezultacie nastąpiło zaimplementowanie technologii do zadań czysto komercyjnych, na przykład w przemyśle offshore, co zaowocowało szybkim ulepszeniem rozwiązań, a w połączeniu ze znacznym postępem elektroniki i informatyki oraz automatyki przyczyniło się do powstania całkowicie nowych obiektów oceanotechnicznych w postaci szeregu różnorodnych konstrukcji bezzałogowych pojazdów podwodnych. W rezultacie technologia UUV, nie tyle, że wyparła wiele tradycyjnych technologii podwodnych, ale stała się ich praktycznym uzupełnieniem. Różnorodność zastosowań od prac poszukiwawczych, poprzez prace na potrzeby przemysłu, po zadania ratownicze i badania naukowe przyczyniła się do pełnego zaakceptowania technologii UUV w technologii prac podwodnych. Obecnie wśród bezzałogowych pojazdów podwodnych można wyróżnić dwie podstawowe grupy: pojazdy uwięziowe i pojazdy bezuwięziowe (rys. 8).



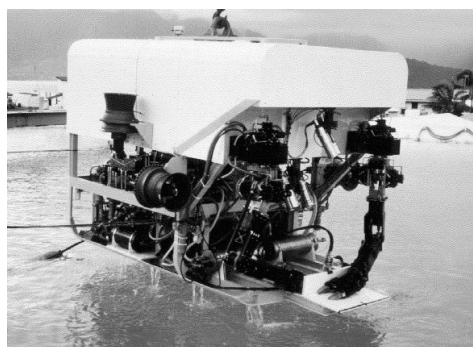
rys. 8. Podział bezzałogowych pojazdów podwodnych.

Do pojazdów uwięziowych zaliczane są najstarsze konstrukcje UUV czyli pojazdy holowane (TOV – towed vehicle) oraz najczęściej stosowane pojazdy zdalnie sterowane (ROV – remotely underwater vehicle). Wśród pojazdów bezuwięziowych rozróżnia się pojazdy nieautonomiczne (UUnV – unmanned untethered vehicle) i autonomiczne (AUV – autonomous underwater vehicle). Te ostatnie są wynikiem osiągnięć ostatnich lat, przede wszystkim w dziedzinie automatyki. Są to bowiem jednostki działające na zasadzie „wystrzel i zapomnij” – samodzielnie wykonują wcześniej zdefiniowane zadanie. Bezuwięziowe pojazdy nieautonomiczne to jednostki pozostające w czasie realizacji zadania pod kontrolą, za pomocą bezprzewodowych środków komunikacji. W tym przypadku mogą wystąpić dwa rozwiązania. W pierwszym pojazd posiada kablolinę sterującą, która na powierzchni morza kończy się radioboją, za pomocą której przekazywane są sygnały sterujące do pojazdu i odbierane są dane zbierane przez jego urządzenia pokładowe. W drugim, jednostka głębinowa jest sterowana pionowym sygnałem akustycznym wysyłanym z jednostki powierzchniowej, która może być albo jednostką załogową albo bezzałogową sterowaną za pomocą radia lub wykonującą wcześniej zdefiniowane zadanie (rys. 9).

Najszerze zastosowanie w technologii prac podwodnych znalazły zdalnie sterowane pojazdy typu ROV. Wśród tego typu konstrukcji można wyróżnić wiele rozwiązań opracowanych w zależności od ich przeznaczenia i zastosowania. Począwszy od prac typowo poszukiwawczych, poprzez wizualną inspekcję obiektów podwodnych, przeglądy kadłubów jednostek pływających i zbiorników z chłodziwem w reaktorach atomowych do wspomaganie pracy nurków na podwodnych stanowiskach pracy oraz działania przeciwwinowe (rys. 10).



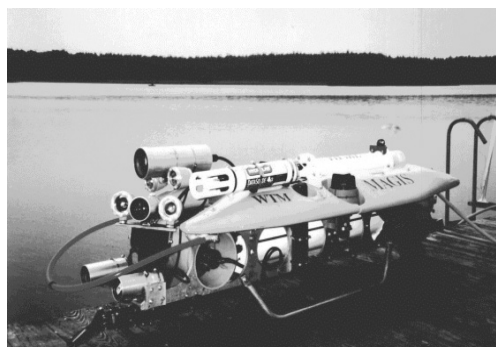
rys. 9. Nieautonomiczny pojazd bezzałogowy sterowany sygnałem akustycznym. [A. Pascoual, Instituto Superior Technico, Lizbona]



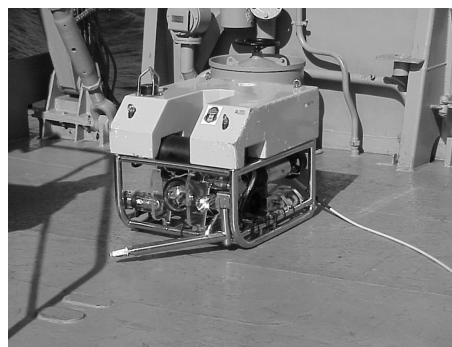
A



B



C



D

rys. 10. Współczesne bezzałogowe pojazdy podwodne.

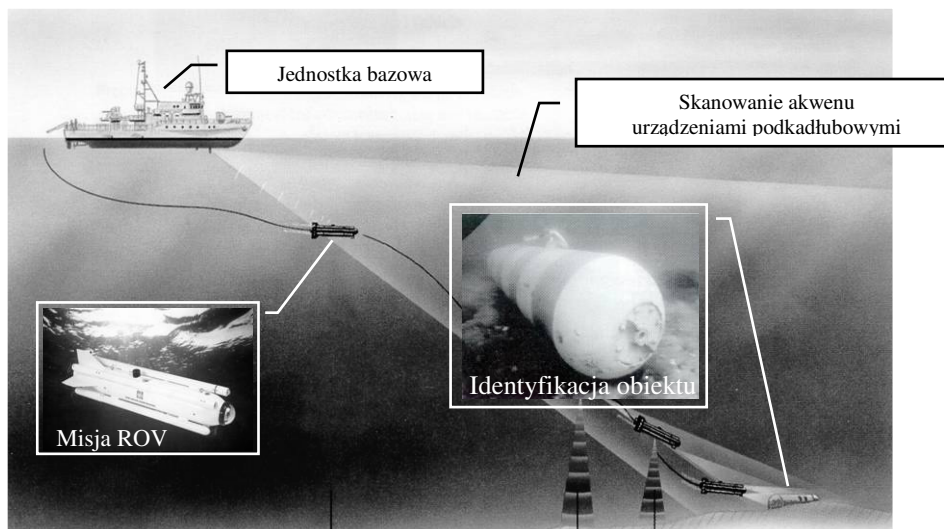
A – amerykańskiej produkcji pojazd wielozadaniowy tzw. MRV (multi role vehicle), B – autonomiczny pojazd produkcji duńskiej podczas wodowania, C – ROV polskiej konstrukcji opracowany na Politechnice Szczecińskiej, D – ROV typu Super Achille, wyposażenie Laboratorium Bezzałogowych Pojazdów Podwodnych ZTNiPP – AMW w Gdyni. [materiały dzięki uprzejmości: A, B – A. Pascoual, C – T. Graczyk].

2. METODYKA POSZUKIWANIA ZATOPIONYCH OBIEKTÓW W WARUNKACH MORSKICH.

Metodyka poszukiwania zatopionych obiektów w warunkach morskich za pomocą systemów bezzałogowych przewiduje w pierwszej kolejności zastosowanie szeregu urządzeń hydrograficznych. W przeciwieństwie do warunków śródlądowych zastosowanie mają tu przeważnie urządzenia podkadłubowe zamontowane na stałe w kadłubie jednostki hydrograficznej. Sposób ich wykorzystania oraz zakres możliwości, jakie dzięki nim można osiągnąć zostanie tu celowo pominięty, gdyż zagadnienie powyższe było przedmiotem innego artykułu w Polish Hyperbaric Research⁸. Ogólnie można jednak stwierdzić, że celem stosowania urządzeń podkadłubowych jest lokalizacja obiektu podwodnego, a za pomocą pojazdu ROV dokonuje się jego identyfikacji telewizyjnej (rys. 11). Co najczęściej realizuje się w pięciu etapach:

- określenie rejonu poszukiwań,
- wyznaczenie profili sondażowych (kursów po których porusza się jednostka bazowa),
- skanowanie akwenu urządzeniami podkadłubowymi (lokalizacja obiektu),
- misja robocza pojazdu (identyfikacja obiektu),
- ewentualne wydobycie obiektu za pomocą pojazdu (obiekty niewielkich rozmiarów) lub ekipy nurkowej (np. za pomocą pontonów wydobywczych).

Poniżej zostanie przedstawiona głównie problematyka zawiązana z zastosowaniem pojazdu typu ROV.



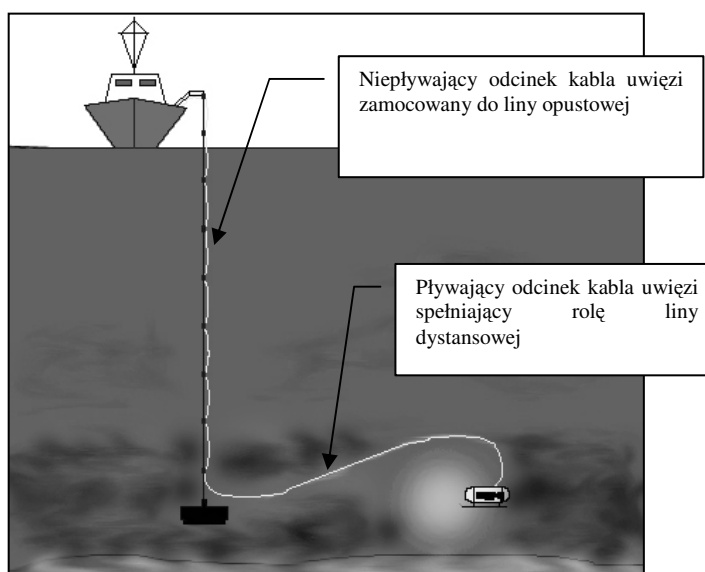
rys. 11. Etapy poszukiwań z zastosowaniem systemu bezzałogowego (warunki morskie).

Roboczą misję pojazdu przygotowujemy na podstawie wszystkich informacji zebranych za pomocą urządzeń hydrograficznych. W ten sposób dobieramy, na przykład miejsce zakotwiczenia jednostki bazowej, w którym nastąpi zanurzenie pojazdu do wody. Przy czym należy tu zwrócić uwagę na fakt, że ta pozycja jest zazwyczaj kompromisem pomiędzy bezpieczeństwem statku, a możliwościami operacyjnymi pojazdu podwodnego. Bardzo rzadko się, bowiem zdarza, by dowódca statku, z którego operuje pojazd zgodził się zakotwiczyć bezpośrednio nad wykrytym obiektem podwodnym. W tej sytuacji mając na uwadze przede wszystkim

⁸ D. Grabiec „Środki hydroakustycznego wykrywania obiektów podwodnych i prezentacji hydrograficznych danych pomiarowych” w: Polish Hyperbaric Research **1** (2004) str. 57 – 64.

bezpieczeństwo statku należy pozycję zakotwiczenia wybrać tak, aby możliwe było dopłynięcie pojazdu do badanego obiektu. Przed zanurzeniem pojazdu dobieramy konfigurację układu kablolina sterująca-pojazd.

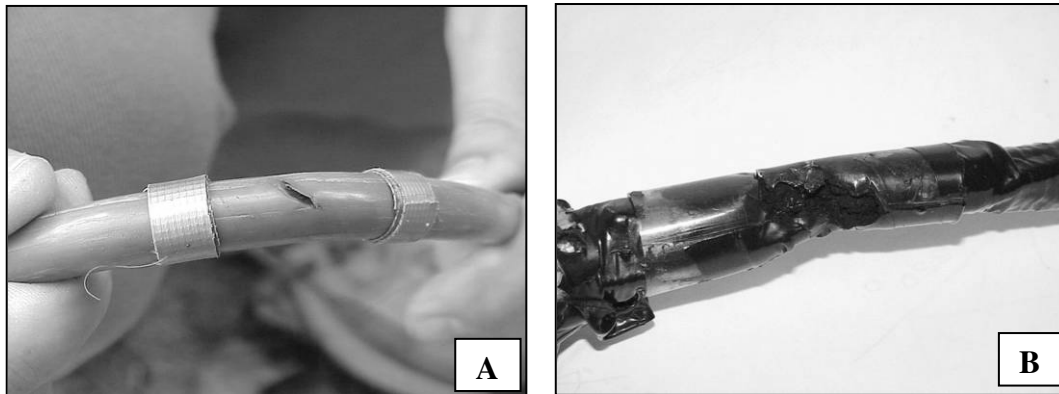
Konfiguracja układu kablolina sterująca-pojazd jest uzależniona od głębokości zalegania obiektu. W przypadku, gdy badany obiekt znajduje się na głębokości w przedziale od 20 do 40 metrów najdogodniej, jako kabla uwięzi, jest zastosować kabel pływający, który nie wymaga trzymowania. Należy jednak pamiętać 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, co powoduje utrudnienia w sterowaniu pojazdem.



rys. 12. Konfiguracja układu kablolina-pojazd podczas pracy w zakresie głębokości od 40 do 120 metrów. [D. Grabiec A. Olejnik „Poszukiwanie i identyfikacja obiektów podwodnych” w: „Wraki Bałtyku – poradnik dla nurków”, praca zbiorowa pod red. St. Poleszaka, str. 81 – 105].

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. Taki sposób konfiguracji układu kablolina sterująca-pojazd przedstawiono na rys. 12. Rozwiązanie to przypomina tradycyjną okrężną metodę poszukiwań za pomocą technik nurkowych. Niepływający odcinek kabla biegnący pionowo w dół do poziomu głębokości zalegania wraku mocowany jest do obciążonej liny opustowej, natomiast odcinek pływający spełnia rolę liny dystansowej. Na głębokościach poniżej 120 metrów najbezpieczniej jest pracować z zastosowaniem tzw. garażu podwodnego, który jest konstrukcją przypominającą metalową klatkę zawierającą bęben kabloliny. Wewnątrz tej klatki pojazd jest bezpiecznie transportowany z pokładu jednostki bazowej do poziomu głębokości operacyjnej. Dopiero tam wypływa z garażu i rozpoczyna swoją misję roboczą. Takie rozwiązanie ułatwia operowanie pojazdem na dużej głębokości oraz ogranicza długość kabla uwięzi swobodnie unoszącego się za pojazdem w toni wodnej. W tym miejscu należy jeszcze zwrócić uwagę na duże prawdopodobieństwo uszkodzeń kabloliny bez względu na konfigurację układu kabel-pojazd, powstałych na skutek otarc kabla o poszarpane krawędzie konstrukcji obiektów podwodnych. Najczęściej polegają one na przecięciu

pancerza ochronnego kabla uwięzi, które w rezultacie mogą doprowadzić do zmniejszenia rezystancji izolacji kabla, a w skrajnym przypadku do jego przecięcia i utraty kontroli nad pojazdem. Na rys. 13 przedstawiono usterki kabla uwięzi powstałe zarówno na skutek ocierania się kabla o poszarpane krawędzie, jak i w wyniku zwarcia pomiędzy żyłami kabla.



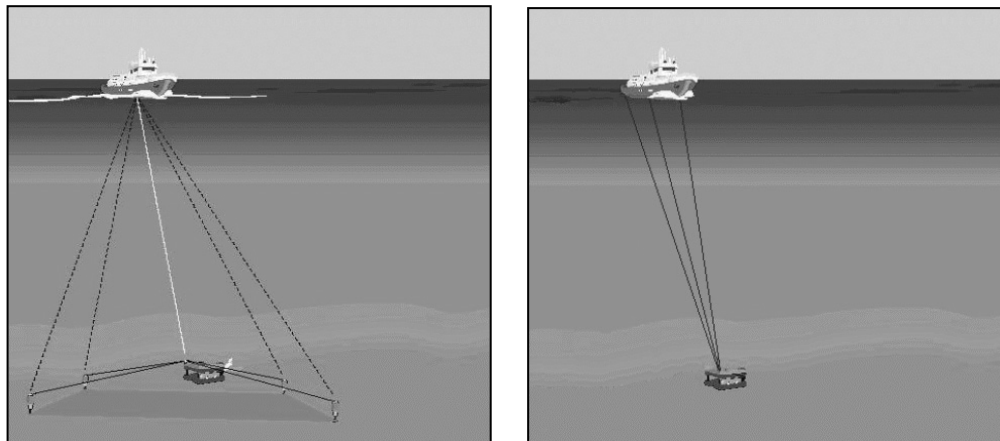
rys. 13 Uszkodzenia kabloliny sterującej. A – przecięcie pancerza kabla, B – uszkodzenie połączenia odcinka pływającego z niepływającym na skutek zwarcia między żyłami kabla.

Całkiem osobne zagadnienie, to sposób dopłynięcia pojazdu do identyfikowanego obiektu. Inaczej planuje się dojście do obiektu typu wrak, a inaczej do szczątków samolotu lub obiektów o znacznie mniejszych gabarytach. Szczególną ostrożność należy zachować w przypadku wraków. Przy identyfikacji tego typu obiektu zawsze powinna obowiązywać zasada podpływania od strony przeciwnej niż zwrócone są maszty i kominy wraku oraz z poziomu dna. Unika się wówczas ewentualnej kolizji pojazdu z wystającymi elementami konstrukcyjnymi zatopionej jednostki i wpłynięcia w zapłątane w jej kominy lub maszty sieci. Ponadto, operacja wrakowa powinna być poprzedzona rozpoznaniem drogi dojścia pojazdu do dna, za pomocą opuszczanej pionowo kamery telewizyjnej podwodnej. Jakakolwiek usterka takiej kamery lub nawet jej utrata będzie nieporównywalnie mniejsza niż usterka lub strata pojazdu ROV. Znacznym problemem podczas przemieszczania pojazdu w kierunku identyfikowanego obiektu podwodnego jest znajomość jego aktualnej pozycji geograficznej. Określanie pozycji obiektów znajdujących się na powierzchni morza jest obecnie bardzo dogodnie między innymi dzięki dokładnemu i niezawodnemu systemowi nawigacji satelitarnej GPS. W przypadku przemieszczającego się obiektu podwodnego sprawa nie jest już taka prosta. W tym przypadku konieczne jest zastosowanie tzw. systemu pozycjonowania podwodnego. Taki system działa w oparciu o sieć transponderów akustycznych. W zależności od miejsca usytuowania i odległości pomiędzy powyższymi, transponderami rozróżnia się trzy rodzaje systemów [D. Grabiec A. Olejnik „Poszukiwanie i identyfikacja obiektów podwodnych” w: „Wraki Bałtyku – poradnik dla nurków”, praca zbiorowa pod red. St. Poleszaka, str. 81 – 105]:

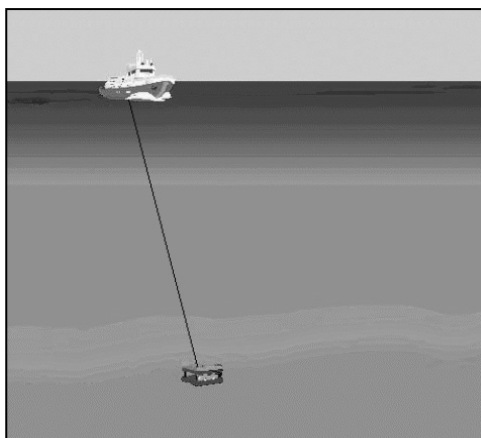
- z długą linią bazy (LBL – ang. Long Base Line), (rys. 14)
- z krótką linią bazy (SBL – ang. Short Base Line), (rys. 14)
- z ultrakrótką linią bazy (USBL – ang. Ultra Short Base Line), (rys. 15).

System LBL oparty jest o sieć transponderów umiejscowionych na dnie. Ich pozycje muszą być dokładnie określone, a odległość między nimi może wynosić nawet do dwóch kilometrów (z tego też powodu ten system ma raczej zastosowanie w pracach poszukiwawczych niż wrakowych). Pozycja pojazdu jest określana na podstawie serii pomiarów polegających na wyznaczeniu odległości od każdego z transponderów.

Przetwornik zamontowany na ROV wysyła sygnał do transpondera i 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.



rys. 14. System nawigacji podwodnej z długą (z lewej) i krótką linią bazy. (źródło: D. Gosiewski „Dokładność określania odwrotnej pozycji pojazdu podwodnego”, AMW Gdynia 2003 rok)

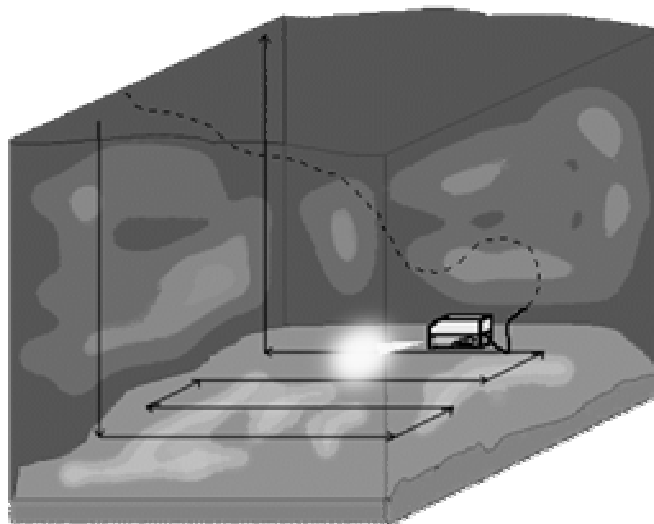


rys. 15. System nawigacji podwodnej z ultrakrótką linią bazy. (źródło: D. Gosiewski „Dokładność określania odwrotnej pozycji pojazdu podwodnego”, AMW Gdynia 2003 rok)

Zbiornicze wyniki serii pomiarów jako pozycja pojazdu wyświetlane są na ekranie monitora systemu nawigacji podwodnej. Określenie dokładnej pozycji pojazdu w trzech wymiarach wymaga zatopienia, co najmniej trzech transponderów w rejonie działania. W operacjach wrakowych bardziej praktyczne jest zastosowanie systemu SBL lub USBL. W systemie SBL transpondery montowane są na kadłubie jednostki bazowej, w odległości, co najmniej 10 metrów od siebie i w taki sposób, aby linie bazy tworzyły trójkąt lub prostokąt (w zależności od ilości transponderów). Sygnał wysłany z przetwornika zamontowanego na ROV jest odbierany przez wszystkie transpondery jednocześnie. Rezultatem pomiaru jest jedna odległość i różnice odległości od

poszczególnych transponderów, na podstawie, których określana jest pozycja pojazdu. Zasada działania systemu USBL jest podobna z tym, że transpondery zblokowane są w pojedyncze urządzenie nadawczo-odbiorcze zamontowane pod kadłubem jednostki bazowej. Najczęściej zastosowanie ma system USBL, który cechuje się tym, że jest najtańszym z przedstawionych powyżej rozwiązań. Jeżeli pojazd ROV, którym operujemy posiada sonar pokładowy, to dojście do obiektu może być zrealizowane na podstawie jego wskazań. Wówczas zanurzając pojazd, zatrzymujemy go w odległości około 1,5 metra od powierzchni dna i wykonujemy przegląd sytuacji sonarowej dookoła pojazdu (jeżeli sonar jest okrężny). W ten sposób otrzymuje się zobrazowanie sytuacji w otoczeniu pojazdu w promieniu 360°. Po określeniu najsilniejszego i największego echa na sonarze otrzymujemy informację o namiarze (kursie) i odległości od aktualnej pozycji pojazdu do obiektu podwodnego. Gdy ROV nie posiada takiego sonaru, a jest wyposażony w sonar czołowy, konieczne staje się wycinkowe przeszukanie akwenu. W tym przypadku, utrzymując pojazd na jednej pozycji, powinno się go obracać o 30° i jednocześnie analizować obraz na ekranie sonaru. Należy jednak pamiętać, że przy takim postępowaniu mogą powstać tzw. przepusty, czyli miejsca niesprawdzone przez sonar. Prawidłowe wykonanie tego elementu działań powinno zapewnić możliwość uzyskania takich samych informacji jak w przypadku pracy z sonarem przeszukania okrężnego.

Istotnym utrudnieniem jest sytuacja, w której obiekt podwodny mający podlegać identyfikacji telewizyjnej za pomocą pojazdu znajduje się poza zasięgiem jego sonaru pokładowego i nie jest dokładnie znana jego pozycja geograficzna, a dodatkowo nie ma możliwości posługiwania się systemem nawigacji podwodnej. W takim przypadku należy zastosować metodę tzw. „koszenia trawnika” lub inaczej nazywaną „profilu równoległego”. Ogólnie polega ona na poprowadzeniu pojazdu po odpowiedniej trajektorii nad dnem przeszukiwanego akwenu, co pokazano na kolejnym rysunku.



rys. 16. Trajektoria pojazdu ROV nad dnem przeszukiwanego rejonu w sytuacji, gdy obiekt podwodny znajduje się poza zasięgiem jego sonaru pokładowego.

Po wykonaniu oględzin obiektu i upewnieniu się, że jest to przyczyna podejmowanych działań poszukiwawczych, można wykorzystać montowane niekiedy na ROV urządzenie do stawiania bojek znakujących za pomocą, którego oznakuje się miejsce

zalegania obiektu. Jeśli pojazd nie posiada takiego urządzenia najwygodniej jest wykorzystać jego kablolinę sterującą w charakterze liny kierunkowej dla nurków. Wówczas pojazd pozostaje przy obiekcie, jednocześnie go oświetlając swoimi reflektorami, a ekipa nurkowa podchodzi do obiektu wzdłuż jego kabloliny. Po dotarciu nurków w pobliże obiektu pojazd zostaje wycofany a nurkowie mogą przystąpić do jego wydobywania. Jeśli obiekt jest niewielkich rozmiarów to można podjąć próbę jego wydobywania za pomocą samego pojazdu a dokładniej jego ramienia roboczego (manipulatora). Większość pojazdów typu ROV stosowanych do prac poszukiwawczych posiada jeden manipulator umożliwiający podejmowanie niewielkich obiektów z dna. Sterowanie manipulatorem jest jednak zadaniem wymagającym od operatora ROV dużej wprawy. Podstawowym problemem w tym przypadku jest pozorny stan nieważkości, w którym znajduje się pojazd w czasie pobytu pod wodą. Operacja manipulatorem najczęściej wymaga manewrowania całym pojazdem w celu uchwycenia obiektu. Jeśli obiekt jest niewielkich rozmiarów to często wymyka się spod kontroli i trzeba manewrować od początku, aby go pochwycić. Czasem za pomocą manipulatora można odpowiednio ustawić obiekt w celu jego podjęcia z dna. Tego typu operacje są czasochłonne. Na przykład podczas jednej z akcji ratowniczych w celu podjęcia sprzętu nurkowego z głębokości 40 metrów⁹, przez około 30 minut operator odpowiednio ustawiał kamizelkę ratowniczo-wypornościową z butlą w takie położenie, aby po zaczepieniu sprzętu manipulatorem wydobyć go na powierzchnię bez udziału ekipy nurkowej (rys. 17).



rys. 17. Wydobywanie obiektu podwodnego niewielkich rozmiarów za pomocą zamontowanego na pojeździe ROV manipulatora.

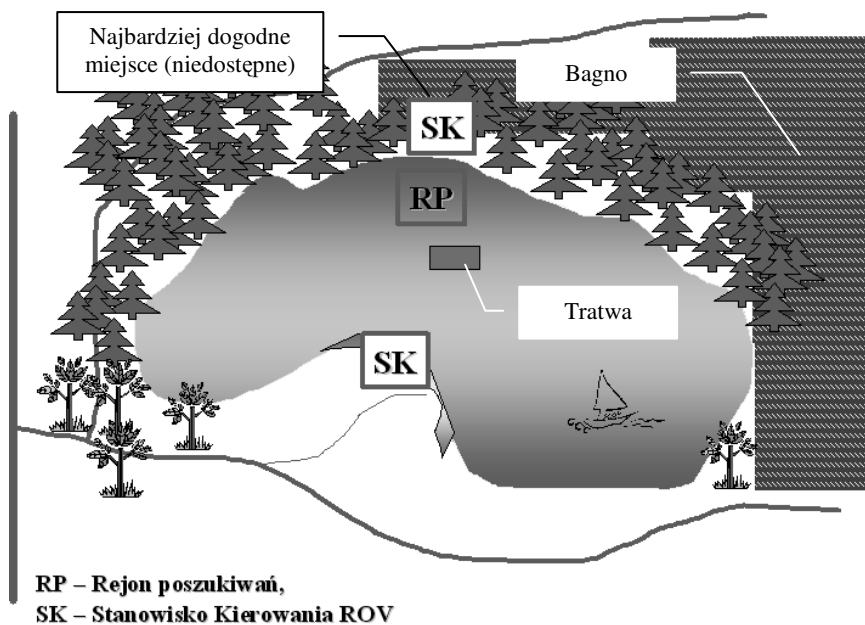
3.METODYKA POSZUKIWANIA ZATOPIONYCH OBIEKTÓW W WARUNKACH ŚRÓDLĄDOWYCH.

Charakterystyczną cechą prowadzenia poszukiwań z wykorzystaniem bezzałogowego pojazdu podwodnego w warunkach śródlądowych jest przeważnie brak możliwości operowania z jednostki bazowej. Zazwyczaj stanowisko kierowania pojazdem jest usytuowane na brzegu akwenu. Prace w powyższych warunkach również powinny rozpocząć się od wykorzystania szeregu urządzeń hydrograficznych,

⁹ Sprzęt został porzucony przez nurka, który w sytuacji awaryjnej wypiął się z kamizelki i wypłynął na bezdechu. Wydobywanie sprzętu było ważne ze względu na ustalenie przyczyn nie udzielania przez nurka pomocy partnerowi nurkowania, który zginął.

przy czym zastosowanie znajdują tu urządzenia holowane i opuszczane pionowo w dół. Jeśli wykorzystujemy urządzenia hydroakustyczne mające zastosowanie zarówno w warunkach morskich jak i śródlądowych, to w pierwszej kolejności powinno się wykonać pomiary rozchodzenia się dźwięku w wodzie, najlepiej na głębokości operacyjnej urządzeń, w celu dokonania ich kalibracji w aktualnych warunkach pracy. Jednak bez względu na ilość i zasadę działania wykorzystanych urządzeń kluczem do powodzenia jest prawidłowe wyznaczenie rejonu poszukiwań. Często tego typu prace w akwenach śródlądowych związane są z działaniami procesowymi. W takim przypadku istotnym elementem pozwalającym na uzyskanie oczekiwanych rezultatów jest po pierwsze - okres czasu, który minął od chwili zatopienia obiektu, a po drugie - ilość informacji pozyskanej od świadków i uczestników zdarzenia. W przypadku prac realizowanych na zlecenie prokuratury zwykle czas, jaki upłynął od chwili zdarzenia przekracza okres kilku lat. Powstaje, zatem pytanie: *czy po tak długim okresie można z powodzeniem zlokalizować zwłoki ludzkie spoczywające na dnie jeziora?* Tak, ponieważ na skutek niskiej temperatury i odcięcia dopływu tlenu zahamowane są procesy rozkładu ciała. Na jego powierzchni wytwarza się nawet tzw. tłuszczowosk, który ciało konserwuje do tego stopnia, że możliwe jest rozpoznanie ofiary po rysach twarzy. Jest to jednak możliwe pod warunkiem, że w danym akwenu nie występują organizmy żywe (głównie ryby), które mogłyby doprowadzić do znacznego uszkodzenia zwłok. Niezwykle ważnym czynnikiem powodzenia akcji poszukiwawczej jest prawidłowe określenie okoliczności i miejsca zdarzenia, tu: najczęściej rejonu zatopienia ciała. Znane są przypadki prowadzenia bezowocnych poszukiwań zwłok w jeziorze, podczas gdy w rzeczywistości były one zakopane w parku miejskim lub innym miejscu (co okazało się dopiero po pewnym czasie). W takim przypadku ważna jest rozmowa z podejrzanym, kierownik poszukiwań musi jej zażądać. Zwykle osoby przesłuchujące nie posiadają doświadczenia w zakresie poszukiwań podwodnych i w związku z powyższym zakres zadawanych przez nie pytań może pominąć istotne dla przebiegu poszukiwań szczegóły. W większości przypadków wskazywana przez podejrzanego podczas wizji lokalnej pozycja zatopienia obiektu odnieszona jest do charakterystycznych elementów terenu, linii brzegowej itp. One jednak, na skutek upływu czasu ulegają zmianie. Drzewa rosną, pojawiają się nowe budynki, kominy. Podejrzanym działał najczęściej nocą i trudno jest mu po latach dokładnie określić miejsce zatopienia obiektu. W nocy jest prawie niemożliwe orientowanie się na podstawie drzew rosnących na brzegu, jeśli nie ma w pobliżu żadnego punktu oświetlenia lub pojedynczego, charakterystycznego drzewa. Istotna jest wiedza na temat tego, z jakiej łodzi korzystał podejrzany, w jaki sposób napompował ponton przed zwodowaniem, czym obciążył zwłoki? Gdy podejrzany działał w pojedynkę jest mało prawdopodobne to, by zdołał wypłynąć na jezioro na czterokomorowym pontonie z napełnionymi za pomocą własnych płuc tylko trzema komorami oraz z ciałem ofiary obciążonym kilkunastokilogramowym ciężarem. Powyższe informacje pozwalają na wstępną weryfikację jego zeznań jeszcze przed przystąpieniem do prac poszukiwawczych. Niezwykle ważną z punktu widzenia określenia rejonu poszukiwań jest także sprawa warunków hydrometeorologicznych występujących w momencie zaistnienia danego zdarzenia przestępczego. Na przykład siłę wiatru, jego kierunek, stopień sfalowania powierzchni wody, temperatura powietrza, pora roku itd. odniesione do czasu i miejsca. Wiedza ta pozwala, bowiem często ograniczyć rejon poszukiwań lub wręcz wyznaczyć inny, bardziej prawdopodobny. Zagadnienia te są ważne, gdyż miejsce usytuowania rejonu przeszukania ma bezpośredni wpływ na położenie brzegowego stanowiska kierowania pojazdem ROV (rys. 18, rys. 19). Należy je dobrać w taki sposób, aby możliwe było dopłynięcie pojazdu w rejon poszukiwań i jego operowanie w całym wyznaczonym do przeszukania rejonie (bez naprężania kabloliny pojazdu). W ostateczności, jeśli wielkość akwenu na to nie pozwala lub ukształtowanie

terenu na brzegu jest niekorzystne (teren podmokły lub bagna) można zbudować tratwę, na której będzie znajdowało się stanowisko operatorskie.

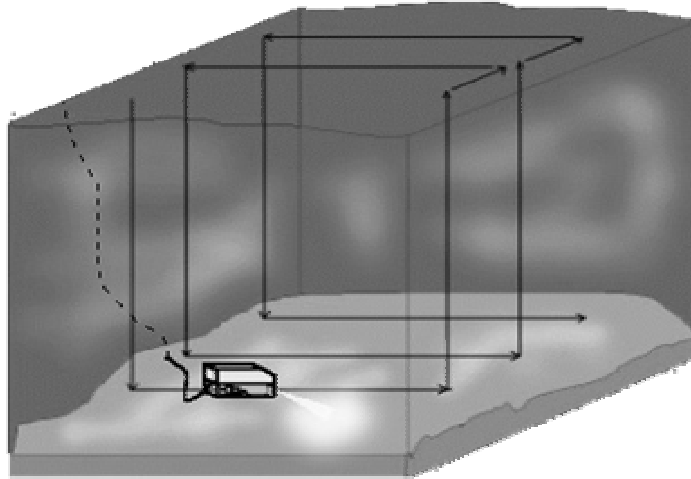


rys. 18. Wybór odpowiedniego miejsca na stanowisko kierowania pojazdem ROV.



rys. 19. Stanowisko operatorskie pojazdu ROV nad brzegiem jeziora.

Wykorzystanie pojazdu ROV w warunkach śródlądowych do identyfikacji namierzonych za pomocą urządzeń hydrograficznych obiektów podwodnych jest w zasadzie podobne jak w warunkach morskich. Należy jednak zwrócić tu uwagę na fakt, iż w warunkach śródlądowych nie można zastosować metody profilu równoległego, co wynika bezpośrednio z dużego zamulenia strefy dennej. W tej sytuacji należy wykonać przeszukanie wyznaczonego rejonu prowadząc pojazd po tzw. „profilu pionowo – równoległym”, dzięki czemu ROV płynący kontrkuresem, nie wpływa w „chmurę” materiału dennego poderwanego przez swoje pędniki (rys. 20).



rys. 20. Profil pionowo-równoległy dla pojazdu poruszającego się nad dnem akwenu śródlądowego.

Po oznaczeniu (obojkowaniu) przeszukiwanego obszaru należy ustawić pojazd na linii bojek (tzw. linia startowa), określić kurs na przeciwną linię bojek i zanurzyć pojazd. Następnie przemieszczać ROV nad dnem do chwili osiągnięcia głębokości odpowiadającej miejscu postawienia przeciwległych bojek, tu wynurzyć pojazd i ustawić na kontrkursie (na powierzchni) przesuwając go jednocześnie o jego szerokość. Ponownie zanurzyć ROV i powtórzyć czynności. Ta metoda pozwala na dokładne przeszukanie akwenu, nawet zamulenie dna nie jest takie kłopotliwe, gdyż czas poświęcony na ustawianie pojazdu na linii startowej pozwala na opadnięcie mułu. Przy stosowaniu tej metody dobrą praktyką jest znakowanie miejsca zanurzenia pojazdu boją.

Osobny problem w przypadku tego typu działań stanowią kontakty ekipy poszukującej z rodziną ofiary. Należy je ograniczyć do minimum, a wręcz należy dążyć do tego, by tylko kierownik poszukiwań mógł udzielać jakichkolwiek informacji na temat postępów prac. Nawet cień nadziei dany rodzinie, następnie niepotwierdzony wynikami prac może skończyć się serią oskarżeń o brak skuteczności w działaniach. Często podczas prowadzenia prac na brzegu zbiera się większa lub mniejsza grupa ciekawskich, która swoją obecnością utrudnia realizację podejmowanych działań, a niekiedy powoduje utratę części posiadanego sprzętu i wyposażenia. Stąd też należy zadbać o wcześniejsze należyte zabezpieczenie rejonu prac i nie dopuszczanie osób postronnych do ekipy - w miarę możliwości wykorzystując siły i środki formacji porządkowych (policja, straż miejska).

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych oraz bezzałogowych urządzeń hydrograficznych (podkadłubowych, holowanych lub opuszczanych) w pracach poszukiwawczych powoduje zmianę dotychczasowej metodyki postępowania. W zasadzie udział ekipy nurkowej ogranicza się jedynie do podjęcia zlokalizowanego i zidentyfikowanego obiektu. Co znacznie podnosi bezpieczeństwo i efektywność prowadzonych działań, szczególnie w przypadku operowania na znacznych głębokościach lub w trudnych warunkach hydrometeorologicznych. Niekiedy, gdy nie zachodzi konieczność wydobywania obiektu na powierzchnię lub obiekt jest niewielkich rozmiarów, całość prac związanych z jego lokalizacją i identyfikacją może odbyć się bez udziału ekipy nurkowej. Wadą powyżej opisaney metody jest koszt stosowanych urządzeń oraz konieczność utrzymywania w gotowości do pracy i wyszkolenia wysokokwalifikowanego personelu. Obecnie tylko niektóre instytucje w Polsce stać na zakup pojazdu typu ROV. Jednak postęp techniczny i wymagania rynku powodują, że z biegiem czasu dostępność do tego typu urządzeń będzie, co raz większa, ponadto na początek można wyposażyć się w telewizyjne urządzenia holowane lub w ROV małogabarytowy, który jednak będzie posiadał ograniczone możliwości operacyjne, ale będzie nieporównywalnie tańszy. Ponadto zastosowanie powyższych urządzeń jest związane również z wyposażeniem dodatkowym umożliwiającym analizę i obróbkę zebranych danych pomiarowych. Kwestia szkolenia i utrzymywania personelu w gotowości do pracy jest również istotna, gdyż wyszkolenie dobrego operatora pojazdu ROV, to oprócz w zasadzie krótkiego szkolenia podstawowego, konieczność nabycia przez niego odpowiednich umiejętności praktycznych, co trwa niekiedy rok i jest zależne od wykonywanych aktualnie prac. Podobnie, jeśli chodzi o zobrazowanie sonarowe sytuacji podwodnej, w celu wykorzystania wszystkich możliwości urządzenia niezbędna jest umiejętność prawidłowej interpretacji obrazu.

Autor:

dr inż. Adam Olejnik – Zakład Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni